

一种基于曲线匹配的印鉴图像自动检索方法¹⁾

宋 勇

(北京大学信息科学中心,北京,100871)

刘 宏

(北京大学视觉与听觉信息处理国家重点实验室,北京,100871)

摘 要 从汉字笔划横平竖直这一特点出发,提出了汉字图像中适合于印鉴图像检索的两种特征:汉字的外边缘轮廓和汉字的投影密度。进而用函数曲线对这两种特征进行量化描述,将对汉字的匹配归结为对函数曲线的匹配。最后通过实验验证了这两种特征的稳定性以及基于这两种特征的曲线匹配方法的有效性。

关键词 印章;图像检索;汉字特征;曲线匹配

中图分类号 O 235

0 引 言

一般来说,印鉴图像的形状比较规整,整体变形很小,其中的汉字信息也接近于印刷体。但实际的印鉴图像常受到加盖模糊和图文背景的干扰,有时甚至比较严重。因此,寻找抗干扰能力较强的图像特征便成为了印鉴检索任务的关键。

印鉴的一对一真伪鉴别是一个典型的模式识别应用问题。日本和韩国学者率先开展了这方面的研究工作,近年来国内学者在印鉴图像真伪判别方面也取得了很大进展。Fan和Tsaf^[1]根据印鉴笔划的拓扑结构具有的相对稳定性,提出基于细化后骨架结构的识别方法。Lee和Kin^[2]引入笔划特征图ASG,把关系图和几何位置结合起来进行判决,该方法突破了对印鉴形状和拓扑结构完整性的限制。胡庆和杨静宇等^[3,4]从知识工程的角度出发,引入差图像的概念,并结合统计和结构模式识别的方法,提出一种基于多特征的鉴别方法。高文等^[5]在考虑印鉴中笔锋、笔划粗细及笔划相对位置等特征的基础上,提出了一种基于边缘匹配的鉴别方法,利用边缘点的距离作为识别特征。这些都是关于印鉴一对一鉴别的方法。

现在进一步的问题是:在实用上,如何摆脱对人工输入ID号这一过程的依赖,以实现印鉴自动鉴别处理过程的全自动化?也就是需要解决基于印鉴图像内容的自动检索问题。提及到检索,匹配速度便成为了实用的关键,需要找到简单而适应性强的特征,这一点与一对一真伪鉴别有很大不同。由于实际当中许多印章加盖的并不是很清晰,因而对汉字笔划的精确分析^[5]有时就会显得难以奏效。通过对大量印鉴中汉字图像的观察分析与具体实验,本文选择

1) 国家973项目(G199803606)资助课题。

收稿日期:2003-01-10;修回日期:2003-04-14

了两种相对稳定的特征:汉字的外边缘轮廓和汉字的方向投影密度。并引入了函数曲线的概念,介绍了一种基于曲线匹配的高效率的印鉴自动检索方法。

1 印章整体结构分析

现在的公章以圆形的外轮廓为多,而公章的鉴别比私人私章的鉴别更具有实用价值,因而

本文重点讨论解决圆形公章的自动检索问题。这里首先来对印章的整体结构进行分析处理,提取出文字部分。下面只做大体的论述,具体细节可参考文献[6]。

图 1 给出了整体处理过程:(a)给出了一枚实验用章的原始图像。经过灰度拉伸处理,得到(b)所示的增强图像。首先用统计的方法找到印鉴前景圆形外轮廓的中心,然后将圆形的印鉴前景图像用线性插值法沿径向分割展开成(c)所示的一个矩形图像,进而分离出(d)所示的主文字区域部分。最后再对文字串进行分割,得到每个文字的图像。



图 1 印章整体结构分析

Fig.1 Whole structure analysis of seal image

2 汉字特征分析

汉字是由一个个笔划所构成的,笔划中有大量的横与竖。横平竖直是汉字笔划的一大特点,这一特点在接近于印刷体的印章汉字中得到了充分的体现。本文所介绍的汉字的曲线匹配方法就是以汉字的这一基本特点为基础的。下面介绍汉字中适合于印鉴图像检索的两种特征。

首先定义一个函数曲线的概念。这里的函数与数学中的单值函数概念类似,指在每一个定义处都有且只有一个取值。不过这里加了些限制,定义域与值域都是离散的整数。为讨论方便起见,规定函数可以取极大值,用 MAX 表示,以表达取值特殊的部分。函数曲线当然就是指函数在二维平面直角坐标系中对应的函数图像。

