



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112069730 A

(43) 申请公布日 2020.12.11

(21) 申请号 202010908617.9

(22) 申请日 2020.09.02

(71) 申请人 彭涛

地址 215000 江苏省苏州市姑苏区十梓街1号2016幢

(72) 发明人 彭涛 王宜怀 许燦昊

(51) Int. Cl.

G06F 30/27 (2020.01)

G06T 7/13 (2017.01)

G06T 17/00 (2006.01)

G06F 113/10 (2020.01)

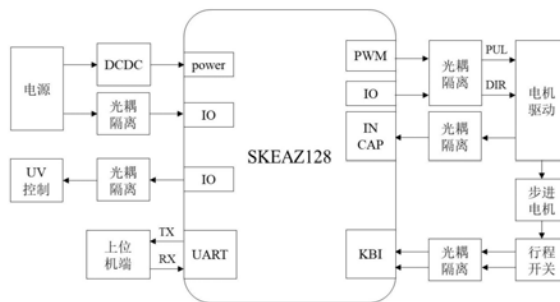
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种3D打印的立体曲线获取方法及装置

(57) 摘要

本申请涉及一种3D打印的立体曲线获取方法及装置,属于3D打印技术领域,该方法包括:使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;获取每层二维切片的采样点坐标;使用每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录立体曲线的组成点坐标以及排序号;将组成点坐标和排序号输入参数解释数学模型,得到立体曲线的单层最终轮廓;根据多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示;可以解决无法模拟立体曲线的问题;实现对立体曲线轮廓的模拟。



1. 一种3D打印的立体曲线获取方法,其特征在于,所述方法包括:
  - 使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;
  - 获取每层二维切片的采样点坐标;
  - 使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录所述立体曲线的组成点坐标以及排序号;
  - 将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓;
  - 根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示,包括:
  - 确定是否需要模拟所述目标对象的截面;
  - 在确定出需要模拟所述目标对象的截面时,对于每层最终轮廓中的每个组成点,确定上一层最终轮廓的组成点与所述组成点是否相同且连续;
  - 在所述上一层最终轮廓的组成点与所述组成点相同且连续,或者,确定次数达到预设确定次数时,将所述上一层最终轮廓的组成点映射到所述组成点,得到所述最终立体曲线轮廓。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:
  - 在确定出不需要模拟所述目标对象的截面时,对于每层最终轮廓,确定所述最终轮廓的首坐标点为上一层最终轮廓的尾坐标点,得到所述最终立体曲线轮廓。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓之前,还包括:
  - 获取Caputo分数阶反向传播训练模型的最优初始化权值和阈值,得到初始化的Caputo分数阶反向传播训练模型;
  - 在反向传播中计算输出层误差;
  - 根据所述输出层误差更新所述Caputo分数阶反向传播训练模型中权值 $w$ 和阈值 $v$ ,直至所述输出层误差减小或者训练次数达到次数阈值时停止,得到所述参数解释数学模型。
5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述获取所述Caputo分数阶反向传播训练模型的最优初始化权值和阈值,得到初始化的Caputo分数阶反向传播训练模型,包括:
  - 初始化社交蜘蛛优化算法模型;
  - 创建蜘蛛种群 $pop$ ;
  - 评估每个种群的位置;
  - 对每个种群的位置进行校验,筛选出最优振动强度的种群;
  - 将所述种群的种群参数确定为所述最优初始化权值和阈值。
6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述Caputo分数阶反向传播训练模型的参数通过下式表示:

$$f(t) = (x(t_f(x)), y(t_f(y))) = \left( \sum_{i=1}^S \left( \frac{1}{1 + e^{-(w_{i,1} - b_{1,i})}} \right) v_{i,1} - b_{2,1}, \sum_{i=1}^S \left( \frac{1}{1 + e^{-(w_{i,2} - b_{1,i})}} \right) v_{i,2} - b_{2,2} \right)$$

其中,  $w_i$  ( $i = 1, 2, \dots, S$ ) 为输入层到第 $i$ 个隐层神经元的权值;

$v_{i,k}$ 为第*i*个隐层神经元到第*k*个输出神经元的权值；

$r_{1,i}$ 为第*i*个隐层神经元的阈值；

$r_{2,k}$ 为第*k*个输出神经元的阈值。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述根据所述输出层误差更新所述Caputo分数阶反向传播训练模型中权值 $w$ 通过下式表示:

$$w_i^{k+1} = w_i^k - \eta \times \text{Caputo}(w) \times E(w)$$

$$\text{Caputo}(w) = \frac{1}{(1-\alpha)\Gamma(1-\alpha)} \times g(v_i^k \times x^j)(w_i^k - c)^{1-\alpha}$$

其中, $E(w)$ 为平均误差函数; $\eta$ 为学习率,正数; $\alpha$ 是分数阶,范围在 $[0,1]$ ;  $v_i^k$ 为隐层第*i*个神经元到输出层第*k*个神经元的权值; $x^j$ 为第*j*个输入样本; $w_i^k$ 为隐层第*i*个神经元到输出层第*k*个神经元的权向量; $c$ 为隐层到输出层中最小权值;

