

基于 Krawtchouk-RBF 的印章图像分类识别^{*}

余彪¹, 万水龙², 刘进³, 王强德¹

- (1. 中国人民解放军 92493 部队, 辽宁 葫芦岛 125000;
2. 中国人民解放军 91960 部队, 广东 汕头 515074;
3. 南京航空航天大学, 江苏 南京 210016)

摘要: 为了有效地对印章图像进行分类, 提出了一种基于 Krawtchouk 矩和 RBF 神经网络的印章图像分类识别方法。首先提取标准印章图像的 Krawtchouk 矩不变量, 将其作为 RBF 神经网络的原始训练样本; 然后提取全部待鉴印章图像的 Krawtchouk 矩不变量, 将其作为 RBF 神经网络的输入量进行分类识别。实验结果表明, 使用 Krawtchouk 矩来描述印章图像的特征并通过 RBF 神经网络来对其进行分类识别的方法十分有效, 与同类的 Brushlet-RBF 法和 KPCA-RBF 法相比, 其识别率更高, 且更准确。

关键词: 印章图像; 分类识别; krawtchouk 矩; RBF; 神经网络

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)06-0044-04

Classification and recognition of seal image based on Krawtchouk-RBF

Yu Biao¹, Wan Shuilong², Liu Jin³, Wang Qiangde¹

- (1. NO. 92493 Force of PLA, Huludao 125000, China;
2. NO. 91960 Force of PLA, Shantou 515074, China;
3. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: In order to effectively categorize the seal image, a method of classification and recognition of seal image based on krawtchouk moment and RBF neural network is proposed. Firstly, krawtchouk moment invariants for part of the standard seal images are calculated to train the RBF neural network. Then characteristics of all the questioned seal images are applied to recognize. Results show that Krawtchouk moments as a feature description of the seal image by RBF neural network to classify the identification method is very effective, its recognition rate is higher, and more accurate, compared to the same kind of Brushlet-RBF and KPCA-RBF.

Key words: seal image; image classify; Krawtchouk moment; RBF; neural network

分类识别是印章图像处理的最终目的, 分类的准确与否、识别率的高低是其中的重要评判标准^[1]。只有提取到印章图像的关键特征, 才有可能改进分类的准确度, 而识别率的提高就要求选择一款性能良好的分类器。矩函数对图像形状能进行有效的描述, 因而得到迅速发展, 如 Tchebichef 矩、Krawtchouk 矩、Zemike 矩和 Legendre 矩^[2], 其中 Krawtchouk 矩是基于离散域的正交矩, 不存在数字过程中的近似误差和计算中的坐标变换问题。参考文献[3]将 Krawtchouk 矩用于对运动目标进行分类, 有效地提高了分类的准确率。与此同时, 人工神经网络 ANN(Artificial Neural Network)自提出以来就得到了

快速发展, 其中径向基函数 RBF(Radial Basis Function)神经网络具有良好的非线性映射、自学习能力和收敛性, 因此被越来越多地运用于对目标的分类当中, 取得了较好的分类效果^[4-6]。

基于此, 本文提出一种基于 Krawtchouk 矩和 RBF 神经网络的印章图像分类识别方法。首先提取出标准印章图像的 Krawtchouk 矩不变量, 将其作为 RBF 神经网络的原始训练样本; 然后提取全部待鉴印章图像的 Krawtchouk 矩不变量, 将其作为 RBF 神经网络的输入量进行分类识别。实验表明, 使用 Krawtchouk 矩来描述印章图像的特征并通过 RBF 神经网络来对其进行分类识别, 相对于参考文献[4]中的 KPCA-RBF 法和参考文献[6]中的 Brushlet-RBF 法, 其分类更准确, 识别率更高。

* 基金项目: 文件检验鉴定公安部重点实验室开放课题(10KFKT005)

图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

1 Krawtchouk 矩不变量

Krawtchouk 矩是以 Krawtchouk 多项式为基础的一种正交矩。一般来说, n 阶 Krawtchouk 多项式定义为:

$$K_n(x;p,N) = \sum_{k=0}^n a_{k,n,p} x^k = {}_2F_1(-n, -x; -N; \frac{1}{p}) \quad (1)$$

