

# 赤脚平面足迹生物特征提取及测算<sup>①</sup>

舒力迪, 陈连锁

(内蒙古财经学院 计算机信息管理学院, 呼和浩特 010051)

**摘要:** 赤脚平面足迹(赤平足)计算机识别算法和系统建模一致是刑侦图像处理研究的重点内容之一。根据刑侦技术要求和相关资料,对赤平足识别系统建模进行了研究,对赤平足生物形态特征点/线进行了选择和定义,提出了特征点定位及特征参数计算的技术思路,并应用 Matlab 语言对交互式赤平足识别系统进行了编程实践,对实验所得到的形态特征参数进行了误差计算和分析,实现了赤平足交互识别系统的技术方案。经实验表明,该方案已达到刑侦技术识别和鉴定的实际要求,可作为赤平足自动识别系统研发的技术参考。

**关键词:** 赤脚平面足迹; 识别系统; 刑侦识别; 系统建模; 形态特征; 特征参数

## Barefoot Plane Footprint Biological Feature Extraction and Measurement

SHU Li-Di, CHEN Lian-Suo

(Computer Information Management College, Inner Mongolia Finance and Economics College, Huhhot 010051, China)

**Abstract:** Barefoot plane footprint computer program identification algorithm and build system model consistently is one of the key research content in the criminal investigation of image processing. According to the criminal investigation technical requirement and reference relevant technical data, have researched the model of barefoot plane footprint recognition system, have selected and defined Biological characteristics points and characteristics lines of barefoot plane footprint, have proposed the method about feature point positioning and characteristic parameters calculation, and Has been realized the computer programming of interactive Barefoot plane footprint recognition system to use Matlab language, calculated and analyzed the Morphological characteristics parameters error, had been Realized the technology solutions of interaction barefoot plane footprint recognition system. By experiment, the scheme has been fulfilled the actual requirements of criminal investigation technology, can be used as reference about barefoot plane footprint automatic identification system research and technology.

**Keywords:** barefoot plane footprint; identification system; criminal investigation; system modeling; morphological characteristics; characteristic parameter

近年来,赤脚作案率明显增多,因此针对赤脚平面足迹(以下简称赤平足)的刑侦识别已成为一项研究重点,一些学者也提出了一些技术思路,但多为方法研究,还没有见到切实可行的应用系统或技术推广,目前赤平足生物形态特征刑侦识别工作仍以人工识别为主。

赤平足形态特征提取及测算是继赤平足定位、赤

平足边缘检测和提取和形态分类(图 1)之后的又一重要工作环节,也是为赤平足比对识别提供重要策略技术参数和建立生物形态分类特征数据库的关键工序。为了更好地结合和体现刑侦专业的专业知识和经验,及对今后赤平足自动识别系统所得出的特征参数进行对比分析的需要,文中采用 Matlab 数学分析工具对赤平足识别系统人机交互方案的系统建模和程序设

<sup>①</sup> 基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJ10159)

