

一种提取指纹模式区几何框架的新算法

谭台哲, 丁磊, 刘昌平, 余永权

(广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090)

摘要: 提出了一种稳健的提取指纹模式区总体几何形状的有效算法. 算法中采用了指纹方向场估计的巧妙处理方法, 即使在局部纹线方向发生较大变化的情况下, 这种方法也能使跟踪提取的总体几何框架保持基本稳定. 在跟踪处理过程中, 采用了一种自适应跟踪方法, 而且只在被跟踪点处估计纹线的点方向, 因而算法的操作时间相对较少. 该算法在 NJU 指纹数据库中的 500 枚指纹上进行了验证, 实验结果表明算法是有效的.

关键词: 指纹; 总体几何形状; 伪纹线; 方向场估计; 自适应跟踪

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2005)03-0043-05

引言

由于指纹在人们的一生中几乎保持恒定, 因此, 它很久以前就被用于访问控制、犯罪调查和个人信用等许多社会领域中^[1]. 在指纹图像中, 主要有两种类型的特征——细节点特征和总体模式结构特征被用于指纹的识别. 指纹的总体纹线形状提供了有关一枚指纹图像总体模式结构的重要线索^[2]. 可以利用伪纹线跟踪方法提取的指纹纹线的总体几何形状来区分不同的指纹类型.

由于指纹可以看作是流线纹理或者是方向纹理^[3,4], 所以用方向来描述指纹的脊线和谷线是合理的. 在模式区内, 为了获得总体的几何形状特征, 利用直接跟踪指纹的方向场而不是脊线的方式, 文中提出了一种稳健的伪纹线提取算法. 通过跟踪巧妙处理过的方向场, 获得了指纹的总体几何框架, 这个几何框架是一组相邻纹线的形状近似. 因此, 它比具体的纹线特征更具有稳健性. 同时这种几何形状特征在任何特定的指纹类型内对局部纹线方向的较大变化也具有稳健性.

在文献[2, 4~8]中指纹分类使用了指纹纹线的总体几何形状信息, 并强调了它的重要性. 然而, 只有部分文献具体提出了获取指纹纹线总体几何形状的方法. K. Rao 和 K. Black^[6]提出了一种句法方法来提取指纹纹线的形状并用于指纹分类. A. K. Jain 等^[7]利用一些预定义的相应类型和尺寸的指纹内核匹配给定指纹的纹线流(方向)场, 得到该指纹的几何形状特征类型, 各种指纹内核被构造为样条多项式的形式. 而 M. M. S. Chong 等^[5]使用纹线的 B-样条曲线表示来描述指纹纹线的轮廓.

本方法是, 从 core 点开始直接跟踪指纹的方向场, 得到方向场趋势曲线来表示指纹总体几何形状特征, 从而避免了进行细化纹线、细节点和另外琐碎处理的计算复杂性. 因为指纹是流模

收稿日期: 2005-03-29

基金项目: 广东工业大学博士启动基金项目(053017)

作者简介: 谭台哲(1979), 男, 博士, 主要研究方向为人工智能、模式识别.

式,其方向场就反映了指纹纹线的总体走向(趋势),因此,直接跟踪方向场是合理的.为了消除或减轻图像噪声对方向场(或纹线流)的影响,在跟踪点处对方向进行了巧妙的平滑处理,使跟踪更准确.同时算法只在跟踪点处,而不是在整幅图像上计算和平滑方向,从而减少了运算时间.算法中采用的是一种自适应步长跟踪,如果纹线流的方向变化程度较小,将产生很大的跟踪步长;反之,在纹线流方向变化剧烈的地方(如奇异点)则产生较小的跟踪步长.另外,算法操作与一个方向和位置的固定状态是无关的,因此,它具有旋转平移不变性.

1 伪纹线跟踪算法描述

1.1 伪纹线跟踪步骤

如果存在一个 core 点,就开始伪纹线跟踪.算法的详细步骤如下:

1) 图像分割

首先,对指纹图像进行分割,得到指纹图像的有效区域.在算法中以每一块的平均灰度值和标准偏差被用作分割图像,如果灰度均值和标准偏差满足某一预定义的标准,就被认为是前景图像,否则为背景图像.后面的操作都是在分割后的图像上进行的.