其中, $x, n=0, 1, \dots, N; N>0; p \in (0, 1); {}_2F_1(a, b; c; z)$ 是超函数。

$${}_2F_1(a, b; c; z) = \sum_{k=0}^n \frac{(a)_k (b)_k z^k}{(c)_k k!} \quad (2)$$

$$(a)_k = a(a+1) \cdots (a+k-1) \quad (3)$$

其中, Krawtchouk 多项式的加权表达式为:

$$\bar{K}_n(x;p,N) = K_n(x;p,N) \sqrt{\frac{w(x;p,N)}{\rho(n;p,N)}} \quad (4)$$

其中,

$$w(x;p,N) = \binom{N}{x} p^x (1-p)^{N-x} \quad (5)$$

$$\rho(n;p,N) = \frac{(-1)^n n!}{(-N)_n} \left(\frac{1-p}{p}\right)^n \quad (6)$$

现用 Krawtchouk 矩来描述一幅大小为 $M \times N$ 的图像 $f(x, y)$:

$$K_{nm} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \bar{K}_m(x) \bar{K}_n(y) \quad (7)$$

其中,

$$\bar{K}_m(x) = \bar{K}_m(x;p_1, M-1) = K_m(x;p_1, M-1) \sqrt{\frac{w(x;p_1, M-1)}{\rho(x;p_1, M-1)}} \quad (8)$$

$$\bar{K}_n(y) = \bar{K}_n(y;p_2, N-1) = K_n(y;p_2, N-1) \sqrt{\frac{w(y;p_2, N-1)}{\rho(y;p_2, N-1)}} \quad (9)$$

Krawtchouk 矩不变量具有平移、旋转、尺度不变性, 可表示为:

$$\tilde{Q}_{nm} = [\rho(n)\rho(m)]^{-\frac{1}{2}} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m a_{i,n,p_1} a_{j,m,p_2} v_{ij} \quad (10)$$

其中,

$$\tilde{v}_{nm} = \sum_{p=0}^n \sum_{q=0}^m \binom{n}{p} \binom{m}{q} \left(\frac{N+2}{2}\right)^{\frac{(p+q)/2+1}{2}} \left(\frac{N}{2}\right)^{n+m-p-q} v_{pq} \quad (11)$$

其中, v_{pq} 为标准几何矩不变量, $\{a_{k,n,p}\}$ 为加权系数。实验过程中, 为了增加 Krawtchouk 矩不变量的稳健性, 调整

下矩不变量的形式为 $q_{nm} = \lg \tilde{Q}_{nm}$ 。

利用 $q_{01}, q_{10}, q_{11}, q_{02}, q_{20}, q_{12}, q_{21}$ 7 个不变量构造一个不变向量 Q 来描述一幅图像, 其中 q_{01}, q_{10} 与图像内容无关, 所以本文选择其余 5 个变量:

$$Q = (q_{11}, q_{02}, q_{20}, q_{12}, q_{21}) \quad (12)$$

通过式(12)构成的特征向量对印章图像进行特征提取。

2 RBF 神经网络及其改进算法

2.1 RBF 神经网络

RBF 神经网络由输入端、隐藏段和输出端 3 部分组成, 具体的结构如图 1 所示。输入端将输入信号传输到

隐藏段, 隐藏段再通过基函数的响应激烈程度给予输出端相应的输出信号。其中, 输入端的节点数对应于输入向量的维数, 隐藏段的节点数要视实际情况而定, 输出端的节点数按分类的类别总数来确定。

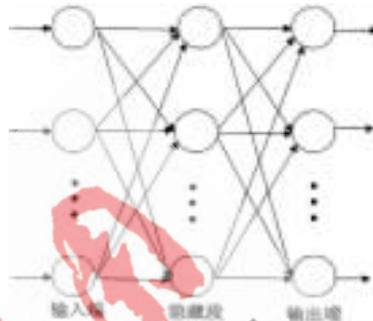


图 1 RBF 神经网络结构

一般来说, 径向基函数选取高斯函数, 其具体形式为:

$$\theta_i(x) = \exp\left(-\frac{\|Q - u_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (13)$$

