

# 基于骨架化、骨架划分获取书法汉字结构特征方法

苗晋诚

(云南人民出版社 出版研究中心, 云南 昆明 650034)

**摘要:** 对翻拍照片进行二值化、滤除噪音、骨架化、骨架划分处理, 获取到标志书法汉字间架结构特征的结构集. 拟通过拆分汉字基本结构与间架结构特征实现书法汉字产生的目的.

**关键词:** 汉字书法; 汉字识别; 汉字结构; 笔划提取

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2008)03 - 0053 - 04

## Acquisition of Structural Features of Chinese Calligraphy by Skeletonizing and Skeleton - Dividing

MIAO Jin-cheng

(Publishing Research Center, Yunnan People's Publishing House, Kunming 650034, China)

**Abstract:** The methods of binarization, filtering, skeletonizing and skeleton - dividing are applied to inversed photographs of Chinese calligraphy in order to acquire the feature sets of Chinese calligraphic font structures. The aim is to realize the generating of Chinese calligraphic fonts by dividing structures of Chinese characters.

**Key words:** Chinese calligraphy; Chinese characters recognition; Chinese character structure; stroke extraction

### 0 引言

中国书法是一门古老的艺术, 书法汉字可以由间架结构特征与基本部件来描述. 基本部件是构成书法汉字的一些基本单元, 由单个或多个笔画组成. 间架结构特征描述了基本部件在一个书法汉字中的位置关系, 文献 [3] 深入分析了有关汉字结构的知识与部件间的位置关系. 获取已存在书体汉字的间架结构特征, 就可以根据这些特征在准确位置放入基本部件复原书法汉字, 也可以通过挖掘某一书体间架结构特征, 根据书体的特点放入基本结构生成原本不存在的该书体汉字. 本文通过图 1 虚线框部分的流程获取用来描述《玄秘塔碑》上柳体书法汉字间架结构特征的结构集, 提出通过骨架化、骨架划分获取这些特征结构的方法.

### 1 数学基础

数学形态学处理图像<sup>[1]</sup>的基本思想是用某种形状的基元或结构元素对图像进行探测. 基本运算有: 腐蚀、膨胀、开运算、闭运算. 这 4 类运算可以针对二值图像和灰值图像.

定义 1: 集合 A 被集合 B 腐蚀表示为  $A \ominus B$ :

$$A \ominus B = \{x: B + x \subset A\}$$

$$A \ominus B = \{A - b: b \in B\}$$

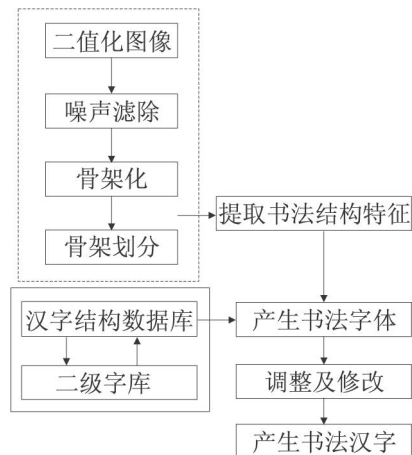


图1 主要流程图  
Fig.1 The flow chart

收稿日期: 2007 - 11 - 21.

作者简介: 苗晋诚 (1979 - ), 男, 在读硕士研究生, 编辑. 主要研究方向: 图形图像处理.

E - mail: dumo@mail ynedu net cn

- b表示 b相对对于原点的中心对称点 (矢量)

定义 2:集合 A被集合 B膨胀表示为  $A \oplus B$ :

$$A \oplus B = [A^c \ominus (-B)]^c$$

$$A \oplus B = \{A + b; b \in B\}$$

定义 3:集合 B对集合 A作开运算表示为  $A \circ B$ :

$$A \circ B = [A \ominus B] \oplus B$$

$$A \circ B = \{B + x; B + x \subset A\}$$

定义 4:集合 B对集合 A作闭运算表示为  $A \cdot B$ :

$$A \cdot B = [A \oplus (-B)] \ominus (-B)$$

定理 1:设一个未被噪声污染的图像为 S, 噪声图像为 N, 则有:

$$S \circ B \subset (S \cdot N) \circ B \subset S \cdot N$$

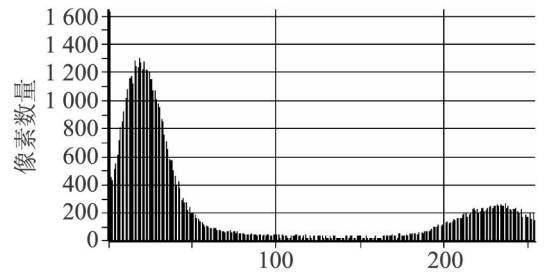
### 2 书法汉字预处理与骨架化

对于书法图片而言,很多翻拍于石碑、纸质书法作品的图片,二值化后容易产生胡椒状噪声. 开运算和闭运算有较强的滤波性质,在预处理图片时可以有效的滤除图像中的胡椒状噪声. 图 2~4 主要是展现试验中图像二值化及噪声消除的过程.

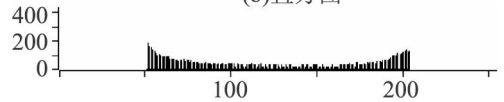
由直方图中 2 个波峰及其之间的像素值分布特点反映出  $[0 \times 64, 0 \times A0]$  间的像素值可能是由碑上的噪音产生的. 翻拍于石碑的书法图像几乎都有类似形态直方图分布. 在保留图片主要部分的前提下通过选取阈值区间可以滤除一些噪音,并实现书法图像的二值化. 图 3 为选取  $[0 \times 64, 0 \times A0]$  作为阈值区间得到的二值化图像:



(a)翻拍照片



(b)直方图



(C)灰度100~160分布

图2 书法图像及其直方图

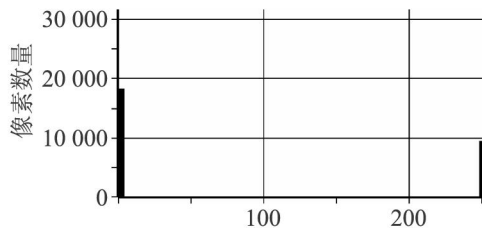
Fig.2 The calligraphic picture and histogram

图片经过二值化后,仍有许多颗粒状噪音. 这些噪音的产生能是由于碑面的腐蚀、刮痕以及拍摄时的光线变化等原因. 开运算与闭运算可以在此条件下很好的滤除该类噪音. 定理 1 说明经过开运算滤波处理的图像介于原图和加入噪声的图像之间. 图 4 是运用  $5 \times 5$  圆盘进行开运算后的图像:

开运算后噪音被滤除,在实际中可能无法一次滤除全部噪音,这时候可以利用膨胀公式产生面积更大



(a)二值化图像



(b)二值化后直方图

图3 二值化书法图像

Fig.3 The bi-value calligraphy pictures



图4 滤除噪声后图像1

Fig.4 The picture after filtering noise 1

的结构  $kB = B \oplus B \oplus \dots \oplus B$  来进行开运算. 达到滤除噪音的效果.  $kB$  开运算可以滤除所有小于其面积的噪音, 使图片中大于  $kB$  的部分被保留下来.

其他一些噪音消除前后的对比图像:

书法图片经过二值化与噪声消除处理后, 就可以通过骨架化算法提取书法汉字的骨架, 为了保证骨架的连



图5 滤除噪声后图像2

Fig.5 The picture after filtering noise 2



图6 书法汉字骨架

Fig.6 The skeleton of the calligraphy fonts

通性, 在保持拓扑不变性的条件约束下采用细化的方法<sup>[4,5]</sup>.

定义 5: 满足下列 2 个条件的点  $z$  称为集合  $A$  的骨架  $S(A)$  上的点:

( $z \in A$ )  $\rightarrow \exists z (D_z \subset D_z)$  其中  $D_z$  表示以  $z$  为圆心的圆盘

$D_z$  在 2 个以上位置与  $A$  相切

图 6 为中经过骨架化算法后得到的结果.

