



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108734131 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 201810494512.6

(22) 申请日 2018.05.22

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108734131 A

(43) 申请公布日 2018.11.02

(73) 专利权人 杭州电子科技大学
地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街

(72) 发明人 徐向华 金建成

(74) 专利代理机构 杭州君度专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33240

代理人 朱月芬

(51) Int.Cl.
G06K 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 107301405 A, 2017.10.27

CN 104881856 A, 2015.09.02

CN 105069419 A, 2015.11.18

EP 2028605 A1, 2009.02.25

CN 104850845 A, 2015.08.19

审查员 刘坛首

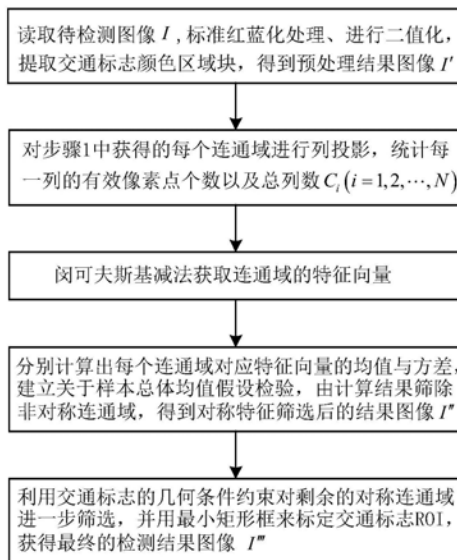
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种图像中的交通标志对称性检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种图像中的交通标志对称性检测方法。现有对称性检测方法可能会导致漏检,计算复杂度高,难以满足检测实时要求。本发明方法首先对原图像进行标准红蓝化处理 and 二值化,提取出交通标志颜色区域块,然后进行对每个连通域进行列投影,统计每一列的有效像素点个数以及总列数,采用闵可夫斯基减法获取连通域的特征向量,特征向量空间上假设检验,依据该计算结果筛除非对称的连通域,得到对称特征筛选之后的结果图像,最后通过几何条件约束,获得最终的检测结果图像。本发明的检测方法对交通标志的检测效果显著,有效减少噪声干扰,能够成功区分交通标志和环境背景,并且对局部边缘褪色、部分遮挡等都具有较好的鲁棒性,并提高了检测速度。



1. 一种图像中的交通标志对称性检测方法,其特征在于该方法具体步骤是:

步骤(1). 图像预处理:读取待检测图像I,对原图像进行标准红蓝化处理,随后设置固定阈值对图像进行二值化,从而提取出交通标志颜色区域块,得到预处理结果图像I';

步骤(2). 连通域列投影:对步骤1中获得的每个连通域进行列投影,统计每一列的有效像素点个数以及总列数;

步骤(3). 采用闵可夫斯基减法获取连通域的特征向量:对每一个连通域,将严格对应列及其前后各一列作为参考,采用闵可夫斯基减法计算出每一列与参考列之间的最小差值作为该列的计算值,然后将这些差值串接,组成该连通域的对称特征向量;具体方法如下:

对于每一个连通域,从第一列开始,根据连通域的总列数N划分对称轴,将严格对应列及其前后各一列作为参考,采用闵可夫斯基减法计算出每一列与参考列之间的差值并以最小差值作为计算结果,如下式:

$$\begin{cases} d_1 = \min \{ |C_1 - C_N|, |C_1 - C_{N-1}| \} \\ d_2 = \min \{ |C_2 - C_{N-2}|, |C_2 - C_{N-1}|, |C_2 - C_N| \} \\ \dots \dots \dots \\ d_{\frac{N}{2}} = \min \left\{ \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{N-\frac{N}{2}} \right|, \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{N+1-\frac{N}{2}} \right|, \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{N+2-\frac{N}{2}} \right| \right\} \end{cases} ;$$

其中 d_i 为第*i*列与第(N-i)列、第(N+1-i)列、第(N+2-i)列之间的最小差值, $i=2,3,\dots,\frac{N}{2}$;将这些差值串接,作为该连通域的对称特征向量 $d = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_{\frac{N}{2}}\}$;