所述根据所述输出层误差更新所述Caputo分数阶反向传播训练模型中阈值 $v$ 通过下式表示:

$$v_i^{k+1} = v_i^k - \eta \times \text{Caputo}(v) \times E(v)$$

$$\text{Caputo}(v) = \frac{1}{(1-\alpha)\Gamma(1-\alpha)} \times g(v_i^k \times x^j)(v_i^k - c)^{1-\alpha}$$

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,包括:

对于每层二维切片,将采样点集合调整到 $(-1,1)$ 的范围内;

获取单层初始化曲线;

将采样点集合向已经获得的*k*条线段及*k*+1个顶点投影,以确定采样点集合所属的线段或顶点;

确定当前曲线是否收敛;

在不收敛时,添加新顶点并再次执行所述将采样点集合向已经获得的*k*条线段及*k*+1个顶点投影的步骤,所述*k*为正整数;

在收敛时,确定当前迭代次数是否达到迭代次数阈值;

在未达到所述次数阈值时,添加新顶点并再次执行所述将采样点集合向已经获得的*k*条线段及*k*+1个顶点投影的步骤;

在达到所述次数阈值时,确定所述当前曲线是否满足单层停止条件;

在不满足所述单层停止条件时,添加新顶点并再次执行所述将采样点集合向已经获得的*k*条线段及*k*+1个顶点投影的步骤;

在满足所述单层停止条件时,确定当前曲线为所述立体曲线。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述单层停止条件通过下式表示:

$$k > c(n, \Delta_n(f_{k,n}) = \beta * n^{1/3} r * (\Delta_n(f_{k,n})^{-1/2}))$$

其中, $k$ 表示线段数; $c$ 表示莱布尼茨公式; $\Delta_n(f_{k,n})$ 表示均方距离函数; $\beta$ 是惩罚参数; $r$ 是点集半径; $n$ 是当前二维切片的层数。

10. 一种3D打印的立体曲线获取装置,其特征在于,所述装置包括:

切片获取模块,用于使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;

坐标获取模块,用于获取每层二维切片的采样点坐标;

曲线确定模块,用于使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录所述立体曲线的组成点坐标以及排序号;

第一生成模块,用于将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓;

第二生成模块,用于根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示。

## 一种3D打印的立体曲线获取方法及装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及一种3D打印的立体曲线获取方法及装置,属于3D打印技术领域。

### 背景技术

[0002] 目前3D打印技术应用的领域非常广泛,其中包括:航天技术、产品设计、机械制造、建筑设计、医学方面和模具制作等领域。其中,由于现今老年化的加剧,医学领域越来越受到重视。打印人体器官并与病人之前不产生排异现象是未来努力的方向。随着3D打印技术不断发展,一个全新的人体可能应用到医学治疗方面,使很大病人都感觉到生存的希望。

[0003] 传统的医疗诊断中,医生大部分都是通过X线片、二维图谱等显示的信息在自己的大脑中构想患者患处的三维结构,因此存在着一定的误差,在患者的诊断、治疗过程中需要医生们有着较为丰富的经验,否则难以达到精确的诊断和手术,而3D打印技术则可以根据三维模型制作出实物模型,使模型真实化。

[0004] 然而,现有的3D打印技术无法获取三维空间内的不规则的曲线模型,比如:盘旋状的曲线模型或者人体筋脉曲线模型,以及直径度较大的曲线模型。

### 发明内容

[0005] 本申请提供了一种3D打印的立体曲线获取方法及装置,本发明的提出是为了便于医生通过医学成像技术获得精准的患者三维数据模型,并提供更为细致的临床病理以及三维解剖等信息。本发明结合重建三维模型,再用3D打印技术制作实物模型,进而便于医生了解观察患者病处的三维空间结构,为手术规划提供详细的资料,进一步推进手术的精确化,对植入设计师、外科医生等提供较大的帮助。本申请提供如下技术方案:

[0006] 第一方面,提供了一种3D打印的立体曲线获取方法,所述方法包括:

[0007] 使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;

[0008] 获取每层二维切片的采样点坐标;

[0009] 使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录所述立体曲线的组成点坐标以及排序号;

[0010] 将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓;

[0011] 根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示。

[0012] 可选地,所述根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示,包括:

[0013] 确定是否需要模拟所述目标对象的截面;

[0014] 在确定出需要模拟所述目标对象的截面时,对于每层最终轮廓中的每个组成点,确定上一层最终轮廓的组成点与所述组成点是否相同且连续;

[0015] 在所述上一层最终轮廓的组成点与所述组成点相同且连续,或者,确定次数达到预设确定次数时,将所述上一层最终轮廓的组成点映射到所述组成点,得到所述最终立体

曲线轮廓。

[0016] 可选地,所述方法还包括:

