

基于方向的指纹奇异点提取

丁晋俊 孙乐昌

(解放军电子工程学院 网络工程系 安徽 合肥 230037)

摘 要 准确、可靠地检测指纹奇异点(核心点和三角点)对于指纹的分类和匹配有重要的意义。针对指纹图像奇异点提取中准确判断和精确定位的难题,介绍了一种比较好的奇异点检测算法。根据奇异点的性质,利用 Poincare Index 方法求出核心点和三角点。根据相关规则,清除虚假奇异点。实验结果证明该方法能够从指纹图像中较精确、可靠地提取出奇异点。用该方法对不同质量的指纹图像进行实验,并与其他方法进行比较,结果表明该方法更加有效、可靠,具有很好的鲁棒性。

关键词 指纹图像;方向图;奇异点

中图分类号:TP391.4

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)02-0109-02

Singular Point Detection of Fingerprint Based on Direction

DING Jin-jun, SUN Le-chang

(Dept. of Network Eng., Electronic Eng. Institute of PLA, Hefei 230037, China)

Abstract It is very important to detect singular point (core and delta) accurately and reliably for classification and matching of fingerprint. In this paper, introduce a good method for singularity detection in fingerprint to improve accuracy of the position and reliability of the singular point. Core and delta are detected by the Poincare Index method. The falsehood singular points are eliminated in basis of correlation rule. At last, experiment results show that the method detect accurately and reliably the singular points. Experimental results on fingerprint images and comparison with other methods show less computational complexity and more robustness.

Key words fingerprint; directional field; singular points

0 引言

指纹图像是由局部平行的脊线和谷线构成的一种方向模式,方向信息是指纹图像的重要信息之一。指纹方向图表征了指纹的这种内在属性,它是指纹图像的一个重要识别特征,也是进行进一步处理的重要基础。方向图对于指纹图像预处理过程中前景和背景的分隔、指纹图像的增强及二值化有着重要的作用,对于指纹图像中奇异点(如核心点和三角点)的检测也有重要的作用。

1 方向图的计算

有两种形式的方向图,一种是点方向图,即求出每个像素点处的方向;另一种是区域方向图,即求出图像中每个局部区域中纹线的主导方向,以该方向代表区域中所有像素点的方向。相比较而言,点方向图具有较高的精度,但计算量较大。有很多方向图计算方法,

在此采用 Bazen 等^[1]提出的基于灰度梯度的求点方向图方法。方向图的具体计算步骤如下:

(1)利用 Sobel 梯度算子求每个像素点处的水平梯度和垂直梯度,用向量 $[G_x, G_y]^T$ 表示。

(2)将所有像素点的水平梯度分量调整为正值,其目的是确保梯度向量的方向在 $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ 之间。

$$\begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \text{sign}(G_x) \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

(3)将每个像素点梯度向量的方向放大一倍,大小取平方,所得向量记为 $[G_{sx}, G_{sy}]^T$,根据角度变换的性质得出:

$$\begin{bmatrix} G_{sx} \\ G_{sy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_x^2 - G_y^2 \\ 2G_x G_y \end{bmatrix} \quad (2)$$

(4)求每个像素点处的平均梯度向量 $[\overline{G_{sx}}, \overline{G_{sy}}]$,局部邻域大小为 $w \times w$ 。

$$\begin{bmatrix} \overline{G_{sx}} \\ \overline{G_{sy}} \end{bmatrix} = \frac{1}{w \times w} \begin{bmatrix} \sum_{w \times w} G_{sx} \\ \sum_{w \times w} G_{sy} \end{bmatrix} = \frac{1}{w \times w} \begin{bmatrix} \sum_{w \times w} (G_x^2 - G_y^2) \\ \sum_{w \times w} 2G_x G_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

收稿日期:2006-04-16

作者简介:丁晋俊(1981-),男,浙江义乌人,硕士研究生,研究方向为计算机应用;孙乐昌,教授,博士生导师,主要研究方向为信息与网络安全、分布式系统。

(5) 求每个像素点的平均梯度方向 ϕ , 该方向一定在 $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ 之间。

$$\phi = \begin{cases} \frac{1}{2} \arctan(\frac{\overline{G_{xy}}}{\overline{G_{sx}}}), & \overline{G_{sx}} \neq 0 \\ \frac{\pi}{2}, & \overline{G_{sx}} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

(6) 求每个像素点处的纹线方向 θ , 它与该像素点的平均梯度方向垂直。

$$\theta = \begin{cases} \phi + \frac{1}{2}\pi, & \phi \leq 0 \\ \phi - \frac{1}{2}\pi, & \phi > 0 \end{cases} \quad (5)$$

