

文章编号 1004-924X(2009)10-2576-10

# 应用形态学 top-hat 变换的支票方形印鉴自适应分割

何 瑾,刘铁根,张 昊,张忠传

(天津大学 精密仪器与光电工程学院 光电信息技术科学教育部重点实验室,天津 300072)

**摘要:**为了准确分割支票中的方形印鉴图像,为印鉴真伪自动识别提供无失真的二值待验图像和预留图像,提出一种基于 top-hat 变换的自适应形态学分割算法。根据支票印鉴的色彩信息和拓扑结构特点得到方形印鉴的灰度图像,将印鉴灰度图像分成 4 个子区域,以便准确分割印鉴中具有不同笔划结构和背景均匀度的印鉴成份。对每个子区域中的字符和印框分别做 top-hat 变换增强图像细节后,再用 Otsu 方法二值化。由于 top-hat 变换中所用结构元素的尺寸对分割结果有很大影响,本文根据每个子区域中印框和字符的结构特点分别迭代地计算适用于它们的最佳尺寸结构元素。分割了 350 枚不同支票方形印鉴,分割准确率为 99.43%。结果表明,该方法可以准确地分割笔划复杂且分布密集的方形支票印鉴图像,有效地减少分割结果中容易出现的笔划粘结和残缺失真,降低了对原始印鉴图像的质量要求。

**关键词:**支票方形印鉴;图像分割;自适应分割;top-hat 变换;结构元素

**中图分类号:**TP391.4 **文献标识码:**A

## Adaptive algorithm based on morphological top-hat transformation to segment Chinese square seals in bank checks

HE Jin, LIU Tie-gen, ZHANG Hao, ZHANG Zhong-chuan

(Key Laboratory of Opto-electronics Information and Technical Science of the Ministry of Education, School of Precision Instrument and Opto-electronics Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** To segment a binary seal image out of a check image without distortion, an adaptive morphological segmentation algorithm based on a top-hat transformation is proposed to accurately extract a binary Chinese square seal from a bank check. A gray scale square seal is extracted from a coloured bank check according to the colour information. Different Chinese characters have different stroke features and background evenness. To respectively process each character in the square seal, the seal is divided into four sub-squares. Then, the background across each sub-square of the grey scale seal image is smoothed by the top-hat transformation. The size of the structuring element in the top-hat transformation can have a significant influence on the segmentation. So an adaptive method is proposed to iteratively estimate the proper size of the structuring element according to the local foreground area. In each sub-square, the optimal size of the structuring elements, respectively, for the imprint frame and the character are estimated. With their optimal structuring elements, the character

收稿日期:2008-11-25;修订日期:2008-12-23.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 60627002)

and the imprint frame in each sub-square are filtered by the top-hat transform and binarized by the Otsu's method. The experimental result shows that when 350 different square seals are segmented in bank checks, only 2 segmented seals have distortions. It is proved that the proposed algorithm can correctly segment Chinese characters with intricate and dense strokes in a bank check square seal. Adhesion and incompleteness distortions in the segmentation results are reduced, even when the original square seal has poor quality.

**Key words:** Chinese square seal; image segmentation; adaptive segmentation; top-hat transform; structuring element

## 1 引言

印鉴,作为个人、企事业单位、社会团体、政府部门具有法律意义的标志和证据,在我国被广泛使用。特别是在银行等金融领域中所涉及的支票等票据凭证上,印鉴更是证明票据合法性的权威判据。随着社会经济的快速发展,传统的人工“折角核印”的印鉴鉴别方法,已不能满足银行系统的需求。因此,随着各种识别技术的日益成熟,对印鉴自动鉴别已经成为现实的迫切需要<sup>[1]</sup>。

印鉴自动鉴别的主要难点来自于既要准确区分真假印鉴,又要容忍真章印鉴之间的差异。在印章的实际应用中,由于盖印条件不同,同一印章所盖出的不同印鉴也存在色彩均匀度、笔划宽度等多种不同,另外还存在局部残缺、转角模糊和笔划粘结等噪声。这些噪声和真假印鉴之间的差别混在一起,使得原本很难分辨的真假印鉴更加难于辨别。

经过多年的研究,图像处理技术已被证明是一种有效、可靠的印鉴自动鉴别方法<sup>[2-3]</sup>。多种基于图像处理技术的印鉴识别算法被相继提出。这些识别算法多是通过比较待测印鉴和预留印鉴的二值图像来鉴别真伪<sup>[4]</sup>。其算法的稳定性和准确性很大程度上依赖于分割印鉴灰度图像后得到的二值图像的质量<sup>[5]</sup>。但是目前在基于图像处理技术的印鉴自动鉴别领域,如何准确的分割印鉴图像仍是一个待解决的问题。

