

# 赤平足痕迹生物特征识别系统<sup>①</sup>

舒力迪<sup>1</sup>, 轩兴涛<sup>1</sup>, 云宝璠<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(内蒙古财经学院 计算机信息管理学院, 呼和浩特 010070)

<sup>2</sup>(内蒙古自治区公安厅 刑警总队足迹检验鉴定支队, 呼和浩特 010051)

**摘要:**近年来, 犯罪手段多变复杂, 而且赤脚作案的发案率或频率明显上升, 给刑侦侦破工作带来非常大的压力, 所以赤脚平面足痕迹(简称赤平足)生物形态特征识别技术的研究成为现阶段刑侦识别技术研究的热点。赤平足识别属于生物形态和生物结构特征识别技术研究, 通过图像预处理、生态形态分割、对象变换、生物形态和结构分析、生物特征提取、生物形态和结构匹配比对等一系列操作而进行的身份识别工作。对赤平足识别系统层次结构、系统模型、生物形态分类、生物形态特征数据库等重点内容进行了详细的介绍和说明, 对赤平足识别系统建模和开发具有较大的参考价值。

**关键词:**赤脚平面足迹; 赤平足; 生物形态; 生物特征; 识别技术

## Barefoot Trace Biological Characteristics Identifying System

SHU Li-Di<sup>1</sup>, XUAN Xing-Tao<sup>1</sup>, YUN Bao-Fan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Computer Information Management College, Inner Mongolia Finance and Economics College, Huhhot 010070, China)

<sup>2</sup>(Criminal Police Headquarters, Public Security Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region, Huhhot 010051, China)

**Abstract:** In recent years, the scene of the crime is extremely complex. The barefoot crime frequency increases greatly and that gives great pressure on criminal investigation and detection. So, barefoot plane trace biological morphological characteristics identification also becomes the hotspot of criminal investigation recognition technology. The barefoot recognition belongs to biological form and biometric technology research. Its task is the identification through the image preprocessing, ecological form segmentation, object transform, biological morphogram and structure analysis, biological feature extraction, biological form and characteristic comparison match and so on a series of operations. This paper introduces barefoot recognition system structure, system model, biological shape classification and biological morphological characteristics database key content. It has great value of reference for barefoot recognition system modeling and development.

**Key words:** bare plane trace; barefoot; biological form; biological characteristics; recognition technology

近年来, 由于犯罪现场十分复杂, 而且赤脚作案的发案率或频率明显上升, 给刑侦侦破工作带来非常大的压力, 所以赤脚平面足痕迹(以下简称赤平足)生物形态特征识别技术的研究也就成为一个研究的热点。赤足作用于承痕客体时, 虽然脚底面的灰尘、水渍、汗渍、血渍在人体压力作用下, 能够不均匀分布形成痕迹, 且呈现为二维的灰度或彩色图像, 但由于案发现场环境多变而复杂, 所采集到的赤平足痕迹图

像呈多样化, 又给刑侦识别工作提出了新的课题。

赤平足识别属于生物形态和生物特征识别技术研究, 通过图像预处理、生态形态分割、对象变换、生物形态和结构分析、生物特征提取、生物形态和特征匹配比对, 以及统计分析等一系列操作而进行的身份识别工作。文中对系统层次结构、系统模型、生物形态分类、生物形态特征数据库等重点内容进行了详细地介绍和说明。由于篇幅所限, 其它重点内容参考文

① 基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金(200711020816); 内蒙古自治区高等学校科学技术研究(NJ10159)

收稿时间: 2011-01-12; 收到修改稿时间: 2011-03-01

中所引用的参考文献。

### 1 赤平足识别系统分析

赤平足识别系统不仅依赖于它的可操作性、技术性等特点，还要考虑最终的应用情况及资金情况等。一个好的识别系统的要求主要包括几个方面：(1)识别精度。识别精度应达到 95%以上的刑侦识别技术要求。(2)算法可靠。应具有算法简单、运算速度快、识别精确高等特点。(3)特征信息。生物形态和生物特征信息量充分，能够较全面地体现赤平足痕迹的生物特征。(4)可靠性。系统运行可靠，易操作，还应具备系统的兼容性和可移植性等特点。