### 3 骨架的划分

汉字是由若干基本结构组合而成, 基本结构由单个或多个笔画构成. 书法汉字中含有下面的特征点: 1 个笔画中有 2 个端点, 端点描述了笔画的起始或终止; 一些笔画中含有转折点, 例如横折、竖折、竖钩等; 单个笔画一般不能构成汉字, 多数汉字由若干笔画连接、相交构成, 形成一些连接点与交点. 笔画的转折点、笔画之间的连接点或者相交点, 在骨架上与其连接的部分表现为一些小的分叉结构, 另外由于书法汉字笔形特点, 例如汉字笔画的粗细、笔锋变化, 这些小的分叉结构也会出现在其他位置. 其中笔画中的端点与由转折点、笔画之间的连接点或者相交点产生的分叉结构可以用来描述汉字结构特征.

如图 7 所示, 阴影圆盘标出的部分为特征结构, 例如:  $FGHI$  描述了横折弯钩,  $F$  表示笔画起始端点,  $I$  表示笔画终止端点,  $G, H$  表示笔画转折的位置.  $A$  是由繁体“贝”中短横与竖的连接形成的分叉结构.  $B$  是由繁体“贝”中横、竖交叉形成的分叉结构.  $C, F$  表示笔画的起点, 由于笔画的粗细、笔锋的缘故, 其表现为一个分叉结构.  $D, E, I$  表示笔画的终点, 其中  $E, I$  由于笔画比较均匀缘故, 没有形成分叉结构, 可用端点来表示. 除去阴影圆盘标出的特征结构, 其余的点为连接这些特征结构的过渡点. 骨架化书法汉字后能够产生上述特征点集, 将骨架上的点划分成以下 3 类:

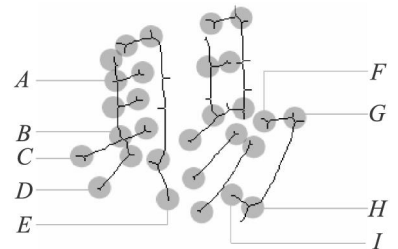


图7 结构特征

Fig.7 The features of structure

1) 端点: 描述了笔画的起始或终止, 并在 8 连通方向上仅有一个相邻点的点.

2) 分叉结构: 描述书法汉字中笔画连接、交叉特征的分叉结构. 下面用数学形态学给出了分叉结构的数学定义: 设  $E$  表示整幅图上点的集合,  $B$  为填充结构, 则:

$(S(A)^c \circ B) - S(A)$  是若干不连通的集合.

$M_k = ((S(A)^c \circ B) - S(A)) \oplus B \quad S(A) \quad (k = 1, 2, 3, \dots, n)$  表示分叉结构的并集.  $M_k \quad (k = 1, 2, 3, \dots, n)$  为单个分叉结构.

3) 过渡点: 保持端点与端点之间, 分叉结构与分叉结构之间, 端点与分叉结构之间 8 连通的其他点.

对骨架上的点进行上述的划分后, 可以通过算法自动的得到这些点集.

骨架上笔画端点的获取可以使用如图 8 结构对骨架进行击中击不中 (塞拉) 变换.

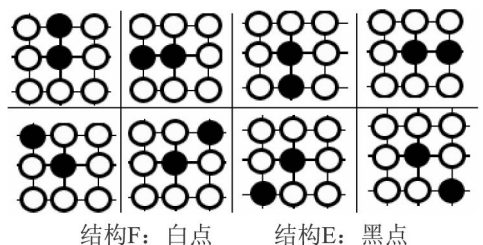


图8 探测端点结构对

Fig.8 Hit-or-miss transform sets for get ends

结构元素对  $B = (E, F)$ ,  $F$  用于探测图像外部,  $E$  用于探测图像内部, 则击中击不中(塞拉)变换为:  
 $A * B = (A \ominus E) \quad (A^c \ominus F)$ , 设  $M$  为击中击不中变换后输出的点集,  $N$  为端点集, 则  $N \subseteq M$ . 由于书法笔画粗细、笔锋变化的原因, 骨架上分叉结构、毛刺的端点也会被结构元素对  $B$  击中, 如图 9 所示:

$A$  为表示笔画起点的分叉结构的端点;  $B$  为表示笔画转折的分叉结构的端点;  $C, D$  为骨架上毛刺的端点;  $E$  为表示笔画连接的分叉结构的端点. 图中仅有  $F$  为笔画的端点, 因此为了较好的探测出笔画的端点, 可以依照如下规则: 对探测出的端点进行膨胀运算, 如果膨胀出的点集合和分叉结构有交集, 则说明该端点在某一分叉结构附近, 其被视为分叉结构或毛刺的端点. 判断笔画端点的过程可以表示为如下算法步骤:

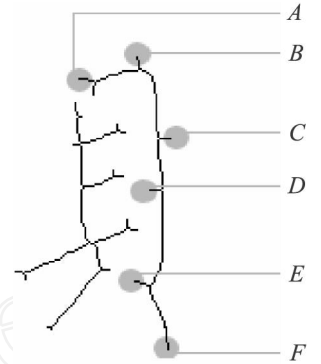


图9 端点

Fig.9 The ends on skeleton

- 1) 输入书法汉字骨架  $S(A)$ ;
- 2) 对  $S(A)$  进行击中击不中变换;
- 3) 判断是否击中, 如果击中则对击中的点用半径为  $d$  的圆盘进行膨胀运算, 否则返回第 2 步;
- 4) 判断膨胀后的点集合是否和分叉结构相交, 如果相交则返回第 2 步, 否则输出该点并返回第 2 步;
- 5) 遍历所有点后结束.

骨架上分叉结构的获取的也可以通过数学形态学方法得到, 分叉结构一般有如图 10 所示 3 种拓扑形态:

根据用数学形态学给出的分叉结构数学定义, 用下列算法步骤可以得到骨架上的分叉结构,  $B$  为可变半径的圆盘结构:

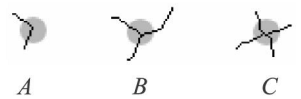


图10 分叉结构

Fig.10 The structure of fork

- 1) 输入书法汉字骨架  $S(A)$ ;
- 2) 对  $S(A)^c$  进行开运算, 并保存结果;
- 3) 求第 2 步结果与输入汉字骨架  $S(A)$  的差集  $(S(A)^c \circ B) - S(A)$ , 并保存结果;

- 4) 对第 3 步部的结果进行膨胀运算  $(S(A)^c \circ B - S(A)) \oplus B$ , 并保存结果;
- 5) 求第 4 步结果与  $S(A)$  的交集,  $OUT(A) = ((S(A)^c \circ B) - S(A)) \oplus B \cap S(A)$ ;
- 6) 输出  $OUT(A)$ .

图 11 为实验结果.

通过骨架的划分, 得到了表示书法间架结构的特征点与特征结构. 对于书法汉字中的基本结构, 只须标记出笔画的端点位置、转折位置、连接位置及可. 例如“广”字头, 只需要标记  $O, P, Q, R, S, T$  处的结构. 但由于书法笔画特点的原因, 骨架化的过程中会产生了一些毛刺, 这些毛刺产生了一些冗余的特征结构,  $A \sim G$  标记出了冗余结构. 通过形态学裁剪算法可以剔除一些毛刺, 减少冗余.

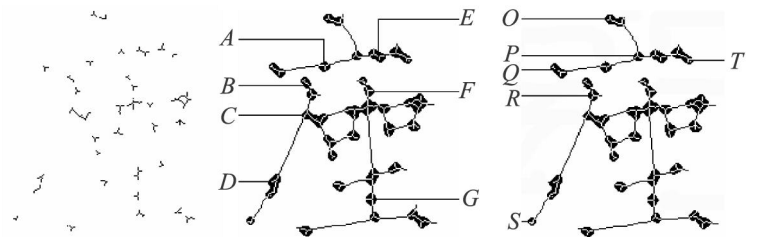


图11 实验结果

Fig.11 The test results

### 4 结论

研究方法可以用来提取描述书法汉字间架结构特征的结构集, 其目的是为了进一步获取书法汉字间架结构的特征与书法汉字中基本部件的相对关系.

