



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113599728 B

(45) 授权公告日 2022.05.17

(21) 申请号 202110957932.5

(22) 申请日 2021.08.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113599728 A

(43) 申请公布日 2021.11.05

(73) 专利权人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72) 发明人 刘博 熊天宇 周付根

(51) Int. Cl.
G16H 20/40 (2018.01)
A61N 5/10 (2006.01)

审查员 詹文慧

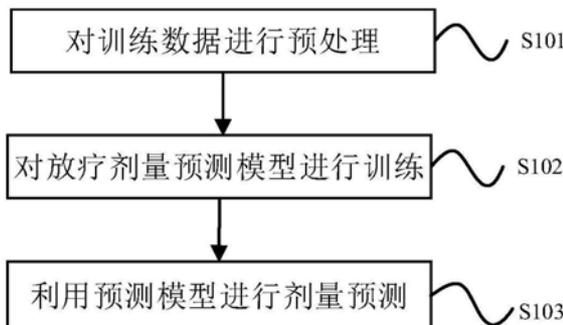
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

放疗剂量预测方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种放疗剂量预测方法,包括:预处理,根据患者的医学影像,建立患者模体;利用放疗剂量第一计算方法计算患者模体中放射性粒子的剂量分布H;利用TG-43方法及组织异质性校正方法得到患者模体中放射性粒子的剂量分布L;模型训练,以若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络;剂量预测,在放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布L*;获取放疗剂量预测网络输出端预测得到的任一患者模体的剂量分布H*。本发明技术方案实现了利用低精度算法预测高精度算法输出结果的技术效果。



1. 一种放疗剂量预测方法,其特征在于,包括:
 - 预处理,
 - 根据患者的医学影像,建立所述患者模体;
 - 利用放疗剂量第一计算方法计算所述患者模体中放射性粒子的剂量分布H,所述放疗剂量第一计算方法为蒙特卡罗仿真方法;
 - 利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布L1,利用组织异质性校正方法对所述剂量分布L1进行校正,得到所述患者模体中放射性粒子的剂量分布L;
 - 修改所述放射性粒子的位置若干次,在每次所述位置修改时,重新计算所述剂量分布H和L;
 - 模型训练,
 - 以所述若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以所述若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络;
 - 剂量预测,
 - 根据任一患者的医学影像,建立所述的任一患者模体;
 - 在所述放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布L*;
 - 获取所述放疗剂量预测网络输出端预测得到的所述任一患者模体的剂量分布H*。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述深度学习神经网络为3D U-Net。
3. 一种放疗剂量预测装置,其特征在于,包括:
 - 预处理模块,其用于
 - 根据患者的医学影像,建立所述患者模体;
 - 利用放疗剂量第一计算方法计算所述患者模体中放射性粒子的剂量分布H,所述放疗剂量第一计算方法为蒙特卡罗仿真方法;
 - 利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布L1,利用组织异质性校正方法对所述剂量分布L1进行校正,得到所述患者模体中放射性粒子的剂量分布L;
 - 修改所述放射性粒子的位置若干次,在每次所述位置修改时,重新计算所述剂量分布H和L;
 - 模型训练模块,其用于
 - 以所述若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以所述若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络;
 - 剂量预测模块,其用于
 - 根据任一患者的医学影像,建立所述的任一患者模体;
 - 在所述放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布L*;
 - 获取所述放疗剂量预测网络输出端预测得到的所述任一患者模体的剂量分布H*。
4. 一种计算设备,包括:处理器,及存储有程序的存储器,其特征在于,所述处理器执行所述程序时,实现权利要求1~2中任一项所述的方法。
5. 一种计算机可读存储介质,其上存储有程序,其特征在于,所述程序被执行时实现权利要求1~2中任一项所述的方法。

放疗剂量预测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及放疗剂量计算技术领域,特别是涉及一种放疗剂量预测方法。

