

牛顿环与指纹识别

姚志宏¹, 戴琳²

(1. 南京师范大学电气与电子工程学院, 210042, 南京)
(2. 南京师范大学物理科学与技术学院, 210097, 南京)

[摘要] 利用牛顿环的干涉条纹和指纹对比的结果, 提取各条指纹特征数据作为神经网络的样本输入. 经过 Bp 网络学习、训练后, 系统便可打印出实际输出和期望输出的曲线. 此曲线即为指纹曲线. 可作为指纹材料输入指纹库, 用来识别各人的指纹.

[关键词] Bp 算法, 牛顿环, 指纹曲线

[中图分类号] TP183, [文献标识码] B, [文章编号] 1672- 1292- (2003)04- 0045- 03

0 引言

世界上任何两个人的指纹相同的概率极小, 因此, 指纹识别在公安系统刑侦方面以及保安系统方面都能起着重要的作用. 目前国内外指纹识别的方法很多, 有传统的近邻法、线性判别法, 还有神经网络 MSOM 网络法等. 许多方法为了满足指纹的识别率, 花在指纹分类的特征抽取上的工作量相当大, 通常要用到摄像、去噪、细化、提取可靠因子、确定磁性因子等手段, 指纹识别的过程也相当复杂. 本文鉴于人体指纹分布与物理光学中牛顿环干涉条纹分布其疏密具有相似之处, 在确定指纹中心和描绘指纹曲率大和曲率小参考方向的前提下, 根据牛顿环明、暗条纹的半径采集出若干条指纹的相关数据, 把这些数据作为神经网络 Bp 网络的样本输入, 经过神经网络训练和学习后, 便可以直接得到每个人的指纹曲线. 此指纹曲线可以由数字图像处理得到十进制数码或二进制数码存入指纹库, 以作指纹识别之用.

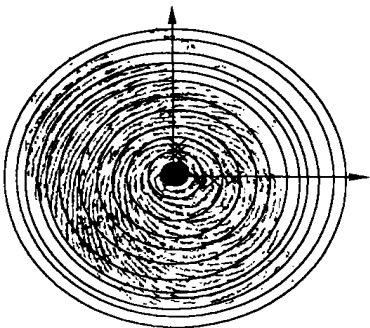


图 1 工作原理

1 牛顿环的干涉条纹和指纹数据

由物理光学中的牛顿环干涉条纹公式, 可得出明、暗条纹的半径分别为:

明条纹半径: $r_k = \sqrt{k - \frac{1}{2}} R \lambda \quad k = 1, 2 \dots$

暗条纹半径: $r_k = \sqrt{k R \lambda} \quad k = 1, 2 \dots$

如果 $R = 1.50 \text{ m}$, $\lambda = 589.3 \text{ nm}$, 则牛顿环干涉条纹的明、暗条纹半径的数据如表 1 所示.

表 1 牛顿环干涉条纹的明、暗条纹半径 / mm

$k = 1, 2 \dots\dots$	1	2	3	.....	20	21
明(r_k)	0.664 8	1.151 5	1.486 6	.....	4.151 7	4.256 9
暗(r_k)	0.940 2	1.329 6	1.628 4	.....	4.204 6	4.308 5

把第八条暗条纹的半径处设为“0”, 同时将各条纹的半径除以 2, 新的数据如表 2 所示.

表 2 修正后的牛顿环干涉条纹的明、暗条纹半径 / mm

$k = 1, 2, \dots$	1	2	3	.....	20	21
明(r_k)	- 1. 994 4	- 0. 753 8	- 0. 586 3	.....	0. 746 2	0. 798 8
暗(r_k)	- 0. 859 5	- 0. 664 8	- 0. 515 4	.....	0. 772 7	0. 824 6

在读数显微镜下, 将牛顿环干涉条纹的中心与指纹的几何中心相重合, 指纹曲率半径大的部分尽量对应于坐标轴的纵轴, 指纹曲率半径小的部分尽量对应于坐标轴的横轴, 以便得到每一条指纹曲率半径大的和曲率半径小的相关数据, 并作为神经网络的样本输入.

