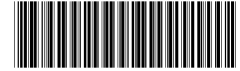


基于奇异的拓扑结构的快速指纹识别方法

申请号：[200610112936.9](#)

申请日：2006-09-13

申请(专利权)人 [中国科学院自动化研究所](#)
地址 100080北京市海淀区中关村东路95号
发明(设计)人 [田捷](#) [时鹏](#) [谢卫华](#) [杨鑫](#)
主分类号 [G06K9/00\(2006.01\)I](#)
分类号 [G06K9/00\(2006.01\)I](#)
公开(公告)号 101145196
公开(公告)日 2008-03-19
专利代理机构 [中科专利商标代理有限责任公司](#)
代理人 [周国城](#)



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101145196 B

(45) 授权公告日 2010.04.07

(21) 申请号 200610112936.9

CN 1632823 A, 2005.06.29, 全文.

(22) 申请日 2006.09.13

CN 1818927 A, 2006.08.16, 全文.

(73) 专利权人 中国科学院自动化研究所
地址 100080 北京市海淀区中关村东路 95 号

审查员 魏桂芬

(72) 发明人 田捷 时鹏 谢卫华 杨鑫

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.
G06K 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2005/0036664 A1, 2005.02.17, 全文.
CN 1595425 A, 2005.03.16, 全文.
US 4151512, 1979.04.24, 全文.

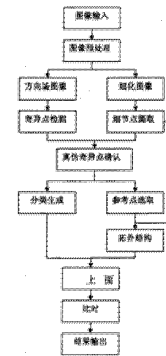
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

基于奇异的拓扑结构的快速指纹识别方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，利用指纹中奇异点的拓扑结构，能够对自动指纹识别系统中的指纹图像进行快速处理和识别。本发明根据指纹图像中奇异点的分类特性和位置稳定性，对指纹数据库进行分类，并选择最为可靠的奇异点作为参考点，构建指纹的奇异点拓扑结构并构造模板进行识别。首先检测指纹图像中真伪奇异点，再根据奇异点的相对位置对数据库进行分类，生成奇异点邻近的拓扑结构，将该拓扑结构用于构造指纹模板，加速指纹的比对过程。指纹在自动指纹识别系统中的快速匹配是指纹识别技术中的难点，该方法在保证识别性能的同时，显著提高自动指纹识别系统的识别速度，拓宽其应用范围，同时对于现有系统改造很小。



CN 101145196 B

1. 基于奇异点的拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于：包括如下步骤：

步骤 1：根据输入图像进行图像预处理，得到指纹的细化图像和方向场图像，对获得的细化图像进行指纹细节点提取，并利用像素搜索窗口，对获得的方向场图像计算数据库指纹的 Poincare 索引值，根据 Poincare 索引值检测出方向场图像所有可能的奇异点；

步骤 2：利用奇异点邻近结构中的细节点特征，对 Poincare 索引值计算出的所有可能的奇异点再进行计算，确认真奇异点，选取其中最可靠的奇异点作为参考点 R，所述参考点 R 是以真奇异点为圆心，14 像素为半径的圆形区域中内所有细节点到圆心的平均距离 d_i 最小的真奇异点，并根据真奇异点的相对位置对指纹进行分类；

步骤 3：利用上述步骤所选取的参考点，在参考点周围建立奇异点拓扑结构，包含参考点及其周围的细节点，拓扑结构的范围是以参考点为圆心，以 kr 为半径的圆，其中 $1 \leq k \leq 15$ ， r 为 14 像素，在该圆范围内的细节点参与拓扑结构的形成；

步骤 4：利用拓扑结构形成数据库的指纹模板，并在模板中写入分类信息，分类信息和拓扑结构共同生成最终的模板，作为指纹比对的依据；

步骤 5：对于输入的待比对指纹，利用上述步骤所述的最终的指纹模板，对数据库中同一类别的指纹模板进行搜索并输出比对结果，完成快速比对匹配过程。

2. 根据权利要求 1 所述的基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于，步骤 2 所述的参考点选取步骤包括如下：

2b) 以所有可能的奇异点 S_i 为圆心，以 14 像素为半径画出圆形区域，检测圆形区域中的所有细节点，计算细节点的数量 M_i 和到奇异点 S_i 的平均距离 d_i ；