背景技术

[0002] 作为放射治疗手段的一种,近距离放射治疗是指将密封的放射性粒子置于人体组织内、空腔内或皮肤表面的进行放射治疗的治疗方法。在头颈部肿瘤、盆腔肿瘤、前列腺肿瘤等肿瘤的治疗中,近距离放射治疗已经显示出了积极有效的治疗效果。在制定放疗计划时,需要根据粒子产生的剂量分布来仿真评估治疗效果。在计算粒子剂量分布时,大多数使用美国医学物理学家协会TG-43报告所推荐的计算公式及参数,能够快速计算得到剂量分布。TG-43并未考虑包括非均匀介质如人体异质性组织对粒子剂量分布的影响,剂量分布计算的精度较低。

[0003] 在研究粒子在人体异质性组织中的剂量分布时,常利用蒙特卡洛仿真得到剂量分布结果。然而,蒙特卡洛仿真所需时间较长,难以直接应用在临床实践中用于剂量计算与优化。因此,目前的剂量计算方法难以同时做到高精度和高效率。

发明内容

[0004] 鉴于此,本发明提出一种放疗剂量预测方法,引入深度学习神经网络,在保证剂量计算的精度的同时,大幅提高计算效率,以缓解现有技术的不足。

[0005] 第一方面,本发明提供了一种放疗剂量预测方法,包括:预处理,根据患者的医学影像,建立患者模体;利用放疗剂量第一计算方法计算患者模体中放射性粒子的剂量分布H,放疗剂量第一计算方法为蒙特卡罗仿真方法;利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布L1,利用组织异质性校正方法对剂量分布L1进行校正,得到患者模体中放射性粒子的剂量分布L;修改放射性粒子的位置若干次,在每次位置修改时,重新计算剂量分布H和L;模型训练,以若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络;剂量预测,根据任一患者的医学影像,建立任一患者模体;在放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布L*;获取放疗剂量预测网络输出端预测得到的任一患者模体的剂量分布H*。

[0006] 可选地,深度学习神经网络为3D U-Net。

[0007] 第二方面,本发明提供了一种放疗剂量预测装置,包括:预处理模块,其用于根据患者的医学影像,建立患者模体;利用放疗剂量第一计算方法计算患者模体中放射性粒子的剂量分布H,放疗剂量第一计算方法为蒙特卡罗仿真方法;利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布L1,利用组织异质性校正方法对剂量分布L1进行校正,得到患者模体中放射性粒子的剂量分布L;修改放射性粒子的位置若干次,在每次位置修改时,重新计算剂量分布H和L;模型训练模块,其用于以若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络;剂量预测模

块,其用于根据任一患者的医学影像,建立任一患者模体;在放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布 L^* ;获取放疗剂量预测网络输出端预测得到的任一患者模体的剂量分布 H^* 。

[0008] 第三方面,本发明提供了一种计算设备,包括:处理器,及存储有程序的存储器,处理器执行程序时,实现第一方面的方法。

[0009] 第四方面,本发明提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有程序,程序被执行时实现第一方面的方法。

[0010] 本发明的有益效果如下:

[0011] 本发明提供的技术方案可以包括以下有益效果:提出了一种放疗剂量预测方法,利用患者的医学影像和两种剂量计算方法输出的剂量分布训练深度学习神经网络,使得神经网络可以在输入患者医学影像和一种剂量计算方法计算的剂量分布时,预测另一种剂量计算方法得到的剂量分布。因此,实现了利用低精度算法预测高精度算法输出计算结果的技术效果,缓解了现有技术难以同时做到高精度和高效率的技术问题。

[0012] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本公开。

附图说明

[0013] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一种实施方式,对于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。

[0014] 图1为本发明第一实施例一种放疗剂量预测方法流程示意图;

[0015] 图2为本发明第一实施例一种放疗剂量预测方法剂量分布示意图;