2) 确定跟踪起始点和跟踪方式

将文献[9]中的方法检测到的模式区奇异点集中最可靠的 core 点附近相应点作为伪纹线跟踪的起始点,并计算该点的点方向.确定沿着该点方向($0 \sim \pi$)跟踪时的跟踪方式是顺时针跟踪还是逆时针跟踪.方法是,计算沿着该方向离该点一定距离处的点方向,根据计算的点方向与起始点方向之间的关系确定跟踪方式.

3) 初始化点 OriginPoint

将起始点的坐标和点方向信息赋给 OriginPoint(反向跟踪时角度应加 π ,并改变跟踪方式).

4) 根据 OriginPoint(方向、坐标信息)定位下一跟踪目标点 TrackPoint

在该步骤中,定位下一跟踪目标点 TrackPoint 的方法如下:

① 将 OriginPoint 赋给 CurPoint;

② 根据当前跟踪点 CurPoint(方向、坐标信息)定位下一跟踪点 NextPoint.选取预定跟踪步长 S ,沿着根据跟踪起始点方向调整后的方向定位下一个跟踪点 NextPoint.方向调整方法如下:

如果是顺时针跟踪,则调整后方向为

$$\theta_{\text{TrkD}} = \theta_{\text{Org}} - m \times t; \quad (1)$$

如果是逆时针跟踪,则调整后方向为

$$\theta_{\text{TrkD}} = \theta_{\text{Org}} + m \times t. \quad (2)$$

其中, θ_{Org} 为跟踪起始点的点方向, θ_{TrkD} 是调整后的点方向, t 是调整跟踪方向的门檻值, m 根据跟踪情况取值为 0 或 1,初始值取 1.调整跟踪方向的主要目的是适应纹线流方向的变化趋势,不至于引起跟踪偏差.

根据式(3)定位下一个跟踪点 NextPoint 坐标位置,

$$\begin{bmatrix} X_{\text{NP}} \\ Y_{\text{NP}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{\text{CP}} \\ Y_{\text{CP}} \end{bmatrix} + [S \times \begin{bmatrix} \cos(\theta_{\text{TrkD}}) \\ \sin(\theta_{\text{TrkD}}) \end{bmatrix}]_{+n \times 0.5}, \quad (3)$$

其中, X_{CP} 和 Y_{CP} 分别表示点 CurPoint 的 X 和 Y 坐标,公式中根据正弦和余弦的正负号决定 n 是取 1 还是取 0,以便取整时进行四舍五入.

③ 判断 NextPoint 是否在指纹有效区域.如果在有效区域,则计算该点的点方向($0 \sim \pi$),并

根据不同的跟踪方式调整之. 否则调用返回跟踪函数返回跟踪, 确定终止点, 结束跟踪. 调整方向的目的是为了使角度大于 180° 的情况下能够继续沿正确方向跟踪, 使角度范围在 $0 \sim 2\pi$ 之间变化.

④根据不同跟踪方式下的不同条件定位下一跟踪目标点 TrackPoint. 判断该点的点方向与起始点的点方向 θ_{orig} 的角度是否按照跟踪趋势(顺时针或逆时针)变化且变化值(锐角)在一定的范围(t)内.

⑤最后, 将跟踪目标点 TrackPoint 的坐标和点方向按顺序记录在伪纹线跟踪的数组 SP 中.

5) 判断 TrackPoint 是否满足结束跟踪条件

若满足条件, 则结束了沿一个方向的纹线跟踪, 回到初始点, 沿反方向继续跟踪. 当反方向也跟踪结束后, 便得到了一条伪纹线跟踪点集.

若不满足结束跟踪条件, 则将 TrackPoint 赋予 OriginPoint, 作为下一步跟踪的起始点, 回到步骤4), 继续跟踪.

6) 最后进行伪纹线的平滑处理

1.2 跟踪点方向估计

在以上步骤中, 使用了一种非常有效的点方向平滑方法. 它巧妙地利用了目标点周围纹线流的方向来平滑该点的点方向, 反映了相邻纹线的近似方向, 具有抑制局部噪声的作用, 使跟踪在较差的指纹图像上也能正确展开. 具体的思想如下:

某一点的点方向可以看作是以该点为中心的某一块图像内纹线的局部方向. 这里, 取 16×16 个像素大小的块来计算块中心点(所求点)的点方向, 再利用目标点(平滑模板中心)周围 X 和 Y 坐标方向上每隔 8 个像素点位置上的点方向信息进行平滑, 平滑模板取 5×5 . 这样使平滑范围更合理, 平滑的力度更大, 效果更好. 方向场的计算采用文献[9]中的方法, 但不进行平滑处理. 点方向计算和平滑处理的方法如图 1 所示.