2c) 如果细节点数量 M_i 大于等于 2，并且到奇异点 S_i 的平均距离 d_i 大于判断阈值 T，则确认奇异点 S_i 为真奇异点，其余均为伪奇异点，并根据真奇异点 S_i 的 Poincare 索引值确认其为中心点或三角点，并将中心点和三角点的数量和相对位置，作为分类的依据；

2d) 选择到奇异点 S_i 的平均距离 d_i 值最小的真奇异点作为参考点 R，用于建立奇异点拓扑结构。

3. 根据权利要求 2 所述的基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于，步骤 2 所述的指纹分类包括如下：

3a) 根据所述检测的奇异点，在判断出指纹图像的中心点和三角点之后，根据中心点和三角点的数量和相对位置，对指纹进行分类；

3b) 根据 Galton-Henry 分类规则，完成整个指纹数据库的分类。

4. 根据权利要求 1 中所述基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于：所述的奇异点拓扑结构生成步骤如下：

4a) 以所述参考点 R 为圆心，分别以半径 kr 做同心圆，其中 $1 \leq k \leq 15$ ， r 为 14 像素，将参考点 R 周围的邻近区域按照离中心的距离划分为 15 个档次，如果指纹中没有参考点，则 k 为 0；

4b) 按照细节点所在的档次，将同一档次 l_i 或相邻档次 l_i 和 l_{i+1} 中邻近的细节点组成细节点对为 $p_i p_j$ ；

4c) 将同一档次 l_i 或相邻档次 l_i 和 l_{i+1} 中邻近的细节点 p_k ， p_i ， p_j 组成细节点矢量集 Fl_k ，对所有档次 l_i 中的 Fl_k 进行遍历，形成基于奇异点的拓扑结构为 Fl_k 。

5. 根据权利要求 1 所述基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于：所述的利用奇异点拓扑结构进行快速匹配的步骤如下：

5a) 计算待匹配指纹模板中拓扑结构 Fl_k 与数据库中指纹模板中拓扑结构 Fl_k' 的旋转和平移参数，将拓扑结构 Fl_k 和拓扑结构 Fl_k' 进行配准；

5b) 将配准后的 Fl_k 与 Fl_k' 进行比对，得出结构中匹配上的细节点对数，计算匹配分数。

6. 根据权利要求 1 所述基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于：在提取指纹细节点之后，引入奇异点拓扑结构和指纹分类信息形成指纹模板。

7. 根据权利要求 5 所述基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法，其特征在于：所述指纹模板大小在 1000 字节以下。

基于奇异的拓扑结构的快速指纹识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于生物特征识别技术领域，具体涉及指纹识别方法，尤其涉及一种基于奇异点拓扑结构的快速指纹识别方法。

背景技术

[0002] 自动指纹识别技术是将采集到的指纹与数据库中的指纹进行比较，以确定是否属于某个手指的过程。指纹分类技术主要的依据是利用指纹中一些特殊的全局特征的分布，如奇异点的相对位置或脊线流的走向等，依据 Galton-Henry 分类规则，把指纹分成拱形、尖拱形、左旋形、右旋形和漩涡形五大类别。而指纹识别方法主要的依据是利用指纹的特征点所形成的模板进行相互比较。

[0003] 自动指纹识别技术是生物特征识别技术中最为实用化的技术之一，在安全领域、电子商务和电子政务等方面得到了广泛的推广和应用。在大规模的在线应用中，由于数据库中存储指纹的数量越来越多，对于自动指纹识别系统的处理速度提出了越来越高的要求。

[0004] 对于自动指纹识别系统的大规模应用而言，传统的指纹识别方法的缺点是：大量的指纹没有经过分类，而是混杂在一起，随着指纹数据库规模的增大，指纹匹配需要对所有的指纹进行遍历，查寻时间呈线性增长；并且匹配所需要的细节点数目较大，仅采用细节点特征进行比对，造成匹配的时间较长，使自动指纹识别系统的应用范围受到限制。

