

# 基于链码趋势表的交通灯形状识别方法

何海涛, 宋 健

(四川理工学院计算机学院, 四川 自贡 643000)

**摘 要:** 设计一种交通灯箭头形状识别方法, 提出链码趋势表的概念。根据交通灯颜色特征, 在 RGB 颜色空间内进行颜色过滤和颜色加强, 得到交通灯候选区域; 利用轮廓跟踪算法分割图像, 得到目标轮廓链码; 计算链码在链码趋势表中的匹配率, 结合箭头的对称特征和边长度比例特征得到交通灯箭头匹配率, 并根据实验数据确定识别区间。实验结果表明, 该方法的识别准确率较高。

**关键词:** 智能交通系统; 链码; 趋势表; 交通灯; 形状识别

## Traffic Light Shape Recognition Method Based on Chain Code Trend Table

HE Hai-tao, SONG Jian

(School of Computer Science, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong 643000, China)

**【Abstract】** An algorithm of detecting the shape of a traffic light in a scene image and the concept of trend table is proposed. It filters and enhances color information in RGB color space by the color feather of traffic light, and gets the candidate areas, segments image using contour tracking algorithm and figures out the chain code. It calculates the matching probability by combining the symmetrical feather and length ratio feather. The discernible scale is determined by the statistics. Experimental results using videos verify the effectiveness of the proposed algorithm.

**【Key words】** Intelligent Transport System(ITS); chain code; trend table; traffic light; shape recognition

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.15.050

### 1 概述

交通灯的识别是目前智能交通系统中的一个研究热点, 以实现自动驾驶或辅助色弱色盲人士驾驶<sup>[1]</sup>。在对交通灯颜色特征处理上有多种不同的方法, 文献[2]通过转换 RGB 到标准 RGB 空间提取交通灯区域, 文献[3]变换到 HSV 色彩空间, 并建立色调和饱和度二维高斯模型进行识别, 文献[4]选择了 CIECAM97 色彩模式进行处理, 而文献[5]则选择了 Lab 色彩空间。针对不同应用场合, 上述处理方法各有优劣, 如文献[5]更突出实时性, 文献[3]在识别准确率方面更高。

比较常用的交通灯形状识别方法是基于模板的匹配进行识别, 为提高识别准确率, 文献[6]还对识别结果和原图做比较, 检查交通灯周围环境及附属物体是否符合预期。但国内外对交通灯识别都是针对圆形交通灯<sup>[2-6]</sup>, 没有处理在国内常见的箭头方向交通灯。

从图像处理速度上考虑, 本文在 RGB 空间利用交通灯的纯色和高亮度特征确定候选区域, 通过颜色过滤和颜色增强, 进一步减小待处理区域范围。使用轮廓跟踪算法得到目标边界链码, 结合不同方向箭头的特征, 通过对链码趋势匹配的判断, 得到识别结果。

### 2 系统处理过程

系统整个处理过程如图 1 所示。

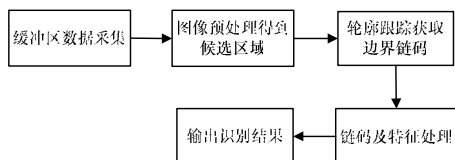


图 1 系统处理过程

#### 2.1 图像数据预处理

图 2 是交通灯视频的一帧截图, 本文对其进行处理。交通灯的颜色只有红、绿、黄 3 种, 而且交通灯背景都是黑色, 和其他目标相比, 其对比度较大。为提取出红绿颜色, 本文参考文献[2, 7], 结合实际的视频图像分析, 确定交通灯的颜色区间为  $(r>160 \text{ and } g<208 \text{ and } b<216)$  or  $(r<194 \text{ and } g>160 \text{ and } b>160)$ , 为使得到的轮廓更清晰, 笔者适当放宽了颜色范围。图 3 是经过颜色过滤后的图像, 可以看出图中交通灯的轮廓。对其进行图像增强<sup>[7]</sup>, 去掉图像中多余的颜色, 并根据红色和绿色的条件把图像分别进行红色和绿色 2 次提取, 将其分别转换为灰度图像等待下一步处理, 具体公式为:

$$f(x, y) = \begin{cases} 0.49 \times r + 0.29 \times g + 0.226 \times b \\ 0 \end{cases}$$
$$C_{\text{green}} = \{(r + g + b > 481) \text{ and } (g - b < 31)\}$$
$$C_{\text{red}} = \{(r + g + b > 153) \text{ and } (r - b > 20)\}$$

