

文章编号 1004-924X(2012)09-2041-10

## 基于 Radon 方向场检测指纹奇异点

黄杰贤\*, 杨冬涛, 龚昌来

(嘉应学院 电子信息工程学院, 广东 梅州 514015)

**摘要:**为了快速、准确地检测与定位指纹奇异点(核心点、三角点)以实现指纹分类与匹配,本文引入了 Radon 算子来提取指纹的纹理方向特征以实现指纹方向场的分割。提出了方向熵的概念来描述方向场的分布特征,给出了基于方向熵的奇异点区域搜索方法。定义了方向密度函数以衡量奇异点搜索的优劣,指导奇异点侦测的方向熵阈值调整。最终实现了对奇异点的准确定位,准确率达到 83%。跟同类算法分析比较,提出的方法在准确性与检测效率方面均更具优势。抗噪实验还表明该方法具有良好的抗干扰能力与实用性,能满足实际应用要求。

**关键词:**指纹提取;奇异点检测;方向场;方向熵

**中图分类号:**TP391.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20122009.2041

## Inspection for fingerprint singular points based on Radon directional field characteristics

HUANG Jie-xian\*, YANG Dong-Tao, GONG Chang-lai

(School of Electronic Information Engineering, Jiaying University,  
Meizhou 514015, China)

\* Corresponding author, E-mail: huangjiexian@126.com

**Abstract:** With the aim to locate singular points (core point and delta point) precisely and to complete fingerprint classification and matching, the Radon transform was introduced firstly to extract the directional filed characteristic of a fingerprint image and to implement the image segmentation. The concept of directional entropy was proposed to describe the distribution of directional filed characteristic and the singular point area search method based on directional entropy was given. Furthermore, a directional density function was established to evaluate effectiveness of singular point location, which can guide the inspecting system to achieve optimal directional entropy threshold. After singular points were detected, the performance of similar algorithms was compared by taking accuracy and efficiency into consideration. Experiments show that the algorithm proposed in this paper is more advantageous, and it not only achieves high inspecting accuracy by 83%, but also has better adaptability and robustness fitted for practical application.

**Key words:** fingerprint extraction; location on singular point; directional filed; directional entropy

收稿日期:2012-04-22;修订日期:2012-05-16.

基金项目:广东省部产学研结合项目基金资助项目(No. 2009B090300200)

## 1 引言

指纹特征是一种人体生物特征,具有唯一性与终生不变性,是人体固有的生物属性,不存在丢失与遗忘的问题。由于指纹获取方便、容易被人们接受、受法律认可,采用指纹检测技术对身份进行识别是当前的研究热点,具有重要的理论意义与现实意义<sup>[1-2]</sup>。

指纹检测工作主要包括两大部分:1. 指纹奇异点的提取;2. 指纹奇异点的检测与匹配。指纹检测通常是基于指纹奇异点的匹配来实现的,能否从指纹图像中准确、可靠地提取出奇异点,将直接影响指纹匹配的准确度。本文重点针对指纹奇异点的提取进行研究。奇异点是指在指纹图像中某些位置的邻域处,纹理方向发生剧烈变化而导致这些位置没有确定的主方向特性,这些位置被称之为奇异点。奇异点主要分为两类,一类是核心点,即内部弯曲曲线处的最高点或者最低点;另一类是三角点,指三条不同方向的汇合点。

常用奇异点识别算法主要有以下几种:(1)最简单、最直观的方法是分析纹线法,通过对纹线上的 8 邻域来获取奇异点的类型与位置。该方法最大优点是实现简单,但是要求对每个点进行处理,导致效率低下。而当指纹图像存在毛刺,图像信息缺失时,算法性能失效,该算法的应用并不广泛<sup>[3]</sup>;(2)基于 Poincare Index 的方法是比较主流的、常用的算法。该算法主要围绕着某点在区域内对方向变化的累计量进行计算来确定该点的 Poincare Index 值,当值为  $1/2$  时表示该点为核心点;当值为  $-1/2$  时为三角点。该方法可以比较简单地判断奇异点的类型与位置,但亦要求对每个像素点进行处理,计算量大,效率不高,在实际中的应用受到比较多的限制<sup>[4]</sup>;(3)频谱法<sup>[5]</sup>也常用于对指纹图像的处理,在对指纹图像作频域变换的基础上,设计滤波器对某频率段、方向信息进行滤波处理。文献<sup>[6]</sup>通过 Gabor 滤波器对含有不同方向特征的图像进行分割标识,方向场的交汇处视为奇异点。频谱法最大的难题在于难以获取最优的滤波器设计参数,这无疑增加了算法的难度与降低了算法的适用性<sup>[6]</sup>;(4)文献<sup>[7-8]</sup>提出基于方向场特征的方法对奇异点进行检测,在对指纹方向场划分的基础上,提取方向场的分

界线,多条分界线的相交处即为奇异点。该算法对图像分割的平滑性与可区分性要求极高,在实际的环境中难免受噪声、毛刺、纹线缺失的影响,造成许多虚假的奇异点判别。尽管如此,该算法给本文的研究带来了新的思路。

