

基于形态学变换等技术的川南石刻图像预处理方法研究

李雅梅 吴中福

(重庆大学计算机学院 重庆大学艺术学院 重庆 400044)

摘要 川南石刻图像自动识别系统中的预处理是十分关键的一步,预处理效果的好坏直接关系到后面特征提取与识别的质量。论文详细讨论了图像预处理的方法与过程,并在此基础上提出基于数学形态学的川南石刻图像分割、灰度、二值化、增强、边缘提取等预处理方法,最后在仿真实验中证明了该方法的有效性。

关键词 川南石刻图像,图像预处理,形态学,数字艺术

Pretreatment Method for Carved Stone Image Based on Morphology

LI Ya-Mei WU Zhong-Fu

(College of Computer Science, College of Art, Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract Pretreatment is of a very crucial step in the automatic identification system of carved stone image. Whether the effect of pretreatment is good or not, directly impacts on the quality of the following feature extraction and identification. This paper thoroughly explains the method and process of image pretreatment, based on which, brings forward the pretreatment method for carved stone image as per mathematical morphology like segmentation, grey scale, binarization, enhancement, edge extraction etc, and finally proves the validity of this method through experiment.

Keywords Carved stone image in the south of Sichuan, Image pretreatment, Morphology, Digital art

1 引言

四川南部地区南宋墓葬石刻艺术雕刻精美、内涵丰富、具有浓郁的地域特征,是川南地区历史、文化、民俗生活的直观实物形象资料,具有重要的艺术研究价值。但是,由于目前模式识别技术在艺术领域的应用程度不高,因此,艺术领域的研究者大多完全依靠人工识别图像的方法进行研究,并且识别效率受到研究者自身知识和经验的制约,未能建立一个科学的识别和评判体系。针对以上情况,论文以四川南部地区南宋墓葬石刻为切入点,对石刻图像自动识别系统开展研究,期望通过该研究能够加快数字艺术的进程,为艺术领域的数字化研究提供借鉴和参考。

石刻图像自动识别系统中,石刻图像的预处理是至关重要的操作步骤,后续的特征提取与匹配等都建立在它的基础之上,预处理效果的好坏直接关系到最后识别的准确率。目前国内外学者对图像处理技术进行了大量的研究,通常按处理目的的不同可将预处理过程分为:分割、平滑、增强、二值化等,每一步骤都有不同的算法,比如图像分割主要有区域生长法、松弛法、构造法等,图像平滑主要有中值滤波法、平均滤波法、迭代加权法等,图像增强主要有自适应算法、拉普拉斯算法、Lee 滤波法等^[1,2]。

本文在介绍图像预处理所涉及的内容如:图像分割、倾斜校正、灰度处理、二值化处理、增强处理、边缘提取等的基础上,对川南石刻图像识别预处理中的噪声去除、图像增强、边缘提取等提出了基于形态学的图像预处理方法。该方法简单有效,为后续特征提取与匹配工作打下了良好的基础。通过仿真实验也证明了该方法是可行的。

2 基于形态学的川南石刻图像识别和预处理方法的研究

2.1 石刻图像识别的系统结构

本研究采用自建的石刻数字图像库,提出了石刻图像的识别过程:首先从图像库中选出部分图片进行预处理,根据预处理的结果分析石刻图像的特征,提出相应的特征提取算法,并将其存入到石刻图像库中;其次选择特征制作模板,让其余图片参加训练,反复试验后消除不相关的或冗余特征,让石刻图片与特征模板进行匹配,经反复多次试验后设定阈值,并将其存入到文件中,再次用未参加过训练的或待识别的石刻图片进行测试,先进行预处理再进行模板匹配,在设定阈值范围内的视为匹配,超过了阈值范围的视为不匹配;最后根据测试的结果验证识别系统^[3],如图1所示。

