

# 基于颜色与形状特征的交通标志检测方法

张志佳,李文强,张丹,钟玲

(沈阳工业大学视觉检测技术研究所,辽宁沈阳110870)

**摘要:**现今社会,交通事故频发,每年因交通事故而造成的伤亡人数正在逐年递增,如何提高道路的安全性,已然成为迫在眉睫的问题。文中所研究的交通标志识别技术,可以及时将道路两旁交通标志反馈给驾驶员,从而减少或避免由于驾驶员的疏忽引发的交通事故。交通标志主要包括,警告标志、禁令标志和指示标志三种,而不同类型的交通标志均具有不同的颜色和形状特征。针对交通标志的上述特点,文中提出了一种将颜色和形状特征相结合的交通标志识别系统。在该方法中,首先采用HSV颜色特征对整幅图像进行粗提取,而后进行形态学滤波并基于标志的几何形状特征对整幅图像实现精细分割,完成标志检测。实验结果表明,该方法运算量小,对外界环境变化不敏感,能够准确、快速地检测出视线范围内的交通标志。

**关键词:**交通标志;HSV;形态学方法;几何形状描述子

**中图分类号:**TP301

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2015)07-0174-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.07.039

## Traffic Sign Detection Method Based on Color and Shape Features

ZHANG Zhi-jia, LI Wen-qiang, ZHANG Dan, ZHONG Ling

(Computer Vision Group, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

**Abstract:** Nowadays, traffic accidents happening every day, the number of casualties caused by traffic accidents is increasing. How to improve road traffic safety has become a pressing problem. Traffic signs recognition mentioned gets useful traffic information for drivers through computer processing and feedback to the driver timely, to reduce and avoid traffic accidents caused by the drivers' negligence. The road traffic signs includes warning signs, prohibition signs and directional signs. They all have specific colors and shapes. According to the characteristics of the traffic signs, present a traffic sign recognition system based on color-shape feature. Firstly, use HSV color model to extract the whole image for traffic signs region, then utilize morphological methods to get filtration and apply geometric shape characteristic feature to get split, finally extracting the region which are satisfied both color and shape conditions. Experimental results show that the algorithm has a small amount of computation, not sensitive to changes in the external environment, can accurately and quickly detect the road traffic signs within sight.

**Key words:** traffic sign; HSV; morphological methods; geometric shape descriptors

## 0 引言

交通标志检测是指从图像中将道路两旁交通标志从背景图像中提取出来,是后续的标志识别基础,因此,获得精确的交通标志分割模块是非常重要的。目前在交通标志分割方面研究较多的就是将颜色与形状特征进行结合,共同作用达到检测的目的。文献[1]中采用了一种基于颜色和形状的实时图像交通标志检测算法。该算法中针对颜色与形状,分别设计了两种类型的概率神经网络,一种用来将图像中像素分为不

同种类交通标志所包含的不同颜色,即黄、红、蓝和其他颜色四类;另一种则用于识别不同交通标志所特有的几何形状特征,即三角形、圆形、矩形和倒三角形四种形状。文献[2]中同样设计了一种基于颜色搜索和形状判别的交通标志分割方法,所不同之处在于,在对颜色空间分割色彩区域之后,应用色块搜索初步定位出感兴趣区域;然后,通过构造图形边缘函数的方法对定位出的感兴趣色彩区域进行交通标志形状判别检测,从而完成标志的分割。由于采用色块搜索缩小了

收稿日期:2014-09-02

修回日期:2014-12-03

网络出版时间:2015-06-23

基金项目:辽宁省自然科学基金(20102163);沈阳市科技基金项目(F13-316-1-38)

作者简介:张志佳(1974-),男,博士,副教授,研究方向为生物特征识别与机器视觉技术;李文强(1988-),女,硕士研究生,助教,研究方向为机器视觉技术。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150623.1046.035.html>

搜索范围,因此提高了本算法的检测效率。文献[3]中在基于区域的形状特征提取方面提出了一种改进的基于轮廓的特征提取方法,并将颜色和形状通过加权系数结合在一起,使得两者有了一定的相互制约。

虽然各种交通标志识别方法不断被提出,用于提醒驾驶员达到安全驾驶的目的,但由于场景任意带来的多样性和复杂性,还有对准确性、实时性以及鲁棒性等方面的高要求,导致到目前为止还没有一个真正效果比较好的系统。由于研究对象是无法预知的实时图像,因此文中在光照变化、颜色残缺、拍摄角度以及标志模糊或扭曲方面都做了全面考虑,以达到排除干扰、自动、及时地找出交通标志牌并将其成功检测的目的。