2.1 汉字的边缘轮廓

仔细观察汉字的边缘部分,就会发现在笔划的起始与终结位置以及笔划的交界处都有很强的起伏特点,称之为“突变”。可以将这种突变理解为边界坐标位置变化速度的极点。汉字笔划横平竖直的特点就决定了这种突变信息在汉字中的广泛分布。这些大量的突变(包括它们的个数和位置)就包含了区别于其他汉字的丰富的信息。

考虑上下左右 4 个方向,每个方向上前景点中最靠近整个图像外边界的点形成了一条边缘轮廓线。图 2 的(a)给出了一个汉字的左边缘轮廓线。观察该边缘轮廓线的突变信息,其中

3 处是“横平”引起的, 1 处是在笔划的端点处, 再有上下边界各一处, 共 6 处突变。可以将边缘轮廓线看作是对应方向上的一条函数曲线, 函数值是边缘轮廓线上的点到对应方向的整个图像外边界的距离, 称为边缘轮廓函数曲线。详细定义如下:

记图像宽高参数分别为 W, H 。定义一个函数 $RimL$, 其定义域为 $\{0, 1, \dots, H-1\}$, 值域为 $\{0, 1, \dots, W-1, MAX\}$, 对定义域中的每一个 i , 如果图像的第 i 行没有前景点, 则定义 $RimL(i) = MAX$, 否则定义 $RimL(i) = k$, 其中 k 为图像的第 i 行最左边的前景点的列号。这样定义出来的离散函数 $RimL$ 称为图像的左边缘轮廓函数, 其对应的离散函数图像称为左边缘轮廓函数曲线。同样的方法定义 $RimR, RimT, RimB$ 分别为右, 上, 下边缘轮廓函数以及它们所对应的右, 上, 下边缘轮廓函数曲线。

在实际的印鉴图像中, 由于受到干扰而造成模糊的地方多在汉字内部笔划密集精细处。而对于笔划稀疏的边缘部位一般是比较清晰的。所以边缘轮廓这个特征是应该给予高度重视的, 它对印鉴图像的加盖效果有很强的适应性。

2.2 汉字的方向投影密度

将汉字图像的每一行上前景像素的个数称为这一行的(水平方向)投影密度, 每一列上前景像素的个数称为这一列的(垂直方向)投影密度。图 2 的 (b) 给出了一个汉字在 6 个扫描行处的水平方向投影密度示意图。详细定义如下:

记图像宽高参数分别为 w, h 。定义一个函数 $MapH$, 其定义域为 $\{0, 1, \dots, h-1\}$, 值域为 $\{0, 1, \dots, w-1\}$, 对定义域中的每一个 i , 定义 $MapH(i) = c$, 其中 c 为图像的第 i 行前景像素的个数。这样定义出来的离散函数 $MapH$ 称为图像的水平方向投影密度函数, 其对应的离散函数图像称为水平方向投影密度函数曲线。同样的方法定义 $MapV$ 为垂直方向投影密度函数以及该函数对应的垂直方向投影密度函数曲线。

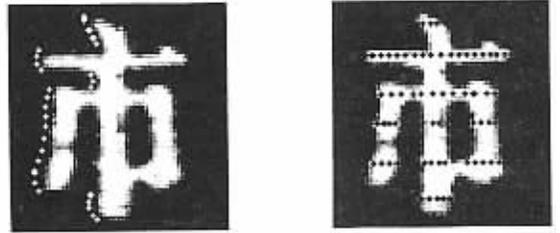
观察汉字图像, 在有横的地方其水平方向的投影密度大, 在有竖的地方其垂直方向的投影密度大。这也是汉字笔划横平竖直特点的表现。从而与汉字边缘轮廓类似, 方向投影密度也是有很多的“突变”。

方向投影密度是一个总体统计的结果, 所以其抗干扰能力是比较强的。汉字内部一些小的变化, 包括笔划的粘连等, 对这个结果不会产生太大的影响。因而该特征量在汉字图像中是比较稳定的, 有较强的抗噪能力。

综上所述, 可以得到一个汉字的 4 条(上、下、左、右)边缘轮廓函数曲线, 2 条(水平、垂直)方向投影密度函数曲线。这 6 条函数曲线就共同构成了对一个汉字图像特征的描述。