2.2 形态学在图像处理中的应用

数学形态学已成为图像理解的一个分支,主要倡导者是 Matheron 和 Stern。目前数学形态学在图像处理中得到越来越广泛的应用,已在计算机视觉、图像分析、模式识别、数据处理等方面得到应用。数学形态学可以用来解决抑制噪声、图像增强、边缘提取等图像问题^[4]。数学形态学是以形态结构元素为基础对图像进行分析的数学工具,它强调形状在图像处理、分割和物体描述中的作用,以达到对图像分析的目的。它可以简化图像数据、保持基本形状特征、去除不相干的结构等^[5]。基本的形态学变换是膨胀和腐蚀,由这两个变换可以定义更多的形态学运算,如开运算、闭运算和形状分解等。膨胀是采用向量加法对两个集合进行合并,是一种各向同性的扩张,这种操作也被称为填充或生长。腐蚀是膨胀的对偶运算,采用各自同性结构元素的腐蚀运算,可以使物体的尺寸缩

小。击中击不中变换是用来查找像素局部模式的形态学运算符,也可用于物体的细化与粗化运算。先腐蚀再膨胀是一个重要的形态学变换,称为开运算;而先膨胀再腐蚀则称为闭运算。开运算和闭运算是一对对偶变换,开运算是一种反向扩张,闭运算是正向扩张。反复采用开运算或闭运算其结果保持不变^[6]。

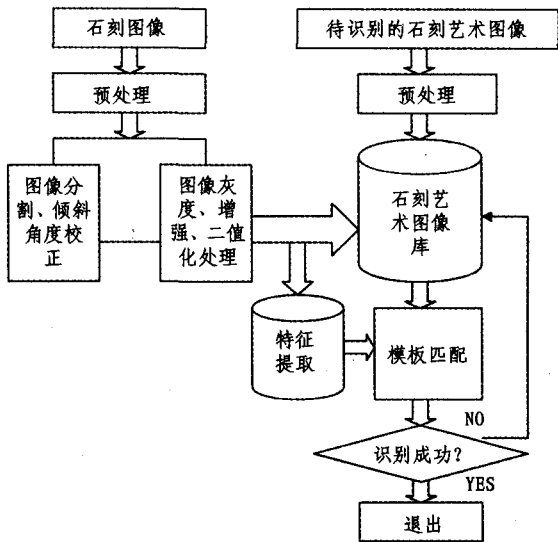


图1 石刻图像识别系统结构图

2.3 石刻图像预处理方法

石刻图像自动识别过程中图像的质量对识别的结果具有非常重要的影响,因此在识别的前阶段要对原图像进行相应的预处理。原图像往往由于拍摄角度、光线等原因,无法达到令人满意的效果,因此,必须要去除图像中不利因素的干扰,方能满足后续特征提取的要求。川南石刻图像预处理所采用的方法是:先用人工干预的手段对石刻原图像进行分割与校正,然后以 MATLAB 为实验平台,用形态学的方法对二值图像和灰度图像进行去噪声处理、增强处理和边缘提取等,最后将处理效果图存入到石刻图像库中,如图 2 所示。

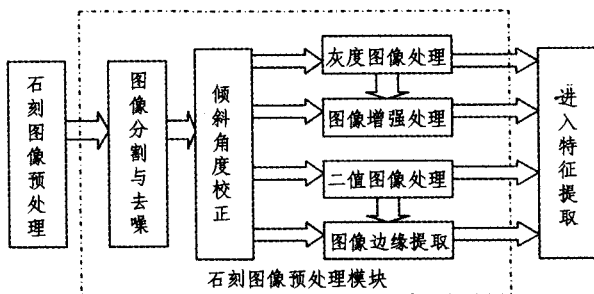


图2 石刻图像预处理模块结构图

3 形态学在川南石刻图像预处理中的应用和仿真实验

我们的实验环境是:操作系统是 Window2000 的 Server;具有 2GB 的内存;仿真软件是 MATLAB;测试数据集使用自建的川南地区南宋墓葬石刻图像库,该图像库有石刻花鸟、四神、人物、飞天等类型的图片共 4712 幅。