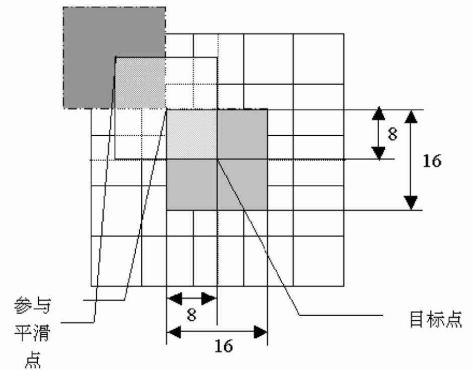


图1 点方向计算和平滑处理的示意图

1.3 返回跟踪函数和跟踪结束条件

1.3.1 返回跟踪函数

返回跟踪函数是用来在原来跟踪方向上向后跟踪找到满足一定条件的跟踪目标点 TrackPoint 的. 其方法如下:

首先, 根据跟踪起始点方向调整不同跟踪方式下的跟踪方向. 方向调整方法如公式(1)和(2)所示.

然后, 依照以下步骤从跟踪方向上最后一个点起, 向后循环跟踪每一点, 并判断是否满足条件. 根据公式(4)反向定位下一个跟踪点 NextPoint' 坐标位置.

$$\begin{bmatrix} X_{NP} \\ Y_{NP} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{CP} \\ Y_{CP} \end{bmatrix} + [(S - i) \times \begin{bmatrix} \cos(\theta_{\text{TKD}}) \\ \sin(\theta_{\text{TKD}}) \end{bmatrix}] + n \times 0.5, \quad (4)$$

i 表示倒数第 i 个点, 其它各参数含义与公式(3)一样, 并判断该点是否在指纹有效区域内.

1) 如果在有效区域内, 则按照前面介绍的方法进行计算该点点方向并根据跟踪方式进行调整. 然后, 判断该点的点方向与起始点的点方向之间的夹角是否按照跟踪趋势(顺时针或逆时针)变化且夹角(锐角)变化值在一定的范围(t)内.

如果条件成立, 则将该 NextPoint' 点作为跟踪目标点 TrackPoint, 并设定继续跟踪标志, 退出循环.

如果条件不成立, 则判断是否跟踪到最后一点, 且该点的点方向与起始点的点方向之间的夹角是按照跟踪趋势(顺时针或逆时针) 变化且夹角(锐角) 变化值的范围超过一定门槛值(t).

①如果是, 则可能是跟踪方向发生正向巨变的地方, 将第一次循环确定的 NextPoint' 点赋给 TrackPoint, 作为跟踪目标点.

②此外, 再判断是否跟踪到最后一点, 且该点的点方向与起始点的点方向之间的夹角是按照跟踪趋势(顺时针或逆时针) 反方向变化. 如果是, 则可能跟踪趋势向反方向改变, 将该次循环确定的 NextPoint' 点赋给 TrackPoint, 作为跟踪目标点, 并改变跟踪方式, 设定继续跟踪标志.

③其余情况, 则返回循环反向进行下一点的跟踪.

2) 如果不在指纹有效区域内, 则判断是否跟踪到最后一点, 如果跟踪到最后一点, 则将 CurPoint 赋给 TrackPoint, 作为跟踪目标点, 设定结束跟踪标志. 否则, 返回循环反向进行下一点的跟踪.

最后, 返回确定的跟踪目标点 TrackPoint 和是否继续跟踪的标志.

1.3.2 跟踪结束的条件

- 1) 跟踪至指纹有效区域的的外边;
- 2) 确定跟踪目标点的总步数不超过预定义的值.

2 实验研究与分析

在 NJU 指纹数据库中的 500 枚指纹上验证了提出的指纹模式区总体几何形状提取算法. 该实验使用的 NJU 指纹数据库是包括来自 250 个手指的 2500 枚指纹图像, 其中每个手指采集了 10 枚指纹. 并且为了符合现实情况, 这些指纹的图像质量是具有多样化的. 图 2 中表示了一些典型指纹(如表 1 中的指纹类型) 的伪纹线提取结果. 在图中, 不同颜色(原图为彩色图) 的点画线表示根据不同的跟踪方式(顺时针或者是逆时针跟踪) 获得的结果. 由伪纹线跟踪提取的指纹纹线的总体几何框架与由人工观察到的真实指纹类型进行了比较. 表 1 中总结了各种指纹类型下的实验结果, 其中, 表中粗体数字表示的是正确的指纹类型. 最终结果表明, 准确率达到了 92.6%, 而且根据指纹质量, 通过结合拒识率选项, 还可以进一步降低错误率.