近年来,很多学者对印鉴的分割方法做了一系列深入的研究。概括起来,支票印鉴图像的分割方法可以分为两个部分,即提取印鉴灰度图像和印鉴图像二值化<sup>[6]</sup>。在印鉴图像提取方面,Ai和Peng<sup>[5]</sup>根据支票的色彩信息提取印鉴灰度图像,Lou<sup>[7]</sup>用的是模板匹配的方法,Zhou和

Zhang<sup>[8]</sup>用阈值法直接从支票图像中得到印鉴的二值图像。在印鉴图像二值化方面,Chen<sup>[9]</sup>用经验固定阈值法,Ai<sup>[5]</sup>采用直方图包络极小值点法,而Xu<sup>[10]</sup>则用全局阈值与局部阈值相结合的方法。此外,Otsu方法也是一种常用的印鉴图像二值化方法<sup>[11-12]</sup>。

但总起来说,现有的印鉴分割方法对印鉴质量要求较高<sup>[13]</sup>,且多是针对圆形印鉴。对于笔划复杂且分布密集的方形印鉴,这些分割方法经常会产生笔划粘结或者笔划残缺等失真。这些失真会损失印鉴图像的细节信息,影响后续识别算法的准确性。

为了准确分割支票方形印鉴,本文提出了一种基于形态学 top-hat 变换的自适应分割算法。此算法分为两步。第一步,提取支票中的方形印鉴灰度图像。第二步将印鉴原始灰度图像分成四个子区域,然后分别自适应的选取适用于每个子区域中字符和印框的最佳尺寸结构元素。用所得最佳尺寸结构元素对子区域灰度图像作形态学 top-hat 变换。最后用 Otsu 方法得到方形印鉴的二值图像。本文在第二节、第三节分别介绍这两步算法的具体实现。此算法可以有效减少方形印鉴二值图像在笔划密集区域中容易出现的笔划粘结失真,并且降低了对印鉴原始图像的质量要求。

## 2 提取支票方形印鉴

我国支票中的有效印鉴是指色彩鲜明、印泥均匀、图案完整的印鉴。从几何结构上看,印鉴通常有个封闭的外框,称为印框。在印框所围的区域里,是一些彼此分离的字符和图形区域,称为印鉴成份。支票上的印鉴图像一般为红色,支票背景图像中的红色分量却很少。并且,在支票背景

中与印鉴色彩相同的图案很少有印鉴这种包围与被包围的拓扑结构<sup>[9]</sup>。根据支票印鉴的色彩信息和拓扑结构可以直观地确定印鉴位置。

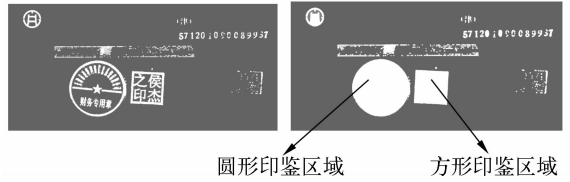
我们利用文献<sup>[5]</sup>中的方法,根据式(1)将支票彩色图像转换为灰度图像。

$$I = \begin{cases} R - (G+B)/2, & [R - (G+B)] > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (1)$$

其中,  $R$ 、 $G$ 、 $B$  分别表示支票图像中任意一像素点的红、绿、蓝分量,  $I$  表示转换为灰度图像后该像素点的灰度值。在所得灰度图像中, 对应于原来彩色支票图像中红色的区域比其它区域灰度值高, 如图 1(b) 所示。也就是说, 越红灰度值越高。

然后用 Otsu 方法将支票灰度图像二值化, 结果如图 1(c) 所示。在支票二值图像中, 利用印鉴具有的包围与被包围的拓扑结构特点, 我们用 filling-holes 算法填充整个印鉴区域。因为噪声等因素影响, 支票二值图像中的印框可能会出现断裂, 不能完全封闭。所以在作 filling-holes 运算之前, 先对支票二值图像进行形态学膨胀运算, 保证印框封闭。图 1(d) 所示为对支票二值图像作 filling-holes 运算之后所得结果。

在作过 filling-holes 运算之后的支票图像中, 如图 1(d) 所示, 利用区域增长法定位各候选区域。其中, 与面积最大的圆形连通域相邻的最大面积的方形区域即为方形印鉴所在区域。在支票灰度图中, 提取如图 1(e) 所示的能包含此方形印鉴的最小范围框, 即可得到方形印鉴的原始灰度图像。为了便于显示, 将图 1(e) 作灰度级反转, 得到图 1(f) 所示图像。本文下面的算法将集中对方形印鉴原始灰度图像作二值化分割处理。



(c) 用 Otsu 方法得到的支票二值图像  
(d) 进行膨胀和 filling-holes 运算后的支票二值图像  
(c) Binary check image obtained by Otsu's method  
(d) Binary check image after dilation and fillingholes



