

一种自动提取中国书画作品中印章图像的方法

鲍泓 娄海涛

(北京联合大学信息技术研究所 北京 100101)

摘要 在分析了中国书画印章图像特点的基础上,针对基于内容的书画作品图像检索领域中存在的“语义鸿沟”问题,提出了一种自动提取中国书画作品中印章图像的方法,并设计实现了该算法。通过对提取效果进行分析,证明该方法有较高提取率,这对书画作品中图像语义和特定图像鉴别的研究有重要意义。

关键词 印章,颜色空间,图像分割,图像语义

中图分类号 TP753 **文献标识码** A

Method for Extracting Chinese Seal Image in Chinese Painting and Calligraphy Automatically

BAO Hong LOU Hai-tao

(Institute of Information Technology, Beijing Union University, Beijing 100101, China)

Abstract The purpose of this disquisition is based on analysis image character about seal of hinese paintings and calligraphy, aimed at problem of “semantic gap” in the domain of content-based image retrieval about chinese painting and calligraphy, proposed a method for extracting Chinese seal image in Chinese painting and calligraphy automatically, designed and realized the algorithm. Analysis on the result of extraction proves the method has a high extraction rate. It has important significance to image semantics of Chinese paintings and calligraphy and identified and researched on the special image.

Keywords Chinese seal, Color space, Image segmentation, Image semantics

1 引言

在文物数字化领域,随着计算机技术在文物保护、开发和推广等方面的应用,数字文物图像的数量爆炸式地增加。利用基于内容的图像检索技术^[1](CBIR, Content-Based Image Retrieval)实现文物图像的检索和鉴别成为一个研究的热点。

但是由于“语义鸿沟”^[2,3]的存在,使得基于内容的图像检索技术的应用受到很大限制,尤其在书画作品的图像检索方面更为突出。单纯利用低层视觉特征进行检索很难达到良好效果。目前,比较一致的观点认为,可以通过提取图像中特定对象的高层语义特征,实现有语义辅助的基于内容的图像检索。通过对中国书画作品本身的研究发现,其主要由3部分组成:作品的主体部分、题跋和印章。其中印章图像因包含了大量的关于作者的语义信息,而具有更高的利用价值。那么如何从一幅书画作品中自动地提取印章图像并加以识别,获取语义,就成为解决问题的关键。

本文结合书画印章的特点提出了一种自动提取中国书画作品中印章图像的方法。利用该方法可以实现对一幅书画作品中的全部印章图像进行自动提取,且效果较好。

2 书画作品中印章的特点分析

2.1 印章与印章图像

中国印章的历史可上溯到殷商,且种类很多。本文所述“印章”,专指中国书画作品中的印章^[4],主要分为书画家本人所用印章和收藏家所钤收藏印章两种。书画家在完成作品后,除了署上名款以外还要加钤印章,以表示自己所作。由于印章质地比较坚固,一方印章可以使用若干年,甚至一生。因此,用印章图像来辨真伪,是有相当根据的。

考虑到印章一般由金石材料雕刻而成;然后将其底面(即“印面”)打磨平整;再在印面上雕刻文字或图案,即所谓“印文”;使用时,利用印泥将印文图案钤盖于书画作品之上,产生印章图像。印章图像的颜色即为印泥的颜色,通常呈现红色。印章图像有阴阳之分。阳文印是没有底色的,字体为红色,即印泥颜色;而阴文印底色为印泥颜色,字体是空白,即背景颜色。

2.2 印章图像的形态变化

印章作为一幅书画作品的重要组成部分,本身就具有重要艺术价值。其形状轮廓富于变化,文字演化过程复杂,且镌刻风格流派繁多。书画家往往为配合书画作品的意境或个人的情趣,在一幅作品中的不同位置钤盖一枚或数枚不同的印章。

考虑到印章须用印泥,印泥有厚薄,有干湿,有蜜印、水印、油印之分;印章钤盖位置的背景,钤盖的力度;以及书画作品所使用的纸张或绢帛种类和制造工艺的不同,装裱对各种

到稿日期:2008-06-30 本文受北京市教育委员会科技发展项目(图像语义自动标注研究)资助。

鲍泓(1958—),男,教授,研究方向为网络与分布式系统、数字图像处理等, E-mail: baohong@buu.com.cn; 娄海涛(1975—),男,硕士,讲师,研究方向为数字图像处理、计算机网络等。