定义目标矢量 $T = [- 1. 994\ 4 \quad - 0. 753\ 8 \quad - 0. 586\ 3 \quad \dots \quad 0. 746\ 2 \quad 0. 798\ 8; \quad - 0. 859\ 5 \quad - 0. 664\ 8 \quad - 0. 515\ 4 \quad \dots \quad 0. 772\ 7 \quad 0. 824\ 6]$;

输入矢量 $P = - 1: 0. 001: 1$; 由 MATLAB 神经网络 Bp 网络训练、学习后, 便可以得到相应的指纹曲线.

2 Bp 算法

由于 Bp 网络要求采用非线性的连续可导的激发函数, 现使用 Sigmoid 函数作为激发函数:

$$f(\text{Net}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{Net}_{ij}}}.$$

$$\text{Net}_{ij} \text{ 为网络单元的状态: } \text{Net}_{ij} = \sum_i w_{ji} o_{ki} + \theta_j.$$

则单元输出为: $o_{ij} = \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_i w_{jk} o_{ki} - \theta_j\right)} = \frac{1}{1 + e^{-\text{Net}_{ij}}}$. 其中, θ_j 为单元的阈值. 在这种激发函

数下, 有: $f'(\text{Net}_{ij}) = \frac{\partial o_{ij}}{\partial \text{Net}_{ij}} = o_{ij}(1 - o_{ij})$.

对输出层单元: $\delta_{ij} = (t_{ij} - o_{ij}) \cdot o_{ij}(1 - o_{ij})$. 对隐层单元: $\delta_{ij} = o_{ij}(1 - o_{ij}) \sum_m \delta_{lm} w_{mj}$.

权值调节为: $\Delta w_{ji}(t + 1) = \eta \delta_{ij} o_{ki}$.

算法步骤为:

- (1) 权值, 阈值的初始值: $w_{ji}(0), \theta_j(0)$ 为小的随机数值.
- (2) 提供训练样本: 输入矢量 $P_k, k = 1, 2, \dots, p$; 期望输出 $T_k, k = 1, 2, \dots, p$; 对每个输入样本进行下面(3)到(5)的迭代.
- (3) 计算网络的实际输出及隐层单元的状态: $o_{kj} = f_j\left[\sum_i w_{ji} o_{ki} + \theta_j\right]$.
- (4) 计算训练误差:
 $\delta_{ij} = (t_{ij} - o_{ij}) \cdot o_{ij}(1 - o_{ij})$ (输出层);
 $\delta_{ij} = o_{ij}(1 - o_{ij}) \sum_m \delta_{lm} w_{mj}$ (隐层).
- (5) 修正权值和阈值:
 $w_{ji}(t + 1) = w_{ji}(t) + \eta \delta_{ij} o_{ki} + \alpha [w_{ji}(t) - w_{ji}(t - 1)],$
 $\theta_j(t + 1) = \theta_j(t) + \eta \delta_j + \alpha [\theta_j(t) - \theta_j(t - 1)].$
- (6) 当 k 每经历 1 至 p 后, 判断指标是否满足精度要求.
- (7) 结束.

3 神经网络的建立和训练

建立三层 Bp 网络, 输入为 21 个神经元, 输出也采用 21 个输出神经元, 隐层为 5 个神经元. 为了加速学习步伐, 采用了 L-M Bp 算法. 激活函数为 MATLAB 中的 `tansig()` 函数, 线性组合函数为 `purelin()`

函数. 神经元结构如图(2)所示. 神经元的初始化、训练、学习、仿真等都是使用 MATLAB 中的函数, 具体如下:

inifit() 前向网络训练函数; trainlm() 为 L—M 的 Bp 算法训练函数; simuff() 为网络仿真函数; plot() 打印期望输出和实际输出的曲线; plottr(tr, ep) 打印学习率和误差曲线. 网络训练、学习过程的显示频率 df= 10; 最大学习次数 me= 16 000; 误差 eg= 0.000 1; 学习率 lr= 0.001.

