

文章编号: 0253-2328(2013)02-0160-04

基于实景图像的道路限速标志检测算法研究

徐丽霞¹, 徐志刚²

(1. 安徽国防科技职业学院 机电工程系, 安徽 六安 237011; 2. 长安大学 信息工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要:在基于道路图像的交通标志识别系统中, 关键步骤之一就是对图像中的交通标志能够快速有效地检测。以分析限速标志为例, 根据限速标志的特点在图像中寻找到的位置并提取出相关区域, 为图像的识别做好前期准备。为了提取出交通标志, 采用了颜色预处理、形态学滤波、二值化后的连通域处理和圆的检测等方法。实验表明, 该方法能有效地从实景图像中提取出含有交通标志的区域。

关键词:实景; 限速标志检测; 连通域分析; 区域生成; 圆的检测

分类号:(中图)TN911.73

文献标志码:A

交通标志的自动识别使机器人可根据移动路径上的标志获得关于任务和环境的信^[1], 一直是智能汽车研发面临的一项重要课题。

目前国内并没有被应用的交通标志识别系统, 交通环境的好坏仍然取决于司机^[2]。本项目组拟开发一套针对实景图像中的交通标志进行快速检测与自动识别的算法。本文主要研究对限速标志的自动检测算法。

1 国内外研究现状

在国外, 交通标志的自动识别起步较早, 德国在1994年抢先推出了世界上最先进的实时交通标志识别系统^[3], 系统采用的是颜色分割、形状分析、统计图识别等技术。同年, 德国还开发了实时的道路标志识别系统, 采用了基于距离图像的图形检测方法和径向基函数网络的方法。

意大利于1994年提出了采用图像几何信息提取方法, 即检测直线、三角形和圆形等进行交通标志检测^[4]。法国在1992年开发了红色标志识别系统^[5], 它采用红色滤波、边缘以及闭合曲线检测的方法进行检测, 并用专家系统和神经网络进行特征提取和目标分类完成识别过程。

美国曾在1993年采用颜色聚类的方法对停车标志进行判别^[6], 但该方法并不能实现实时识别; 随后, 美国于1994年提出了基于神经网络对颜色进行分割和对形状进行分析的方法; 2001年开发了停止标志识别系统, 该系统是利用HSV彩色空间进行

颜色分割来检测, 用神经网络的方法进行分类和识别。

国内在这方面的研究还处于理论研究阶段, 目前国内有许多学者以相对成熟的模糊识别技术为基础, 结合神经网络对有关交通标志识别的课题进行研究。

文献[7]通过对交通标志影像的特征分析, 在RGB模型的基础上, 使用自适应分量域值进行图像的归一化, 能快速准确地抽取交通标志特征影像。文献[8]就如何检测交通标志和识别它们的内核形状, 提出了应用数学形态学方法研究交通标志内核形状的形态特征。文献[9]提出了一种基于曲线拟合的圆形交通标志检测算法, 可实现交通标志快速、可靠的检测。文献[10]提出了一种新的基于颜色规格化的交通标志分类模型。采用M-SVMs网络实现了颜色规格化, 粗分类的识别率达到了100%, 细分类的平均识别率也达到了70%。

十几年来, 道路交通标志识别的研究工作已经取得了一定成果, 但还存在一些不足之处, 主要有: 识别对象单一, 样本数少; 处理方法比较单一, 智能方法少; 偏重于理论的多, 面向应用的少; 大多数实验对象都是标准图, 针对实景图的少; 以灰度图为研究对象的多, 而针对彩色图的少。机器识别面临的主要难点是: 道路交通标志的背景相当复杂, 颜色失真极为严重, 并存在不同程度的几何失真; 彩色图像处理的理论和技术尚不成熟。“简化复杂问题、改进传统方法、基于颜色信息、采用智能方法”将是今后的

收稿日期: 2012-10-25

基金项目: 安徽省教育厅青年人才基金资助项目(2012SQRL237)

