

自然场景下三角形交通标志的检测与识别

贾永红^{1,2}, 胡志雄¹, 周明婷¹, 姬伟军¹

1. 武汉大学 遥感信息工程学院, 武汉 430079

2. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079

摘要: 根据三角形交通标志的颜色和形状特征, 提出了一种适用于自然场景下三角形交通标志的检测与识别方法. 该方法首先利用颜色分割粗略提取标志区; 其次提取标志区轮廓边缘和直线拟合, 确定三角形标志的3个顶点, 精确检测出完整的三角形标志区; 最后设计一种分块特征提取方法对检测出的三角形标志和所有参考三角形标志进行特征提取, 通过特征匹配识别出三角形交通标志类别. 实验结果表明, 所提出的检测与识别方法能更有效地识别自然环境中三角形交通标志方法, 且适用性强.

关键词: 交通标志; 颜色分割; 轮廓提取; 分块; 识别

中图分类号: TP75 **文章编号:** 0255-8297(2014)04-0423-04

Detection and Recognition of Triangular Traffic Signs in Natural Scenes

JIA Yong-hong^{1,2}, HU Zhi-xiong¹, ZHOU Ming-ting¹, JI Wei-jun¹

1. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: An approach is proposed to detect and recognize triangular traffic signs in natural scenes according to color and geometric features of the signs. The sign is first roughly extracted based on color segmentation. A straight line fitting method is used to detect the three sides of the triangular signs to obtain the complete triangular sign. A partitioning feature method is used to obtain feature vectors from all reference triangular traffic signs as well as the detected ones, then the detected triangular traffic sign is recognized by feature vector matching. Experimental results show that the proposed method is effective for recognizing triangular traffic signs in natural scenes.

Keywords: traffic sign, color segmentation, contour extraction, partitioning, recognition

自20世纪80年代以来, 随着城市化的发展和汽车的普及, 道路拥堵以及随之而来的交通问题困扰着人们的出行. 于是, 智能交通系统(intelligent transportation system, ITS)应运而生, 其中道路交通标志识别系统(traffic sign recognition, TSR)得到了广泛研究^[1-2]. TSR系统主要是通过车载摄像头获取影像, 进行图像检测定位交通标志, 然后进行识别, 为驾驶员提供路况相关信息. 因此, 交通标志的检测与识别是TSR的关键技术与难点之一.

由于交通标志的特殊性, 传统的交通标志检测方法通常依据颜色阈值法分割^[3-4], 如在RGB颜色空间中设定阈值进行分割. 该方法简单易实现, 但RGB三分量存在相关性, 在自然环境下易受光照或遮蔽影响, 分割的交通标志不完整. 为了弥补RGB阈值分割的不足, 文献^[5-6]利用不相关的HIS三分量测交通标志, 在一定程度上削弱了光照的影响. 由于交通标志的几何形状不受光照影响, 文献^[7]利用Canny算子进行边缘提取, 根据Hough变换提取出了交通标

收稿日期: 2014-04-21; 修订日期: 2014-06-12

作者简介: 贾永红, 教授, 博导, 研究方向: 遥感、航天摄影测量、空间信息管理与更新、图像处理、模式识别等, E-mail: yhjia2000@sina.com

志中的直线,进而提取出交通标志中的三角形特征.文献[8]基于交通标志的对称性,提出了计算量较小的Hough变换检测算法,取得了较好的效果.模板匹配是一种常见的检测算法^[9],文献[10]利用图像与模板的互相关性描述了图像的相似性,但有明显的局限性.文献[11]提出一种决策融合推理的交通标志识别方法,提高了正确识别率.文献[12]对基于视觉的标志分割法进行了改进;文献[13]采用神经网络群组成两级智能分类器,实现了交通标志的粗分类和细分类;文献[14]应用多层决策树方法识别交通标志,取得了良好的效果.

针对现有三角形交通标志检测与识别方法的不足,本文在利用三角形交通标志颜色特征和形状特征基础上,提出了一种精化三角形交通标志边缘轮廓,将交通标志精确且完整地分割出来,并设计一种分块特征提取识别方法,应用于自然场景下三角形交通标志的识别,能满足实际应用的要求.

1 交通标志检测

1.1 基于HSV颜色空间的颜色分割

HSV(hue-saturation-value)是从人的视觉系统出发的,用色调(hue)、饱和度(saturation)和明度(value)3个参数来确定颜色的一种色彩表示方法.在自然场景下利用HSV颜色空间阈值分割对不同光照情况具有较好的鲁棒性^[15],因此自然场景下的交通标志彩色图像采用HSV变换得到H、S、V,在H、S、V颜色空间对交通标志图像进行阈值分割,获得交通标志图像的初始分割结果.

