

# 基于边缘匹配的印鉴自动鉴别方法\*

高 文 董胜富 周世意

(哈尔滨工业大学 计算机系 150001)

## 摘 要

利用计算机对印鉴真伪进行自动鉴别的研究是一项难度较大但又具有很大应用价值的课题。本文讨论了几种印鉴自动鉴别的方法,并提出了一种基于边缘匹配的鉴别方法。实验结果表明,该方法具有较强的稳定性、可靠性和适应性等特点,已基本达到实用水平。

关键词 印鉴自动鉴别, 印鉴识别, 相似度, 重填充技术, 逆向变换。

## 1 引 言

印章作为实体(如个人、企事业单位、社会团体、政府部门乃至到整个国家)的一种具有法律意义的标志和证据,在中国、日本、韩国及其它一些东亚国家和地区有着广泛的应用<sup>[1-5]</sup>,例如银行存取款利用印鉴证明身份等。由于利用传统的手工方法核对印鉴的真伪,受到人为因素和各种客观条件的限制,失误在所难免。传统的手工核对印鉴的方法已不能适应实际工作的需要。因此,利用计算机展开的印鉴自动鉴别的方法研究,无疑具有广泛的应用前景和一定的理论意义。

既要具有准确区分真假印鉴的能力和辨别真伪的可靠性,又要具有容忍真章印鉴之间存在较大差异的适应性,这是计算机印鉴自动鉴别方法所必须具备的特性,也是该项研究的难点所在<sup>[4,5]</sup>。在印章的实际应用中,由于盖印条件(如印泥成分、用力大小以及下垫物的软硬等)的不同,即使同一印章所盖出的不同印鉴之间也存在着较大差异;同时由于印鉴所具有的权威性,蓄意伪造印章的现象时有发生,有些伪造印鉴足以达到以假乱真的程度。因此,关于印鉴自动鉴别方法的研究是非常困难的。在此之前,日本、韩国及国内的学者对此进行了一些较深入的研究并取得了一定的进展。Ueda 和 Nakamura<sup>[1]</sup>根据人工核对印鉴的方法,最早提出了一种基于若干局部和全局特征的统计决策方法,该方法只适用于圆章印鉴的鉴别,而且当印鉴外框不完整时计算误差较大;针对方形印鉴的鉴别, Fan 和 Tsai<sup>[2]</sup>提出了基于细化后骨架的结构方法,其主要依据是印鉴笔划的拓扑结构具有相对稳定性,该方法的不足之处在于限制太多,当印鉴边界不完整、印章是圆形或椭圆等时,该方法不能有效地处理; Lee 和 Kim<sup>[3]</sup>引入了笔划特征图 ASG,把关系图和几何位置结合起来进行判决,该方法对印鉴的形状及拓扑结构的完整性等没有限制,但当两个印鉴的中心骨架很相似而笔划粗细有差别时,仅靠 ASG 该方法是很难鉴别其真伪的。上述方法由于所提取的特征本身的单一性和弱稳定性及算法复杂性等方面的原因,都难以达到实用水平。

\* 本文于 1994 年 3 月 22 日收到,修改稿于 1994 年 7 月 25 日收到

另外, 胡庆和杨静宇等<sup>[4]</sup>从知识工程的角度出发, 对印鉴鉴别中的启发式知识进行了较深入的研究, 并在此基础上引入了一套完整的基于启发式知识的印鉴鉴别方法. 文 [4] 中提出了真差与假差的概念, 但由于真差与假差在一定程度上相互重叠, 使得基于差图像的判别具有一定的不稳定性; 另外, 对于印鉴鉴别的启发式知识及其形式化, 还不够完善.

印鉴图像中存在大量的冗余信息, 而印鉴中笔划边缘集中体现了印鉴的重要信息, 如笔峰、笔划粗细及笔划的相对位置等. 据此, 我们提出了一种基于笔划边缘匹配的印鉴鉴别方法, 包括印鉴图像的预处理(如图像平滑、二值化、规格化等)、最佳配准关系的寻找、单像素边缘的提取、重填充技术及基于笔划边缘的匹配等算法.