(e) 提取到的方形印鉴灰度图像  
(f) 图像(e)的补  
(e) Extracted grayscale square seal  
(f) Complement of (e), seal

图 1 提取支票中的方形印鉴灰度图像

Fig. 1 Extracting square seal images from bank check image

### 3 方形印鉴图像的二值化

Otsu 方法是一种较为通用且稳定的分割算法, 对大多数情况的表现都较为良好, 分割质量通常都有一定的保障, 如图 2(a) 所示。但是对于方形印鉴中笔划密集的字符, Otsu 方法有时会产生笔划粘结失真, 例如图 2(b) 的右上角字符。这些失真会增加印鉴识别的难度, 影响识别结果的准确性。

由于在方形印鉴图像中, 不同的字符有不同的笔划分布特征和背景均匀度, 所以用全局阈值实现印鉴图像全部内容的二值化就很可能产生失真。例如在图 2(b) 中, 原始印鉴灰度图像左上角的字符笔划简单且分布稀疏, 而右上角字符笔划复杂且分布密集。在用 Otsu 方法得到的二值图像中, 左上角字符几乎没有出现失真, 而右上角字符出现了严重的笔划粘结失真。由此想到, 如果印鉴内部的每一个字符都根据自身的笔划特征进行分割, 那么就可能会减少分割结果中出现的失真。所以, 下面我们把方形印鉴分成 4 个子区域, 尽量保证每个子区域都包含一个完整的印鉴成份。



(a) 原始彩色支票图像  
(b) 根据色彩信息得到的支票灰度图像  
(a) Original color check image  
(b) Grayscale check image obtained by color transform



(a) 笔划分布稀疏的印鉴灰度图像和它的二值图像  
(a) Original seal image with sparse strokes and its thresholded result with good quality



(b) 笔划分布密集的印鉴灰度图像和它的二值图像  
(b) Original seal image with dense strokes and its thresholded result with poor quality

图 2 由 Otsu 方法得到的分割结果

Fig. 2 Binaryzation results by Otsu's method

### 3.1 方形印鉴图像分块

通过观察多枚支票印鉴发现,绝大多数的方形印鉴都由三个或四个字符组成,并且这些字符在印框所围区域内均匀分布。因此,我们用过印框对边中点的两条直线将印鉴等分成 4 个子区域。这样就可以使每个子区域都尽可能的包含一个完整的字符。印鉴具体分块步骤如下:

(1) 利用 Hough 变换得到方形印鉴灰度图像的边缘图,其中包含边缘点最多的 4 条直线即为方形印鉴的 4 个外边,如图 3(a)中红线(打印为黑色)所示。

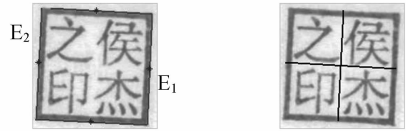
(2) 如果印鉴两个外边之间夹角  $< 5^\circ$ ,则认为这两个外边是一组平行的对边,如图 3(a)中的  $E_1$  和  $E_2$ 。用同样的方法,找到另外一组平行的对边。两组对边近乎垂直。

(3) 每两条近乎垂直的印鉴外边有一个交点。4 条印鉴外边得到 4 个交点。根据这 4 个交点的位置,计算出每条印鉴外边的中点位置,如图 3(a)和 (c)中“\*”所示。

(4) 每一组平行对边的两个中点确定一条直线。4 个中点确定两条直线。这两条直线把方形印鉴分成 4 个子区域,如图 3(b)和 (d)所示。

对于四字符方形印鉴,分块后得到的每个子区域都可以包含一个较完整的字符,如图 3(b)所示。但在三字符方形印鉴内,通常是两个字符均分印鉴内一半的区域,而另外一个字符单独占据

印鉴另一半区域,如图 3(c)所示。分块后,单独占据印鉴内一半区域的那个字符会被分成两部分,分别包含于两个不同的子区域中,如图 3(d)所示。因为接下来的处理过程不会改变子区域的边缘信息,所以将一个字符分成两块处理不会影响最终分割结果的准确性。



(a) 四字符方形印鉴的 4 条外边和各边中点  
(a) A four-character square seal image with red borders detected by Hough transform and midpoints symbolized by "\*" on four seal borders.  
(b) 将四字符方形印鉴分成 4 个子区域  
(b) Dividing (a) by two lines that pass through midpoints on each pair of parallel borders



(c) 三字符方形印鉴的四条外边和各边中点  
(c) A three-character square seal image with red edges and "\*" midpoints  
(d) 将三字符印鉴分成 4 个子区域  
(d) Dividing (c) by the two lines

