

一种基于骨架的篆字笔划分割方法

阳平¹ 娄海涛² 胡正坤³

(北京工业大学计算机学院 北京 100124)¹ (北京市信息服务工程重点实验室 北京 100101)²

(北京联合大学应用科技学院 北京 102200)³

摘要 依据篆刻艺术的特点,提出一种从篆字骨架中分割出笔划的方法。通过图像细化方法提取篆字的骨架图;分析骨架图中笔划的交叉点和交叉区域,得到特定篆字的子笔划;在各交叉区域内利用模板匹配方法组合子笔划得到篆字笔划。通过实验证明,上述方法对分割篆字笔划具有一定的效果。

关键词 骨架,笔划分割,篆字识别

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Seal Character Strokes Segmentation Method Based on the Skeleton

YANG Ping¹ LOU Hai-tao² HU Zheng-kun³

(College of Computer Science and Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)¹

(Beijing Key Laboratory of Information Service Engineering, Beijing 100101, China)²

(Applied Science and Technology Institute, Beijing Union University, Beijing 102200, China)³

Abstract This paper introduced a method how to segment seal character stroke from the skeleton image according to the art characteristics of seal-engraving. Firstly, we got the seal character skeleton through thinning algorithm. Then we analysed the intersections and cross area of the skeleton image, forming some sub-strokes. Finally, we used the template matching method to get the sub-strokes to be combined from the neighborhood of each intersection region, eventually combined the character elements into the seal character strokes. The experiment shows that the method is effective.

Keywords Skeleton, Stroke segmentation, Seal character recognition

1 引言

篆书是大篆、小篆的统称。秦以前是一种规范化的官方文书通用字体。自唐以来,文人士大夫在书画作品中钤盖篆刻印章渐成风气,至明清篆刻艺术发展至顶峰。刻制的内容包括作品署名、斋号、表达艺术追求和创作感的诗句以及鉴赏信息等,可以通过钤盖的篆刻印章了解书画作品的创作年代与艺术价值。在数字技术大量应用的背景下,对篆刻内容的理解,有助于缓解书画作品自动检索中的“语义鸿沟”问题。

篆书在两千多年的发展过程中不断演进,字体和字型都在不断变化;特别是汉唐以来,篆书已经不再是官方文字,而逐渐成为一种艺术表现形式,其字型变化更加随意。这使篆字的识别有别于一般汉字识别,比其更加复杂。

本文研究的篆书字体专指小篆。小篆是篆刻艺术作品中最常见的字体之一,也称“秦篆”,是一种具有明显结构的特殊模式。将结构模式识别方法应用到篆字识别中,从篆字图像中提取篆字的组成结构,通过组成结构推断出模式的类别。从结构上讲,篆字是由笔划按照固定的笔顺构成的,可用笔划

作为篆字的结构基元。因此,只要能够分割出篆字中的笔划,就可以利用笔划及其笔划之间的关系对篆字加以描述,从而实现篆字的识别。

2 笔划分割的研究现状

目前,笔划提取的方法主要有细化法、轮廓信息法和段化法^[1]。细化法是从汉字骨架^[2]上分割笔划,轮廓信息法是从轮廓中分割笔划,段化法则利用相邻行和列连通段的关系来提取笔划。汉字骨架保留了笔划的长度和方向等特征,同时又去除了冗余的信息,利用细化法从汉字骨架上提取特征点,如端点、交叉点等,可以分割出篆字的笔划。目前主要的相关研究成果有:Jia Zeng^[3,4]利用马尔科夫随机场提取笔划;文献^[1,5-7]介绍了在检测交叉区域后,分析交叉区域附近的子笔划的连接关系;文献^[8]提出了基于距离的汉字笔画抽取方法;文献^[9]提出了基于可旋转滤波器的汉字笔划提取模型。

3 基于骨架的笔划分割方法

该算法结合篆刻艺术的特点,从篆字骨架图中分割出篆

到稿日期:2012-05-11 返修日期:2012-08-09 本文受北京市属高等学校人才强教计划项目 PHR(IHLB),北京市教育委员会科技计划面上项目(KM201311417015),国家自然科学基金项目(60972145)资助。

