

# 基于掌纹图象分析的身份识别系统

黎明 严超华 刘高航

(南昌航空工业学院测试与控制系, 南昌 330034)

**摘要** 研究了人体掌纹的生物测定学特征、掌纹图象的边界提取,建立了具有唯一性和可识别性的掌纹图象特征空间,设计了用于掌纹图象识别的 ART2 神经网络,并在此基础上建立了快速、可靠性高的新型身份识别系统。

**关键词** 生物测定学 掌纹图象 模式识别 身份识别

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文献编号: 1006-8961(2000)02-0134-04

## Personal Identification System Using Palm Prints

LI Ming, YAN Chao-hua, LIU Gao-hang

(Department of Test & Control, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang 330034)

**Abstract** The research background of personal identification based on biometrics is introduced in this paper in more detail. The palm character space, which is unique and can be easily classified, is set up through analysis of palm's physiological characters and detecting edges of palm prints. And the personal identification system with faster recognition speed and higher reliability is established using ART2 neural network.

**Keywords** Biometrics, Palm prints, Pattern recognition, Personal identification

## 0 引言

生物测定学利用人的生理学和行为学特征来自动识别与鉴别人的身份,而不是测试由人设置的密码和身份证之类的信息.到目前为止,生物测定学技术有以下8种身份识别方法:人脸识别<sup>[1]</sup>,指纹识别<sup>[2]</sup>,视网膜识别<sup>[3]</sup>,手形识别<sup>[4]</sup>,掌纹识别,语音识别,签字识别和开锁动力学识别<sup>[5,6]</sup>.其中前5种是基于生理学特征的身份识别方法,后3种是基于行为学特征的身份识别方法.评价生物测定学身份识别方法的性能主要有以下5条标准:①识别系统的成本,②被测试者的可接受程度,③正确识别率,④识别速度和识别设备的标准化程度.

人脸识别<sup>[1]</sup>研究的热潮出现在计算机视觉兴起的初期.目前较多采用的基于模板匹配的人脸识别方法只需要较少的内存就可获得较高的识别速度.指纹识别<sup>[2]</sup>与视网膜识别<sup>[3]</sup>的正确识别率比所有的

基于生物测定学的身份识别方法都高,但缺点是被测试者的可接受程度较低,在国外对个人的指纹进行识别与分析常被认为是对隐私权的侵犯,也有较多被实验者担心视网膜识别方法对视网膜扫描的安全性.手形识别<sup>[4]</sup>的识别速度在所有的生物测定学身份识别方法中是最快的,但其正确识别率却低于一般的商业需要.手形特征包括手指相对长度和宽度、手指连接模式等.由于噪声对这些特征的干扰程度较低且易于提取,因此手形识别方法最简单,目前手形识别可做到识别一人所需的时间低于0.1秒.文献[4]中介绍了对508人的多次试验结果,拒绝授权人进入的误差为9.6%,允许非授权人进入的误差为0.1%.基于行为学特征进行身份识别的生物测定学技术涉及到个体的行为,这些行为特征或多或少可受被测试者控制,这使得基于行为学特征的识别技术具有独特的优点和弊端,基于行为学特征的身份识别系统必须解决受试者每次被鉴别时所表现的行为特征存在较大差异的问题.

掌纹识别并不会让人联想到隐私权的侵害, 它的被测试者可接受程度较高, 而且识别系统的硬件标准化程度比人脸识别、语音识别、开锁动力学等方法高, 识别速度也较快, 因此是一种很有发展潜力的身份识别方法. 到目前为止, 对掌纹识别的研究仍较少, 仅有两、三篇学术论文<sup>[7~9]</sup>专门论述掌纹识别的研究. 因为掌纹的主要特征比指纹的主要特征明显得多, 而且提取这些主要特征时不易被噪声干扰, 因此掌纹识别系统的识别速度将比指纹识别高得多. 另外, 掌纹的主要特征比手形的主要特征更稳定和更具分类性, 掌纹识别系统的正确识别率远高于手形识别的正确识别率.

## 1 掌纹特征空间的建立与掌纹模式识别系统

掌纹模式识别系统的原理框图如图 1 所示, 掌纹图象是直接通过 CCD 摄像机获取的, 基于掌纹识别的身份识别系统还包括图象处理、特征空间建立和人工神经网络模式识别等 3 部分, 其中的图象处理及边界提取算法参见本文作者的其它论文<sup>[10~12]</sup>.

