

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 4 月 19 日 (19.04.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/068196 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 7/00 (2017.01) **G06T 7/68** (2017.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/101754
- (22) 国际申请日: 2016 年 10 月 11 日 (11.10.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 周寿军(ZHOU, Shoujun); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong

- 518055 (CN)。 陆培(LU, Pei); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 陈明扬(CHEN, Mingyang); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 王澄(WANG, Cheng); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街 35 号国际企业大厦 A 座 16 层, Beijing 100033 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRACKING RIDGE LINE OF BLOOD VESSEL

(54) 发明名称: 一种血管脊线追踪方法及装置

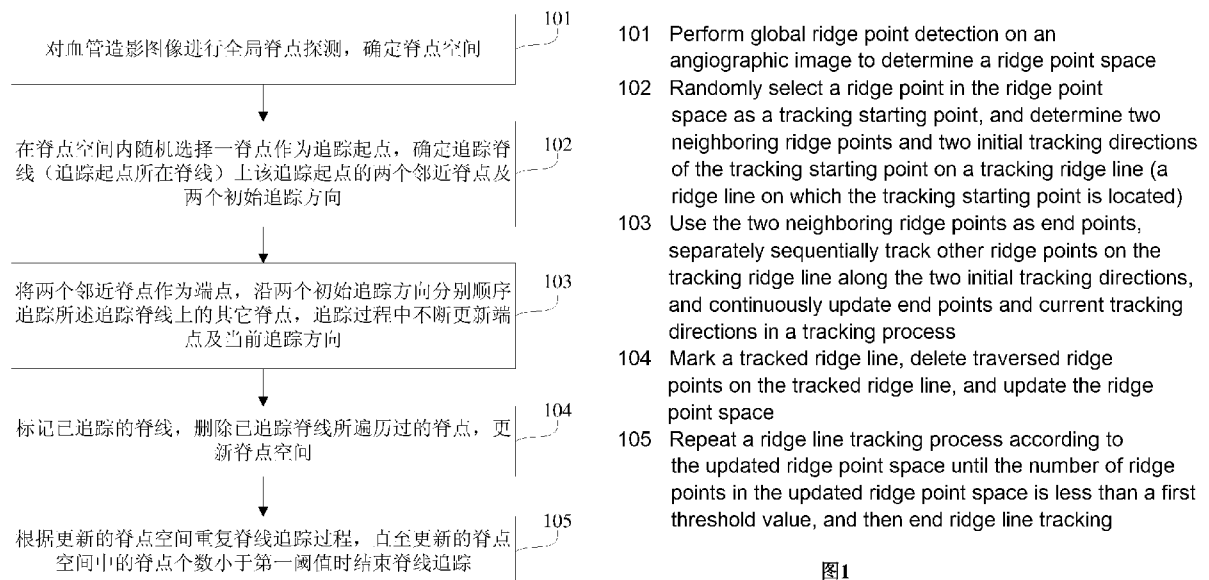


图1

(57) Abstract: A method and device for tracking a ridge line of a blood vessel. The method comprises: performing global ridge point detection on an angiographic image to determine a ridge point space (101); randomly selecting a ridge point in the ridge point space as a tracking starting point, and determining two neighboring ridge points and two initial tracking directions of the tracking starting point on a tracking ridge line (102); using the two neighboring ridge points as end points, separately sequentially tracking other ridge points on the tracking ridge line along the two initial tracking directions, and continuously updating end points and current tracking directions in a tracking process (103); marking a tracked ridge line, deleting traversed ridge points on the tracked ridge line, and updating the ridge point space (104); and repeating a ridge line tracking process according to the updated ridge point space until the number of ridge points in the updated ridge point space is less than a first threshold value, and then ending ridge line tracking (105). The method features

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

fewer iteration parameters, small amount of computation, and a simple algorithm, and can quickly completing ridge line tracking of a vascular centerline.

(57) 摘要: 一种血管脊线追踪方法及装置, 其中方法包括: 对血管造影图像进行全局脊点探测, 确定脊点空间(101); 在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点, 确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向(102); 将两个邻近脊点作为端点, 沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点, 追踪过程中不断更新端点及当前追踪方向(103); 标记已追踪的脊线, 删除已追踪脊线所遍历过的脊点, 更新脊点空间(104); 根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程, 直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊线追踪(105)。该方法具有迭代参数少、计算量小、算法简单的特点, 能够快速的完成血管中心线的脊线追踪。

一种血管脊线追踪方法及装置

技术领域

本申请属于医学图像处理领域，特别涉及一种血管脊线追踪方法及装置。

5 背景技术

目前，心脑血管疾病已经严重威胁着人类的健康。随着CT血管造影、磁共振血管造影（MRA）等成像技术的发展，医学图像的后处理技术变得越来越重要。血管中心线的精确提取是血管介入路径规划和手术导航的关键，脊线追踪是一种关键的血管中心线提取方法，因而在心脑血管介入手术中具有重要的临床意义。

- 10 现有的脊线追踪方法一般是先确定初始种子点，然后在种子点为圆心，周围固定弧长范围内探测局部极值，以确定其邻近脊点并更新脊点探测方向，如此反复完成血管中心线的提取。现有技术的方法涉及到的迭代参数比较多，算法实现较为复杂。

发明内容

- 15 本申请提供一种血管脊线追踪方法及装置，用于解决现有技术中脊线追踪涉及迭代参数较多，算法实现较为复杂的问题。

为了解决上述技术问题，本申请的一技术方案为提供一种血管脊线追踪方法，包括：对血管造影图像进行全局脊点探测，确定脊点空间；

- 20 在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点，确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向；

将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新端点及当前追踪方向；

标记已追踪的脊线，删除已追踪脊线所遍历过的脊点，更新脊点空间；

- 25 根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程，直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊线追踪。

本申请另一技术方案为提供一种血管脊线追踪装置，包括：

脊点探测模块，用于对血管造影图像进行全局脊点探测，确定脊点空间；

初始模块，用于在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点，确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向；

追踪模块，用于将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新端点及追踪方向；还用于根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程，直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊线追踪；

5 标记模块，用于标记已追踪的脊线；

更新模块，用于删除已追踪脊线所遍历过的脊点，更新脊点空间。

本申请提供的血管脊线追踪方法及装置，首先对血管造影图像进行全局脊点探测，确定脊点空间；接着在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点，确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向；将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新端点及当前追踪方向；标记已追踪的脊线，删除已追踪脊线所遍历过的脊点，更新脊点空间；根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程，直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊线追踪。本申请先确定脊点空间，在脊点空间内进行脊线追踪，每追踪完一条脊线后，删除该条脊线遍历过的脊点，根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程，具有迭代参
10
15 数少、计算量小、算法简单的特点，能够快速地完成血管中心线的脊线追踪。