2 奇异点检测

为了将输入的指纹图像进行分类, 需要在指纹的方向图中检测出指纹的奇异点。这一步也是指纹分类过程中关键的一步。通过计算入口参数, 可以将指纹方向图中的点划分到以下的三种类型: 普通点、核心点、三角点。其中, 核心点和三角点就是所要检测的奇异点。

2.1 奇异点定义

在方向图中, 在某一点的局部邻域内, 如果纹线的方向形成了一个半圆形的趋势, 那么就将该点定义为一个核心点; 如果在该点的局部邻域内, 纹线的方向形成了三个区, 并且每一个区呈现双曲线的趋势, 那么就定义该点为一个“三角点”。如图 1 所示。这里将核心点和三角点统称为奇异点。

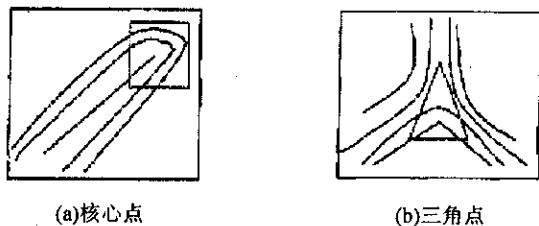


图 1 指纹图像的奇异点

2.2 奇异点的性质

在一幅方向图中, 当在某一点附近的封闭曲线上作逆时针跟踪时, 指纹的方向角将按照一定的规则变化 $0^\circ, 180^\circ, 360^\circ, \dots$ 。如果在跟踪一圈的过程中, 角度变化了 0° , 那么该点就是一个普通点, 如果角度变化了 180° , 那么该点就是一个核心点, 如果角度变化了 360° , 那么该点就是一个三角点^[2]。如图 2 所示。对于方向角度变化更高或者更低的情况, 可以称它为双核心点、双三角点等等, 以此类推。但在指纹图像中, 这些情况很少出现, 因此对这些情况不予考虑。

2.3 奇异点的提取

目前有很多从指纹图像中提取奇异点的方法, 在

文中采用 Poincare Index 的方法^[4, 5]。该方法通过分析指纹方向图提取奇异点。Poincare Index 定义为一条封闭曲线上的点的方向变化之和。设离散化矩阵封闭曲线的长度为 L , 像素点的方向 θ 为 $[0, \pi]$, 封闭曲线所围绕的像素点 (x, y) 的 Poincare Index 通过以下公式计算:

$$\text{Poincar}(x, y) = \sum_{k=0}^{L-1} \Delta(k) \quad (6)$$

$$\Delta(k) = \begin{cases} \theta(k) + \pi, & \theta(k) \leq -\frac{\pi}{2} \\ \theta(k) - \pi, & \theta(k) \geq \frac{\pi}{2} \\ \theta(k), & \text{其它} \end{cases} \quad (7)$$

$$\theta(k) = \theta(k') - \theta(k), k' = (k+1) \bmod L \quad (8)$$

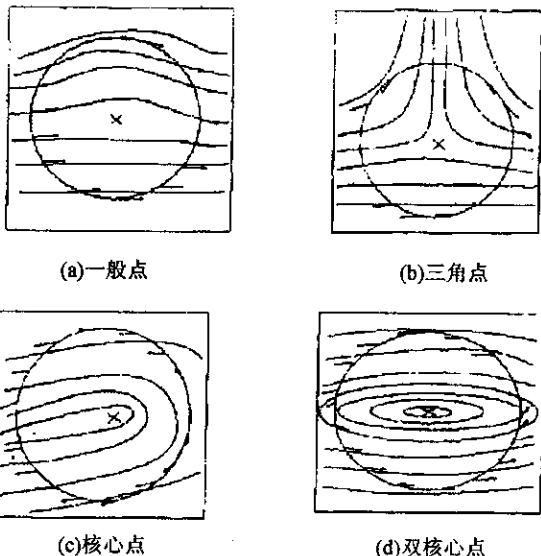


图 2 奇异点的性质

提取奇异点的具体步骤如下:

(1) 初始化矩阵 A , 该矩阵用来存放检测到的奇异点。

(2) 对方向图 O' 中的每个像素点计算它的 (x, y) 。如果 (x, y) 不属于背景区域中的点, 则以 $L=25(5 \times 5$ 的矩形边框) 计算该像素点的 Poincare Index。如果为 π , 在矩阵 A 中相应位置填入 1, 如果为 $-\pi$, 在矩阵 A 中相应位置填入 -1, 其它填 0。

(3) 找出矩阵 A 中为 1 的所有目标, 如果某一个目标的面积大于 4, 那么就认为找到了一个核心点, 并且将该目标的中心的坐标作为此核心点的坐标。

(4) 找出矩阵 A 中为 -1 的所有目标, 如果某一个目标的面积大于 4, 那么就认为找到了一个三角点, 并且将该目标的中心的坐标作为该三角点的坐标。

(5) 根据以下规则清除虚假奇异点^[3]。设指纹脊线平均宽度为 b :

a. 如果两个奇异点之间的距离小于 $4 \times b$, 则这两

(下转第 114 页)

SELECT Resourcenname FROM T - resource WHERE YY.