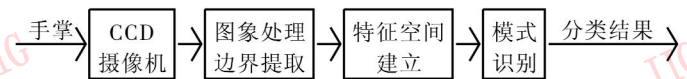


图 1 掌纹身份识别系统框图

掌纹不仅指手掌皮肤脊纹(隆线)和它们的排列, 而且包括手掌皮肤上的曲肌纹和腕纹等. 掌纹的形态由遗传基因控制, 掌纹形成后就很稳定, 尽管掌纹曲线长度尺寸及掌纹曲线之间的间距会随年龄的增大而变化, 而且由于种种原因会使表皮剥落, 但变化后或新生的掌纹仍保留原来的结构. 只有在有局部明显的外伤或各种引起深层皮下组织溃坏的后天性疾病时, 其结构才发生显著变化.

每个人的掌纹形态各不相同, 不同个体的花纹即使相似, 其纹线数目或长度尺寸也不一致. 据有关文献<sup>[13]</sup>描述: 甚至在一卵多胞胎或多卵多胞胎的孪生同胞中, 掌纹也只是较为相似, 但掌纹形态一定有可分辨的差别. 掌纹脊纹、曲肌纹和腕纹等的形态有一定的规律, 尤其是掌纹上的主要曲肌纹特征明显, 易于提取, 可作为分类特征. 因此, 掌纹具有稳定性、唯一性和可分类性特点, 使得掌纹可以通过计算机进行分析与识别. 掌纹的 5 大主要曲肌纹曲线如图 2 所示, 它们分别是: 生命线、智慧线、感情线、命

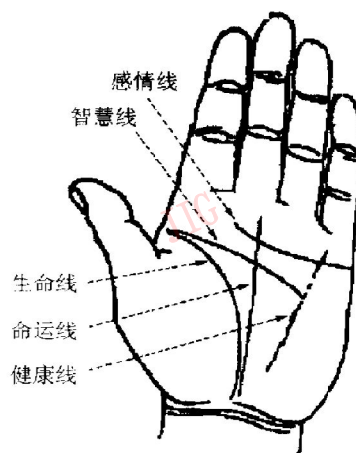


图 2 手掌曲肌纹曲线

运线和健康线<sup>[13]</sup>.

本文取手掌中 3 条最主要的曲肌纹曲线: 生命线、智慧线和感情线的特征建立掌纹特征空间, 实验表明在中小规模数据库(1 000 个类别样本)条件下, 此 3 条最主要的曲肌纹曲线特征对掌纹身份识别是完备的. 当建立更大规模数据库的身份识别系统时, 可以在掌纹特征空间中增加手形几何特征和它的曲肌纹曲线特征以增加掌纹识别的可靠性. 首先求出手掌重心点 $(x_g, y_g)$ :

$$\begin{cases} x_g = \sum_{i=1}^N x_i / N \\ y_g = \sum_{i=1}^N y_i / N \end{cases} \quad (1)$$

其中  $N$  是被识别的图象中手掌部分的象素点总数,  $(x_i, y_i): i=1, 2, \dots, N$  是这些象素点的坐标.

以手掌重心点为坐标原点, 掌纹特征由 3 条最主要的曲肌纹曲线极坐标定义, 如图 3 所示. 掌纹特征矢量为:

$$R = \{R^I: I = 1, 2, 3\} \quad (2)$$

式中  $I=1, 2, 3$  的 3 个分量分别对应生命线、智慧线和感情线的特征矢量. 其中第  $I$  条掌纹曲脊纹曲线特征矢量为:

$$R^I = \left| \theta, \frac{r_j^I}{W_a} : j = 1, 2, \dots, J \right| \quad (3)$$

其中  $\theta$  是第  $I$  条掌纹曲肌纹曲线终点幅角与起点幅角的差值,  $W_a$  是手掌最宽处的宽度,  $r_j^I: j=1 \sim J$  是第  $I$  条掌纹曲肌纹曲线上第  $j$  个采样点的幅值, 而  $J$  是这条曲线上的采样点总数.

以上建立的掌纹特征空间简单实用, 具有掌纹特征的唯一性, 并具有旋转不变性, 与每次摄像获取的被测手掌图象尺寸无关. 通过改变对每条掌纹曲肌纹曲线的采样点总数  $J$ , 可以获得不同的掌纹特

征空间,以适用于不同规模的身份识别系统.

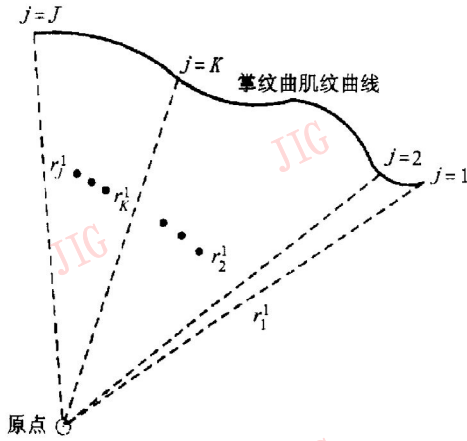


图 3 掌纹曲肌纹曲线特征

掌纹识别系统的模式识别部分由基于自适应谐振理论的 ART2 神经网络实现. ART2 神经网络<sup>[14, 15]</sup>可接受任意模式输入,采用竞争学习和自稳机制原理来实现稳定的分类.对于掌纹随着环境和健康状况不同产生的细微变化,ART2 神经网络能非监督地学习这些细微变化,实现对掌纹图象的稳定分类.

