

基于 photoshop 实现浮雕图像“数字拓片”的技术研究

朱晓丽^{1,2,3} 吴中福¹

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)¹ (重庆大学艺术学院 重庆 400044)²

(西南大学美术学院 重庆 400715)³

摘要 拓片作为我国特有的传统艺术形式,目前正面临着一系列尴尬问题。一方面,无论是其自身作为非物质文化遗产宝贵遗产,还是对于文化艺术及其它领域的重要研究价值而言,拓片艺术都应当得到弘扬与发展。然而另一方面,拓片的传统制作方式又与珍贵文物的保护之间有着十分明显的矛盾和冲突。基于此,充分发挥艺术专业学科的优势,结合先进的计算机技术,提出了一套将浮雕物的“实物照片”转化成“数字拓片”的方案,并通过试验初步验证了该方案的有效性。

关键词 数字拓片,实物照片,数字图像处理,相似度

Technical Study on Photoshop Based Relief Image Digital Rubbings

ZHU Xiao-li^{1,2,3} WU Zhong-fu¹

(College of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China)¹

(College of Art, Chongqing University, Chongqing 400044, China)² (College of Fine Arts, Southwest University, Chongqing 400715, China)³

Abstract As an unique traditional art in China, rubbings are a bit on edge with some embarrassment. On one hand, it should be highlighted and promoted as an invaluable intangible cultural heritage, which enjoys significance for culture, art and other fields. On the other hand, the traditional making method of rubbings is sort of going against with the protection of those priceless relics. For these reasons, based on art skills and computer technologies, a scheme for transforming the relief image photo into digital rubbings was put forward in this paper, and the feasibility had been primarily verified through tests.

Keywords Digital rubbing, Relief image photo, Digital image processing, Similarity

1 引言

拓片是我国的传统艺术形式,通过蘸有墨汁的拓包,在隔着一层薄薄宣纸的碑石、器物(如青铜器、陶器、玉器等)上进行反复捶打,从而拓印出书法美术作品。经过几千年的继承和传递,无论是作为非物质文化遗产的拓片制作技术,还是拓片自身,都是中华民族的宝贵财富,拓片艺术在中国人的审美意识中已经形成了一种独特的美感,是其他任何一种艺术形式不能替代的。然而,以传统的手工方式制作拓片,正面临着一些尴尬问题。

首先,从拓片的制作方式上看,反复的捶打势必会对原石(尤其是对于不易清洗,也不容清洗的古代石刻)造成一定的伤害和污染,在许多需要拓制拓片的对象已经成为珍贵文物的今天,手工制作拓片与文物保护已成为一对矛盾;其次,传统的拓片制作工艺比较繁琐和复杂,需要耗费大量的人力和物力,而且拓片制作受到拓制者知识和经验的制约,不同人采用同样的技术拓制而成的拓片在效果上也存在较大的优劣差别,过多的人工因素不利于建立相对稳定的拓片标准;再次,传统拓片制作工艺非常容易受天气、位置、环境等客观因素的制约,石刻的类型和大小对拓片制作工艺的难易程度也有决定性的影响,尤其是拓制高浮雕作品,有着相当大的技术难度。

“数字拓片”是指以计算机技术为依托、以数字图像处理

技术为主体制作而成的,具有传统拓片一般特征的数字图像。在今天希望珍贵文物不容受损的情况下,研究数字拓片制作技术,是对我国传统民族文化的弘扬和继承,是传统艺术形式的有益补充。同时,出于文化及艺术研究的需要,今天仍然需要在很多珍贵文物上拓制拓片,势必会对文物带来进一步的损坏。利用计算机图像处理技术制作数字拓片来辅助相关的文化艺术研究,将有利于文物的保护。而且,利用计算机技术实现数字拓片的制作,一方面可以节省大量人力和物力,另一方面还可以实现拓片制作工艺的程式化、科学化。

2 “数字拓片”研究的总体思路

2.1 “数字拓片”研究的核心任务及研究重点

“数字拓片”研究涉及两个核心任务:①实现“数字拓片”流程的关键环节研究;②“数字拓片”流程中关键环节的算法研究。前者主要借助目前使用最广泛、也最普及的数字图像处理软件 photoshop 来辅助完成,后者则主要是利用 MATLAB 软件来实现“数字拓片”的系统。显然,前者是后者研究的前提和基础。因此,本文研究重点主要集中在第一个核心任务——即探寻“数字拓片”的可行性与实现的流程上,并对该流程涉及到的数字图像处理相关技术作初步的分析。

