

道路标志图案识别方法研究*

初秀民^{1,2}, 严新平¹, 毛 喆¹

(1. 武汉理工大学 ITS 研究中心, 武汉 430063; 2. 吉林大学交通学院, 长春 130025)

[摘要] 针对道路标志图案自动识别, 以转弯道路标志图案为例, 通过颜色空间变换, 将道路标志图像的 RGB 量值转换为 H(hue, 色度)S(saturation, 饱和度)I(Intensity, 亮度)量值, 利用 H、I 作为分类器的特征值, 设计了欧式距离分类器, 实现道路标志背景颜色的识别。采用固定阈值法分割道路标志图像的图案区域, 并对分割后的区域进行 Daubechies-4 正交小波变换, 利用小波变换系数的能量值和方差比值作为道路标志图案的纹理特征。最后, 设计了 BP 神经网络道路标志图案分类器, 实现道路标志图案的自动识别。实验结果表明, 文中提出的方法可行。

关键词: 安全辅助驾驶, 道路标志, 图像识别, 小波变换

A Study on Traffic Signs Image Recognition

Chu Xiumin^{1,2}, Yan Xinping¹ & Mao Zhe¹

1. ITS Center, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063; 2. College of Transportation, Jilin University, Changchun 130025

[Abstract] Taking turning signs as example, a method for automatic recognition of traffic signs is presented in this paper. First, the RGB(red, green and blue) model is converted into the HIS(hue, saturation and intensity) color model. Then a Euclidean distance classifier is designed to recognize the background color of traffic sign with H and I as eigenvalues. And the area of interest of traffic signs is segmented using constant threshold technique. And then the Daubechies-4 wavelet transform is performed on segmented areas and the ratio of energy /variance of wavelet transform coefficients is used as texture features. Finally, a BP neural network classifier is designed to realize the automatic recognition of traffic signs. The experiment results show that the proposed method is feasible.

Keywords: Driving safety assistance, Traffic signs, Image recognition, Wavelet transform

1 前言

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, 许多驾驶员可能因各种原因, 未及时留意到道路标志信息, 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。道路标志识别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(见图 1), 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)。



