

复杂票据背景下的印鉴自动定位与提取*

刘凡, 陆叶, 刘宏*

北京大学信息科学技术学院智能科学系, 北京, 100821

北京大学深圳研究生院 Human Robot Interaction 开放实验室, 深圳, 518055

摘要: 本文从复杂票据背景下印鉴图像与背景图像颜色差异的分析入手, 结合印鉴外形的几何规则性以及整体的连续性, 提出了一种复杂票据背景下的印鉴自动定位与提取的方法。本方法跳出了传统的先将 RGB 图像灰度化, 再通过计算最优阈值来将图像二值化的算法框架, 直接根据彩色分量的梯度值来对图像进行二值化, 最大程度地去除背景噪声, 突出印鉴的轮廓。采用预估—优化—评价—修正四个步骤对印鉴图像进行精确定位, 既能实现较好的鲁棒性, 又可以避免引入不必要的噪声干扰, 减小计算开销的同时保证结果的置信度。通过大量实验验证了本文方法的可行性。

关键词: 印鉴定位 图像提取 置信度评估 多线索融合 边界修正

Automatic Extraction of Seal Imprint from Complex Check Background

Fan Liu, Ye Lu, Hong Liu

School of Electronics Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing, 100821

Open Lab on Human Robot Interaction, Shenzhen Graduate School, Peking University, 518055

Abstract: This paper starting with the analysis of differences in color between seal imprint image and the background, taking into account of geometrical characteristic and continuity of seal imprint image, presents a new method to automatically extract a seal imprint image from complex check background. This method directly transforms RGB image into black and White image based on the grads of blue and green value, without the intermediate process of transforming RGB image into grey image and setting a dynamic threshold, which is different from the traditional approaches, and will make the profile of seal imprint image be in focus with minimum noise. This method of precise orientation includes four steps-prediction, optimization, estimation, and modification, which could makes it robust, reduce computational cost, filter out unnecessary noise, and increase reliability. Experiments show the method is feasible for practical applications.

Keywords: Seal Imprint ; Orientation Image Extraction ; Reliability Estimation ; multi-cue-combination; border modification

1. 引言

日常生活中, 计算机自动处理印鉴图像并鉴别真伪的最主要的应用就是金融流通领域中各种票据上印鉴的自动鉴别。一般情况下, 一个完整的印鉴自动鉴别系统^[1]主要需要实现四

* 本文研究工作得到深圳市科技计划项目支持、国家自然科学基金项目 NSFC:60675025

* 论文通讯作者联系方式: 刘宏 教授 hongliu@pku.edu.cn

部分的功能：待测印鉴的提取，预留印鉴的检索，待测印鉴的配准，待测印鉴真假的判定。Fan 和 Tsai^[2]根据印鉴笔划的拓扑结构具有的相对稳定性，提出基于细化后的笔划骨架的配准和识别算法。Lee 和 Kim^[3]引入笔划特征图，融合了关系图和几何位置两条线索来进行判别，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^[4]从知识工程角度出发，引入差图像的概念，提出一种基于多特征的鉴别方法。高文等^[5]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鉴别特征。与此相反，待测印鉴图像的提取以及预留印鉴的检索却还处于需要人机交互来实现的半自动状态。预留印鉴的检索通常是由银行操作人员手动输入预留印鉴的 ID 号来完成。待测印鉴的提取则通常是由操作人员用鼠标在扫描得到的票据图像上手动圈出待鉴别印鉴图像然后由计算机完成后续的处理，使得印鉴自动鉴别系统无法像验钞机那样实现全自动化。如何能让计算机在复杂的票据背景中将印鉴图像自动定位并提取已经成为一个具有重要理论意义和应用价值的研究课题。刘宏和宋勇^[6-7]从印鉴的图像结构与汉字形态特征分析入手，提出了一种支持图像的自动检索系统。