收稿时间:2010-05-12;收到修改稿时间:2010-06-08

计进行探讨,为赤平足自动识别应用系统的研发奠定科学的依据。



图 1 旋转定位图像

### 1 赤平足形态特征点、线选择与定义

参考有关赤平足迹研究资料<sup>[1-2]</sup>对特征测量点进行筛选,从中采用 13 个主要的特征点和 11 条特征线进行测试,如图 2 所示。

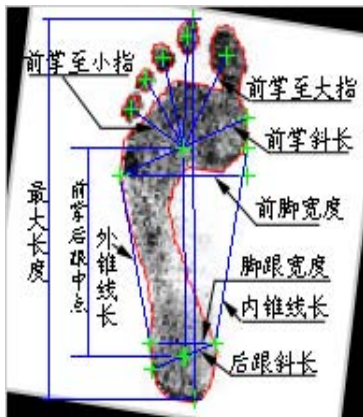


图 2 人机交互特征测量点线

#### 1.1 旋转定位后的特征点定义

前掌内切交点:前脚掌内弓最大宽度点。

前掌外切交点:前脚掌外弓最大宽度点。

后跟内切交点:后脚跟内弓最大宽度点。

后跟外切交点:后脚跟外弓最大宽度点。

前脚掌内外弓交点连线中点:前脚掌内外弓切交点连线的中点。

后脚跟内外弓交点连线中点:后脚跟内外弓切交点连线的中点。

大脚指中心点:大脚指凸球重压面积的中心点。

二脚指中心点:二脚指凸球重压面积的中心点。

三脚指中心点:三脚指凸球重压面积的中心点。

四脚指中心点:四脚指凸球重压面积的中心点。

小脚指中心点:小脚指凸球重压面积的中心点。

全脚长度最高点:重压足迹上弓曲线与水平线的交点。

全脚长度最低点:重压足迹下弓曲线与水平线的交点。

#### 1.2 特征线及长度(距离)定义

最大长度:全脚痕迹最高点与最低点之间的距离。

前脚宽度:前脚掌最大宽度。

脚跟宽度:后脚跟最大宽度。

内锥线长:前脚掌内切点与后脚跟内切点之间的距离。

外锥线长:前脚掌外切点与后脚跟外切点之间的距离。

前掌后跟中点连线长:前脚掌宽度线中点与后脚跟宽度中点之间的距离。

前掌至大指线长:前脚掌宽度线中点与大脚指凸球面积中心点之间的距离。

前掌至二指线长:前脚掌宽度线中点与二脚指凸球面积中心点之间的距离。

前掌至三指线长:前脚掌宽度线中点与三脚指凸球面积中心点之间的距离。

前掌至四指线长:前脚掌宽度线中点与四脚指凸球面积中心点之间的距离。

前掌至小指线长:前脚掌宽度线中点与小脚指凸球面积中心点之间的距离。

### 2 特征点定位及特征线计算技术思路

特征点定位及特征线计算的技术思路是根据前述特征点的选择,借助刑侦人员的先验知识对 13 个特征点进行人工提取,然后对以上 11 条特征线进行自动计算,从而得到赤平足生物形态痕迹的量化特征参数。

由于旋转定位后的赤平足对象,前脚掌和后脚跟最大宽度线的中心点是较稳定的,所以对特征点的提取首先从前脚掌和后脚跟两个部位进行。参见图 2,步骤如下:

步骤 1. 分别提取赤平足轮廓的最高和最低两点,两点间的距离就是全脚的最大长度。

步骤2. 选择前脚掌内外弓两侧最大宽度的2个特征点, 这两个点的连线即为“前掌斜长”线, 并根据两点坐标自动计算得到“前掌斜长”线的中点坐标。特别是前脚掌的“前掌斜长”线中点将成为前脚掌宽度和五个脚指测量的基点坐标。

步骤3. 选择后脚跟内外弓两侧最大宽度的2个特征点, 两点连线即为“后跟斜长”线, 并计算出两点连线的中点坐标。

步骤4. 过“前掌斜长”线和“后跟斜长”线的中点坐标的连线, 即为“前掌后跟中点”线, 并自动计算出两点间的距离。

步骤5. 分别过“前掌斜长”线和“后跟斜长”线这两个中点绘制水平线, 水平线与赤平足边缘轮廓内外交点间的距离, 便是前脚掌和后脚跟的宽度, 并自动计算出它们的长度。

步骤6. 根据第5步操作, 提取前脚掌和后脚跟内两侧两处与水平线交点, 计算和记录交点坐标, 两点间的连线便是内锥线, 两点间的距离为内锥线长。

步骤7. 用第6步类似的方法, 提取前脚掌和后脚跟外侧两处与水平线交点, 计算和记录交点坐标, 两点的连线便是外锥线, 两点间的距离为外锥线长。

步骤8. 参考第1步, 以“前掌斜长”线中点为基准点分别向5个脚指凸球压力中心定义特征点并连线, 就可得到“前掌至大指、前掌至二指、前掌至三指、前掌至四指、前掌至小指”5条特征线, 并分别自动计算出这五条特征线段的长度。

通过上述操作, 13条特征参数线的量化数据便可全部计算求出, 从而为赤平足生物形态识别和比对工作提供科学的依据。

### 3 交互式赤平足识别系统建模与程序设计

Matlab 是一种用于数值计算及可视化图形处理的工程语言, 为科学研究、工程应用提供了功能强、效率高的编程工具, 特别是附带的30多种面向不同领域的工具箱和大量的权威函数库, 使得工程人员无须花费太多的时间和精力研究某算法的实现和优化, 极大地方便了算法的开发, 使得系统建模着眼于面向工程的实现, 从而可以快速解决工程中所面

临的很多实际问题。同时也是程序设计前系统分析和测试的有力工具。以下是用 Matlab 编程<sup>[3-5]</sup>所实现的交互式赤平足识别系统的关键代码, 并给予简要说明。

for k =1:11 %11 线特征线数。注: 对每一条特征线操作需给出提示信息, 此处省略

for n = 1:2 %每一条特征线上提取两个特征点

[tzpoint(1,n),tzpoint(2,n)]=ginput(1); %记录数组中

End

line(tzpoint(1,:),tzpoint(2,:)); %绘制两个特征点之间连线 plot(tzpoint(1,1),tzpoint(2,1),'g+',tzpoint (1,2),tzpoint(2,2),'g+'); %对每个特征点坐标绘制标记

scale=4.9225; %比例因子。注: 应用文本框对不同的采集图像设定不同的比例 TempLength=sqrt ((tzpoint (1,2)-tzpoint(1,1))^2+(tzpoint(2,1)-tzpoint(2,2))^2);% 计算出两个特征点之间的长度距离。