## 2 实验结果与结论

在本文建立的掌纹特征空间的基础上,采用

ART2 神经网络进行了掌纹图象分析和身份识别试验.实验中只取掌纹曲肌纹曲线中的生命线、智慧线和感情线的特征作为输入矢量,每条曲肌纹曲线的采样点数为 10,此时输入矢量为:

$$R^I = \{\theta^I, r_1^I, r_2^I, \dots, r_{10}^I; I = 1, 2, 3\} \quad (4)$$

其中  $I = 1, 2, 3$  分别对应于生命线、智慧线和感情线,而各幅值特征值  $r_j^I; j = 1 \sim 10$  已经通过除以手掌最大宽度  $W_d$  进行了归一化处理.试验中共有 100 类掌纹图象的 5 000 个样本(取自 City University of Hong Kong 的掌纹图象数据库),识别系统是在 Pentium II 微型计算机上实现的.所采用的 ART2 神经网络有关参数<sup>[14, 15]</sup>设置为:

$$N = 11, \lambda = \frac{1}{\sqrt{N}} \approx 0.3, a = b = 10, \\ c = 0.1, d = 0.9, \rho = 0.85 \quad (5)$$

上式中的各种参数说明参见文献[14, 15],身份识别系统的正确识别率为 99.96%,平均每次识别时间为 1.2 秒左右.表 1 列出了其中一类(设为 A 类)掌纹的 10 个样本的生命线特征值,共有 11 个分量,幅值分量都进行过归一化处理,幅角分量表示的是弧度值.这 10 个样本都在 ART2 神经网络中对应的 A 类的输出端竞争获胜.

表 1 A 类掌纹 10 个样本的生命线特征值

A 类	$r_1^I$	$r_2^I$	$r_3^I$	$r_4^I$	$r_5^I$	$r_6^I$	$r_7^I$	$r_8^I$	$r_9^I$	$r_{10}^I$	$\theta^I$
1	0.612	0.602	0.563	0.534	0.578	0.638	0.657	0.690	0.717	0.737	0.322
2	0.615	0.593	0.559	0.537	0.580	0.648	0.664	0.694	0.714	0.732	0.329
3	0.623	0.603	0.568	0.546	0.591	0.640	0.656	0.702	0.698	0.745	0.331
4	0.629	0.613	0.550	0.548	0.584	0.632	0.663	0.703	0.709	0.754	0.340
5	0.620	0.598	0.561	0.538	0.582	0.642	0.653	0.688	0.706	0.735	0.333
6	0.617	0.595	0.566	0.547	0.570	0.635	0.650	0.705	0.718	0.739	0.341
7	0.622	0.608	0.554	0.543	0.583	0.632	0.655	0.692	0.715	0.746	0.334
8	0.622	0.611	0.558	0.543	0.582	0.643	0.654	0.693	0.702	0.739	0.325
9	0.618	0.604	0.562	0.544	0.594	0.630	0.665	0.688	0.708	0.742	0.338
10	0.625	0.605	0.565	0.536	0.586	0.639	0.653	0.685	0.714	0.746	0.336

本文还在输入矢量具有不同信噪比(SNR)的情况下进行了身份识别实验.试验中仍采用上述的掌纹图象样本集,即共有 100 类掌纹图象的 5 000 个样本,但对输入矢量的各个分量叠加了随机 Gaussian 噪声.3 种不同的信噪比下基于掌纹图象分析的身份识别系统试验结果如表 2 所示.

表 2 不同信噪比下基于掌纹图象分析的身份识别系统的正确识别率

信噪比 SNR	10	15	25
警戒测试参数 $\rho$	0.78	0.80	0.83
正确识别率	98.56%	98.90%	99.94%

表 2 中在 SNR= 25 时,基于掌纹图象分析的身

份识别系统的正确识别率为 99.94%, 即在 5 000 个被识别样本中只有 3 个被误识别, 即使在较低信噪比  $SNR=10$  时系统的正确识别率也达 98.56%, 大大高于基于手形识别的身份识别系统的正确识别率<sup>[4]</sup>, 接近于指纹图象分析或基于视网膜识别的身份识别系统的正确识别率<sup>[2,3]</sup>. 基于掌纹图象分析的身份识别系统还可以通过增加其它曲肌纹曲线特征或提高曲肌纹曲线采样点数来进一步提高系统正确识别率, 并适用于大规模数据库条件下的身份识别.