3.1 图像分割与去噪

图像分割就是将图像分离成两个集合,一个代表识别的主体物本身,即所谓“有意义的区域”,另一个代表背景。但

是,在实际应用中图像常常因为干扰的影响不易正确地分割。我们的石刻图像由于以下原因造成分割上的困难:①部分石刻的边缘出现破损与模糊;②川南地区南宋墓葬石刻埋藏在地下长达数百年的时间,出土后石面腐蚀情况严重,这些用肉眼观察起来并不特别明显被腐蚀的细小颗粒,在以数字图片形式输入计算机处理以后,便形成各种大小不等的噪声,极大地干扰了计算机识别图像的能力;③川南地区南宋墓葬石刻主要为高浮雕和浅浮雕,拍摄时为了突出浮雕的立体感,主要从石刻正前方左侧面采光,因此,导致石刻图像的右下方轮廓边缘形成黑色的阴影带,这些阴影与深色的背景融合,使计算机无法对石刻的边界做出正确的分辨。若使用目前常用的图像处理方法是无法正确分割出石刻图像的主体与背景的,我们采用人工干预手段,即用 PHOTOSHOP 软件的自动套索工具,将石刻图像雕刻的主体对象从背景中分离出来,得到清晰的外轮廓边界(如图 3(b)所示)。分割以后的图像虽然去除了背景噪声对图像的干扰,但是,石刻图像雕刻主体内部的噪声依然存在。在此基础上我们采用数学形态学中的开运算,即先膨胀再腐蚀运算对石刻图像进行去噪处理。如图像 X 关于结构元素 B 的开运算记为 $X \circ B$,则: $X \circ B = (X \ominus B) \oplus B$,式中符号 \ominus 表示膨胀运算,符号 \oplus 表示腐蚀运算,得到的结果图像会比原图像更加简单,其中的细节(噪声)被去除了。该方法有效滤除了石刻图像中白噪声的污染,同时较好地保留石刻图像的细节特征,如图 3(d)所示。

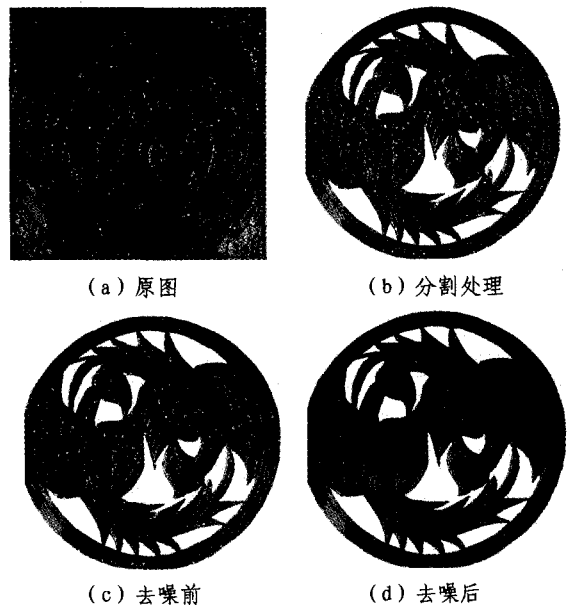


图3 石刻鸟禽画图像分割、去噪处理效果对比图

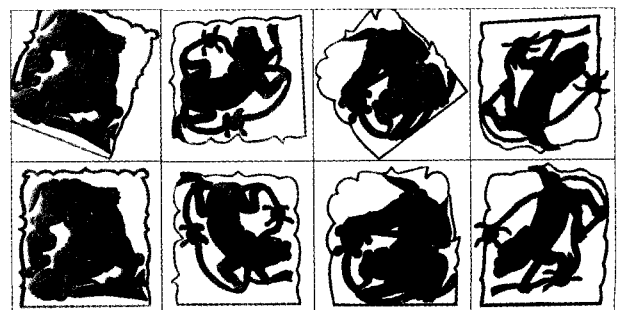


图4 兽类石刻倾斜角度校正对比图

3.2 图像倾斜角度校正

由于拍摄角度等原因有时会使部分石刻图像出现倾斜或畸变,为了提高识别的准确率,必须要在图像预处理阶段给予校正。但是,由于每一张图片倾斜角度各有不同,如果对所有的图片设定统一的固定值校正,非但不会正确校正倾斜角度,反而会导致新的错误产生。因此,我们采用 PHOTOSHOP 软件,针对特定的石刻图片单个进行旋转校正,以保证识别的准确率。图 4 中上为原图,下为校正后的图像。