步骤(4). 特征向量空间上假设检验:分别计算出每个连通域对应特征向量的均值与方差,然后将特征向量中的每个分量作为统计样本,建立关于样本总体均值的假设检验,根据不同的样本数量计算统计量在不同分布下的检验结果,依据该计算结果筛除非对称的连通域,得到对称特征筛选之后的结果图像I'';

步骤(5). 几何条件约束:利用交通标志的几何条件约束对剩余的对称连通域作进一步筛选,并用最小矩形框来标定交通标志感兴趣区域ROI候选区域,获得最终的检测结果图像I'''。

2. 如权利要求1所述的一种图像中的交通标志对称性检测方法,其特征在于,步骤(1)所述的图像预处理和阈值化的具体方法如下:

步骤(1-1). 读取含有交通标志的待检测图像I,采用如下公式进行标准红蓝化处理,凸显标志中的颜色信息:

$$RB = \max \left(\frac{R}{R+G+B}, \frac{B}{R+G+B} \right) ;$$

RB为红蓝化之后的像素值,R、G、B分别为待检测图像I中每个像素点在RGB三通道上的分量值;

步骤(1-2). 将RB值扩展到[0,255]灰度区间,并取固定阈值thresh对图像进行颜色分割:将高于阈值的像素点设置为白色,即像素值设定为255,视为有效像素点;其余设为黑色,即像素值设定为0,视为无效像素点;得到预处理结果图像I';

$$RB' = \begin{cases} 255, RB \times 255 \geq thresh \\ 0, RB \times 255 < thresh \end{cases};$$

RB' 为二值化后的像素值。

3. 如权利要求1所述的一种图像中的交通标志对称性检测方法,其特征在于,步骤(2)所述的连通域列投影的具体方法如下:

对预处理结果图像I'中的每个连通域进行列投影,在直方图上统计每一列上有效像素点的总个数,并将每一列的总和记为 C_i ($i=1, 2, \dots, N$), N为连通域的总列数。

4. 如权利要求1所述的一种图像中的交通标志对称性检测方法,其特征在于,步骤(4)所述的特征向量空间上假设检验的具体方法如下:

步骤(4-1). 按下式计算,得出均值 \bar{d} 和方差 S^2 :

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n};$$

$$S^2 = \frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + \dots + (d_n - \bar{d})^2}{n-1};$$

其中, $n=N/2$; 然后根据不同的样本数量计算不同分布下的检验结果;

步骤(4-2). 当样本总数 $n < 45$ 时,根据对称性的特点且考虑到现实误差以及实验误差,

执行t分布下对样本总体均值的假设检验过程,提出两个相互对立的假设: $\begin{cases} H_0: \mu \leq \mu_0 \\ H_1: \mu > \mu_0 \end{cases}$; 拒

绝域 $t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \geq k$, 其中k为一正常数; μ_0 为总体的期望值、 μ 、 σ 分别代表样本均值和总体标

准差,由于 σ^2 未知,不能用统计量 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$ 来确定拒绝域,而 S^2 是 σ^2 的无偏估计,因此用样本标

准差S代替 σ ,采用 $t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ 作为检验统计量,有 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \sim t(n-1)$,由

$P(\text{当}H_0\text{为真时拒绝}H_0) = P_{\mu_0} \left\{ \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k \right\} = \alpha$, α 为取显著性水平,可得单边检验中 $k = t_{\alpha}(n-1)$,

即有拒绝域 $t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq t_{\alpha}(n-1)$,如差值样本落在置信区间内,判定其对应标志总体区域为

对称连通域,否则为非对称连通域;

当样本总数 $n \geq 45$ 时,执行正态分布下对样本总体均值的假设检验过程,有

$\frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(n, 1)$,用S代替 σ ,采用 $z = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ 作为检验统计量,建立相同的假设,得到正态分

布拒绝域形式为 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k$;

由 $P(\text{当 } H_0 \text{ 为真时拒绝 } H_0) = P_{\mu \in H_0} \left\{ \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k \right\} = \alpha$, 得到拒绝域为 $z = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq z_\alpha$; 如差值样

本落在置信区间内, 其对应标志总体区域为对称连通域, 否则为非对称连通域;

