



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107689043 B

(45)授权公告日 2020.06.16

(21)申请号 201710749812.X

(22)申请日 2017.08.28

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107689043 A

(43)申请公布日 2018.02.13

(73)专利权人 重庆邮电大学  
地址 400065 重庆市南岸区南山街道崇文  
路2号

(72)发明人 赖均 李伟生 赖涵 汪俊

(74)专利代理机构 重庆辉腾律师事务所 50215  
代理人 寸南华

(51) Int. Cl.  
G06T 7/00(2017.01)  
G06T 7/11(2017.01)  
G06T 5/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101301207 A, 2008.11.12,  
US 2006023925 A1, 2006.02.02,  
沈运亮. 基于模型演化的冠状动脉造影自动  
化三维重建算法研究.《中国优秀硕士学位论文  
全文数据库》.2016, 正文第17-25页.

审查员 李炜豪

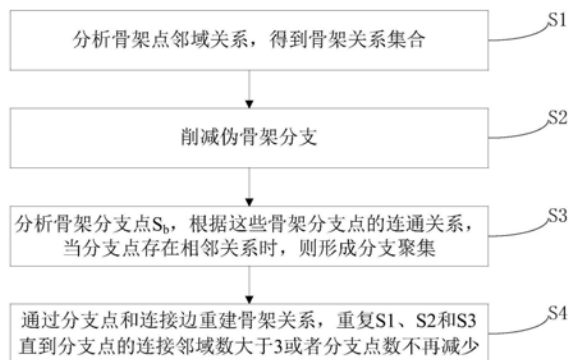
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

## (54)发明名称

一种血管段终端节点与分支节点的获取方法

## (57)摘要

本发明属于医学图像处理技术领域,特别涉及一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,所述方法包括:分析骨架点邻域关系,得到骨架关系集合;削减伪骨架分支;分析骨架分支点,根据这些骨架分支节点的连通关系,当分支节点存在相邻关系时,则形成分支聚集;通过分支节点和连接边重建骨架关系,重复上述步骤直到分支节点的连接邻域数大于3或者分支节点数不再减少;本发明更好的构建骨架分支节点之间和其它骨架点的关联关系,为测量血管段长度和血管半径提供基础。



1. 一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,包括:  
S0:将分割获得的血管根据血管的连通性进行噪声削减包括:  
根据邻域关系寻找连通体素,把血管体素分裂为几个部分;  
计算各连通体的大小,选择最大连通体即为连通血管;  
把连通血管作为血管掩膜与中心骨架体素进行与乘,从而去掉骨架噪声;  
对去掉骨架噪声的血管进行等方性插值,并记录各体素的大小,使用骨架化方法完成血管骨架;

S1、分析骨架点邻域关系,得到骨架关系集合;

S2、削减伪骨架分支;

S3、分析骨架分支节点 $S_b$ ,根据这些骨架分支节点的连通关系,当分支节点存在相邻关系时,则形成分支聚集;

S4、通过分支节点和连接边重建骨架关系,重复S1、S2和S3直到分支节点的连接邻域数大于3或者分支节点数不再减少。

2. 根据权利要求1所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,所述等方性插值包括:

将骨架点的坐标的最大值与中间值的比和最大值与最小值的比作为插值比例,等方插值得到的骨架点的在x轴、y轴、z轴上的坐标相同。

3. 根据权利要求1所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,所述分析骨架点邻域关系,得到骨架关系集合包括:

从得到的骨架点中,获取骨架点邻域点;

从任一骨架点开始,并用邻域切割球,搜寻该点的邻域中的骨架点,并对其进行计数为邻域点数 $N_b$ ;

当邻域点数 $N_b$ 大于或等于3,则为骨架分支节点并入分支节点集 $S_b$ ;当邻域点数 $N_b$ 等于2,则为普通连通骨架点集 $S_c$ ;当邻域点数 $N_b$ 等于1,则为终端骨架点集合 $S_t$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,所述邻域点数的计算包括:对任意属于分支节点集 $S_b$ 的点 $p$ ,邻域点数 $N_b$ 为 $N_{26}$ 邻域关系中所有的数的范数之和。

5. 根据权利要求1所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,所述削减伪骨架分支包括:

