

基于 PCA 和边缘不变矩的车标识别新方法

王 枚^{1,2}, 王国宏¹, 高小林², 王 勇²

WANG Mei^{1,2}, WANG Guo-hong¹, GAO Xiao-lin², WANG Yong²

1. 海军航空工程学院 电子通信系, 山东 烟台 264001

2. 烟台职业学院 计算机与信息工程系, 山东 烟台 264000

1. Department of Electronic and Communication, Naval Aeronautical Engineering Institute, Yantai, Shandong 264001, China

2. Department of Computer and Information Engineering, Yantai Vocational College, Yantai, Shandong 264000, China

WANG Mei, WANG Guo-hong, GAO Xiao-lin, et al. New method of vehicle-logo recognition base on PCA and Edge invariant moment. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(4): 224-226.

Abstract: This paper presents a method of vehicle-logo location and recognition based on PCA and edge invariant moment. First, the approximate range of the vehicle-logo region can be located depending on the topology structure between vehicle plate and vehicle-logo. Then the vehicle-logo precise location, registration and detection are executed in order. The plausibility function is represented to ensure the real vehicle-logo. At last the vehicle-logo recognition is achieved by edge invariant moment minimum distance. The approach can adapt to complete object location and recognition with high robust. The experimental result on actual vehicle images shows that the method is practical and effective.

Key words: plausibility function; edge invariant moment; vehicle-logo registration; vehicle-logo recognition

摘 要: 车标识别技术是进行车辆类型识别的关键内容。在车牌定位准确的基础上, 利用车头图像中车牌、车标位置关系定位到车标大致区域; 接着对车标进行精确定位、归一化处理, 并提出似真度函数对车标进行确认; 然后利用边缘不变矩的最小距离进行车标识别。该方法不受原始车标图像大小、变形等影响, 能够自适应地进行目标定位确认和识别, 具有较强的鲁棒性。通过实测图像测试, 结果表明该方法是有有效和可行的。

关键词: 似真度函数; 边缘不变矩; 车标配准; 车标识别

文章编号: 1002-8331(2008)04-0224-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391.41

1 引言

车辆识别是智能交通系统研究的重要内容。随着汽车拥有量的快速增加, 出现了一些套牌、倒牌现象, 这对车辆识别研究提出更高的要求——在识别车牌号码的同时, 通过车牌号码与车型的一致性来鉴别是否为违章车辆。关于车辆类型的研究, 现在只局限在识别大型货车、中型汽车、小型轿车的范围^[1-3]。而车型的显著特征就是车辆的标志, 简称车标, 其识别技术是车型识别的关键。有关车标识别的研究算法有: 基于能量增强和形态学滤波的车标定位方法^[4,5]; 基于边缘直方图的快速汽车标志识别方法^[6]。以上方法车标定位简单直观, 但车标目标较小, 车标附近装饰较多, 大量噪声的干扰造成车标的误定位率较高; 而利用边缘直方图进行的车标识别方法因为车标未经归一化处理, 所以要对一种车标制作不同大小和角度的多个模板进行匹配识别, 造成自适应性较差, 且随着车标和模板数量的增加, 识别准确率的衰减会很快。本文在车牌定位识别的基础上, 根据车牌和车标的拓扑结构关系, 首先在车牌上方给出车标大致范围, 选取垂直边缘算子提取车标具体位置并进行车标截取; 利用车标的矩形和椭圆两种表示形式的 4 个切点和中心点共

5 点进行车标配准; 为减少车标误定位率, 引进似真度函数对选定车标进行确认; 确认真实车标后, 利用图像边缘 Hu 不变矩的距离分类器识别车标类型。将该方法应用在交通卡口获得的实测图像进行测试, 结果表明, 该识别方法是有效的和可行的, 且实用价值很高。

2 车标定位方法

按照人的视觉感受, 车牌、车标及车辆的具体类型是车头图像中最有价值的特征信息。车头图像中各部分的拓扑结构关系如图 1。车牌是整个车辆信息中最重要特征, 它相当于车辆的“身份证”。车牌区域具有边缘丰富, 背景与字符颜色特征固定等特征, 可利用空间信息特征进行定位^[7,8]; 可以利用颜色空间进行定位^[9,10]; 也可以利用图像特征的融合算法进行车牌

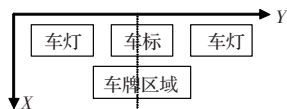


图 1 车头图像各部件的拓扑结构

基金项目: 国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60541001); 全国优秀博士学位论文作者专项基金项目(No.200443)。