### 2 赤平足识别系统层次结构

从研究的角度出发，赤平足识别系统的设计可以分 5 个不同的层次，所图 1 所示，从下至上依次进行必要的说明：

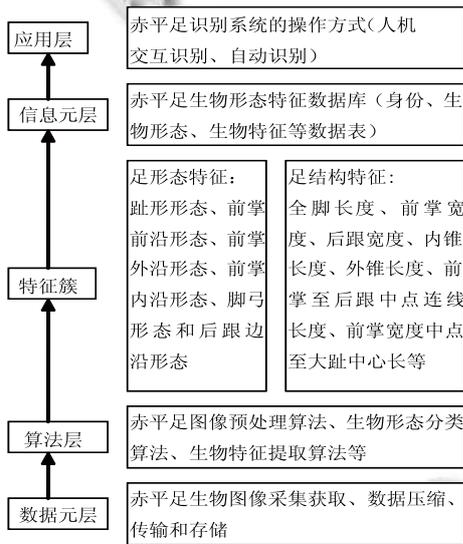


图 1 赤平足识别系统层次框架结构

#### 2.1 数据元层

数据的采集和获取是生物特征识别系统应用的关键环节。获取赤平足图像的质量会直接影响到整个识别系统的识别率、图像预处理的人力和物力开销。

#### 2.2 算法层

算法层是赤平足识别系统的核心层，它包括图像预处理算法、旋转变换定位算法<sup>[1]</sup>、边缘检测与分割算法、特征形态分类算法和生物特征提取算法的筛选和应用。

#### 2.3 特征簇层

系统层所关心的是根据实际应用的要求来确定哪些生物特征<sup>[2]</sup>应该被使用，怎样获得一个赤平足痕迹边缘生物形态特征和内部生物结构特征的描述和数字化表示。

#### 2.4 信息元层

是由所建立的赤平足生物形态特征数据库对特征簇进行有效管理，以及与嫌疑人身份特征的有效链接，为匹配识别所做的基础性准备。

#### 2.5 应用层

识别方法可分为人机交互识别和计算机自动识别两种。人机交互方式可以充分发挥刑侦识别专业人员的先验知识；计算机自动识别体现出算法的先进性和自动化程度。不论采取哪一种方式，最终的识别精度都要采取统计分析方法达到 95%以上的刑侦识别技术要求。

### 3 赤平足识别系统模型

从研究和设计的角度看，应包括数据采集、传输、存储、信号处理和识别决策 5 个模块，如图 2 所示。

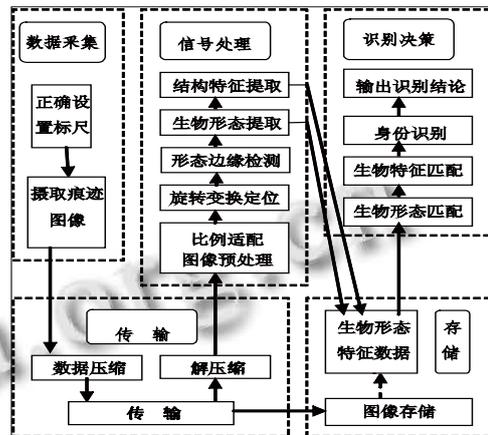


图 2 赤平足生物特征识别系统模型

#### 3.1 数据采集子系统

数据采集是采集赤平足痕迹图像，是后续生物形态特征提取和分析的基础性工作，也是建立生物形态特征数据库的重要工作环节。

虽然犯罪现场情境繁杂，但采集工作也要尽可能地按照刑侦采集工作要求正确设置参考标尺，提取到完整的左右脚赤平足痕迹。所采集到的赤平足痕迹图像质量对后续生物形态特征提取和分析工作影响很大，直接影响到生物特征数据的准确性和精度，所以数据采集必须具有相对好的稳定性。

### 3.2 传输子系统

多数情况下,生物特征数据的采集和处理是在不同的地方,因此,传输是必需的工作环节。为了将赤平足痕迹图像传输的带宽减至最小,数据压缩是必需的,并且必须用常规的图像压缩标准,便于开展后续信号处理工作或存储。

### 3.3 信号处理子系统

信号处理是系统的核心模块,在保留所有可判断生物特征信息情况下,将原始痕迹图像转换为一系列特征向量。特征提取是为了做匹配而创造的一个与原生物特征信息相一致的模型。该模块又分为许多工序,首先需要对痕迹图像进行比例适配,经过图像预处理将图像背景尽可能地剔除,以突显赤平足对象,为后续处理奠定基础。再之对其进行形态边缘检测,将痕迹分离出来。边缘检测可分为人工提取或自动识别边缘,人工提取边界法是借助人的先验知识而进行。自动边缘检测虽然已产生了一些比较先进的算法,但都具有针对性,且算法复杂,检测速度慢的缺点,对弱边界检测算法繁杂等缺点。旋转变换定位是一项关键性的任务,直接影响到特征向量的取值、特征向量比对。形态分类是赤平足痕迹形态分析的重要内容,它将赤平足分为 6 大类,即趾形形态、前掌前沿形态、前掌外沿形态、前掌内沿形态、脚弓形态和后跟边沿形态。根据这些大类又可分若干个小类,从而对赤平足痕迹进行详细的定义。生物特征提取是在赤平足形态分类之后,对赤平足痕迹生物形态特征和结构特征提取、自动计算后而转换为一系列特征向量的过程,并作为生物特征匹配和识别决策的重要依据。