2.2 “数字拓片”研究的基本方法与技术路线

在数字拓片研究中,有一个重要环节应引起足够的重视,即计算机生成的数字拓片与手工拓片的相似程度或称“数字

朱晓丽 博士研究生,主要研究方向为传统视觉艺术与数字图像处理;吴中福 教授,博士生导师。

拓片”的可信度问题。为了解决这一关键问题,我们主要采用严格的样本比对方法(图 2)。就样本采集而言,为了能够方便地进行实验,又不至于对珍贵的文物造成损坏,我们充分发挥艺术专业特长和优势,先用泥巴、石膏仿制了南宋川南泸县石刻的浮雕小模型作为原始文物的替代品(图 3),再手工拓制了浮雕模型的拓片。除此之外,还拓制了其他形式“浮雕实物”(如各种金属钱币、雕刻的物具等)的拓片作为样本参与实验(图 4)。

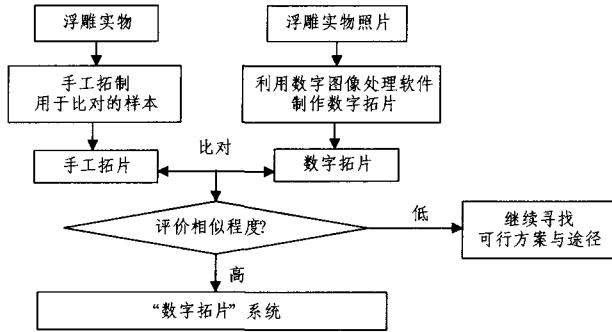


图 1 浮雕图像“数字拓片”研究的基本思路

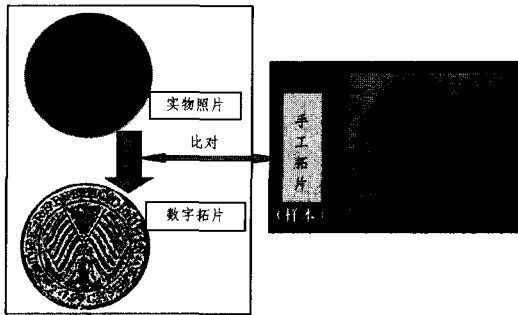


图 2 样本比对方法的示意

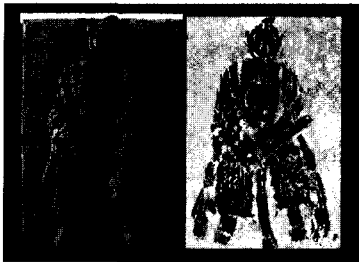


图 3 仿南宋川南泸县石刻的小模型及其手工拓片

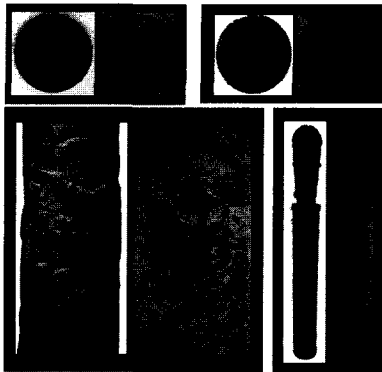


图 4 其它浮雕实物及其手工拓片

在进行“数字拓片”的每一次生成实验时,必须严格参照与之相对应的同一实物的“手工拓片”进行,以确保“数字拓

片”的可信度(即“数字拓片”与“实物拓片”在视觉效果上达到比较高的相似程度)。

3 “数字拓片”的基本流程及实现方法

3.1 “数字拓片”基本流程的建立

通过分析拓片图像的典型特征,并严格依照样本比对原则,经过反复多次利用数字图像处理软件 photoshop 进行试验及验证后,我们建立了一套制作“数字拓片”的基本流程,共有 7 个步骤,主要涉及 6 种操作,如图 5 所示。