收稿日期: 2007-05-31 **修回日期:** 2007-07-31

定位。利用融合的图像特征进行车牌定位可以从多个层面进行判断, 得出更为可靠的定位结果, 见图 2(a)。利用垂直投影将车牌字符逐个分割进行识别, 再逐个按原顺序排列得到车牌识别的最终结果。

2.1 车标和车灯大致区域的选取方法

严格地说, 车标就是一种车辆类型的标志。提取、识别车标就可以定义该车辆属于哪一类型的车辆, 比如: 大众、别克、丰田、现代等均有属于自己的特定标志。车标的特性具有: 车标的位置, 一般在车头的中间。准确地说, 是安放在车牌位置的正上方; 周围是本车型特有的横条花纹; 车灯区域是车型判别的另一特征, 现与车标区域一并选取。车灯特点是: 车灯位于以车标位置为中心的左右两个方向, 呈对称分布, 只要确定一个车灯区域即可。通常选取完整的一个车灯处理, 以车牌中心点为参照点, 取水平长度较大一方的车灯作为待选区域, 设原始图像水平方向幅值为 W_c 。车标和车灯大致区域选取表示为:

$$\begin{cases} C_x \geq \frac{1}{2} W_c & \text{选择左侧区域} \\ C_x < \frac{1}{2} W_c & \text{选择右侧区域} \end{cases} \quad (1)$$

这里, (C_x, C_y) 是车牌的中心点坐标, 见图 2(b)。车标和车灯大致区域使用矩形表示。以车牌中心点为参照点, 在参考点上方垂直方向 m 像素, 水平方向 n 像素范围内, 确定车标和车灯大致区域, 车标和车灯目标一定在其中, 并将该区域截取得到图像 I 。本文实测图像大小为 288×768 像素, 取 $W_c = 395, m = 65, n = 400$ 。提取图像结果如图 2(c) 所示。

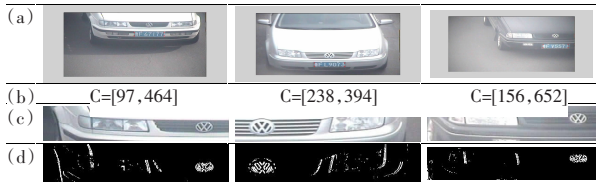


图 2 车标大致矩形区域及车牌中心点坐标

2.2 车标区域精确定位方法

车标与车牌存在固有的拓扑结构特点, 垂直方向在同一条线上, 水平方向车标在车牌上方一定范围内。表示为:

$$\begin{cases} C_y' = C_y \\ C_x' = C_x + Kr \end{cases} \quad (2)$$

其中 C_x', C_y', C_x, C_y 分别代表车标和车牌的中心点的坐标值; K 为宽容度; r 为车标与车牌垂直方向的幅值。因为在车标和车灯区域灰度边缘特征明显, 首先将原始 RGB 图像转换为灰度图像, 公式为:

$$f(x, y) = 0.299R(x, y) + 0.587G(x, y) + 0.144B(x, y) \quad (3)$$

其中, $R(x, y), G(x, y), B(x, y)$ 分别是原图像 (x, y) 点的 R, G, B 分量值, $f(x, y)$ 是该点的灰度值。由于在车标附近存在大量水平格栅, 为剔除水平噪声对车标提取的影响, 从 I 中精确定位

到车标区域, 提出垂直边缘提取算子 $E = \{1, -1\}$, 对于任意 $(i, j), (i, j-1) \in I$, 存在

$$f(i, j), f(i, j-1) \in f(x, y) \text{ 则 } f(i, j) = |f(i, j-1) - f(i, j)| \quad (5)$$

利用式(5)对图像 I 进行运算, 可提取到特征值水平方向变化剧烈的区域, 并且可以抑制一定的噪声。得到差分结果 $f(i, j)$, 然后按如下定义得到二值化图像 $F(x, y)$:

$$F(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(i, j) < T \text{ (代表非边缘像素点)} \\ 1 & \text{if } f(i, j) \geq T \text{ (代表边缘像素点)} \end{cases} \quad (6)$$

其中 T 为提取边缘点的灰度阈值。本文使用了 E 算子进行边缘检测。提取的边缘特征图像见图 2(d) 所示。车标定位方法: 在车牌上方 $[m_1, n_1]$ 范围内, m_1 为垂直方向范围幅值, n_1 为水平方向幅值, 本文取 $m_1 = 65, n_1 = 120$ 。在车牌上方 $[m_1, n_1]$ 范围将边缘图像在水平和垂直方向投影, 得到车标区域的矩形表示形式。现实生活中车标的形状各种各样, 有很大一部分是椭圆形, 可采用椭圆的参数表示车标模型, 即用矩形和椭圆两种形式表示车标。车标定位结果如图 3 所示。