## 1 基于颜色与形状的目标区域提取

我国直接与道路交通安全有关的交通标志分为3大类,合计131种(不包括可派生的标志)<sup>[4]</sup>。其中,禁令标志48个,指示标志36个,警告标志47个。文

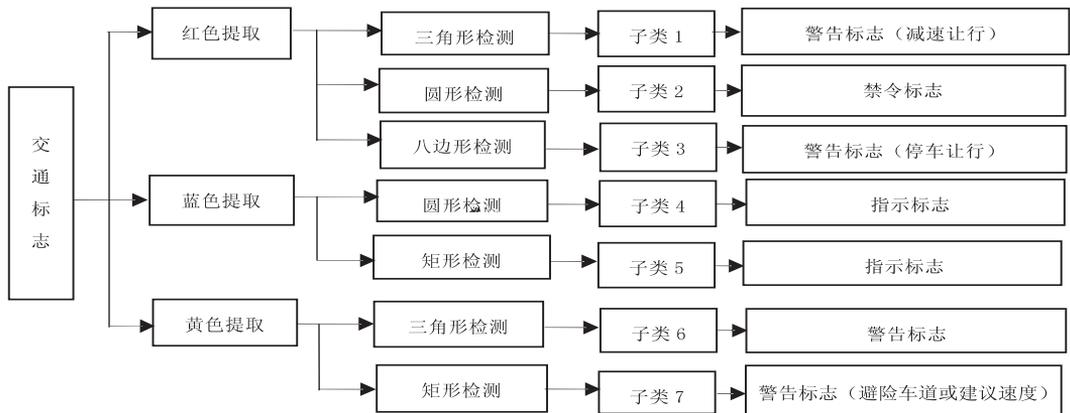


图1 交通标志检测的颜色-形状配对模型及初分类

在自然条件下,基于颜色的检测方法极易受到天气和光照变化等的影响,因此交通标志的颜色信息往往不够稳定,仅仅依靠颜色信息一般不能准确地检测出交通标志的区域。而基于形状的检测方法虽不易受光照、颜色退化的影响,但是在真实环境下背景复杂,容易产生误检<sup>[6]</sup>,而且算法的计算量较大,需要结合交通标志的颜色特征,提高交通标志检测正确率。结合参考资料以及文中的交通标志分类模型,采用颜色与形状相结合的检测方法。

### 1.1 基于HSV模型的颜色特征初定位

文中采用对整幅图像进行目标颜色提取,再采用排除法去掉不可能的标志区域,这种“由粗及精”的方法能显著降低后期搜索工作的复杂性,而且可以提高检测准确性。

在颜色空间中,RGB颜色空间是最基础的、应用最广泛的,几乎所有的其他空间都可以通过RGB空间进行转换。但其反映图像的信息不够直观,不符合人

中的研究对象为这131个交通标志<sup>[5]</sup>。

(1)指示标志:用来指示车辆和行人的行进,以蓝色为特征色,形状为圆形或长方形。

(2)警告标志:用来警告车辆和行人注意危险地点,以黄色为特征色,除“避险车道”为矩形外,形状均为角向上的等边三角形。

(3)禁令标志:用来禁止或限制车辆和行人的行进,除“禁令解除”外以红色为特征色,除“停车让行”和“减速让行”外形状均为圆形。

由以上分析可知,交通标志边框有蓝、黑、红三种颜色,形状有圆形、三角形及矩形,因此,可根据交通标志边框的颜色与形状定位检测出交通图像中交通标志所在的区域位置。所以通过对整幅图像先进行黄色、红色、蓝色以及黑色部分的提取,之后通过扫描提取区域的形状特征如三角形、圆形和矩形,就可大概提取出交通标志的可疑区域。图1为交通标志检测的颜色-形状配对模型及初分类。