3.3 灰度图像处理

灰度图是指只含亮度信息而不含色彩信息的图像,它由一个个像素点构成,每个像素点都具有一个灰度值,其取值范围从 0~255 之间,其中 0 代表黑色,255 代表白色,灰度值越小相素点越暗,反之亦然。川南地区石刻图像的魅力主要体现在富有时代特征、文化特征与地域特征的艺术造型上,因此,特征提取主要是提取石刻图像的形状特征。要提取石刻图像的形状特征,灰度处理是预处理工作中重要的一个步骤。图 5 上为彩色图像,下为灰度图像预处理效果图。

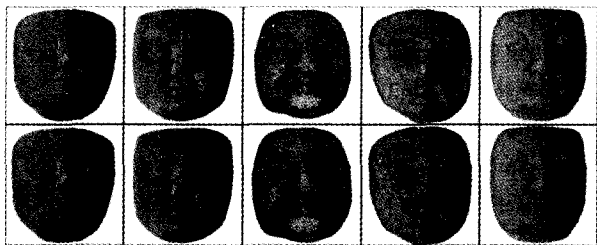


图 5 石刻人物脸部灰度处理效果对比图

3.4 增强处理

图像增强技术是改善图像质量的一种重要技术,它可以改善图像的模糊状况,有目的地强调并突出图像的局部特征,使之更符合人们的视觉习惯。图像增强技术可以归纳为空域处理和频域处理两大类,空域处理是直接对图像中的像素进行处理,基本上以灰度映射变换为基础。常用的方法有灰度变换、直方图变换、邻域平均法、中值滤波等;频域处理是应用变换技术,如傅里叶变换等,通过数字滤波方法修改图像频谱再反变换得到增强的图像。石刻图像经灰度处理后,相对于彩色图像来说视觉效果大为减弱。为了利于后续的特征提取,我们采用形态梯度算子,利用形态变换中的扩张运算,达到增强图像的目的。增强后的图像边界各像素的灰度值增大,在不削弱相关信息的同时能够突出图像的主要信息,视觉效果更加强烈,如图 6 所示。

3.5 图像二值化处理

图像预处理中二值化处理占有非常重要的地位,由于识别系统只认识灰度图像或二值图像,因此必须要对图像进行二值化处理。灰度图像二值化是指通过阈值的设定把灰度图

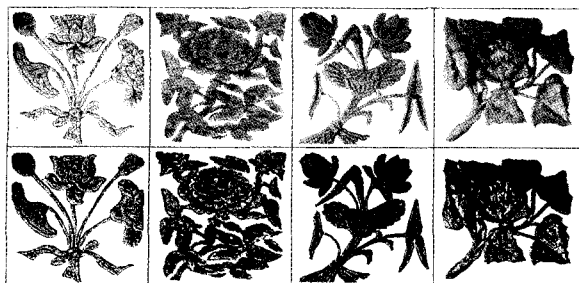


图 6 石刻花卉图像增强实验效果对比图

像变换成为 0 或 1 取值的二值图像过程,当数字图像某一像素点的灰度值大于阈值时,设该点为 1,灰度值小于阈值时该点就为 0,这样便将整幅图像转化为由 0 和 1 组成的二值图像。二值化的方法很多,阈值的选择是二值化的关键,阈值主要分为全局阈值、局部阈值与动态阈值等。二值图像处理的优点是:对图像作进一步处理时,图像的几何性质只与 0 和 1 的位置有关,不再涉及像素的灰度值,使处理变得简单,提高了系统的实用性,为图像的存储带来了极大的方便。图像处理中数学形态学方法用于处理二值图像,是将二值图像看成集合,并用结构元来探测。形态学中结构元是最重要的概念,结构元是一个可以在图像上平移且尺寸比图像小的集合。基本的数学形态学运算是将结构元在图像的范围范围内平移,同时施加交、并等集合运算,以达到对二值图像处理的目的。采用该方法处理后的石刻图像较好地保留了石刻的内部结构信息,利于后续特征提取与识别研究。如图 7 所示,上为处理前的彩色图像,下为二值化处理后的效果图。