为了获取到标志柳体书法汉字间架结构特征的特征结构, 对《玄必塔碑》上的书法汉字进行了预处理与骨架化, 并提取了骨架上用于表示间架结构特征的点与特征结构.

(下转第 61 页)

纹理合成技术仅仅考虑了纹理方面的信息,没有很好地考虑图像待修补区域的结构与周围邻域可能的关系.同样,纯结构修补技术能够很好地修补待修补区域的结构信息,但它没有考虑更多的纹理信息,所以恢复出来图像,虽然结构出来了,但感觉与邻域反差过大,这一点在纹理丰富的自然图像中尤其明显.这里需要指明的是,如果原图像不含任何纹理的简单轮廓结构图像,那么纯结构修补出的图像应与本算法修补的图像一致.

算法还有可改进的地方,首先由于该算法是建立在图像纹理轮廓分解的基础之上,所以找到一种更有效的图像分解方法来分解待修补图像,对修补结果是非常有帮助的.另外,就是虽然该算法容许噪声存在,并有一定的去噪能力,但分解后纹理细节图像中包含一定的噪声,如果不能很好地分离纹理噪声,最后合成的图像仍然会含有一定的噪声.

#### 参考文献:

- [1] Bertalmio M, Sapiro G, Caselles V. Image Inpainting[C]// Proceedings of International Conference on Computer Graphics And Interactive Techniques New Orleans, Louisiana, USA, 2000.
- [2] Efros A A, Leung T K. Texture Synthesis by Nonparametric Sampling. IEEE International Conference on Computer Vision, Corfu, Greece, 1999: 1033 - 1038.
- [3] Masnou S. Disocclusion: A Variational Approach Using Level Lines[J]. IEEE Trans Image Processing, 2002, 11: 68 - 76.
- [4] Levin A, Zomet A, Weiss Y. Learning How to Inpaint from Global Image Statistics[C]// International Conference on Computer Vision, 2003.
- [5] Chan T, Shen F. Mathematical Models for Local Non - texture Inpaintings[J]. SIAM Journal on Applied Mathematics, 2002, 62: 1019 - 1043.
- [6] Rudin L, Osher S, Fatemi E. Nonlinear Total Variation Based Noise Removal Algorithms[J]. Physica D, 1992, 60 (1 - 4) : 259 - 268.
- [7] Vese L A, Osher S J. Modeling Textures with Total Variation Minimization and Oscillating Patterns in Image Processing[R]. UCLA CAM Report, 2002.
- [8] Meyer Y. Oscillating Patterns in Image Processing and Nonlinear Evolution Equations[R]. AMS University Lecture Series 22, 2002.

(上接第 56 页)

该方法的好处是:可以从权威的碑文上得到表示书法汉字间架结构特征的特征结构集,有利于进一步科学的分析该书体的间架结构特征.另外,对于每一个固定的基本部件,运用该算法后提取到的特征结构是相同的,同一个书法汉字的组成部件之间的相对关系也是固定的,提取过程中不受人工的干预,利用这些特征结构,易将一个基本汉字部件根据它的特征重新放到合适的位置上,最终达到用书法汉字基本部件与间架结构特征来生成书法汉字的目的.

#### 参考文献:

- [1] 崔屹. 图像处理与分析——数学形态学方法及应用[M]. 北京:北京科学出版社, 2002.
- [2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood. 数字图像处理[M]. 2版. 北京:北京电子工业出版社, 2007.
- [3] Sun Xingming, Chen Huowang, Yang Lihua, et al. Mathematical Representation of a Chinese Character and its Applications. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2002, 16(8): 735 - 748.
- [4] Jang B K, Chin R T. One - Pass Parallel Thinning: Analysis, Properties, and Quantitative Evaluation. IEEE PAMI, 1992, 14(11): 1129 - 1140.
- [5] Choy S S O, Choy C S T, Siu W C. Note: new Single - Pass Algorithm for Parallel Thinning. Computer Vision Image Understanding, 1995, 62(1): 69 - 77, 1387 - 1399.