阳平(1989-),硕士生,主要研究方向为多媒体与图形图像处理;娄海涛(1975-),讲师,主要研究方向为计算机应用技术、数字图像处理、人工智能与模式识别;胡正坤(1985-),助教,主要研究方向为图像处理与模式识别。

字的特定笔划。算法的主要流程是:先从篆字骨架图中提取出子笔划,再将子笔划组合成笔划。

3.1 子笔划分割

子笔划的分割步骤可分为交叉点提取、交叉点合并和分割子笔划3个步骤。

(1) 交叉点的提取

采用 Rosenfeld 算法对篆字图像进行细化处理,得到篆字的骨架图,如图 1 所示。

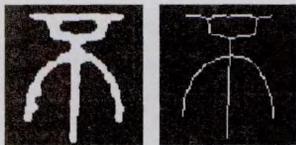


图 1 “不”字原图和骨架图

使用 Rutoviz 相交数算法提取笔划的交叉点 B 在图 2 的八邻域内,像素点 p 的 Rutoviz 相交数定义为^[10]:

$$N_c(p) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |x_{i+1} - x_i| \quad (1)$$

x_4	x_3	x_2
x_5	p	x_1
x_6	x_7	x_8

图 2 像素 p 的八邻域结构

其中, $x_i (i=1, \dots, 9)$ 是像素 p 的邻域点, 并且 $x_1 = x_9$ 。根据式(1)计算每个笔划像素的相交数。对于像素 p , 若 $N_c(p)=1$, 则 p 为笔划端点(起点或终点); 若 $N_c(p)=2$, 则 p 为笔划连续点(除端点和交叉点之外的笔划像素点); 若 $N_c(p)>2$, 则 p 为笔划交叉点。

(2) 交叉点的合并

由于细化方法的固有原因, 如交叉点处的笔划倾斜, 细化之后就会出现交叉点两端的子笔划错开现象, 这样在同一笔划相交处就有 2 个交叉点, 如图 3 所示。这种现象通过提取交叉区域的方法解决。



图 3 笔划错开现象

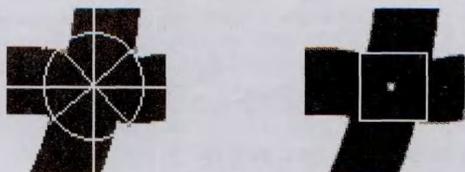


图 4 提取交叉区域

图 5 矩形交叉区域

笔划的交叉区域指的是两个笔划在交叉点附近, 笔划重叠的区域。已知交叉点后, 在篆字原图中以交叉点为中心点, 向笔划轮廓线上的拐点方向作射线, 取每条射线与篆字轮廓的第一个交点, 计算交点到中心点的距离, 以距离最短的为半

径画圆, 如图 4 所示。以圆上的交点为顶点, 绘制该圆的最大内接矩形作为交叉区域, 如图 5 所示。

对于图 3 现象, 通过两交叉点 p_1 和 p_2 得到的两交叉区域 R_1 和 R_2 就会存在交集, 如图 6 所示。因此通过判断两交叉区域是否有交集, 就可以判断两交叉点是否是由笔划错开现象产生的。若 R_1 和 R_2 有交集, 则取交叉点 p_1 和 p_2 连线上的中点 p_m 代替 p_1 和 p_2 作为篆字骨架上的笔划交叉点, p_m 对应的交叉区域 R_m 是一个以 p_m 为几何中心的正方形区域, R_m 的宽度等于 R_1 和 R_2 宽度的平均值, 交叉点合并后的结果如图 7 所示。