图 7 石刻人物服饰二值化处理效果图

3.6 边缘提取

图像最基本的特征是边缘,由于边缘隐含了图像丰富的视觉信息,因而成为人们利用计算机进行模式识别的重要手段之一。边缘在数字图像处理中是指周围像素具有阶跃变化或屋顶变化的像素集合,它存在于目标与背景、目标与目标、区域与区域之间。因此,它是图像所依赖的最重要特征,是图像特征提取与匹配的基础。图像预处理中边缘检测是一个非常重要的内容,传统的边缘检测方法有:ROBERT 算子、拉普拉斯算子等。通常情况下图像拍摄的质量越高,越利于检测出准确的边缘。提取石刻图像边缘的目的是:提取能够反映石刻图像外部轮廓与内部结构信息的边界线。因为石刻艺术特别强调对边线及外轮廓线的处理,追求整体、简洁、明快、流畅的表现方式,区别于其它艺术门类。对石刻图像进行边缘提取,我们采用形态学变换中的腐蚀运算,可以提取石刻图像的边缘。设集合 A 的边界记为 $\beta(A)$,可以通过以下算法提取边缘:设 B 为一个合适的结构元素,首先 A 被 B 腐蚀,然后求集合 A 和它的腐蚀差为: $\beta(A) = A - (A \circ B)$ 。这样经形态学算子变换后提取的图像边缘具有更好的均匀性与连续性,可以消除部分阴影造成的干扰,效果优于传统边缘检测的方法,如图 8 所示。

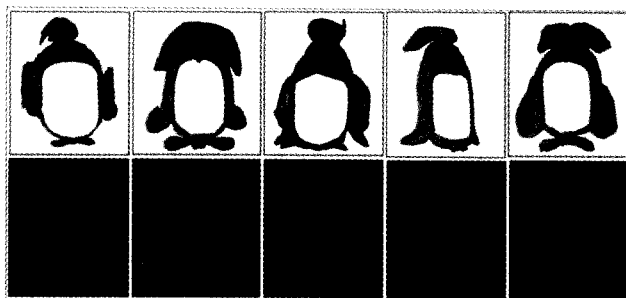


图8 石刻人物头盔图像边缘提取效果图

3.7 实验结果分析

实验结果表明本文所采用的石刻图像预处理方法是有效的,经本文方法处理后的图像在灰度、增强、二值化与边缘提取上效果较佳(图5~8),较好地保留了目标图像的信息与特征,边缘具有清晰、连续、完整等优点,石刻图像预处理后质量明显得到改善,满足了后续识别工作的需求,为进一步的特征提取与图像匹配研究打下了良好的基础。试验中存在15%的图片误检,误检的因素有:石刻边缘残损、部分有遮挡及阴影等,另外数码相机拍摄的角度也是造成误检的因素之一,因此,要提高测量的精度,还需提高数码相机拍摄的质量,并同时有部分效果不好的图片进行修正处理。

结论 论文介绍了基于形态学变换等技术的图像预处理方法,并对四川南部地区南宋墓葬石刻艺术图像进行了预处

理。文章首先给出预处理的模块结构,明确图像预处理在识别系统中的重要性;然后介绍石刻图像进行图像分割与倾斜角度校正的处理;并在前面工作的基础上对石刻图像进行基于形态学变换等技术的灰度处理、增强处理、二值化处理、边缘提取等预处理。该方法可以有效去除石刻图像中的噪声、增强图像效果、提取到更好的边缘特征,达到了利于后续特征提取与匹配的目的。而石刻艺术图像自动识别系统的研究,可以为艺术工作者节省劳动时间,提高工作效率,解决艺术研究中迫切需要解决的问题,同时还为计算机模式识别技术的应用拓展了领域,具有实用的意义。