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于
20 本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本申请实施例的血管脊线追踪方法的流程图；

图 2 为本申请实施例的确定两个邻近脊点及初始追踪方向方法的流程图；

图 3 为本申请具体实施例的确定两个邻近脊点及初始追踪方向过程的示意图；

25 图 4 为本申请实施例的脊线追踪过程的流程图；

图 5 为本申请实施例的脊线追踪过程的示意图；

图 6 为本申请一具体实施例的螺旋状的管状目标示意图；

图 7a~图 7c 为图 6 螺旋管状目标进行脊线追踪过程示意图；

图 8 为本申请实施例的血管脊线追踪装置的结构图。

30

具体实施方式

为了使本申请的技术特点及效果更加明显，下面结合附图对本申请的技术方案做进一步说明，本申请也可有其他不同的具体实例来加以说明或实施，任何本领域技术人员在权利要求范围内做的等同变换均属于本申请的保护范畴。

- 5 如图 1 所示，图 1 为本申请实施例的血管脊线追踪方法的示意图。本实施例先确定脊点空间，在脊点空间内进行脊线追踪，每追踪完一条脊线后，删除该条脊线遍历过的脊点，根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程，具有迭代参数少、计算量小、算法简单的特点，能够快速地完成血管中心线的脊线追踪。具体的，该方法包括：

步骤 101：对血管造影图像进行全局脊点探测，确定脊点空间。

- 10 血管的脊点为血管造影图像上垂直于血管方向的局部极值点，脊点空间为血管造影图像中脊点的集合，每个脊点在图像中的坐标为 $p_i(x_i, y_i, z_i)$ 。具体实施时，可采用现有方法确定脊点，本申请对脊点的探测过程不再赘述。

步骤 102：在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点，确定追踪脊线（追踪起点所在脊线）上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向。

- 15 追踪起点和两个邻近脊点的连线矢量方向相反，亦或两者夹角的余弦值接近-1。

步骤 103：将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新端点及当前追踪方向。两个方向同时追踪脊线，能够提高脊线追踪速度。

步骤 104：标记已追踪的脊线，删除已追踪脊线所遍历过的脊点，更新脊点空间。

- 20 标记已追踪的脊线例如为，将已追踪脊线遍历的脊点坐标存储于存储器中，记录相应的存储地址。

步骤 105：根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程（包括上述步骤 102 至 104），直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊线追踪。其中，第一阈值可根据实际追踪需求进行设定。具体的，如第一阈值为常数 3、4 或 5。

- 25 进一步的，待结束脊线追踪后还包括：用不用的颜色绘制出所有已追踪的脊线，以便区分不同的脊线。

一实施例中，步骤 102 中追踪起点的确定过程为：先对脊点空间内的脊点进行编号，根据脊点空间脊点的总数 N ，利用随机信号发生器产生一个随机整数 $N_i (0 < N_i < N)$ ，并将该序号对应脊点作为脊线追踪的起点 $p_0(x_0, y_0, z_0)$ 。

一实施例中，如图 2 所示，上述步骤 102 中，追踪起点选定后，确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊线及两个初始追踪方向的过程包括：

步骤 201：求取脊点空间中任意一脊点到追踪起点的距离，找出距离在第一预定范围内对应的脊点，由该些脊点构成追踪起点的邻脊点空间。

- 5 定义 $p_i(x_i, y_i, z_i)$ 为脊点空间中任意一点， $p_0(x_0, y_0, z_0)$ 为追踪起点，脊点空间中任意一脊点到追踪起点的距离计算公式为：

$$D_{i0} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2} \quad (1)$$

D_{i0} 为脊点空间中任意一点 i 到追踪起点的距离，单位为像素 (pixel)，找出

- 10 $D_{i0} \in (d_1, d_2]$ 的所有点作为 p_0 的邻脊点集合 $P_{neighbor}$ ，其中， d_1, d_2 为第一预定范围的边界值，可根据追踪精度进行确定，一般 d_1 为 0， d_2 为 3。

步骤 202：若邻脊点空间中脊点个数 $N_{neighbor}$ 大于 1，则计算追踪起点到邻脊点空间中各脊点的方向向量，确定所述方向向量中两两之间向量点积最小的两个方向向量，该两个方向向量对应的邻脊点空间中的脊点为邻近脊点，该两个方向向量所对应的方向为初始追踪方向。

- 15 步骤 203：若邻脊点空间中脊点个数 $N_{neighbor}$ 为 1 或 0，则当前追踪起点 p_0 为一孤立点，在脊点空间中删除当前追踪起点 p_0 ，重新选择新的追踪起点，进入下一轮脊线追踪，即重复上述步骤 102~步骤 105。

- 一具体实施例中，如图 3 所示， p_0 为追踪起点， p_1, p_2, p_3, p_4 为满足 $0 < D_{i0} \leq 3$ 的邻脊点集合 $P_{neighbor}$ ，由 p_0 向四个脊点作方向向量，并求取其归一化的单位向量，经计
20 算可得点积最小的为 $\overrightarrow{p_0 p_1}$ 和 $\overrightarrow{p_0 p_3}$ 所对应的单位向量，则 p_1 和 p_3 为追踪起点 p_0 所在脊线上的两个邻近脊点， p_0 指向 p_1 和 p_0 指向 p_3 的两个方向为点 p_0 所在血管中心线上进行脊线追踪的初始追踪方向。由图 3 可以看出， $\overrightarrow{p_0 p_1}$ 和 $\overrightarrow{p_0 p_3}$ 之间夹角最大，几乎在一条线上。

- 一实施例中，上述步骤 103 实施时，可用 $\overrightarrow{t_{-i}}$ 和 $\overrightarrow{t_i}$ 分别表示脊线追踪过程中的两个追
25 踪方向， i 为一脊线追踪过程中的第 i 次更新；用 p_{-i} 和 p_i 分别表示脊线追踪过程中的两个端点，对应图 3，端点及初始追踪方向可表示为 $p_{-1} = p_1, p_1 = p_3, \overrightarrow{t_{-1}} = \overrightarrow{p_0 p_1}$ ，

$$\overrightarrow{t_1} = \overrightarrow{p_0 p_3}。$$

一实施例中，如图 4 所示，上述步骤 103 中，将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新两个端点及两个追踪方向进一步包括：