其中, Q 为输入向量, u_i 为隐藏节点 i 的中心向量, σ_i 为相应的宽度, $\|Q - u_i\|$ 为欧式范数。

输出端第 j 个节点的输出值 y_j 为:

$$y_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} \theta_i(x) \quad (14)$$

其中, $j=1, \dots, m$ 为输出端节点, w_{ij} 为隐藏段第 i 个节点到输出端第 j 个节点的连接权值。

令 d 为训练样本的期望输出值, 则可知:

$$\sigma_i = \frac{1}{Q} \sum_{j=1}^m \|d_j - y_j u_i\|^2 \quad (15)$$

2.2 改进算法

RBF 神经网络的学习过程一般分为选取中心、确定宽度和导出连接权值 3 部分。选取中心的方法通常采用 K-means 聚类、ROLS (Recursive Orthogonal Least Square) 法和自组织聚类等, 然后根据标准本来确定宽度, 最后通过误差导出隐藏段各节点到输出端各节点的连接权值。

本文算法的具体描述如下:

(1) 根据印章图像的特点, 对于第一个输入向量 $Q_1 = (q_{11}, q_{02}, q_{20}, q_{12}, q_{21})$ 来说, 此时 RBF 网络的隐藏段只有一个节点, 中心为 Q_1 。现设定一个参数 a (该参数会根据实验结果进行适当调整), 对于第二个输入向量 Q_2 , 计算其与 Q_1 之间的欧氏距离 D , 若 $D > a$, 则 Q_2 也成为中心; 若 $D \leq a$, 则 Q_1 为此处的中心。对于第 n 个输入向量 Q_n , 此时已有 M 个中心, 现分别计算 Q_n 与这 M 个中心的欧氏距离, 其中 D_0 为其中的最小值, 若 $D_0 > a$, 则 Q_n 成为新一个中心; 若 $D_0 \leq a$, 则中心数仍为 M 个。

《微型机与应用》2014 年第 33 卷 第 6 期

图形、图像与多媒体

(2)因为本文选取的径向基函数为高斯函数,所以可通过式(16)直接求取宽度:

$$d_i = \frac{D_{max}}{\sqrt{2n}} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (16)$$

(3)隐藏段至输出端的连接权值可直接用ROLS法求得:

$$w = \exp\left[-\frac{n}{D_{max}^2} \|Q - u_i\|^2\right] \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (17)$$

3 算法实现

算法实现的具体过程如下。

(1)提取标准印章图像的 Krawtchouk 矩不变量,将其作为 RBF 神经网络的原始训练样本。

(2)提取全部待鉴印章图像的 Krawtchouk 矩不变量,通过 RBF 神经网络对其进行分类。

(3)分类结果分为正确、错误和可疑3类,并在实验中分别用阿拉伯数字1、-1和0表示。

具体的流程图如图2所示。



图2 RBF神经网络分类流程图

4 实验结果及分析

为了验证本文提出的基于 Krawtchouk 矩和 RBF 的印章图像分类识别方法的分类识别情况,针对大量不同类型的印章图像做了实验,并与参考文献[4]中的 KPCA-RBF 法和参考文献[6]中的 Brushlet-RBF 法进行了比较,发现本文方法优势明显。实验是在 Intel(R) Core(TM) i3 CPU 2.4 GHz/1.92 GB 内存/Matlab 2009a 环境中运行的。

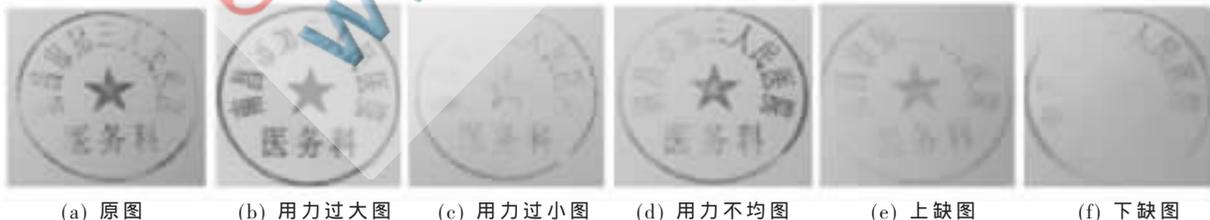


图3 印章图像实验用图

表2 RBF神经网络分类识别结果

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
本文方法	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
KPCA-RBF 法	1	1	0	1	1	1	0	-1	0	0	-1	1	0	1	0	-1	-1	-1	-1	-1
Brushlet-RBF 法	1	1	1	0	1	1	0	1	-1	0	-1	1	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1