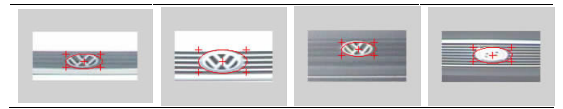


图 3 车标定位结果及其矩形与椭圆表示

2.3 车标配准方法

因为大部分车标近似于椭圆形状, 利用车标的椭圆和矩形两种表示形式, 提取车标的边缘点即矩形和内切椭圆的 4 个切点和矩形中心点共 5 点作为控制点, 将 5 点映射成标准车标大小 (如 40×40) 的图像的上下左右及中心共 5 点, 使用仿射变换进行车标配准得到归一化车标图像 F 。车标配准过程见表 1。

2.4 车标真实度检测方法

车标的定位、识别是车型识别中最关键一步。因为车标可确定车辆所属的大类 (车系), 由此才能进入已确定车系进行车型认定。而由于车标目标较小, 车头装饰较多, 造成误定位率较高。本文引进相似度函数可将检测到的非车标区排除。PCA (Principle Component Analysis) 是一种主成分分析的算法。这种方法将包含车标图像的区域看成一种随机向量, 因此可以采用 KL 变换得到正交变换基, 对应其中较大的特征值的基底具有与车标相似的形状。PCA 算法利用这些基底的线性组合可以描述表达车标和逼近车标, 因此可以进行车标的识别和重建。识别过程就是把待识别车标映射到由特征车标张成的子空间中, 与库中车标的子空间位置进行比较。用于 PCA 生成特征车标的部分实测车标图像见图 4。设 $\sum_{i=1}^r |\lambda_i|$ 为车标库图像样本协方差矩阵的特征值之和, l 是使式

$$\sum_{i=1}^l |\lambda_i| \geq 0.98 \sum_{i=1}^r |\lambda_i| \quad (7)$$

表 1 部分实测车标图像配准结果

编号	原图像	灰度图像	边缘图像	图像大小	配准大小 40×40	控制点坐标
1				19×39		[1 19; 9 2; 9 19; 9 36; 18 19]
2				29×53		[3 23; 14 2; 14 23; 14 43; 26 23]
3				19×41		[1 18; 9 2; 9 19; 9 37; 18 19]
4				19×44		[1 19; 9 3; 9 20; 9 38; 17 20]

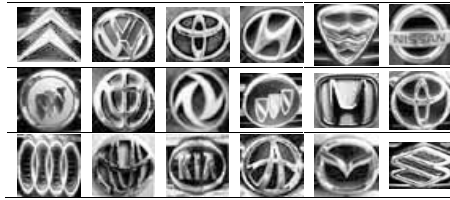


图4 部分实测标准车标

成立时的较大特征值数。设提取的车标原图像为 F , 将 F 投影到由前 l 个较大特征值构成的车标特征空间得到的复原图像为 F_l , 对图像 F 和 F_l 进行相关度检测, 定义车标似真度函数为:

$$corr_{FF_l} = \frac{\sum_i \sum_j (F_{ij} - \bar{F})(F_{ij} - \bar{F}_l)}{\sqrt{[\sum_i \sum_j (F_{ij} - \bar{F})^2][\sum_i \sum_j (F_{ij} - \bar{F}_l)^2]}} \quad (8)$$

其中 \bar{F}, \bar{F}_l 分别是 F, F_l 的均值。图5车标似真度函数曲线表明, 若 F 是车标, $corr_{FF_l}$ 很大, 接近 1; 若 F 不是车标, $corr_{FF_l}$ 很小, 接近 0。根据这一特性, 可以将不是车标的图像区域排除。表2中列出了车标和非车标区域在特征子空间的投影结果。若 $corr_{FF_l}$ 很大, 接近 1, F 是车标, 则进入车标识别阶段; 若 $corr_{FF_l}$ 很小, 接近 0, 则 F 不是车标, 重新进行下一个目标检测, 重复以上过程, 直到检测到真实车标为止; 若检测不到真实车标, 为无车标车型, 不参与下面识别。