根据所处理血管解剖知识设定各级血管的半径 $R_i$ ,从候选终端分支骨架 $B_t$ 削减错误骨架化分支;

根据分支骨架点数 $N(B_t)$ 和半径特性设定修剪骨架伪分支判定阈值 $L_r$ ;

当 $N(B_t)$ 小于 $L_r$ ,则认为是伪分支,去掉伪分支并更新骨架点的邻域结构。

6. 根据权利要求1所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,所述分支聚集包括:

对骨架分支聚集点相邻进行分析,当超过两个以上分支节点相邻,则构成分支节点聚集,分配各聚集编号 $N_c$ ,寻找聚集中心 $S_c$ ;

属于分支节点集 $S_b$ 的任一骨架点的邻域骨架点形成聚集 $C$ ,其聚集中心为 $P_c$ 。

7. 根据权利要求6所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在於,聚

集中心 $P_c$ 的坐标计算包括：

$$x_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} x_i, \quad y_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} y_i, \quad z_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} z_i$$

其中, $x_c, y_c, z_c$ 分别表示聚集中心 $P_c$ 的X轴坐标、Y轴坐标和Z轴坐标, $n_c$ 为分支聚集数, $x_i, y_i, z_i$ 分别为聚集C中各邻域骨架点的坐标。

8. 根据权利要求1所述的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,其特征在于,所述通过分支节点和连接边重建骨架关系,重复S1、S2和S3直到分支节点的连接邻域数大于3或者分支节点数不再减少包括:

通过分支节点和连接边重建骨架关系;

更新骨架关系;

根据血管段集重建骨架数,重新分析骨架点邻域关系,即重复S1、S2和S3直到分支节点的连接邻域数大于3或者分支节点数不再减少。

## 一种血管段终端节点与分支节点的获取方法

[0001] 技术邻域

[0002] 本发明属于医学图像处理技术领域,特别涉及一种血管段终端节点与分支节点的获取方法。

### 背景技术

[0003] 近年来,随着计算机断层扫描(computed tomography,CT)、磁共振成像(magnetic resonance imaging,MRI)、正电子发射断层成像(positron emission tomography,PET)等新型成像技术及设备的迅猛发展和普及,世界各地每天都会产生海量的研究影像,这使得利用研究影像进行器官、组织和血管分析成为当前研究热点之一。而血管的获取对于分析个体血管的研究具有重要的指导意义,通过对影像中结节的自动检测,正确分割出的血管结构可用于解析同区域肺组织结构的模糊性。

[0004] 在低剂量影像中,除组织或器官情况较为复杂外,血管影像被成像和部分容积效应产生的大量噪声所影响。这使得血管和其它组织的对比度变低,以至于传统的影像血管分割方法难以获得好的分割结果。

[0005] 目前,国内外诸多的学者多年来一直致力于各种医学影像分割算法的研究来实施对影像中血管的分割,虽然这些现有方法在特定条件下能够得到一定的肺分割效果。但由于血管具有多级分支结构,通常的分割方法分割出的血管树结构大都会丢失许多细小血管的分支,在低剂量影像中,血管与其它肺组织的对比度通常较低;而且受到影像中存在噪声的影响会使分割出的血管出现本应连通的血管枝出现了大量断裂或丢失的现象。因此,这样的分割方法难以获得完整的血管树结构,使其缺乏量化能力,不能提供具体血管长度和相应直径的参数信息。其根本原因在于缺乏对分割血管进行处理和分析的基础手段,并且大多数的方法只提供定性的影像显示,对于具体的血管案例缺乏准确的骨架分析手段,并且由于血管骨架本身的离散性,难以准确确定血管的准确方向,因此难以得到较好的分析分割结果。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本发明提出一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,目的是为提高图像对血管分析与测量有效的方法提供基础。为基于图分析的骨架分析为血管的长度测量和管径测量提供了基础,由于其具有一定的数学基础和较好的实现手段,所以本方法具有广泛的应用前景。

[0007] 本发明一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,如图1所示,包括:

[0008] S1、分析骨架点邻域关系,得到骨架关系集合;

[0009] S2、削减伪骨架分支;

[0010] S3、分析骨架分支节点 $S_b$ ,根据这些骨架分支节点的连通关系,当分支节点存在相邻关系时,则形成分支聚集;