1.2 基于精确边缘轮廓的形状检测

形状检测是在标志图像初始分割二值化基础上,经过形态学滤波后判定各连通区的几何形状.基于边缘轮廓的形状检测算法是通过提取连通区域的轮廓信息,根据其几何参数判定区域形状,从而检测出交通标志是否为三角形的.形状检测算法提取的形状参数如下:轮廓围成面积 S_L 、轮廓周长 C_L 、轮廓最小外接圆面积 S_Y 、轮廓最小外接圆周长 C_Y 、轮廓最小外接矩形面积 S_J 和轮廓最小外接矩形周长 C_J .根据提取的这些参数比值可判断交通标志是否为三角形标志.经大量实验验证,判断是否为三角形交通标志的参数比值阈值如表1所示.

依据颜色分割和基于边缘轮廓的形状检测结果可以确定感兴趣区域(region of interest, ROI),即一幅影像上检测出三角形交通标志所在的大致区域.但真实自然场景下交通标志可能存在光照不均匀、表面褪色、不同程度的遮挡等引起的干扰,致使分割出的交通标志形状不完整,从而影响交通标志的识别.为了

提高识别正确率,针对检测出的三角形标志提出了一种轮廓精确提取方法,以获得完整的三角形交通标志.

表1 基于轮廓的形状判断阈值

Table 1 Threshold to shape decision based on contour

形状	阈值
三角形	$0.3 < S_L/S_Y < 0.6$
	$0.4 < S_L/S_J < 0.7$
	$0.75 < S_L/S_Y < 0.9$

如图1所示,图(a1)中三角形交通标志存在光照不均和变形,传统颜色分割效果如图(a2)所示,分割出的交通标志结构不完整;类似地,图(b1)中影像标志区被树遮挡,传统分割方法得到的结果如图(b2)所示,没能提取出完整的三角形交通标志.

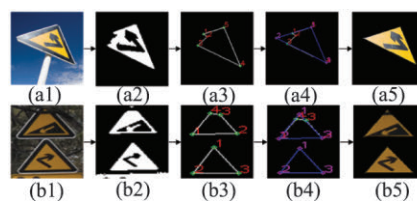


图1 精确提取轮廓流程

Figure 1 Flowchart of extracting contour precisely

轮廓精确提取是在分割出交通标志ROI影像的基础上对轮廓进行相应的几何处理,得到完整的标志ROI影像,从而有利于提高交通标志识别率.下面给出精确轮廓提取的具体步骤.

步骤1 图(a3)是对图(a2)交通标志ROI影像提取标志轮廓,并按逆时针方向将轮廓节点进行编号,用 $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ 表示.对于提取出来的轮廓线分别记为 $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$.

步骤2 为提取黄色区域三角形交通标志外轮廓,对 $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ 按照长度递减顺序排序,取最长的前三条线段作为三角形交通标志对应的三边,分别记为 L_L, L_R, L_B .

步骤3 分别延长 L_L, L_R, L_B .记 L_L, L_R 所延长的直线相交于 P_T 点, L_R, L_B 所延长的直线相交于点 P_R , L_L, L_B 延长交于 P_L ,则 P_T, P_L, P_R 即为待识别三角形的3个角点,由 P_T, P_L, P_R 所组成的三角形区域则为分割出的完整的三角形交通标志ROI,结果如图(a5)所示.

图(b5)是按照步骤1~3对图(b2)处理得到的结果.可见该方法能有效提取交通标志的完整轮廓.

2 交通标志分块识别

由于成像方式、拍摄角度、标志牌安装等原因,获取的自然场景下三角形交通标志影像存在几何变形,直接影响了后期的特征提取与识别效果.因此,在识别前必须对分割出的三角形标志进行几何纠正.图2给出了44种三角形警告标志,首先依比例将每一三角形标志制作作为 93×81 像素大小,并建立参考标志影像库,则标志内核黄色三角形(如图3中黑色边框以内的黄色区域)的3个顶点坐标如下:上顶点(45,11)、左下底点(10,73)、右下底点(81,73).对检测出来的三角形交通标志,以其 P_T 、 P_L 、 P_R 和标志库三角形标志内核三角点对应坐标建立仿射变换方程,求解参数后对检测到的三角形交通标志进行仿射纠正.