图 3 将方形印鉴分成 4 个子区域

Fig. 3 Dividing a square seal into four sub-squares

### 3.2 基于形态学 top-hat 变换的自适应分割

数学形态学以严格的数学理论和几何学为基础,用具有一定结构和特征的结构元素去量度图像中的对应形状,以达到对图像分析和识别的目的<sup>[14]</sup>。形态学 top-hat 变换可以增强灰度图像的阴影细节,突出前景目标。所谓 top-hat 变换就是

$$h = f - (f \circ b), \tag{2}$$

其中,  $h$  是 top-hat 变换后得到的结果图像,  $f \circ b$  表示使用结构元素  $b$  对原始图像  $f$  进行形态学开操作,  $f$  是前景灰度值高、背景灰度值低的灰度图像。

图 4 是对印鉴图像进行 top-hat 变换的过



(a) 印鉴原始灰度图像 (b) 原始图像的补  
(a) Original image (b) Complement image



(c) 由 Otsu 方法得到的二值图像 (d) 对(b)进行开运算得到的结果图像  
(c) Threshold image by Otsu's method (d) Opened image of (b)



(e) Top-hat 变换 (f) Top-hat 变换后再用 Otsu 方法得到的二值图像  
(e) Top-hat transformation (f) Thresholded top-hat image

图 4 Top-hat 变换

Fig. 4 Top-hat transformation

程。图 4(a)是方形印鉴的原始灰度图像,其右上角字符区域比其他字符区域有更多的阴影细节。图 4(b)是图 4(a)作灰度级反转后的图像,它的前景灰度值高,背景灰度值低。图 4(c)是直接 Otsu 方法分割图 4(b)得到的二值图像。其中,右上角字符没有被准确的分割。图 4(d)是使用



(a) 印鉴灰度图像 (b) 取半径为 10 个像素长度的圆盘形结构元素对(a)进行 top-hat 变换后,再用 Otsu 方法得到的分割结果  
(a) An original grayscale seal image (b) Thresholded top-hat result of the original image in (a) when the radius of the disk-shaped structuring element is 10 pixels



(c) 结构元素半径增大为 20 个像素长度后得到的分割结果 (d) 印鉴灰度图像,与(a)相比, (d) 的笔划结构较复杂,笔划宽度较小  
(c) When the radius is 20 pixels (d) Another original grayscale seal image with thinner and more complex stokes than (a)



(e) 用和(b)中相同尺寸的结构元素处理(d)后得到的分割结果 (f) 结构元素半径增大为 20 个像素长度后得到的(d)的分割结果  
(e) Thresholded top-hat result of the original image in (d) when the radius is 10 pixels (f) When the radius is 20 pixels



(g) 印鉴灰度图像,“印”字笔划宽度明显大于其它两个字符的笔划宽度 (h) 结构元素半径为 9 个像素长度时得到的(g)所示的灰度图像的分割结果  
(g) Another original grayscale seal image, in which different characters have different stroke widths and structures (h) Thresholded top-hat result when using a disk-shaped structuring element with the radius of 9 pixels to operate the whole

图 5 结构元素尺寸对分割结果的影响

Fig. 5 Influences of the size of structuring element on segmentation results

半径为 10 个像素长度的圆盘形结构元素对图 4(b)进行开操作后得到的。用图 4(b)减去图 4(d)即得到 top-hat 变换后的灰度图像,如图 4(e)所示。图 4(f)是用 Otsu 方法分割图 4(e)得到的二值图像。在图 4(f)中所有字符都被准确分割。

Top-hat 变换虽然可以增强图像细节,使图

像的二值化分割结果更准确,但前提是变换时所使用的结构元素尺寸必须足够大,也就是说前景图像中的任何区域都不能完整的包含一个结构元素。否则在二值图像中就会出现残缺失真。同时,结构元素也不能过大。否则会对图像背景产生不合理的估计,进而在印鉴二值化结果中引入粘结失真。

不同的印鉴图像对结构元素尺寸的要求不同。下面以图 5 为例,进行具体说明。图 5(b)和(e)分别是印鉴灰度图像图 5(a)和(d)进行 top-hat 变换后再用 Otsu 方法分割得到的二值图像。此时,使用的圆盘形结构元素半径为 10 个像素长度。图 5(b)中出现了残缺失真,而(e)中几乎没有失真。将结构元素半径变为 20 个像素长度,用同样的方法得到的二值图像图 5(c)和(f)。此时图 5(b)中出现的残缺失真在图 5(c)中消失,但是在图 5(f)中出现粘结失真。由此可以看出,用一个固定尺寸的结构元素处理所有印鉴图像显然是不可行的。