[0011] S4、通过分支节点和连接边重建骨架关系,重复S1、S2和S3直到分支节点的连接邻

域数大于3或者分支节点数不再减少。

[0012] 优选地,在步骤S1之前还包括步骤S0,如图2所示,将分割获得的血管根据血管的连通性进行噪声削减,包括:

[0013] 根据邻域关系寻找连通体素,把血管体素分裂为几个部分;

[0014] 计算各连通体的大小,选择最大连通体即为连通血管;

[0015] 把连通血管作为血管掩膜与中心骨架体素进行与乘,从而去掉骨架噪声;

[0016] 对去掉骨架噪声的血管进行等方性插值,并记录各体素的大小,使用成熟的骨架化方法完成血管骨架。

[0017] 进一步地,所述等方性插值包括:

[0018] 将骨架点的坐标的最大值与中间值的比和最大值与最小值的比作为插值比例,等方插值得到的骨架点的在x轴、y轴、z轴上的坐标相同。。

[0019] 优选地,所述分析骨架点邻域关系,得到骨架关系集合包括:

[0020] 从得到的骨架点中,获取骨架点邻域点或骨架点值;

[0021] 从任一骨架点开始,并用邻域切割球,搜寻该点的邻域中的骨架点,并对其进行计数为邻域点数 $N_b$ ;

[0022] 当邻域点数 $N_b$ 大于或等于3,则为骨架分支节点并入分支节点集 $S_b$ ;当邻域点数 $N_b$ 等于2,则为普通连通骨架点集 $S_c$ ;当邻域点数 $N_b$ 等于1,则为终端骨架点集合 $S_t$ 。

[0023] 优选地,所述计算数据邻域数包括:对任意属于分支节点集 $S_b$ 的点p,邻域点数 $N_b$ 为 $N_{26}$ 邻域关系中所有的数的范数之和。

[0024] 优选地,所述削减伪骨架分支包括:

[0025] 根据所处理血管解剖知识设定各级血管的半径 $R_i$ ,从候选终端分支骨架 $B_t$ 削减错误骨架化分支;

[0026] 根据分支骨架点数 $N(B_t)$ 和半径特性设定修剪骨架伪分支判定阈值 $L_r$ ;当 $N(B_t)$ 小于 $L_r$ ,则认为是伪分支,去掉伪分支并更新骨架点的邻域结构。

[0027] 进一步地,所述分支聚集包括:

[0028] 对骨架分支聚集点相邻进行分析,当超过两个以上分支节点相邻,则构成分支节点聚集,分配各聚集编号 $N_c$ ,寻找聚集中心 $S_c$ ;

[0029] 任何属于 $S_b$ 骨架点,假如p属于其中的任另一骨架点的邻域,形成聚集C,其聚集中心为 $P_c(x_c, y_c, z_c)$ 。

[0030] 优选地,其特征在于,所述聚集中心 $P_c(x_c, y_c, z_c)$ 的计算包括:

$$[0031] \quad x_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} x_i, \quad y_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} y_i, \quad z_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} z_i$$

[0032] 其中, $n_c$ 为分支聚集数, $x_i, y_i, z_i$ 分别为聚集C中各邻域骨架点的坐标。

[0033] 优选地,所述通过分支节点和连接边重建骨架关系,重复S1、S2和S3直到分支节点的连接邻域数大于3或者分支节点数不再减少包括:

[0034] 通过分支节点和连接边重建骨架关系;

[0035] 去掉过短伪分支和错误分支后,会改变分支节点的邻域结构,因此需要更新骨架关系;

[0036] 更新骨架关系后根据血管段集重建骨架数,重新分析骨架点邻域关系,即重复S1、

S2和S3直到分支节点的连接邻域数大于3或者分支节点数不再减少。

[0037] 与现有技术相比,本发明一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,利用图像分割出的血管体素先进行噪声去除,再进行等方性插值,然后进行骨架化,利用骨架化点的邻域关系与血管中心路径与血管的几何关系,分析出终端节点与分支节点,由于利用了分割血管的图像空间和物理空间的关系,所以使之更好的构建骨架分支节点之间和其它骨架点的关联关系。

## 附图说明

[0038] 图1为本发明端节点与分支节点的获取方法优选实施例流程图;

[0039] 图2为本发明端节点与分支节点的获取方法另一优选实施例流程图;