纸张或绢帛伸缩延展变化的影响;再考虑到印泥新旧、纸绢的包浆(纸绢上的光泽)等因素,都会引起印章图像的变化。

综上所述,考虑到印章图像形态的诸多变化和不确定因素,要对中国书画作品中的印章图像进行精确提取是比较困难的。

3 印章图像提取方法

3.1 系统模型

对于一般中国书画作品中印章图像的提取,可以通过分析其低层视觉特征,得到印章图像在书画作品图像中的位置和区域信息,而后逐个提取。具体方法如下:

- (1)将基于 LAB 分量颜色分析的结果直接映射到 RGB 颜色空间,以滤除目标图像中的非红颜色信息;
- (2)对图像的剩余信息中包含的噪声进行处理;
- (3)对图像的剩余信息中非印章信息进行剔除;
- (4)图像分割提取印章。

印章图像提取系统流程图如图 1 所示。

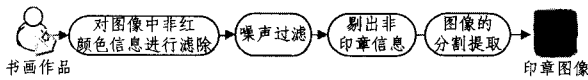


图 1 印章图像提取系统流程

3.2 对目标图像中非红颜色信息的滤除

计算机中对图像颜色的描述一般采用 RGB 颜色空间^[5]。RGB 颜色空间中虽然包含有 R 分量,但无法利用它对视觉感受中的“红”颜色进行过滤。

1976年,CIE为了解决颜色空间的感知一致性问题,确定了一个理论上包括了人眼可以看见的所有色彩的彩色模型,CIE 1976 L* a* b*,或者叫 CIE LAB^[6]。其中,+a* 表示红色,-a* 表示绿色,+b* 表示黄色,-b* 表示蓝色,颜色的明度由 L* 的百分数来表示。现在已为世界各国正式采纳,作为国际通用的测色标准。通过实验研究发现如果对 a*, b* 分量加以控制,可以实现对视感为红色的信息进行过滤。具体方法如下:

首先将用户提交的书画作品图像,进行颜色空间的转换。即借助 XYZ 颜色空间^[7],由 RGB 空间转换到 L* a* b* 颜色空间。

采用 ITU-R BT. 601 在光源 C^[8]下,由 RGB 颜色空间到 XYZ 颜色空间的转换关系为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.607 & 0.174 & 0.200 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.116 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中,X,Y,Z 和 R,G,B 分别为各自颜色空间中的对应颜色分量,再由 XYZ 转换到 L* a* b*,转换关系如式(2)所示:

$$L^* = \begin{cases} 166(Y/Y_n)^{1/3} - 16 & Y/Y_n > 0.008856 \\ 903.3(Y/Y_n) & Y/Y_n \leq 0.008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500(f(X/X_n) - f(Y/Y_n)) \quad (2)$$

$$b^* = 200(f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n))$$

其中,L*, a*, b* 为 L* a* b* 颜色空间中的各分量,f(t)如下:

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & Y/Y_n > 0.008856 \\ 7.787t + 16/116 & Y/Y_n \leq 0.008856 \end{cases}$$

根据中国书画作品中印章图像的一般视感特性,结合 L* a* b* 颜色空间的颜色分布原理,设阈值 a,b,其中:对 a*

颜色通道,设阈值 $a \geq 0$;对 b* 颜色通道,设阈值 $|b| \leq 120$ 。如果某一像素在 a* 或 b* 颜色通道中不同时满足给定阈值,则被剔出。然后,将过滤后的结果向 RGB 颜色空间映射。

3.3 对图像剩余信息中包含的噪声进行处理

利用 3.2 节中所述方法对视感为红色的信息进行过滤后,剩余图像中一般都包含有大量的噪声。通过实验比较发现中值滤波^[9]对利用上述方法处理后的图像中的噪声过滤效果比较理想。同时也能够较好的维持印章图像的基本信息。图 2 所示为各种常见滤波算法对印章图像的处理效果。

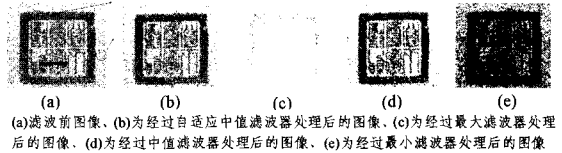


图 2 常见滤波算法对印章图像的处理

3.4 对图像剩余信息中非印章信息进行剔除

针对滤除了非红颜色邻长上援下推的图像剩余部分,可以利用以下步骤剔除非印章信息:

- (1)采用基于几何区域的二次分割和过滤的方法,剔除低密度颜色信息;
- (2)采用基于连通区域^[10]的图像过滤方法,剔除剩余图像中所占面积远大于或小于印章可能范围的图像信息;
- (3)对剩余图像进行边缘提取^[11];
- (4)再次采用步骤(1),剔除高密度颜色信息。

其中,采用基于几何区域的二次分割和过滤的方法是这一部分的关键。其具体过程如下:

首先将整幅图像按设定步长值划分为若干矩形区域,然后对各个区域分别计算颜色均值(即,颜色密度),实验表明密度值小于某一特定值的区域不可能包含有印章信息。为避免划分区域时将可能包含有印章的区域分割开来,造成信息丢失,对原图进行二次区域划分。第二次的划分以首次划分的区域交叉点作为矩形区域的中心。例如,将图像划分为 3×3 区域,则两次几何区域划分的效果如图 3 所示,图(b)为图(a)中第一次划分的区域(阴影部分)和第二次划分的区域之间的关系。

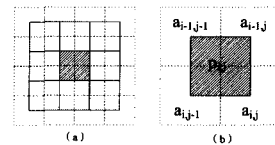


图 3 两次几何区域划分的效果

其中,p,a 分别对应两次几何区域划分中的图像区域。i,j 为相应区域的横纵坐标。

对上述两次划分所获图像全部区域中分别计算颜色密度值,并作如下处理:

- (1)设二维矩阵 M,其元素与第一次几何区域划分的区域在二维空间中一一对应;
- (2)当 $p_{i,j}$ 中的颜色密度大于给定的阈值时,M 中对应元素 $M(i,j)$ 为 1(真),否则为 0(假);
- (3)如果 $a_{i-1,j-1}, a_{i-1,j}, a_{i,j-1}, a_{i,j}$ 中任意一个的颜色密度大于阈值,即为 1(真),则 $p_{i,j}$ 对应的矩阵元素 $M(i,j)$ 为 1

(真),反之 $M(i, j)$ 不变。

(4) 如果 $M(i, j)$ 为 0, 则对应删除 $p_{i, j}$ 中的全部像素。

采用基于几何区域的二次分割和过滤的方法能够通过判断颜色分布密度将显然不可能包含有印章信息的低密度红色区域中的图像删除, 并使得被保留下来的有用信息区域孤立。这为下一步进行连通性的判断提供了前提条件。

另外, 印章图像是由金石雕刻, 并以印泥拓印而成, 其结构特征明显异于书画作品的其它部分。在步骤(3)中, 利用印章和印章图像本身的结构特点, 通过边缘提取的方法将印章部分转化为相对的高密度区域, 而书画作品中的其它剩余区域则退化为密度相对较低的区域, 为再次采用步骤(1)提供基础。

3.5 图像分割提取印章

通过 3.2 节和 3.4 节中所述方法处理后, 书画作品的剩余图像中只包含有满足一般印章图像颜色和结构特征的图像区域。

由于这时书画作品中剩余图像信息与矩阵 M 存在对应关系, 因此, 可以较为容易地计算出 M 中被标识为印章的区域在对应图像中的位置。

考虑到计算机对图像文件的保存都采用矩形形式, 在对印章图像的提取时取 M 中被标识为印章区域的横、纵方向上的最大值(被标识为印章区域的形状不一定完整和规则)作为矩形区域的边长进行逐个提取。

4 实验结果分析

为验证上述提取方法, 并确定相应的阈值范围, 必须进行大量实验。为保证实验结论的普遍意义, 同时也是为了建立统一的评价标准, 我们在收集整理大量书画作品数字图像的基础上, 随机选择了其中的 150 幅作为样本, 并以 50 幅样本为一组, 共分为 3 组图像建立实验样本库。下面以一个具体样本为例, 对整个印章提取过程加以说明。