作者简介: 徐丽霞(1980—), 女, 讲师, 硕士, 主要从事计算机应用及电子信息相关方面研究, (电子信箱)380691577@qq.com。

一个重要发展方向。

2 原理和算法

本文主要针对实景道路中限速标志进行了一整套的检测算法研究,其主要步骤见图 1。首先对所处理的图片通过预处理达到去噪和简化的目的;然后采用二值化后的连通域处理方法,根据处理后的连通域集中点集的数量和形状,以及同心圆的判断找到交通标志的位置,通过适当缩小范围提取感兴趣区域。

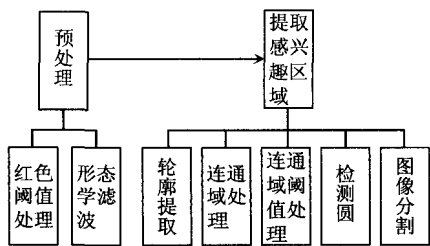


图 1 限速标志检测算法执行流程

2.1 交通标志图像的阈值分割

根据交通标志的颜色和形状具有鲜明的特点,本文以颜色分量为基础进行阈值分割,将图像中大部分不满足颜色要求的区域去掉^[11]。

假设所提取的像素中红、绿、蓝的每个灰度值分别为 U_R, U_G, U_B , 求出各个分量所占颜色的百分比

$$K_R = U_R / (U_R + U_G + U_B),$$

$$K_G = U_G / (U_R + U_G + U_B),$$

$$K_B = U_B / (U_R + U_G + U_B).$$

然后根据灰度值和百分比判断该像素点是什么颜色。例如判断是否为红色,可按如下方法进行判断:

1) 若 $U_R + U_G + U_B > T$, 则进入下一步, 否则将像素点设为黑色。

2) 若 $K_R < T_R$, 则进入下一步, 否则将像素点设为白色。

3) 求出红色分量百分比到蓝色分量百分比和绿色分量百分比的距离 $H_1 = |K_R - K_B|, H_2 = |K_R - K_G|$, 再根据 H_1 与 T_1, H_2 与 T_2 的关系来判定(也可以根据需要对 K_B 和 K_G 设定阈值进行分析)。如满足关系则将像素点设为白色, 否则将像素点设为黑色。

其中, T, T_1, T_2, T_R 都是人为设置的阈值, 选择的方法可以根据不同情况的需要和反复实验的经验确定。

2.2 数学形态学去噪

阈值分割虽然可以达到比较好的效果, 但还有许多孤立的点噪音, 为了方便处理可以先把这些噪音去掉。数学形态学的腐蚀处理能够达到很好的效果^[12]。

2.3 轮廓提取

二值图像轮廓提取的算法, 就是掏空内部点: 如

果原图中有 1 点为白点, 且它的 8 个邻域点也都是白点, 则该点是内部点, 将该点删除。轮廓提取的算法很多, 本文采用了一种简单的提取方法, 即查看输入图像的每一个白色像素点, 若该点周围 8 个邻域像素点之和为 255×8 , 则该点是内部点, 在输出图像的相应位置置黑色^[13]。

2.4 连通域标记

在对连通域标记时, 主要采用了像素标记算法, 具体步骤如下:

1) 扫描二值化图像。本算法以黑色为背景, 白色为目标, 将图像中所有的像素点按从左至右, 从上至下的方式进行一次完整的扫描, 标记所有的目标像素点, 同时得到等价标记表等。等价标记表中记录扫描过程中发现的所有等价对^[14]。

2) 分析等价标记表。如果使用基于递归的分析算法, 则不能识别大于 100 的连通域的场所。因此, 本文提出了一种结合区域生长的等价表分析方法, 具体如下:

Step 1 对于有等价对出现的地方先判断其值是否相同, 若不同, 则以“左→左上→右上”的顺序, 为第 2 个等价点赋予第 1 个等价点的值;

Step 2 以第 2 个等价点为“种子点”, 在其 8 个邻域内以“左→左上→上→右上→右→右下→下→左下”的顺序来寻找是否有除 0 以外不同值的点, 若有则转到 Step 3, 若没有, 寻找下一个等价对;

Step 3 为找到的点赋予“种子点”的值, 并以此点作为新的“种子点”, 重复 Step 2。

这种方法在特殊情况下会带来较大的计算量, 不过在一次性扫描后即可完成对等价对的分析。

2.5 圆的检测

交通标志的轮廓形状是交通标志的重要信息, 检测出轮廓所在的位置有利于交通标志的识别。通过连通域标记的处理后, 所需要处理的区域已经很少了, 此时可以根据限速标志外框是圆形的特点进行检测, 进一步寻找感兴趣区域。