[0040] 图3为本发明骨架点与骨架分析示意图。

## 具体实施方式

[0041] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0042] 发明提出的一种血管段终端节点与分支节点的获取方法,如图1和图2所示,具体包括以下步骤:

[0043] S0、将分割获得的血管根据血管的连通性进行噪声削减

[0044] 根据 $N_{26}$ 邻域关系寻找连通体素,把血管体素分裂为几个部分;

[0045] 计算各连通体的大小,选择最大连通体为连通血管;

[0046] 把连通血管作为血管掩膜与中心骨架体素进行与操作,从而去掉骨架噪声;

[0047] 对去掉骨架噪声的血管进行等方性插值,并记录各体素的大小,使用成熟的骨架化方法完成血管骨架。

[0048] 进一步地,所述血管掩膜是指将获取的血管图像二值化,即将含有连通血管的部分记为“1”,不含连通血管的部分记为“0”。

[0049] 进一步地,所述去掉骨架噪声的方法为将血管掩膜和中心骨架体素进行与操作,去除不含血管连通体素的部分,即去除骨架噪声;具体为:

[0050]  $V_{\text{vessels}} = V_s \& \text{Mask}_v$

[0051] 其中 $V_{\text{vessels}}$ 为去除噪声的血管段, $\text{Mask}_v$ 为血管掩膜, $V_s$ 为中心骨架体素。

[0052] 进一步地,所述等方性插值包括:

[0053] 将分割去噪后的血管体素记作 $S(S_x, S_y, S_z)$ , $S_x, S_y, S_z$ 为血管的尺度,其中 $S_x, S_y, S_z$ 的最大值与中间值的比和最大值与最小值的比作为插值比例,等方性插值满足骨架点的各向尺度相等,例如:选择 $S_{\text{max}} = \max(S_x, S_y, S_z)$ 、 $S_{\text{min}} = \min(S_x, S_y, S_z)$ 、 $S_{\text{med}} = \text{med}(S_x, S_y, S_z)$ ,插值比例为: $S_{\text{max}}/S_{\text{med}}$ 、 $S_{\text{max}}/S_{\text{min}}$ ,等方性插值结果满足: $S'_x = S'_y = S'_z$ ,即等方向性插值是为了保证分割去噪后的血管的各向同性,减少骨架化产生的伪分支。

[0054] S1、分析骨架点邻域关系,得到骨架关系集合

[0055] 优选地,所述分析骨架点邻域关系,如图3所示,得到骨架关系集合包括:

[0056] 从得到的骨架点中,获取骨架点邻域点或骨架点值;

[0057] 从任一骨架点开始,并用邻域切割球,搜寻该点的邻域中的骨架点,并对其进行计数为邻域点数 $N_b$ ;

[0058] 当邻域点数 $N_b$ 大于或等于3,则为骨架分支节点并入分支节点集 $S_b$ ;当邻域点数 $N_b$ 等于2,则为普通骨架连通点集 $S_c$ ;当邻域点数 $N_b$ 等于1,则为终端骨架点集合 $S_t$ 。

$$[0059] \quad v_b \in \begin{cases} S_b & N_b \geq 3 \\ S_c & N_b = 2 \\ S_t & N_b = 1 \end{cases}$$

[0060] 其中, $v_b$ 为骨架点集。

[0061] 经过本步骤可以得到的点、边和邻域关系如下表:

[0062]	分支节点	邻域数 $\geq 3$
		关联终端边 $E$ 与非终端边 $E_t$
[0062]	连通点	邻域数=2
		分段连通点构成边 $E$
[0062]	终端节点	邻域数=1
		仅有一个终端边关联 $E_t$

[0063] S2、削减伪骨架分支

[0064] 优选地,所述削减伪骨架分支包括:

[0065] 根据所处理血管解剖知识设定各级血管的半径 $R_i$ ,从候选终端分支骨架 $B_t$ 削减错误骨架化分支;

[0066] 根据分支骨架点数 $N(B_t)$ 和半径特性设定修剪骨架伪分支判定阈值 $L_r$ ;

[0067] 当 $N(B_t)$ 小于 $L_r$ ,则认为是伪分支,去掉伪分支并更新骨架点的邻域结构。

[0068] 进一步地,伪分支判定阈值 $L_r$ 为当前分支的血管直径与血管体素长度的比率长度 $tR$ , $L_r$ 可为当前粗略估计半径 $R$ 的1.5-2倍比率。