[0016] 其中,图2(a)是TG-43方法计算得到放射性粒子在水模中的剂量分布示意图;图2(b)是图2(a)剂量分布校正后的剂量分布示意图;图2(c)是蒙特卡洛算法计算得到的剂量分布示意图;图2(d)是预测得到的剂量分布示意图。

[0017] 图3为本发明第二实施例一种放疗剂量预测装置结构示意图;

[0018] 图4为本发明第三实施例一种计算设备结构示意图。

具体实施方式

[0019] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0020] 实施例一:

[0021] 图1是本发明第一实施例一种放疗剂量预测方法流程示意图,如图1所示,该方法包括如下三个步骤。

[0022] 步骤S101:对训练数据进行预处理。根据患者的医学影像,建立患者模体;利用放疗剂量第一计算方法计算患者模体中放射性粒子的剂量分布 H ;利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布 L_1 ,利用组织异质性校正方法对剂量分布 L_1 进行校正,得到患者模体

中放射性粒子的剂量分布L;修改放射性粒子的位置若干次,在每次位置修改时,重新计算剂量分布H和L。

[0023] 示例性地,患者模体可以是患者医学影像的三维数据。在工程实践中,医学影像数据均为二维数据,需要通过三维重建方法建立医学影像的三维数据。

[0024] 示例性地,使用TG-43方法计算得到放射性粒子在水模中的剂量分布:

$$[0025] \quad \dot{D}_w(r, \theta) = S_k \cdot \Lambda \cdot \frac{G_L(r, \theta)}{G_L(r_0, \theta_0)} \cdot g_L(r) \cdot F(r, \theta)$$

[0026] 其中 S_k 为粒子源空气比释动能强度, Λ 为剂量率常数, G_L 粒子源几何函数, g_L 径向剂量函数, F 为各向异性函数,这些值均由粒子源生产商家及TG-43报告给出。然后利用异质性组织校正系数(ICF)进行校正:

$$[0027] \quad ICF(\vec{r}) = \frac{\left(\frac{\mu_{ab}(\vec{r})}{\rho(\vec{r})}\right)_{het}}{\left(\frac{\mu_{ab}(\vec{r})}{\rho(\vec{r})}\right)_w} \times \exp\left(-\int_0^r (\mu_{het}(l) - \mu_w(l)) dl\right) \times \frac{1 + k_a(\int_0^r \mu_{het}(l) dl)^{k_b}}{1 + k_a(\int_0^r \mu_w(l) dl)^{k_b}}$$

[0028] 其中 μ 、 μ_{ab} 和 ρ 分别为线性衰减系数、线性吸收系数和密度,其计算方式如下:根据医学影像像素值转换为对应的密度与元素组成,例如根据CT图的HU值转换为对应的密度与元素组成,再根据NIST官网数据计算出对应的线性衰减系数与线性吸收系数。下标het和w分别代表介质为异质性组织和水。 k_a 与 k_b 为建成系数,可以由蒙特卡洛仿真获取。将异质性组织校正系数乘以TG-43方法计算出的均匀水模中的粒子剂量分布即可得到初步校正后的剂量分布:

$$[0029] \quad D_{cor} = \dot{D}_w \cdot ICF$$

[0030] 图2为本发明第一实施例一种放疗剂量预测方法剂量分布示意图。如图2所示,图2(a)是TG-43方法计算得到放射性粒子在水模中的剂量分布示意图;图2(b)是图2(a)剂量分布校正后的剂量分布示意图。由于TG-43方法直接得到的是均匀水模中的放射性粒子,因此图2(a)中的剂量分布1为均匀的圆形,进行异质性组织校正后的剂量分布如图2(b)中的剂量分布2所示。

[0031] 在一个可选的实施例中,放疗剂量第一计算方法为蒙特卡洛仿真方法。蒙特卡洛模拟根据计算机模拟物质中粒子的物理过程来计算剂量分布,在放射治疗领域具有较高的精度,但其计算效率较低,进行单次放射性粒子剂量分布的计算所需时间约为20分钟。图2(c)是蒙特卡洛算法计算得到的剂量分布示意图。