2. 印鉴图像的定位

印鉴图像定位的主要任务是用一个矩形框来锁定印鉴的位置。对于一个印鉴来说要确定它在票据图像中位置只需要四个参数—— $x1, y1, x2, y2$ ，这四个参数可分别看作是印鉴图像的左边界，上边界，右边界和下边界，也可以把 $(x1, y1), (x2, y2)$ 看作是矩形边框的左上角和右下角坐标。在中国，银行对于盖在票据上的两个印鉴有一定的要求：代表财务负责人的私人章要盖在预留的空白区域内，代表公司法人的公章要盖在私人章的左边，并且不能超出一定区域范围。定位方法主要分为以下几个步骤：

2.1 票据图像进行二值化

经过实验观测，我们发现银行的支票和汇票的票面背景图案有一个共同的特点就是基本都是蓝绿色调，而票据上的印鉴的颜色为红色。所以本文采用 SOBEL 边缘检测算子来对输入的彩色票据图像中每个象素点的蓝色和绿色分量的梯度幅值进行计算，然后取二者中较大的一个作为该象素点的梯度幅值，通过实验选取一个较高的阈值来对边缘检测结果进行二值化。公式 (1) 中 E_b, E_g 分别表示蓝色分量梯度和绿色分量梯度。最终的二值化结果由公式 (2) 得到。采用的 SOBEL 梯度算子如图 1 所示。

$$E_b(x, y) = \nabla B(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial B}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial B}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

$$E_g(x, y) = \nabla G(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2}$$

$$f(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } E_b(x, y) > 400 \text{ 或 } E_g(x, y) > 400 \\ 1, & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

$\Delta x f$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

$\Delta y f$

图 1 SOBEL 梯度算子

输入的彩色票据图像如图 2 所示, 经过边缘检测算法 2.1 处理过的图像如图 3 所示, 灰色点表示背景像素点, 黑色点表示前景像素点。通过对比可以看出该边缘检测算法基本上将票据图像上的背景噪声去除了并且将印鉴的边界较好地提取出来。



图 2 输入的彩色票据图像



图 3 经过边缘检测算法处理后的二值图像

该边缘检测算法充分利用了颜色信息这条线索, 它的优点是去噪声能力强, 同时对于不同的票面背景具有鲁棒性, 缺点是由于阈值设的较高而导致提取出的边界完整性受到影响, 不过这个缺点可以通过后续的基于印鉴图像形状和边界的算法进行弥补。

2.2 通过投影算法来初步确定印鉴图像边界

由图 3 可以看出, 经过算法 2.1 处理后的票据图像上的黑点基本都是印鉴图像上的, 只有少量的噪声残留。我们用统计直方图的方法对处理后的图像进行分析, 初步确定印鉴图像的四个边界 $x1, y1, x2, y2$ 。若把票据图像进行四象限分割, 则印鉴图像所在的位置一般在第三象限, 即整幅票据图像的左下方, 所以我们先对左边的圆形印鉴图像的下边界 $y2$ 进行预估。具体算法为:

1) 将算法 2.1 处理过的票据图像上每一行上的前景像素 (即图 3 中所示的白色点) 的数目统计出来, 放在一个向量 $HOR=(N_1, N_2, \dots, N_m)$, 其中 m 为票据图像的行数, $N_i (i=1, 2, \dots, m)$ 表示第 i 行前景像素的个数。

2) 按照从 m 到 1 的顺序依次考察 HOR 中的元素, 直到找到第一个满足要求 $N_i=0$, 且 $N_{i+1}=0, N_{i-1}>0$ 的元素 N_i , 令 $y2=i$ 。

用同样的方法可以依次初步确定圆形印鉴图像的另外三个边界 $x1, y1$ 和 $x2$ 。

2.3 通过置信度评估函数来对印鉴图像边界进行优化

以左边界 $x1$ 为例, 该边界优化算法主要分为以下五个步骤:

1) 用投影的方法确定一个向量 $VER=(N_1, N_2, \dots, N_n)$, $N_j (j=1, 2, \dots, n)$ 表示第 j 列在行区间 $(y1, y2)$ 上的前景像素的个数。

2) 将 VER 中所有满足 $N_j=0$, 且 $N_{j-1}=0, N_{j+1}>0$ 的元素 N_j 所对应的下标 j 顺序地放在一个链表 LXI 中。

3) 对于链表 LXI 中的所有元素依次进行置信度评估。对于每一个元素 j , 根据公式 (3) 求出其置信度评估函数的函数值 $TRU(j)$ (其中 d_1 表示 N_{j-10} 到 N_{j-1} 中 0 值的个数, d_2 表示 N_{j+1} 到 N_{j+50} 中非 0 值的个数)。

$$TRU(j) = 5 \times d_1 + d_2 \quad (3)$$

4) 在链表 LXI 的所有元素中选出所对应置信度函数值 $TRU(j)$ 最高的元素 j_{max} , 并记录下其置信度函数值 TRU_{max} 。

5) 令 $x1=j_{max}$, 实现对左边界 $x1$ 的优化。

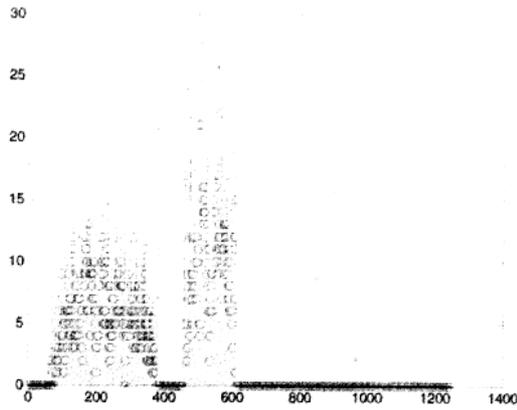


图4 向量 VER 所对应的统计直方图

算法 2.3 中采用的置信度评估函数充分利用了印鉴图像边界的完整性和连续性,其基本设计原理如图 4 所示。在向量 VER 中,如果元素 VER 中的元素 N_j 对应的下标 j 是印鉴图像的左边界那么它应该尽量满足两个条件:1) N_j 左边是连续的 0 值;2) N_j 右边是连续的非 0 值。

用同样的方法可以对算法 2.2 确定的另外三个边界 x_2, y_1 和 y_2 进行优化。通过该优化算法可以消除如图 2 中红色的工商银行标志,人民币大写栏的红线,以及票面残留红色印油等噪声的干扰。这些印鉴图像外的噪声是算法 2.1 无法完全去除的。

2.4 对置信度低的边界进行修正

虽然经过算法 2.3 处理后得到的四个边界 x_1, y_1, x_2, y_2 已经是优化过的相对置信度最高的,但是由于算法 2.1 在印鉴虚盖的情况下无法保证提取出的印鉴图像边界的完整性和连续性,使得经算法 2.3 优化后的四个边界的置信度仍然可能很低。为了确保定位算法的准确性和可信度,对算法 2.3 确定的四个边界 x_1, y_1, x_2, y_2 分别进行置信度分析。以左边界 x_1 为例,当它的置信度评估函数值 $TRU_{\max} \leq 95$ 时(置信度评估函数的值域为 $[0, 100]$),就认为

x_1 的可信度不够,需要进行修正。该修正算法分为以下两个步骤:

1) 根据印鉴图像为红色的特点,应用公式(4)将输入彩色票据图像(如图 2 所示)进行二值化,得到 IRB 图像(如图 5 所示)。 $f(x, y)=0$ 表示该点为前景像素点(图 5 中所示黑点), $f(x, y)=1$ 表示该点为背景像素点(图 5 中所示灰点)。 $R(x, y), G(x, y), B(x, y)$ 分别表示输入彩色图像中对应点的红、绿、蓝三个颜色分量。

$$f(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } R(x, y) - G(x, y) > 20 \text{ 且 } R(x, y) - B(x, y) > 20 \\ 1, & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