在总结前人研究工作的基础上,本文提出基于 Radon 方向场特征的指纹快速检测方法。主要研究内容如下:对 Radon 算子进行调整,使该算子有利于纹理方向特征的提取;对指纹图像进行 Radon 变换并提取方向特征,对含有相同方向特征的图像区域进行划分、标识;采用信息熵的方法度量方向的不确定度特征进而实现对奇异点的提取;与同类算法进行比较分析,凸显本文算法的优越性。

## 2 Radon 算子与指纹图像方向特征侦测

方向场特征是指纹的重要特征,受文献<sup>[7]</sup>启发通过搜索指纹图像各方向场交汇处的方法实现对奇异点的定位与识别。本节首先对 Radon 算子做简要介绍,详细阐述了 Radon 变换的方法提取指纹图像的方向场特征的方法,最终基于方向场特征完成对指纹图像的分割。

图 1 给出了一对典型的奇异点<sup>[9]</sup>。

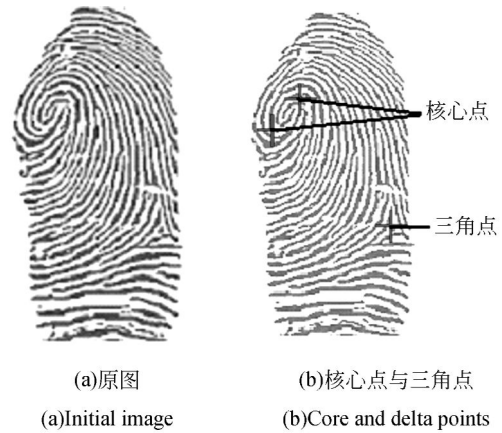


图 1 核心点与三角点展示  
Fig. 1 Exhibition on core and delta points

### 2.1 Radon 变换

Radon 变换由奥地利数学家 Johann Radon 提出,该变换不仅在数学理论研究中具有重要价值,在图像识别亦得到广泛应用。Radon 变换可将图像数据从二维降至一维,具有较强的干扰能力。对图像进行 Radon 变换可表述为:对二维图像沿着不同方向做一系列投影积分,数学表达式

如公式(1)所示。

$$R_{\theta}(m, p, q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j) \delta(m + qi - pi), \quad (1)$$

式中:  $f(i, j)$  为图像矩阵,  $\delta$  为冲击函数, 其具有以下数学性质:

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & x=0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases}. \quad (2)$$

对二维图像进行 Radon 变换即按一定的投影角度  $\theta$ , 沿着一系列平行线  $m = -qi + jp$  ( $q, p$  的最大公约数为 1,  $0 < m < +\infty$ ) 进行积分得到的一维数组; 投影角度  $\theta = \arctan(p/q)$ 。图 2 中, 将式(1)应用于  $4 \times 4$  图像进行投影角度分别为

$$R'_{\theta}(m, p, q) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |f(i, j) \delta(m + qi - pj) - f(i + \Delta y, j + \Delta x) \delta(m + qi - pj)|, \quad (3)$$

$$\tan \theta = p/q = \Delta y / \Delta x, \theta \in [0, 180]$$

为了有利于提取纹理的方向特征, 对 Radon 算子进行调整, 公式(3)为经调整后的 Radon 变换数学表达式, 具体描述为: 对二维图像沿着不同方向做一系列相邻梯度投影积分。图 3 为采用式(3)对  $4 \times 4$  图像做投影角度  $\theta$  分别为  $135^{\circ}$  与  $0^{\circ}$  的 Radon 变换而获取的一维数组。

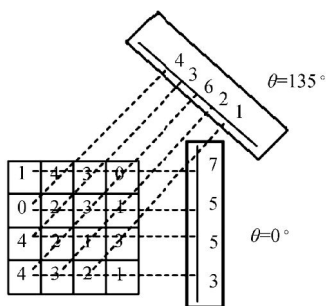


图 3 调整后的 Radon 算子  
Fig. 3 Modified Radon algorithm

为了获取纹理的角度信息, 对一维数组  $R'_{\theta}(m, p, q)$  作进一步积分, 即  $\sum_m R'_{\theta}(m, p, q)$  计算得到最终的 Radon 变换值。同时, 建立 Radon 变换直方图, 观察在不同投影角度下的 Radon 变换值 (Radon transforming value) 的分布情况以实现纹理角度的侦测。本实验中, 投影角度的取值范围为  $(0^{\circ}, 180^{\circ})$ , 并将其分为相等的 9 个角度区间, 每个角度区间为  $20^{\circ}$ 。图 4(a) 与图 4(c) 对应的 Radon 直方图如图 4(b) 与图 4(d) 所示。