只有当计算值属于对应分布下假设检验的拒绝域内时, 判定该连通域所在的实际ROI区域符合对称性并标记该对称连通域为1, 否则为非对称连通域并标记为0;

步骤(4-3). 依据假设检验的标记为0的结果筛除非对称的连通域, 保留标记为1的结果, 即径向对称性连通域, 得到对称特征筛选之后的结果图像I''。

一种图像中的交通标志对称性检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于图像处理技术领域,涉及一种图像中的交通标志对称性检测方法,特别涉及一种采用特征向量空间上的假设检验思想来剔除图像中非对称的连通域,保留具有径向对称形状的交通标志的方法。

背景技术

[0002] 随着城市化的推进以及社会的不断进步,汽车在人们的日常生活中越来越普及,随之带来的是交通拥挤加剧、交通事故频发等公路交通安全问题,应运而生的智能交通系统利用车辆与道路行驶环境之间的内心联系,通过传感器技术、计算机信息处理技术等前沿科技来表达交通信息,从而形成实时高效且具有共享性的交通网络,优化驾驶环境的同时提高交通管理效率。其中道路交通标志检测作为智能交通系统中的重要环节,一直以来受到国内外诸多专家学者的关注,并在不断的改进优化以适应更高的检测要求。

[0003] 实际场景中的交通标志通常由特定的颜色和形状构成,以达到与环境背景中具有明显可区分的视觉效果的目的,因此形状信息是除了颜色信息之外交通标志能够区别于背景的另一大主要特征,而径向对称性是交通标志在形状上最明显也最重要的特征,通过图像形状对称性检测可以快速有效地找到交通标志ROI区域。

[0004] 目前基于形状信息的检测方法一般采用Canny边缘检测、Hough变换、模板匹配等方法根据标志轮廓特征检测ROI区域,其主要目的是通过对图像中各个轮廓的形状信息进行分析,排除不符合边缘特性或对称性的轮廓。其中针对径向对称性的检测方案其效果更为突出。例如文献《Real-time recognition of U.S. speed signs》【Keller,C.G.,et al】首先采用径向对称性投票进行形状信息预处理,然后使用基于Harr小波特征的级联分类器进行交通标志检测;以及文献《Using Fourier Descriptors and Spatial Models for Traffic Sign Recognition》【Larsson,F,M.Felsberg】采用基于形状信息的傅里叶描述子将交通标志的形状特征数据转换到频域上进行形状匹配,实现交通标志的检测。

[0005] 上述算法在提取交通标志形状特征上仍存在以下问题:

[0006] 1、待检测图像在经过颜色特征相关的预处理之后会在很大程度上保留交通标志的整体区域,但实际场景中可能会由于光照条件不佳、对比度不足以及部分轮廓边缘褪色、遮挡等原因导致颜色特征提取过程之后的二值化边缘出现缺损而形成不完整的待检测区域,采用现有对称性检测方法可能会导致漏检。

[0007] 2、已有检测方法在执行对称性计算时通常将形状特征数据转换到频域或者整合为整体轮廓的数据匹配,而没有充分利用最直接的连通域特征数据,其检测算法计算复杂度高,难以满足检测实时要求。

发明内容

[0008] 本发明的目的就是针对现有技术中存在的问题,公开了一种图像中的交通标志对称性检测方法,特别涉及一种采用特征向量空间上的假设检验方法来剔除图像中非对称的

连通域,保留具有径向对称形状的交通标志的方法。

[0009] 本发明在对图像进行颜色阈值化处理,对图像中所有轮廓对应的连通域进行列投影,统计每列的有效像素点个数,然后采用闵可夫斯基减法获取连通域的特征向量,分别计算其均值与方差,根据对称性越强的连通域其均值和方差越接近于0的原理建立对检测样本总体均值的假设检验,最终根据假设检验的计算结果判断该特征向量对应连通域所在的实际ROI是否具有径向对称性,从而对待检测图像中的所有连通域进行筛选,实现对交通标志的快速有效检测。

[0010] 本发明方法的具体步骤如下:

[0011] 步骤(1).图像预处理:读取待检测图像I,对原图像进行标准红蓝化处理,随后设置固定阈值对图像进行二值化,从而提取出交通标志颜色区域块,得到预处理结果图像I'。