图2 44种参考交通标志

Figure 2 44 kinds reference traffic signs

对几何纠正后的三角形交通标志区,采用Otsu自适应门限进行二值化处理,得到待识别标志的ROI内核图案.

分块识别的基本思想是把待识别交通标志图像内核区域分成不同的小块,然后提取每小块的特征构成特征向量,并与交通标志库中各标志图像内核区域特征向量进行相关匹配,从而确定交通标志类别.

如图3所示,以图像左上角为原点(0,0),三角形内核图案主要位于高度30~70 pixel,宽度15~75 pixel的范围内.因此,设计了一种类似塔形的对称结构的分块方法,将三角形区域分为14块,每块大小为 10×10 pixel,1号块左上起点坐标为(30,35),14个小块全部位于三角形边框内部.三角形警告标志内核图案分块特征提取是取内核图案每块前景像素的灰度值的总和(前景像素值为1,背景为0)为分块特征,则每个三角形标志分块特征为有一个 1×14 维的特征向量.

图4给出了图2中44种参考标志分块特征之间的相关系数.图4中相关系数从0到1用不同颜色表示.颜色越红,则相关系数值越大;颜色越蓝,则反之.由图4可见,分块特征提取用于交通标志识别,对于绝大部分参考标志间相关系数值小于0.2,可以很好地

区分.但也有参考标志之间相关系数接近0.8,如图4中的第23块标志和第33块标志,会影响标志区分的准确性.总体而言,采用分块特征匹配可很好地区分不同三角形交通标志,且实现简单,运算量小.

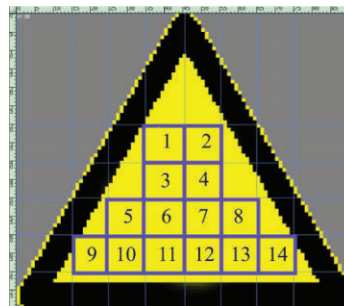


图3 标志分块

Figure 3 Partitioning of the sign

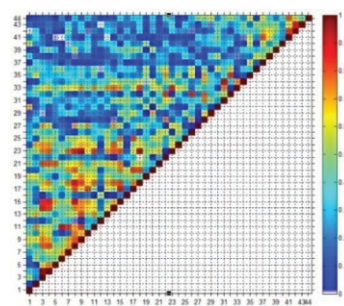


图4 44种标志分块特征相关系数

Figure 4 Block feature correlation coefficients of 44 signs

因此,三角形交通标志识别是在检测出来的三角形交通标志基础上,首先计算其分块的14维特征向量,然后计算其与标志库中各参考标志特征向量之间的相关系数,并依据最大相关系数确定三角形交通标志类别.

3 实验结果与分析

试验数据为350张车载视频图像.按照图5所示的流程对这些图像进行三角形交通标志检测与识别,并进行统计分析.三角形标志检测与识别结果如表2所示.

在350张图像中共有79个三角形标志.采用本文算法检测出75个,检测正确率约为95%.

在检测出的75个三角形交通标志中共有23种不同类型的标志,直接采用基于三角形颜色和形状特征的整体模板匹配方法识别,只能正确识别出44个,识别正确率约为56%;采用精确轮廓提取获得完整标志形状,采用分块特征提取的识别方法,能正确识别60个,识别正确率为75.9%.可见采用分块特征提取识别法能明显提高识别率.

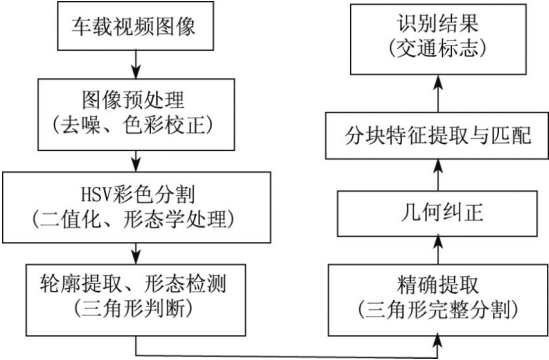


图 5 三角形交通标志识别流程图

Figure 5 Flowchart of the triangle traffic sign recognition

表 2 视频图像三角形交通标志检测、识别率

Table 2 Detection and recognition rates of triangle traffic signs based on video images

方法	标志总数	检测出标志数	识别标志数	检测准确率%	识别准确率%
整体匹配法	79	75	44	95	55.7
分块特征匹配法	79	75	60	95	75.9