$135^{\circ}, 0^{\circ}$  的 Radon 变换后得到的一维数组。

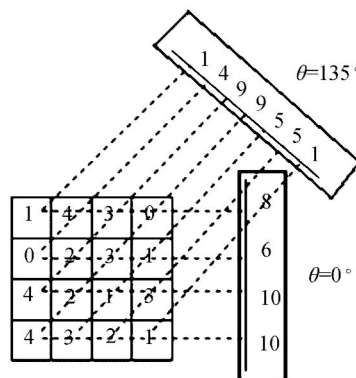
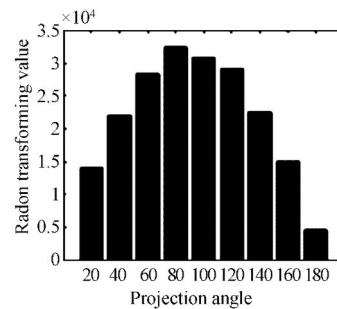


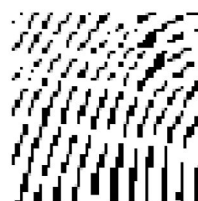
图 2 Radon 算子  
Fig. 2 Radon algorithm



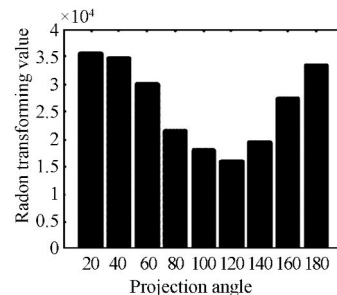
(a) 指纹图像 1  
(a) Fingerprint image 1



(b) Radon 直方图 1  
(b) Radon histogram 1



(c) 指纹图像 2  
(c) Fingerprint image 2



(d) Radon 直方图 2  
(d) Radon histogram 2

图 4 Radon 变换与方向分析

Fig. 4 Analysis on Radon transformation and direction

上述实验中, 图 4(a) 的纹理角度主要在  $160^{\circ} \sim 180^{\circ}$  (第 9 个区间) 分布; 图 4(c) 纹理角度主要在  $100^{\circ} \sim 120^{\circ}$  (第 6 个区间) 分布, 皆与直方图最小值对应的区间相符合。因此, 采用经调整后的 Radon

算子建立起来的 Radon 直方图可对指纹图像的纹理方向特征进行提取。下文将基于纹理的方向特征对指纹图像进行分割。

## 2.2 基于纹理方向特征的指纹图像分割与标识

图 4 的实验表明,建立 Radon 直方图的方法能够对纹理方向特征进行侦测。纹理的方向特征是指纹的重要特征,为了获取、分析指纹的特征信息,本节基于方向特征对指纹图像进行分割,并标识出不同的方向场,具体工作包括:

(1)从指纹图像中按顺序依次攫取单元图像并在不同的投影角度下进行 Radon 变换,并建立 Ra-

don 直方图;