[0032] 需要进行说明的是,修改放射性粒子的位置若干次,在每次位置修改时,重新计算剂量分布H和L,可以扩展训练数据的样本,从而提高深度学习神经网络的学习精度。

[0033] 需要进行说明的是,放疗剂量第一计算方法和TG-43方法,都用于计算放疗剂量分布。TG-43方法具有计算效率高但计算精度低的特点,与此相反,第一计算方法具有计算效率低但计算精度高的特点。训练得到的深度学习神经网络,就是为了利用TG-43方法得到的L,快速预测出第一计算方法得到的H。可选的,患者的医学影像采用CT影像。

[0034] 步骤S102:对放疗剂量预测模型进行训练。具体地,以若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络。

[0035] 在一个可选的实施例中,深度学习神经网络为3D U-Net。3D U-Net拥有自动提取特征、提取三维空间信息、自动优化等特点,适合用于剂量预测。其包括一个将输入通道的数据分层提取的编码阶段,以及重建输出通道所需维度的解码阶段,网络的卷积下采样阶段和反卷积上采样阶段之间使用跳过的连接。跳过连接将早期卷积块的输出与网络中后期卷积块的输入相连接。这使卷积块的大小增加近一倍,但减少了网络内部的冗余,有助于减轻网络架构的多尺度结构导致的信息损失。

[0036] 步骤S103:利用预测模型进行剂量预测。具体地,根据任一患者的医学影像,建立任一患者模体;在放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布 L^* ;获取放疗剂量预测网络输出端预测得到的任一患者模体的剂量分布 H^* 。

[0037] 图2(d)是预测得到的剂量分布示意图。示例性地,如图2(d)所示,放疗剂量预测网络得到的剂量分布4与图2(c)蒙特卡洛算法计算得到的剂量分布的剂量分布3一致性较好,从而实现了利用低精度算法预测高精度算法输出计算结果的技术效果。

[0038] 实施例二:

[0039] 本发明实施例提供了一种放疗剂量预测装置,该装置主要用于执行本发明实施例上述内容所提供的放疗剂量预测方法,以下对本发明实施例提供的放疗剂量预测装置做具体介绍。

[0040] 图3是本发明第二实施例的一种放疗剂量预测装置的结构示意图。如图3所示,该放疗剂量预测装置200包括以下模块:

[0041] 预处理模块201,其用于根据患者的医学影像,建立患者模体;利用放疗剂量第一计算方法计算患者模体中放射性粒子的剂量分布 H ;利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布 L_1 ,利用组织异质性校正方法对剂量分布 L_1 进行校正,得到患者模体中放射性粒子的剂量分布 L ;修改放射性粒子的位置若干次,在每次位置修改时,重新计算剂量分布 H 和 L 。

[0042] 模型训练模块202,其用于以若干次的剂量分布 L 和患者的医学影像为输入,以若干次的剂量分布 H 为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络。

[0043] 剂量预测模块203,其用于根据任一患者的医学影像,建立任一患者模体;在放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布 L^* ;获取放疗剂量预测网络输出端预测得到的任一患者模体的剂量分布 H^* 。

[0044] 实施例三:

[0045] 本发明实施例还提供了一种计算设备。如图4所示,该实施例的城市区域相关性计算计算设备300包括:处理器301、存储器302,以及存储在存储器302中并可在处理器301上运行的程序。处理器301执行程序时实现上述各个放疗剂量预测方法实施例中的步骤,例如如图1所示的步骤S101、S102和S103。或者,处理器301执行程序时实现上述各装置实施例中各模块的功能,例如如图3中的模块以实现放疗剂量预测装置。

[0046] 示例性地,所述程序可以被分割成一个或多个模块,所述一个或者多个模块被存储在所述存储器302中,并由所述处理301器执行,以完成本发明。所述一个或多个模块可以是能够完成特定功能的一系列程序指令段,该指令段用于描述所述程序在计算设备中的执