- 步骤 401：对于追踪过程中的一端点，求取脊点空间中任意一脊点到该端点的距离，找出距离在第二预定范围内对应的脊点，由该些脊点构成候选脊点空间。

定义 $p_i(x_i, y_i, z_i)$ 为端点， $p_j(x_j, y_j, z_j)$ 为脊点空间中任意一点，脊点空间中任意一脊点到端点的距离计算公式为：

$$D_{ji} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \quad (2)$$

- D_{ji} 为脊点空间中任意一点 j 到端点 i 的距离，找出 $D_{ji} \in (d_3, d_4]$ 的所有点作为 p_i 的候选脊点空间 P_{next} ，其中， d_3, d_4 为第二预定范围的边界值，可根据追踪精度进行确定，为了避免候选脊点空间里某条脊线上有个别断点，一般第二预定范围 D_{ji} 大于第一预定范围 D_{i0} ，优选的， d_3 为 0， d_4 为 5。

步骤 402：根据候选脊点空间中的脊点及该端点计算得到候选追踪方向，筛选出满足如下公式的候选脊点：

$$\cos \theta = \frac{\vec{t_i} \cdot \vec{t_{i+1}}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_{i+1}}|} = \max \left(\frac{\vec{t_i} \cdot \vec{t_k}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_k}|} \right), \quad t_k = \overrightarrow{p_i p_k}, \quad p_k \in P_{next}, \quad (3)$$

其中， θ 为 $\vec{t_i}$ 与 $\vec{t_{i+1}}$ 的夹角， $\vec{t_i}$ 为当前追踪方向， $\vec{t_{i+1}}$ 为筛选出的候选追踪方向， p_i 为端点， p_k 为第 k 个候选脊点， P_{next} 为候选脊点空间， $\vec{t_k}$ 为第 k 个候选追踪方向，即 p_i 至 p_k 的方向。

- 一具体实施例中，如图 5 所示， p_0 为追踪起点， p_i 及 p_{-i} 为端点，以 p_i 为例，候选脊点空间共有 4 个候选脊点 {A, B, C, D}，据此，可计算出 4 个候选追踪方向（由端点 p_i 指向候选脊点 A、B、C、D），通过公式 (3)，筛选出的候选脊点 p_{i+1} 为 C，筛选出的候选脊点方向为 p_i 指向 p_{i+1} 的方向 $\vec{t_{i+1}}$ 。

- 步骤 403：判断所述夹角 θ 是否小于第二阈值 α ，如 $\alpha = 45^\circ$ ，若判断结果为是，则用筛选出的候选脊点 p_{i+1} 更新该端点 p_i ，即 $p_i = p_{i+1}$ ，筛选出的候选追踪方向 $\vec{t_{i+1}}$ 更新当前追踪方向 $\vec{t_i}$ ，即 $\vec{t_i} = \vec{t_{i+1}}$ ，继续追踪新的脊点；若判断结果为否，则该条追踪脊线不存在新的脊点，停止追踪新的脊点。

实施时, 为了避免求 $\vec{t}_i$ 与 $\vec{t}_{i+1}$ 的夹角 θ , 还可判断 $\cos \theta = \frac{\vec{t}_i \cdot \vec{t}_{i+1}}{|\vec{t}_i| |\vec{t}_{i+1}|} > \cos \alpha$ 是否成立。

本实施例上述步骤 402 能够使血管中心线上短距离内曲度变换较小。上述步骤 403 能保证脊线追踪方向的平滑过渡。

需要说的是, 在该脊线上, 另一端点 p_{-i} 处沿着相反方向 $\vec{t}_{-i}$ 的追踪过程同上。当两个
5 方向上均找不到满足条件的新的脊点时, 该条血管中心线上的脊线追踪结束。

下面以一具体实施例说明本申请血管脊线追踪方法的效果, 如图 6 所示, 图 6 为本
申请进行测试的三维仿真数据, 为一孔径渐变的螺旋状的管状目标, 为了更接近真实血
管造影图像, 该管状目标中叠加了高斯噪声。图 7a~图 7c 中的螺旋状管状目标经过全局
脊点探测后, 在其脊点空间进行基于本申请中的脊线追踪方法的运行结果, 其中, 图 7a
10 为脊点空间, 图 7b 用箭头表示了脊线追踪过程, 图 7c 为脊线追踪的结果。由图 7a~图 7c
可以看出, 本申请提供的脊线追踪方法能够较好的在管状目标待追踪脊点空间内完成脊
线追踪, 绘制出血管中心线。

本申请提供的血管脊线追踪方法先确定脊点空间, 在脊点空间内进行脊线追踪, 每
追踪完一条脊线后, 删除该条脊线遍历过的脊点, 根据更新的脊点空间重复脊线追踪过
15 程, 具有迭代参数少、计算量小、算法简单的特点, 能够快速地完成血管中心线的脊线
追踪。

基于同一发明构思, 本申请实施例中还提供了一种血管脊线追踪装置, 如下面的实
施例所述。由于该装置解决问题的原理与血管脊线追踪方法相似, 因此该装置的实施可
以参见血管脊线追踪方法的实施, 重复之处不再赘述。

20 如图 8 所示, 图 8 为本申请实施例的血管脊线追踪装置的结构图。该装置可以通过
逻辑电路实现运行于智能终端, 例如手机、平板电脑等设备中, 或者以功能模块的方式
由软件实现各部件的功能, 运行于所述智能终端上。具体的, 该装置包括:

脊点探测模块 801, 用于对血管造影图像进行全局脊点探测, 确定脊点空间。

初始模块 802, 用于在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点, 确定追踪脊线上
25 该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向。

追踪模块 803, 用于将两个邻近脊点作为端点, 沿两个初始追踪方向分别顺序追踪
所述追踪脊线上的其它脊点, 追踪过程中不断更新端点及追踪方向; 还用于根据更新的
脊点空间重复脊线追踪过程, 直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊
线追踪。

标记模块 804, 用于标记已追踪的脊线。

更新模块 805, 用于删除已追踪脊线所遍历过的脊点, 更新脊点空间。

为了清楚看清追踪的脊线, 本申请装置的一实施例中, 还包括绘制模块, 用于用不同的颜色绘制出所有已追踪的脊线。

- 5 一具体实施例中, 所述初始模块 802 具体用于: 求取脊点空间中任意一脊点到追踪起点的距离, 找出距离在第一预定范围内对应的脊点, 由该些脊点构成追踪起点的邻脊点空间。

- 若邻脊点空间中脊点个数大于 1, 则计算追踪起点到邻脊点空间中各脊点的方向向量, 确定所述方向向量中两两之间向量点积最小的两个方向向量, 该两个方向向量对应的
10 的邻脊点空间中的脊点为邻近脊点, 该两个方向所对应的方向为初始追踪方向。