类视觉的感知,而且RGB颜色空间中的三个变量有极大的相关性,使得图像比较容易受光照的影响<sup>[7]</sup>。在HSI模型中,虽然 $H, S, I$ 三个分量关联性很小,较为独立,但当饱和度和亮度较低时会导致色调的不稳定,无法用于交通标志的检测,只有具备一定的饱和度和亮度值才可以得到稳定的色调,因此,不适用于实时的颜色检测。HSV颜色空间是以颜色的色调( $H$ )、饱和度( $S$ )、亮度( $V$ )为三要素来表示的,是非线性颜色表示系统<sup>[8]</sup>。尽管其与HSI颜色空间类似,但在方法上有区别,HSV较HSI相比主要有以下不同:HSI的亮度跨越从黑色过选择的色相到白色的完整范围;而在HSV中, $V$ 分量只走一半行程,从黑到选择的色相,这意味着其在颜色提取过程中所需时间较HSV长。通过对比<sup>[9]</sup>,虽然,在颜色饱和度方面HSV有些不足,但由于文中所考虑的颜色只有红、黄、蓝三种,所以在颜色提取方面HSV足以胜任,而且HSV在检测颜色时的速度要比HSI快,这是文中所急需的。因此,选择

HSV 作为颜色提取方法。

由于 HSV 颜色模型符合人类对颜色的感知,故可以从一种纯色彩开始,即指定色彩角  $H$ ,通过改变  $S, V$  的值来得到需要的颜色<sup>[10]</sup>。可以通过减小  $V$  而  $S$  不变来增加黑色,同样可以减小  $S$  而  $V$  不变来增加白色。例如,要得到深蓝色,各值分别为:  $V = 0.4, S = 1, H = 240$ 。若基本颜色不变,只需将其色调变浅,及要得到淡蓝色,则只需增大  $V$ 、减小  $S$  的值即可:  $V = 1, S = 0.4, H = 240$ <sup>[11]</sup>。通过上述理论并结合 HSV 的颜色空间模型,文中将拍摄到的实景图像进行带入赋值。

以蓝色为例,由于 HSV 颜色空间模型显示蓝色区域的色调  $H$  范围在  $(H(i, j) \geq 240 \ \&\& \ H(i, j) \leq 255)$

区间内,所以通过调整饱和度  $S$  和色调  $V$  来选取适合交通标志检测的蓝色空间,并且  $S$  取值过小或过大都将使得颜色过深或过浅,不可能包含所需颜色,所以在带入过程中只需带入中间部分数值进行实验即可。故在带入数值过程中,将其中一变量设为定值,另一变量以 30 为一周期,进行实验,具体过程如图 2 所示。

通过带入数值可以发现,  $S$  在 170 至 240 之间效果最优,并且没有最小值;  $V$  在大于 170 时检测效果最佳,故综合 HSV 颜色模型,蓝色在 HSV 颜色空间的赋值为:

$$240 \leq H \leq 255 \ \parallel \ 0 \leq H \leq 10, 170 \leq S \leq 240, V \geq 170$$