(2)观察 Radon 直方图,当 Radon 变换值最小时,对应的投影角度为单元图像的主方向角度。

(3)根据主方向角度对图像进行分割,具有相同主方向角度的区域构成方向场。

(4)根据方向特征实现对指纹图像的分割,图 5 为采用上述方法对指纹图像进行分割的结果,含有不同方向场的区域分别以不同的颜色作标识。

图 5 给出了基于方向场的图像分割结果,下文为实现指纹奇异点的定位,对指纹图像方向场分布特征做进一步分析。

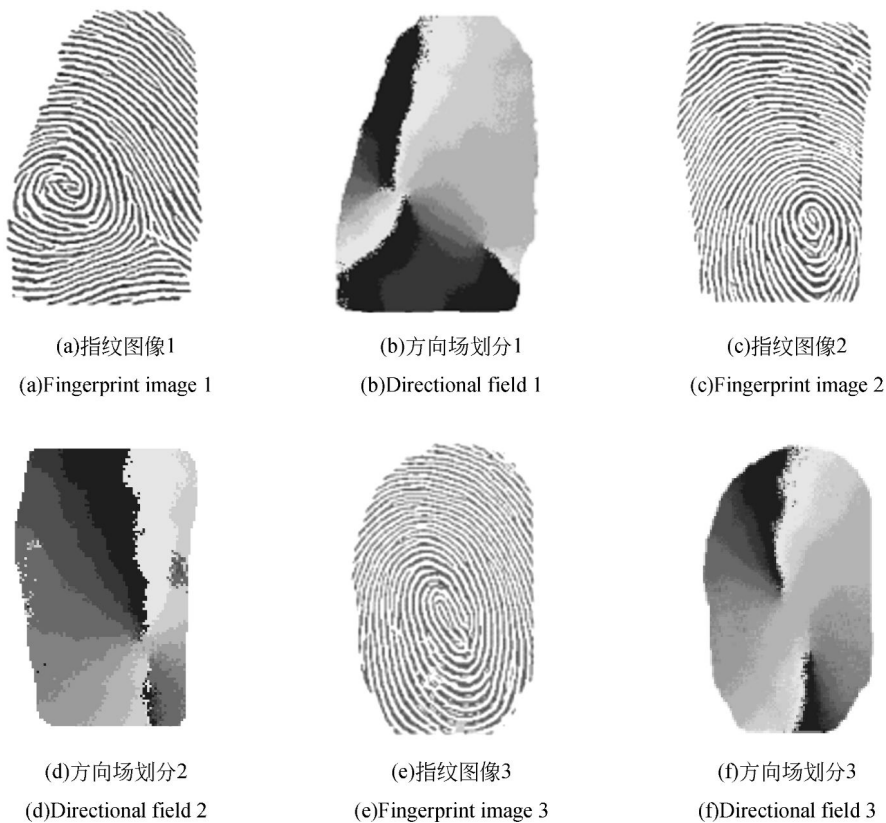


图 5 指纹图像及其方向场分布

Fig. 5 Fingerprints and their directional filed characteristics

## 3 基于方向不确定度的奇异点检测

在完成对指纹图像方向场划分工作后,本文提出纹理方向不确定度的新特征,并给出了一种简单、有效的指纹奇异点检测方法。主要工作包括:(1)基于信息熵对纹理方向分布特征进行描述;(2)对指纹纹理方向分布特征进行分析,识别奇异点。

### 3.1 奇异点检测的相关定义

定义 1. 已知指纹图像基于方向场特征将指纹图像分为若干个区域,分别以变量组  $\{\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_N\}$  表示;其中  $0^\circ < \varphi_i < 180^\circ, i = 1, 2, \dots, N$ 。本文将纹理方向划分为 9 个角度区间,则  $N=9$ 。

定义 2. 方向不确定度特征。在对整幅指纹图像的方向场进行划分的前提下攫取单元图像,通过计算该单元图像内所有像素点在不同方向场

区域的分布情况以描述方向不确定度特征。假设单元图像的尺寸为  $R \times S$ , 落入不同方向场像素统计值分别为,  $C_1, C_2, \dots, C_9$ 。

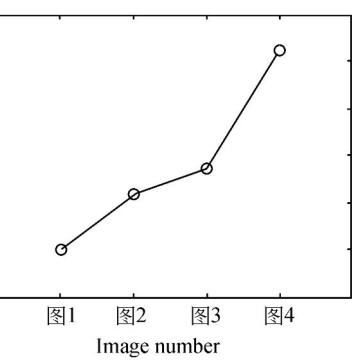
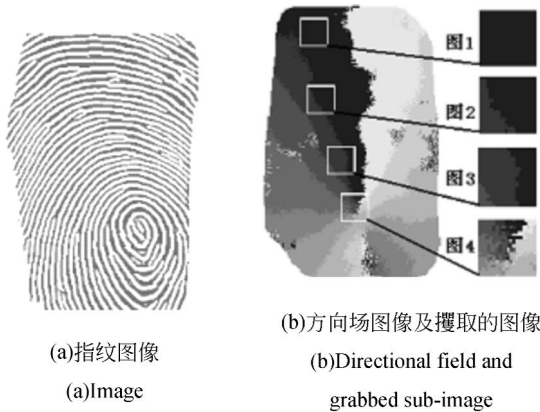
所有像素在落入不同方向场的概率如(4)所示:

$$P_i = C_i / (R \times S), \quad (4)$$

引入信息熵概念用于描述方向的不确定性特征, 如式(5)所示:

$$E = - \sum P_i \log P_i. \quad (5)$$

信息熵主要用于衡量信息的不确定性, 当信息的不确定性越高则信息熵值越大。根据该原理, 当某个区域内的像素集中在某个方向场分布时, 信息熵低; 当像素分散地分布在不同的方向场分布时, 信息熵值高。图 6(b) 为基于 Radon 变换对图 6(a) 划分的方向场, 并在该图上攫取单元图像, 通过计算不同单元图像包含的方向信息熵(Directional Entropy), 并在图 6(c) 显示。



(c) 方向信息熵分布  
(c) Distribution of information entropy

图 6 方向不确定度分析

Fig. 6 Analysis on directional uncertainty

图 6(b) 为攫取的 4 幅单元图像, 其方向不确定度逐渐变强, 对应的方向信息熵值分别为 0, 0.59, 0.86, 2.10 不断增加(分布如图 6(c) 所示)。上述实验证明了采用信息熵的方法可有效度量方向的不确定度特征。对指纹图像(图 7(a)、(c))作 Radon 变换, 在划分方向场后采用信息熵方法对图像进行处理, 并通过 3 维图像显示处理结果(如图 7(b)、(d))所示。