[0017] 在确定出不需要模拟所述目标对象的截面时,对于每层最终轮廓,确定所述最终轮廓的首坐标点为上一层最终轮廓的尾坐标点,得到所述最终立体曲线轮廓。

[0018] 可选地,所述将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓之前,还包括:

[0019] 获取Caputo分数阶反向传播训练模型的最优初始化权值和阈值,得到初始化的Caputo分数阶反向传播训练模型;

[0020] 在反向传播中计算输出层误差;

[0021] 根据所述输出层误差更新所述Caputo分数阶反向传播训练模型中权值 $w$ 和阈值 $v$ ,直至所述输出层误差减小或者训练次数达到次数阈值时停止,得到所述参数解释数学模型。

[0022] 可选地,所述获取所述Caputo分数阶反向传播训练模型的最优初始化权值和阈值,得到初始化的Caputo分数阶反向传播训练模型,包括:

[0023] 初始化社交蜘蛛优化算法模型;

[0024] 创建蜘蛛种群pop;

[0025] 评估每个种群的位置;

[0026] 对每个种群的位置进行校验,筛选出最优振动强度的种群;

[0027] 将所述种群的种群参数确定为所述最优初始化权值和阈值。

[0028] 可选地,所述Caputo分数阶反向传播训练模型的参数通过下式表示:

$$[0029] \quad f(t) = (x(t_f(x)), y(t_f(y))) = \left( \sum_{i=1}^S \left( \frac{1}{1 + e^{-(t_{0i} - b_{1,i})}} \right) v_{i,1} - b_{2,1}, \sum_{i=1}^S \left( \frac{1}{1 + e^{-(t_{0i} - b_{1,i})}} \right) v_{i,2} - b_{2,2} \right)$$

[0030] 其中, $w_i$  ( $i = 1, 2, \dots, S$ ) 为输入层到第 $i$ 个隐层神经元的权值;

[0031]  $v_{i,k}$  为第 $i$ 个隐层神经元到第 $k$ 个输出神经元的权值;

[0032]  $r_{1,i}$  为第 $i$ 个隐层神经元的阈值;

[0033]  $r_{2,k}$  为第 $k$ 个输出神经元的阈值。

[0034] 可选地,所述根据所述输出层误差更新所述Caputo分数阶反向传播训练模型中权值 $w$ 通过下式表示:

$$w_i^{k+1} = w_i^k - \eta \times \text{Caputo}(w) \times E(w)$$

[0035]

$$\text{Caputo}(w) = \frac{1}{(1-\alpha)\Gamma(1-\alpha)} \times g(v_i^k \times x^j) (w_i^k - c)^{1-\alpha}$$

[0036] 其中, $E(w)$  为平均误差函数; $\eta$  为学习率,正数; $\alpha$  是分数阶,范围在 $[0, 1]$ ;  $v_i^k$  为隐层第 $i$ 个神经元到输出层第 $k$ 个神经元的权值; $x^j$  为第 $j$ 个输入样本; $w_i^k$  为隐层第 $i$ 个神经元到输出层第 $k$ 个神经元的权向量; $c$  为隐层到输出层中最小权值;

[0037] 所述根据所述输出层误差更新所述Caputo分数阶反向传播训练模型中阈值 $v$ 通过下式表示:

$$v_i^{k+1} = v_i^k - \eta \times \text{Caputo}(v) \times E(v)$$

[0038]

$$\text{Caputo}(v) = \frac{1}{(1-\alpha)\Gamma(1-\alpha)} \times g(v_i^k \times x^j)(v_i^k - c)^{1-\alpha}$$

[0039] 可选地,所述使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,包括:

[0040] 对于每层二维切片,将采样点集合调整到(-1,1)的范围内;

[0041] 获取单层初始化曲线;

[0042] 将采样点集合向已经获得的k条线段及k+1个顶点投影,以确定采样点集合所属的线段或顶点;

[0043] 确定当前曲线是否收敛;

[0044] 在不收敛时,添加新顶点并再次执行所述将采样点集合向已经获得的k条线段及k+1个顶点投影的步骤,所述k为正整数;

[0045] 在收敛时,确定当前迭代次数是否达到迭代次数阈值;

[0046] 在未达到所述次数阈值时,添加新顶点并再次执行所述将采样点集合向已经获得的k条线段及k+1个顶点投影的步骤;

[0047] 在达到所述次数阈值时,确定所述当前曲线是否满足单层停止条件;

[0048] 在不满足所述单层停止条件时,添加新顶点并再次执行所述将采样点集合向已经获得的k条线段及k+1个顶点投影的步骤;

[0049] 在满足所述单层停止条件时,确定当前曲线为所述立体曲线。

[0050] 可选地,所述单层停止条件通过下式表示:

$$k > c(n, \Delta_n(f_{k,n}) = \beta * n^{1/3} * r * (\Delta_n(f_{k,n})^{-1/2}))$$

[0052] 其中,k表示线段数;c表示莱布尼茨公式; $\Delta_n(f_{k,n})$ 表示均方距离函数; $\beta$ 是惩罚参数;r是点集半径;n是当前二维切片的层数。