发明内容

[0005] 为了解决背景技术指纹特征匹配的时间较长，使自动指纹识别系统的应用范围受到限制的问题，本发明的目的是提供一种能够在线实时、快速匹配的基于奇异点拓扑结构的指纹识别方法。本发明在采集指纹图像以后，对经过预处理的指纹图像进行，从而确定指纹是否匹配。

[0006] 为了实现本发明的目的，本发明提供一种基于奇异的拓扑结构的快速指纹识别方法，主要包含下列步骤包括：

[0007] 步骤 1：根据输入图像进行图像预处理，得到指纹的细化图像和方向场图像，对获得的细化图像进行指纹细节点提取，并利用像素搜索窗口，对获得的方向场图像计算数据库指纹的 Poincare 索引值，根据 Poincare 索引值检测出所有可能的奇异点；

[0008] 步骤 2：利用奇异点邻近结构中的细节点特征，对 Poincare 索引值计算出的所有可能的候选奇异点再进行计算，确认真奇异点，如果确认是奇异点时，选取其中最可靠的奇异点作为参考点，并根据真奇异点的相对位置对指纹进行分类；

[0009] 步骤 3：利用上述步骤所选取的参考点，在参考点周围建立奇异点拓扑结构，包含参考点和其周围的细节点，拓扑结构的范围是以参考点为圆心，以 kr 为半径的圆，其中 $1 \leq k \leq 15$ ， r 为 14 像素，在该圆范围内的细节点参与拓扑结构的形成；

[0010] 步骤 4：利用拓扑结构形成数据库的指纹模板，并在模板中写入分类信息，分类信息和拓扑结构共同生成最终的模板，作为指纹比对的依据；

[0011] 步骤 5：对于输入的待比对指纹，利用上述步骤所述的指纹分类及指纹模板，在同一类的数据库中搜索相同的模板并输出比对结果，完成快速比对匹配过程。

[0012] 根据本发明的实施例，所述步骤 1 所述的奇异点检测步骤包括如下：

[0013] 2a) 利用像素搜索窗口，计算出数据库指纹的 Poincare 索引值，根据 Poincare 索引值检测出方向场图像所有可能的奇异点；

[0014] 2b) 以所有可能的奇异点 S_i 为圆心，以像素为半径画出圆形区域，检测圆形区域中的所有细节点，计算细节点的数量 M_i 和到圆心的平均距离 d_i ；

[0015] 2c) 如果细节点数量 M_i 大于等于 2，并且圆心平均距离 d_i 大于判断阈值 T ，则确认奇异点 S_i 为真奇异点，其余均为伪奇异点，并根据真奇异点 S_i 的 Poincare 索引值判断其为中心点或三角点，并将中心点和三角点的数量和相对位置，作为分类的依据；

[0016] 2d) 选择圆心平均距离 d_i 值最小的真奇异点作为参考点 R ，用于建立奇异点拓扑结构。

[0017] 根据本发明的实施例，所述步骤 2 所述的指纹分类包括如下：

[0018] 3a) 根据所述检测的奇异点，在判断出指纹图像的中心点和三角点之后，根据中心点和三角点的数量和相对位置，对指纹进行分类；

[0019] 3b) 根据 Galton-Henry 分类规则，将整个指纹数据库的分类。

[0020] 根据本发明的实施例，所述奇异点拓扑结构生成步骤如下：

[0021] 4a) 以所述参考点 R 为圆心，分别以半径 kr 做 k 个同心圆，其中 $1 \leq k \leq 15$ ， r 为像素，将参考点 R 周围的邻近区域按照离中心的距离划分为 k 个档次，如果指纹中没有参考点，则 k 为 0；

[0022] 4b) 按照细节点所在的档次，将同一档次 l_i 或相邻档次 l_i 和 l_{i+1} 中邻近的细节点组成细节点对，记为 $p_i p_j$ ；

[0023] 4c) 将同一档次 l_i 或相邻档次 l_i 和 l_{i+1} 中邻近的细节点 p_k, p_i, p_j 组成细节点矢量集 Fl_k ，对所有档次 l_i 中的 Fl_k 进行遍历，形成基于奇异点的拓扑结构 Fl_k 。

