

基于修正不变矩的车标识别研究与实现

杨国锋¹, 王欢², 黄敏¹, 王艳明¹, 马亚琼¹

(1. 郑州轻工业学院 计算机与通信工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 北京交通大学 计算机与信息技术学院, 北京 100044)

摘要:建立了基于修正不变矩的车标识别方法. 该方法通过模板匹配定位车标大致区域, 利用边缘检测对车标进行精确定位, 计算待识车标的修正不变矩特征值, 利用不变矩的最小距离进行车标识别. 该法不受待识别车标图像大小以及变形等因素的影响, 可以自适应地进行车标定位和车标识别. 实验结果表明, 与 Hu 不变矩相比较, 修正 Hu 不变矩可以提高图像目标的识别率, 有利于车标的识别.

关键词:不变矩; 特征提取; 车标识别; 最小距离

中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2013.02.021

Research and implementation of vehicle-logo recognition based on modified invariant moments

YANG Guo-feng¹, WANG Huan², HUANG Min¹, WANG Yan-ming¹, MA Ya-qiong¹

(1. College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China;

2. College of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The vehicle-logo recognition method was built based on modified invariant moments. Template matching was applied to the rough location of vehicle-log, then, edge detection was used to locate vehicle-logo precisely, the modified invariant moments eigenvalue was calculated for the recognition vehicle-logo, at last the vehicle-logo recognition was achieved by invariant moment minimum distance. The approach can adapt to complete object location and recognition, it can be unacted on the image size and deformation. The experimental results showed that compared with Hu invariant moments, the method based on modified invariant moments has higher accuracy of recognition, which is conducive to the vehicle-logo recognition.

Key words: invariant moments; feature extraction; vehicle-logo recognition; minimum distance

0 引言

车辆识别是通过检测捕获的车头图像对车标进行识别, 进而对车辆类型进行分类的过程, 是研究智能交通系统的关键所在. 在车标识别过程中, 由于位置、光照等因素的影响, 实测图像与参考标准图像之间可能产生几何失真, 甚至发生错误^[1].

常用的车标识别的算法有: 基于能量增强和形态学滤波的车标定位方法, 该法简单直观、易于实现, 但车标目标较小, 周围的噪声干扰容易造成车标的定位准确率降低; 基于边缘直方图的快速汽车标志识别方法, 该方法因车标未经归一化处理, 造成自适应性较差, 随着车标数量增加, 识别准确率下降较快^[2]. 本文拟基于模板匹配和边缘检测的车

收稿日期: 2013-01-07

作者简介: 杨国锋(1987—), 男, 河南省洛阳市人, 郑州轻工业学院硕士研究生, 主要研究方向为图像处理、信号检测.

通信作者: 黄敏(1972—), 男, 河南省南阳市人, 郑州轻工业学院副教授, 主要研究方向为信息处理、图像处理.

标定位,建立基于修正不变矩的车标识别方法,提高目标定位的准确度.

1 Hu 矩

$f(x, y)$ 是数字图像,它的 $(p + q)$ 阶矩定义为

$$m_{pq} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N x^p y^q f(x, y)$$

它的 $(p + q)$ 阶中心矩定义为

$$\lambda_{pq} = \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

归一化中心矩的表达式为

$$\eta_{pq} = \frac{\lambda_{pq}}{\lambda_{00}^{(p+q+2)/2}}$$

1962 年, Hu 将代数不变量理论应用于上述尺度规范化矩,构造如下 7 个著名的 Hu 矩不变量^[3]

$$\varphi_1 = \eta_{20} + \eta_{02}$$

$$\varphi_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$

$$\varphi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2$$

$$\varphi_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$\varphi_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} - \eta_{03}) \cdot [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

$$\varphi_6 = (\eta_{20} - \eta_{02}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(3\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$\varphi_7 = (\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \cdot [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