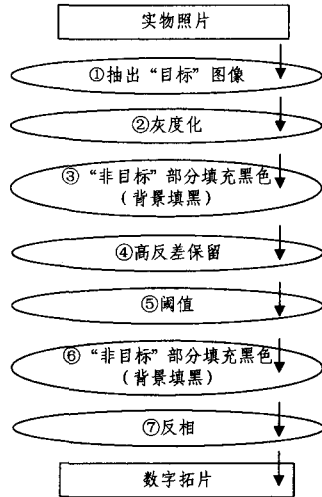


图 5 制作浮雕图像“数字拓片”的基本流程

3.2 “数字拓片”的实现方法及相关参数设置

在建立数字拓片基本流程的实验中,除了需要选择恰当的图像处理技术外,还应当特别重视所采用操作理想参数值的选取。流程相同、参数值不同,“数字拓片”图像的效果也会有明显差异。其中,“高反差保留”与“阈值”环节影响最为突出。下面我们将对数字拓片 6 种操作的工作原理及相关参数选择作逐一分析。

(1) 抽出操作

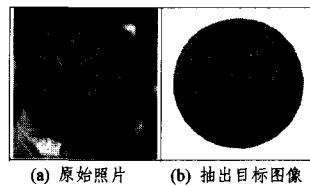


图 6 抽出操作前后效果比较

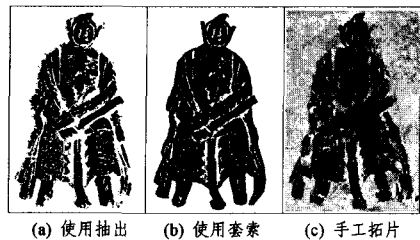


图 7 分别使用抽出与套索工具所得数字拓片图像比较

由于拍摄的浮雕物照片会有一些不必要的背景图像,因此我们在制作数字拓片时需要将感兴趣的目标图像从背景中提取出来。Photoshop 中的抽出操作即能完成这项任务。它也属于图像的分割,只不过这种分割更多体现的是图像的几何分割。在 photoshop 中,能够完成类似任务的操作还有套索工具、魔棒工具、橡皮擦工具等等,然而就数字拓片而言,抽

出操作比其他操作更具优势,它能使被处理图像的边缘效果更自然,最终获得与手工拓片最相似的数字拓片。

(2) 灰度化操作

传统拓片艺术以墨拓形式为主(仅少部分为色拓),是只有黑白灰明暗深浅区分的单色图,并非是有着多样色彩的彩色图。利用计算机图像处理技术将浮雕物的彩色图像制作成数字拓片,则需要首先将彩色图像转化为灰度图像,即图像的灰度化。灰度图像如同黑白照片,仅有亮度信息而无色彩信息,是由 256 个等级的灰色组成的 8 位图像,亮度取值范围为 0~255 之间的整数值,0 表示最暗(全黑),255 表示最亮(全白)^[1]。

在 photoshop 中,图像的灰度化处理也可将彩色图像中的红绿蓝三个颜色通道按照不同的比例转化为只有一个黑色通道的灰度图像,通常取红色值为 30%,绿色值为 59%,而蓝色值仅为 11%,具体公式表示如下^[2,3]:

$$gray = 0.30 \times R + 0.59 \times G + 0.11 \times B$$

式中,gray 代表灰度值,R,G,B 分别代表红色、绿色和蓝色的分量值,且这三个分量的取值完全相等。

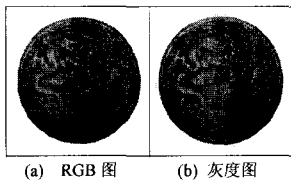


图 8 灰度化操作前后效果比较

(3) 背景填黑操作

背景填黑是指对非目标部分进行黑色填充。数字拓片流程包含 2 次背景填黑操作,然而它们分别有着不同的目的和意义。第一次背景填黑是在高反差保留操作前进行,其目的是让数字拓片图像的边缘获得较为理想的轮廓线效果,使数字拓片在图像效果上与手工拓片更相似。图 9(a-1)(b-1)是未经背景填黑操作的数字拓片,目标图像的边缘不明确,呈虚化状态;图 9(a-2)(b-2)是经背景填黑操作后的数字拓片,目标图像边缘明确,获得了与手工拓片十分相似的富有变化的黑色轮廓效果;第二次背景填黑是在阈值操作后、反相操作前进行,其目的是为了反相后的数字拓片获得与手工拓片相同效果的白色背景(图 14)。

