

一种新的道路标志统计识别方法

安吉尧^{1,2} 文桂林² 卢远志² 陈中²

(湖南大学计算机与通信学院 长沙 410082)¹

(湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室 航天技术研究所 长沙 410082)²

摘要 提出了一种用于室外移动机器人的道路标志自动统计识别方法。针对我国道路标志图像的基本特征,全面分析转弯道路标志图案后发现:图像的全局特征更易被检测到,而且更不易受到噪声和较小局部失真的影响。提出以全局特征为立足点,采用图像的灰度均值为主要特征量的特征选择与提取方法。在此基础上,分析道路标志图案的分块机理,采用投影和方向特征的处理方法,得到了9个转弯道路标志的特征不变量值。试验结果表明,有噪声的情况下,该方法能够实现对道路标志图案的快速、准确识别,具有较好的抗干扰能力。

关键词 车辆工程,室外移动机器人,统计识别,道路标志提取,方向投影特征

中图法分类号 TP24 **文献标识码** A

New Statistical Recognition Method for Road Signs

AN Ji-yao^{1,2} WEN Gui-lin² LU Yuan-zhi² CHEN Zhong²

(School of Computer and Communication, Hunan University, Changsha 410082, China)¹

(State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacture for Vehicle Body, Institute of Space Technology,
Hunan University, Changsha 410082, China)²

Abstract A new statistical recognition method of the road signs was proposed. In view of the basic characteristics of the road signs, and through a comprehensive analysis to turn road signs, we found that the image global features are more likely to be detected and not liable to be disturbed by noise and local distortion. An approach to the image feature selection and extraction based on the global feature was presented, in which the mean gray-scale of the image was taken as the major feature value. In what follows, the statistical recognition method was developed to accomplish these steps: the image was divided into several blocks; projective method with directional feature was adopted; the invariant of the feature marks was established and corresponding invariant values of nine turn road signs was computed. The experimental results show that the statistical approach has a good anti-interference ability by which the road sign in an image with moderate noise can be accurately and quickly recognized.

Keywords Vehicle engineering, Outdoor mobile robots, Statistical recognition, Road sign extraction, Directional projective feature

道路标志是重要的交通安全设施,可以向驾驶员、行人等传递准确的信息,指示有关情况,提出交通要求,公布交通规定等。然而,许多驾驶员可能因为各种原因并未及时留意到道路标志信息而导致道路交通事故。因此,运用计算机视觉系统实时识别道路标志信息并提供给驾驶员具有重要意义。国外一些汽车公司,如大众、日产等都在开发可以识别交通标志的汽车安全辅助驾驶系统。识别道路标志的关键在于识别道路标志的图案。道路标志图案种类繁多,其中指示转弯的道路标志图案是其中一大类(如图1所示),分为指示道路标志(背景为蓝色,图案为白色)和禁令道路标志(背景为白色,图案为黑色)。

道路标志检测是智能驾驶辅助支持系统中一个重要而关

键的任务模块。镶嵌在道路标志牌中的标志信息通常提供了非常重要的信息,比如向左、右转弯,可变更车道,可调头车道或者禁止等标志信息。然而,直接识别和检测采集视频中的道路标志是非常困难的,困难在于环境条件的无常变化,比如不同季节、不同天气的光照或者阴影,甚至标志牌的污点等。另外,采集标志数据的摄像头或者相机安装在运行中的汽车之上,实时采集的图像不可避免地具有不同尺寸、形状、对比度和运动模糊等特点。为了解决上述问题,文献[1-5]提出了各种不同的基于视觉技术的自动道路标志检测和识别方法。依据道路标志牌制定的对比颜色显著、形状突出信息等特点,本文以湖南大学室外移动机器人(HNUV)为实验平台,以转弯道路标志图案为例,探索了道路标志图案的识别方法。结

到稿日期:2008-11-24 返修日期:2009-02-16 本文受教育部科技创新工程重大项目培育项目(708067),教育部长江学者与创新团队发展计划项目(531105050037)资助。