[0069] 例如, $e$ 属于终端边集 $E_t$ ,假如 $L(e) \leq tL_r$ ,去掉该终端边,对于属于 $e$ 的分支节点集 $S_b$ , $N(S_b) = N(S_b) - 1$ ,其中 $N(S_b)$ 为分支节点集 $S_b$ 的邻域点数。

[0070] S3、分析骨架分支节点 $S_b$ ,根据这些骨架分支节点的连通关系,当分支节点存在相邻关系时,则形成分支聚集

[0071] 优选地,所述分支聚集包括:

[0072] 对骨架分支聚集点相邻进行分析,当超过两个以上分支节点相邻,则构成分支节点聚集,分配各聚集编号 $N_c$ ,寻找聚集中心;

[0073] 任何属于 $S_b$ 的骨架点,假如 $p$ 属于其中的任一骨架点的邻域,形成聚集 $C$ ,其聚集中心为 $P_c(x_c, y_c, z_c)$ ,利用聚集中心 $P_c(x_c, y_c, z_c)$ 来精化分支点,去除伪分支点。

[0074] 优选地,其特征在于,所述聚集中心 $P_c(x_c, y_c, z_c)$ 的计算包括:

$$[0075] \quad x_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} x_i, \quad y_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} y_i, \quad z_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i=1}^{n_c} z_i$$

[0076] 其中,  $n_c$  为分支聚集数,  $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$  分别为聚集  $C$  中各邻域骨架点的坐标。

[0077] S4、通过分支节点和连接边重建骨架关系, 重复 S1、S2 和 S3 直到分支节点的连接邻域数大于 3 或者分支节点数不再减少

[0078] 优选地, 所述计算数据邻域数包括: 对任意属于分支节点集  $S_b$  的点  $p$ , 邻域点数  $N_b$  为  $N_{26}$  邻域关系中所有的数之和, 即

$$[0079] \quad \forall p \in S(b)$$

$$[0080] \quad N_b = \sum_{v_i \in N_{26}} v_i$$

[0081] 优选地, 所述通过分支节点和连接边重建骨架关系, 重复 S1、S2 和 S3 直到分支节点的连接邻域数大于 3 或者分支节点数不再减少包括:

[0082] 通过分支节点和连接边重建骨架关系;

[0083] 去掉过短伪分支和错误分支后, 会改变分支节点的邻域结构, 因此需要更新骨架关系;

[0084] 更新骨架关系后根据血管段集重建骨架数, 重新分析骨架点邻域关系, 即重复 S1、S2 和 S3 直到分支节点的连接邻域数大于 3 或者分支节点数不再减少。

[0085] 本领域普通技术人员可以理解上述实施例的各种方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成, 该程序可以存储于一计算机可读存储介质中, 存储介质可以包括: ROM、RAM、磁盘或光盘等。

[0086] 以上所举实施例, 对本发明的目的、技术方案和优点进行了进一步的详细说明, 所应理解的是, 以上所举实施例仅为本发明的优选实施方式而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内对本发明所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。