对未被检测、未识别出来的三角形标志进行核查分析. 其中交通标志未检测出来的主要原因如下: ①标志成像质量太差; ②存在严重遮挡; ③黄色牌的干扰. 不能正确识别的主要原因有两种: 一类是图像自身原因造成的. 其中, 有 3 张因图像严重退化或标志内核被遮挡而影响识别; 有 4 张因为拍摄角度过大导致图像中标志变形大, 即使经过仿射变换纠正后内核变形仍然严重, 无法正确识别; 有 5 张由于图片太小, 几何纠正后内核失真也无法正确识别. 另一类是算法本身的原因造成的, 即由于分块特征中参考标志的特征向量数值接近而导致误分的有 3 张.

4 结 语

在利用交通标志颜色特征和形状特征基础上, 提出了自然场景下三角形交通标志精确轮廓提取识别方法. 试验结果表明, 该方法能更有效地识别车载视频图像的三角形交通标志, 并为车载视频图像的交通标志检测与识别提供了一条有效途径, 可满足实际应用的需求.

参考文献:

[1] 朱双东, 陆晓峰. 道路交通标志识别的研究现状及展望 [J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(12): 50-52.
ZHU Shuangdong, LU Xiaofeng. A survey of the research on traffic sign recognition [J]. Journal of Computer Engineering and Science, 2006, 28(12): 50-52.(in Chinese)

[2] NGUWI Y Y, KOUZANI A Z. A study on automatic cybernetics and intelligent systems [J]. IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, 2006, 1(1): 372-377.

[3] SOETEDJO A, YAMADA K. An efficient algorithm for traffic sign detection [J]. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2006, 10(3): 409-417.

[4] 黄志勇, 孙光民, 李芳. 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.
HUANG Zhiyong, SUN Guangmin, LI Fang. Traffic sign segmentation based on RGB vision model [J]. Journal of Microelectronics and Computer, 2004, 21(10): 147-148. (in Chinese)

[5] ESCALERA A, MORENO L E, SALICHS M A. Road traffic sign detection and classification [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1997, 44(6): 848-859.

[6] ESCALERA A, AEMINGOL J M. Traffic sign recognition and analysis for intelligent vehicles [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(3): 247-258.

[7] MIGUEL A G, MANUEL O D. Complete vision-based traffic sign recognition supported by an I2V communication system [J]. Sensors, 2012, 12(2): 1148-1169.

[8] BARNES N, LOY G, FLETCHER L S. Real-time speed sign detection using the radial symmetry detector [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation, 2008, 9(2): 322-332.

[9] TORRESEN J, BAKKE J, SEKANINA L. Efficient recognition of speed limit signs [J]. Proceedings of the 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2004, 1(1): 652-656.

[10] PACLIK P, NOVOTICOVA J, DUIN R P W. A trainable similarity measure for image classification [J]. The 18th International Conference on Pattern Recognition, 2006, 1(1): 391-394.

[11] MEUTER M, NUNN C, MICHAEL S G. A decision fusion and reasoning module for a traffic sign recognition system [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011, 20(12): 1126-1134.

[12] 林川, 潘盛辉, 韩峻峰. 基于人类视觉系统的交通标志优化分割方法 [J]. 武汉大学学报, 2011, 57(3): 236-240.
LIN Chuan, PAN Shenghui, HAN Junfeng. A method of traffic sign optimal segmentation based on human visual system [J]. Journal of Wuhan University: Nature Science, 2011, 57(3): 236-240. (in Chinese)

[13] ZHU Shuangdong. Two hierarchy classifier of recognition of traffic signs based on neural network [C]//5th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2004: 5302-5306.

[14] 朱金好, 罗金萍. 基于决策树型的SVM交通标志识别 [J]. 长沙理工大学学报: 自然科学版, 2004, 20(2): 13-17.
ZHU Jinhao, LUO Jin. Recognition of traffic sign images based on decision-tree based support vector machine [J]. Journal of Changsha University of Science and Technology: Natural Science, 2004, 20(2): 13-17. (in Chinese)

[15] 许相莉, 张利彪, 于哲舟. 多粒度颜色特征在图像检索中的应用 [J]. 应用科学学报, 2009, 27(1): 56-61.
XU Xiangli, ZHANG Libiao, YU Zhezhou. Application of multi granularity color features in image retrieval [J]. Journal of Applied Science, 2009, 27(1): 56-61. (in Chinese)

(编辑: 秦 巍)