安吉尧(1972—),男,博士生,副教授,研究方向为智能车辆、计算机视觉, E-mail: jt_anbob@hnu.cn; 文桂林(1970—),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为智能机器人、车辆工程、机电一体化; 卢远志(1972—),男,硕士,讲师,研究方向为产品设计与制造理论。

合运用颜色和形状,提出了一种新的道路标志图案统计识别方法,为了有效地完成识别或匹配,采用图像的灰度均值为主要特征量。运用统计方法提取的特征具有旋转不变特性和全局性,更易被检测到,而且更不易受噪声和较小局部失真的影响,以实现转弯标志图案的特征提取与识别。试验结果表明,有噪声的情况下,该统计识别方法能够实现对道路标志图案的快速、准确识别,具有较好的抗干扰能力。



图1 指示转弯的道路标志图案

1 图像预处理

由于道路交通标志有多种颜色,采用单一图像分量,图像处理效果不理想。摄像机采集的道路标志图像颜色模型为RGB,不能表述道路标志图像的色泽变化,因此需要将道路标志图像由RGB模型变换为HSI模型,然后进行道路标志图像处理。变换公式如下:

$$\begin{cases} H = \arccos\left\{\frac{[(R-G) + (R-B)]/2}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}}\right\} \\ S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)}[\min(R, G, B)] \\ I = (R+G+B)/3 \end{cases} \quad (1)$$

道路标志的颜色分为背景色和目标图案颜色。只要确定背景颜色,即可分割出目标图案。我国关于道路标志的设计要求中规定,所有标志的背景至少覆盖标志面积的50%,因此本文中对指示转弯道路标志图像所有像素的色调、亮度值进行统计,取像素数量最多的色调、亮度值作为指示转弯道路标志图像背景色的H、I值。根据道路标志图像背景颜色知识,可判断出转弯道路标志图像类别。构造判别规则如下:

- If 背景颜色为白色, Then 图案为禁令道路标志;
- If 背景颜色为蓝色, Then 图案为指示道路标志。

在确定转弯道路标志类别后,采用I分量固定阈值法即可实现图像的二值化。由于道路标志图像的直方图具有双峰性,可选其谷底值作为二值化阈值。本文选取禁令道路标志阈值为80,指示道路标志阈值为180。I分量固定阈值法对道路标志图像进行二值化的结果如图2所示。可以看到,指示道路标志背景以外的区域与道路标志图案颜色一致,图像二值化结果存在非感兴趣区域。

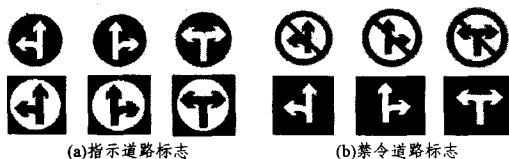


图2 转弯道路标志图案区域二值化结果

对此采用行扫描法予以剔除,去除结果如图3所示。可以看到,指示道路标志图像的非感兴趣区域已经完全被去除。通过反色处理即可得到标准的道路指示标志图像。



图3 转弯道路标志图案的确定

综上所述,用道路标志图像的预处理方法实现从道路标志图像中分割出道路标志的预处理步骤概括如下:

- 1)采集道路标志RGB图像;
- 2)运用式(1)进行(RGB-HSI)色空变换,获得道路标志HSI图像;
- 3)统计H、I分量,提取出背景H、I值;
- 4)依据道路标志的转弯标志类别规则,进行转弯标志类别识别;
- 5)转弯标志标准二值化处理。

2 道路标志所采用的分块机理

对采集到的一幅可能含有道路标志图案的图像经过预处理、图案确认辨识及其矫正之后,变为由 100×100 个像素点组成的二值图像,分块机理如图4所示。

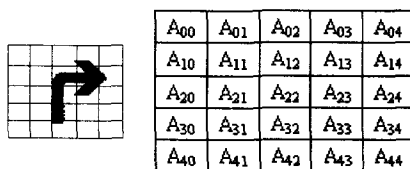


图4 右转弯道路标志图案及其分块标记

图4中的分块 A_{pi} 用公式表示为:

$$A_{pi} = \frac{1}{n} \sum_{i=\eta}^{\xi} \sum_{j=\eta}^{\xi} a_{ij} \quad (2)$$