2 修正 Hu 不变矩

在常用的计算图像的 Hu 矩的方法中,为了使图像中的目标大小符合给定要求,先对图像进行比例和平移变换,使目标的中心与图像中心重合.由于数字图像比例变换会造成重采样与重量化的误差,使得比例变换后,计算出的 Hu 矩不能准确地反映原目标的特征,造成原目标一些信息的丢失.因此,文献[4]对 Hu 矩进行了改进,由 R. Palaniappan 等^[4]提出了修正 Hu 不变矩.包含修正系数 x_s 和 y_s 的新的中心矩定义为

$$\lambda_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x} + x_s)^p (y - \bar{y} + y_s)^q f(x, y) dx dy$$

其中, f 是一个非负连续图像函数; \bar{x} 和 \bar{y} 分别是在 x 和 y 方向上的图像的重心坐标;修正系数 x_s, y_s 由下面的表达式获得:

$$x_s = \sqrt{\frac{m_{20}}{m_{00}}} \quad y_s = \sqrt{\frac{m_{02}}{m_{00}}}$$

在实际应用中,为了方便整体的比较和降低分类的复杂性,采用取对数的方法对不变矩数据进行压缩处理^[5],即

$$\varphi_k = |\lg \varphi_k^*| \quad k = 1, 2, \dots, 10$$

3 基于修正 Hu 不变矩和欧氏距离的车标识别

基于上述修正 Hu 不变矩算法和欧氏距离度量方法,该系统主要包括图像采集、车标图像预处理、车标定位、特征提取和特征匹配 5 个部分.系统框图如图 1 所示.

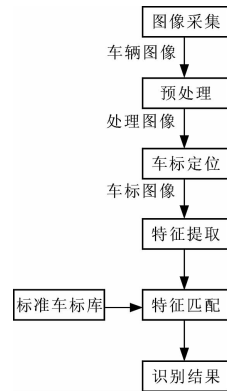


图 1 汽车车标识别算法流程

3.1 汽车车标图像预处理

识别的第一步是对真彩色图像进行预处理,本实验选取 6 幅不同的彩色汽车车标图像为模板,如图 2 所示.首先将真彩色的汽车车标图像样本的大小归一化为 135 像素 × 135 像素,再将其标准图像转换为 256 级的灰度图像,并以 BMP 文件格式存储;然后用中值滤波去除噪声并保留图像细节;最后进行二值化处理.从左至右依次标记车标图像为 1, 2, 3, 4, 5, 6, 待测图像提取车标标记为 0. 为了提高车标识别的精度,对实际捕获的图像还要进行对比度的增强等工作^[6].



图 2 标准汽车车标图像(标号 1—6)

3.2 汽车车标图像的定位

车标不仅形状复杂,而且作为背景的散热片的纹理也有许多种,一般有水平、垂直和网状 3 种纹理.其中车标两侧左右对称的背景纹理是一样的.根据车标及其背景的特点,车标的左右边界的获取方法如下:在粗定位区域中,从左侧截取 1/20 宽度

的条形区域作为模板,然后从左向右进行模板匹配,当匹配度 < 阈值 T 时,该位置为车标的左边界^[7],模板匹配的匹配度定义如下:

$$corr_{FF_1} = \frac{\sum_i \sum_j (F_{ij} - \bar{F})(F_{1ij} - \bar{F}_1)}{\sqrt{[\sum_i \sum_j (F_{ij} - \bar{F})][\sum_i \sum_j (F_{1ij} - \bar{F}_1)]}}$$

式中, F 为模板图像; F_1 为与模板进行匹配的图像; F_{ij} 为 F 中 (i, j) 处的灰度值; F_{1ij} 为 F_1 中 (i, j) 处的灰度值; \bar{F}, \bar{F}_1 为 F, F_1 的灰度均值. 若 $corr_{FF_1} > T$, 那么图像与模板的纹理一致; 若 $corr_{FF_1} < T$, 那么图像与模板的纹理不一致^[8].

阈值 T 的选取方法如下:

$$T = (\max(corr) + \min(corr) + \text{mean}(corr))/3$$

式中, $corr$ 为模板匹配中得到的一维匹配度数组. 图3为车标左右边界精确定位.

然后,对图3进行SOBEL边缘检测,再通过水平轮廓投影获得上下边界的精定位,投影规则为^[9]

$$P_i = |X_{i1} - X_{i2}|$$

式中, P_i 为第 i 行的投影值; X_{i1}, X_{i2} 为第 i 行中最左侧和最右侧的边缘点的横坐标. 在区域中投影值连续不为0且宽度最大的区域就是待识别车标区域,图4为车标上下边界精定位.