3 函数曲线分析

本文所提出的汉字图像的两类特征量对应的函数曲线形状大体上是很相似的, 而且有明显的特点: 整体上近似于“分段的常斜率线段”, 而各分段的交界处就是一个突变。边缘轮廓函数曲线在撇、捺之类的笔划处显示出斜率非 0 的短线段, 而在横竖处则显示出斜率为 0 的短线段



(a) 汉字的左边缘轮廓线 (b) 汉字的水平方向投影密度示意图

图 2 汉字特征示例

Fig.2 Chinese character features

段。投影密度函数曲线只表现出斜率为 0 的短线段。当然,这只是整体上大致的效果,实际当中应该考虑到干扰因素。图 3 给出了一条函数曲线的示例。

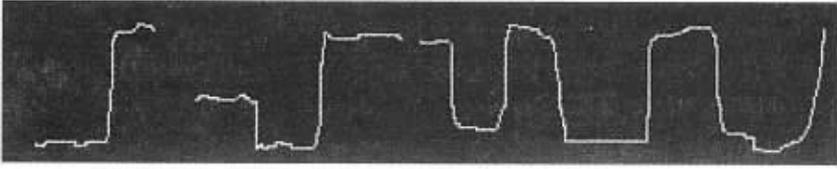


图 3 一条函数曲线示例

Fig.3 A functional curve

如何对两条不同的函数曲线进行比较,以得到它们的相似程度(也就是这两条曲线能够对应于同一个汉字的可能性)?求曲线的均方差是一种简单常用的办法。但事实上这种简单的做法会带来巨大的误差。由前面的分析,知道如上提出的汉字的两种函数曲线一般来说是有许多的‘突变’的。也正是由于曲线中这些突变的大量存在,才使得大量不同的汉字对应的曲线之间有很明显的区别。但是,突变处曲线之间的距离是不能够用简单的均方差来度量的。因而本文将曲线分为突变部分与平稳部分来分别对待。对于待匹配的两条曲线,首先分别找出它们的突变点集合。对这些突变点顺序进行匹配。在匹配的同时也就实现了曲线整体平移偏差的自动校准。然后再对平稳部分进行匹配。实际当中为简单起见,对平稳部分可以只保存其均值与平均变化斜率。这样可以大大加快匹配速度,而且特征的数据量也比较小。

3.1 突变部分的匹配

突变是指曲线变化很快的地方,以斜率的绝对值 $> T$ 为其标识(实验中取 $T=2$)。首先找出所有的 1 近邻突变(定义为两个相邻点的函数值之差 $> T$),然后将距离很近(实验中取相差 2 个像素)的 1 近邻突变进行合并,形成一个完整的突变。找到突变处的最大点与最小点的位置。它们代表在定义域上距离很近,但函数值相差很大的一对点。这对点形成了一个向量,本文形象地称其为“突变向量”。图 4 给出了一个函数曲线的突变向量组示例。突变向量是与曲线整体平移性质无关的。匹配时主要考虑向量的长度差,允许存在一定的误差。虽然曲线的整体平移量在匹配之前还不能确定,但还是知道这是一个很小的量。所以只对那些距离很近的向量进行匹配就可以了。注意整体偏移对所有将要进行匹配的向量产生相同的影响。如果匹配成功,这个整体的偏移量也就随之估计出来了。下面给出匹配的大体过程。

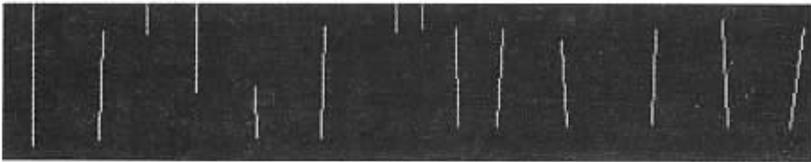


图 4 函数曲线的突变向量组

Fig.4 Vectors of functional curves

用 $v[n], w[m]$ 分别表示两个待匹配的突变向量组,分别用 p_1, p_2 表示。对每一个向量 v , 记号 $x_a(v), y_a(v)$ 分别表示向量 v 的中点的横纵坐标值。将允许的最大偏移误差记为