印章图像(323×324)在5种不同条件下所盖印出来的效果如图3所示。先进行去噪、分割及配准等预处理,然后通过 Krawtchouk 矩不变量提取图像特征,结果数据如表1所示。再利用 RBF 神经网络来进行训练,RBF 神经网络结构中输入端节点数选为5,输出端节点数选为3,最后再将所有待鉴印章图像通过该网络来分类识别,结果数据如表2所示,其中1代表正确,0代表可疑,-1代表错误。

表1 印章图像的特征向量参数

序号	0	1	2	3	4	5
q_{11}	2.71	2.25	2.24	5.31	5.09	6.17
q_{12}	2.26	2.61	2.60	6.01	4.81	5.72
q_{20}	4.27	4.61	4.07	6.89	7.02	7.87
q_{12}	6.17	5.82	6.02	8.07	8.10	7.67
q_{21}	5.65	5.41	5.28	7.62	8.19	8.58

图4所示印章图像中后3幅图像对原图中的字体、形状或面积进行了一定的变动,并将得到的印章通过用力过大、用力过小、用力不均、缺上角、缺下角等方式产生实验用的全部待鉴印章图像,按照先后顺序编号为1~5,6~10,11~15,16~20,然后将其输入 RBF 神经网络来对其进行分类识别,结果如表3所示。



图4 待鉴印章图像

表3 各类方法效率比较

识别方法	本文方法	KPCA-RBF 法	Brushlet-RBF 法
识别率/%	90	70	80

从表2可以看出,本文方法、KPCA-RBF 法和 Brushlet-RBF 法对于原始印章图像及变换了图像形状的分类均取得了较好的结果,但是对于只改变了字体或字体间距的图像来说,本文方法具有明显的优势。由表3可以看出,本文提出的 Krawtchouk-RBF 法相对于 KPCA-

RBF法和Brushlet-RBF法来说,其分类识别的正确率更高。

本文提出了一种基于Krawtchouk矩和RBF神经网络的印章图像分类识别方法。首先提取标准印章图像的Krawtchouk矩不变量,将其作为RBF网络的原始训练样本;然后提取全部待鉴印章图像的Krawtchouk矩不变量,将其作为RBF神经网络的输入量进行分类识别。针对实际印章图像做了大量的实验,并与参考文献[4]中的KPCA-RBF法和参考文献[6]中的Brushlet-RBF法进行了对比,结果表明,本文的方法分类更准确,识别率更高。

参考文献

- [1] 何瑾,刘铁根,周怡洁,等.基于边缘差异的印鉴自动鉴别[J].仪器仪表学报,2010,31(1):85-91.
- [2] CHONG C W, RAVEENDRAN P, MUKUNDAN R. Translation and scale invariants of Legendre moments[J]. Pattern Recognition, 2004(37):119-129.
- [3] 王晓静,原达,李道凯.基于krawtchouk矩的运动目标分类[J].计算机工程与设计,2012,33(5):1890-1894.
- [4] 杨俊,陈贤富.基于KPCA和RBF网络的文本分类研究[J].微电子学与计算机,2010,27(3):122-125.
- [5] 王行甫,覃启贤,程用远,等.一种改进的径向基神经网络预测算法[J].计算机系统应用,2012,21(8):214-217.
- [6] 李晓辉,谢建红,高鑫.基于Brushlet和RBF网络的SAR图像分类[J].微计算机信息,2009,25(2-3):295-297.

(收稿日期:2013-10-21)

作者简介:

余彪,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:网络信息安全。

万水龙,男,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:图像处理与模式识别。

刘进,男,1986年生,学士,主要研究方向:图像处理与通信。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.ChinaAET.com