本文在 Pentium II 微型计算机上实现了中等规模(输入样本约有 1 000 个类别)的基于掌纹图象分析的身份识别系统, 对每个样本的识别时间约为几秒钟, 大大高于基于指纹识别或基于视网膜识别的身份识别系统的识别速度<sup>[2,3]</sup>, 稍低于基于手形识别的身份识别系统的识别速度<sup>[4]</sup>. 因此本文建立的基于掌纹图象分析的身份识别系统不但具有手形身份识别系统的快速特点, 而且还具有指纹身份识别系统的高可靠性的特点. 系统可在一般的微型计算机上实现, 成本低, 设备的标准化程度高, 也易于被识别者接受.

计算机掌纹图象分析还可应用在医学上, 应用掌纹图象分析辅助诊断疾病具有很多优点, 如不需要特别的医学化验仪器, 对被测试人无损害. 掌纹形态具有相对的稳定性和可靠性, 出生后即可检查, 无个体的后天变异. 利用计算机掌纹图象分析技术可对大规模群体建立数据库, 利于详细鉴别比较, 找出统计意义上的掌纹形态与疾病的关联, 形成计算机掌纹分析专家系统. 中医学有关掌纹与遗传的研究表明, 计算机掌纹分析与识别对辅助诊断染色体异常引起的遗传疾病具有特别重要的意义.

## 参 考 文 献

- 1 Kosugi M. Human-face search and location in a scene by multi-pyramid architecture for personal identification. *Systems and Computers in Japan*, 1995, 26(6): 27~ 38.



严超华 1982 年于复旦大学数学系获学士学位, 1984 年于东南大学数理力学系获硕士学位. 主要从事光测力学、模式识别等方面的研究工作.

- 2 Sasakawa K, Ikebata S. Technological trend of fingerprint verification systems. *Systems, Control and Information*, 1991, 35(7): 390~ 397.
- 3 Daugman J. High confidence personal identification by rapid video analysis of iris texture. In: *Proc 1992 International Carnahan Conference on Security Technology: Crime Countermeasures*, New York, USA, 1992, 50~ 60.
- 4 Robert A M, Michael D A *et al.* Inference of structure: hands. *Pattern Recognition Letters*, 1994, 15: 957~ 965.
- 5 Cardot H, Revenu M *et al.* An artificial neural networks architecture for handwritten signature authentication. In: *Proc SPIE*, 1993, 1965: 633~ 644.
- 6 Peckham J. I'd know that voice anywhere (security). *Systems International*, 1989, 17(9): 49~ 50.
- 7 Matsumoto K. Palm-recognition systems: An ideal means of restricting access to high-security areas. *Mitsubishi Electric Advance*, 1985, 31: 31~ 32.
- 8 Shiono M, Ishikawa H *et al.* An experiment on personal identification for gate security using hand shape and palm-print. *Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineering D-II*, 1991, J74D-II(6): 688~ 697.
- 9 Kung S Y, Lin S H *et al.* *Neural Networks for Signal Processing*. Cambridge, MA, USA, 1995: 323~ 332.
- 10 LI Ming, Paul S W. Pyramid edge detection for color image. *Optical Engineering*, 1997, 36(5): 1425~ 1430.
- 11 Pual S W, LI Ming. Pyramid edge detection based on stack filter. *Pattern Recognition Letters*, 1997, 18(3): 239~ 248.
- 12 Paul S W, LI Ming. Pyramid adaptive dynamic Hough transform to detect edges with arbitrary shapes. *Optical Engineering*, 1997, 36(5): 1431~ 1437.
- 13 Roz L. *Palmistry: How to Chart the Lines of Your Destiny*. Simon & Schuster Inc, New York, 1993.
- 14 Carpenter G A, Grossberg S. A massively parallel architecture for a self-organizing neural pattern recognition machine. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 1987, 37: 54~ 115.
- 15 Carpenter G A, Grossberg S. ART 2: Stable self-organization of category recognition codes for analog input patterns. *Applied Optics*, 1987, 26: 4919~ 4930.



黎明 1985 年于上海交通大学电子工程系获学士学位, 1990 年和 1997 年分别于南京航空航天大学自动控制系和测试工程系获硕士学位和博士学位. 主要从事图象处理、模式识别等方面的研究工作, 已发表学术论文 30 余篇.

刘高航 1969 年南京航空航天大学自动控制系获学士学位, 教授. 主要从事测试计量技术及仪器等方面的研究工作.