[0053] 第二方面,提供了一种3D打印的立体曲线获取装置,所述装置包括:

[0054] 切片获取模块,用于使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;

[0055] 坐标获取模块,用于获取每层二维切片的采样点坐标;

[0056] 曲线确定模块,用于使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录所述立体曲线的组成点坐标以及排序号;

[0057] 第一生成模块,用于将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓;

[0058] 第二生成模块,用于根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示。

[0059] 本申请的有益效果在于:通过使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;获取每层二维切片的采样点坐标;使用每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录立体曲线的组成点坐标以及排序号;将组成点坐标和排序号输入参数解释数学模型,得到立体曲线的单层最终轮廓;根据多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示;可以解决无法模拟立体曲线(如立体曲线、不规则曲线)模型的问题;实现对立体曲线轮廓的模拟。

[0060] 另外,本发明通过基于Caputo分数阶的反向传播训练模型,能够很好的完成对象检测。通过该方法,得到高精度立体曲线轮廓,可以模拟人体部分不规则的器官,如人体动脉等经脉曲线轮廓模型,辅助医生完成诊断,减轻医生手绘切片轮廓的工作量。

[0061] 另外,本发明针对不规则器官,提出改进的基于立体曲线的混合模型;针对不同的不规则器官,能够统一获取轮廓。

[0062] 另外,本发明考虑到现今主曲线模型获取的外轮廓主要由多个线段组成,不具有光滑化,而提出对象轮廓的可解释性数学模型,并采用Caputo分数阶的反向传播训练模型的参数进行表达,能够获得光滑轮廓。

[0063] 另外,本发明针对现今主曲线模型主要用于二维平面处理,直接提出基于立体曲线的混合模型,得到的最终的3D结果,不需要二次导入,直接提供给3D打印机处理。

[0064] 上述说明仅是本申请技术方案的概述,为了能够更清楚了解本申请的技术手段,并可依照说明书的内容予以实施,以下以本申请的较佳实施例并配合附图详细说明如后。

### 附图说明

[0065] 图1是本申请一个实施例提供的3D打印的立体曲线获取系统的结构示意图;

[0066] 图2是本申请一个实施例提供的3D打印的立体曲线获取方法的流程图;

[0067] 图3是本申请另一个实施例提供的3D打印的立体曲线获取方法的流程图;

[0068] 图4是本申请一个实施例提供的3D打印的立体曲线获取装置的框图。

### 具体实施方式

[0069] 下面结合附图和实施例,对本申请的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本申请,但不用来限制本申请的范围。

[0070] 本申请提供的3D打印机系统设计,包括控制系统设计、切片算法设计及人机交互系统设计组成。

[0071] 1) 控制系统设计。本发明在控制系统的打印过程中,抽象出电机控制、开关UV灯、获取行程开关状态、状态初始化、液面重填操作,作为控制端响应需要执行的动作。硬件方面根据需求进行系统接口电路设计(如最小系统接口、写入接口及USB接口等),并针对控制步进电机产生电磁干扰的现象设计隔离电路;软件部分基于MQX Lite操作系统,并设计基于轻量级事件的任务派发机制,同时给出针对上述动作响应的多任务设计。参考图1所示的控制系统。

[0072] 2) 切片算法设计。三维模型是由多个2D切片叠层产生,因此三维模型的准确度取决于2D切片算法的准确度。

[0073] 3) 人机交互程序设计。本发明在人机交互程序设计中,将测试与功能分离,开放硬件测试接口,并通过开放成型的关键参数提高人机交互的友好性。测试程序包括电机运动状态、限位状态、控制开关状态及集成命令测试等。成型功能包括切片加载处理、打印初始化、开始打印的控制指令及暂停停止打印的控制指令。

[0074] 下面对本申请提供的3D打印的立体曲线获取方法进行详细介绍。

[0075] 图2是本申请一个实施例提供的3D打印的立体曲线获取方法的流程图。该方法至少包括以下几个步骤:



[0076] 步骤201,使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片。

[0077] 比如:设置每层采样点的高度间距为 $z$ ,并获取每层采样点的 $x$ 和 $y$ 坐标。每层二维切片的采样点集合为 $P_n = \{p_1, \dots, p_n\}$ ,  $p_i \in \mathbb{R}^d$ 。其中,采样点 $p_i$ 的坐标为 $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $1 \leq i \leq n$ 。

[0078] 步骤202,获取每层二维切片的采样点坐标。

[0079] 参考图3所示的3D打印的立体曲线获取流程,在获取到各个采样点之后,只针对每层采样点的 $x$ 和 $y$ 坐标进行处理;同时记录每层采样点的 $z$ 坐标。

[0080] 步骤203,使用每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录立体曲线的组成点坐标以及排序号。