检测圆的方法很多, 如最小二乘法^[15], Hough 变换^[16]或形状因子判别圆等。本文借鉴了以距离为弧长函数的标记算法(图 2), 对连通域的每个点的 x 和 y 坐标进行累加, 求出 x 和 y 的平均值, 并以此为中心坐标, 求出每个点到中心的距离。如果半径曲线在符合的阈值范围内则认为是圆形。

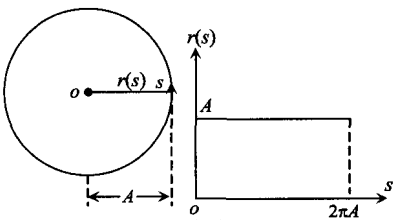


图 2 圆的检测方法

2.6 限速标志的检测

由于交通标志的外框也是圆形,进行圆形检测后通常会出现两个同心圆,即形成两个圆形连通域。为了方便检测交通标志的位置并将其分割出来,需增加一个同心圆检测的过程,把内圆的连通域去掉。在圆形检测的过程中已经得到了圆形的中心坐标和半径,只要比较一下就可以确定哪个是内部圆。

通过上面的处理已经可以确定图片中交通标志的外轮廓连通域,结合连通域的中心坐标和半径,就可以对图像进行矩形分割,并得到最终要识别的区域图像。

3 实验与分析

采用本文方法以图3a为例进行实验,图3a中的限速标志为圆形红色外框,内为白色,中间是黑色字符(黑色,字符0~9)。



a 原始图片

b 处理后图片

图3 结合 $K_R > 40\%$, $2K_G > K_B$, $2K_B > K_G$ 的判别处理

1) 进行阈值处理,以红色分量进行阈值划分,可以设定多种不同的条件,如 $K_R > 67\%$, $K_R > 40\%$, $K_R > 40\%$, $2K_G > K_B$, $2K_B > K_G$ 等。从处理的结果(图3b)可以看出,采用结合多种阈值条件的算法可以避免单一条件下出现的误差,能达到较好的处理效果。单一条件下,如仅通过设置比较高的红色分量阈值判别,会除去许多符合条件的红色像素;如仅通过降低红色分量的阈值又会使许多不需要的像素被保留下来。图3b经过数学形态学腐蚀和轮廓提取后,分别得到图4a和4b。