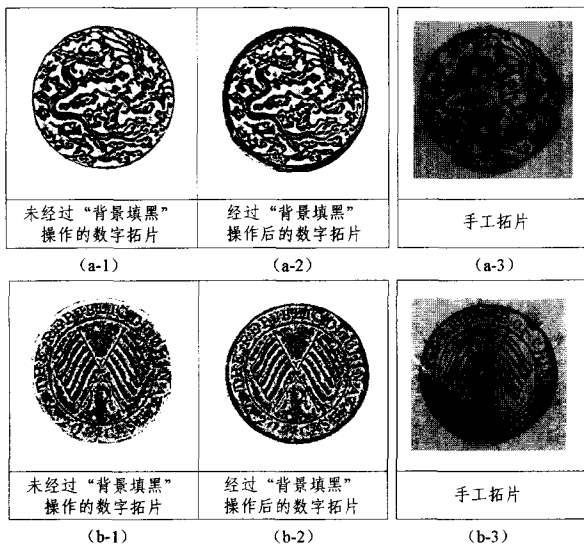


图 9 背景填黑与否及数字拓片效果比较

(4) 高反差保留操作

高反差保留操作(High Pass)是 photoshop 中较为独特的一种滤镜。它不是直接使图像形成某种特殊效果,而是图像在被正式处理前以辅助形式帮助图像获得更为理想的效果。在对浮雕物拍摄时,由于不可避免地会存在一定的光照不均现象,会成为浮雕图像中干扰因素直接影响数字拓片的图像效果。高反差保留操作恰好能按照预先设定的像素半径范围,衰减图像中颜色变化平缓的部分,保留图像中颜色变化强烈的部分,从而消除不必要的阴影,获得突出的亮点^[4,5]。在对浮雕灰度图作阈值操作前进行高反差保留操作,能更好地保证从具有连续色调的浮雕灰度图中提取出鲜明的黑白区域,从而使数字拓片达到更理想的效果(图 10,图 11)。

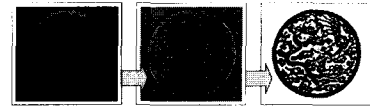


图 10 经高反差保留处理制作数字拓片

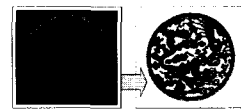


图 11 未经高反差保留处理制作数字拓片

在高反差保留中,像素半径的取值范围在 0.1~250 之间,设定不同的像素半径参数,将直接影响数字拓片图像的最后效果。图 12 中,像素半径值设定越大,像素对比越明显,图像明暗反差就越强烈,相反,像素半径值设定越小,像素变化越平缓,图像明暗反差就越弱;通过与手工拓片进行比较,我们发现当像素半径取值为 30 时,得到的“数字拓片”保留的图像信息与手工拓片效果最相近。因此,我们将制作数字拓片过程中高反差保留的半径值确定在 30。

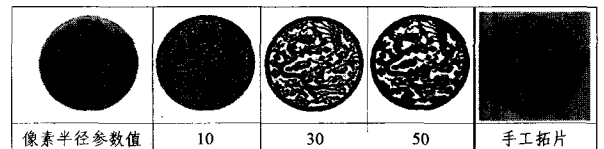


图 12 高反差保留取不同值得到的数字拓片图像效果比较

(5) 阈值操作

在 photoshop 中,图像的阈值操作即二值化处理。通过适当的阈值选择可以将具有连续色调的图像转换成单纯的黑白效果^[6]。黑白色的分布遵循下面原则:在 0~255 灰度值范围内设定一个门限作为阈值,所有灰度大于或等于阈值的像素被归为一个层次,如灰度值设置为 255,该区域的像素全部变成白色;所有小于阈值的像素被归为另一个层次;若灰度值设置为 0,则该层次的全部像素变成黑色。在良好光照条件下拍摄的浮雕物图像,能比较客观地反映浮雕物的表面状况。对于无色彩差异和明暗差异的单色浮雕图像来说,浮雕图像的灰度变化主要取决于表面的凹凸起伏变化。通常凹凸起伏变化越小,阴影越弱,该区域灰度差异就越小;相反,凹凸起伏变化越大,阴影越明显,该区域灰度差异也越大,有的甚至发生灰度突变。若干细微的凸凹变化会产生出若干细微的明暗灰阶。由于拓片制作工艺的特殊性,决定了拓片图像的黑白分布与浮雕表面凹凸起伏的变化密切相关。一般情况下,浮雕物凸起部位因接触捶拓的几率及次数较多,致使拓片上对应部位的墨色相对较深;相反,浮雕物凹陷部位因接触捶拓的