其中, n 为每个小块所有像素点之和; i 为每个小块的行; j 为每个小块的列; a_{ij} 为每个小块每个像素点的灰度值。

通过式(2)很容易计算出 A_{pi} 的数值。为了进一步简化计算,在得到 A_{pi} 的值之后,采用近似阈值处理的方法,将 A_{pi} 进行归一化,公式为:

$$A_{pi} = \begin{cases} 1, & A_{pi} > t \\ 0, & A_{pi} < t \end{cases} \quad (3)$$

其中, t 为每个小块所允许的最小灰度均值。

3 投影值及其方向投影特征

主要选水平方向和垂直方向作为道路标志图案编码投影值的投影方向。在这2个方向上得到的方向投影值(以右转弯道路标志图案为例)的区别间接反映了图案本身所具有的特征,如图5所示。

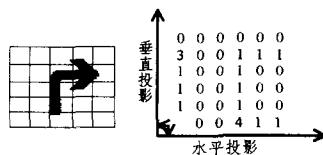


图5 右转弯道路标志及其方向投影特征

依次类推,将9个道路标志图案(如图6所示)分块后计算得到的 A_{pi} 分别进行水平投影和垂直投影,再计算水平投影值 X_p 、垂直投影值 Y_q 和累加和 S 。

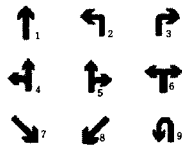


图6 9个道路标志标识及其图案号

按式(4)计算,可分别得到9个道路标志图案投影后的数值,如表1所列。

$$X_p = \sum_{q=0}^4 A_{pq}$$

$$Y_q = \sum_{p=0}^4 A_{pq}$$

$$S = \sum_{p=0}^4 X_p + \sum_{q=0}^4 Y_q \quad (4)$$

表1 标志图案编码投影值及其累加和

图案号	Y ₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	S
1	1	1	1	1	1	0	0	5	0	0	10
2	1	1	1	3	0	1	1	4	0	0	12
3	1	1	1	3	0	0	0	4	1	1	12
4	1	3	1	1	1	1	1	5	0	0	14
5	1	3	1	1	1	0	0	5	1	1	14
6	1	1	1	5	0	1	1	4	1	1	16
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
9	2	2	2	3	0	0	4	1	4	0	18

从表1可以看出,仅仅用累加值还不能完全区分图案信息,因此对上述的算法做了改进。在每个图案的10个投影值中,设计式(5)所示的特征不变量,得到如表2所列的道路标志图案的特征不变量值。

$$A_k = A_{11} + A_{33}, k=1, 2, \dots, 9$$

$$S_k^* = (Y_0 + Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 + Y_4^2) + (X_0 + X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2) + 9 * A_k, k=1, 2, \dots, 9 \quad (5)$$

表2 道路标志图案的特征不变量值列表

图案号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
特征不变量值 S _k [*]	30	33	24	40	49	37	28	10	52

4 道路标志图案识别试验

为验证本文提出的算法及理论的有效性、可靠性和准确性,采集了转弯道路标志的指示和禁令图案,如图7所示。图案都为经过预处理后提取的二值图像。

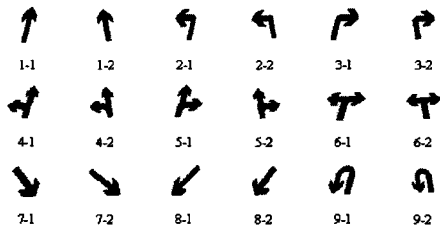


图7 道路标志指示和禁令图案样本

4.1 道路标志图案样本的选择

图7为18幅验证算法的道路标志图案样本,包含了编号1—9图案的不同旋转角度的图像。标识在图像中完整,没有恶劣的环境噪声和干扰。在试验中,图案的高度为100mm,宽度为100mm。