Length(2,k)=Temp Length/scale;%将绘图单位转变为实际尺寸并进行记存。%以下为计算前脚掌和后脚跟宽度特征线的中点坐标 centre(1,k)=(tzpoint(1,2)-tzpoint(1,1))/2+tzpoint(1,1);% u 向坐标点 centre(2,k)=(tzpoint (2,1)-tzpoint(2,2))/2+ tzpoint(2,2); %v 向坐标点 plot (centre(1,:),centre (2,:),'g+'); %为两条线段中点绘制标记点

End

bodyhigh= Length(2,9)\*7; %赤平足全长(厘米) ×7=身高(近似数)

bodyhigh1=num2str(round(bodyhigh-3)); % 身高范围约为±3厘米

bodyhigh2=num2str(round(bodyhigh+3));% 打印输出自动计算得到的赤平足形态特征参数量化数据 (cm)disp('近似身高'); disp(bodyhigh1); disp(bodyhigh2);

disp('最大长度、前脚宽度、脚跟宽度、内锥线长、外锥线长、前掌后跟中点、前掌至大指、前掌至二指、前掌至三指、前掌至四指、前掌至小指')

disp(Length(2,1:11))

应用上述程序对 11 条特征线的提取和自动运算过程如图 3 所示。



图 3 特征点提取及特征连接

身高特征参数输出结果：近似身高(cm)：172~178。

对同一赤平足形态图像的 11 条特征线进行 5 次交互式提取测算，得到如表 1 所示的量化值，这将成为赤平足识别的重要技术数据。

表 1 特征参数自动测量输出结果(cm)

测量次数	1	2	3	4	5
1 最大长度	24.9988	25.021	24.9792	24.9898	25.1131
2 前脚宽度	9.3256	9.3453	9.4301	9.2021	9.301
3 脚跟宽度	5.0938	5.0911	5.0878	4.6923	4.9987
4 内锥线长	13.8646	13.8601	13.798	14.656	13.92
5 外锥线长	13.5147	13.52	13.492	13.498	13.531
6 前掌后跟中点	13.5575	13.56	13.799	13.532	13.55
7 前掌至大指	6.9424	6.938	6.95	7.2943	6.941
8 前掌至二指	7.3731	7.4028	7.2996	7.4892	7.345
9 前掌至三指	6.2152	6.2232	6.9758	6.5733	6.2885
10 前掌至四指	5.3685	5.354	5.645	5.3712	5.401
11 前掌至小指	4.6554	4.5443	4.5532	4.671	4.7612

#### 4 测量误差分析与特征参数

为了满足刑侦识别“准确率大于等于 95%”的技术要求，必须对特征技术参数进行误差分析。也就是说，在满足准确率大于 95%的情况下，给出置信阈值范围，凡落入该范围内的数值可等同认定，从而提供识别鉴定结论，这就涉及到测量误差统计分析技术。

测量误差分析与处理方法有多种，这里采用“小子样测量误差分析与 t 分布”方法<sup>[6]</sup>进行精度分析，目的是在采样(子样)次数一定的情况下分析置信区间，保证识别准确性。

根据表 1 采样次数为 5，准确率大于等于 95%，求赤平足特征参数的实际长度，基本思路和步骤如下：

步骤 1. 首先确定置信概率(精度)为  $P = 95\%$ ；

步骤 2. 计算测量子样算术平均值，用算术平均值代替被测量的真值，即测量真值的最佳估计值。

其中， $x_i$  为子样测定值； $n$  为采样次数，应大于等于 5(如表 1)，计算结果见表 2 第 2 列。

表 2 特征参数计算结果

测量次数	$\bar{x}$	$\sigma_{\bar{x}}$	$t_p \times \sigma_{\bar{x}}$	$\mu$
1 最大长度	25.02038	0.02	0.0556	25±0.06
2 前脚宽度	9.32082	0.04	0.1112	9±0.11
3 脚跟宽度	4.99274	0.08	0.2224	5±0.22
4 内锥线长	14.01974	0.16	0.4448	14±0.44
5 外锥线长	13.51114	0.01	0.0278	14±0.03
6 前掌后跟中点	13.5997	0.05	0.139	14±0.14
7 前掌至大指	7.01314	0.07	0.1946	7±0.19
8 前掌至二指	7.38194	0.03	0.0834	7±0.08
9 前掌至三指	6.4552	0.15	0.417	6±0.42
10 前掌至四指	5.42794	0.05	0.139	5±0.14
11 前掌至小指	4.63702	0.04	0.1112	5±0.11