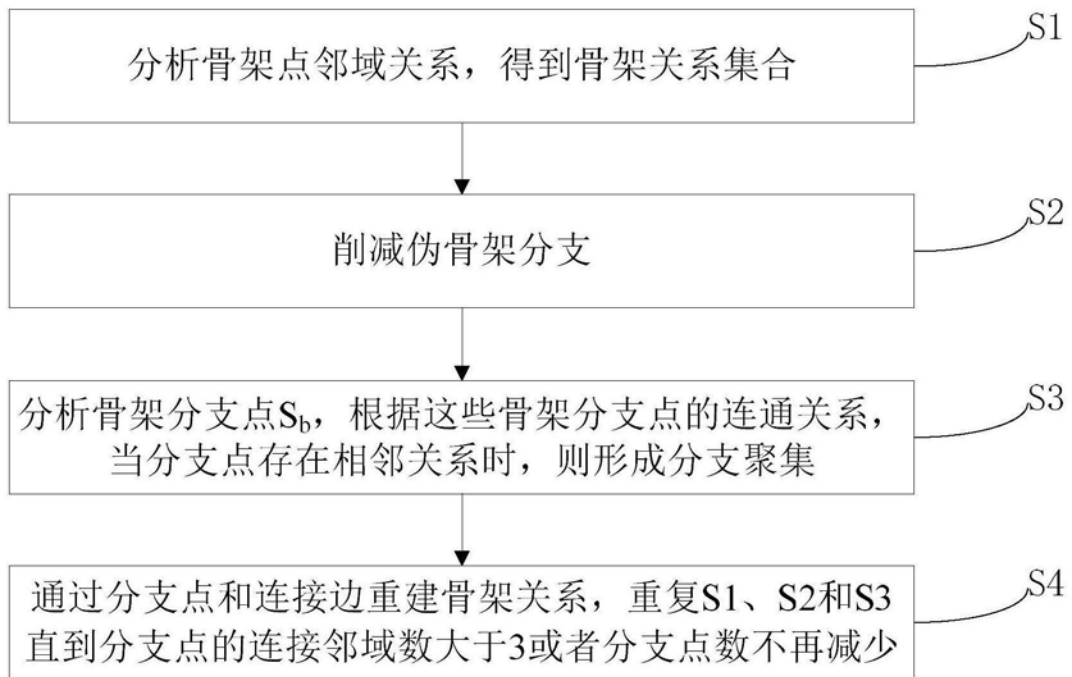


图1

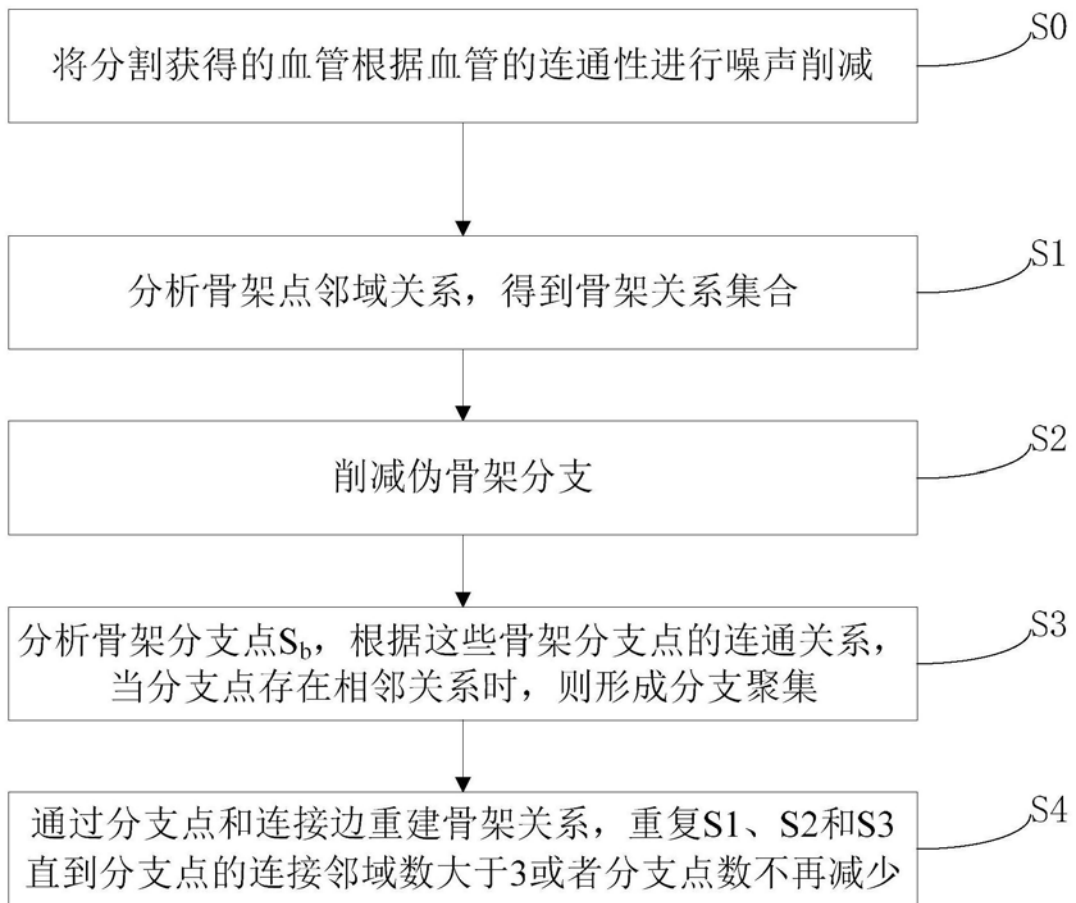


