

奇异值方法用于汽车车型识别

魏小鹏^{1,2*} 于万波^{1,2*} 金一粟^{3*}

¹⁾(大连理工大学机械工程学院, 大连 116024) ²⁾(大连大学先进设计技术中心, 大连 116622)

³⁾(中南大学化学化工学院, 长沙 410083)

摘要 图象灰度矩阵奇异值是图象的代数特征,已有文献把奇异值方法用于图象识别,针对常用的图象识别方法不能对外形区别不大的汽车及受到干扰的汽车进行识别的问题,把图象矩阵奇异值方法用到汽车车型识别的研究中.由于光照强度的影响,使处于同一场景的图象往往具有不同的灰度,且将影响奇异值方法的使用,所以引入了灰度一致因子来校正图象灰度.并用该方法对一些汽车图象进行了实验分析,取得了比较好的结果.最后,对这一方法进行了一些定性与定量分析,并提出了理论上需进一步探讨的问题.

关键词 模式识别(520.2040) 图象识别 奇异值 灰度一致因子 汽车车型识别

中图分类号: TP391.41 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)01-0047-04

Car Shape Recognition Based on Matrix Singular Value

WEI Xiao-peng^{1,2,*}, YU Wan-bo^{1,2,*}, JIN Yi-su^{3*}

¹⁾(School of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024)

²⁾(Advanced Design Technology Center, Dalian University, Dalian 116622)

³⁾(School of Chemical Engineering, Zhongnan University, Changsha 410083)

Abstract Type and shape of the car is coherent, one type of the car possess the one and only shape. Based on this fact, instead of recognition of the type of the car, recognition of the shape of the car is discussed detailed in this paper. Considering that a few methods proposed in the correlate paper are not accurate and those methods are lack of gracefulness, matrix singular value method is used in car shape recognition in this paper. As one of algebraic characters of matrix, singular value is reported to be used in image recognition, such as human face recognition, but the report about the method used in recognition of the vehicle shape has not been accessible. In order to standardize the different weight of the images in the same sites owing to different light, gray level rectified factor is put forward. At last, quantitative and qualitative analysis about the methods is proposed.

Keywords Matrix singular value, Gray level rectified factor, Car shape recognition

0 引言

在图象识别的研究中,人们引进了几何特征法、灰度统计法、变换法等识别方法^[1],而近几年,有人又提出了用于图象识别的代数特征值方法,也取得了较好的效果,如在文献[1]中,就利用代数特征值方法及其改进方法对人脸像识别进行了进一步研究.汽车车型识别是汽车自动识别的一个组成部分,在汽车自动识别系统中,除了车牌车色识别外,也应包括车型的识别.如在偷盗车辆拦截软件的开发中,

有时由于作案者更换了车牌,因此单靠车牌识别就无能为力,这时对车型识别就显得格外重要,而关于汽车车型识别的文献比较少,也未见把奇异值方法用于车型识别的报道.大家知道,车型虽是汽车的一个主要特征,可当车的外形区别不大或遇干扰时,一些常用的图象识别方法便失去了作用.本文把代数奇异值方法引入到汽车车型识别中来,即将求取到的汽车图象颜色值矩阵的奇异值作为各种汽车图象的本质特征,但与人脸像识别不同的是,用于汽车的识别图象的摄像工作均在室外,图象的灰度变化比较大,而对图象灰度值矩阵来说,由于总体灰度值的

基金项目:国家自然科学基金项目(60174037,50275013)

收稿日期:2002-01-21; 改回日期:2002-07-29

加大或减小,将直接引起奇异值的较大改变,所以引入了一致因子的概念来进行校正,以统一图象的灰度.通过实验,一些汽车图象的识别效果比较理想,表明奇异值方法用于汽车车型识别是奇异值方法的又一个有价值的应用.

1 图象矩阵的奇异值

从计算机科学的角度来看,一幅静态图象,实际上就是一个彩色或灰度像素矩阵,其在计算机中是以三维或二维数组的形式存储.

一个矩阵的特征值,一定程度上代表着这个矩阵的特征,像这样的特征就称为代数不变特征.由于矩阵的奇异值是矩阵特征值的改进,因此用奇异值代表矩阵特征值比用矩阵特征值有许多优点.

定义 1 设 $m \times n$ 矩阵 A 的秩为 r ,则必存在一个 $m \times m$ 阶正交矩阵 Q_m 和一个 $n \times n$ 阶正交矩阵 Q_n ,使 $Q_m^T A Q_n = S$,右端矩阵 S 为 $n \times n$ 阶对角矩阵,则称 S 的主对角元素为 A 的奇异值.