图 1 指示转弯的道路标志

* 国家自然科学基金项目(50578128)、高校博士点科研专项基金(20050497009)和吉林大学青年教师科研基金(419070100095)资助。

原稿收到日期为 2005 年 9 月 16 日, 修改稿收到日期为 2005 年 11 月 18 日。

作者以指示转弯道路标志图案为例,探索道路标志图案的识别方法,为开发可自动识别道路标志的汽车安全辅助驾驶系统打下基础^[1-2]。

2 转弯道路标志图案预处理

识别道路标志图案,先要在道路标志图像中分割出道路标志图案,可根据图2所示流程实现。

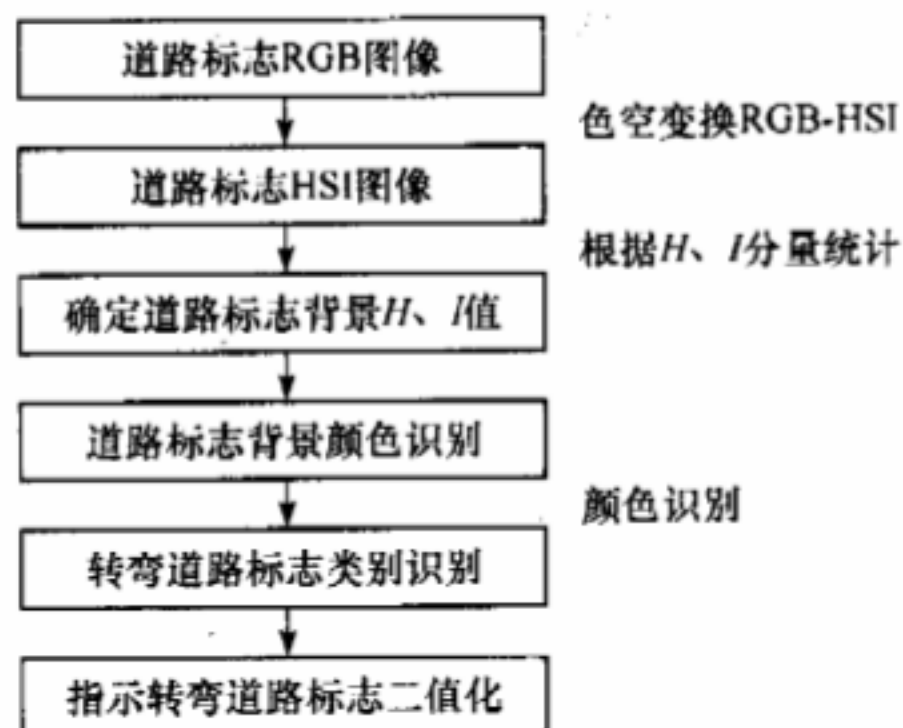


图2 指示转弯道路标志二值化流程

2.1 道路标志图像色空变换

常用的颜色模型有RGB和HSI模型,而通过摄像机采集的道路标志图像颜色模型为RGB。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,且RGB模型不能表述道路标志图像的色泽变化,因此首先将道路标志图像由RGB模型变换为HSI模型,然后进行道路标志图像处理^[3-5]。变换公式如下。

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

2.2 道路标志图案二值化

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,取像素数量最多色调、亮度值作为指示转弯道路标志图像背景色的H、I值。

识别转弯道路标志图像颜色时,先以色调为特征值,采用欧式距离分类器识别颜色,其表达式为

$$d(H) = \min |H - H_i| \quad (2)$$

其中H为待识别背景颜色色调值, H_i 为道路标志图像背景颜色模板值。经实验得到各种标准颜色样本的色调值为:蓝色160、绿色90、黄色40、红色0、白色0,由此可见利用色调不能很好区分白色和红色。由式(1)可知,红色的I分量小于白色的I分量。所以可根据式(3)识别白色和红色。

$$d(I) = \min |I - 255| \quad (3)$$

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。实现过程如下:

If 背景颜色为白色,Then 为禁令道路标志;

If 背景颜色为蓝色,Then 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,I分量固定阈值采用直方图分析法确定。图3为转弯道路标志图像亮度直方图,图像的大小为100×100。