步骤 3. 计算子样方差，计算结果见表 2 第 3 列。

步骤 4. 计算服从统计量 t 分布的自由度  $V = n - 1$ 。采样次数  $n = 5$ ，则  $V = n - 1 = 4$

步骤 5. 因为  $P = 95\%$ ， $V = 4$ ，查“t 分布的  $t_p$  概率数值表”。 $t_p = 2.78$

步骤 6. 计算置信区域(阈值)，计算结果见表 2 第 4 列。

步骤 7. 求赤平足特征参数的实际长度区间 ( $p = 95\%$ )，计算结果见表 2 第 5 列。

(下转第 136 页)

中端及低端存储如红色线标注路径。

生产 SAN 网络中划分主机 ZONE, 存储 ZONE 和虚拟化 ZONE。主机连接端口划入主机 ZONE, 高端存储连接端口划入存储 ZONE, 虚拟化引擎和中低端存储连接端口划入虚拟化 ZONE。各 ZONE 之间相互隔离。

这样最终以存储虚拟化技术为基础实现了对原有的存储孤岛和分散的存储局域网进行整合。同时, 根据数据的生命周期, 建立分级存储架构, 将存储平台建成一个虚拟的存储池, 实现数据的分级管理和应用。

#### 4 结论

在新的存储架构中, HDS USP 承担起了一级存储的职责, 主要存放关键业务数据, 而原来的 EMC Symmetrix 磁盘阵列则作为二级存储, 主要负责非关键性数据的备份、归档。这也就形成了分级存储架构, 可以根据数据在生命周期中价值的不同, 将数据存储

在最适当的存储设备上, HDS USP 可以把挂接在其后的不同品牌的磁盘阵列整合到一个统一的存储池中, 从而提高了存储设备的利用率, 方便数据共享和管理, 以及设备利旧。通过实践, 深切地感受到了采用存储虚拟化的好处: 首先, 可以将原有的存储孤岛进行整合, 通过存储虚拟化技术构建一个统一的虚拟存储池, 对存储资源进行统一管理, 并按需分配, 从而大大提高了系统的可扩展性; 通过存储虚拟化的整合功能, 实现了原有存储设备的再利用, 有效地保护了原有设备投资; 可以构建分级存储和管理体系, 将各应用系统的数据进行分级, 分为联机访问数据、近线访问数据、归档数据, 然后将其存储在不同成本的存储模型上, 按照数据的生命周期特性进行管理, 从而降低了整体成本。

#### 参考文献

- 1 张治国. 陕西电信存储整合成功经验. 北京: Hitachi Data System, 2009.

(上接第 69 页)

#### 5 小结

赤平足识别技术中特征提取及测量一般都在人工操作下进行, 虽然专业人员具有较强的先验知识, 但特征点定义和参数测量都会产生不同程度误差, 测量参数精度也不能准确把握。如果把先验知识与自动计算相结合, 精度会明显提高, 从而减少误判率。对上述所提取的形态特征参数与常规人工识别数据进行对比, 准确率已达到了公安刑侦技术鉴定的要求。而且对同一赤平足图像进行数十次识别操作所得到的数据误差率很小, 精度已达到 95% 以上。通过交互系统识别所得到的数据可以为自动识别程序设计提供对比的技术数据, 对自动识别算法研究建立可靠的技术保障。同时用所取得的数据来建立赤平足生物形态特征数据

库也是奠定侦破工作的基础数据。

#### 参考文献

- 1 云宝璠, 童莉, 宗家进. 赤足迹生物特征识别研究初探. 公安部刑事侦查局等. 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. 31-35.
- 2 黄群. 赤脚足迹的统计分析. 辽宁警专学报, 2005, (1): 5-9.
- 3 葛哲学. 精通 MATLAB. 北京: 电子工业出版社, 2008: 27-175.
- 4 王爱玲, 叶明生, 邓秋香. MATLAB R2007 图像处理技术与应用. 北京: 电子工业出版社, 2008. 30-165.
- 5 葛哲学, 等. 小波分析理论与 MATLAB R2007 实现. 北京: 电子工业出版社, 2007. 51-446.
- 6 杨文强. 统计学—科学与工程应用. 北京: 清华大学出版社, 2007. 306-328.