图3 左右精定位



图4 上下精定位

3.3 基于修正 Hu 不变矩的特征匹配

设有 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_c$ 共 c 个类别的模式识别问题, 每个类别中有标注的样本为 N_i 个, X 与样本 x_i^k 之间的距离为 $\|X - x_i^k\|$, 它表示 X 对这个类别的归属程度. 决策规则为: 若 $d_i(x) = \text{mind}_i(x), i = 1, 2, \dots, c$, 则 X 认定为类 ω_c . 如果使用欧氏距离作为归属相

似度的度量, X 与 ω_c 分别由提取到的车标图像和标准车标库中的车标图像的7个修正 Hu 不变矩来表示^[10]. 车标图像的不变矩距离定义为

$$d(x, y) = \|X - Y\| = \|Y - X\| = \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\varphi_i^2 - \varphi_i^y)^2}$$

其中, N 为特征空间的维数. 如果样本 X 和 Y 属于相同的类型区域, 那么欧氏距离 $d(x, y)$ 的数值较小, 如果它们属于不同的类型区域, 那么欧氏距离 $d(x, y)$ 的数值较大.

4 实验结果及分析

为了验证修正 Hu 不变矩的特性, 本文设计了2组实验, 在 Windows XP 环境下, 利用 Matlab 进行编程在计算机上运行. 第1组实验用于验证修正 Hu 不变矩在识别图像的欧氏距离方面比 Hu 矩具有的优势; 第2组实验用于验证修正 Hu 不变矩的平移、比例、旋转不变性和识别性能优于 Hu 不变矩.

实验1选取了6个标准的车标图像如图2所示, 分别用修正的 Hu 不变矩和 Hu 不变矩计算标号从1到6的标准车标图像与待测图像(标号0)(如图5所示)的特征向量之间的欧氏距离, 然后比较上述2种方法的实验结果. 实验1的结果如表1所示. 表1表明用修正 Hu 不变矩方法得到的欧氏距离比 Hu 矩得到的欧氏距离大, 这说明修正 Hu 不变矩在识别相似图像中有较高的准确度, 修正系数的加入使得标准图像与待测图像之间的欧氏距离的稳定性增强, 使不变矩具有更接近真实性的识别效果. 并且结果显示图像0和图像5之间的欧氏距离为最小, 与实际情况相符. 实验1验证了修正 Hu 不变矩在图像识别中具有更好的识别精度.



图5 待识别车标(标号0)

表1 车标图像之间的欧氏距离

图像编号	φ'_1	φ'_2	φ'_3	φ'_4	φ'_5	φ'_6	修正不变矩	Hu 不变矩
1	3.427 444	6.888 879	9.957 275	9.925 731	19.867 241	13.370 945	3.565 28	3.432 28
2	3.330 153	6.687 957	9.631 241	9.606 260	19.225 014	12.950 902	2.609 24	2.546 24
3	3.325 396	6.681 649	9.673 786	9.645 404	19.305 005	12.986 863	2.626 87	2.563 87
4	3.395 734	6.823 920	9.872 991	9.842 484	19.700 227	13.255 169	3.296 90	3.176 90
5	3.287 239	6.600 991	9.511 457	9.487 181	18.986 503	12.788 308	2.216 90	2.163 90
6	3.375 430	6.783 519	9.810 721	9.780 781	19.576 539	13.173 244	3.074 55	2.874 55
0	3.028 006	6.076 824	8.862 405	8.842 742	17.695 318	11.881 465		

实验2为了验证上述修正Hu不变矩,针对45幅二值图像分别使用修正Hu不变矩和Hu不变矩进行识别,实验结果如表2所示.由表2可以看出,在测试样本数目相同的情况下,Hu不变矩的识别率为88.89%,修正不变矩的识别率达93.33%.因此,修正不变矩相对Hu矩来说识别率提高了,鲁棒性更好.