进一步的, 所述初始模块 802 还用于: 若脊点空间中脊点个数为 1 或 0, 则删除当前追踪起点, 重新选择新的追踪起点, 进入下一轮脊线追踪。

- 一具体实施例中, 所述追踪模块 803 具体用于: 对于追踪过程中的一端点, 求取脊点空间中任意一脊点到该端点的距离, 找出距离在第二预定范围内对应的脊点, 由该些
15 脊点构成候选脊点空间。

根据候选脊点空间中的脊点及该端点计算得到候选追踪方向, 筛选出满足如下公式的候选脊点:

$$\cos \theta = \frac{\vec{t_i} \cdot \vec{t_{i+1}}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_{i+1}}|} = \max(\frac{\vec{t_i} \cdot \vec{t_k}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_k}|}), \quad t_k = \overrightarrow{p_i p_k}, \quad p_k \in P_{next},$$

- 其中, θ 为 $\vec{t_i}$ 与 $\vec{t_{i+1}}$ 的夹角, $\vec{t_i}$ 为当前追踪方向, $\vec{t_{i+1}}$ 为筛选出的候选追踪方向, p_i
20 为端点, p_k 为第 k 个候选脊点, P_{next} 为候选脊点空间, $\vec{t_k}$ 为第 k 个候选追踪方向, 即 p_i 至 p_k 的方向。

判断所述夹角 θ 是否小于第二阈值, 若判断结果为是, 则用筛选出的候选脊点更新该端点, 筛选出的候选追踪方向更新当前追踪方向, 继续追踪新的脊点; 若判断结果否, 则该条追踪脊线不存在新的脊点, 停止追踪新的脊点。

- 25 本申请提供的血管脊线追踪装置先确定脊点空间, 在脊点空间内进行脊线追踪, 每追踪完一条脊线后, 删除该条脊线遍历过的脊点, 根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程, 具有迭代参数少、计算量小、算法简单的特点, 能够快速地完成血管中心线的脊线追踪。

本申请实施例还提供一种电子设备，包括处理器及包括计算机可读程序的存储器，所述计算机可读程序在被执行时使所述处理器执行上面实施例所述的血管脊线追踪方法。

本申请实施例还提供一种计算机可读程序，其中当在电子设备中执行所述程序时，
5 所述程序使得计算机在所述电子设备中执行如上面实施例所述的血管脊线追踪方法。

本申请实施例还提供一种存储有计算机可读程序的存储介质，其中所述计算机可读程序使得计算机在电子设备中执行上面实施例所述的血管脊线追踪方法。

应当理解，本申请的各部分可以用硬件、软件、固件或者它们的组合来实现。在上述实施方式中，多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的
10 软件或固件来实现。例如，如果用硬件来实现，和在另一实施方式中一样，可以用本领域共知的下列技术中的任一项或者他们的组合来实现：具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路，具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路，可编程门阵列（PGA），现场可编程门阵列（FPGA）等。

本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图
15 图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的
20 的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

25 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

以上所述仅用于说明本申请的技术方案，任何本领域普通技术人员均可在不违背本申请的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰与改变。因此，本申请的权利保护范围应视权利要求范围为准。

权利要求书

1. 一种血管脊线追踪方法，其特征在于，包括：

对血管造影图像进行全局脊点探测，确定脊点空间；

在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点，确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻

5 近脊点及两个初始追踪方向；

将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新端点及当前追踪方向；

标记已追踪的脊线，删除已追踪脊线所遍历过的脊点，更新脊点空间；

根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程，直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第

10 一阈值时结束脊线追踪。

2. 如权利要求 1 所述的血管脊线追踪方法，其特征在于，确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向进一步包括：

求取脊点空间中任意一脊点到追踪起点的距离，找出距离在第一预定范围内对应的脊点，由该些脊点构成追踪起点的邻脊点空间；

15 若邻脊点空间中脊点个数大于 1，则计算追踪起点到邻脊点空间中各脊点的方向向量，确定所述方向向量中两两之间向量点积最小的两个方向向量，该两个方向向量对应的邻脊点空间中的脊点为邻近脊点，该两个方向向量所对应的方向为初始追踪方向。

3. 如权利要求 2 所述的血管脊线追踪方法，其特征在于，若邻脊点空间中脊点个数为 1 或 0，则删除当前追踪起点，重新选择新的追踪起点，进入下一轮脊线追踪。

20 4. 如权利要求 1 所述的血管脊线追踪方法，其特征在于，将两个邻近脊点作为端点，沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点，追踪过程中不断更新端点及当前追踪方向进一步包括：

对于追踪过程中的一端点，求取脊点空间中任意一脊点到该端点的距离，找出距离在第二预定范围内对应的脊点，由该些脊点构成候选脊点空间；

25 根据候选脊点空间中的脊点及该端点计算得到候选追踪方向，筛选出满足如下公式的候选脊点：

$$\cos \theta = \frac{\vec{t_i} \bullet \vec{t_{i+1}}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_{i+1}}|} = \max \left(\frac{\vec{t_i} \bullet \vec{t_k}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_k}|} \right), \vec{t_k} = \overrightarrow{p_i p_k}, p_k \in P_{next},$$

其中, θ 为 $\vec{t}_i$ 与 $\vec{t}_{i+1}$ 的夹角, $\vec{t}_i$ 为当前追踪方向, $\vec{t}_{i+1}$ 为筛选出的候选追踪方向, p_i 为端点, p_k 为第 k 个候选脊点, P_{next} 为候选脊点空间, $\vec{t}_k$ 为第 k 个候选追踪方向;

判断所述夹角 θ 是否小于第二阈值, 若判断结果为是, 则用筛选出的候选脊点更新该端点, 筛选出的候选追踪方向更新当前追踪方向, 继续追踪新的脊点; 若判断结果为否, 则该条追踪脊线不存在新的脊点, 停止追踪新的脊点。

5. 如权利要求 1 所述的血管脊线追踪方法, 其特征在于, 还包括: 用不同的颜色绘制出所有已追踪的脊线。

6. 一种血管脊线追踪装置, 其特征在于, 包括:

脊点探测模块, 用于对血管造影图像进行全局脊点探测, 确定脊点空间;

10 初始模块, 用于在脊点空间内随机选择一脊点作为追踪起点, 确定追踪脊线上该追踪起点的两个邻近脊点及两个初始追踪方向;

追踪模块, 用于将两个邻近脊点作为端点, 沿两个初始追踪方向分别顺序追踪所述追踪脊线上的其它脊点, 追踪过程中不断更新端点及追踪方向; 还用于根据更新的脊点空间重复脊线追踪过程, 直至更新的脊点空间中的脊点个数小于第一阈值时结束脊线追踪;