表 1 在 NJU 指纹数据库上的实验结果

真实类型	指定类型					
	左环型	右环型	涡型	尖拱型	拱型	孪生环型
左环型	122	1	2	1	5	0
右环型	2	129	2	0	4	1
涡型	1	1	90	0	0	3
尖拱型	2	1	48	2	0	0
拱型	0	1	0	1	35	0
孪生环型	1	0	4	0	0	39



图2 部分典型指纹图像的伪纹线跟踪结果

3 结论

提出了一种有效的指纹模式区总体几何形状的提取算法. 直接跟踪纹线流的方向场, 而不是指纹的具体纹线, 避免了细化纹线、细节点和另外一些琐碎处理的复杂计算, 从而比较简单地获得了用于指纹分类目的的指纹纹线的总体几何框架. 这种方法是可直观的而又可行的. 也提出了一种巧妙而有效的方向场估计和自适应跟踪方法, 所以伪纹线跟踪算法既简单而又稳健. 实验结果表明, 算法具有较好的性能, 可以满足指纹分类的需要. 将来的工作是, 进一步提高算法的性能并研究一种实用的基于总体几何形状特征的指纹分类方案.

参考文献:

- [1] 尹义龙, 宁新宝, 张晓梅. 自动指纹识别技术的发展与应用[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2002, 38(1): 29-35.
- [2] Hong L, Jain A K. Classification of fingerprint images [EB/OL]. <http://biometrics.cse.msu.edu/publications.html>, 2004-09-07.
- [3] KASS M, WITKIN A. Analyzing oriented patterns [J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1987, 37(3): 362-385.
- [4] Zhang Q, Huang K, Yan H. Fingerprint classification based on extraction and analysis of singularities and pseudoridges [EB/OL]. <http://crpit.com/confpapers/CRPITV11Zhang1.pdf>, 2004-09-07.
- [5] Chong M M S, Ngee T H, Jun L, Gay R K L. Geometric framework for fingerprint classification [J]. Pattern Recognition, 1997, 30(9): 1475-1488.
- [6] Rao K, Black K. Type classification of fingerprints: A syntactic approach [J]. IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell., 1980, 2(3): 223-231.

(下转第58页)

UML Modeling of Reservoir Resettlement MIS in Visio

GAO Xiang jun, ZHANG Xir zheng

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: Discuss some peculiarity of UML and the UML modeling process in Microsoft Visio. With the example of Reservoir Resettlement MIS, the modeling scheme of UML in Visio is hold and arranged.

Key words: Visio; reservoir resettlement MIS; UML; modeling

(上接第 47 页)

- [7]Jain A K, Minut S. Hierarchical Kernel Fitting for Fingerprint Classification and Alignment [EB/OL]. <http://biometrics.cse.msu.edu/JainMinutICPR02.pdf>. 2004-09-07.
- [8]Kawagoe M, Tojo A. Fingerprint pattern classification [J]. Pattern Recognition, 1984, 17(3): 295-303.
- [9] 谭台哲, 宁新宝, 尹义龙, 等. 一种改进的指纹奇异点检测新方法[A]. 生物识别研究新进展(二)[C]. 北京: 清华大学, 2003, 184-187.

An Effective Algorithm for Extraction of Fingerprint Geometric Framework

TAN Tai-zhe, DING Lei, LIU Chang-ping, YU Yong-quan

(Faculty of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: In this paper, a robust pseudoridges extraction algorithm for fingerprints is presented to gain the global geometric shape of fingerprint ridges of pattern area. The algorithm adopts the skillful processing method for orientation field estimates, so that the pseudoridge traced remains constant under large variations of local ridge orientation. Hence it is more robust than the feature of the specific ridges. In the tracing process, a method with adaptive tracing and estimating the orientation only on the traced point is presented to reduce the operation time. The algorithm for pseudoridges extraction has been tested on the 500 fingerprints of NJU fingerprint database, and gets the good performance according to the experimental results.

Key words: fingerprint; global geometric shape; pseudoridge; orientation estimate; adaptive tracing