[0012] 步骤(2).连通域列投影:对步骤1中获得的每个连通域进行列投影,统计每一列的有效像素点个数以及总列数。

[0013] 步骤(3).采用闵可夫斯基减法获取连通域的特征向量:对每一个连通域,将严格对应列及其前后各一列作为参考,采用闵可夫斯基减法计算出每一列与参考列之间的最小差值作为该列的计算值,然后将这些差值串接,组成该连通域的对称特征向量。

[0014] 步骤(4).特征向量空间上假设检验:分别计算出每个连通域对应特征向量的均值与方差,然后将特征向量中的每个分量作为统计样本,建立关于样本总体均值的假设检验,根据不同的样本数量计算统计量在不同分布下的检验结果,依据该计算结果筛除非对称的连通域,得到对称特征筛选之后的结果图像I''。

[0015] 步骤(5).几何条件约束:利用交通标志的几何条件约束对剩余的对称连通域作进一步筛选,并用最小矩形框来标定交通标志ROI(Region of interest,感兴趣区域)候选区域,获得最终的检测结果图像I'''。

[0016] 进一步,步骤(1)图像预处理和阈值化的具体方法如下:

[0017] 步骤(1-1).读取含有交通标志的待检测图像I,采用如下公式进行标准红蓝化处理,凸显标志中的颜色信息:

$$[0018] \quad RB = \max\left(\frac{R}{R+G+B}, \frac{B}{R+G+B}\right);$$

[0019] RB为红蓝化之后的像素值,R、G、B分别为待检测图像I中每个像素点在RGB三通道上的分量值;

[0020] 步骤(1-2).将RB值扩展到[0,255]灰度区间,并取固定阈值thresh对图像进行颜色分割:将高于阈值的像素点设置为白色,即像素值设定为255,视为有效像素点;其余设为黑色,即像素值设定为0,视为无效像素点;得到预处理结果图像I';

$$[0021] \quad RB' = \begin{cases} 255, & RB \times 255 \geq thresh \\ 0, & RB \times 255 < thresh \end{cases};$$

[0022] RB'为二值化后的像素值。

[0023] 进一步,步骤(2)连通域列投影的具体方法如下:

[0024] 对预处理结果图像I'中的每个连通域进行列投影,在直方图上统计每一列上有效像素点的总个数,并将每一列的总和记为C_i(i=1,2,⋯,N),N为连通域的总列数。

[0025] 进一步,步骤(3)采用闵可夫斯基减法获取连通域的特征向量的具体方法如下:

[0026] 对于每一个连通域,从第一列开始,根据连通域的总列数 N 划分对称轴,将严格对应列及其前后各一列作为参考,采用闵可夫斯基减法计算出每一列与参考列之间的差值并以最小差值作为计算结果,如下式:

$$[0027] \quad \begin{cases} d_1 = \min \{|C_1 - C_N|, |C_1 - C_{N-1}|\} \\ d_2 = \min \{|C_2 - C_{N-2}|, |C_2 - C_{N-1}|, |C_2 - C_N|\} \\ \dots\dots\dots \\ d_{\frac{N}{2}} = \min \left\{ \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{N-\frac{N}{2}} \right|, \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{N+1-\frac{N}{2}} \right|, \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{N+2-\frac{N}{2}} \right| \right\} \end{cases} ;$$

[0028] 其中 d_i 为第 i 列与第 $(N-i)$ 列、第 $(N+1-i)$ 列、第 $(N+2-i)$ 列之间的最小差值, $i = 2, 3, \dots, \frac{N}{2}$;将这些差值串接,作为该连通域的对称特征向量 $d = \left\{ d_1, d_2, d_3, \dots, d_{\frac{N}{2}} \right\}$ 。

[0029] 进一步,步骤(4)特征向量空间上假设检验的具体方法如下:

[0030] 步骤(4-1).按下式计算,得出均值 \bar{d} 和方差 S^2 :

$$[0031] \quad \bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n};$$

$$[0032] \quad S^2 = \frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + \dots + (d_n - \bar{d})^2}{n-1};$$