表2 算法对比测试结果

算法	样本数	识别数	识别率
修正不变矩	45	42	93.33%
Hu不变矩	45	40	88.89%

5 结论

本文通过模板匹配定位车标大致区域,利用边缘检测对车标进行精确定位,计算待识车标的修正不变矩特征值,利用不变矩的最小距离进行车标识别.通过仿真实验发现,该算法比原始的7个Hu不变矩都有较大的提高.修正后的不变矩具有更高的识别能力,对旋转和缩放的图像拥有比较高的识别率,进一步证明了不变矩不受识别目标大小、位置、方位的影响,能够用来描述图像的整体性质.同时,所提出的修正不变矩能够提高图像目标的识别率.不足的是,时间效率较低.因此,下一步需要研究能够提高运算速率的相关算法,使图像识别更具有实时性.

(上接第17页)

4 结论

本文利用ABAQUS软件,对方支管-H型主管T型节点轴压性能进行了模拟计算和数值分析,得到如下结论:

1)通过对方支管-H型主管T型轴压节点的有限元分析,可知支管根部破坏最为严重,变形最明显,方支管四条棱处出现应力集中现象.与H型钢腹板垂直的方支管管壁上应力较大.

2)相对于主管,支管壁厚很小,为薄壁构件,承受轴向压力时极易发生屈曲失稳,工程中应避免或采取加强措施.

3)模拟的荷载-位移曲线与试验曲线的初始刚度存在差距,误差10.5%,可能是因为模拟时未引入相应的失稳模态作为初始缺陷,这是今后有限元模拟中应该注意的问题.

参考文献:

[1] 曹国峰,姚念亮.T形焊接方管内加劲节点轴向力下的

参考文献:

- [1] Hu M K. Visual pattern recognition by moment invariants [J]. IEEE Trans on Information Theory, 1962(8):179.
- [2] 张伟,何金国.Hu不变矩的构造与推广[J]. 计算机应用, 2010,30(9):2449.
- [3] Flusser J, Su K T. Pattern recognition by affine moment invariants[J]. Pattern Recognition, 1993,26(1):167.
- [4] Palaniappan R, Raveendran P, Sigoru Omata. Improved Moments Invariant for Invariant Image Representation Invariants for Pattern Recognition and Classification[M]. Singapore: World Scientific Publishing Co, 2000: 167-185.
- [5] 张德丰. Matlab 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2009:293-294.
- [6] 王玫,王国宏,房培玉,等. 基于PCA与不变矩的车标定位与识别[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2007,33(1):36.
- [7] 肖飞,王运琼,刘丽梅,等. 基于局部对称性特征的快速车标定位[J]. 计算机科学, 2010,37(2):298.
- [8] 刘进,张天序. 图像不变矩的推广[J]. 计算机学报, 2004,27(5):668.
- [9] 金敏,徐守时,汪行. 不变矩在模式识别中的应用研究[J]. 计算机工程与应用, 2004,40(25):65.
- [10] 徐学强,汪渤,于家城. 一种新型不变矩在图像识别中的应用[J]. 光学技术, 2007,33(4):580.

承载力[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2007, 35(10):1331.

- [2] 吴文奇,吴耀华,卢晋福. 考虑截面圆角效应的T型方管相贯节点静力承载力研究[J]. 钢结构, 2005, 20(78):21.
- [3] Cao J J, Packer J A, Yong G J. Yield line analysis of RHS connections with axial loads [J]. Journal of Constructional Steel Research, 1998,48:1.
- [4] Zhao X L. Deformation limit and ultimate strength of welded T-joints in cold-formed RHS sections [J]. Journal of Constructional Steel Research, 2000,53:149.
- [5] 陈以一,张梁,王拓. 无加劲冷成型方钢管-H形钢梁翼缘板焊接节点受拉性能试验研究[J]. 建筑结构学报, 2011,32(5):24.
- [6] 张梁,陈以一,王拓. 无加劲冷成型方钢管-H形钢梁翼缘板焊接节点管壁变形初始刚度分析[J]. 建筑结构学报, 2011,32(5):32.
- [7] DD ENV 1993-1-1. CEN: Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1-8 design of joints[S].
- [8] GB 50017-2003, 钢结构设计规范及条文说明[S].