图 6 有交集的交叉区域

图 7 合并后的交叉点

(3) 子笔划的分割

在骨架图中得到交叉区域后, 将交叉区域内的骨架像素点去除, 得到若干个子笔划, 如图 8 所示。

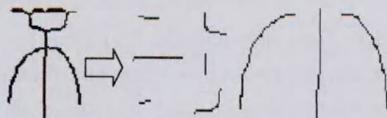


图 8 篆字骨架断开后的子笔划

3.2 子笔划组合

将各交叉区域内的子笔划进行组合, 使之成为最终笔划。子笔划的组合方法如下。

(1) 建立图模型

将从骨架图分割出来的子笔划以及子笔划的连接关系使用图模型 G 表示, 如图 9(d) 所示。将子笔划作为图的顶点, 采用模板匹配方法得到的子笔划之间的连接关系作为图的边, 则图 G 中的每一个连通分量就是一个笔划。

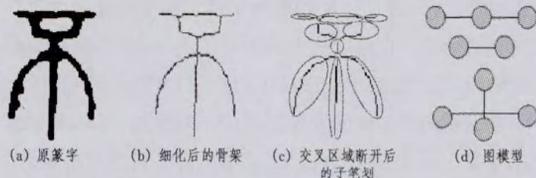


图 9 篆字“不”建立图模型过程

由此, 子笔划组合的任务就是确定图 G 中点的连接关系。为了确立模型图中点之间的关系, 下面先讨论篆字笔划的相交类型及对应的连接关系。

(2) 笔划交叉类型

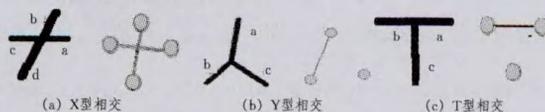


图 10 笔划相交类型及其图模型

通过对篆字书写方式和结构的分析, 篆字笔划的基本相

交类型可以分为3种: X型相交、Y型相交和T型相交,如图10所示。

X型相交:如图11的B区域,X型的相交类型是两笔划连续点的重叠。交叉区域断开后,得到4个子笔划。子笔划的组合方式是两个子笔划方向相近的相组合,如图10(a)所示,X型相交的组合方式是a和c,b和d。



图11 “天”字的笔划相交情况

Y型相交:如图11的C区域,Y型的相交类型是一个笔划的连续点和另一笔划的一端点重叠。交叉区域断开后得到3个子笔划。子笔划的组合方式是取其中方向相似的两个子笔划相组合,如图10(b)所示。

T型相交:如图11的A区域,T型的相交类型也是一个笔划的连续点和另一笔划的一端点重叠。交叉区域断开后得到3个子笔划。子笔划的组合方式也是取其中方向相似的两个子笔划相组合,如图10(c)所示。

(3) 模板匹配

通过对笔划交叉类型的分析可知,子笔划的正确组合方式是将交叉区域处方向相似的两子笔划组合。本文采用模板旋转匹配的方法分析交叉区域处子笔划的正确组合方式。

首先要确定模板在哪个旋转角度下能够尽可能多地覆盖判别区域内的两子笔划的像素点,然后将该旋转角度与该交叉区域处各子笔划的方向角比较得到能够正确组合的两子笔划。

在此定义一个矩形条状模板,模板宽为交叉区域的宽度,模板长为模板宽的3倍。建立判别区域:在篆字骨架图中,取交叉点 p 为几何中心,宽度为交叉区域3倍的正方形区域作为判别区域。图12所示为提取的判别区域。

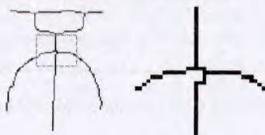


图12 骨架图中的判别区域

对该判别区域做膨胀运算,使得骨架宽度等于矩形模板的宽,得到的膨胀图为 M ,如图13所示。



图13 判别区域的膨胀

模板的匹配计算方法是对矩形模板作180次旋转,分别计算出模板从 0° 方向逆时针旋转 $1\sim 180^\circ$ 的模板图 $Model_i$ 对判别区域内笔划像素点被模板覆盖的像素数 d_i 。图14为矩形模