[0033] 其中, $n=N/2$;然后根据不同的样本数量计算不同分布下的检验结果;

[0034] 步骤(4-2).当样本总数 $n < 45$ 时,根据对称性的特点且考虑到现实误差以及实验误差,执行 t 分布下对样本总体均值的假设检验过程,提出两个相互对立的假设:

$$\begin{cases} H_0: \mu \leq \mu_0 \\ H_1: \mu > \mu_0 \end{cases}; \text{拒绝域 } t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \geq k, \text{ 其中 } k \text{ 为一正常数; } \mu_0 \text{ 为总体的期望值、} \mu, \sigma \text{ 分别代表样}$$

本均值和总体标准差,由于 σ^2 未知,不能用统计量 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$ 来确定拒绝域,而 S^2 是 σ^2 的无偏估

计,因此用样本标准差 S 代替 σ ,采用 $t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ 作为检验统计量,有 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \sim t(n-1)$,由

$$P(\text{当 } H_0 \text{ 为真时拒绝 } H_0) = P_{\mu_0} \left\{ \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k \right\} = \alpha \text{ 可得单边检验中 } k = t_{\alpha}(n-1), \text{ 即有拒绝域}$$

$t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq t_{\alpha}(n-1)$,如差值样本落在置信区间内,判定其对应标志总体区域为对称连通

域,否则为非对称连通域;

[0035] 当样本总数 $n \geq 45$ 时,执行正态分布下对样本总体均值的假设检验过程,有

$\frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(n,1)$, 用 S 代替 σ , 采用 $z = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ 作为检验统计量, 建立相同的假设, 得到正态分布

拒绝域形式为 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k$;

[0036] 由 $P(\text{当 } H_0 \text{ 为真时拒绝 } H_0) = P_{\mu \in H_0} \left\{ \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k \right\} = \alpha$, 得到该问题的拒绝域为

$z = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq z_\alpha$; 如差值样本落在置信区间内, 其对应标志总体区域为对称连通域, 否则为

非对称连通域;

[0037] 只有当计算值属于对应分布下假设检验的拒绝域内时, 判定该连通域所在的实际 ROI 区域符合对称性并标记该对称连通域为 1, 否则为非对称连通域并标记为 0。

[0038] 步骤 (4-3). 依据假设检验的标记为 0 的结果筛除非对称的连通域, 保留标记为 1 的结果, 即径向对称性连通域, 得到对称特征筛选之后的结果图像 I'' 。

[0039] 本发明的有益效果:

[0040] 1、本发明将连通域本身的对称性检测问题转换到特征向量的对称性假设检验问题上。实验结果证明, 该检测方法对交通标志的检测效果显著, 有效减少噪声干扰, 能够成功区分交通标志和环境背景, 并且对局部边缘褪色、部分遮挡等都具有较好的鲁棒性。

[0041] 2、本发明充分利用了颜色分割之后连通域自身的形状信息, 根据样本数据独立同分布的特点建立假设检验, 直接在数域上对连通域的对称性进行判断, 避免了数据空间转换或者构建模板的过程, 减少了计算开销, 加快检测速度。

附图说明

[0042] 图1为本发明方法的流程图;

[0043] 图2为本发明在进行交通标志形状检测之前的颜色分割效果图;

[0044] 图3为对称性与非对称性连通域对应的直方图示意图;

[0045] 图4为对称性判断后的效果图;

[0046] 图5为几何条件约束后的效果图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图, 对本发明的具体实施方案作进一步详细描述。

[0048] 参见图1, 一种图像中的交通标志对称性检测方法, 具体步骤如下:

[0049] 步骤1. 图像预处理: 读取待检测图像 I , 对原图像进行标准红蓝化处理, 随后设置固定阈值对图像进行二值化, 从而提取出交通标志颜色区域块, 得到预处理结果图像 I' 。

[0050] 步骤 (1-1). 读取含有交通标志的待检测图像 I , 采用如下公式进行标准红蓝化处理, 凸显标志中的颜色信息:

$$[0051] \quad RB = \max \left(\frac{R}{R+G+B}, \frac{B}{R+G+B} \right);$$

[0052] RB为红蓝化之后的像素值,R、G、B分别为待检测图像I中每个像素点在RGB三通道上的分量值;