有关性质如下^[2]:

(1) 矩阵 A 的奇异值是矩阵 A 的转置与矩阵 A 相乘得到的半正定方阵特征值的平方根.

如由 $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$, $A^T A = \begin{bmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$,可得矩阵 A 的奇异值为 $\sqrt{5}$ 和 1.

不难看出,矩阵 A 的奇异值均为非负实数,并且在不考虑各个奇异值顺序的情况下,矩阵 A 的奇异值是唯一的.

(2) $m \times n$ 矩阵 A 和矩阵 B 的奇异值分别为 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$.

若 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_n$,则有

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \lambda_i)^2} \leq \|A - B\|_F \quad (1)$$

$$|\sigma_i - \lambda_i| \leq \|B - A\|_2, (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

性质(2)指出了奇异值摄动的相对稳定性,如果把 $B - A$ 看作图象的扰动阵,那么奇异值的扰动 $|\sigma_i - \lambda_i|$ 决不会大于 $B - A$ 的谱半径;而奇异值变化量的平方和,则受制于 $B - A$ 的 F 范数.

(3) 任何一旋转变换阵都可分解为两个正交阵的乘积.由于正交阵 P 左乘 A 就把 A 变为:

$$(PA)^T = P(AA^T)P^T = P(AA^T)P^{-1}$$

所以, PA 与 A 有相同的奇异值.

性质(3)说明奇异值对图象矩阵旋转不敏感.从以上性质可以看出,在图象识别领域,图象灰度矩阵的奇异值能更好地代表图象的代数本质特征.

2 灰度一致因子的引入

在图象成像过程中,往往由于受光照、摄影镜头或曝光时间等不确定因素的影响,引起图象明暗度不一致及偏色等现象,因而强烈干扰图象灰度矩阵的奇异值,只影响识别率,但由于这些干扰是针对整幅图象的,其所造成的矩阵灰度值变化相对较为均匀,所以,本文提出灰度一致因子的概念,并用其对图象灰度进行校正,其实施起来比较容易,效果也较好.

由于考虑到汽车识别的具体应用领域有收费站或者高速公路出入口的车型检测,其所获取的汽车图象均有相对稳定的背景,因此可选取背景作为图象灰度基准.实验要求预先提取出标准样本图象背景,同时计算出样本图象背景的灰度均值 G_1 ;然后用待识别图象背景的灰度均值 G_2 与标准背景灰度均值进行比较,得到灰度一致因子 q

$$q = G_2 / G_1 \quad (3)$$

可将其作为待识别图象的灰度校正因子.不难证明,校正前图象矩阵的奇异值 S_{old} 和校正后图象矩阵的奇异值 S_{new} 满足

$$S_{new} = S_{old} / q \quad (4)$$

引入灰度一致因子,实际上是为了对不同图象矩阵进行灰度等级的统一,因为如果对整个矩阵进行校正,显然运算量较大,所以本文选择直接对奇异值进行校正,而不是校正完图象再求奇异值,这样灰度校正过程所耗时间基本不影响整体识别速率.

3 汽车车型识别

本文实验中,照像机固定在汽车行驶的左侧,距离摄像机 10m 左右,由于所有车辆都在这种环境下摄像,所以汽车在图象中位置比较固定,图象大小为 640×480 pixels.

实验前,必须做好样本采集的工作,即对每一类型车辆,预先获取其在上述环境下的照片数张,同时分离出车辆图象,并计算奇异值;然后将相同类型车辆的数个奇异值向量的平均值作为该类型车辆的特征存入数据库,同时提取出一组在不同时间段得到的环境图象,作为不同时间段内识别汽车车型以及

校正图象灰度的基准.

对未知汽车进行车型识别的步骤如下:

(1)在上述相同环境下摄取汽车图片,并转化为灰度矩阵,再对该时间段内的环境灰度图象与汽车灰度图象作异或运算,以分割出汽车图象;

(2)计算分割后汽车图象的奇异值 S_{old} ;

(3)计算分割后背景图象的灰度均值 G_2 ;

(4)提取标准背景灰度均值 G_1 ,由式(3)求出灰度一致因子 q ,由式(4)得到校正后奇异值 S_{new} ;

(5)调出数据库中存储的各类车辆的奇异值 S_i ,求 S_{new} 与 S_i 之间的欧氏距离 d_i ,即

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k (S_{new}[j] - S_i[j])^2} \quad (5)$$

找出 d_i 最小值时的 i ,即可以判断出此车为哪一类型的车.