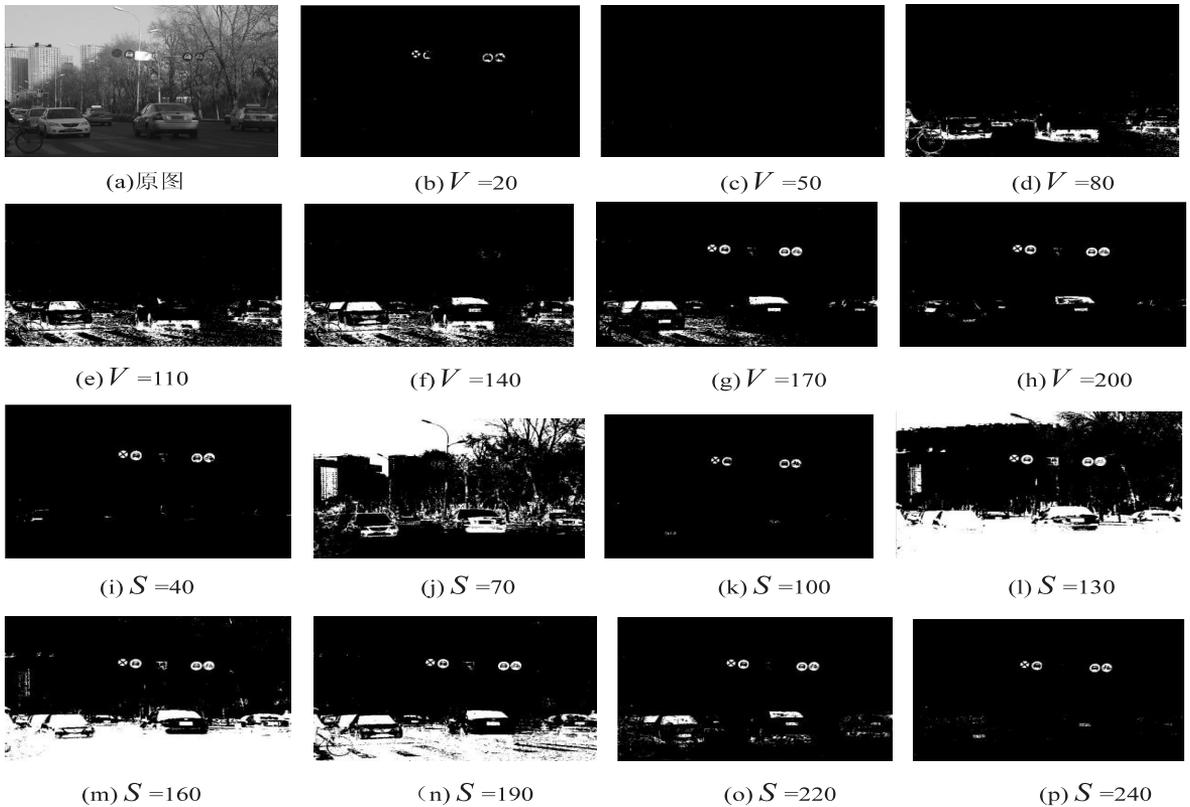


图 2 蓝色标志在 HSV 空间的选取过程

以此类推,对于红色和黄色颜色空间的选取同样采取上述方法,通过测试,各值的赋值范围如下时检测效果最优,并且同样可以检测出由于光照而引起的颜色残缺。其中,红色区域检测的各项赋值为:

$$170 \leq H \leq 180, S > 40, 30 \leq V < 230$$

黄色区域检测的各项赋值为:

$$18 \leq H \leq 45, S \geq 148, 60 \leq V < 230$$

为了展现各个颜色提取方法的优劣,文中共选取 10 幅图像分别采用了 RGB、HSI 以及 HSV 方法进行实验,在准确率上进行对比,如图 3 所示。

从图中可以发现,RGB 颜色空间由于不符合人类视觉感知,因此检测准确率不高;HSI 与 HSV 颜色空间的检测准确率虽然相近,但 HSI 颜色空间的检测准

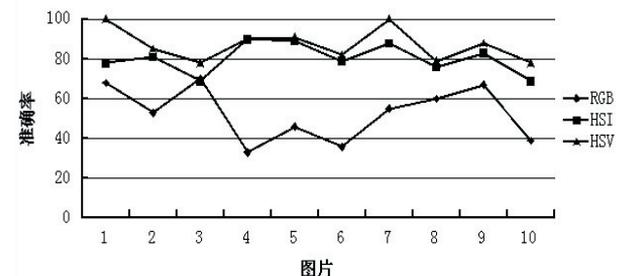


图 3 不同颜色空间提取准确率对比

确率是在消耗时间的基础上增加的,HSI、HSV 两种颜色空间对上述十幅图像进行检测的平均时间分别为: 2.51 s、1.35 s。因此 HSV 方法与其他两种方法相比,在很短的时间内就可以得到较高的识别准确率,更符合文中所要求的实时性。

### 1.2 基于形状特征的精确检测

上述基于颜色特征的区域提取之后,整幅图像上已经呈现出了多个备选区域,在这些区域中,难免会出现毛刺、噪点等影响下一步运算的干扰,因此在进行形状提取之前要对整幅图像进行去噪处理。

#### 1.2.1 形态学滤波

由于开运算可以去除比结构元素中小的明亮细节,保持图像整体灰度值和大的亮区域基本不变,从而消除噪声以及干扰的影响;而闭操作可以起到图像增强的作用,因此采用先开后闭的方式对整幅图像进行滤波,具体公式如下<sup>[12]</sup>:

$$g = I - (I \circ b) \quad (1)$$

$$g = I - (I \bullet b) \quad (2)$$

式中,  $g$  为输出图像;  $b$  为结构元素;  $I$  为原图像。

#### 1.2.2 候选区域提取

经过形态学滤波后,图像中的物体轮廓就更加清晰明了。首先需提取出备选区域的  $x, y$  方向坐标起点。如图4所示,求出方向的区域长度,并将面积小于某设定阈值的区域去掉。文中设定区域面积小于  $8 * 8$  的区域自动滤去,折合成距离大约为距摄像头 300 m 的距离,因为在此距离之外,就算提取出标志,也无法准确获得标志的内部信息,所以将区域阈值设定为此。