[0081] 在一个示例中,参考图3,使用每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,包括:对于每层二维切片,将采样点集合调整到 $(-1, 1)$ 的范围内(即将单层采样点统一化);获取单层初始化曲线 $f_{1,n}$ ;将采样点集合向已经获得的 $k$ 条线段及 $k+1$ 个顶点投影,以确定采样点集合所属的线段或顶点;确定当前曲线是否收敛;在不收敛时,添加新顶点并再次执行将采样点集合向已经获得的 $k$ 条线段及 $k+1$ 个顶点投影的步骤, $k$ 为正整数;在收敛时,确定当前迭代次数是否达到迭代次数阈值(MaxIter);在未达次数阈值时,添加新顶点并再次执行将采样点集合向已经获得的 $k$ 条线段及 $k+1$ 个顶点投影的步骤;在达到次数阈值时,确定当前曲线是否满足单层停止条件;在不满足单层停止条件时,添加新顶点并再次执行将采样点集合向已经获得的 $k$ 条线段及 $k+1$ 个顶点投影的步骤;在满足单层停止条件时,确定当前曲线为立体曲线。

[0082] 在单层映射过程中,设 $f$ 是一条以 $\{v_1, \dots, v_{k+1}\}$ 为顶点,以 $\{s_1, \dots, s_k\}$ 为边的多边形线段,其中 $s_i$ 以 $v_i$ 和 $v_{i+1}$ 为顶点。获得属于顶点 $v_i$ 的采样点通过下式表示:

[0083]  $V_i = \{x \in X_n : \Delta(x, v_i) = \Delta(x, f), \Delta(x, v_i) < \Delta(x, v_m), m=1, 2, \dots, i-1\}$ 。

[0084] 获得属于线段 $s_i$ 的采样点通过下式表示:

[0085]  $S_i = \{x \in X_n : x \notin V, \Delta(x, s_i) = \Delta(x, f), \Delta(x, s_i) < \Delta(x, s_m), m=1, 2, \dots, i-1\}$ 。

[0086] 其中,单层停止条件通过下式表示:

[0087]  $k > c(n, \Delta_n(f_{k,n}) = \beta * n^{1/3} * r * (\Delta_n(f_{k,n})^{-1/2}))$

[0088] 其中, $k$ 表示线段数; $c$ 表示莱布尼茨公式; $\Delta_n(f_{k,n})$ 表示均方距离函数; $\beta$ 是惩罚参数; $r$ 是点集半径; $n$ 是当前二维切片的层数。

[0089] 步骤204,将组成点坐标和排序号输入参数解释数学模型,得到立体曲线的单层最终轮廓。

[0090] 在将组成点坐标和排序号输入参数解释数学模型,得到立体曲线的单层最终轮廓之前,需要获取参数解释数学模型。参考图3,获取参数解释数学模型的过程包括:

[0091] 获取Caputo分数阶反向传播训练模型的最优初始化权值和阈值,得到初始化的Caputo分数阶反向传播训练模型;具体地,初始化社交蜘蛛优化算法模型;创建蜘蛛种群pop;评估每个种群的位置;对每个种群的位置进行校验,选出最优振动强度的种群;将种群的种群参数确定为最优初始化权值和阈值。之后,在反向传播中计算输出层误差;根据输出层误差更新Caputo分数阶反向传播训练模型中权值 $w$ 和阈值 $v$ ,直至输出层误差减小或者训练次数达到次数阈值(如:MaxEpochs=1000)时停止,得到参数解释数学模型。

[0092] 其中,初始化社交蜘蛛优化算法模型时,可以为初始化每个蜘蛛的位置。在筛选最

优振动强度的种群时,先确定使用的蜘蛛数目nIter是否小于种群中最大数目nMaxIter;若大于或等于种群中最大数目nMaxIter,则评估每个种群的位置;对每个种群的位置进行校验,选出最优振动强度的种群;确定当前迭代次数G是否小于最大层数nMax;若小于,则迭代次数 $G=G+1$ ,返回执行确定使用的蜘蛛数目nIter是否小于种群中最大数目nMaxIter的步骤,直至当前迭代次数G等于最大层数nMax时执行存储最优解决方案下的种群参数,如位置、振动强度等。以该矩阵为结果作为Caputo分数阶反向传播训练模型的最优初始化权值和阈值。

[0093] 其中,Caputo分数阶反向传播训练模型的参数通过下式表示:

$$[0094] \quad f(t) = (x(t_f(x)), y(t_f(y))) = \left( \sum_{i=1}^S \left( \frac{1}{1 + e^{-(t\omega_i - b_{1,i})}} \right) v_{i,1} - b_{2,1}, \sum_{i=1}^S \left( \frac{1}{1 + e^{-(t\omega_i - b_{1,i})}} \right) v_{i,2} - b_{2,2} \right)$$

[0095] 其中, $w_i$  ( $i=1, 2, \dots, S$ )为输入层到第i个隐层神经元的权值;

[0096]  $v_{i,k}$ 为第i个隐层神经元到第k个输出神经元的权值;

[0097]  $r_{1,i}$ 为第i个隐层神经元的阈值;