[0024] 根据本发明的实施例，所述利用奇异点拓扑结构进行快速匹配的步骤如下：

[0025] 5a) 计算待匹配指纹模板中拓扑结构 Fl_k 与数据库中指纹模板中拓扑结构 Fl'_k 的旋转和平移参数，将拓扑结构 Fl_k 和拓扑结构 Fl'_k 进行配准；

[0026] 5b) 将配准后的 Fl_k 与 Fl'_k 进行比对，得出结构中匹配上的细节点对数，计算匹配分数。

[0027] 根据本发明的实施例，所述在提取指纹细节点之后，引入奇异点拓扑结构和指纹分类信息形成指纹模板。

[0028] 根据本发明的实施例，所述用于生成指纹模板的奇异点拓扑结构包含有足够的细节点对用于匹配，并且模板大小在 1000 字节以下。

[0029] 本发明的有益效果是：由于运用了指纹分类，使得匹配过程中仅搜索数据库中同类指纹，减少了搜索区域，缩短了搜索时间，并且由于运用了奇异点拓扑结构，使得采用本发明所述的方法显著提高了自动指纹识别系统中指纹比对的速度，能够实现在线实时指纹匹配。

附图说明

- [0030] 图 1 是本发明基于奇异的拓扑结构的快速指纹识别的原理示意图；
- [0031] 图 2 是本发明中奇异点检测流程示意图；
- [0032] 图 3a、图 3b 是本发明中对指纹奇异点检测示意图；
- [0033] 图 4 是本发明中对指纹分类过程示意图；
- [0034] 图 5a、图 5b、图 5c、图 5d、图 5e 是本发明中依据指纹奇异点相对位置进行分类示意图；
- [0035] 图 6 是本发明中指纹细节点对示意图；
- [0036] 图 7 是本发明中指纹奇异点拓扑结构中的细节点对示意图。

具体实施方式

[0037] 下面将结合附图对本发明加以详细说明，应指出的是，所描述的实施例仅旨在便于对本发明的理解，而对其不起任何限定作用。

[0038] 如图 1 本发明基于奇异的拓扑结构的快速指纹识别的原理示意图所示，主要包含下列步骤：

[0039] 步骤 1、对指纹数据库中所有图像依次进行预处理，包含增强、分割、细化、方向场计算等步骤，得到指纹的方向场图像和细化图像；

[0040] 步骤 2、对细化图像进行细节点提取，并对指纹方向场图像进行奇异点检测，根据奇异点相对位置对指纹数据库进行分类；

[0041] 如图 2 是本发明中奇异点检测流程示意图所示，具体实现过程分四步如下：

[0042] 2.1 利用 8×8 像素大小的搜索窗口，计算出数据库指纹方向场的 Poincare 索引值，根据 Poincare 索引值检测出所有可能的奇异点，包含真奇异点和伪奇异点；

[0043] 2.2 以所有可能的奇异点 S_i 为圆心，以 14 像素为半径画出一些圆形区域如图 3a、图 3b 本发明中对指纹奇异点检测示意图所示，检测圆形区域中的所有细节点 P_i ，计算细节点的数量 M_i 和到圆心的平均距离 d_i ；

[0044] 2.3 如果细节点数量 M_i 大于等于 2，并且圆心平均距离 d_i 大于判断阈值 T ，则确认奇异点 S_i 为真奇异点，并根据奇异点 S_i 的 Poincare 索引值确认其为中心点 (core) 或三角点 (delta)，并将中心点和三角点的数量和相对位置，作为分类的依据；

[0045] 2.4 选择圆心平均距离 d_i 值最小的真奇异点作为参考点 R ，用于建立奇异点拓扑结构。

[0046] 如图 4 本发明中对指纹分类过程示意图所示，根据所述中心点和三角点的数量和相对位置对指纹进行分类，按照如下步骤进行分类：

[0047] 3a) 如图 5b、图 5c、图 5d 和图 5e 本发明中依据指纹奇异点相对位置进行分类示意图所示，根据步骤 2 所述的奇异点检测方法，在判断出指纹图像的中心点和三角点之后，根据中心点和三角点的数量和相对位置，可以对指纹进行分类；