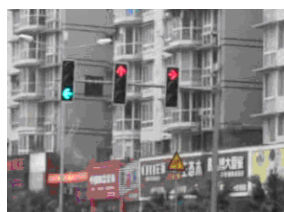


图 2 交通灯视频截图



图 3 经过颜色过滤后的图像

**基金项目:** 人工智能四川省重点实验室基金资助项目“智能交通系统的图像信息处理方法研究”(2008RK011)

**作者简介:** 何海涛(1975—), 男, 讲师、硕士, 主研方向: 人工智能, 嵌入式系统, 图形图像处理; 宋 健, 讲师、硕士

**收稿日期:** 2011-03-11 **E-mail:** susehht@gmail.com

提取后的图像如图4和图5所示。



图4 提取的红色交通灯



图5 提取的绿色交通灯

## 2.2 图像分割

经过色彩特征的提取, 图像帧中剩余的有效区域大幅减少。对图像采用“灰度自动平衡阈值”方法二值化, 以对原图中所需要的交通灯部分进行加强, 同时去掉一些阴影等干扰区域。然后对图像进行边缘检测处理。通过实验发现, 针对交通灯的轮廓, 在各种边缘检测算法中, 采用 Sobel 算法效果较好, 因为交通灯的边缘经过二值化后某些地方可能出现断裂, 而 Sobel 算法能连接一些断点。在取得边缘后, 再对图像进行轮廓提取, 得到候选区域的轮廓。8 连通区域的轮廓跟踪算法本身就有方向信息, 把每次轮廓跟踪的方向信息保存到链表中就得到边界链码, 图6和图7为所提取的交通灯轮廓。

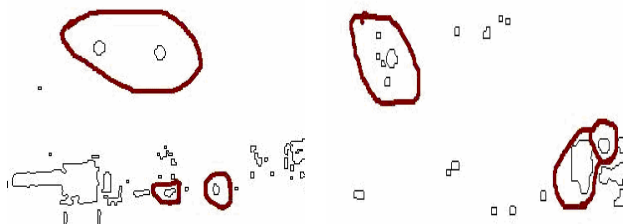


图6 红色交通灯轮廓

图7 绿色交通灯轮廓

## 2.3 图像检测

图像检测的常用的方法是模板匹配, 但模板匹配运算量大, 为此, 本文提出一种根据链码进行图形模糊检测的方法。Freeman 链码是使用4个或8个方向来描述像素点的方向的一种方法, 链码在图像处理中得到广泛的应用, 文献[8-10]中都使用了链码进行边界检测。本文提出“链码趋势表”的概念, 以提高图形匹配的鲁棒性。

### 2.3.1 链码预处理

针对交通灯的箭头形状可以知道: 链码针对的应是封闭曲线, 且其长度应在一定范围内, 根据这2个条件首先排除掉一些区域。根据实验数据, 以640×480像素的图像为例, 把链码长度限定在30~160之间。

直线的图像轮廓可能存在一些噪声点<sup>[11]</sup>, 如图8所示。其链码格式为XXXABXXX, 其中, AB是噪声点。噪声点的特征是: AB是2个相邻的方向, 如00071000、11124111、33342333等。

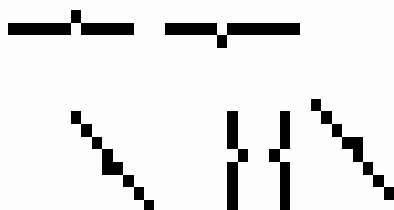


图8 轮廓噪点

在直线链码中, 噪声点可以用一个统一的条件来检测: 假设 $f(i)$ 表示的是在第 $i$ 位的链码值, 那么同时满足下面条件的链码值是噪点:

$$f(i) \times 2 \% 8 = [f(i+1) + f(i+2)] \% 8$$

$$\text{abs}[f(x+1) - f(x+2)] = 1 \text{ or } \text{abs}[f(x+1) - f(x+2)] = 7$$

去掉噪点的方法是把噪点的链码值变为前一位的链码值。

### 2.3.2 链码趋势表

物体的基本形状可使用链码来表示, 如图9(a)标准箭头的链码为: 000033333300000022224444441111114444555555557777777777。随着物体大小的变化, 链码长度会发生变化, 但其基本的方向不变, 前述箭头的基本方向为: 030241457, 即链码表示的物体具有缩放不变性, 而当物体旋转时, 链码会发生变化, 在交通灯形状检测时正需要这种特性。