板旋转 45° 和 90° 对笔划像素的覆盖结果,其中矩形线框表示矩形模板。使用式(2)计算覆盖数 d_i 。

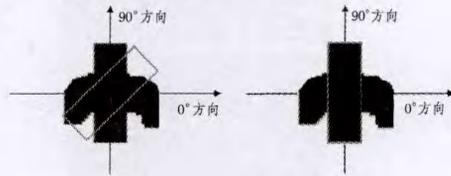


图14 模板对笔划像素的覆盖结果

$$d_i = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^n (M(x,y) \& Model_i(x,y)), i=(1, \dots, 180) \quad (2)$$

式中, n 为交叉区域邻域宽度, $\&$ 表示与运算。

得到 d_i 的值后,取 d_i 的最大值对应的旋转角 i_{max} ,若最大值有多个,取其中任意一个。

计算子笔划的方向角的方法为:子笔划 S 的像素集合为 (p_1, p_2, \dots, p_m) , m 为像素点总数,其中 p_j 的方向角为 θ_j ,如图15所示,方向角 θ_j 为交叉点到 p_j 的方向与 0° 角方向的夹角。

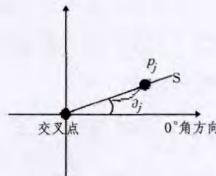


图15 像素点的方向角

$$\theta = \sum_{j=1}^m \theta_j$$

计算交叉区域邻域内各子笔划的方向角与 i_{max} 角度的差。取方向角与 i_{max} 角度差最小的两个子笔划,将这两个子笔划作为同一笔划中的两个子笔划。

3.3 笔划提取

笔划抽取即从笔划一个端点开始,追踪笔划像素点,以笔划的另一个端点结束,形成单一笔划的二值图像。抽取步骤如下:

- Step1 获取笔划中的一个端点,存储该点,并标记为像素 p ;
- Step2 取像素 p 尚未追踪的邻域像素点,存储该点,并标记该点为像素 p ;
- Step3 若像素 p 为连续点,重复Step2;
- Step4 若像素 p 为交叉点断开后的端点,则取与该子笔划组合的另一个子笔划的交叉点处的点,存储与之组合子笔划的端点,并标记为像素 p ,再重复Step2。
- Step5 若像素 p 为笔划的终点,该笔划追踪完毕。
- Step6 重得Step1,直到篆字骨架图中所有的笔划抽取完毕。

4 实验结果

为验证该篆字笔划分割算法的有效性,从吉林文史出版社出版的《篆刻字典》(俞慈韵编)一书中随机采集300个篆刻印字图像测试该笔划分割方法。测试笔划分割结果如图16

所示。

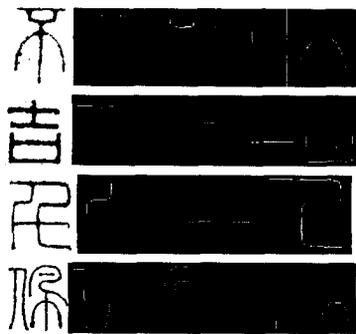


图 16 原印字和笔划分割的结果

依文献[11]中所述,以人工方式提取上述 300 个篆字的正确笔划作为比较依据,使用通用的指标来定量地衡量算法的效果。定义笔划分割的正确率,如式(3)所示:

$$\text{正确率} = \frac{\text{正确分割的样本数}}{\text{总测试样本数}} \times 100\% \quad (3)$$

式(3)中,若一个篆字的每一个基本笔划都能正确分割,则视该篆字样本为正确分割。将 300 个测试样本分成 3 组,每组的测试样本总数和正确分割的样本数如表 1 所列,得到平均笔划分割的正确率为 86.7%。

表 1 算法的测试结果

分组	总测试样本	正确分割数量	正确率
组 1	100	90	90%
组 2	100	83	83%
组 3	100	87	87%

该篆字笔划分割方法的特点在于去除了冗余的笔划交叉点,减少了细化变形的影响;子笔划的分割和笔划的组合按照同一个笔划在交叉处两端笔划走势不变的原则实现,符合篆字的笔划书写特征和构成规律。通过表 1 的统计结果,表明了该算法的有效性。

结束语 篆书作为一种汉字字体已经存在了两千多年,经历了从官方文字到中华民族独有的艺术表现形式的转变。千年来,其由于摆脱了官方文字的束缚,又加之不同篆刻家的不同艺术理解和诠释,字形结构变化复杂。利用传统的汉字