同时,在同一印鉴内的不同字符有不同的笔划结构和背景均匀度。因此,如果对同一印鉴内的所有字符用同一尺寸的结构元素进行 top-hat 变换,则可能在其二值化结果中有的字符出现残缺失真,有的出现粘结失真。例如图 5(g)所示的印鉴灰度图像,用半径为 9 个像素长度的圆盘形结构元素对整幅图像进行 top-hat 运算,再二值化后得到图 5(h)。图 5(h)左上角字符出现粘结失真,而右边字符中出现残缺失真,左下角字符被准确地分割。同理,由于通常印框比字符结构简单,面积大,所以如果用同一尺寸的结构元素处理位于同一个子区域内的印框和字符同样可能会产生失真。

为了弥补固定尺寸结构元素的不足,本文提出了一种自适应的方法,根据印鉴每个子区域内字符和印框的面积分别迭代计算适用于此子区域中字符和印框图像的最佳尺寸结构元素。下面以计算用于处理字符图像的最佳尺寸结构元素为例,详细介绍此自适应方法。图 6 为此算法流程图。

首先,用 Otsu 方法得到每个子区域的二值图像(背景灰度值为 0),分别记为  $R_i (i=1, 2, 3, 4)$ ,如图 7(b)所示。

接着,提取第  $i$  个子区域二值图像  $R_i$  中的字

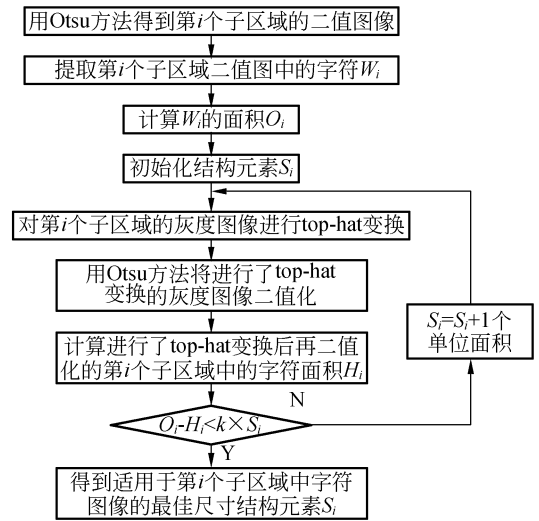


图 6 最佳尺寸结构元素自适应算法流程图

Fig. 6 Flowchart of adaptive algorithm to calculate optimal size of structuring element for character in each sub-square

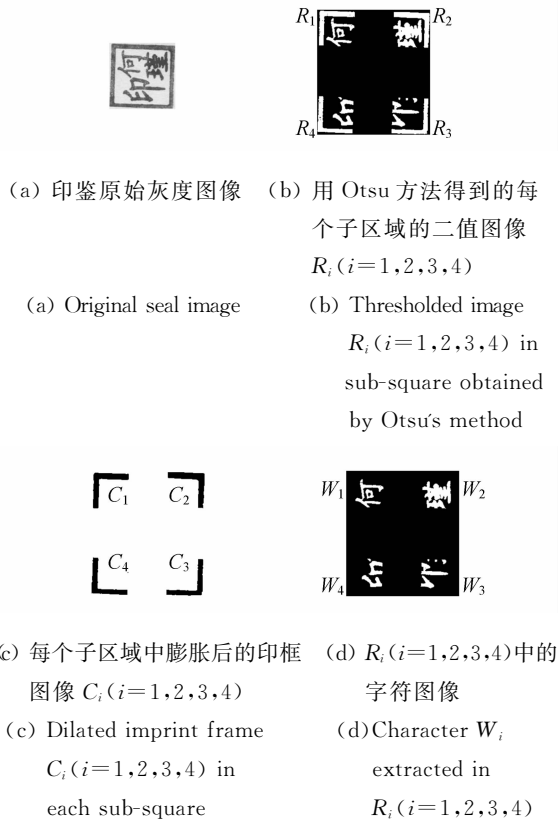


图 7 提取每个子区域中的字符图像

Fig. 7 Extraction of character in each sub-square

符,计算此字符面积  $O_i, i=1, 2, 3, 4$ 。具体步骤

如下:

用 Otsu 方法得到方形印鉴二值图像, 记为  $A$ 。

(1) 为了保证印框的封闭性, 对  $A$  进行一次形态学膨胀运算, 所得结果记为  $B$ ;

(2) 取  $B$  中面积最大的连通域, 得到膨胀后的印框图像  $F$ ;

(3) 用在本文 3.1 中得到的那两条过印鉴对边中点的直线将  $F$  分成 4 部分, 每部分分别记为  $F_i (i=1, 2, 3, 4)$ ;

(4) 将  $F_i$  灰度级翻转得到背景灰度值为 1, 印框图像灰度值为 0 的图像  $C_i$ , 如图 7(c) 所示。  $C_i$  和  $R_i$  相与, 得到  $R_i$  中的字符图像  $W_i$ , 如图 7(d) 所示;