由于成像质量原因, 得到的图像不可能和标准的箭头完全一致, 如图9(b)中经轮廓提取后得到的一些交通灯箭头, 可见其轮廓和标准箭头大致相同, 但由于图像处理的误差, 其轮廓链码的方向(转折)和标准箭头不完全相同, 其中的左箭头的方向是: 02320241245467, 如果以标准箭头的链码去进行检测, 这些箭头形状都不能被正确识别, 导致识别率的下降。



(a)标准箭头

(b)轮廓提取后的箭头

图9 箭头形状

为使轮廓相似的图形能被识别, 本文使用趋势表来表示各条边所允许的方向: 对标准箭头的每条边用3个链码表示, 记为 $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ , 其中,  $c_1$ 的值是正确的方向;  $c_2$ 和 $c_3$ 依次为允许的误差方向, 两者的误差依次增大, 比如对于左键头, 制定如下的链码趋势表:

LeftTrend:

$$\{ \{0, 0, 0\}, \{2, 1, 3\}, \{0, 0, 0\}, \{2, 1, 3\}, \{4, 3, 4\}, \{2, 3, 1\}, \{4, 4, 4\}, \{5, 4, 6\}, \{7, 6, 0\} \}$$

其中, 类似 $\{0, 0, 0\}$ 这样3个相同的值表示这条边在图像中必须存在, 不允许有误差, 程序中这样的趋势表可利用二维数组表示。

趋势表允许待识别的目标图像和标准图像有一定误差, 其误差(即匹配率)可通过下式计算:

$$P_{\text{match}} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{E_i} (3 - k_j)}{\sum_{i=0}^{n-1} 3 \times E_i}, k_j = 0, 1, 2$$

其中,  $n$ 为图形的边数;  $E_i$ 是每条边的点数;  $K_j$ 是每个点的匹配顺序, 若轮廓链码的值和趋势表中每条边的第 $j$ 个链码值相等, 则 $K_j = j$ , 如果不存在, 继续检测趋势表中下一条边, 若仍然没有, 则表示不匹配, 标准图像每个点都是和趋势表中第1个相等, 即 $K_j = 0$ , 故其匹配率为1。这样, 使用链码趋势表可以把有一定差异的图形看作一类。

### 2.3.3 匹配率调整

趋势表中每条边的链码误差如果允许过大, 会导致在处

理过程中同一个目标同时匹配多个方向箭头的趋势表,而且某些特殊图形也会碰巧与趋势表相匹配,为此,在对箭头形状检测时,增加对称匹配和比例匹配这 2 个特征来判定箭头的方向:

(1)对称匹配检测箭头是左右对称还是上下对称,其匹配率可以通过相反方向的链码个数来计算。

(2)比例匹配检测箭头各条边的比例,其匹配率同样可通过链码计算得到。

因为不同方向箭头的对称匹配和比例匹配是不一样的,再结合趋势表的匹配率,则可判断出箭头的形状。为提高识别的准确性,在得到结果后需要到原图中与背景做进一步确认,以减少误判。

### 3 实验结果





实验的数据来自于录制的一段交通灯视频(分辨率为 640×480 像素),在 KUbuntu 下使用 QtCreator 编写了测试程序对视频中交通灯进行识别。箭头共 9 条边,不同方向箭头的链码趋势表不一样。通过实验数据,根据匹配情况和准确性调整了不同方向箭头各边的链码值,如表 1 所示。