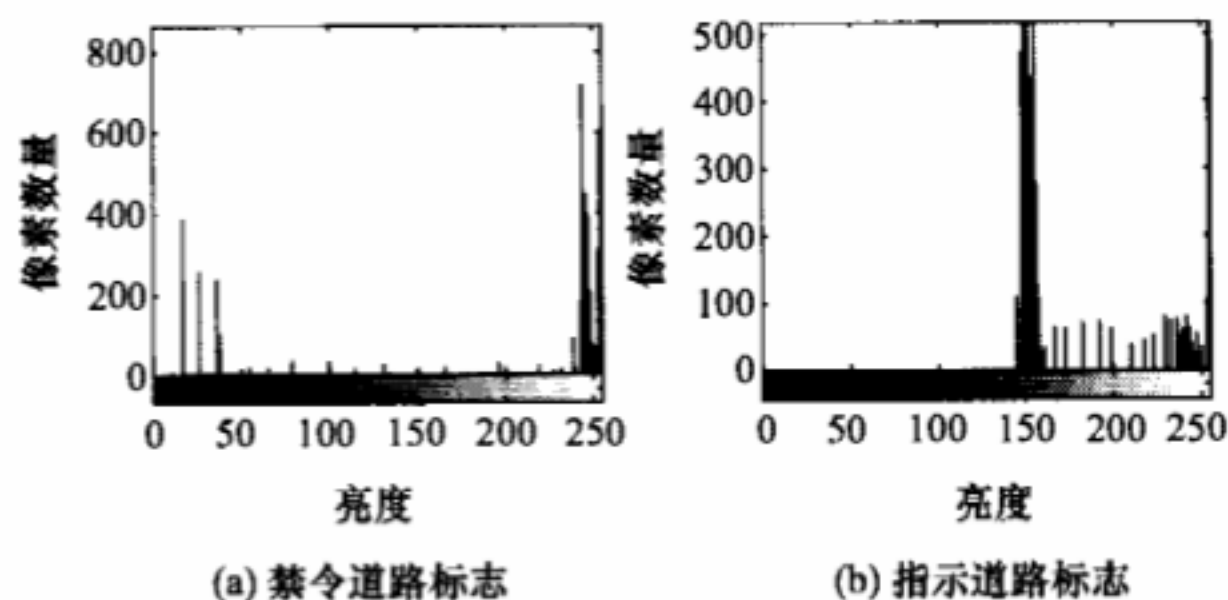


图3 道路标志图像亮度直方图

由图3可见直方图具有双峰性,因此可选其谷底值作为二值化阈值。作者选取禁令道路标志阈值为80,指示道路标志阈值选为180。利用上述阈值对道路标志图像进行二值化的结果如图4所示,可知效果较为理想。



图4 转弯道路标志图案区域二值化结果

图4(b)中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。对此采用行扫描法予以剔除。行扫描过程由下面的程序段实现。

```

for a = 1 : Imagewidth
    n = 1;
  
```



```

b = Imagelength;
while ImageValue(a,n) == 0 && n < b
    il(c,n) = 255;
    n = n + 1;
end;
while ImageValue(a,b) && b > 1
    il(a,b) = 255;
    b = b - 1;
end;
end

```

图5为对转弯道路标志二值化图像中非感兴趣区域的去除结果,可以看出,图4(b)中的非感兴趣区域已经完全被去除,此时,只需对图5进行反色处理即可得到标准的道路标志图像。



图5 转弯道路标志图像感兴趣区域的确定

3 基于小波变换的指示转弯道路标志图案特征提取

3.1 转弯道路标志图案纹理特征

由于指示转弯的道路标志图案具有方向性,作者采用小波变换后的纹理特征描述转弯道路标志图案的特征。因 Daubechies 小波具有正交、时频紧支撑、高正规性和具有 Mallat 快速算法等特点,文中采用 Daubechies-4 正交小波分析转弯道路标志图案纹理特征信息。转弯道路标志图案经小波变换分解出来的子图像称为小波分解通道,一共有 4 种小波通道:LL、LH、HL 和 HH,如图6所示。每个通道对应于原始图像在不同尺度(空间频率)和方向下的信息。LL 通道代表了图像低频分量;LH 通道代表了图像在水平方向高频分量;HL 通道代表了图像垂直方向高频分量;HH 通道代表了图像斜线方向高频分量。当图像在某一频率和方向下具有较明显的纹理特征时,与之对应的小波通道的能量和方差就比较明显^[3]。因此,图像中的纹理特征可以由这一系列小波通道的能量和方差来表示。第 n 个通道的平均能量和方差由下式给出,设系数为 r , $p(r)$ 为系数 r 的概率,则