几率及次数较少,拓片上对应部位的墨色也就较浅,甚至有的部位由于触及不到墨色而呈现出白纸的本来面貌。浮雕高低突变剧烈的地方往往成为拓片图像黑白对比鲜明之处。拓片以平面方式提炼、记录下浮雕物表面最突出的图像形状和结构等造型信息,滤掉了诸如色彩、光影等信息的干扰,从而获得了单纯而强烈的黑白图像;阈值处理同样是提炼出极度跳变性的单纯黑白图像,二者的原理都与高低凹凸起伏相关,所不同的是两种图像的黑白分布规律正好相反。浮雕表面凸起处,受光相对较多,图像的像素越亮;而拓片图像中的白色则常常代表浮雕凹陷处而非凸起部位。正因为如此,才需要下一步的反相操作。

灰度阈值变换可以通过下面的函数表达式^[7]来实现:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < T \\ 255 & x \geq T \end{cases}$$

其中 T 为指定的阈值。通过该公式,可以很容易地划分出图像有代表性部分的黑白区域。

在阈值操作中,不同参数的设置对数字拓片图像效果的影响较大。图 13 为阈值色阶取不同值时得到的数字拓片图像效果比较。如图所示,当阈值设定越大,像素变成白色的区域就越大,图像就越亮;相反,当阈值设定越小,像素变成黑色的区域就越大,图像就越暗。通过与手工拓片进行比较,我们发现当阈值取值为 128 时,得到的“数字拓片”图像与手工拓片效果最相似。因此,我们将阈值色阶确定在 128。

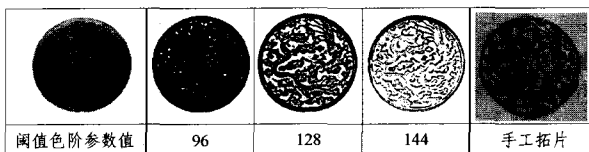


图 13 阈值色阶取不同值得到的数字拓片图像效果比较

(6) 反相操作

所谓“反相”是指反转图像中的黑白度,即将图像中每个像素的亮度值转换为 256 级黑白度值范围内与之对应的相反值。例如,图像中值为 255 的像素会被转换为与之相反的值 0,值为 5 的像素会被转换为与之相反的值 250。这是数字拓片的最后一个流程。如前所述,阈值处理后的图像与拓片图像在黑白分布上刚好相反,因此,必须对像素进行反相操作,才能获得最终的数字拓片图像。

待处理像素的反相灰度值的计算:

像素的反相灰度值 = 255 - 像素的当前灰度值

由于经过阈值处理后的图像已经是只有黑白二色的二值图像,故此时的反相则较为简单,即图像中值为 1 的像素转换成 0,值为 0 的像素则转换成 1。

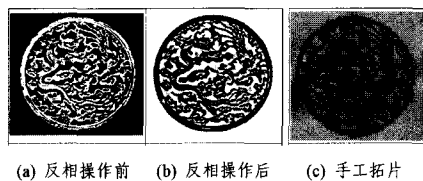


图 14 反相操作前后的数字拓片效果比较

4 实验结果分析

4.1 实验验证

我们按照以上实验确定的流程制作了泸县石刻小模型照片的数字拓片,并与其手工拓片进行比较,结果比较满意(图 15(a))。按此方法制作其它浮雕物的数字拓片,并与其手工

拓片进行比较,结果也比较满意。其中,高浮雕物的数字拓片图像比较清晰,还较好地解决了手工拓片的变形问题(图 15(b));而浅浮雕物数字拓片图像的噪音则相对较多(图 15(c))。此外,图 16 为我们制作的部分泸县浮雕石刻的数字拓片局部效果图。

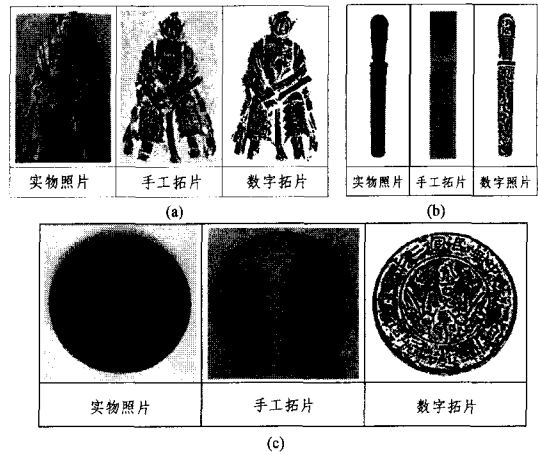


图 15 数字拓片与手工拓片的比较



图 16 制作的部分泸县石刻的数字拓片(局部)