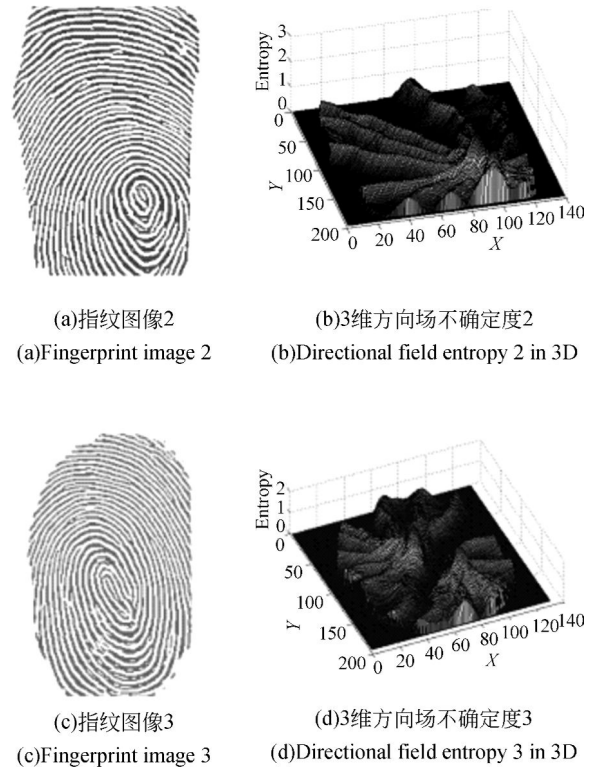


图 7 对指纹图像不确定度分析

Fig. 7 Analysis on directional uncertainty

### 3.2 奇异点区域搜索

图 7 的信息熵量化结果反映了方向场分布情况。奇异点区域处于各方向场的交汇处, 其熵值明显高于其他区域, 方向场特征的不确定度特征可作为奇异点搜索的重要依据。通过设置熵阈值的方法对图 8 的奇异点区域进行搜索, 当以最大熵值为阈值时, 可直接对奇异点进行定位(如图 8(a) 所示); 但也很可能导致奇异点检测的遗漏(如图 8(b))。调低阈值又容易产生许多错误的搜索结果, 如图 8(c) 的搜索结果中既包含真实的搜索区域, 也包括错误的搜索区域。因此, 从图 8 的搜索实验可得到: 获取最优的阈值是实现正确搜索的关键。

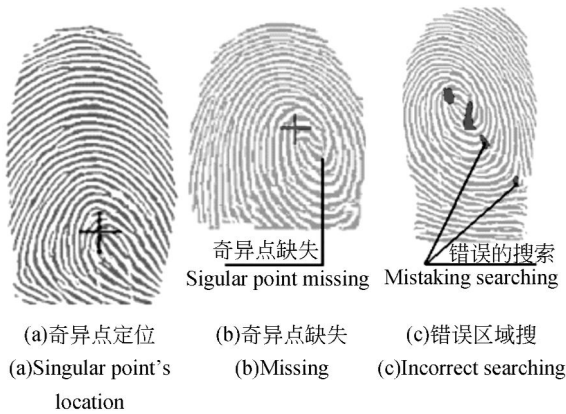


图 8 基于不确定度的奇异点区域搜索

Fig. 8 Searching singular point area based on entropy

从采集到的指纹图像中分割出奇异点区域是实现奇异点定位的重要步骤。冗余的、错误的搜索或奇异点区域搜索的缺失不仅降低了算法的效率,而且给后续的图像处理带来严重干扰。下文对获取最优的熵阈值方法进行详细阐述。

### 3.3 方向密度分析

根据已显示的方向场分割效果图与不确定度特征得知,各方向场在奇异点区域有汇合的趋势,体现在该区域内方向场的丰富程度或密集程度上。为了描述该特征,定义方向密度变量(Directional intensity),具体以方向场图像中每个像素点为基准点,计算该点与 8 邻域在方向场特征上相异像素个数。如图 9 中  $3 \times 3$  的方向场,图 9 (a)、(b)、(c)的方向密度分别为 0、2、8。

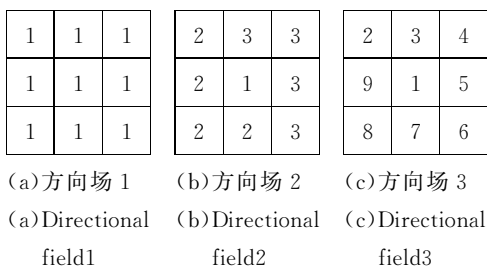


图 9 相邻域方向场

Fig. 9 Directional fields in neighborhood

建立直方图对方向场图像的分布情况进行描述,对落入不同方向密度区间的像素进行统计,并用于辅助获取最佳奇异点区域分割熵阈值。图 10(b)针对整幅指纹图像(如图 10(a))进行统计,图 10(c)则在选定奇异点区域后(如图 10(d))所获取的统计结果,两直方图都经过归一化处理。

直方图函数用  $H(i) i=1 \cdots M$  表示,  $M$  表示最大的方向密度值。

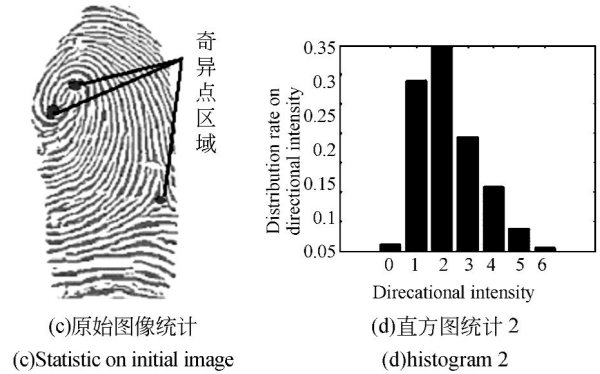
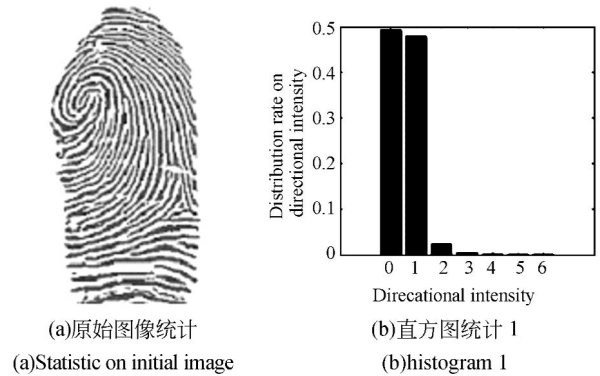