## 2 基于边缘匹配的鉴别方法

由于印鉴图像中存在大量的冗余信息, 如何去除这些冗余信息而提取出关键特征是至关重要的. 印鉴中笔划边缘集中体现了印鉴的重要信息, 如笔峰、笔划粗细及笔划的相对位置等, 根据对印鉴图像的分析, 我们提出了一种基于笔划边缘匹配的印鉴自动鉴别方法, 该方法根据两幅边缘图像的相似度对被测印鉴进行分类.

设  $M$  和  $T$  是两幅已提取出边缘的印鉴图像, 用  $x(i, j)$  记  $X$  上的有意义的点. 将  $M$  和  $T$  重叠, 如果  $m(i, j) \in M$  与  $t(k, l) \in T$  的距离最近, 即满足

$$d(m, t) = \min_{t' \in T} \{d(m, t')\} \quad (1)$$

其中,  $d(m, t') = \sqrt{(i - k')^2 + (j - l')^2}$ , 则我们称  $m, t$  为对应点. 若  $d(m, t) = 0$ , 则称  $m, t$  为完全匹配点, 若  $d(m, t) = N$ , 则称  $m, t$  的距离为  $N$  点.

设印鉴图像中的一点  $P$ , 其最小距离  $d_p$  为到  $P$  对应点的距离, 则  $P$  基于最小距离的权定义为

$$W_p = \begin{cases} \frac{1}{d_p^2 + 1} & \text{if } 0 \leq d_p \leq K \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

其中  $K$  为最大上限常数. 则  $M$  和  $T$  的相似度定义为

$$Sim(M, T) = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{N_M} \sum_{m \in M} W_m + \frac{1}{N_T} \sum_{t \in T} W_t \right] \quad (3)$$

式中  $N_M, N_T$  为  $M$  和  $T$  中有意义点的数目. 从这一定义中可以看出, 不仅完全匹配的 point 被考虑, 而且距离相近的点对相似度的影响也被考虑在内. 在本文中, 我们取黑像素点为有意义点.

公式 (3) 精确地描述了两幅印鉴图像的相似程度, 但计算过于复杂. 在系统实现时, 我们提出了基于这一相似度的改进算法, 使系统的处理速度大大提高. 这一方法的关键算法如下.

### 2.1 配准关系的确定

在印鉴鉴别时, 模板印鉴和被测印鉴的对准关系极为重要, 配准算法的好坏直接影响到鉴别正确率的高低.

在利用模板印鉴对被测印鉴进行匹配以前, 两幅印鉴图像必须旋转到相同的角度, 我们的算法试图将每幅印鉴图像都旋转到水平位置上. 算法的基本思想是: 先求出印鉴图像的外接矩形和四个角点的坐标  $A(x_A, y_A), B(x_B, y_B), C(x_C, y_C)$  和  $D(x_D, y_D)$ , 如图 1 所示, 选取在水平线上

的投影长度较大的 AD 边上以一定的间隔做一组垂直扫描线  $L_1, L'_1, L_2, L'_2, \dots, L_n, L'_n$ , 其中  $L_i$  和  $L'_i (i = 1, 2, \dots, n)$  之间的间隔为常量  $L$ , 这些扫描线与 AD 边的交点分别为  $(x_{L_1}, y_{L_1}), (x_{L'_1}, y_{L'_1}), \dots, (x_{L_n}, y_{L_n}), (x_{L'_n}, y_{L'_n})$ , 则旋转角度  $\theta (-45^\circ < \theta < 45^\circ)$  为