a 形态学腐蚀

b 轮廓提取

图4 形态学腐蚀和轮廓提取

2) 对提取轮廓后的图片,采用像素标记算法对连通域进行处理后的结果见图5。

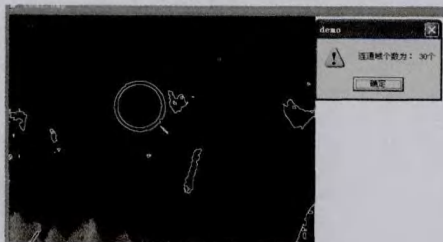


图5 连通域标记处理后的结果

3) 在图5统计结果的基础上,通常可以设置一个阈值,通过检查连通域的像素个数,来减少连通域的个数。设定阈值后的结果见图6。



图6 设置连通域像素点阈值

4) 根据限速标志外部轮廓的特点进行圆的检测处理,结果见图7。



图7 圆的检测处理后的结果

5) 对图7进行同心圆检测,并进行矩形分割,结果见图8和9。

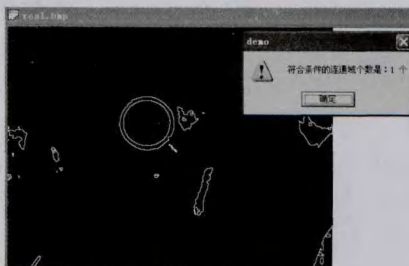


图8 同心圆检测处理

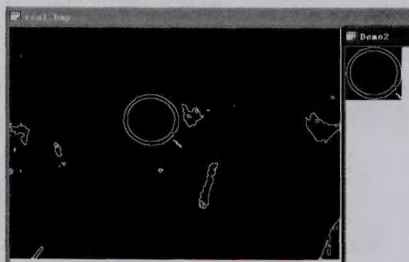


图9 分割感兴趣区域

提取出的图片为限速标志所在区域的图片。为了方便之后的处理,可以适当缩小感兴趣区域的范围,结果见图10。



图10 缩小区域范围

4 结语

对于道路交通标志检测,本文借鉴了许多已有的技术,主体步骤和大多数研究相一致,本文的创新和改进在于:① 由于交通标志的颜色比较有限地分布在一定范围内,在颜色预处理时,采用了模型的划分来寻找阈值;② 连通域方法的改进,由于图像经过处理后留下的都是边框,所以有效地结合区域生长的方法可以明显加快处理速度;③ 在圆的检测上,受到一些边界标记的启发,进行了检测。实验结果表明,本文方法对于限速交通标志的检测,基本达到了要求。

参考文献:

- [1] 张卡,盛业华,叶春,等.基于中心投影形状特征的车载移动测量系统交通标志自动识别[J].仪器仪表学报,2010,31(9):2101-2108.
- [2] RUTA Andrzej, LI Yongmin, LIU Xiaohui. Real-time traffic sign recognition from video by class-specific discriminative features[J]. Pattern Recognition, 2010,43(1):416-430.
- [3] ESTABLE S, SCHICK J, STEIN F. A realtime traffic sign recognition system[C]//Proceedings of the Intelligent Vehicles '94 Symposium, IEEE,1994:213-218.
- [4] PICCIOLI G, De MICHELLI E, CAMPANI P. A robust method for road sign detection and recognition [C]//Proceedings of European Conference on Computer Vision, 1994:495-500.
- [5] De SAINT BLANCARD M. Road sign recognition; a study of vision-based decision making for road environment recognition[C]//Springer Series in Perception Engineering: in Vision-based Vehicle Guidance, Springer-Verlag, 1992:162-172.
- [6] KEHTARNAVAZ N, GRISWOLD N C, KANG D S. Stop-sign recognition based on color-shape processing [J]. Machine Vision and Applications, 1993, 6(4): 206-208.
- [7] 李宁,陈彬.实用交通标志自动识别方法[J].上海师范大学学报:自然科学版,2006,35(5):53-59.
- [8] 蒋刚毅,郑义.形态骨架匹配算法及其在交通标志识别中的应用[J].电路与系统学报,1996,1(3):16-22.
- [9] 张静,何明一,戴玉超,等.综合颜色和形状的圆形交通标志检测方法[J].计算机工程与应用,2011,47(2): 233-236,241.
- [10] 朱双东,刘兰兰.基于颜色信息与SVM网络的交通标志检测[J].自动化仪表,2009,30(3):69-72.
- [11] 郁梅,郁伯康.基于彩色图像的指示标志检测[J].计算机工程与应用,2000(4):165-168
- [12] 谢凤英,赵丹培. Visual C++数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [13] 阮秋琦.数字图像处理学[M].2版.北京:电子工业出版社,2010.
- [14] 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.
- [15] 刘志刚,鲍加贞.基于VC的最小二乘拟合圆在LAMOST中的应用[J].现代制造工程,2008(1): 94-96.
- [16] 严筱永,阎浩.基于改进的Hough变换的圆检测[J].金陵科技学院学报,2009,25(1):18-21.

Research on Traffic Speed Limit Signs Location Algorithm Based on Real Image

Xu Lixia¹, Xu Zhigang²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui Vocational College of Defense Technology, Liuan 237011, China;

2. School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: One of the key steps is that the traffic signs can be located quickly and effectively in the road traffic sign recognition system based on road image. Based on the analysis of the speed limit signs as example, according to the characteristics of speed limit signs in the image, the location of the signs are found and the relevant areas are extrated, as the preparatory to image recognition. In order to extract the traffic signs, color processing, morphology filter, connected component disposal in binary images and circle detection are used. Experiments show that these methods can extract effectively the region containing traffic are used from real image.

Key words: real image; traffic speed limit sign location; connecting component analysis; region growth; circle detection

(责任编辑、校对 张 刚)