$$\text{能量值: } \mu = \sum_{r=0}^{255} |r| p(r) \quad (4)$$

$$\text{方差: } \eta = \sigma^2 = \sum_{r=0}^{255} (|r| - \mu)^2 p(r) \quad (5)$$

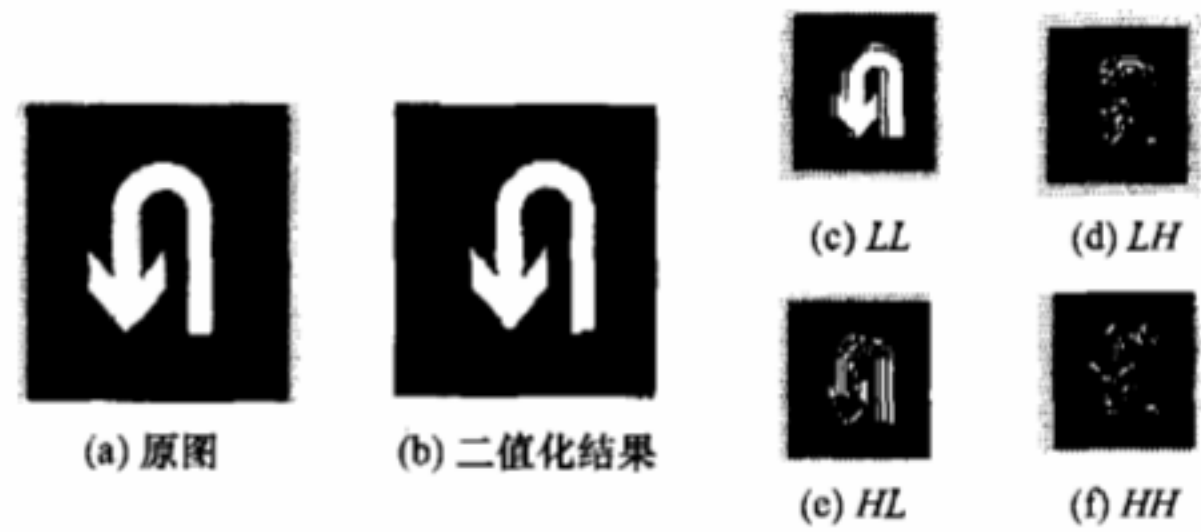


图6 道路标志图案一次小波变换示例

3.2 转弯道路标志图案纹理特征提取实验

为进一步分析转弯道路指示标志图案一次小波变换纹理特征值的规律,计算了 17 组左转弯指示图案一次的小波纹理特征值,分布规律见图7。

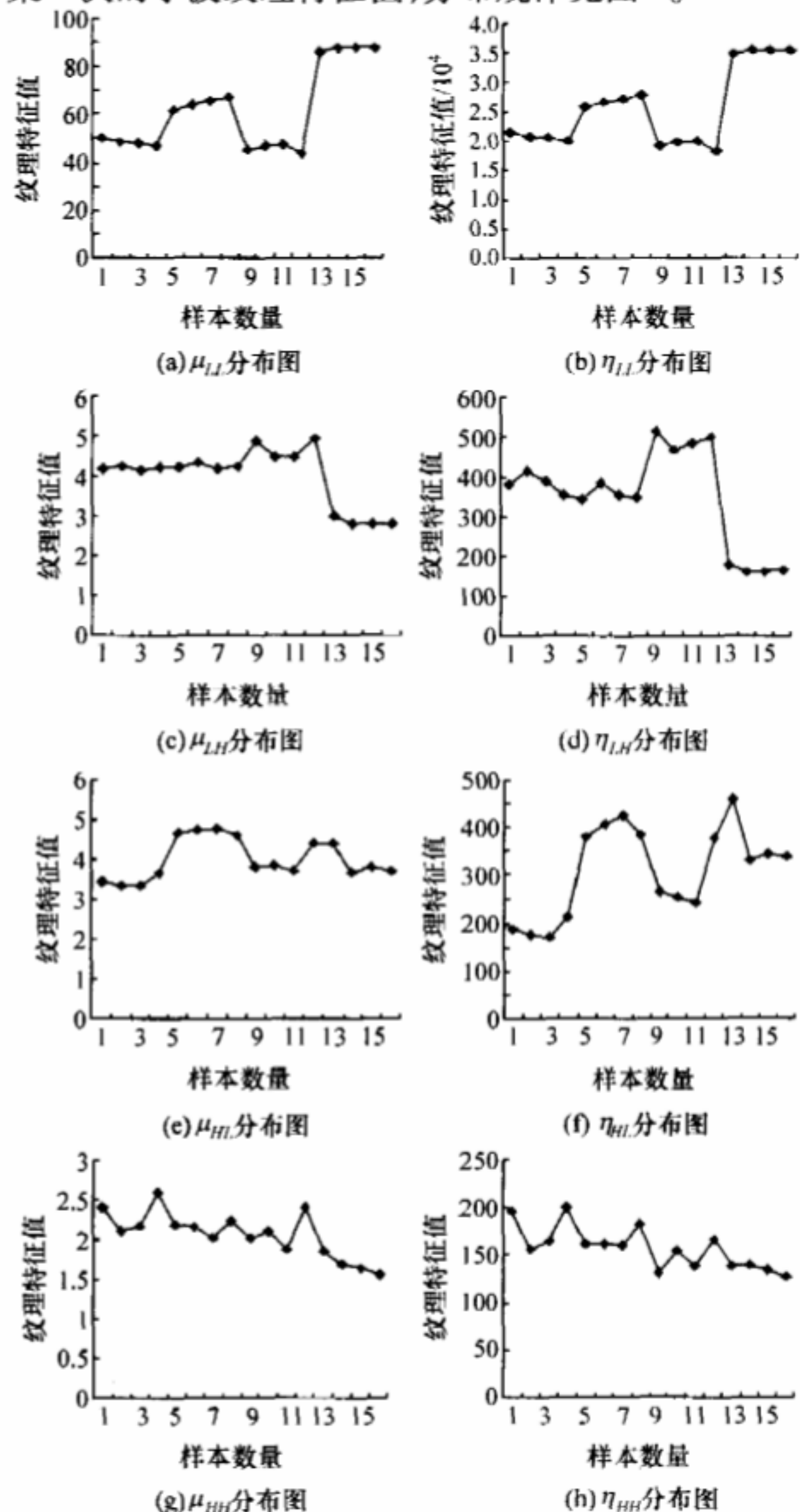


图7 左转弯指示图案一次小波纹理特征值分布规律

从图 7 可见不同左转弯道路图案样本的 μ_{LL} 、 μ_{LH} 、 μ_{HL} 、 μ_{HH} 和 η_{LL} 、 η_{LH} 、 η_{HL} 、 η_{HH} 变化较大,但是 μ_{LL} 和 η_{LL} 变化规律非常相近,而其它几种转弯道路标志图案的纹理特征值也呈相似规律,为此引入一个新的参数 α_{ij} 描述转弯道路标志图案的纹理特征。

$$\alpha_{ij} = \mu_{ij} / \eta_{ij} \quad (6)$$

式中 $i, j = H$ 或 L 。

图 8 为左转弯道路标志图案的纹理特征 α_{ij}^1 的分布图, α_{ij}^1 变化平缓,因此 α_{ij}^1 可较好地描述左转弯指示图案一次小波纹理特征。文中将采用 α_{LL}^1 、 α_{LH}^1 、 α_{HL}^1 、 α_{HH}^1 作为道路标志图案的纹理特征。