(MDX, MDY) 实验中取为(3, 5)。构造一个偏移误差的得分矩阵 s , 大小为 $(MDX * 2 + 1) * (MDY * 2 + 1)$, 下标值以 0 为中心。总分数 ss , 最终的匹配结果以总得分为依据。每匹配成功一个向量增加分数 SM(实验中取 100), 每匹配失败一个向量减少分数 SF(实验中取 40), 总的向量组匹配成功分数门限值设置为 SV(这个值在不同的需求下可能差别较大, 本实验取为 800), 匹配过程可描述为:

步骤 1 初始化得分矩阵 s 。初始化下标 $p_1 = 0, p_2 = 0$ 。初始化总得分 $ss = 0$ 。

步骤 2 如果 $p_1 < n$ 并且 $p_2 < m$ 则进行步骤 3 的循环处理, 否则循环结束转移到步骤 4。

步骤 3

记 $dx = x_1[v_1[p_1]] - x_2[v_2[p_2]], dy = y_1[v_1[p_1]] - y_2[v_2[p_2]]$

若 $dx > MDX$ 则 $p_2 = p_2 + 1, ss = ss - SF$ 返回步骤 2;

若 $dx < -MDX$ 则 $p_1 = p_1 + 1, ss = ss - SF$ 返回步骤 2;

若 $|dy| > MDY$ 或者 $v_1[p_1]$ 与 $v_2[p_2]$ 向量匹配不成功, 则分两种情况:

(1) 若 $dx \geq 0$ 则 $p_2 = p_2 + 1, ss = ss - SF$ 返回步骤 2;

(2) 若 $dx < 0$ 则 $p_1 = p_1 + 1, ss = ss - SF$ 返回步骤 2。

否则说明 $v_1[p_1]$ 与 $v_2[p_2]$ 向量匹配成功, 令 $s[dx][dy] = s[dx][dy] + SM, ss = ss + SM, p_1 = p_1 + 1, p_2 = p_2 + 1$ 返回步骤 2。

步骤 4 如果 $ss \geq SV$ 则匹配成功, 整体偏移向量为得分矩阵 s 的重心。

说明: 实际应用中也可以考虑不同情况下匹配得分增减的不同(可以把 SM 设置成一个变量, 甚至 SF 也可以设置为变量), 设计一个匹配得分表, 依据每一个突变处匹配结果的实际情况进行增减分数, 使得匹配的最终结果更加精确。汉字是一个整体, 共有 6 条这样的曲线描述, 对于这 6 条曲线的整体偏移的调整参数之间应该有一致性约束, 匹配时要特别注意这一点。

3.2 平稳部分的匹配

将整体偏移调整后的曲线的平稳部分进行匹配。过程很简单, 直接计算函数值的均方差, 作为平稳部分的匹配距离。距离越小, 相似程度越大。当然可以简单的直接比较区间段中的函数平均值与平均斜率, 加快匹配速度。

4 印章检索策略

对于一个印鉴自动鉴别系统, 数据库中有大量的标准印鉴, 其支持检索的特征在输入时已经提取好并保存在数据库中。在使用时, 对于待鉴别真伪的印章经扫描输入, 图像处理并提取特征后与库中的支持检索的特征逐个进行匹配比较, 迅速排除掉匹配不成功的, 而在匹配成功的小范围集合里面找到匹配得分最高的被视为标准印鉴, 并进行一对一的真伪鉴别, 从而实现了鉴别过程的全自动化。这里将检索匹配的过程分为 3 个级别, 逐步细化, 依实际情况每一级别的匹配过程都应允许一定的误差存在。如下所示:

(1) 印章整体结构匹配。利用印章半径大小, 五角星大小, 印鉴图像前景像素的个数(面积), 重心位置, 主文字区域的位置、重心、文字串的文字个数等进行筛选。

(2) 文字概要信息匹配。利用文字部分前景像素的个数(面积), 重心位置, 每个方向上的突变向量个数进行粗匹配。

(3) 汉字的函数曲线匹配。对汉字的 6 条函数曲线进行匹配。每条曲线先进行突变部分

匹配,然后再比较平稳部分。完成精细匹配。

5 实验与结论

为验证所述方法的有效性,本文设计了一个实验系统。采集了 200 多枚原始印鉴图像(其中特意选择了一些有图文干扰的印鉴图像),并通过数据模拟得到一个上千规模的印鉴图像数据库系统。在此数据集上进行测试,其检索匹配成功率在 99% 以上,没有出现误识。为评估算法的运行效率,本文选择了那些文字串长度大于 12 的印鉴图像在第 3 个级别上进行检索匹配测试,在配置为主频 700 MHz,内存 256 M 的 PC 机上,得到了每秒钟十万枚的匹配速度。具体使用中,因为多数的库存印鉴在第一二级匹配时就能够被淘汰掉了,因而实际的匹配速度可望更高。对于那些在第一、二级匹配没有被淘汰的印鉴图像(说明其整体上的形态结构与待匹配的印鉴有很大的相似之处,虽然所占比例小,但却是最难以区别开来的部分),应用本文的曲线匹配方法,准确而快速地检索出最相似的结果。本文所提出的方法适合大容量数据库的检索,很好地满足了对实时性要求很高的检索系统的需求。