表 1 各方向箭头的链码趋势表

方向	1	2	3	4	5	6	7	8	9
左	0	2, 1, 3	0	2, 1, 3	4, 3	2, 3, 1	4	5, 4, 6	7, 6, 0
右	0	1, 2, 0	3, 2	4	6, 5, 7	4	6, 5	0, 7	6, 7, 5
上	1, 0	2, 1	4, 3, 5	2, 3, 2	4	6, 5	4	6, 5	7, 6, 0

为能进行模糊匹配,将表 1 中一些边的链码值设定多个数值任意匹配。同时,为减少误识别率,调整趋势表的匹配率、比例匹配率和对称匹配率在整个匹配检测中所占的权重分别为 40%、40%和 20%。当总匹配率低于 40%时,认为匹配失败。实验部分图像及其数据如表 2 所示。该表列出了较典型的视频数据中分割出的箭头形状,前 3 行是真实的交通灯,最后一行是其他干扰图像。

表 2 实验部分图像及数据

目标箭头	趋势表匹配率	对称匹配率	比例匹配率	总匹配率
	0.965	0.80	0.82	0.87
	0.685	0.78	0.67	0.72
	0.670	0.68	0.55	0.65
	0.245	0.43	0.20	0.31

对低光照和雨雾天气下的视频处理数据分析表明,在前期图像处理得到的轮廓完整情况下,链码趋势表的识别准确率达到 81%。

对视频中各帧的处理时间根据颜色过滤后得到的候选区域多少而不同,实验中检测算法耗时最多一帧是 56 ms,最少的一帧是 12 ms,平均识别时间在 20 ms 左右,可满足一般的实时应用要求。

### 4 结束语

本文使用链码趋势表来进行图形检测,使基于链码的目标匹配鲁棒性更强,能识别一些大致相似的目标。与基于模板的识别算法、智能学习算法等相比,本文的算法简单,时间复杂度低,可用于轮廓简单、由直线组成的目标识别。算法局限性有:

(1)链码在用于表示曲线时趋势表较庞大且较难建立,故不能用于复杂、边较多的图形识别;

(2)算法中链码趋势表的建立是依靠实验数据进行调整,尚不能检测不同图形的冲突情况。对于链码趋势表的推广,进一步需要研究趋势表在不同类型图形中如何科学地取值,以达到匹配程度和准确程度平衡。

### 参考文献

- [1] Kim Y K, Kim K W. Real Time Traffic Light Recognition System for Color Vision Deficiencies[C]//Proc. of the 4th International Conference on Manufacturing Automation. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2007.
- [2] Omachi M, Omachi S. Traffic Light Detection with Color and Edge Information[C]//Proc. of the 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology. Beijing, China: [s. n.], 2009.
- [3] Shen Yehu, Ozguner U, Redmill K. A Robust Video Based Traffic Light Detection Algorithm for Intelligent Vehicles[C]//Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Xi'an, China: IEEE Press, 2009.
- [4] Gao X W, Podladchikova L, Shaposhnikov D. Recognition of Traffic Signs Based on Their Colour and Shape Features Extracted Using Human Vision Models[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2006, 17(4): 675-685.
- [5] 徐 成, 谭乃强, 刘 彦. 基于 Lab 色彩空间和模板匹配的实时交通灯识别算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(5): 1251-1254.
- [6] de Charette R, Nashashibi F. Real Time Visual Traffic Lights Recognition Based on Spot Light Detection and Adaptive Traffic Lights Templates[C]//Proc. of IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Xi'an, China: IEEE Press, 2009.
- [7] Ruta A, Li Yongmin, Liu Xiaohui. Real-time Traffic Sign Recognition from Video by Class-specific Discriminative Features[J]. Pattern Recognition, 2010, 43(5): 416-430.
- [8] 陆宗骥, 童 韬. 链码和在边界形状分析中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2002, 12(7): 1323-1328.
- [9] 于国防, 王 莉. 基于二级复合链码的七段数字识别方法[J]. 计算机工程, 2010, 36(7): 182-184.
- [10] 王 萍, 强兆庆, 许晋玮. 基于链码描述的图像图形特征提取[J]. 计算机应用, 2009, 29(8): 2065-2067.
- [11] 谷士文. 闭合曲线链码的平滑[J]. 铁道学报, 1988, 9(3): 19-22.

编辑 金胡考