(1) 首先, 利用 3.2 节中所述方法对视感为红色的信息进行过滤, 如图 4 所示。为便于观察, 处理后的图像特意添加了白色背景。

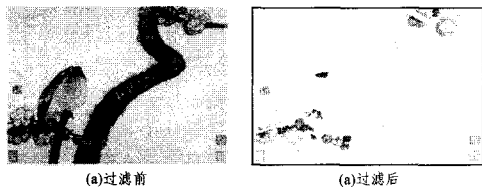


图 4 颜色过滤前后的效果

过滤后的图像中仅包含有视感为“红”色的信息, 但有大量的噪声, 需进行去噪声处理。

(2) 对经过噪声处理后的图像采用基于几何区域的二次分割和过滤的方法, 剔除低密度颜色信息后的效果如图 5 所示。颜色分布符合印章特点的信息被围成相对孤立的区域。

(3) 采用种子填充算法, 对图像进行连通性判断, 剔除剩余图像中所占面积远大于或小于印章可能范围的图像信息。效果如图 6 所示, 其中加亮的区域为被剔除区域。

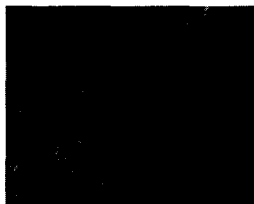


图 5 基于几何区域的二次分割和过滤后的图像



图 6 基于连通性的图像过滤效果和过滤后的图像

(4) 采用 canny 边缘检测算子对剩余图像进行边缘提取。如图 7 所示, 处理后印章区域转化为相对高密度部分, 而非印章区域则退化为低密度部分。

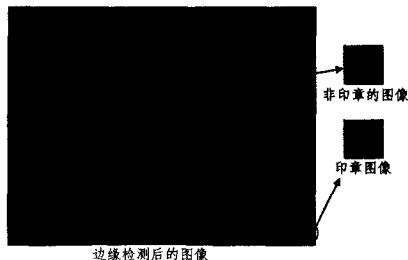


图 7 边缘检测后的图像

(5) 再次采用基于几何区域的二次分割和过滤的方法剔除低密度颜色信息后, 根据矩阵 M 与图像的空间对应关系, 在原图像上对印章标记区域进行提取, 提取到的图像如图 8 所示。



图 8 提取到的图像

为评价本文提出的自动提取方法, 对于提取率定义如下: 正确提取一枚印章图像, 计算成功一次; 提取非印章图像一次, 计算失败一次; 遗漏一枚印章, 计算失败一次, 则印章提取率(E):

$$E = S_m / (S_m + F_n) \times 100\% \quad (3)$$

其中, S_m 为提取成功次数, F_n 为提取失败次数。

通过基于上述方法建立的模型系统进行测试, 提取率(E)达到 80% 以上。

结束语 实验证明上述印章提取方法的可行性。该方法利用了图像的低层视觉特征, 依据印章图像固有的颜色和结构特点, 对目标(书画作品)图像进行逐级过滤, 最终将其中所包含的全部印章图像分割并提取出来。但从提取过程上看仍存在以下问题: 首先, 印章图像的结构特征利用得还不充分; 其次, 该印章提取算法对图像的精度要求较高, 影响效率。这些都是今后需要继续研究解决的问题。

参考文献

[1] Shanbehzadeh J, Eftekhari-Moghadam A-M, Mahmoudi F. Image Indexing and Retrieval Techniques: Past, Present and Next [J]//Proc. of SPIE: Storage and Retrieval for Multimedia Databases 2000. Vol. 3972, Jan, 2000: 461-470

(下转第 276 页)