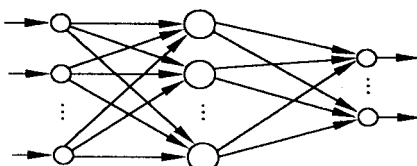


图2 神经元结构

4 神经网络的训练、学习流程和指纹曲线以及误差曲线

神经网络的训练、学习流程如图3所示, 指纹曲线如图4所示, 误差如图5所示.

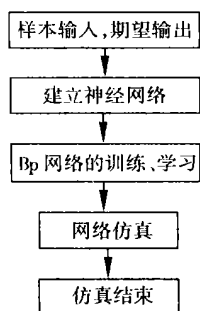


图3 神经网络的训练、学习流程

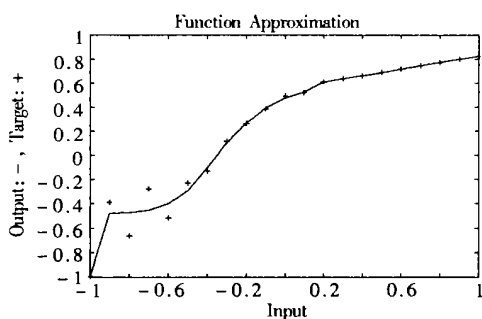


图4 指纹曲线

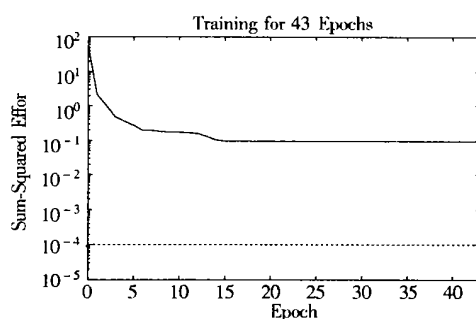


图5 误差曲线

5 结论

(1) 由误差曲线可以看出神经网络的训练结果是可靠的、稳定的.

(2) 由神经网络训练、学习成功后, 打印出来的实际输出曲线, 可以很明显地表示出各人的指纹情况.

(3) 网络仿真后, 可以经过样本输入, 直接获得第几条指纹的数据, 这样可以定性地说指纹特性, 使指纹识别更加具有说服力. 如果要想得到某人的某条指纹数据, 可以由样本输入, 再由网络仿真后得到. 例如要想得到某人的第四条指纹数据, 样本输入为 $p = -0.4$, 网络仿真后的实际输出 $a = -0.1310$; $p = -0.3$, 网络仿真后的实际输出 $a = 0.1182$ (两个数据为分别第四条指纹曲率半径大的和曲率半径小的数据), 其他指纹数据都可以由此法得到.

[参考文献]

- [1] 阎平凡, 张长水. 人工神经网络与模拟化计算[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000. 183~185.
- [2] 闻新, 周露, 王丹力, 等. MATLAB 神经网络应用设计[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 228~232.

Nerve network and Dactyloscopy

Yao Zhihong¹, Dai Lin²

(1. College of Electrical and Electronic Engineering, Nanjing Normal University, 210042, Nanjing, PRC)

(2. College of Physical Science and Technology, Nanjing Normal University, 210097, Nanjing, PRC)

Abstract: The individual characteristic data of fingerprints were extracted from results of comparison between Newton interference stripes and fingerprints, and were input as sample into nerve-network. The real output and expected output curves, i. e., the fingerprint curves may be printed out by the system and be saved as fingerprint data in the data base for identification of individual's fingerprints.

Key words: Bp calculation, Newton stripes, fingerprint curves

[责任编辑: 刘健]