通过学校本体实例的查询实验表明效率较高(与垂直模式相比提高了近 40%),说明本体存储的设计是可行的。

3 结束语

本体的合理存储是保证本体共享利用的前提, OWL 本体扩展了类和属性间的关系,能提高查询和推理的能力,但丰富的信息如何有效地存储是必须研究的问题,文中对 OWL 本体存储模式做了一定的分析和研究,但在结合信息查询推理以进一步推进本体存储优化上还存在许多问题,这将是以后的研究重点,此外实验所采用的数据集还较小,引入大数量集后可能出现的问题也将是研究的目标。

参考文献:

- [1] McGuinness D L, Harmelen F V. OWL Web Language Overview [W3C Recommendation] [EB/OL]. 2004 - 02 - 10. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>.
- [2] W3C. The Semantic Web Home Page [EB/OL]. 2006 - 04. <http://www.w3.org/2001/sw/>.
- [3] 李曼. 基于关系数据库的大规模本体的存储模式研究 [J]. 华中科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(12): 217 - 220.

(上接第 110 页)

个奇异点都为虚假奇异点。

b. 用边长为 $4 * b$ 的矩形封闭边框重新计算每个奇异点的 Poincare Index, 如果得到的类型与原来的不同, 则为虚假奇异点。

c. 如果奇异点离背景区域或图像边界很近, 则为虚假奇异点。

3 实验结果及结论

使用几幅指纹图像进行实验, 实验结果如图 3 所示。



图 3 奇异点提取结果(圆型为核心点, 矩形为三角点)

- [4] Theoharis Y. Benchmarking Database Representations of RDF/S Stores [C]//In Proc. of ISWC2005, the 4th International Semantic Web Conference, Galway, Ireland [s. n.]. 2005.
- [5] Wilkinson K. Raynolds. Efficient RDF Storage and Retrieval in Jena [C]//In Proc. of SWDB2003, Berlin, Germany [s. n.], 2003.
- [6] Alexaki S. Sesame: A generic Architecture for Storing and Querying RDF and RDF Schema [C]//In Proc. of the ISWC2002, the 1st International Semantic Web Conference, Sardinia, Italia [s. n.]. 2002.
- [7] Pan Z, Heflin J. DLDB: Extending Relational Database to Support Semantic Web Queries [C]//In Proc. of the PSSS2003, the 1st International Workshop on Practical and Scalable Semantic Web Systems, Sanibel Island, USA [s. n.]. 2003.
- [8] Ma L. Rstar: An RDF Storage and Query System for Enterprise Resource Management [C]//In Proc. of the ACM CIKM 2004, the 13th Conference on Information and Knowledge Management, Washington D. C., USA [s. n.]. 2004.
- [9] Agrawal S. On Storing Voluminous RDF Descriptions: The case of Web Portal Catalogs [C]//In Proc. of WebDB2001, the 4th International Workshop on the Web and Databases in conjunction with ACM SIGMOD '01 Conference, Santa Barbara, USA [s. n.]. 2001.
- [10] Harris S, Gibbins N. 3Store: Efficient Bulk RDF Storage [C]//In Proc. of the PSSS2003, the 1st International Workshop on Practical and Scalable Semantic Web Systems, Sanibel Island, USA [s. n.]. 2003.

根据实验, 对于不同类型的指纹, 用该种计算方法可以准确地得到奇异点位置, 为以后的分类和匹配打下了良好的基础。

参考文献:

- [1] Bazen A M, Gerez S H. Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprints [J]. IEEE Trans on pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(7): 905 - 918.
- [2] 沈伟, 陈霞, SHEN Jun. 指纹图像奇异点提取的一种鲁棒方法 [J]. 计算机工程, 2003, 29(2): 16 - 18.
- [3] 谭台哲, 宁新宝, 尹义龙, 等. 一种指纹图像奇异点检测的方法 [J]. 软件学报, 2003, 14(6): 1082 - 1088.
- [4] 杨海军, 梁德群, 田原. 基于方向场特征的指纹图像奇异点检测 [J]. 自动化学报, 2001, 27(2): 273 - 275.
- [5] 黄韧, 陆亨立, 张维新. 基于方向角度变化的指纹奇异点提取的快速算法 [J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2002(1): 52 - 55.