行过程。例如,所述程序可以被分割成预处理模块、模型训练模块和剂量预测模块。

[0047] 各模块具体功能如下:预处理模块,其用于根据患者的医学影像,建立患者模体;利用放疗剂量第一计算方法计算患者模体中放射性粒子的剂量分布H;利用TG-43方法计算出在均匀水模中的剂量分布L1,利用组织异质性校正方法对剂量分布L1进行校正,得到患者模体中放射性粒子的剂量分布L;修改放射性粒子的位置若干次,在每次位置修改时,重新计算剂量分布H和L;模型训练模块,其用于以若干次的剂量分布L和患者的医学影像为输入,以若干次的剂量分布H为输出,送入深度学习神经网络训练得到放疗剂量预测网络;剂量预测模块,其用于根据任一患者的医学影像,建立任一患者模体;在放疗剂量预测网络的输入端送入任一患者的医学影像,及利用TG-43方法和组织异质性校正方法得到的剂量分布L*;获取放疗剂量预测网络输出端预测得到的任一患者模体的剂量分布H*。

[0048] 所述计算设备可以是单片机系统、桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述计算设备可包括,但不限于,处理器、存储器。本领域技术人员可以理解,所述示意图仅仅是示例,并不构成对计算设备的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述计算设备还可以包括输入输出设备等。

[0049] 所称处理器可以是微控制单元(Microcontroller Unit,MCU),中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现成可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等,所述处理器是所述计算设备的控制中心,利用各种接口和线路连接整个计算设备的各个部分。

[0050] 所述存储器可用于存储所述程序和/或模块,所述处理器通过运行或执行存储在所述存储器内的程序和/或模块,以及调用存储在存储器内的数据,实现所述放疗剂量预测方法及装置的各种功能。所述存储器可主要包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序(比如声音播放功能、图像播放功能等)等;存储数据区可存储根据手机的使用所创建的数据(比如音频数据、电话本等)等。此外,存储器可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非易失性存储器,例如硬盘、内存、插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)、至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

[0051] 实施例四:

[0052] 放疗剂量预测装置集成的模块如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的

是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括电载波信号和电信信号。

[0053] 最后应说明的是:以上所述实施例,仅为本发明的具体实施方式,用以说明本发明的技术方案,而非对其限制,本发明的保护范围并不局限于此,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改或可轻易想到变化,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改、变化或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例技术方案的精神和范围,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