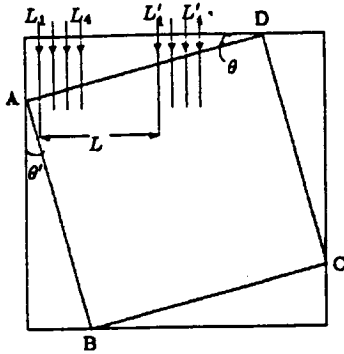


图 1 旋转角的计算

$$\theta = \tan^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y'_{L'_i} - y_{L_i})}{nL} \right] \quad (4)$$

同样地, 在垂直线上的投影长度较大的 AB 边上作同样操作, 得到另一旋转角度  $\theta' (-45^\circ < \theta' < 45^\circ)$ , 取  $\alpha = (\theta + \theta')/2$  作为印鉴旋转的角度, 将印鉴旋转  $\alpha$  角度后即可将印鉴图像旋转到水平位置.

在实验过程中, 我们发现在旋转后的新图像中存在许多“空穴”. 这是由于传统的图像变换算法采用正向思考法, 即对原图像中的每个像素点施以变换从而得到其在新图像中的相应位置. 在对图像作旋转变换

时, 对原图像中的每个像素点经旋转后其在新图像中的坐标未必恰好落在一个像素点上, 从而在新图像中产生许多“空穴”.

如果采用逆向变换方法, 这个问题便迎刃而解, 即对新图像中的每一点, 经逆变换求得在原图像中的位置, 该处像素值即为所求. 由于我们对新图像中的每一点都作了如上处理, 因而不会产生“空穴”现象.

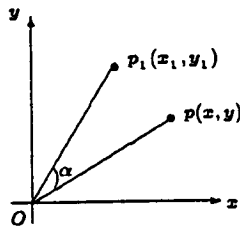


图 2 点的旋转

如图 2 所示, 设  $P(x, y)$  是原图像中的一点, 经旋转  $\alpha$  角度后得到点  $P_1(x_1, y_1)$ . 则根据  $P_1$  计算出点  $P$  的坐标为:

$$\begin{cases} x = x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha \\ y = y_1 \cos \alpha - x_1 \sin \alpha \end{cases} \quad (5)$$

将两幅印鉴图像都旋转到水平位置之后, 通过平移变换寻找最佳匹配点. 我们采用了先大致定位再精确定位的策略. 首先以两幅印鉴图像的几何中心为对

应点, 做一下大致匹配, 然后以该点为中心向四周搜索, 最终必能找到一个最佳匹配位置. 由于该算法的时间开销比较大, 如果采用一些优化高效的搜索算法, 将大大降低其时间复杂性.

## 2.2 单像素边缘的提取

由于传统的边缘检测方法提取的是多像素边缘<sup>[6]</sup>, 不能精确地反映出笔划的确切位置, 从而影响匹配精度. 我们采用如下技术得到印鉴图像的单像素边缘: 在第一遍扫描时, 标记出所有的非边缘黑像素点 (四邻域皆为 1, 本身也为 1 的点); 在第二遍扫描时去除这些带有标记的点.

## 2.3 重填充技术

印鉴图像提取出单像素边缘后, 设边缘点的像素值为 1, 其它为 0, 重填充算法如下:

step 1. 逐行扫描图像, 直到找到一个黑像素点, 判断其八邻域中是否有像素值为 0 的点, 如果有, 则把 0 置为 2;

step 2. 如果图像中所有的黑像素点都已处理, 则重新开始扫描, 直到找到一个像素值为 2

的点, 如果其八邻域中有为 0 的点, 则把 0 置为 3;

经上述处理, 就在原来每一条边缘的两侧填充了一些像素值为 2 和 3 的点.