[0048] 3b) 根据 Galton-Henry 分类规则，将检测到奇异点的指纹分为尖拱形类、左旋形类、右旋形类和旋涡形类；

[0049] 如图 5a 本发明中依据指纹奇异点相对位置进行分类示意图所示，对于没有检

测到奇异点的指纹，存在两种情况，一种是指纹本身输入拱形类，一种是指纹采集不完整，奇异点部分缺失，这两种情况都分为拱形和其它类，完成对整个数据库的分类。

[0050] 3. 对数据库中指纹选择指纹参考点，以参考点为中心建立拓扑结构，根据拓扑结构构造指纹模板，并将待比对指纹模板与数据库中同类指纹模板进行匹配，判别匹配结果，具体实现过程分四步如下：

[0051] 3.1 选择 d_i 值最小的真奇异点作为参考点 R ，用于建立奇异点拓扑结构，按照如下步骤建立基于奇异点的拓扑结构：

[0052] 3.2 以参考点 R 为圆心，分别以 kr 为半径做 k 个同心圆，其中 $1 \leq k \leq 15$ ， r 为 14 个像素，将参考点 R 周围的邻近区域按照离中心的距离划分为 k 个档次，如果指纹中没有参考点，则 k 为 0；

[0053] 3.3 按照细节点所在的档次，将同一档次 l_i 或相邻档次 l_i 和 l_{i+1} 中邻近的细节点组成细节点对，记为 $p_i p_j$ ，参见图 6 本发明中指纹细节点对示意图，其中 i 、 j 分别是构成细节点对的两个细节点， k 是细节点对的参考细节点， θ_k 、 θ_i 和 θ_j 分别是细节点 k 、 i 、 j 的方向， d_{ki} 和 d_{kj} 分别是细节点 k 和细节点 i 、 j 之间的距离， z_{ki} 和 z_{kj} 分别是细节点 k 和细节点 i 、 j 之间方向的差值， θ_{ki} 、 θ_{kj} 分别是 $\overline{k_i}$ 、 $\overline{k_j}$ 之间的夹角；

[0054] 3.4 将同一档次 l_i 或相邻档次 l_i 和 l_{i+1} 中邻近的细节点 p_k 、 p_i 、 p_j 组成细节点矢量集，记为 Fl_k ，对所有档次 l_i 中的 Fl_k 进行遍历，形成基于奇异点的拓扑结构 Fl_k ，参见图 7 本发明中指纹奇异点拓扑结构中的细节点对示意图，其中同心圆的中心 R 是上述步骤所选择的参考点， $p_i p_j$ 是结构中的一个细节点对，不同同心圆表示结构中不同的档次。

[0055] 4. 对于输入的待匹配指纹利用奇异点拓扑结构与数据库中指纹进行快速匹配，即对输入指纹的模板和数据库中同类指纹模板进行比对，模板由以参考点作为中心的拓扑结构构成，在此基础上判断输入指纹与数据库中指纹是否匹配，具体实现过程分四步如下：

[0056] 4.1 对于输入指纹，重复上述 1、2、3 步骤中所述指纹预处理、奇异点检测、指纹分类和参考点选取等步骤，得到输入指纹的类别和参考点的位置；

[0057] 4.2 对于没有检测到奇异点的情况，将奇异点拓扑结构中的 k 记为 0，并归入拱形和其它类中，按照步骤 3 所述方法对该指纹建立全局的细节点对结构 Fl_k ；

[0058] 4.3 对于检测到奇异点的情况，根据步骤 2 所述方法对指纹进行分类，按照步骤 3 所述方法对该指纹建立基于奇异点的拓扑结构 Fl_k ；

[0059] 4.4 根据待匹配指纹的分类情况，搜索数据库中同一类别的指纹模板，计算待匹配指纹模板中拓扑结构 Fl_k 与数据库中指纹模板中拓扑结构 Fl'_k 的旋转和平移参数，进行配准；

[0060] 4.5 将配准后的 Fl_k 与 Fl'_k 进行比对，得出结构中匹配上的细节点对数，计算匹配分数，如果匹配分数大于阈值 T_1 ，则判断两幅指纹图像匹配成功，反之匹配失败，输出匹配结果。