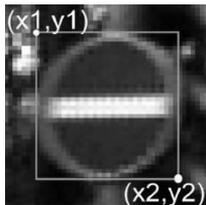


图4 提取目标最小轮廓

不同形状的交通标志具有不同属性,如质心边缘距离图、圆形度、矩形度、伸长度等。如图5所示,以图中虚线箭头所指处为起点,逆时针旋转一周,依次求质心与每个边缘点之间的距离。图中第2行即为3种不同形状交通标志的质心边缘距离图,其中横坐标表示交通标志边缘图像包含的像素点个数,纵坐标表示质心到边缘像素点的距离值<sup>[8]</sup>。

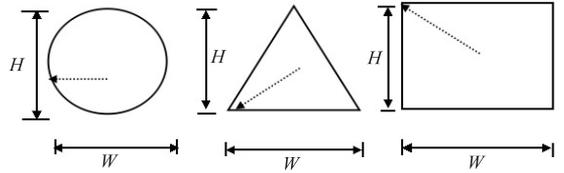


图5 各个形状长、宽示意图

通过求出质心到边缘距离的最小、最大以及平均值求出区域的圆度、矩形度和伸长度。具体公式如下<sup>[7]</sup>:

$$\begin{cases} C_{ratio} = \frac{4\pi S}{P^2} \\ R_{ratio} = \frac{S}{WH} \\ E_{ratio} = \frac{\min(W, H)}{\max(W, H)} \end{cases} \quad (3)$$

其中,  $P$  为区域周长;  $S$  为区域面积;  $W$  为  $x$  方向区域长度;  $H$  为  $y$  方向区域长度。

根据资料<sup>[13]</sup>并结合实际实验,当各个参数选取如下范围时,目标区域可以被准确提取,并且由于拍摄角度不佳或车速过快而引起的标志模糊或扭曲同样可以被检测出来,因此目标区域提取的效果最佳。

圆形标志:

$$C > 0.85, R > 0.70, E > 0.85$$

三角形标志:

$$0.35 < C < 0.70, 0.4 < R < 0.65, E > 0.8$$

矩形标志:

$$0.60 < C < 0.85, R > 0.70, E > 0.85$$

## 2 具体实现流程

文中所提出的基于颜色与形状的检测方法具体如下:

(1) 先对整幅图像进行红、黄、蓝颜色提取。

(2) 对提取出的备选区域进行形态学滤波,去掉图像中的噪声干扰。

(3) 依据形状特征提取图像中的三角、圆、矩形区域。具体实例如图6所示。

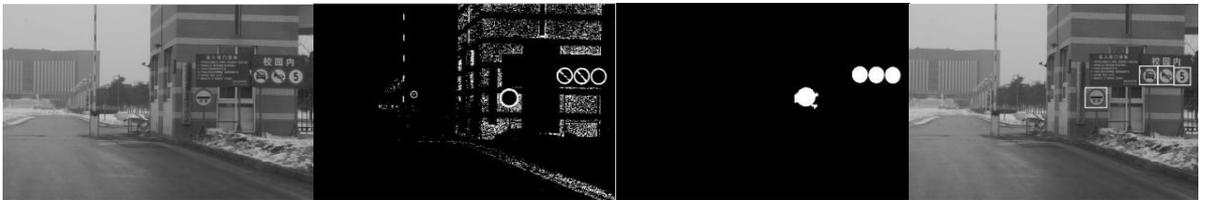


图6 具体检测过程示意图

通过对全部实际采集到的 1 000 幅数据库中图像进行仿真实验,在获取的实景图像中,指示标志共 1 985 个,禁令标志共 1 568 个,警告标志共 359 个。各个标志具体检测准确率如表 1 所示。

具体到各幅图像,识别率可以达到 76% ~ 93%,针对复杂背景、光照不佳情况下的标志图片提取,识别率也可以达 58% 以上;处理一张全景图的时间在 3 s 左右。文中算法达到了预期效果,检测速度较快,具备

实用性。

表 1 各类标志检测准确率

| 标志类型 | 标志个数  | 成功检测个数 | 准确率/% |
|------|-------|--------|-------|
| 指示   | 1 985 | 1 850  | 93.20 |
| 禁令   | 1 568 | 1 311  | 83.61 |
| 警告   | 359   | 278    | 77.44 |

### 3 结束语

文中提出基于颜色和形状共同作用来进行目标检测的方法。在实时性的基础上能够有效地分割出背景和目标,不仅能够准确完整地提取目标,而且对光线、背景干扰不敏感,具有良好的鲁棒性且满足实时性要求。不足之处在于,对于形状残缺交通标志,识别结果较差。笔者觉得在形状处理方面,将几何形状特征与骨架相结合在残缺标志检测方面会有好的检测结果。

#### 参考文献:

[1] 张卡,盛业华,赵东保. 视觉可量测实景影像的道路交通标志自动检测[J]. 仪器仪表学报,2012,33(10):2270-2278.