(5)  $O_i = \sum_{w_i} f(x, y)$ , 其中  $f(x, y)$  是  $W_i$  中  $(x, y)$  点像素灰度值。

然后, 用一个大小为  $S_i$  的结构元素对印鉴灰度图的第  $i$  个子区域作 top-hat 变换,  $i=1, 2, 3, 4$ 。这里,  $S_i$  的初始值必须足够小, 也就是说前景图像中存在某个区域可以完全包含此结构元素。否则, 后续的迭代算法将失效, 并有可能产生粘结失真。用 Otsu 方法将作过 top-hat 变换的第  $i$  个子区域图像二值化, 得到二值图像  $TH_i$ 。将  $TH_i$  与  $F_i$  相与, 得到中的字符图像。将  $TH_i$  与  $F_i$  相与, 则得到印框图像。记此时  $TH_i$  中的字符面积为  $H_i$ 。由于初始时  $S_i$  较小, 所以  $TH_i$  中会出现像图 5(b) 中那样的残缺失真。也就是说, 此时  $O_i - H_i > k \times S_i$ 。  $k$  是常量, 取  $k=0.75$ 。

为了找到适用于第  $i$  个子区域中字符图像的最佳尺寸结构元素, 我们迭代的增大  $S_i$ 。每迭代一次,  $S_i$  增大一个单位面积。当满足  $O_i - H_i < k \times S_i$  时,  $S_i$  即为最佳尺寸结构元素。用同样的方法可以计算出每一个子区域中适用于印框图像的最佳尺寸结构元素。

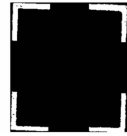
对每个印鉴子区域中的字符和印框图像分别用各自的最佳尺寸结构元素进行 top-hat 变换后, 再用 Otsu 方法得到二值图像。最后将得到的四个子区域中的字符和印框的二值图像相或, 即可得到方形印鉴的二值化分割结果, 如图 8 所示。图 8(c) 中我们将最终的分割结果作灰度级

翻转, 以便显示。



(a) 图 7(a) 的每个子区域中字符的分割结果

(a) Segmented characters in four sub-squares of fig. 7(a)



(b) 每个子区域中印框的分割结果

(b) Segmented imprint frames (c) Final segmentation result of seal

图 8 分割结果

Fig. 8 Segmentation results

## 4 实验结果与分析

在实验中, 我们分别用本文提出的自适应形态学分割方法和其他几种常用的分割方法处理 350 枚不同方形印鉴的原始灰度图像, 所得部分结果列于表 1 中。

在表 1 中, 第一行为方形印鉴原始灰度图像, 其他行为相应原始图像的分割结果。每一行二值图像由同一种分割方法得到, 不同行的二值图像由不同的分割方法得到。

在第一行的 6 枚印鉴原始图像中,  $A_1$  笔划较少, 结构简单。  $E_1$  和  $F_1$  笔划结构复杂但分布稀疏。  $B_1$ 、  $C_1$  和  $D_1$  笔划结构复杂且分布密集。  $B_1$ 、  $C_1$  和  $D_1$  虽然有相同的印鉴成份, 但是由于盖印力度、油墨浓淡程度等盖印条件的不同, 它们的质量明显不同。

第二行是直接用 Otsu 方法得到的印鉴二值图像。由于原始图像  $B_1$  和  $C_1$  的质量较差,  $B_2$  和  $C_2$  中出现了粘结失真。

第三行是先对印鉴原始灰度图像平滑滤波, 再二值化得到的<sup>[12]</sup>。对于笔划稀疏的印鉴  $A_1$ 、





































$E_1$ 、 $F_1$ ,用这种方法可以得到准确的分割结果,如图  $A_3$ 、 $E_3$  和  $F_3$  所示。但是用这种方法分割像  $B_1$ 、 $C_1$  和  $D_1$  这样笔划密集的印鉴,其结果中会出现严重的粘结失真,如图  $B_3$ 、 $C_3$  和  $D_3$  所示。

第四行和第五行的二值图像是用固定尺寸结构元素对原始灰度图像进行 top-hat 变换后再用 Otsu 方法得到的。其中,第四行所用结构元素是半径为 10 个像素长度的圆盘形结构元素。此时的结构元素尺寸适用于处理  $B_1$  和  $D_1$ ,但不适用于其他印鉴图像。所以在第四行的图像中除了  $B_4$  和  $D_4$  以外的其他图像都出现了残缺失真。当把结构元素半径增大为 20 个像素长度时, $A_5$ 、 $C_5$  和  $E_5$  中残缺失真消失,但在  $B_5$ 、 $C_5$  和  $D_5$  中又出现了粘结失真。由此可见,用同一尺寸结构元素处理多幅不同印鉴图像会在最终分割结果中引入失真。