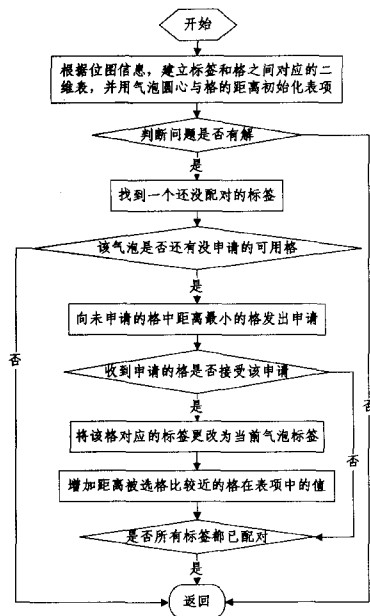


图9 stableMarriage 搜索流程图

4 贸易地图生成方案试验结果及性能评测

4.1 标签位置调整效果对比

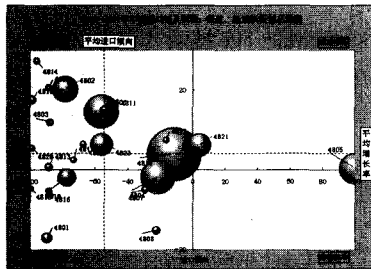


图10 进口贸易地图调整前的第四章四位码图

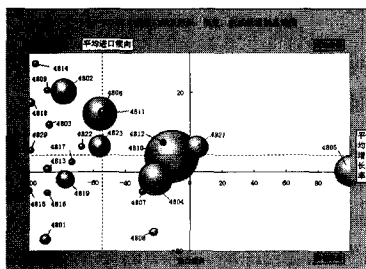


图11 进口贸易地图调整后的第四章四位码图

从图 10 可知,图中很多标签和其他的图元有重叠现象,位置不合适,运行并行标签调整程序后,该图效果如图 11 所示。

从图 11 可知,所有气泡的标签都被调整开了,没有标签和其它图元重叠现象,指示清晰、美观。

4.2 性能评测

贸易地图产品标签调整并行处理方案性能评测的主要内容是:测加速比和并行效率。并行算法加速比定义为: $S_P = T_S / T_P$,其中 T_S 为最佳串行算法在单处理机上的运行时间; T_P 为并行算法在并行机上使用 P 台处理机所需时间。相应并行效率定义为: $E_P = S_P / P$,其中 P 为处理器数。

本方案在测试时,保证了任务规模,机器硬件配置以及其它环境相同。调整 103 张出口产品贸易地图的标签,测试数据如表 1 所列。

表 1 并行方案性能测试表

	CPU(个)	时间 s	S_P	E_P
串行	1	254.2	1	1
并行	4	82.8	3.069	0.767
	8	44.3	5.738	0.717

从表 1 可知,并行计算随着节点数的增加完成整个作业的时间明显缩短,但由于网络存在通信和延时的问题,造成相应的加速比值低于理想状态,以及并行效率的下降。

结束语 在并行方案的设计过程中,从绘图区分区、划分网格、建立位图到搜索算法,在理论和实际上进行了验证,这种方法可以在类似的图元自动标注问题上得到应用和推广。从总体实现效果上看,该贸易地图气泡标签并行计算方案的设计目的已经达到:解决了标签自动放置的无遮挡分布问题,缩短了贸易地图生成时间,提高了效率。

参考文献

- [1] 陈泽星. 中国贸易地图(2006). 社会科学文献出版社,2006
- [2] 都志辉,李三立. 高性能计算并行编程技术-MPI 并行程序设计. 清华大学出版社,2001
- [3] 邵飞,邸瑞华. 贸易地图生成软件并行处理方案的研究与实现. 计算机科学,2008,35(3):267-270
- [4] 王建. 并行最优化算法与软件设计及数值软件移植[D]. 中国科学院研究生院(软件研究所),2005
- [5] Gusfield D, Irving R. The stable marriage problem: Structure and algorithms. The MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1989

(上接第 252 页)

- [2] Bimbo A. Visual Information Retrieval[M]. San Francisco, CA, USA; Morgan Kaufmann Publishers, 1999
- [3] Zhao R, Grosky W I. Narrowing the semantic gap - improved text-based Web document retrieval using visual features [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2002, 4(2): 189-200
- [4] 徐银森. 篆刻艺术技法新编. 浙江人民美术出版社, 2002: 68-85
- [5] Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing Second Edition. Prentice Hall, 2002: 289
- [6] Chamberlin G J, Chamberlin D G. Colour: Its Measurement, Computation and Application. Heyden & Son Ltd, CIE 1960 and 1976 formulas, 1980: 60-61

- [7] Fortner B, Meyer T E. Number by Colors: A Guide to Using Color to Understand Technical Data. Excellent introduction to color, Springer-Verlag, 1997
- [8] Wyszecki, Günter, Stiles W S. Color Science -- Concepts and Methods, Quantitative Data and Formula. John Wiley, 1982: 139
- [9] Woods R E, Eddins S L. Digital Image Processing Using MATLAB. Prentice Hall, 2004
- [10] Hearn D, Baher M P. 计算机图形学. 蔡士杰, 吴春镛, 孙正兴, 等译. 电子工业出版社, 1998: 81-85
- [11] Gonzalez R C, Woods R E. Digital Image Processing Second Edition. 6. 2Color Models, p. 567; 10Image Segmentation, Prentice Hall, 2002: 289