[0098]  $r_{2,k}$ 为第k个输出神经元的阈值。

[0099] 根据输出层误差更新Caputo分数阶反向传播训练模型中权值w通过下式表示:

$$[0100] \quad w_i^{k+1} = w_i^k - \eta \times \text{Caputo}(w) \times E(w);$$

$$[0101] \quad \text{Caputo}(w) = \frac{1}{(1-\alpha)\Gamma(1-\alpha)} \times g(v_i^k \times x^j)(w_i^k - c)^{1-\alpha};$$

[0102] 其中, $E(w)$ 为平均误差函数; $\eta$ 为学习率,正数; $\alpha$ 是分数阶,范围在 $[0, 1]$ ;  $v_i^k$ 为隐层第i个神经元到输出层第k个神经元的权值; $x^j$ 为第j个输入样本; $w_i^k$ 为隐层第i个神经元到输出层第k个神经元的权向量; $c$ 为隐层到输出层中最小权值;

[0103] 根据输出层误差更新Caputo分数阶反向传播训练模型中阈值v通过下式表示:

$$[0104] \quad v_i^{k+1} = v_i^k - \eta \times \text{Caputo}(v) \times E(v);$$

$$[0105] \quad \text{Caputo}(v) = \frac{1}{(1-\alpha)\Gamma(1-\alpha)} \times g(v_i^k \times x^j)(v_i^k - c)^{1-\alpha};$$

[0106] 其中,输出层误差可以选择Sigmoid函数作为激活函数,计算全局误差E。

[0107] 在得到参数解释数学模型之后,可以将单层立体曲线的组成点坐标以及排序号组成投影指标 $\{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ ,将投影指标 $t_i$ 作为Caputo分数阶反向传播训练算法的输入。

[0108] 在一个示例中,投影指标表示为:

$$[0109] \quad t_f(x_i) = \sup \{t: ||x_i - f(t)|| = \inf_{\tau} ||x_i - f(\tau)||\}。$$

[0110] 步骤205,根据多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示。

[0111] 由于某些目标对象需要模拟血管截面情况,比如:大动脉管等具有一定直径度的人体血管,因此,在步骤205中,需要考虑目标对象直径度。具体地,参考图3,确定是否需要模拟目标对象的截面;在确定出需要模拟目标对象的截面时,对于每层最终轮廓中的每个组成点,确定上一层最终轮廓的组成点与组成点是否相同且连续;在上一层最终轮廓的组成点与组成点相同且连续,或者,确定次数达到预设确定次数时,将上一层最终轮廓的组成点映射到组成点,得到最终立体曲线轮廓。在确定出不需要模拟目标对象的截面时,对于每层最终轮廓,确定最终轮廓的首坐标点为上一层最终轮廓的尾坐标点,即将连接层坐标点

相同的位置相连,得到最终立体曲线轮廓。

[0112] 具体地,系统得到单层最终轮廓后,会记录该最终轮廓的首位坐标 $(x, y, z)$ 。在需要模拟目标对象的截面时,设置总共循环次数numMax,循环次数为单层轮廓坐标点数目的一半;如果当前循环次数num小于最大循环次数numMax,则判断是否符合停止条件,即,对于第n层单层轮廓的第i个坐标点,是将第n-1层单层轮廓的各个坐标点与第i个坐标点进行比较,判断是否相同,如果相同,则num=num+1,并再次循环,直至上一层边界点映射到下一层边界点(x和y轴坐标均相等)、且满足边界点连续,即边界点坐标满足四邻域算法:① $x_j = x_i + 1, y_j = y_i + 1$ ② $x_j = x_i, y_j = y_i + 1$ ③ $x_j = x_i - 1, y_j = y_i$ ④ $x_j = x_i, y_j = y_i - 1$ ;  $(x_j, y_j)$ 为原始点,  $(x_i, y_i)$ 为邻域点;否则,num=num+1并再次循环,得到最终立体曲线轮廓。

[0113] 综上所述,本实施例提供的3D打印的立体曲线获取方法,通过使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;获取每层二维切片的采样点坐标;使用每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录立体曲线的组成点坐标以及排序号;将组成点坐标和排序号输入参数解释数学模型,得到立体曲线的单层最终轮廓;根据多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示;可以解决无法模拟立体曲线模型的问题;实现对立体曲线轮廓的模拟。

[0114] 另外,本发明通过基于Caputo分数阶的反向传播训练模型,能够很好的完成对象检测。通过该方法,得到高精度立体曲线轮廓,可以模拟人体部分不规则的器官,辅助医生完成诊断,减轻医生手绘切片轮廓的工作量。

[0115] 另外,本发明针对不规则器官,提出改进的基于立体曲线的混合模型;针对不同的不规则器官,能够统一获取轮廓。

[0116] 另外,本发明考虑到现今主曲线模型获取的外轮廓主要由多个线段组成,不具有光滑化,而提出对象轮廓的可解释性数学模型,并采用Caputo分数阶的反向传播训练模型的参数进行表达,能够获得光滑轮廓。