[0061] 根据本发明的实施例，所述在提取指纹细节点之后，引入奇异点拓扑结构和指纹分类信息形成指纹模板。

[0062] 根据本发明的实施例，所述用于生成指纹模板的奇异点拓扑结构包含有足够的细节点对用于匹配，并且模板大小在 1000 字节以下。

[0063] 上面描述是用于实现本发明的实施例，本领域的技术人员应该理解，在不脱离本发明的范围的任何修改或局部替换，均属于本发明权利要求来限定的范围。

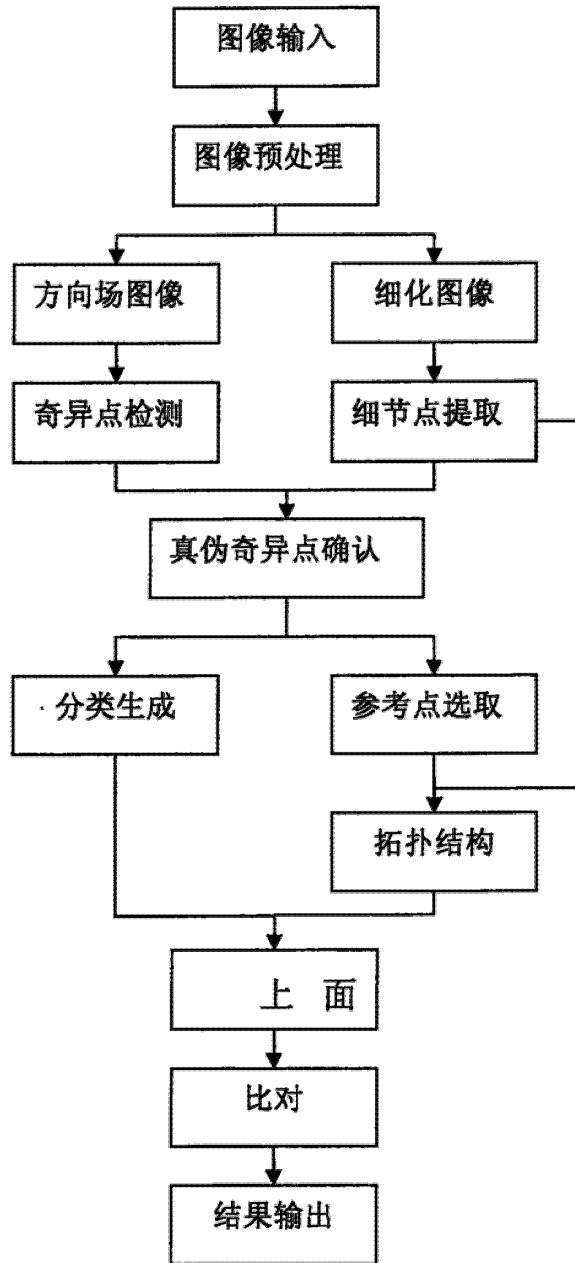


图 1

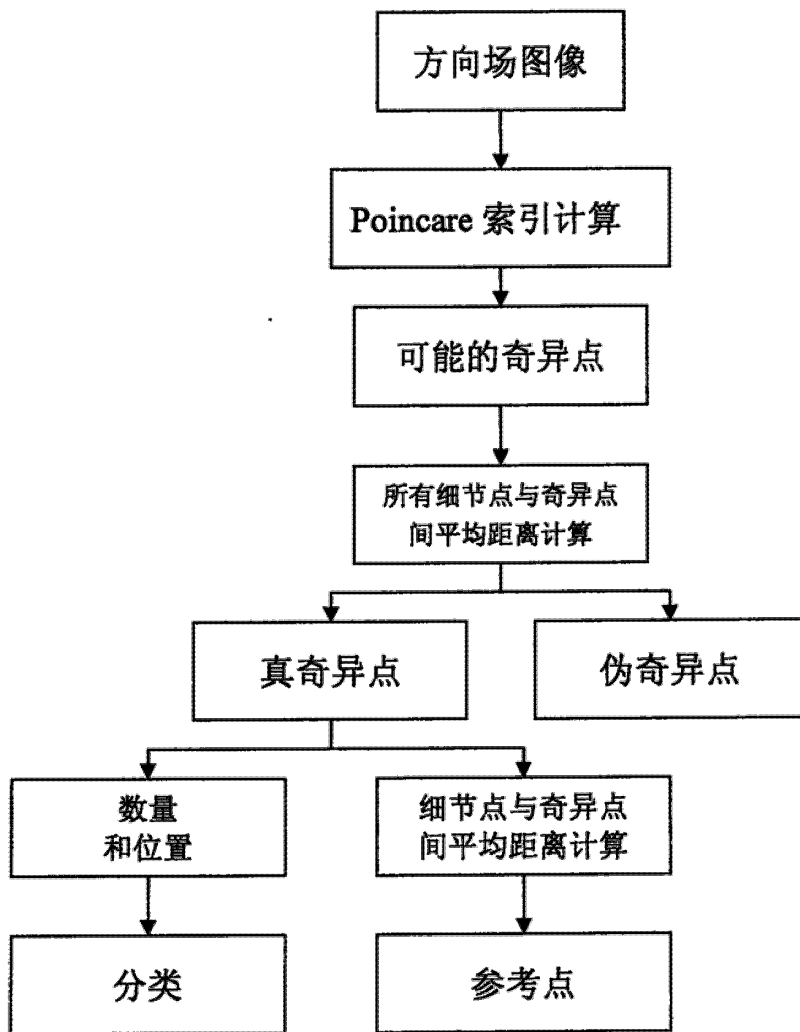


图 2



图 3a

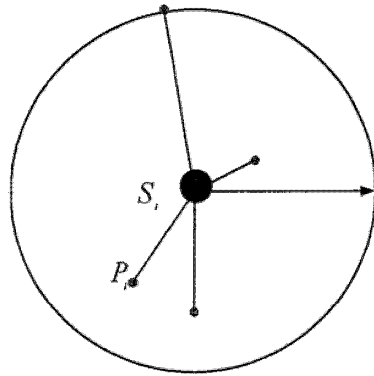


图 3b