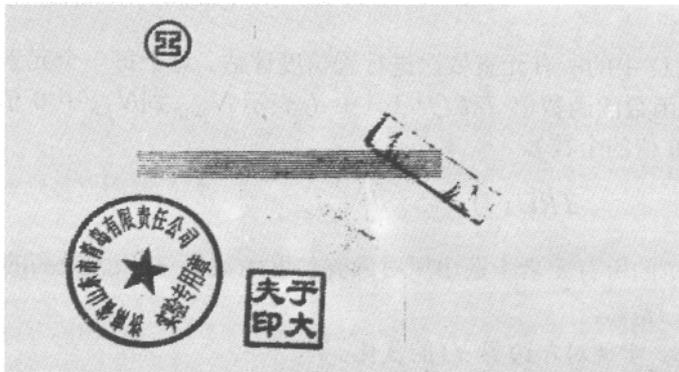


图5 根据红色线索对输入彩色图像进行二值化得到的 IRB 图像

2) 在 IRB 图像中利用印鉴图像的形状和边界信息对四个边界 $x1, y1, x2, y2$ 进行修正。

算法 2.3 确定的四个边界的位置, 虽然其中有些与实际边界位置有偏差, 但满足一定的规律。如图 6 中左边的印鉴图像所示, 左边界 $x1$, 和下边界 $y2$ 明显与实际位置有偏差, 但是都在印鉴图像内部, 也就是说如果左边界 $x1$ 不准确的话, 那么真正的左边界一定在它的左边, 这个是由算法 2.3 的性质决定的。以左边界的修正为例, 对 $x1$ 左边的列从右向左逐个进行扫描, 在 $(y1, y2)$ 区间上统计前景像素点的个数, 直到找到第一个列 j 满足该列在区间 $(y1, y2)$ 上的前景像素点个数为 0, 满足条件的列 j 作为修正后的左边界 $x1$ 就完成了对左边界的修正。该算法中的区间 $(y1, y2)$ 是动态变化的, 以避免印鉴图像周围红色噪声的干扰, 保证算法的鲁棒性。对于列 j 进行考察的时候, $y1, y2$ 的分别为列 $j+1$ 中前景像素所在行序数的最小值和最大值。修正前后效果对比如图 6 所示。

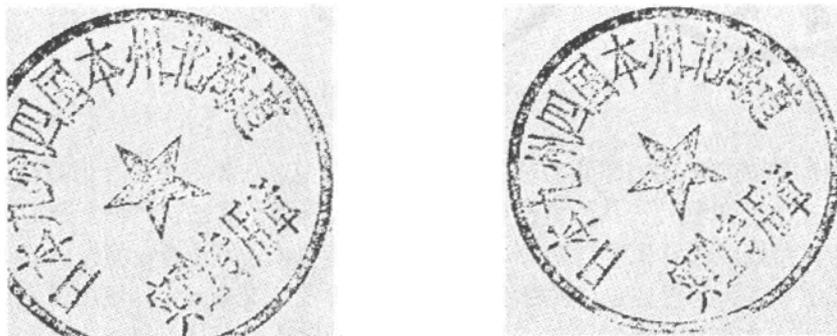


图 6 边界修正前后效果对比图

3. 印鉴图像的提取

根据定位算法确定的四个边界位置 $x1, y1, x2, y2$, 就可以通过在 IRB 图像上截取一个方形图像来实现印鉴图像的提取了 (如图 6 中右边的印鉴图像所示)。

对于圆形印鉴图像来说, 由于圆形的外边界与方形的边框之间存在着较大的空隙, 这些空隙中可能会存有一些 IRB 图像中残留的噪声。针对这种情况可以用印鉴为圆形的特点将圆形区域外的所有噪声去除, 因为当圆形印鉴被准确定位的以后圆心坐标和半径也随之确定了。如图 7 所示, 印鉴图像边框以内圆形边界以外的一些残留的噪声被去掉了。