表 1 最后一行图像是用本文提出的分割方法得到的。可以看出,这行二值图像中几乎不存在粘结或残缺失真。

表 1 印鉴灰度图像及其分割结果

Tab. 1 Original grayscale seals and their binarization results

					
(A <sub>1</sub> )	(B <sub>1</sub> )	(C <sub>1</sub> )	(D <sub>1</sub> )	(E <sub>1</sub> )	(F <sub>1</sub> )
					
(A <sub>2</sub> )	(B <sub>2</sub> )	(C <sub>2</sub> )	(D <sub>2</sub> )	(E <sub>2</sub> )	(F <sub>2</sub> )
					
(A <sub>3</sub> )	(B <sub>3</sub> )	(C <sub>3</sub> )	(D <sub>3</sub> )	(E <sub>3</sub> )	(F <sub>3</sub> )
					
(A <sub>4</sub> )	(B <sub>4</sub> )	(C <sub>4</sub> )	(D <sub>4</sub> )	(E <sub>4</sub> )	(F <sub>4</sub> )
					
(A <sub>5</sub> )	(B <sub>5</sub> )	(C <sub>5</sub> )	(D <sub>5</sub> )	(E <sub>5</sub> )	(F <sub>5</sub> )
					
(A <sub>6</sub> )	(B <sub>6</sub> )	(C <sub>6</sub> )	(D <sub>6</sub> )	(E <sub>6</sub> )	(F <sub>6</sub> )

从表 1 所列的实验结果可以看出,本文提出的方法可以准确地分割全部的印鉴灰度图像,而其他方法却不能。特别对于印鉴  $B_1$ 、 $C_1$  和  $D_1$ ,除

了本文提出的方法外,其他几种方法都不能得到准确的分割结果。 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $B_3$ 、 $C_3$ 、 $D_3$  和  $B_5$ 、 $C_5$ 、 $D_5$  的右上角字符中都出现了粘结失真, $C_4$  的右上角字符中出现了严重的残缺失真。而在  $B_6$ 、 $C_6$  和  $D_6$  中几乎不存在粘结或残缺失真。同时,对于用其他方法可以准确分割的印鉴图像,如  $A_1$ 、 $E_1$  和  $F_1$ ,用本文提出的方法同样可以得到准确的分割结果。

在对全部 350 枚不同支票方形印鉴图像的分割结果中,仅有两枚出现笔画粘结,其余分割结果都准确反映了印鉴的笔划细节,准确率为 99.43%。造成错误分割的原因是由于蘸墨过多,原始印鉴本身就存在严重的笔划粘结。实际应用时,这样的支票印鉴是不合格的,不会成为分割处理对象。

## 5 结 论

本文提出了一种自适应形态学分割算法,用于分割支票中的方形印鉴图像。首先,从支票图像中提取印鉴灰度图像,并把它分成四个子区域。然后,分别自适应地得到适用于每个子区域中字符和印框的最佳尺寸结构元素。用最佳尺寸结构元素对子区域图像进行 top-hat 变换后,再用 Otsu 方法得到印鉴二值图像。

把印鉴图像分成四个子区域分别处理,可以避免由全局阈值法引起的失真。分别自适应地计算用于每个子区域中印框图像和字符图像的最佳尺寸结构元素,可以减少由固定尺寸结构元素引起的失真。用最佳尺寸结构元素进行 top-hat 变换可以增强每个子区域图像中的阴影细节,突出前景目标。所以,先对印鉴灰度图像进行 top-hat 变换再用 Otsu 方法二值化,可以得到更准确的分割结果。

实验结果证明,本文提出的印鉴分割方法准确率为 99.43%,对印鉴质量要求较低,可以准确的分割具有各种笔划分布特征的方形印鉴图像,有效地减少了分割结果中容易出现的笔划粘结和笔划残缺失真。