[0053] 步骤(1-2).将RB值扩展到[0,255]灰度区间,并取固定阈值thresh对图像进行颜色分割:将高于阈值的像素点设置为白色,即像素值设定为255,视为有效像素点;其余设为黑色,即像素值设定为0,视为无效像素点;得到预处理结果图像I';

$$[0054] \quad RB' = \begin{cases} 255, RB \times 255 \geq thresh \\ 0, RB \times 255 < thresh \end{cases} ; RB' \text{ 为二值化后的像素值。}$$

[0055] 步骤2.连通域列投影:对步骤1中获得的每个连通域进行列投影,统计每一列的有效像素点个数以及总列数。如图2所示,对预处理结果图像I'中的每个连通域进行列投影,在直方图上统计每一列上有效像素点的总个数,并将每一列的总和记为 C_i ($i=1,2,\dots,N$),N为连通域的总列数。

[0056] 步骤3.采用闵可夫斯基减法获取连通域的特征向量:对每一个连通域,将严格对应列及其前后各一列作为参考,采用闵可夫斯基减法计算出每一列与参考列之间的最小差值作为该列的计算值,然后将这些差值串接,组成该连通域的对称特征向量,如图3。

[0057] 对于每一个连通域,从第一列开始,根据连通域的总列数N划分对称轴,将严格对应列及其前后各一列作为参考,采用闵可夫斯基减法计算出每一列与参考列之间的差值并以最小差值作为计算结果,如下式:

$$[0058] \quad \begin{cases} d_1 = \min \{ |C_1 - C_N|, |C_1 - C_{N-1}| \} \\ d_2 = \min \{ |C_2 - C_{N-2}|, |C_2 - C_{N-1}|, |C_2 - C_N| \} \\ \dots \dots \dots \\ d_{\frac{N}{2}} = \min \left\{ \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{\frac{N-N}{2}} \right|, \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{\frac{N+1-N}{2}} \right|, \left| C_{\frac{N}{2}} - C_{\frac{N+2-N}{2}} \right| \right\} \end{cases} ;$$

[0059] 其中 d_i 为第i列与第(N-i)列、第(N+1-i)列、第(N+2-i)列之间的最小差值,

$$i = 2, 3, \dots, \frac{N}{2}; \text{ 将这些差值串接,作为该连通域的对称特征向量 } d = \left\{ d_1, d_2, d_3, \dots, d_{\frac{N}{2}} \right\}。$$

[0060] 步骤4.特征向量空间上假设检验:分别计算出每个连通域对应特征向量的均值与方差,然后将特征向量中的每个分量作为统计样本,建立关于样本总体均值的假设检验,根据不同的样本数量计算统计量在不同分布下的检验结果,依据该计算结果筛除非对称的连通域,得到对称特征筛选之后的结果图像I'',效果见图4。

[0061] 步骤(4-1).按下式计算,得出均值 \bar{d} 和方差 S^2 :

$$[0062] \quad \bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n};$$

$$[0063] \quad S^2 = \frac{(d_1 - \bar{d})^2 + (d_2 - \bar{d})^2 + \dots + (d_n - \bar{d})^2}{n-1};$$

[0064] 其中, $n=N/2$;然后根据不同的样本数量计算不同分布下的检验结果;

[0065] 步骤(4-2).当样本总数 $n < 45$ 时,根据对称性的特点且考虑到现实误差以及实验

误差,执行t分布下对样本总体均值的假设检验过程,提出两个相互对立的假设:

$$\begin{cases} H_0: \mu \leq \mu_0 \\ H_1: \mu > \mu_0 \end{cases}; \text{拒绝域 } t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \geq k, \text{ 其中 } k \text{ 为一正常数; } \mu_0 \text{ 为总体的期望值、} \mu、\sigma \text{ 分别代表样}$$

本均值和总体标准差,由于 σ^2 未知,不能用统计量 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$ 来确定拒绝域,而 S^2 是 σ^2 的无偏估计,