参 考 文 献

- 1 Fan T J, Tsai W H. Automatic Chinese Seal Identification. *CVGIP*, 1984, 25(3): 311 ~ 330
- 2 Lee S, Kim J H. Unconstrained Seal Imprint Verification Using Attributed Stroke Graph Matching. *Pattern Recognition*, 1989, 22(6): 653 ~ 664
- 3 胡庆, 杨静宇, 张黔, 等. 基于知识的印鉴鉴别方法. *自动化学报*, 1991, 17(6): 696 ~ 704
- 4 Hu Q, Yang J Y, Zhang Q, et al. An Automatic Seal Imprint Verification Approach. *Pattern Recognition*, 1995, 28(8): 1251 ~ 1266
- 5 高文, 董胜富, 周世意. 基于边缘匹配的印鉴自动鉴别方法. *模式识别与人工智能*, 1994, 7(4): 338 ~ 342
- 6 刘宏, 宋勇. 基于图像结构与汉字形态特征的印鉴自动检索方法. *计算机科学*, 2002, 29(11 增): 29 ~ 32

A New Automatic Seal Image Retrieval Method Based on Curves Matching

SONG Yong

(Center for Information Science, Peking University, Beijing, 100871)

LIU Hong

(National Key Lab. on Machine Perception, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract Chinese characters have many smooth vertical and horizontal strokes. According to that, two kinds of retrieval features in Chinese characters images are proposed and named as outer edge contour feature and orientation projection density feature. Further, by formularizing the two features with functional curves, matching of Chinese characters is transformed into matching of functional curves. Experiments show that these two kinds of features are stable and the curves matching based seal image retrieval method is effective.

Key words seal; image retrieval; features of Chinese characters; curves matching

一种基于曲线匹配的印鉴图像自动检索方法

作者: 宋勇, 刘宏

作者单位: 宋勇(北京大学信息科学中心, 北京, 100871), 刘宏(北京大学视觉与听觉信息处理国家重点实验室, 北京, 100871)

刊名: 北京大学学报(自然科学版) **ISTIC** **PKU**

英文刊名: ACTA SCIENTIARUM NATURALIUM UNIVERSITATIS PEKINENSIS

年, 卷(期): 2004, 40(1)

被引用次数: 3次

参考文献(6条)

1. [Fan T J, Tsai W H Automatic Chinese Seal Identification](#) 1984(03)
2. [Lee S, Kim J H Unconstrained Seal Imprint Verification Using Attributed Stroke Graph Matching](#) 1989(06)
3. [胡庆, 杨静宇, 张黔 基于知识的印鉴鉴别方法](#) 1991(06)
4. [Hu Q, Yang J Y, Zhang Q An Automatic Seal Imprint Verification Approach](#) 1995(08)
5. [高文, 董胜富, 周世意 基于边缘匹配的印鉴自动鉴别方法](#) 1994(04)
6. [刘宏, 宋勇 基于图像结构与汉字形态特征的印鉴自动检索方法\[期刊论文\]-计算机科学](#) 2002(29)

相似文献(4条)

1. 期刊论文 [刘宏, 宋勇 基于图像结构与汉字形态特征的印鉴自动检索方法-计算机科学](#) 2002, 29(z2)
本文从印鉴的图像结构与汉字形态特征分析入手, 提出了一种支持印鉴图像自动检索的方法. 首先, 利用印鉴边框的特点快速准确地取印章的中心位置, 利用章面的对称性确定主文字区域, 根据文字分布的均匀性实现汉字的分割. 其次, 从纵横两个方向测量单个汉字的外围轮廓, 形成描述汉字形态特征的位置码和长度码, 进而构成支持印鉴图像检索的汉字串形态特征码. 最后, 通过实验分析了上述方法的可行性.