4.2 “数字拓片”对原始图像的光照要求分析

在数字拓片研究过程中,进一步明确数字拓片技术的适用范围及其受制因素对完善该技术是极其必要的。除前面已经介绍的基本流程和参数值确定的实验外,我们还设计了以下几种实验课题:(1)测试“光照”因素的影响。同一实物,在不同方向的光照条件下所拍摄的“实物照片”用以制作“数字拓片”的实验;(2)测试“反光”因素的影响。有反光实物与无反光实物的“实物照片”分别生成“数字拓片”的实验;(3)测试“色差”因素的影响。彩色石刻和单色石刻的“实物照片”分别制作“数字拓片”的实验等等。

下面,我们选择实验 1 光照因素的测试及其得出的初步结论如下:

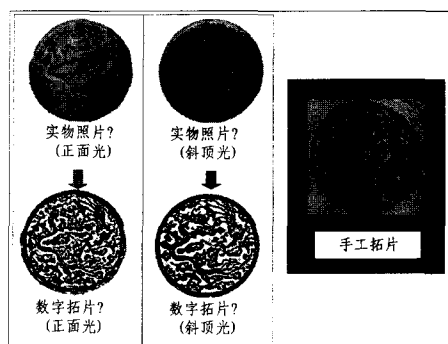


图 17 不同光照拍摄浮雕图像的“数字拓片”比较

(1)实验设计:将同一个实物(印泥盒盖),置于不同光源条件下进行拍摄,得到具有不同光感效果的 2 幅图像(如图 17:实物照片①②);然后用 Photoshop 图像处理软件,分别将它们按相同的方法与步骤制成“数字拓片”;并对 2 幅新生成

的“数字拓片”图像效果加以比较(注:整个“数字拓片”的制作过程,是严格参照该印泥盒“手工拓片”进行的)。

(2)实验分析:即使是同一实物,由于处在不同光线情况下进行拍摄,所得的图像效果有着明显的差异,将它们按相同方法与步骤进行图像处理得到对应的“数字拓片”,其图像结果也存在差异。具体表现为:受正面光照射,“实物照片①”中图底(“龙”为图,非“龙”部分为底)的反光比“实物照片②”更加明显,所得到的“数字拓片①”空底部分的斑点就更多。这些斑点对主体(龙)的图像造成一定的干扰,不利于主体图像形成鲜明、直观的视觉效果。相比较而言,实物照片②由于斜顶光的因素,图与底的明暗反差强烈,“龙”形突出,所得“数字拓片②”空底部分的干扰斑点几乎没有,主体图像鲜明。

在良好光线(没有反光)下拍摄得到的“实物照片”,经过photoshop图像处理软件处理后,能够获得与“手工拓片”十分相似的图像效果。

(3)实验初步证明:光线因素对数字拓片的生成影响很大。如果实物表面呈现反光越多,就越不利于生成理想质量的“数字拓片”。因此,若希望生成理想质量的“数字拓片”,就必须使待转换的实物图像尽量满足“没有反光”的拍摄条件。

结束语 本文提出了一种用浮雕实物数字照片来制作“数字拓片”的图像处理方法,它将先进的计算机技术应用到中国传统艺术领域中的探索与思考,不仅能促进艺术领域的

发展,而且对计算机技术的拓展有着积极作用。在“数字拓片”技术的研究过程中,为了确保“数字拓片”的可信度,我们采用了样本比对方法;在采集“比对样本”时,充分发挥了艺术专业的学科优势,严格按照传统拓片制作流程及方法,手工拓制了浮雕物的拓片。实验结果表明,采用该方法制作数字拓片的标准化研究方面是行之有效的;但如何实现拓片的风格化和个性化方面,使“数字拓片”增添更丰富的艺术效果将是今后进一步努力的方向。