15 标记模块, 用于标记已追踪的脊线;

更新模块, 用于删除已追踪脊线所遍历过的脊点, 更新脊点空间。

7. 如权利要求 6 所述的血管脊线追踪装置, 其特征在于, 所述初始模块具体用于: 求取脊点空间中任意一脊点到追踪起点的距离, 找出距离在第一预定范围内对应的脊点, 由该些脊点构成追踪起点的邻脊点空间;

20 若邻脊点空间中脊点个数大于 1, 则计算追踪起点到邻脊点空间中各脊点的方向向量, 确定所述方向向量中两两之间向量点积最小的两个方向向量, 该两个方向向量对应的邻脊点空间中的脊点为邻近脊点, 该两个方向所对应的方向为初始追踪方向。

8. 如权利要求 7 所述的血管脊线追踪装置, 其特征在于, 所述初始模块还用于:

25 若邻脊点空间中脊点个数为 1 或 0, 则删除当前追踪起点, 重新选择新的追踪起点, 进入下一轮脊线追踪。

9. 如权利要求 6 所述的血管脊线追踪装置, 其特征在于, 所述追踪模块具体用于:

对于追踪过程中的一端点, 求取脊点空间中任意一脊点到该端点的距离, 找出距离在第二预定范围内对应的脊点, 由该些脊点构成候选脊点空间;

根据候选脊点空间中的脊点及该端点计算得到候选追踪方向，筛选出满足如下公式的候选脊点：

$$\cos \theta = \frac{\vec{t_i} \bullet \vec{t_{i+1}}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_{i+1}}|} = \max \left(\frac{\vec{t_i} \bullet \vec{t_k}}{|\vec{t_i}| |\vec{t_k}|} \right), \vec{t_k} = \overrightarrow{p_i p_k}, p_k \in P_{next},$$

其中， θ 为 $\vec{t_i}$ 与 $\vec{t_{i+1}}$ 的夹角， $\vec{t_i}$ 为当前追踪方向， $\vec{t_{i+1}}$ 为筛选出的候选追踪方向， p_i

5 为端点， p_k 为第 k 个候选脊点， P_{next} 为候选脊点空间， $\vec{t_k}$ 为第 k 个候选追踪方向；

判断所述夹角 θ 是否小于第二阈值，若判断结果为是，则用筛选出的候选脊点更新该端点，筛选出的候选追踪方向更新当前追踪方向，继续追踪新的脊点；若判断结果为否，则该条追踪脊线不存在新的脊点，停止追踪新的脊点。