实验时,使用 Matlab 软件比较简单,因为 Matlab 软件最大的优点便是直接对矩阵进行操作,并且提供了诸如求特征值、奇异值等的函数,还有图象处理等工具箱,所以极大地提高了编程效率.

4 实验结果

本文针对 10 种车型做了识别实验,每种车型有 10 个样本.为了说明识别准确性,待识别车辆还选

择了倾斜变形、模糊、局部反光以及强光照射等各种干扰情况下的图象(每种干扰情况选取了 30 幅车辆图象),并分别计算了各种干扰情况下的识别率以及引入灰度一致因子前后的识别率.在实验过程中,对 640×480 大小的图象数据进行了均匀提取,用于识别运算的图象阵大小为 64×48 ,灰度级为 16,实验结果见表 1.另外又在大小为 64×48 ,灰度级为 16 的图象识别基础上,稍加改动像素数与灰度级再进行识别实验,实验结果基本不变.特别需要指出的是,不一定像素数与灰度级越多,识别效果越好.

表 1 引入灰度一致因子前后车型的识别率比较

干扰类型	无干扰	倾斜变形	亮白图象	局部反光	模糊图象
识别率(%) (未引入灰度一致因子)	100.0	93.3	89.0	76.7	66.7
识别率(%) (引入灰度一致因子后)	100.0	93.3	86.7	80.0	70.0

由表 1 可见,本文所提方法对有倾斜变形的车辆识别率较高,这就验证了奇异值对旋转是不敏感的.对于高亮图象、局部反光图象以及模糊图象,引入灰度一致因子后,识别率得到明显提高,说明本文所提出的灰度一致因子校正法是可行的,且效果明显.由于模糊图象使得车辆边缘以及车辆内部信息均受到影响,从而较大程度上改变了灰度矩阵的元素值,致使识别率较低.图 1~图 3 是识别过程中选取的一些具有各种干扰的车型相近的汽车图象.



图 1 车型 I 各种干扰下的图象



图 2 车型 II 各种干扰下的图象



图 3 车型 III 各种干扰下的图象

5 讨 论

本文针对图象矩阵奇异值的特性,提出了一种将奇异值作为车型特征进行车型识别的方法,同时考虑到由于光线等因素直接影响到图象矩阵灰度值,所以引入灰度一致因子作为灰度校正基准,校正后用于图象识别,效果较好.本文中的实验均限定摄像距离为10m,这在一定程度上限制了该方法的实用性.

另外,奇异值方法对图象的随机噪音污染是不敏感的,这可以从下面的定理得到解释.

定理 1(圆盘定理)^[4] 设 A 为任意的 $n \times n$ 阶阵, $A = [a_{i,j}]$. 令 $\rho_i = \sum_{j=1}^n |a_{i,j}|$, $i = 1, 2, \dots, n$. λ 为矩阵 A 的一特征值, 则有

$$|\lambda - a_{i,i}| \leq \rho_i, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

圆盘定理指出矩阵的特征值受制于矩阵行元素的绝对值之和,而矩阵奇异值是 $A^T A$ 的特征值. 对于随机噪音,因为有的噪音使灰度值增加,有的使灰度值减小,这样在统计意义下是稳定的,所以对奇异值影响很小,基本不影响识别效果.

奇异值方法用于图象识别决不是偶然的,因为矩阵奇异值是矩阵的本质特征之一,其在某种程度上能够代表这个矩阵^[3]. 在用计算数学的方法来求矩阵的特征值或奇异值时,都是采用迭代的方法来进行计算,所以这种迭代与图象经人眼进入大脑的信号迭代是否存在联系? 能否对奇异值概念进行改进,使其专门用于图象识别? 这些问题有待于进一步探讨.

另外,本文主要是基于车的形状不同来识别车型,为提高车型识别的准确率,当摄取图象比较清晰时,近距离摄像能够提取出车徽时,用车徽等特征进行识别也是一种比较好的方法.

参 考 文 献

- 1 陈刚, 戚飞虎. 实用人脸识别系统的本征脸法实现[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(2): 170~175.
- 2 孙继广. 矩阵扰动分析[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- 3 Liu K, Cheng Y Q, Yang J Y. An efficient algorithm for Foley Sarmon optimal set of discriminant vectors by algebraic method [J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 1992, 6(5): 817~829.



魏小鹏 1959年生, 教授, 博士后, 博士生导师, 现任大连大学校长. 主要研究方向为智能CAD和计算机图形技术.



于万波 1966年生, 副教授, 1998年获吉林大学计算数学专业硕士学位, 现为大连理工大学博士研究生. 研究方向为图象处理、数据仓库.

金一粟 1972年生, 讲师. 目前研究方向为计算机仿真和图象处理技术.