[2] 徐华青,陈瑞南,林锦川,等. 道路交通标志检测方法研究[J]. 福州大学学报:自然科学版,2010,38(3):387-392.

[3] 马凌蛟. 基于颜色和形状特征的图像检索技术及其应用[D]. 长春:吉林大学,2011.

[4] Shi Min, Wu Haifeng, Fleyeh H. Support vector machine for traffic signs recognition[C]//Proc of IEEE international joint

conference on neural networks. Hong Kong: IEEE,2008:3820-3827.

[5] Ciresan D, Meier U, Masci J, et al. A committee of neural networks for traffic sign classification[C]//Proc of the 2011 international joint conference on IEEE. [s.l.]: IEEE,2011:1918-1921.

[6] Vitabile S, Pollaccia G, Pilato G, et al. Road signs recognition using a dynamic pixel aggregation technique in the HSV color space[C]//Proc of the 11th international conference on image analysis and processing. Palermo, Italy: IEEE,2001:572-577.

[7] 周 瑜,刘俊涛,白 翔. 形状匹配方法研究与展望[J]. 自动化学报,2012,38(6):889-910.

[8] 王新成. 高级图像处理技术[M]. 北京:中国科学技术出版社,2011.

[9] Boi F, Gagliardini L. A support vector machines network for traffic sign recognition [C]//Proc of the 2011 international joint conference on IEEE. [s.l.]: IEEE,2011:2210-2216.

[10] 孙光民,王 晶,于光宇,等. 自然背景中交通标志的检测与识别[J]. 北京工业大学学报,2010,36(10):1337-1343.

[11] 翟俊海,赵文秀,王熙照. 图像特征提取研究[J]. 河北大学学报:自然科学版,2009,29(1):106-112.

[12] 朱利成,姚明海. 基于 SIFT 算法的目标匹配和识别[J]. 机电工程,2009,26(12):73-75.

[13] Kastner R, Michalke T, Burbach T, et al. Attention-based traffic sign recognition with an array of weak classifiers [C]//Proc of intelligent vehicles symposium. [s.l.]: IEEE,2010:333-339.

(上接第 173 页)

3D display in laparoscopic surgery [C]//Proc of CAR. Berlin: Springer,1995:1139-1144.

[18] Stolle H, Olaya J C, Buschbeck S, et al. Technical solutions for a full-resolution autostereoscopic 2D/3D display technology [C]//Proc of SPIE. [s.l.]: International Society for Optics and Photonics,2008:1-12.

[19] 徐 萍. 基于深度图像绘制的二维转三维视频关键技术研究[D]. 南京:南京邮电大学,2011.

[20] Marr D, Poggio T. A computational theory of human stereo vision[J]. Proc of the Royal Society of London B,1979,204(1156):301-328.

[21] Liu F, Philomin V. Disparity estimation in stereo sequences using scene flow[C]//Proc of BMVC. London: BMVC,2009:1

-11.

[22] Boykov Y, Veksler O, Zabih R. Fast approximate energy minimization via graph cuts [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2001,23(11):1222-1239.

[23] Sun J, Zheng N N, Shum H Y. Stereo matching using belief propagation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2003,25(7):787-800.

[24] Fehn C. Depth-image-based rendering (DIBR), compression, and transmission for a new approach on 3D-TV [C]//Proc of SPIE. [s.l.]: International Society for Optics and Photonics,2004:93-104.

[25] Zhang G, Jia J, Wong T, et al. Consistent depth maps recovery from a video sequence [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2009,31(6):974-988.

# 基于颜色与形状特征的交通标志检测方法

作者: [张志佳](#), [李文强](#), [张丹](#), [钟玲](#), [ZHANG Zhi-jia](#), [LI Wen-qiang](#), [ZHANG Dan](#),  
[ZHONG Ling](#)  
作者单位: [沈阳工业大学 视觉检测技术研究所, 辽宁 沈阳, 110870](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)   
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2015(7)

引用本文格式: [张志佳](#). [李文强](#). [张丹](#). [钟玲](#). [ZHANG Zhi-jia](#). [LI Wen-qiang](#). [ZHANG Dan](#). [ZHONG Ling](#) [基于颜色与形状特征的交通标志检测方法](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(7)