10. 如权利要求 6 所述的血管脊线追踪装置，其特征在于，还包括绘制模块，用于
10 用不同的颜色绘制出所有已追踪的脊线。

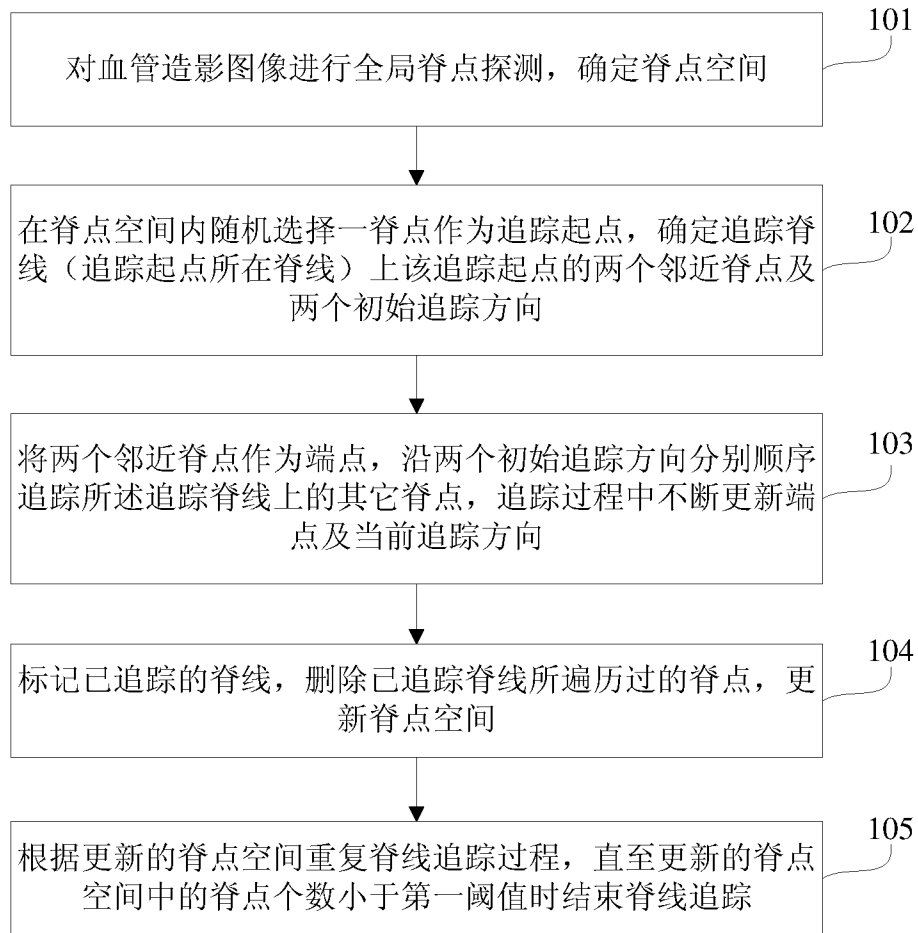


图1

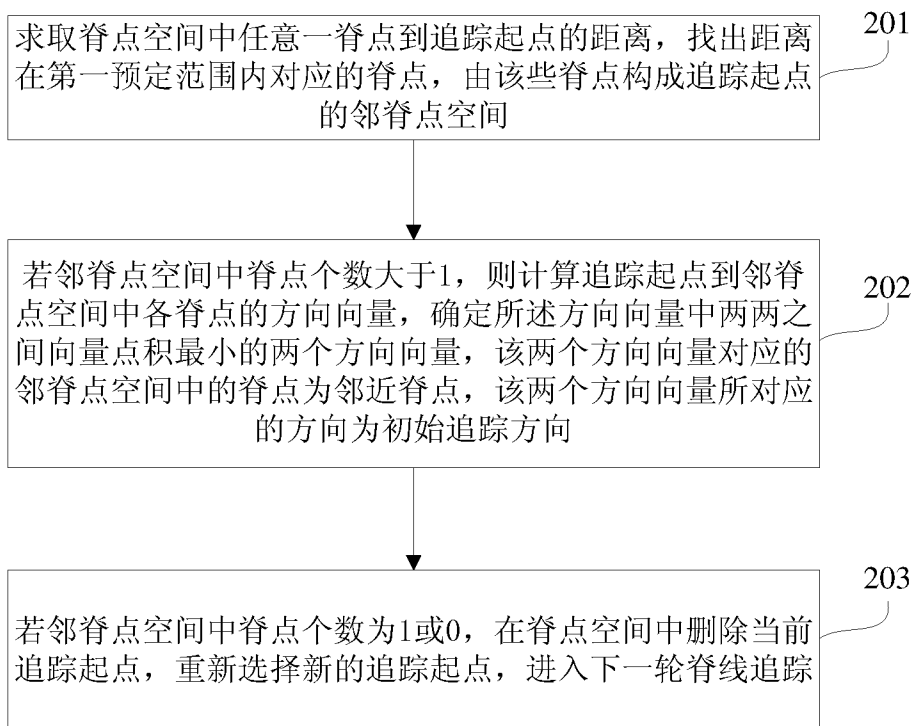


图2

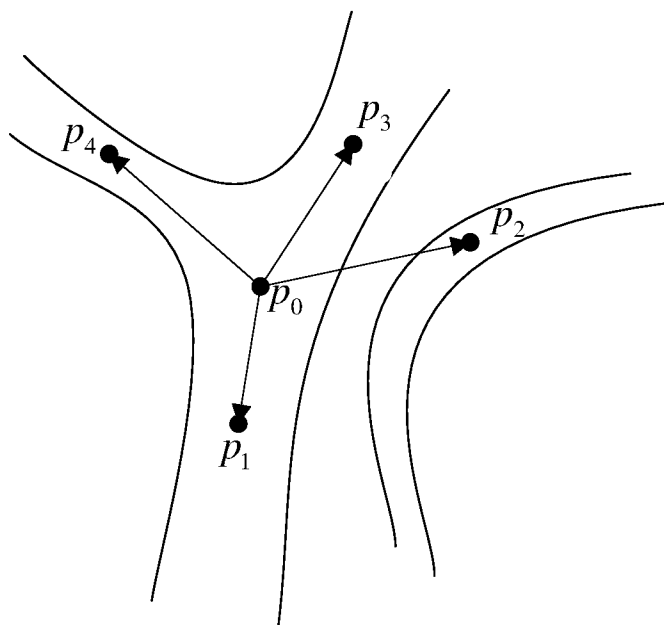


图3

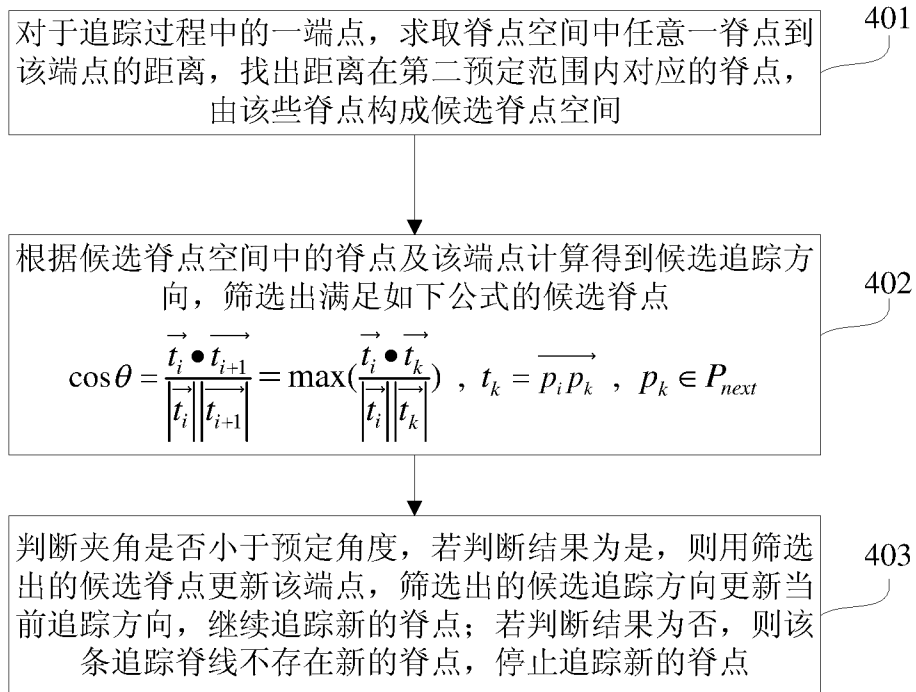


图4

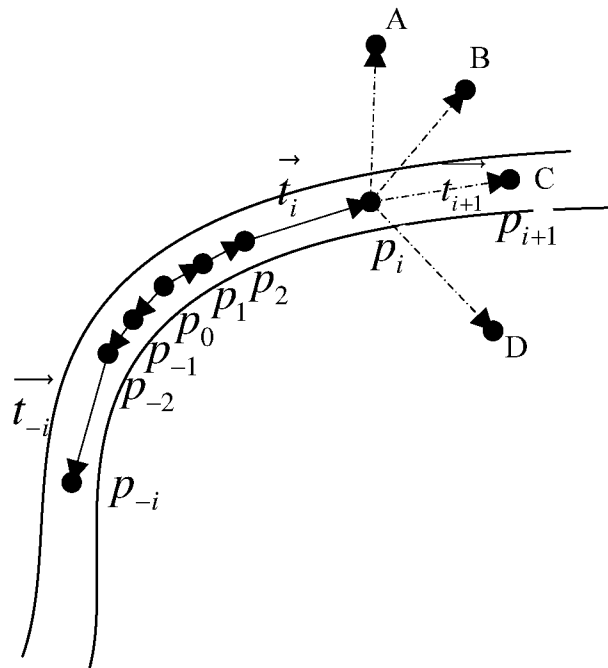


图5

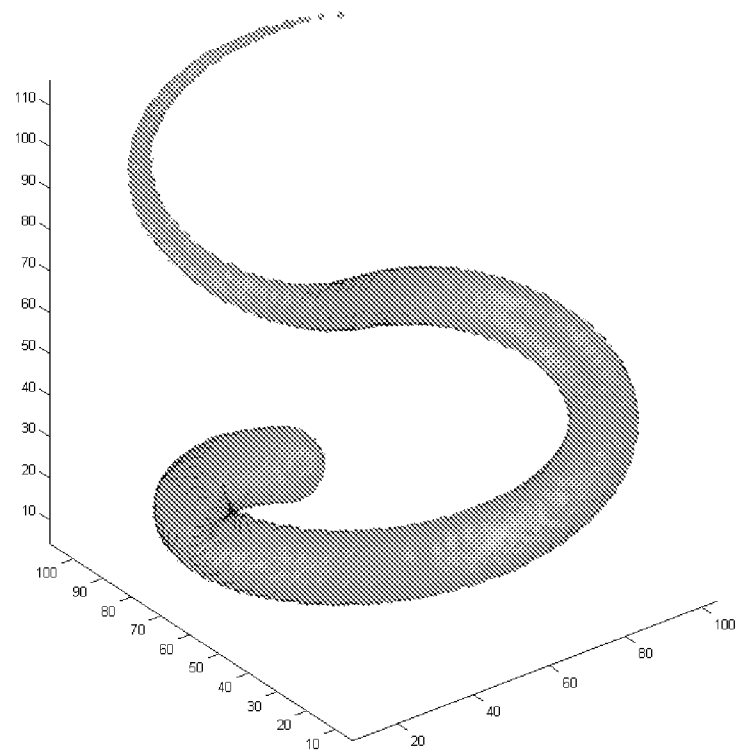


图6

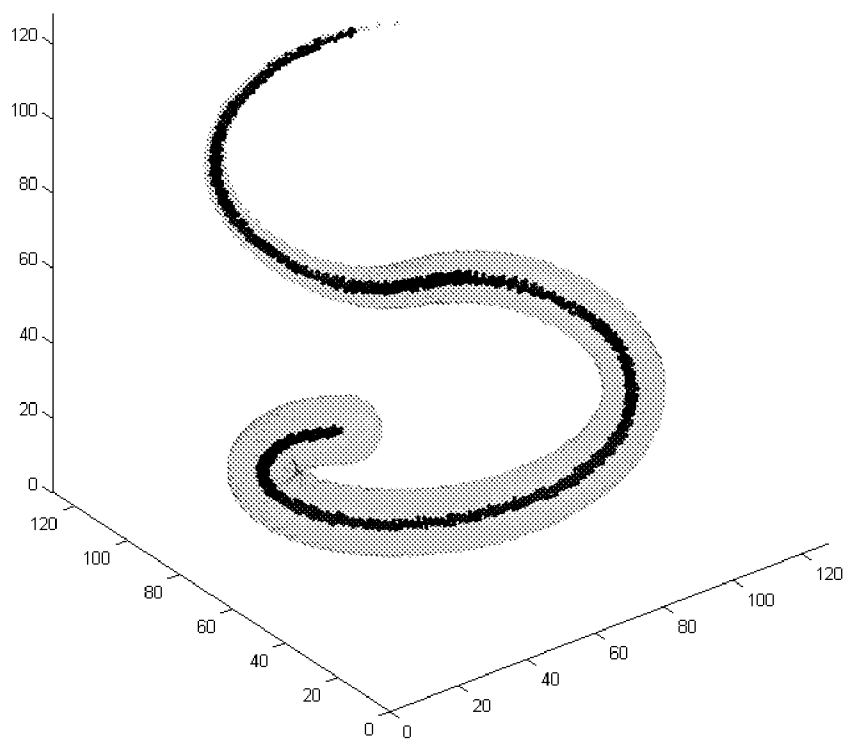


图7a

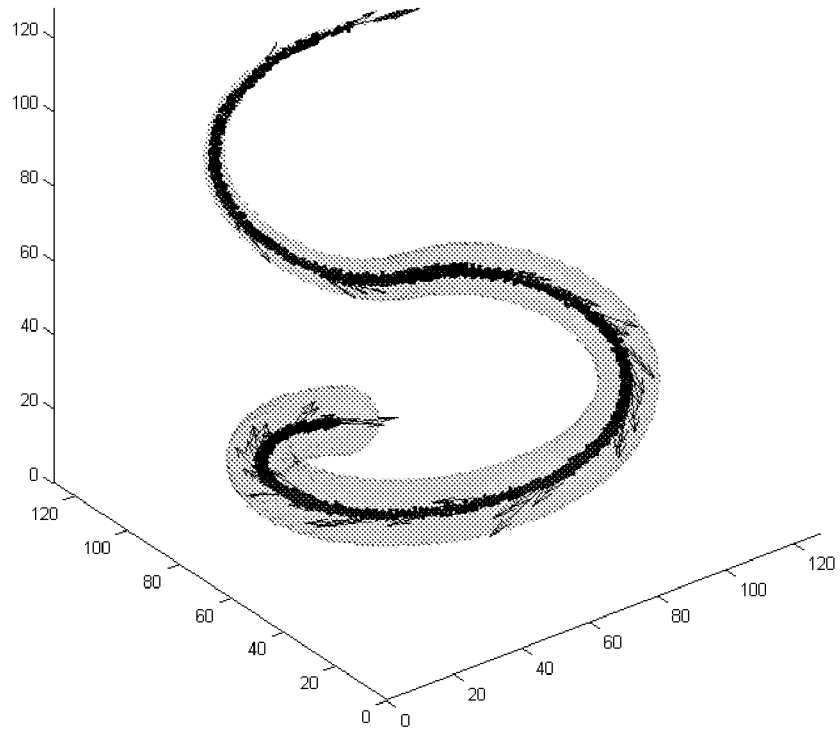


图7b

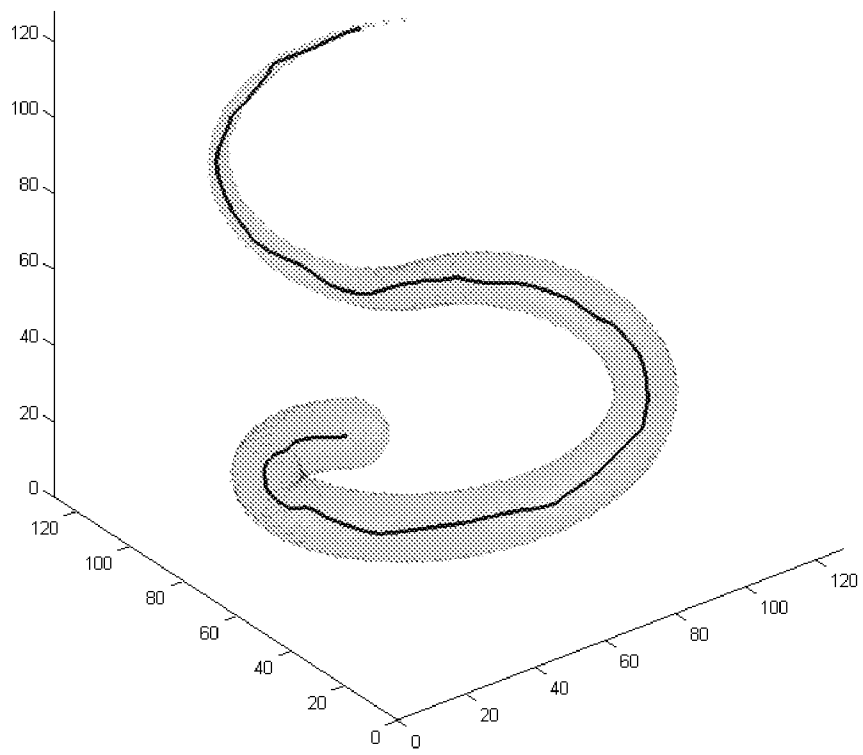


图7c

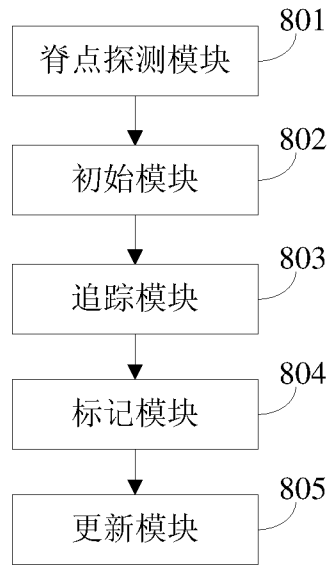


图8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/101754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/00 (2017.01) i; G06T 7/68 (2017.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 中国科学院深圳先进技术研究院, 周寿军, 陆培, 陈明扬, 王澄, 血管, 脊线, 脊点, 中心线, 提取, 追踪, vessel, vascular, centerline, point, extract+, trac+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	肖若秀等, “应用于造影图像的血管中心线全自动提取方法”, 计算机辅助设计与图形学学报, (XIAO, Ruoxiu et al., “Automatic Centerline Extraction Method for X-Ray Angiographic Image”, Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics), vol. 25, no. 3, 31 March 2013 (31.03.2013), ISSN: 1003-9775, pages 363~370	1, 5, 6, 10
A	CN 101551862 A (XIDIAN UNIVERSITY), 07 October 2009 (07.10.2009), the whole document	1-10
A	CN 104318557 A (CHONGQING UNIVERSITY), 28 January 2015 (28.01.2015), the whole document	1-10
A	CN 102819823 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 12 December 2012 (12.12.2012), the whole document	1-10
A	CN 104282009 A (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO., LTD.), 14 January 2015 (14.01.2015), the whole document	1-10
A	CN 101923713 A (DOCTORAL DISSERTATION OF INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 22 December 2010 (22.12.2010), the whole document	1-10