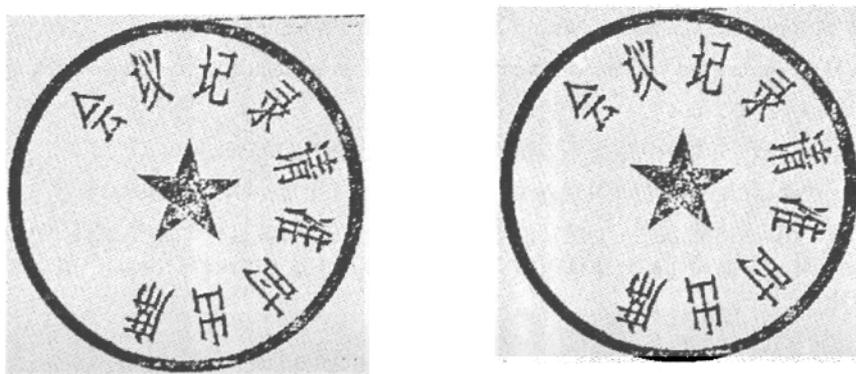


图 7 利用圆形边界特点去除残留噪声效果对比图

4. 实验结果和结论

本文采用了 50 组不同的印章, 每组中包括一个圆形的公章和一个方形的人名章。对于每组印章我们在六种不同的票据中均匀地挑选出 10 张, 按照现行的银行规定来进行印鉴的

加盖,注意每次加盖时使用不同的力度,每十张中有一张专门蘸取小的油墨量来模拟现实中常出现的印鉴虚盖的情况。所有盖好的票据用分辨率为 200DPI 的彩色扫描仪进行扫描输入。用本文的算法对 500 张票据图片中的圆形公章进行自动定位提取。在 500 张图像中,99%的情况都可以对印鉴图像进行精确定位并提取。图 8 中为三个输出结果示例。



图 8 输出结果示例

本文提出的算法很好的将印鉴的颜色信息,形状信息,边界信息进行了融合,利用它们之间的互补性来弥补单独用一条线索构建算法的不足,确保了算法在各种复杂情况下的鲁棒性。首先,针对票据图像背景噪声复杂,难以去除的特点,采用边缘检测算法 2.1 最大程度地去除噪声。其次,为了保证定位的精度,采取投影算法 2.2 来确定印鉴图像的边界。因为投影算法 2.2 对于印鉴图像外的噪声干扰比较脆弱,所以还要用基于印鉴边界完整性和连续性的算法 2.3 对其结果进行优化。最后,针对印鉴虚盖的情况,采用融合了颜色,形状和边界三条线索的修正算法 2.4 对置信度评估函数值低于 95 的边界进行修正,以弥补算法 2.1, 2.2, 2.3 在处理虚盖的印鉴图像方面的不足。99%的实验正确率证明了本文算法的可行性和鲁棒性。预估—优化—评价—修正的策略减少了无谓的计算开销并且为定位的精确性和可信度提供了保障。

参考文献

- [1] 余正生,王强,朱宝文,等. 银行验印系统开发. 计算机工程,1999,25(7):13~29
- [2] Fan T J, Tsai W H. Automatic Chinese seal identification. CVGIP, 1984,25:311~330
- [3] Lee S, Kim J H Unconstrained seal imprint verification using an attributed stroke graph matching. Pattern Recognition, 1989, 22: 653~664
- [4] 胡庆,杨静宇,等. 基于知识的印鉴鉴别方法. 自动化学报,1991, 17(6):696~704
- [5] 高文,等. 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
- [7] 宋勇,刘宏. 一种基于曲线匹配的印鉴图像自动检索方法. 北京大学学报(自然科学版),第40卷,第1期,2004年1月