[0117] 另外,本发明针对现今主曲线模型主要用于二维平面处理,直接提出基于立体曲线的混合模型,得到的最终的3D结果,不需要二次导入,直接提供给3D打印机处理。

[0118] 可选地,为了验证所提算法的精确度,我们使用100张匿名肺部CT数据集作为研究对象,并使用相似度进行定量的实验比较,该相似度的公式如下所示:

$$[0119] \quad \text{相似度} = 2 \times \frac{|A \cap B|}{|A| + |B|}$$

[0120] 其中,A为实验结果,B为真实轮廓。

[0121] 图4是本申请一个实施例提供的3D打印的立体曲线获取装置的框图。该装置至少包括以下几个模块:切片获取模块410、坐标获取模块420、曲线确定模块430、第一生成模块440和第二生成模块450。

[0122] 切片获取模块410,用于使用预设的高度间距采集目标对象的多层二维切片;

[0123] 坐标获取模块420,用于获取每层二维切片的采样点坐标;

[0124] 曲线确定模块430,用于使用所述每层二维切片的采样点坐标获取对应一层二维切片的立体曲线,并记录所述立体曲线的组成点坐标以及排序号;

[0125] 第一生成模块440,用于将所述组成点坐标和所述排序号输入参数解释数学模型,得到所述立体曲线的单层最终轮廓;

[0126] 第二生成模块450,用于根据所述多层切片的单层最终轮廓获取最终立体曲线轮廓并显示。

[0127] 相关细节参考上述方法实施例。

[0128] 需要说明的是:上述实施例中提供的3D打印的立体曲线获取装置在进行立体曲线获取时,仅以上述各功能模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能模块完成,即将3D打印立体曲线获取装置的内部结构划分成不同的功能模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。另外,上述实施例提供的3D打印的立体曲线获取装置与3D打印的立体曲线获取方法实施例属于同一构思,其具体实现过程详见方法实施例,这里不再赘述。

[0129] 可选地,本申请还提供有一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质中存储有程序,所述程序由处理器加载并执行以实现上述方法实施例的3D打印的立体曲线获取方法。

[0130] 可选地,本申请还提供有一种计算机产品,该计算机产品包括计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质中存储有程序,所述程序由处理器加载并执行以实现上述方法实施例的3D打印的立体曲线获取方法。

[0131] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0132] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