A	CN 103324934 A (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 25 September 2013 (25.09.2013), the whole document	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 07 June 2017	Date of mailing of the international search report 06 July 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer JIANG, Peijie Telephone No. (86-10) 62413521

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/101754

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104240220 A (BEIJING SAMSUNG COMMUNICATION TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE et al.), 24 December 2014 (24.12.2014), the whole document	1-10
A	US 2009278846 A1 (SIEMENS CORPORATE RESEARCH INC.), 12 November 2009 (12.11.2009), the whole document	1-10
A	US 2010014739 A1 (SIEMENS CORPORATE RESEARCH INC.), 21 January 2010 (21.01.2010), the whole document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/101754

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101551862 A	07 October 2009	CN 101551862 B	01 June 2011
CN 104318557 A	28 January 2015	CN 104318557 B	29 March 2017
CN 102819823 A	12 December 2012	CN 102819823 B	09 March 2016
CN 104282009 A	14 January 2015	None	
CN 101923713 A	22 December 2010	CN 101923713 B	05 September 2012
CN 103324934 A	25 September 2013	CN 103324934 B	17 August 2016
CN 104240220 A	24 December 2014	None	
US 2009278846 A1	12 November 2009	US 8073227 B2	06 December 2011
US 2010014739 A1	21 January 2010	US 8532358 B2	10 September 2013
		US 2008044072 A1	21 February 2008
		US 8532356 B2	10 September 2013
		US 8411919 B2	02 April 2013
		US 2010002925 A1	07 January 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/101754

A. 主题的分类 G06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/68(2017.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G06T 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 中国科学院深圳先进技术研究院, 周寿军, 陆培, 陈明扬, 王澄, 血管, 脊线, 脊点, 中心线, 提取, 追踪, vessel, vascular, centerline, point, extract+, trac+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	肖若秀 等. "应用于造影图像的血管中心线全自动提取方法" 计算机辅助设计与图形学学报, 第25卷, 第3期, 2013年 3月 31日 (2013 - 03 - 31), ISSN: 1003-9775, 第363~370页	1, 5, 6, 10