识别技术难以实现篆字的准确识别。

本文在子笔划(或笔划基元)和被识别汉字之间增加了笔划的概念,将笔划这一显然具备汉字结构特征的对象层语义概念引入到汉字识别过程中来,意图改善篆字的识别性能。针对篆字的结构特征,采用模板匹配的方法得到交叉区域内正确的笔划组合,从而实现了笔划的自动分割提取,为篆字的识别奠定了基础。

参 考 文 献

- [1] 曹忠升,苏哲文,王元珍,等. 基于模糊区域检测的手写汉字笔画提取方法[J]. 中国图象图形学报 A, 2009, 14(11): 2341-2348
- [2] Bium H. A Transformation for Extracting New Descriptors of Models for the Perception of Speech and Visual Form[M]. Waithen-Dunn W, ed. US: MIT Press, 1967
- [3] Zeng Jia, Liu Zhi-qiang. Stroke Segmentation of Chinese Characters Using Markov Random Fields[C]// ICPR(1). 2006: 868-871
- [4] Zeng Jia, Liu Zhi-qiang. Type-2 Fuzzy Markov Random Fields and Their Application to Handwritten Chinese Character Recognition[J]. IEEE Transaction on Fuzzy system, 2008, 16(3): 747-760
- [5] Cao R, Tan C L. A Model of Stroke Extraction from Chinese Character Images[C]// International Conference on Pattern Recognition (ICPR). Spain, 2000: 368-371
- [6] Lau K K, Yuen P C, Tang Y Y. Stroke Extraction and Stroke Sequence Estimation on Signatures[C]// International Conference on Pattern Recognition (ICPR). 2002
- [7] 孙晓红,张学东. 基于邻域特征的笔划交叉点提取算法的研究[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(19): 4985-4986, 5058
- [8] 张世辉. 一种新的基于距离的汉字笔画抽取方法[J]. 计算机工程, 2003, 29(14): 37-38
- [9] 邵宏峰, 罗予频. 一种基于 Delaunay 三角化的笔划分割算法[J]. 微计算机信息, 2007, 23(1): 269-271
- [10] 康辉, 李思莉. 脱机手写汉字中义点精细化的改进算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(20): 193-194, 215
- [11] 沈晓英. 篆书书写入门[M]. 太原: 山西人民出版社, 2002
- [10] Niu Jun-yu, Sun Lin, Lou Lu-qun, et al. WIM at TREC 2005[C]// TREC. 2005
- [11] 余正涛, 邓锦辉, 韩露, 等. 受限域 FAQ 中文问答系统研究[J]. 计算机研究与发展, 2007, 2
- [12] 王东睿, 杨庚, 陈蕾, 等. 基于 WordNet 和 Kernel 方法的 Web 服务发现机制研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(12)
- [13] 阮佳彬, 杨育彬, 林金杰, 等. 基于本体词汇的三维模型语义检索[J]. 计算机科学, 2009, 36(2)
- [14] 黄锋, 吴华瑞. 一种自适应的 Web 信息抽取规则自动生成方法[J]. 广西师范大学学报: 自然科学版, 2011, 3(1)
- [15] 陈冰琦. 中英文双语问答系统中问句处理的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2004

(上接第 260 页)

- [5] Srihari R, Li W. Information extraction supported question answering[C]// NIST. 1999, 15
- [6] Harabagiu S, Moldovan D, Pasca M, et al. Boosting knowledge for answer engines[C]// TREC. 2000
- [7] Soubbotin M M. Patterns of potential answer expressions clues to the right answers[C]// Text REtrieval Conference (TREC) TREC. 2002
- [8] Moldovan D, Harabagiu S, Girju R, et al. LCC tools for question answering[C]// Text REtrieval Conference (TREC) TREC. 2002
- [9] 于士涛, 袁晓洁, 师建兴, 等. 一种 Web 问答系统中基于 XML 片段的语义项模型[J]. 计算机研究与发展, 2007, 3