参考文献

- 1 Sonka M, Hlavac V, Boyle R. 图像处理、分析与机器视觉. 人民邮电出版社出版, 2003. 9
- 2 王家文, 曹宇. MATLAB6. 5 图形图像处理. 国防工业出版社, 2004, 5
- 3 李弼程, 彭天强, 彭波. 智能图像处理技术. 电子工业出版社, 2004, 7
- 4 杨述斌, 彭复员. 数学形态学在图像处理中的应用与发展. 武汉化工学院学报, (2004)01-0070-04
- 5 王树文, 闫成新, 张天序, 赵广州. 数学形态学在图像处理中的应用. 计算机工程与应用, (2004)32-0089-04
- 6 张冬芳, 王向周. 基于数学形态学的图像边缘处理. 微计算机信息, (2006)08-1-0186-02

更正声明

由于本人的疏漏,本人刊登在计算机科学杂志 2007Vol. 34No. 12 上的文章“基于网页划分的网站应用程序测试新方法”的第3章中有严重错误,特此进行更正,并向广大读者和计算机科学杂志社道歉。

濮方翔

3 基于网页划分测试技术

网页是由文字、图片、声音、视频和链接等组成的文档,网站用户可以通过单击具有链接的文字和图片在网页间浏览、搜索单词或句子、查询找到的信息。“白盒测试”技术通过模型寻找测试网页,这种寻找测试网页的方法很不充分,因为一个网站有很多网页,不可能所有的网页都包含在模型内。为了提高网站应用程序测试效率,我们把网站的网页分类后进行测试。同一类网页有许多相似之处,测试起来比较方便。网页分类的方法有很多种,本文主要采用以下几种分类:

一是根据网页的使用者进行分类,分为:一般网民使用的网页,网站注册用户使用的网页,网站管理者使用的网页。

二是根据网页用途进行分类,分为:政府网页、商业网页、娱乐网页及其它网页。

三是根据网页生成方式进行分类,分为:数据库驱动网页、用编程方法创建的网页及其它网页。数据库驱动网页是由HTML提供网页的布局,网页的内容从网站服务器的数据库中提取出来放入相应的位置。用编程方法创建的网页主要是动态网页,编程有服务器端编程和客户端编程。其它网页主要是指不属于数据库驱动网页和用编程方法创建的网页,如静态网页等。

网站的网页分类划分后,我们对每一类网页进行测试,测试方法有:

一是基于网页划分的黑盒测试方法(WY1):把同一类网

页当作一个黑盒子,我们不查看网页的生成程序,主要测试网页的功能,如:对网页的文本进行检查,检查网页的标题是否正确;网页的链接是否能打开并能跳转到正确的地方;显示的图片是否正确;网页的表单标签、表单按钮是否正确,表单主要负责数据采集的功能,如采集访问者姓名、调查表等,检测表单对正确数据是否接收和对错误数据是否拒绝,对输入异常大的数据表单是否提示错误信息;其它功能测试。

二是基于网页划分的灰盒测试方法(WY2);在上述黑盒测试的基础之上,增加查看网页的HTML的步骤。HTML与编写的程序不同,它不能执行,只能确定文字和图片在屏幕上显示的方式。

三是基于网页划分的白盒测试方法(WY3);这种白盒测试是对同一类网页的程序编码逐一进行检测,它不同于本文第2章所述的基于模型的“白盒测试”。如果网页数量较多,用这种方法测试工作量极大,因此不宜采用。一般我们运用白盒测试方法检测少量网页。

几点说明:

1)基于网页划分测试技术可采用自动测试。

2)基于网页划分测试技术中网页之间的链接是随意的、非控制的,它不能测试如图2所示的网站工作流程,因此我们把“白盒测试”技术与基于网页划分测试技术结合起来,形成基于网页划分的“白盒测试”技术,以提高网站应用程序的测试效率。