图 10 方向密度直方图

Fig. 10 Histograms on directional intensity

将图 10 中的直方图进行比较得到:奇异点区域直方图(图 10(d))在高方向密度区间上所占的比例明显高于指纹图像直方图(图 10(b)),符合方向场在奇异点区域具有汇合趋势的特征。因此,高方向密度区间的占比值(High directional intensity rate)可作为奇异点区域判别的度量值,已知本文的待检测目标为核心点与三角点,三角点区域的方向密度应为 2,定义占比值变量,数学表达式如下:

$$R = \sum_{i=2}^M H(i). \quad (6)$$

在基于方向不确定度的奇异点区域分割工作中,通过不断调整占比值来衡量熵阈值选取的优劣。本文的方法为:抽取 300 幅指纹图像样品,定义以下关键指标对占比值的选取进行分析:

定义 1 漏检率(Missing rate):奇异点区域检测遗漏样品数/总样品数;

定义 2 错检率(Mistaking inspection rate):

将非奇异点区域错判为奇异点区域样品数/总样品数;

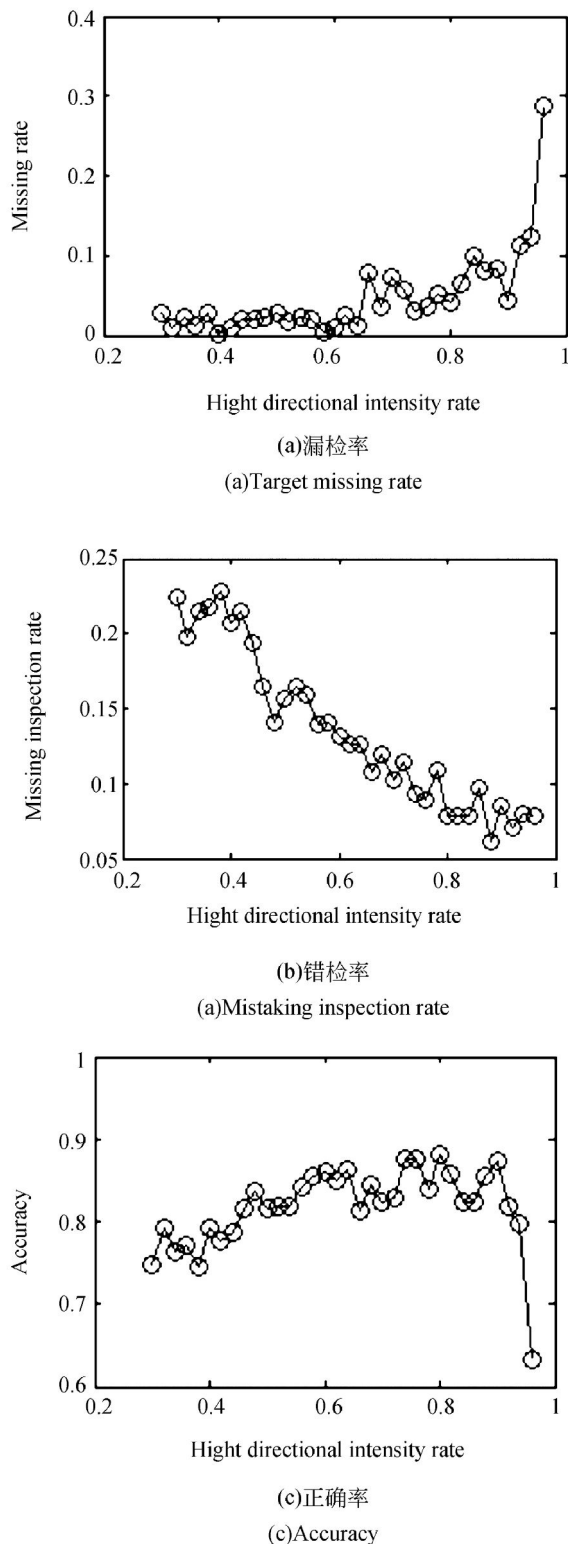


图 11 占比值与检测准确率分析  
Fig. 11 Analysis on inspecting accuracy

定义 3 准确率(Accuracy):正确的检测样品数/总样品数。关键指标随占比值(X轴)变化如下:

图 11 中,占比值越大,漏检概率越高;而错检率则随着占比值的增加呈反比关系;图 11(c)通过正确率来衡量总体检测情况,同时,本实验将占比值选定为 0.78。在此基础上,实现奇异点定位的具体工作步骤如下:

Step1. 基于信息熵的方法对指纹图像方向场的不确定度进行度量;

Step2. 选取极大的熵值为参考值,乘于小于 1 的熵比例系数以调低奇异点区域的分割阈值,本文实验的熵比例系数设为黄金分割系数 0.618;

Step3. 基于熵阈值对奇异点区域进行分割,并对已分割区域的占比值进行计算。当大于或等于选定的占比值时,熵阈值确定,搜索区域为所求。否则,调高熵阈值,重新进入步骤 3,直至搜索结束。

图 12(a)采用上述方法的对奇异点区域的分割结果,并在搜索的区域内以最大方向熵值作为奇异点的判断特征并实现定位(如图 12(b)“十”字标志)。

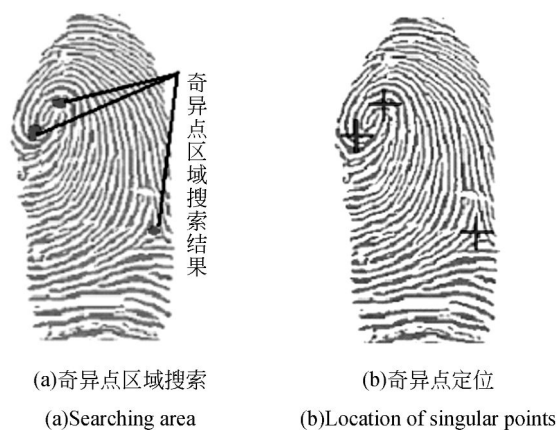


图 12 奇异点搜索与定位

Fig. 12 Searching and location of singular points

图 13 至图 15 分别对同一个手指获取两幅在位置上、外形上存在差异的图像,采用本文的算法对奇异点作定位并验证其定位的准确度。



(a)奇异点定位1 (b)奇异点定位2  
(a)Location 1 (b)Location 2

图 13 奇异点搜索与定位

Fig. 13 Location of singular points



(a)奇异点定位1 (b)奇异点定位2  
(a)Location 1 (b)Location 2

图 14 奇异点搜索与定位

Fig. 14 Location of singular points



(a)奇异点定位1 (b)奇异点定位2  
(a)Location 1 (b)Location 2

图 15 奇异点搜索与定位

Fig. 15 Location of singular points

图 13(b)、14(b)、15(b)与图 13(a)、14(a)、15(a)相比具有一定程度的平移,旋转、放大、变小等畸变,检测算法依然能对奇异点进行准确定位,具有良好的适应能力与适用性。

#### 4 抗干扰性分析

为了验证算法的抗干扰能力,分别在指纹图像中添加椒盐噪声,在有干扰的条件下对指纹图像的奇异点进行搜索,搜索结果如下图所示:



(a)奇异点搜索1 (b)奇异点搜索2  
(a)Searching 1 (b)Searching 2



(c)奇异点搜索3 (d)奇异点搜索4  
(c)Searching area (d)Location of singular points

图 16 噪声干扰条件下的奇异点定位

Fig. 16 Singular point's location with noise interference

从图 16 的实验结果得到:在有噪声干扰的环境下,本文提出的算法依然能够保证奇异点定位的正确度。与文献[8-9]的方法比较,具有更好的抗干扰能力,更适于在实际的工业现场环境中应用。

#### 5 实验结果评估

为了验证前文所述算法的有效性,本文从广东嘉应学院的学生指纹库中任意抽取 2 000 幅指纹图像进行测试。指纹图像大小一般为 160×200,算法运行的硬件平台为英特尔双核 2.53G

的处理器,采用 matlab7.0 软件对指纹图像进行处理。对奇异点定位的准确性与效率两方面进行分析,关键指标为:漏检率、误检率、准确率、平均处理时间。实验还将本文算法与目前最常用的 Poincare index 算法,文献[7]的算法作比较,并在表 1 中显示。

表 1 奇异点定位实验比较

Tab.1 Location on singular point

方法	漏检率	错检率	正确率	平均处理时间(s)
Poincare index 算法	2.6%	12.1%	85.3%	12.71s
文献[8]的算法	6.4%	19.5%	74.1%	3.96s
本文方法	4.7%	12.3%	83%	4.21s

表 1 中的实验结果得到,Poincare index 算法是指纹奇异点检测中最经典、直观的算法,从检测的准确率获悉该算法可比较好地检测核心点与三角点,最大不足之处在于计算效率不高(是本文提

出算法的 3 倍)。本文算法受到文献[7]思路启发,是从方向特征的角度入手来实现对奇异点定位,文献[7]对基于方向场特征的图像分割的平滑性与可区分性要求很高,然而在实际的环境中存在着噪声、指纹纹线角刺等干扰,使得图像分割质量下降,导致了检测算法的错检率较高。本文算法在检测的准确率上与 Poincare index 相仿,而且具有比较高的检测效率,综合以上分析,本文提出的算法整体上优于前面两种算法。