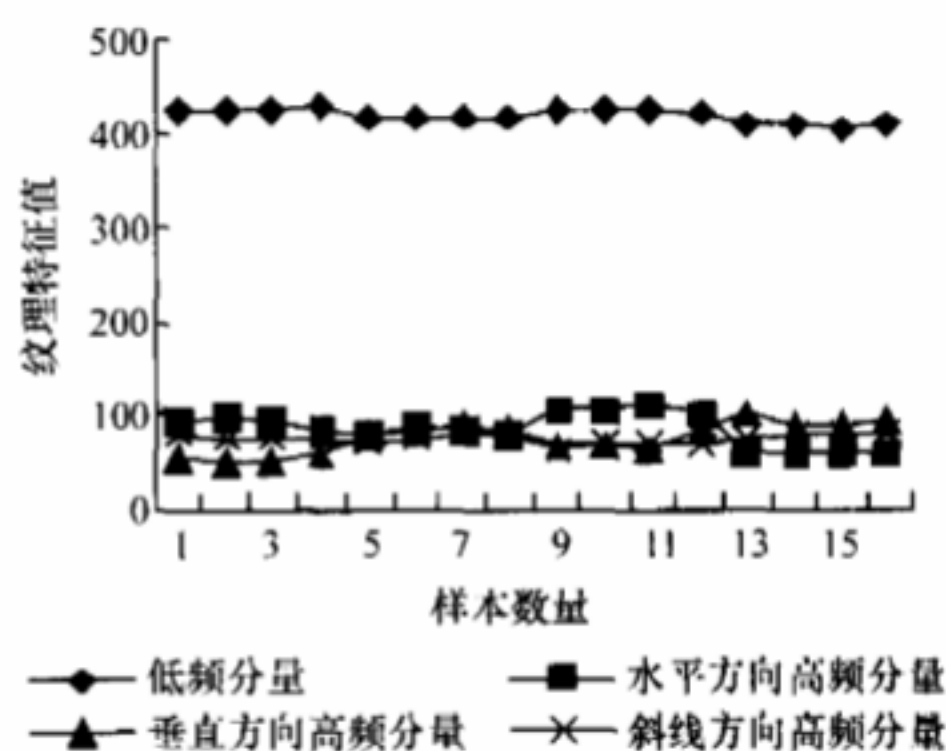


图 8 左转弯指示图案一次小波纹理特征值 α_{ij}^1

表 1 弯道路标志图案样本识别实验结果

种类	序号	分类器计算结果							识别结果
左转弯 指示图案	1	0.1767	0.8223	0.0001	0.0000	0.0012	-0.0003	-0.0001	错误
	2	0.7939	0.2064	0.0001	0.0001	-0.0004	-0.0001	-0.0001	正确
	3	0.5876	0.4123	0.0001	-0.0002	0.0002	-0.0005	-0.0002	正确
	4	0.5493	0.4512	0.0001	-0.0002	0.0002	-0.0005	-0.0002	正确
	5	0.5687	0.4317	0.0001	0.0000	-0.0004	-0.0001	-0.0001	正确
右转弯 指示图案	6	0.5666	0.4346	0.0001	-0.0005	-0.0085	0.0078	-0.0001	错误
	7	-0.0158	1.0160	0.0001	-0.0000	-0.0003	-0.0001	-0.0001	正确
	8	0.0370	0.9624	0.0001	-0.0008	0.0032	-0.0017	-0.0003	正确
	9	-0.0058	1.0061	0.0001	-0.0000	-0.0003	-0.0001	-0.0001	正确
	10	0.0119	0.9884	0.0001	-0.0008	-0.0060	0.0063	-0.0002	正确
直行 指示图案	11	-0.0008	0.0016	1.0003	0.0001	0.0331	-0.0337	-0.0003	正确
	12	0.0032	-0.0023	1.0003	0.0000	0.0018	-0.0024	-0.0003	正确
	13	-0.0001	0.0008	1.0004	0.0000	0.0000	-0.0005	-0.0003	正确
	14	0.0001	0.0008	1.0003	0.0000	-0.0008	0.0002	-0.0003	正确
	15	-0.0000	0.0009	1.0003	0.0000	0.0000	-0.0006	-0.0003	正确
左右转弯 指示图案	16	0.1452	-0.1414	0.0001	0.9970	-0.0011	0.0002	0.0000	正确
	17	-0.0001	-0.0002	0.0001	1.0008	0.0028	-0.0033	-0.0002	正确
	18	-0.0005	0.0003	0.0001	1.0003	0.7008	-0.7003	-0.0001	正确
	19	-0.0005	0.0004	0.0001	1.0005	0.4706	-0.4711	-0.0001	正确
	20	-0.0007	0.0005	0.0001	1.0006	0.7088	-0.7093	-0.0001	正确
左转直行 指示图案	21	-0.0002	-0.0002	0.0001	-0.0006	0.9998	0.0009	-0.0001	正确
	22	-0.0000	-0.0009	0.0001	0.0000	1.0014	-0.0008	-0.0001	正确
	23	-0.0001	-0.0002	0.0001	-0.0004	1.0008	0.0004	-0.0001	正确
	24	-0.0006	-0.0001	0.0001	0.0004	1.0078	-0.0076	-0.0001	正确
	25	-0.0006	-0.0001	0.0001	0.0004	1.0078	-0.0076	-0.0001	正确
右转直行 指示图案	26	0.0003	-0.0006	0.0001	-0.0002	0.0779	0.9225	-0.0001	正确
	27	0.0008	-0.0010	0.0001	-0.0004	0.1198	0.8806	-0.0001	正确
	28	0.0006	-0.0011	0.0001	-0.0003	0.2248	0.7758	-0.0001	正确
	29	0.0007	-0.0012	0.0001	-0.0004	0.2828	0.7179	-0.0001	正确
	30	0.0006	-0.0010	0.0003	-0.0002	0.1198	0.8808	-0.0001	正确
车辆调头 指示图案	31	0.0002	-0.0001	-0.0003	0.0002	0.0002	-0.00001	1.0000	正确
	32	0.0026	-0.0020	-0.0003	0.0002	-0.0001	-0.0002	1.0001	正确
	33	-0.0000	0.0000	-0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	1.0001	正确
	34	-0.0104	0.0102	0.0004	0.0002	0.0010	0.0017	0.9972	正确
	35	0.0014	-0.0020	-0.0001	0.0002	-0.0001	-0.0006	1.0001	正确