4.2 基于统计识别的试验结果

表3列出了基于统计识别道路标志图案的试验结果。表

中第1行代表了待识别的图案号,第2行编号为图7中给出的各图案号,第3行表示计算出的特征不变量值(以后各列的图像编号和特征值含义如上)。由表3可见,在采用统计识别道路标志图案的试验结果中,图7中的样本对应的特征值计算结果正确无误。不难得出结论:这种简单识别道路标志图案的准确率为100%,而且每次识别道路标志图案耗时仅为1ms。

表3 基于统计识别方法的试验结果

图案号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
编号	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1
特征不变量值 S _k [*]	30	33	24	40	49	37	28	10	52
编号	1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2
特征不变量值 S _k [*]	30	33	24	40	49	37	28	10	52

结束语 本文提出的用于室外移动机器人视觉导航的道路标志图案统计识别方法,能满足道路标志识别过程中准确、快速识别的要求。(1)对采集的图像进行预处理及其颜色规则判别,初步筛选图像中是否有道路标志图案的存在,有效确认和提取出道路标志图案;(2)通过对道路标志图案内部标识特征选择的不同方法分析,采用基于图像灰度均值为主要特征量的特征选择与提取的统计方法来识别道路标志图案内部标识信息,并采取了具有投影方向的方法来加快对其的识别过程。试验结果表明,有噪声的情况下,利用统计原理获得道路标志图案特征值,能够实现对道路标志图案的快速、准确识别,具有较强的抗干扰能力。

参考文献

- [1] Dela E A, Armingol J M, Mata M. Traffic Sign Recognition and Analysis for Intelligent Vehicles [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21: 247-258
- [2] Gavrilu D M. Traffic Sign Recognition Revisited [C] // Proc. of the 21st DAGM Symposium. Springer Verlag, 1999: 86-93
- [3] Tsai L W, Hsieh J W, Chuang C H. Road sign detection using eigen colour [J]. IET Computer Vision, 2008, 2(3): 164-177
- [4] Garcia-Garrido M A, Sotelo M A, Martin-Gorostiza E. Fast traffic sign detection and recognition under changing lighting conditions [C] // Proc. IEEE Conf. Intelligent Transportation Systems, 2006: 811-816
- [5] Wu W, Chen X, Yang J. Detection of text on road signs from video [J]. IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, 2005, 6(4): 378-390
- [6] Tsai L W, Hsieh J W, Fan K C. Vehicle detection using normalized color and edge map [J]. IEEE Trans. Image Process, 2007, 16(3): 850-864
- [7] Hsieh J W. Fast stitching algorithm for moving object detection and mosaic construction [J]. Image and Vision Computing, 2004, 22(4): 291-306
- [8] Hsu S H, Huang C L. Road sign detection and recognition using matching pursuit method [J]. Image and Vision Computing, 2001, 19(3): 119-129
- [9] 黄修武, 郭跃飞, 杨静宇. 基于代数方法的图像特征抽取和识别 [J]. 南京理工大学学报, 1998, 22(1): 1-5
- [10] 章毓晋. 图像处理与分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002
- [11] 金立生, 王荣本, 储江伟. 用于视觉导航自动车辆的统计数字识别方法 [J]. 吉林大学学报: 工学版, 2004, 34(3): 383-387
- [12] 胡斌, 张朋飞, 何克忠. 一种用于室外移动机器人的快速有效的车道线识别方法 [J]. 机器人, 2006, 28(4): 394-399
- [13] 初秀民, 严新平, 毛喆. 道路标志图案识别方法研究 [J]. 汽车工程, 2006, 28(11): 1051-1055
- [14] 杨杰, 张铭钧, 尚云超. 一种移动机器人视觉图像特征提取及分割方法 [J]. 机器人, 2008, 30(4): 311-317