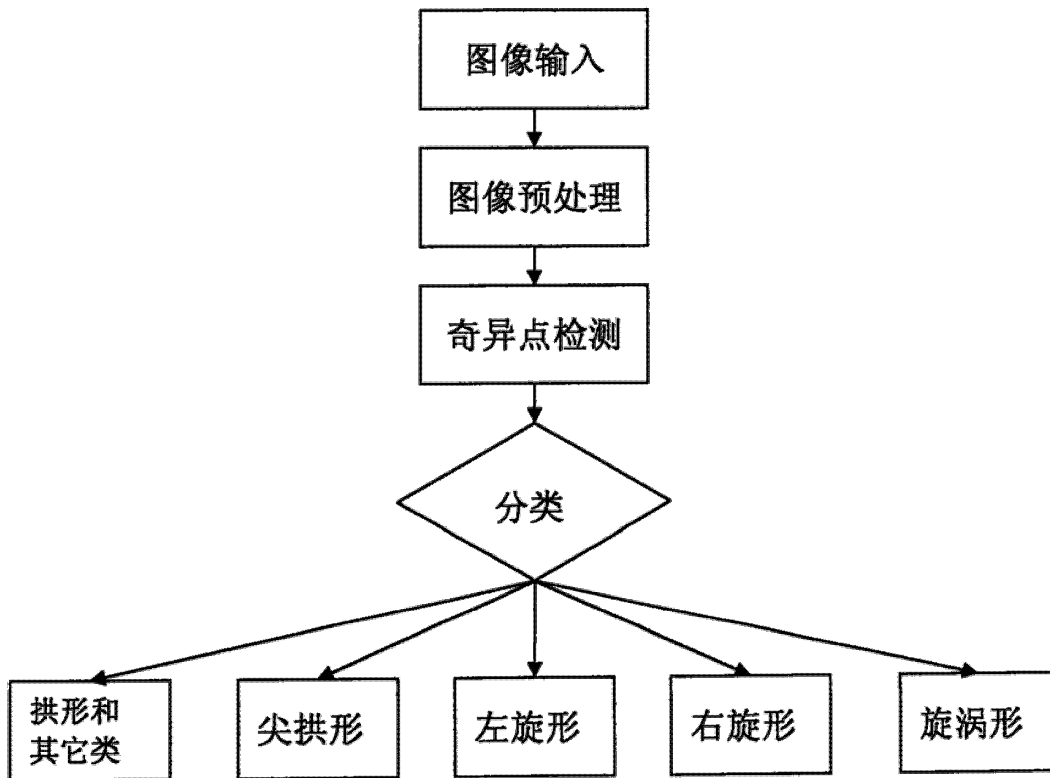


图 4



图 5a



图 5b



图 5c



图 5d



图 5e

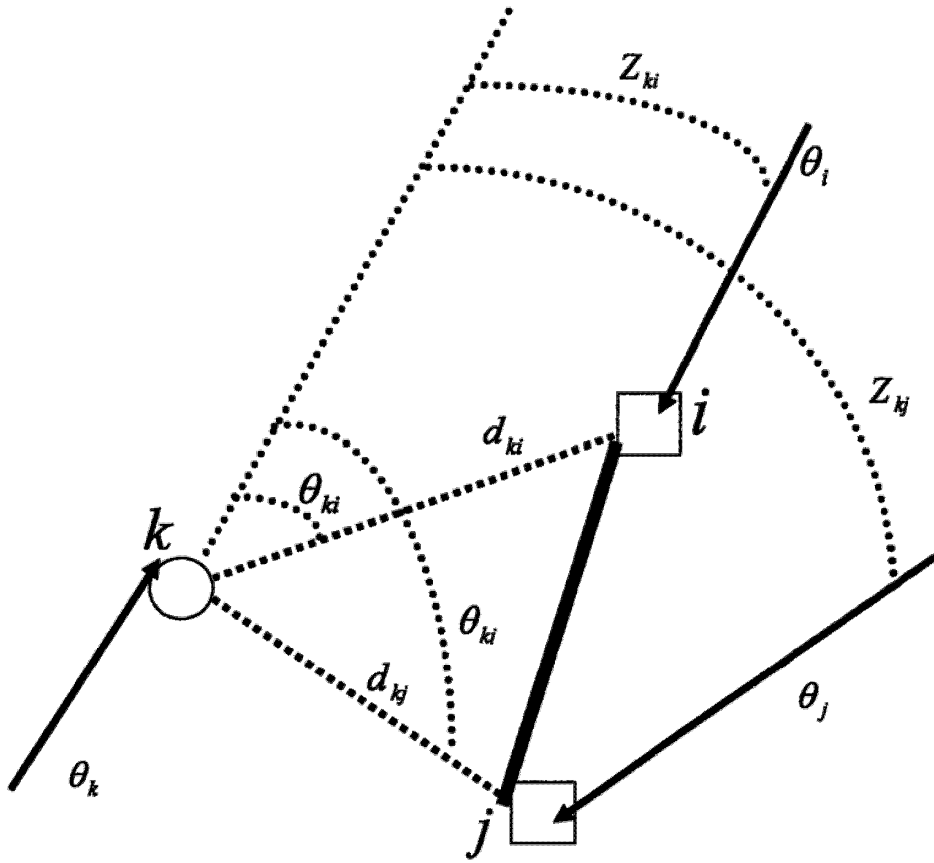


图 6

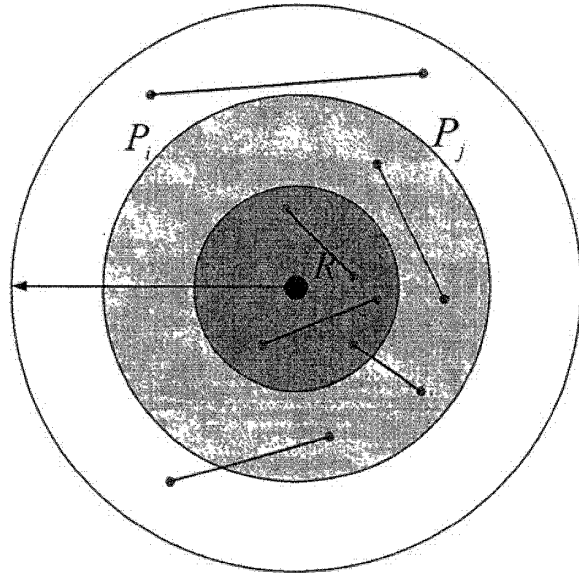


图 7