因此用样本标准差 S 代替 σ ,采用 $t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$ 作为检验统计量,有 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \sim t(n-1)$,由

$$P(\text{当 } H_0 \text{ 为真时拒绝 } H_0) = P_{\mu_0} \left\{ \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k \right\} = \alpha \text{ 可得单边检验中 } k = t_{\alpha}(n-1), \text{ 即有拒绝域}$$

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq t_{\alpha}(n-1), \text{ 其中显著性水平 } \alpha \text{ 为 } 0.05, \text{ 则 } t_{\alpha}(n-1) \text{ 的值查表可得, 则意味着当有}$$

95%的差值样本落在置信区间内,判定对应标志总体区域为对称连通域,否则为非对称连通域;

[0066] 当样本总数 $n \geq 45$ 时,执行正态分布下对样本总体均值的假设检验过程,有

$$\frac{\bar{d} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(n,1), \text{ 用 } S \text{ 代替 } \sigma, \text{ 采用 } z = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \text{ 作为检验统计量, 同样取显著性水平 } \alpha \text{ 为 } 0.05, \text{ 建}$$

立相同的假设,得到正态分布拒绝域形式为 $\frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k$;

$$[0067] \text{ 由 } P(\text{当 } H_0 \text{ 为真时拒绝 } H_0) = P_{\mu \in H_0} \left\{ \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq k \right\} = \alpha, \text{ 得到该问题的拒绝域为}$$

$$z = \frac{\bar{d} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \geq z_{\alpha}; \text{ 其中 } z_{\alpha} \text{ 的值查表可得; 显著性水平 } \alpha \text{ 为 } 0.05, \text{ 则同样意味着当有 } 95\% \text{ 的差值}$$

样本落在置信区间内,定对应标志总体区域为对称连通域,否则为非对称连通域;

[0068] 只有当计算值属于对应分布下假设检验的拒绝域内时,判定该连通域所在的实际ROI区域符合对称性并标记该对称连通域为1,否则为非对称连通域并标记为0。

[0069] 步骤(4-3).依据假设检验的标记为0的结果筛除非对称的连通域,保留标记为1的结果,即径向对称性连通域,得到对称特征筛选之后的结果图像I''。

[0070] 步骤5.几何条件约束:利用交通标志的几何条件约束对剩余的对称连通域作进一步筛选,并用最小矩形框来标定交通标志ROI(Region of interest,感兴趣区域)候选区域,获得最终的检测结果图像I'''',效果见图5。本实施例交通标志的几何条件约束具体见下表。

[0071]