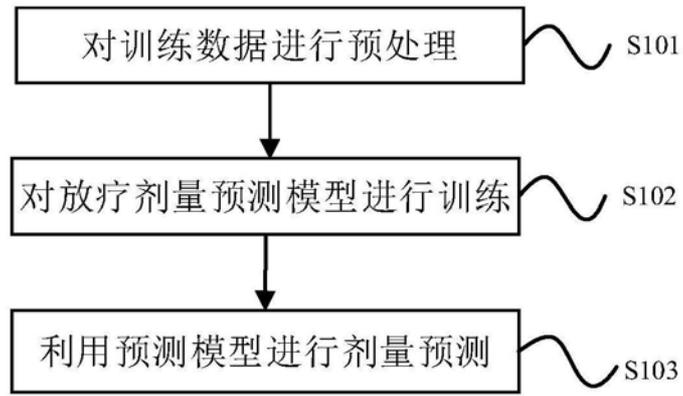


图1

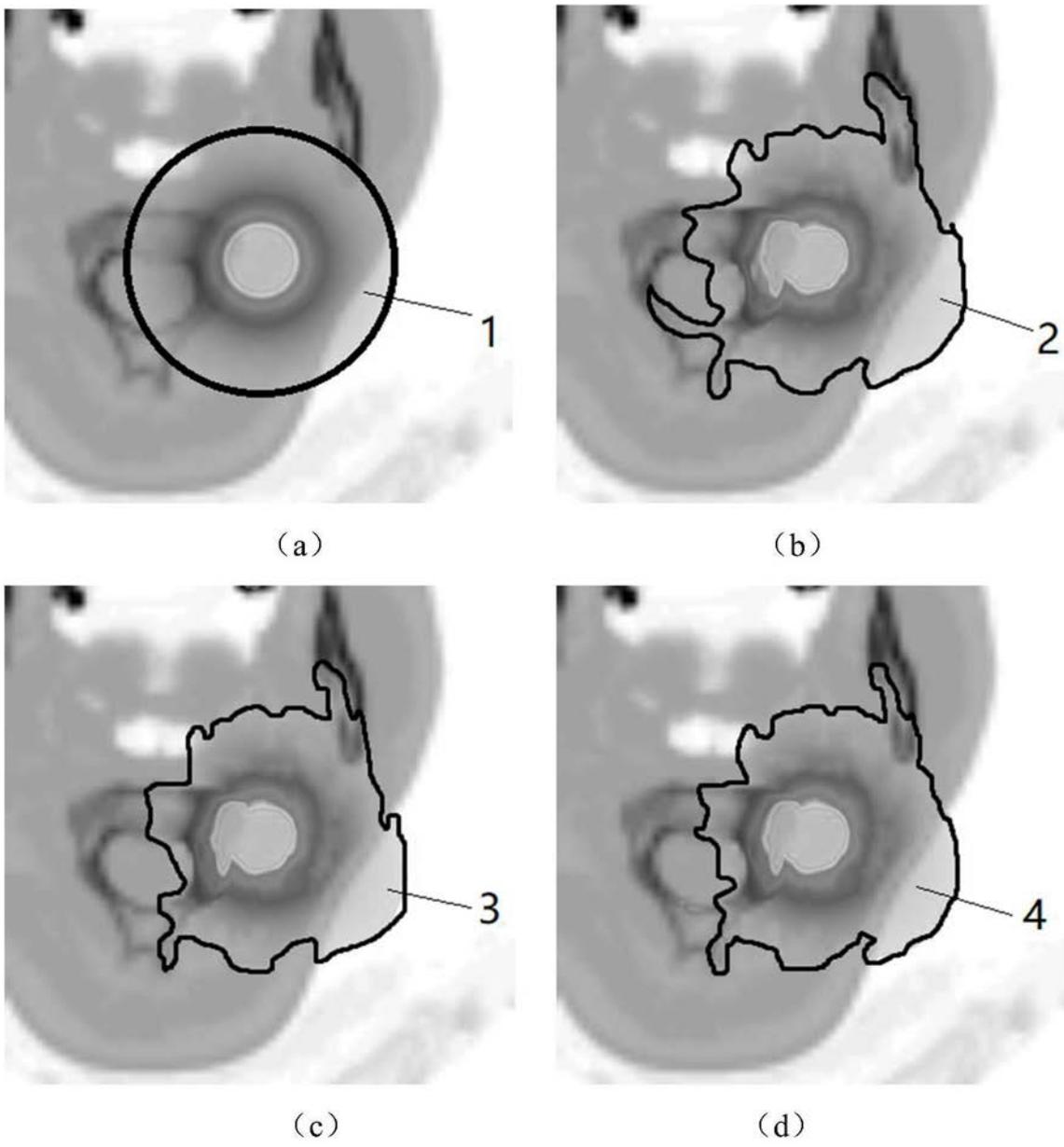


图2



图3

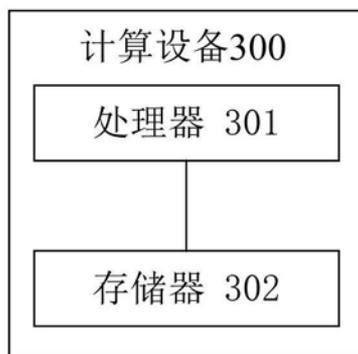


图4