4 神经网络转弯道路标志图案分类器设计与识别实验

转弯道路标志图案共有 7 种(见图 1),为识别方便其模式分别设定为:左转弯指示图案为 1000000;右转弯指示图案为 0100000;车辆直行指示图案为 0010000;左右转弯指示图案为 0001000;左转直行指示图案为 0000100;右转直行指示图案为 0000010;车辆调头指示图案为 00000001。

采用 84 组转弯道路标志图案的纹理特征作为分类器训练样本,并采用 BP 神经网络分类器识别转弯道路标志的类别。在训练 BP 神经网络中,采用全局优化算法,目标误差设定为 0.001,隐层神经元设定为 15,经过 1 740 次训练,神经网络收敛。在神经网络训练成功后,对 35 组转弯道路标志图案样本进行了识别实验,实验结果如表 1 所示。

从表 1 中可知,35 组转弯道路标志图案样本中正确识别了 33 组样本,其中左、右转弯指示图像各识别错误 1 组,而其它类型的道路标志识别正确。结果表明采用 α_{LL}^1 、 α_{LH}^1 、 α_{HL}^1 、 α_{HH}^1 作为道路标志图案识别的纹理特征是有有效的。

5 结论

(1) 通过颜色空间变换,将道路标志图像的

RGB 转换为 HSI,以 H 、 I 为分类器的特征值,设计了欧式距离分类器,实现道路标志背景颜色的识别,并根据道路标志背景颜色知识,实现道路标志的分类。对于不同类别的道路标志采用不同的亮度阈值,获取道路标志图案的二值化图像。

(2) 对分割后的道路标志图案区域进行 Daubechies-4 正交小波变换,利用 4 种小波通道的能量值和方差的比值: α_{LL}^1 、 α_{LH}^1 、 α_{HL}^1 、 α_{HH}^1 作为道路标志图案的纹理特征。

(3) 设计 BP 神经网络道路标志图案分类器,实现道路标志图案的自动识别。35 组转弯道路标志图案正确识别 33 组,表明文中提出的方法正确。

参考文献

- [1] De la Escalera 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 M D M. Traffic Sign Recognition Revisited[C]. Proc. of the 21st DAGM Symposium fur Mustererkennung, Springer Verlag, 1999: 86 - 93.
- [3] Jun Miura, Tsuyoshi Kanda, Yoshiaki Shirai. An Active Vision System for Real - Time Traffic Sign Recognition[C]. Proc. 2000 IEEE Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems, Dearborn, MI, Oct. 2000: 52 - 57.
- [4] 章毓晋. 图像处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社:1 - 291.
- [5] 杨枝灵,等. Visual C++ 数字图像获取处理及实践应用[M]. 北京:人民邮电出版社.