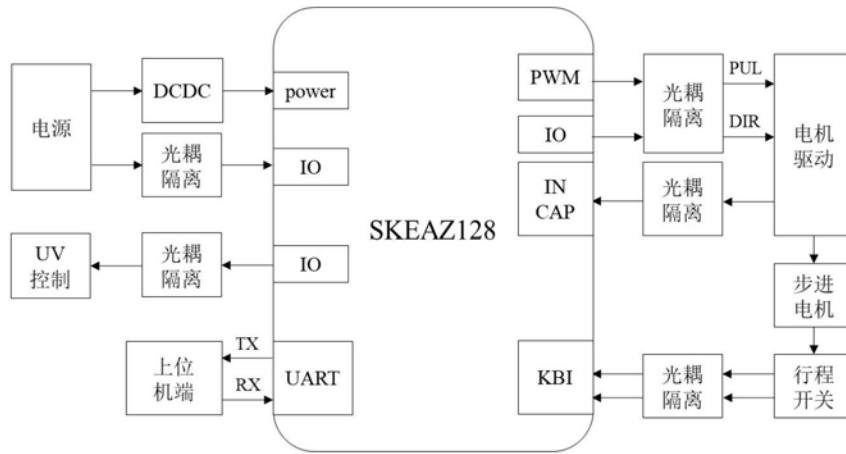


图1

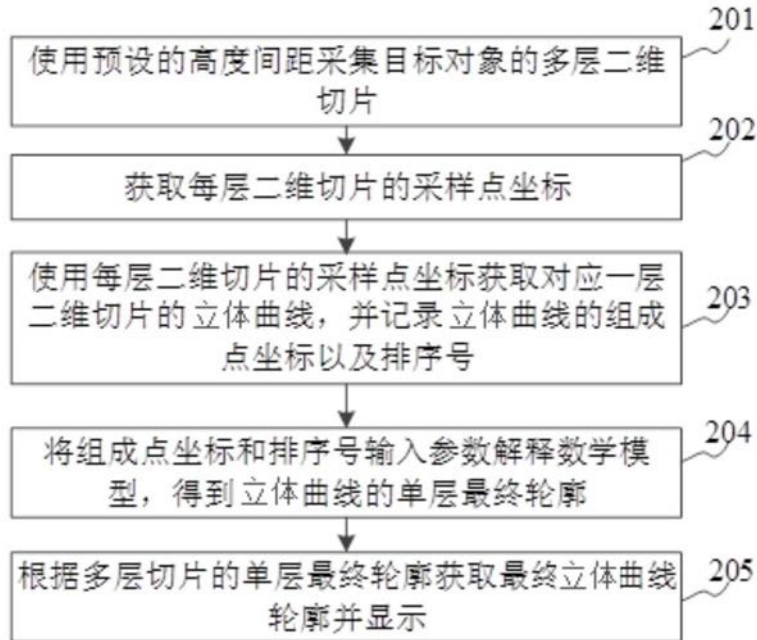


图2

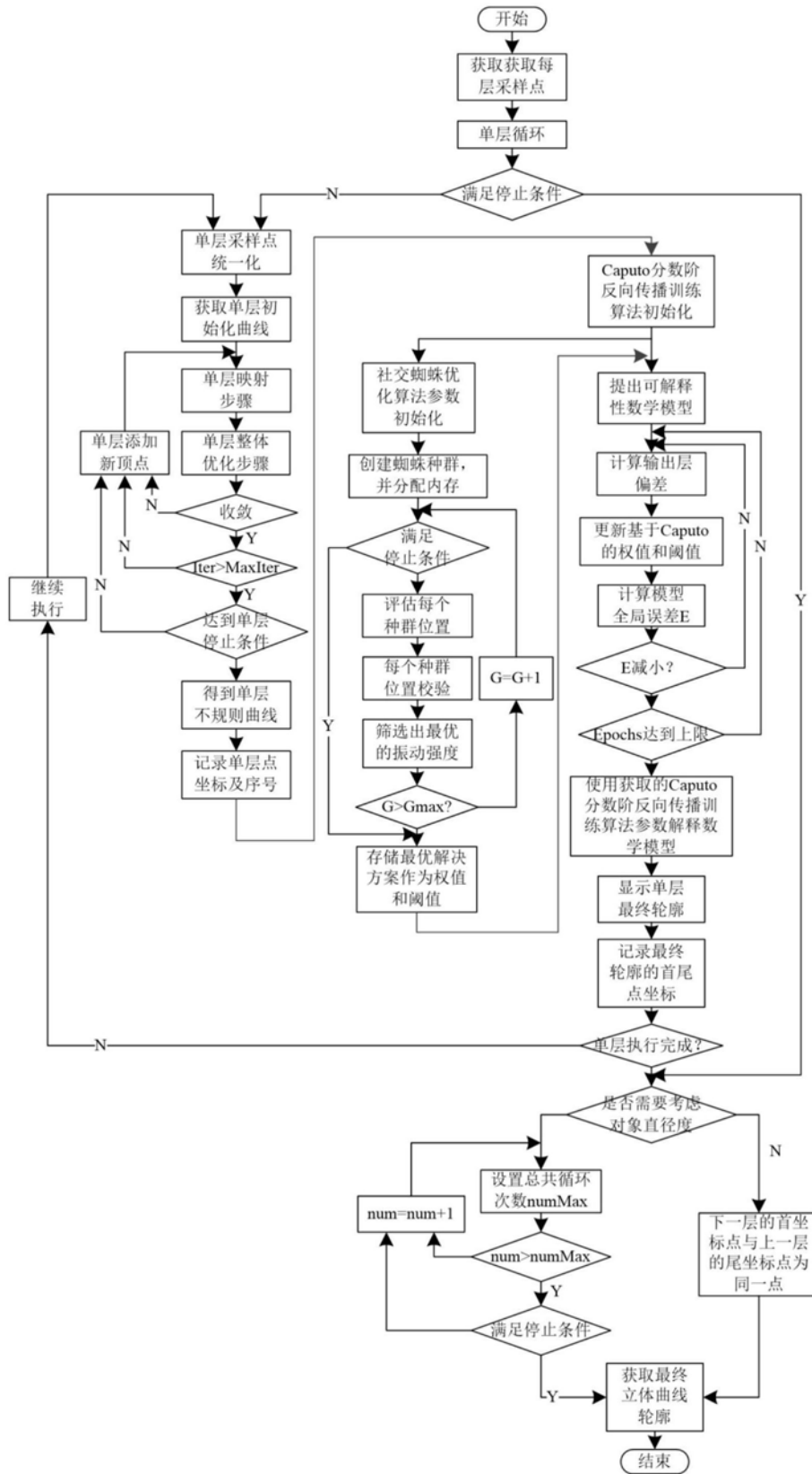


图3

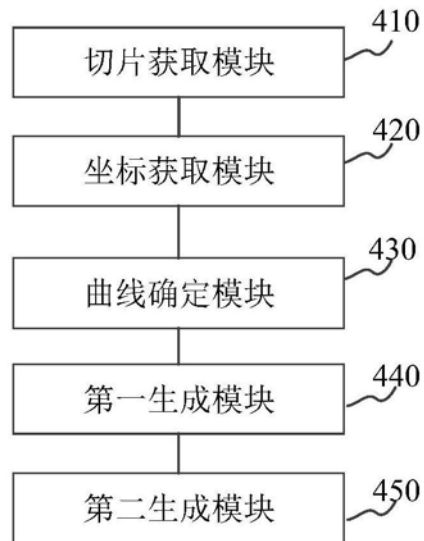


图4