约束条件	最小值	最大值
宽度(像素)	12	130
高度(像素)	12	130
高宽比	0.8	1.2

面积	144	16900
空间位置(左上角顶点的y坐标值/图像总高度)	0.2	0.8

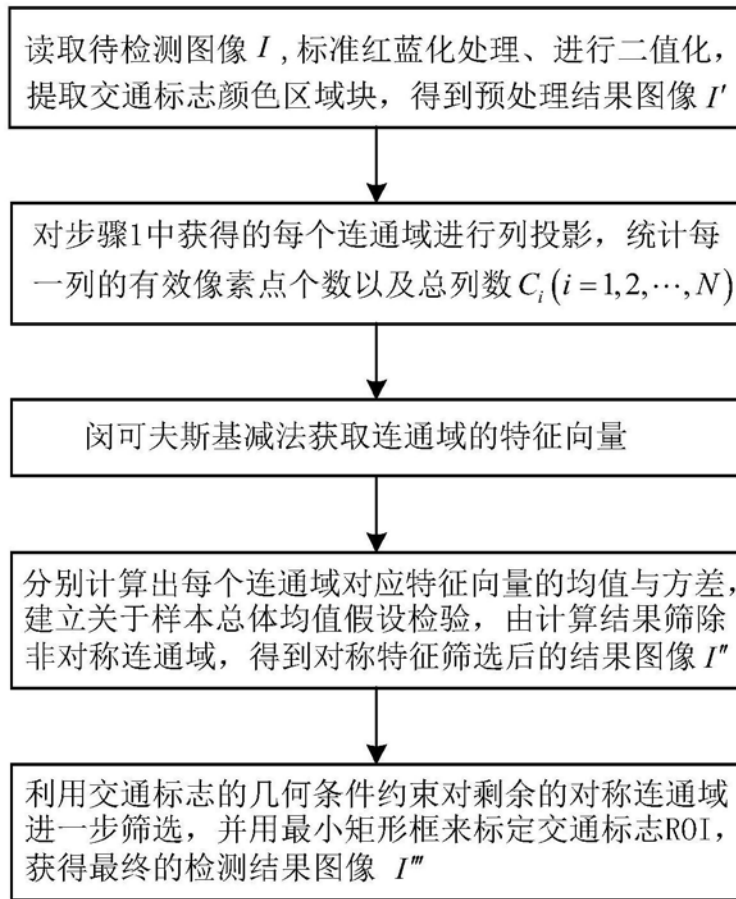


图1

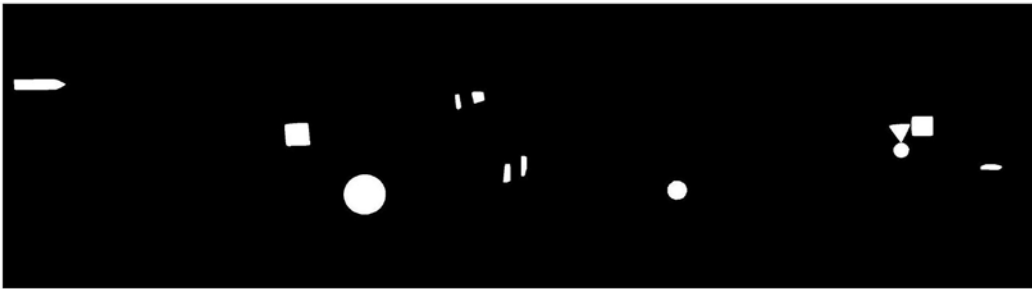


图2

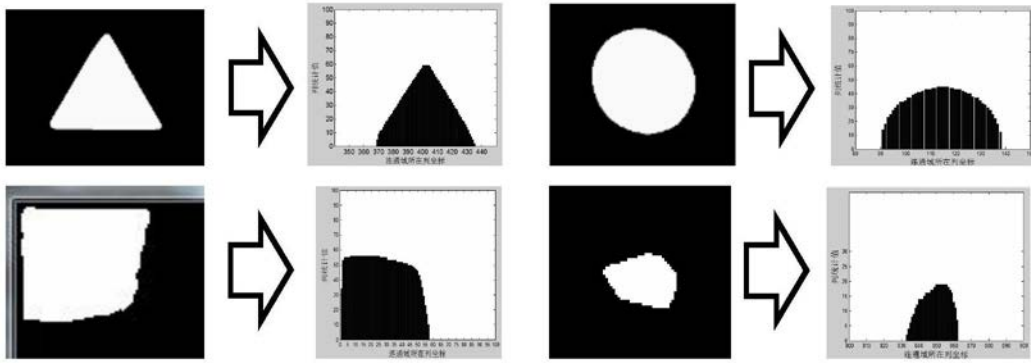


图3

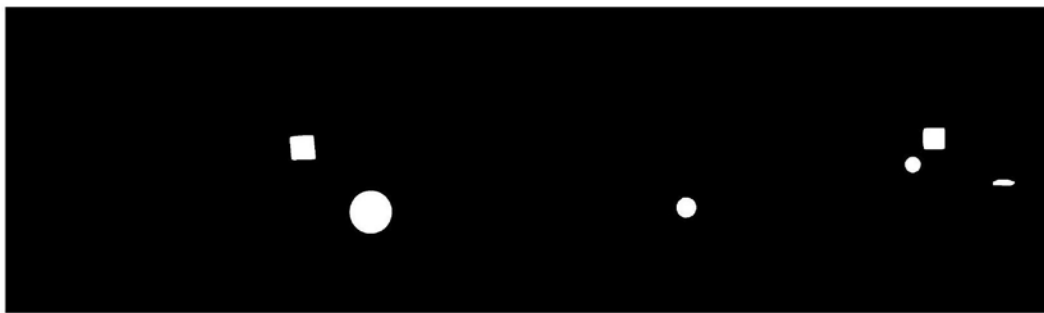


图4



图5