图2

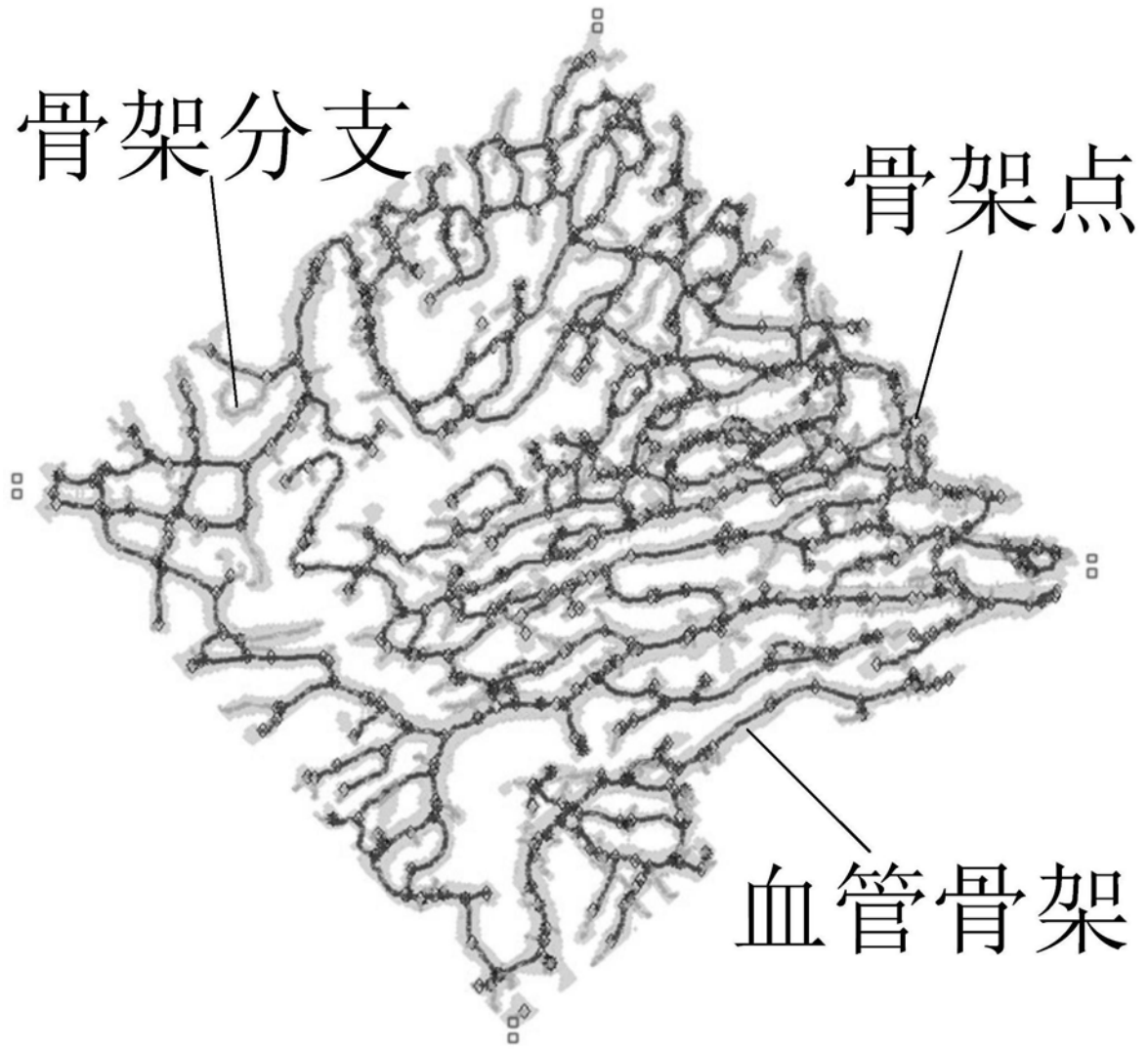


图3