#### 2.4 匹配方法

模板印鉴和被测印鉴经配准、提取单像素边缘及重填充(只对模板印鉴)后, 二者相互重叠, 对于被测印鉴中的每个像素值为 1 的点  $p$ , 其在模板印鉴中的对应点  $q$  存在如下三种情况:

- ①  $q$  的像素值为 1, 即  $q$  是关于  $p$  的完全匹配点;
- ②  $q$  的像素值为 2, 即  $q$  是关于  $p$  的距离差一点;
- ③  $q$  的像素值为 3, 即  $q$  是关于  $p$  的距离差二点;

则两幅印鉴图像的相似度  $S$  定义如下:

$$S(M, T) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^2 k_i n_i \quad (6)$$

式中  $k_0, k_1$  和  $k_2$  为常系数,  $n_0$  为完全匹配点的个数,  $n_1$  为距离差一点的个数,  $n_2$  为距离差二点的个数,  $N$  为模板印鉴图像中单像素边缘点的总数.

根据相似度  $S$  值, 对被测印鉴进行如下分类:

- 如果  $S \geq S_H$ , 则被测印鉴为真;
- 如果  $S \leq S_L$ , 则被测印鉴为假;
- 其它情况, 被测印鉴为可疑印鉴;

其中  $S_H, S_L$  是由实验所测定的常数.

### 3 实验与结论

利用 4 对不同的印章进行鉴别实验, 由于每对印章都是同一个人用同一字模刻出来的, 印鉴的笔划、笔锋等特征十分相似, 用肉眼很难辨别. 我们采用 16 幅印鉴图像进行交叉实验, 共得 72 个实验结果, 其中有三个误识. 据此, 鉴别正确率可粗略计算为

$$r = 1 - 3/72 \approx 95.8\%$$

每次鉴别所用的平均时间在 PC 386 机器上不超过 30 秒. 由此可见, 本文算法基本达到实用水平.

以往的印鉴鉴别方法往往只侧重于印鉴图像的统计信息或结构信息, 而本文所提出的基于单像素边缘点的匹配算法, 侧重于印鉴的拓扑结构和边缘信息, 实质上是结构方法与统计方法的统一. 相似度的定义精确地描述了模板印鉴和被测印鉴之间在笔划位置、笔划粗细等结构上的相似程度, 重填充技术的应用在一定程度上消除了盖印条件的差异所带来的不利影响, 因此该方法有着较强的适应性、稳定性和可靠性.

由于印鉴自动鉴别的难度较大, 进一步的研究仍在继续. 我们正努力将人工智能和专家系统的功能融入现有系统之中. 另外计算机网络在金融部门办公自动化系统中的应用愈趋广泛, 我们将努力把印鉴自动鉴别系统应用到包括银行存取款、信用卡、医疗和社会保险等实际应用系统中.

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Ueda K, Nakamura Y. Automatic Verification of Seal Impression Patterns. Proc 7th Conf Pattern Recognition(ICPR), 1984: 1019—1021.
- [ 2 ] Fan T H, Tsai W H. Automatic Chinese Seal Identification. Computer Vision Graphics and Image Processing, 1984, 25: 311—330.
- [ 3 ] Seongwhan Lee, Jin H Kin. Unconstrained Seal Imprint Verification Using Attributed Stroke Graph Matching. Pattern Recognition. 1989, 22(6): 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—703.
- [ 5 ] Gao Wen, Dong Shengfu, Zhou Shiyi. An Approach of Seal Imprint Verification. ISYT'94, Beijing.
- [ 6 ] Joseph Shou-Pyng Shu, One-Pixel-Wide Edge Detection. Pattern Recognition, 1989, 22(6): 653—664.

STROKE EDGE MATCHING BASED AUTOMATIC SEAL IMPRINT  
VERIFICATION

Gao Wen      Dong Shengfu      Zhou Shiyi

*(Dept. of Computer Science, Harbin Institute of Technology, 150001)*

## ABSTRACT

The study on automatic seal imprint verification by computer system is difficult, but it is significant in many applications. In this paper, several existed approaches of automatic verification are discussed, and a new approach for automatic verification based on stroke edge matching is proposed. Experimental results confirm that the proposed approach is excellent in steadiness, reliability and daptability, and it is feasible for practical applications.

**Key Words** Automatic Seal Imprint Verification, Seal Identification, Pattern Refilling, Degree of Similarity, Converse Transformation.