### 3.4 存储子系统

存储子系统的中心任务是对赤平足采集图像和生物形态特征和结构特征进行有效存储。对图像存储而言,可借助操作系统的文件管理系统进行存储,并将其文件名纳入数据库进行调用;也可应用 SQL 等大型数据库对其进行直接存储和管理。生物形态分类和特征向量数据的存储必须应用于数据库对其进行存储和调用,保证识别决策工作对生物形态和结构特征的准确匹配。同时也要存储赤平足对象的身份描述,以快速核实出犯罪嫌疑人。

### 3.5 识别决策子系统

特征提取和生物特征匹配是生物特征识别技术的关键,其准确率必须达到 95% 以上才能满足刑侦识别

的技术要求。除了自动识别技术外,也要借助刑侦识别专业人员的先验知识或经验方可进行决策,才能打印输出或提交识别决策结论。

## 4 赤平足痕迹形态分类

赤平足痕迹形态分析<sup>[3]</sup>可将赤平足痕迹分为趾形形态、前掌前沿形态、前掌外沿形态、前掌内沿形态、脚弓形态和后跟边沿形态 6 大类,每一大类又可细分为若干小类,如图 1-6 所示。

### 4.1 趾形形状分类

趾形形态可分为 6 类,即内弧形、中弧形、波浪形、单角形、双角形和斜形,如图 3 所示。



图 3 趾形形状分类

### 4.2 前掌前沿形态分类

前掌前沿形态可分为 4 类,即弧形、单峰形、双峰形和多峰形,如图 4 所示。

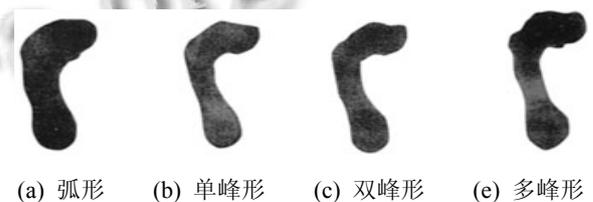


图 4 前掌前沿形态分类

### 4.3 前掌外沿形态分类

前掌外沿形态分类可分为 5 类,即单弧形、双弧形、长弧形、角形和直形,如图 5 所示。



图 5 前掌外沿形态分类

#### 4.4 前掌内沿形态分类

前掌内沿形态可分为5类,即圆弧形、角突形、直形、内斜形和外斜形,如图6所示。



(a)圆弧形 (b)角突形 (c)直形 (d)内斜形 (e)外斜形

图6 前掌内沿形态分类

#### 4.5 脚弓形态分类

脚弓形态分类可分为6类,即弧形、角形、长角形、耳形、内凸形和方形,如图7所示。



(a)弧形 (b)角形 (c)长角形 (d)耳形 (e)内凸形 (f)方形

图7 脚弓形态分类

#### 4.6 后跟边沿形态分类

后跟边沿形态可分为6类,即椭圆形、内圆形、内凹形、近方形、梯形和柱形,如图8所示。



(a)椭圆形(b)内圆形(c)内凹形 (d)近方形 (e)梯形 (f)柱形

图8 后跟边沿形态分类

另生物结构特征可参见参考文献[4],由于篇幅所限,在此不予赘述。

### 5 赤平足生物形态特征数据库建设

生物形态特征数据库建设应具备的内容体系,也应有充实的信息量。应按照赤平足痕迹形态分类进行,如表1至表3。由于篇幅所限,在此不予赘述。

表1 身份数据表

编号	1	2	...	n
身份证编号				
姓名				
性别				
出生年月日				

工作单位或职业				
家庭住址				
婚姻状况				
犯罪前科				
备注				

表2 生物形态特征数据表

编号	1	2	...	n
趾形形状	内弧形			
前掌前沿形态	双峰形			
前掌外沿形态	角形			特征
前掌内沿形态	圆弧形			
脚弓形态	耳形			
后跟边沿形态	内圆形			
检验鉴定结论				

表3 生物结构特征数据表

编号	1	2	...	n
全脚长度				
前掌宽度				
后跟宽度				
内锥长度				
外锥长度				
前掌至跟中点连线长度				
前掌宽度中点至大趾中心长				
前掌宽度中点至二指中心长				
前掌宽度中点至三指中心长				
前掌宽度中点至四指中心长				
前掌宽度中点至小指中心长				
检验鉴定结论				
编号	1	2	...	n
趾形形状	内弧形			
前掌前沿形态	双峰形			
前掌外沿形态	角形			特征
前掌内沿形态	圆弧形			
脚弓形态	耳形			
后跟边沿形态	内圆形			
检验鉴定结论				

#### 参考文献

- 1 陈连锁,舒力迪.赤脚平面足迹自动识别定位算法研究.电脑与信息技术,2011(2).
- 2 黄群.赤脚足迹的统计分析.辽宁警专学报,2005,29(1):5-9.
- 3 云宝璠.赤足迹生物特征识别研究初探.全国足迹检验鉴定学术研讨会论文集.北京:中国人民公安大学出版社,2007. 31-37.
- 4 舒力迪,陈连锁.赤脚平面足迹生物特征提取及测算.计算机系统应用,2011,20(1):66-69,136.