A	CN 101551862 A (西安电子科技大学) 2009年 10月 7日 (2009 - 10 - 07) 全文	1-10
A	CN 104318557 A (重庆大学) 2015年 1月 28日 (2015 - 01 - 28) 全文	1-10
A	CN 102819823 A (北京理工大学) 2012年 12月 12日 (2012 - 12 - 12) 全文	1-10
A	CN 104282009 A (上海联影医疗科技有限公司) 2015年 1月 14日 (2015 - 01 - 14) 全文	1-10
A	CN 101923713 A (中国科学院自动化研究所) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-10
A	CN 103324934 A (北京理工大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 全文	1-10
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2017年 6月 7日		2017年 7月 6日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		姜佩杰
		电话号码 (86-10)62413521

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104240220 A (北京三星通信技术研究有限公司 等) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 全文	1-10
A	US 2009278846 A1 (SIEMENS CORPORATE RESEARCH INC.) 2009年 11月 12日 (2009 - 11 - 12) 全文	1-10
A	US 2010014739 A1 (SIEMENS CORPORATE RESEARCH INC.) 2010年 1月 21日 (2010 - 01 - 21) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/101754

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	101551862	A	2009年 10月 7日	CN 101551862 B	2011年 6月 1日
CN	104318557	A	2015年 1月 28日	CN 104318557 B	2017年 3月 29日
CN	102819823	A	2012年 12月 12日	CN 102819823 B	2016年 3月 9日
CN	104282009	A	2015年 1月 14日	无	
CN	101923713	A	2010年 12月 22日	CN 101923713 B	2012年 9月 5日
CN	103324934	A	2013年 9月 25日	CN 103324934 B	2016年 8月 17日
CN	104240220	A	2014年 12月 24日	无	
US	2009278846	A1	2009年 11月 12日	US 8073227 B2	2011年 12月 6日
US	2010014739	A1	2010年 1月 21日	US 8532358 B2	2013年 9月 10日
				US 2008044072 A1	2008年 2月 21日
				US 8532356 B2	2013年 9月 10日
				US 8411919 B2	2013年 4月 2日
				US 2010002925 A1	2010年 1月 7日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)