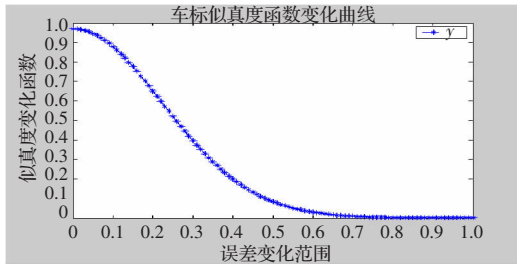


图5 车标似真度函数变化曲线

表2 车标真实度测定车标与非车标区域

F	F_l	F	F_l	F	F_l
Corr=0.731 1		Corr=0.995 7		Corr=0.072 6	
判为车标		判为车标		判为非车标区	

3 车标识别方法

经过检测确定后的车标图像可以与标准库中的车标进行比对。常使用的匹配方法有模板匹配法, 而选取的特征有图像的纹理特征、直方图及不变矩等, 受几何失真等影响较小的匹配方法有不变矩匹配算法和相位相关算法^[1]。因为相位相关法中傅立叶变换对图像周期性要求较高, 并且容易出现振铃现象等, 所以本文使用不变矩匹配算法。因为车标目标较小, 但其花纹标志明显, 表现为边缘特征丰富且识别可靠, 因为 LOG 边缘算子提取的边缘特征明显, 所以本文首先选取 LOG 边缘算子提取目标边缘特征, 利用车标边缘的 Hu 不变矩的最小距离进行车标识别。实验证明效果较好

对平移、缩放、镜像和旋转都不敏感的 7 个二维 Hu^[2]不变矩的集合可以由这些公式推导出来, 它们是:

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - \eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{12} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned} \quad (9)$$

因为实践中感兴趣的是矩的不变性, 不是符号, 这里取不变矩对数的绝对值。其中 ϕ_5 和 ϕ_7 的边缘图像的 7 个矩值为:

表3 归一化后的实测车标图像的不变矩数值

不变矩	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	ϕ_7
1	0.022 0	4.757 8	4.642 4	5.118 1	11.325 6	9.522 2	10.034 8
2	0.019 9	4.926 8	3.813 6	5.190 9	10.557 5	8.903 6	10.484 7

定义的车标图像不变矩距离为:

$$d(x, y) = \|x - y\| = \|y - x\| = \sqrt{\sum_{i=1}^7 (x_i - y_i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^7 (\phi_i^x - \phi_i^y)^2} \quad (10)$$

依次从标准车标库中按公式(10)计算 ϕ_5 和 ϕ_7 的 18 个边缘不变矩距离见表 4。

表4 提取的车标与车标库中车标计算不变矩距离

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8.842 9	1.869 3	3.716 0	3.851 0	8.108 2	12.029 0	8.572 7	2.578 6	2.917 8
2	10.696 6	0.714 8	3.625 3	3.180 9	7.218 9	11.363 3	7.895 8	2.057 6	2.322 7
编号	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	3.986 5	2.817 4	2.749 1	6.387 8	9.836 5	2.797 7	10.100 0	7.209 6	13.189 6
2	4.638 8	2.508 5	2.644 7	6.684 8	9.291 7	2.168 8	9.522 9	6.569 3	12.545 5

得出的最小不变矩距离分别是为 $d_{min}=1.869 3, d_{min}=0.714 8$, 车标类标号 $n=2$, 对应车标均为大众系列。

4 实验结果与分析

实验选取数据全部来自同三高速山东烟台柘格庄收费站获取的实测彩色车辆图像, 图像大小为 288×768 的 RGB 的 JPEG 格式图像, 以定位车牌的中心点为参考点, 在其正上方 [65, 400] 像素点范围内定位车标和车灯大致区域, 选取可以剔除水平格栅影响的垂直边缘算子在 [65, 120] 范围内提取车标区域进行精确定位, 然后利用车标的椭圆和矩形表示的 4 个切点和一个中心点进行车标配准, 将车标归一化成 40×40 像素点的标准化车标图像; 因为车标目标较小, 为减少误识率, 利用 PCA 进行车标图像重构, 定义了似真度函数对车标目标进行确认, 大大提高了车标定位的准确性。用 200 幅图像试验, 不使用似真度验证, 车标定位准确 165 个, 使用似真度验证, 定位准确 198 个, 提高准确率 16.5%; 最后对已确认车标利用边缘不变矩的最小距离进行识别。实验结果表明, 该方法是有效和可行的。本算法在 1.8 GHz、224 M 内存的单机上使用 MATLAB 编制的算法实现, 车标定位识别过程在 2 s 以内, 改成 VC++ 编制的程序实现可以达到工程使用的要求, 且该方法具有很高的工程实用价值。