2. 会议论文 [刘宏, 宋勇 基于图像结构与汉字形态特征的印鉴自动检索方法](#)

本文从印鉴的图像结构与汉字形态特征分析入手, 提出了一种支持印鉴图像自动检索的方法. 首先, 利用印鉴边框的特点快速准确地取印章的中心位置, 利用章面的对称性确定主文字区域, 根据文字分布的均匀性实现汉字的分割. 其次, 从纵横两个方向测量单个汉字的外围轮廓, 形成描述汉字形态特征的位置码和长度码, 进而构成支持印鉴图像检索的汉字串形态特征码. 最后, 通过实验分析了上述方法的可行性.

3. 期刊论文 [鲍泓, 娄海涛, BAO Hong, LOU Hai-tao 一种自动提取中国书画作品中印章图像的方法-计算机科学](#) 2009, 36(3)

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.

4. 学位论文 [娄海涛 中国书画印章图像的提取与识别](#) 2008

近年来, 随着数字图像处理技术和计算机技术的发展, 基于内容的图像检索(CBIR)逐渐成为一个十分活跃的研究领域. 在这一领域中, 不断有新的实用系统或研究模型问世.

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积极作用逐渐被人们所认可, 数字文物图像的数量爆炸式的增加. 信息检索问题逐渐显现出来. 但是在这一领域, 基于内容的图像检索技术的应用还十分有限, 尤其是在书画作品的检索方面. 分析其原因主要有两点: 首先, 是因为文化传统的继承性而造成的. 就中国书画作品而言, 从主题到表现手法, 再到绘画技巧, 颜料和纸张的运用等方面, 同一类作品大都具有较强的低层视觉特征的一致性. 其次, 由于“语义鸿沟”的存在, 导致低层视觉特征与高层检索需求之间不一致. 书画作品由于其丰富的文化背景(底蕴), 而包含了更加复杂的语义信息.

所以在单纯利用低层视觉特征的, 基于内容的图像检索技术, 进行书画作品的图像检索中, 很难达到良好效果.

本文阐述了通过提取中国书画作品中的关键对象语义信息, 来解决上述图像信息检索问题的方法. 首先, 本文在总结了大量的图像处理和图像分析方面的基础知识和基本技术之后, 提出了一种利用图像的低层视觉特征自动提取书画作品中印章图像的方法. 然后, 提出了一个利用这些印章图像中包含的语义信息进行辅助查询的基于内容的中国书画作品的图像检索模型. 最后, 还设计并建立了一个基于成熟的CBIR技术的印章图像识别系统. 该系统可以通过对印章图像的识别, 获得与其相关的语义信息, 如: 印文、作者、年代等.

由于印章语义的引入, 将在一定程度上缓解“语言鸿沟”问题为系统带来的影响. 基于内容的书画作品图像检索系统的检索性能将有可能得到大幅度的提高.

本文的主要工作包括以下几个方面:

1. 通过对印章图像的研究, 总结了印章(印文)图像的6个主要特征, 为基于这些特征设计印章图像提取方法奠定了基础.

2. 总结了颜色空间变换关系和低层视觉特征, 以及图像相似度度量方法等方面的常用公式、算法和技术。
3. 提出了一种对于中国书画作品中印章图像的自动提取方法。实现了一个中国书画作品中印章图像自动提取的模型系统。
4. 利用基于内容图像检索技术, 设计和开发了一个利用不变矩特征实现印章图像识别的模型系统。
5. 提出了一个利用印章图像语义信息进行辅助检索的基于内容的中国书画作品检索系统的模型。
6. 对本文提出的“一种对于中国书画作品中印章图像的自动提取方法”和利用不变矩特征实现印章图像识别的模型系统, 提出了改进方向和改进计划。

引证文献(3条)

1. [蔡亮, 梅丽 基于楔环结构的彩色印章检测和对齐方法](#)[期刊论文]-[浙江大学学报\(工学版\)](#) 2006(10)
2. [刘可晶 一种改进的矢量曲线数据压缩算法](#)[期刊论文]-[甘肃科学学报](#) 2005(3)
3. [宋勇 基于纹线和特征点局部动态校准的指纹匹配方法](#)[学位论文]硕士 2005

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_bjdxxb200401012.aspx

授权使用: 深圳大学城图书馆(szdxc), 授权号: 35b56aad-6b35-44a5-9d23-9dbc0159b3c4

下载时间: 2010年7月23日