## 5 结 论

本文引入 Radon 算子提取指纹的方向场特征,并在此基础上提出方向熵的概念——采用信息熵的方法对方向场的不确定度特征进行度量,同时基于方向熵对奇异点进行检索;定义方向密度函数筛选出正确的奇异点,实现奇异点的准确定位,并验证了算法具有良好的抗干扰能力与实用性。与 Poincare index 算法相比较,文中的算法,在准确率上与其相当,但在检测效率上明显优于 Poincare index 算法;与文献[7]的方法相比,本文算法在效率上与其相差不大,在准确率上亦占有比较大的优势。

## 参考文献:

- [1] PANKANTI S, PRABBAKAR S, JAIN A K. On the individuality of fingerprints[J]. *IEEE Transactions on PAMI*, 2002, 24(8): 1010-1025.
- [2] 罗菁, 林树忠, 詹湘琳, 等. 奇异点和隐马尔可夫模型融合的指纹分类[J]. *光学精密工程*, 2009, 17(4): 874-879.  
LUO J, LIN SH ZH, ZHAN X L, *et al.*. Fingerprint classification combining singularity and HMM [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(4): 874-879. (in Chinese)
- [3] CHEN X J, TIAN J, CHENG J G, *et al.*. Segmentation of fingerprint image using linear classifier[J]. *Journal on Applied Signal Processing*, 2004(4): 480-494.
- [4] 聂贵军, 吴陈, 叶锡君, 等. 基于连续分布方向图和改进的 Poincare Index 的指纹分类[J]. *电子学报*, 2006, 34(5): 947-952.

- NIE G J, WU CH, YE X J, *et al.*. Fingerprint classification based on both continuously distributed directional image and modified version of poincare index[J]. *Acta Elctronica Sinica*, 2006, 34(5): 947-952. (in Chinese)
- [5] NILSSON K, BIGUN J. Localization of corresponding points in fingerprints by complex filtering[J]. *Pattern Recognition Letters*, 2003, 24: 2135-2144.
- [6] 乌旭, 胡家升, 梁殿亮. 基于区域分割的指纹奇异性检测及中心点计算[J]. *光学精密工程*, 2006, 14(2): 229-235.  
WU X, HU J SH, LIANG D L. An algorithm for singularity detection and centerpoint calculation based on fingerprint segmentation[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2006, 14(2): 229-235. (in Chinese)
- [7] HUANG CH Y, LIU L M, HUNG D C. Fingerprint analysis and singular point detection[J]. *Pattern recognition letters*, 2007, 28(15): 1937-1945.
- [8] 梅园, 曹国, 孙怀江, 等. 一种新的指纹奇异点快速

- 检测方法[J]. 计算机学报, 2009, 32(5):1037-1045.
- MEI Y, CAO G, SUN H J, *et al.*. A new method for rapid detection of fingerprints' singular point [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2009, 32 (5): 1037-1045. (in Chinese)
- [9] CAPPELLI R, MAIO D. Performance evaluation of Fingerprint verification system[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2006, 28(1):3-18.
- [10] HE J X, LIU H P. Admissible wavelets and inverse radon transform associated with the affine homogeneous Siegel domains of type II[J]. *Communications in Analysis and Geometry*, 2007, 15 (1):1-28.

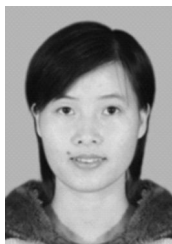
#### 作者简介:



**黄杰贤**(1982-),男,广东梅县人,博士,2005年于沈阳航空工业学院获得学士学位,2008年于广东工业大学获得硕士学位,2012年于华南理工大学获得博士学位。主要从事机器视觉及自动控制方面的研究。E-mail: huangjiexian@126.com



**龚昌来**(1962-),男,湖南衡阳人,硕士,副教授,现为嘉应学院电子信息工程学院院长,主要研究方向为图像与信号处理。E-mail: dzxgcl@sohu.com



**杨冬涛**(1981-),女,广东梅县人,2008年于广东工业大学获得硕士学位,主要从事信号与图像处理方面的研究。E-mail: ydtsnail@163.com

#### ●下期预告

## 嵌入式自动聚焦摄像模组控制系统的设计

马建设,李合银,程雪岷,林家用,张志清

(清华大学深圳研究生院 光盘国家工程研究中心深圳分中心,广东 深圳 518055)

提出一种嵌入式自动聚焦摄像模组的控制系统,它以 AD5820 作为聚焦电机的驱动 IC,以 OV5642 为图像传感器,以 68013 单片机进行数据处理并控制驱动 IC 调整镜头的位置,达到准确自动聚焦的目的。系统通过控制音圈电机带动镜头行程变位,获取一系列图像,计算每幅图像清晰度评价价值构成清晰度评价曲线,采用梯度函数作为图像清晰度评价标准,采用全程搜索的方式找到图像清晰度最大值时镜头的位置,从而达到聚焦的目的。通过实验验证,系统的聚焦分辨率能达到  $5\sim 10\ \mu\text{m}$ ,自动聚焦实物拍摄图像清晰,能够很好的满足摄像模组自动聚焦的需求。