## 参考文献:

- [1] CHEN Y S. Automatic identification for a Chinese seal image[J]. *Pattern Recognition*, 1996,29(11): 1807-1820.
- [2] CHANG S H, CHENG F H, HSU W H. Automatic seal identification by using point matching and fake detection [J]. *Pattern Recognition Letters*, 1999,20(14):1545-1552.
- [3] LIU H, LU Y, WU Q, *et al.*. Automatic seal image retrieval method by using shape features of chinese characters[C]. *Systems, Man and Cybernetics, ISIC IEEE International Conference on 7-10 Oct. USA: IEEE*, 2007:2871-2876.
- [4] HU Q, YANG J Y, ZHANG Q, *et al.*. An automatic seal imprint verification approach[J]. *Pattern Recognition*, 1995,28(8):1251-1266.
- [5] 艾武,彭磊,李玲玲. 用于支票印鉴鉴别的图像预处理及配准算法[J]. *计算机工程与应用*, 2003,39(3):34-37.  
AI W, PENG L, LI L L. Preprocessing and registration algorithm for check seal verification [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2003,39(3):34-37. (in Chinese)
- [6] 杨新军,王肇圻,刘唯一,等. 基于环投影模板匹配的印鉴鉴别法[J]. *光电子·激光*, 2001,12(11): 1177-1181.  
YANG X J, WANG ZH Q, LIU W Y, *et al.*. Seal imprint recognition based on ring-projecting template matching [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2001,12(11):1177-1181. (in Chinese)
- [7] 姜震,胡钟山,杨静宇. 支票自动处理系统中的图像处理及识别[J]. *南京理工大学学报*, 1999,23(3): 273-277.  
LOU ZH, HU ZH SH, YANG J Y. Applications of image processing and recognition technology in an automatic bankcheck processing system[J]. *Journal of Nanjing University of Science and Technology*, 1999,23(3):273-277. (in Chinese)
- [8] 周琨,张大力. 印章鉴定系统的图像处理研究[J]. *计算机工程与应用*, 2002,38(20):218-220.
- ZHOU K, ZHANG D L. Image processing technology in seal imprint verification[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2002,38(20):218-220. (in Chinese)
- [9] 陈鲤江,刘铁根,陈嘉佳,等. 基于中心-射线模型的印鉴识别方法及其应用[J]. *光学技术*, 2006,32(4):511-513, 517.  
CHEN L J, LIU T G, CHEN J J, *et al.*. Identification of seal imprint based on center-rays model and its application[J]. *Optical Technique*, 2006,32(4): 511-513,517. (in Chinese)
- [10] 胥勋涛. 印鉴自动识别系统算法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2004.  
XU X T. *Research on the algorithm of automatic seal identification system* [D]. Chongqing: Chongqing University, 2004. (in Chinese)
- [11] WANG S. Research on registration algorithm for check seal verification [J]. *SPIE*, 2007, 6833: 68330Y-1-8.
- [12] 刘重庆,曾东武,王福东. 在印鉴识别中的配准方法[J]. *上海交通大学学报*, 1998,32(9): 46-48.  
LIU CH Q, ZENG D W, WANG F D. Registration method of seal imprint identification [J]. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 1998, 32(9):46-48. (in Chinese)
- [13] 朱均超. 金融票据圆形印鉴真伪识别方法研究 [D]. 天津:天津大学, 2007.  
ZHU J CH. *Research on recognition method for verification of circle seal stamped on finance note* [D]. Tianjin: Tianjin University, 2007. (in Chinese)
- [14] 林玉池,崔彦平,黄银国. 复杂背景下边缘提取与目标识别方法研究[J]. *光学精密工程*, 2006,14(3):510-514.  
LIN Y CH, CUI Y P, HUANG Y G. Study on edge detection and target recognition in complex background[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(3):510-514. (in Chinese)

## 作者简介:



何 瑾(1980—),女,河北衡水人,博士研究生,2007 年于天津大学获得硕士学位,主要从事光电检测和图像处理方面的研究。E-mail: hejinhj @ gmail.com



张 昊(1978—),男,山东即墨人,工学博士,副教授,主要从事图像处理和光电检测方面的研究。E-mail: zhanghao.tju@gmail.com

## 导师简介:



刘铁根(1955—),男,天津人,教授,博士生导师,主要从事光电检测、嵌入式图像处理技术和光纤传感等方面的研究。E-mail: tgliu@tju.edu.cn



张忠传(1984—),男,福建龙岩人,硕士研究生,2007 年于南开大学获得学士学位,主要从事基于 DSP 的图像处理和机器视觉的研究。E-mail: zczgr@126.com

## ● 下期预告

## 稳定平台的自适应逆控制

李 英<sup>1,2,3</sup>,葛文奇<sup>1</sup>,王绍彬<sup>3</sup>,徐正平<sup>1,2</sup>

- (1. 中国科学院 长春光学精密机械及物理研究所,吉林 长春 130033;  
2. 中国科学院 研究生院,北京 100039; 3. 长春理工大学,吉林 长春 130022)

为提高稳定平台的性能指标,满足其高精度、快响应的要求,实现对目标的实时跟踪,对稳定平台的控制方法进行研究。首先根据自适应逆控制的基本原理设计出稳定平台自适应逆控制系统的结构。接着采用模型参考自适应逆作为控制器来完成稳定平台转轴的控制,尝试利用其开环特性来改进稳定平台的控制性能。稳定平台模型辨识和控制器的设计算法都采用最小二乘法(LMS),最后分别采用传统 PID 控制和自适应逆控制分析比较其输出效果。仿真结果表明:采用自适应逆控制时的定位精度可达 29"。结果表明,采用自适应逆控制的稳定平台具有响应快、无超调、抗干扰能力强以及稳态误差小等优点,其动、静态性能均优于常规的 PID 控制。