参考文献

- [1] 关文涛. 选择的艺术: Photoshop CS 图像处理深度剖析. 人民邮电出版社, 2005
- [2] 向世明. Visual C++ 数字图像与图形处理. 北京: 电子工业出版社, 2002
- [3] 李雅梅, 吴中福. 基于形态学变换等技术的川南石刻图像预处理方法研究. 计算机科学, 2008(3): 296-299
- [4] Kloskowski M. Photoshop CS2 从入门到精通. 魏海萍, 韩滨, 于晓菲, 译. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [5] Brauml T. 并行图像处理. 李俊山, 李新社, 焦康, 译. 西安: 西安交通大学出版社, 2003
- [6] 求是科技. Visual C++ 数字图像处理典型算法实现. 人民邮电出版社, 2006
- [7] 蒋先刚. 基于 Delphi 的数字图像处理工程软件设计. 中国水利水电出版社, 2006

(上接第 191 页)

据在所有数据中占到了 99%, 符合了检测算法中正常数据的数目要远多于入侵数据数目的假设。

5.2 测试结果与分析

入侵检测系统的检测效果主要取决于两个指标, 即检测率和误报率。检测率是指被检测出的异常数据样本数占异常样本总数的百分比。误报率则是正常样本被误报为异常的样本数占正常样本总数的百分比。实验结果如表 1 所示。

表 1 基于核的自适应聚类算法对入侵的检测情况

样本集	检测率(%)	误报率(%)
第一组测试数据	98.81	0.91
第二组测试数据	99.06	0.75
第三组测试数据	99.37	0.48
第四组测试数据	99.14	0.60
第五组测试数据	99.25	0.72
测试数据总集	99.12	0.69

从表 1 可以看出, 系统总检测率达到 99.12%, 误报率仅为 0.69%, 这表明将基于核的自适应 k-medoid 聚类算法引入到入侵检测中是成功的, 系统具有较高的检测率和较低的误报率。

用 k-medoid 聚类算法和基于核的自适应聚类算法对同样的测试数据集进行检测试验, 得到图 1 所示的比较曲线。

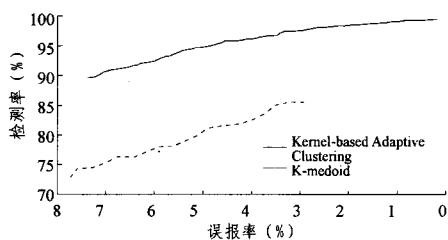


图 1 K-medoid 和基于核的自适应聚类算法入侵检测结果曲线

从图 1 所示的曲线可以反映出, 基于核的自适应聚类算法的性能远优于 k-medoid 聚类, 其稳定性和可靠性也明显好于 k-medoid 方法。

结束语 本文提出了一种新的高维数据聚类方法, 即基于核的自适应 k-medoid 算法, 这种算法可以有效地对海量数据集进行聚类。随着网络安全问题的日益突出, 入侵检测作为网络安全研究的重要内容, 也愈来愈多地受到人们的关注。在提出基于核的自适应 k-medoid 算法之后, 将其引入到入侵检测系统中, 测试实验结果表明, 运用该算法得到了较高的检测率和较低的误报率, 同时在与 k-medoid 聚类算法的比较试验中, 证实了该算法具有较好的稳定性和可靠性。

参考文献

- [1] Fred A L. A new cluster isolation criterion based dissimilarity increments[J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(6): 68-78
- [2] 张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. 自动化学报, 2001, 26(1): 32-42
- [3] 饶鲜, 等. 基于支持向量机的入侵检测系统[J]. 软件学报, 2003, 14(4): 798-803
- [4] Eskin E, Arnold A, et al. Geometric Framework for Unsupervised Anomaly Detection; Detection Intrusions in Unlabeled Data. Data Mining for Security Applications(DMSA-2002), Kluwer, 2002
- [5] Han Jiawei, Kamper M. Data Mining: Concepts and techniques [M]. Morgan Kaufmann Publisher, 2000: 9-10
- [6] Scholkopf B. Statistical learning and kernel methods[Z]. MSR-TR2000-23. Microsoft Research, 2000
- [7] Scholkopf B, Mika S, Burges C, et al. Input space versus feature space in kernel-based method[J]. IEEE Tran. on Neural Networks, 1999, 10(5): 1000-1017
- [8] Scholkopf B, Platt J C, et al. Estimating the support of a high-dimensional distribution[J]. Neural Computation, 2001, 13(7): 1443-1471