



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108066902 B

(45)授权公告日 2019.12.20

(21)申请号 201611032612.4

(22)申请日 2016.11.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108066902 A

(43)申请公布日 2018.05.25

(73)专利权人 上海东软医疗科技有限公司

地址 200241 上海市闵行区紫月路1000号
117、119室

(72)发明人 袁洲

(74)专利代理机构 北京博思佳知识产权代理有限公司 11415

代理人 靳政 林祥

(51)Int.Cl.

A61N 5/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 105031820 A, 2015.11.11,

CN 103520843 A, 2014.01.22,

CN 105363139 A, 2016.03.02,

CN 103083821 A, 2013.05.08,

CN 105477789 A, 2016.04.13,

WO 2009050615 A1, 2009.04.23,

曾锦清.调强放疗计划中两种不同子野生成算法的对比研究.《中国医疗器械杂志》.2012,第36卷(第2期),第142-144页.

审查员 田方方

权利要求书3页 说明书11页 附图6页

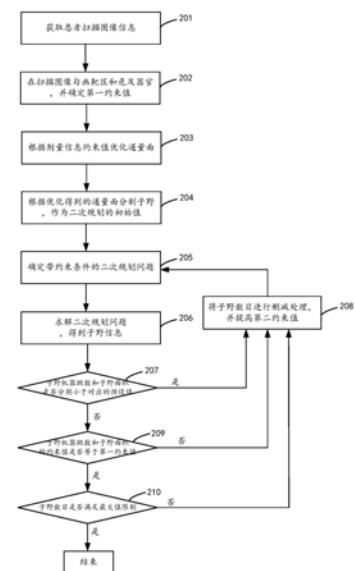
(54)发明名称

一种子野信息确定方法和装置

(57)摘要

本公开提供一种子野信息确定方法和装置，其中方法包括：获取扫描图像；根据扫描图像确定靶区和危及器官，并获得针对靶区和危及器官的子野信息的第一约束值；确定带约束条件的子野优化算法，所述约束条件包括：子野信息的第二约束值；迭代执行所述子野优化算法，其中，首次执行子野优化算法时，将子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值，并每次迭代执行结束后，对子野数目进行删减，将第二约束值向第一约束值的方向进行逼近变更，利用删减后的子野和变更后的第二约束值进行下一次执行；当第二约束值变更至等于第一约束值时，确定子野优化算法得到的子野信息为获得的子野信息。本公开减少了治疗时间，且提高了治疗质量。

B
CN 108066902



1. 一种子野信息确定方法,其特征在于,所述方法包括:

获取扫描图像;

根据所述扫描图像确定靶区和危及器官,并获得针对所述靶区和危及器官的子野信息的第一约束值;

确定带约束条件的子野优化算法,所述约束条件包括:所述子野信息的第二约束值,所述子野优化算法用于得到满足所述第二约束值的子野信息;

迭代执行所述子野优化算法,其中,首次执行所述子野优化算法时,将所述子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值,并且每次迭代执行结束后,对子野数目进行删减,将所述第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更,利用删减后的子野和变更后的第二约束值进行下一次执行;

当所述迭代执行直至所述第二约束值变更至等于所述第一约束值时,确定所述子野优化算法得到的子野信息为获得的子野信息。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述子野信息包括:子野机器跳数和子野面积;

所述将子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值,具体为:将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值设置为小于对应的第一约束值;

所述将所述子野信息的第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更,具体为:将所述子野信息的第二约束值提高。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述子野信息包括:子野机器跳数、子野面积和子野数目;

所述将所述子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值,具体为:将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值设置为小于对应的第一约束值,并将所述子野数目的第二约束值设置为大于对应的第一约束值;

所述将所述子野信息的第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更,具体为:将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值提高,且将所述子野数目的第二约束值降低。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述迭代执行所述子野优化算法,包括:

求解带约束条件的二次规划问题,得到所述子野信息;

判断子野信息中的子野机器跳数和子野面积是否分别小于对应的预设值,所述预设值大于或等于对应的第二约束值,且小于或等于对应的第一约束值;

若所述子野机器跳数和子野面积的至少一个小于所述预设值,则对子野数目进行删减,并提高所述第二约束值,返回重新执行所述二次规划问题;

若所述子野机器跳数和子野面积均大于或等于所述预设值,且所述第二约束值小于所述第一约束值,则提高所述第二约束值,返回重新执行所述二次规划问题;

若所述子野机器跳数和子野面积均大于或等于所述预设值,且所述第二约束值等于所述第一约束值,则继续判断子野数目是否满足最大子野数目的限制;

若所述子野数目满足最大子野数目的限制,结束迭代;否则,对子野数目进行删减,返回重新执行二次规划问题。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述若所述子野数目满足最大子野数目的

限制,结束迭代;否则,对子野数目进行删减,返回重新执行二次规划问题,包括:

所述最大子野数目为所述子野数目的第二约束值,若所述子野数目满足最大子野数目的限制,且所述最大子野数目等于子野数目的第一约束值,则结束迭代;

否则,若所述最大子野数目大于子野数目的第一约束值,则对子野数目进行删减,并且将所述子野数目的第二约束值降低,返回重新执行二次规划问题。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对子野数目进行删减,包括:

当所述子野信息中的子野机器跳数和子野面积的至少一个小于预设值时,将至少一个小于所述预设值的子野形成备选子野序列,所述预设值大于或等于对应的第二约束值,且小于或等于对应的第一约束值;

对所述备选子野序列中的子野进行删减。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述对所述备选子野序列中的子野进行删减,包括:

选择所述备选子野序列中的位置相邻的子野进行合并。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当对子野进行合并时,若合并后的新子野使得二次规划问题中目标函数的数值变小或不变,则接受所述新子野,更新所述备选子野序列及其中各子野对应的敏感度,否则,不接受所述新子野。

9. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对子野数目进行删减,包括:

当所述子野信息中的子野数目不满足最大子野数目的限制时,根据每个子野对应的敏感度选择子野形成备选子野序列,所述敏感度是单独删除单个子野时对二次规划问题中目标函数数值的改变值;

对所述备选子野序列中的子野进行删减。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述对所述备选子野序列中的子野进行删减,包括:

选择所述备选子野序列中的位置相邻的子野进行合并。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当对子野进行合并时,若合并后的新子野使得所述二次规划问题中目标函数的数值变小或不变,则接受所述新子野,更新所述备选子野序列及其中各子野对应的敏感度,否则,不接受所述新子野。

12. 根据权利要求6或9所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

若对所述备选子野序列中的子野进行删减后,仍未达到预定的备选子野数目,则根据敏感度删除多余的备选子野。

13. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述将所述子野信息的第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更,包括:

按照固定比例系数、或者动态比例系数,变更所述第二约束值。

14. 一种子野信息确定装置,其特征在于,所述装置包括:

图像获取模块,用于获取扫描图像;

约束获取模块,用于根据所述扫描图像确定靶区和危及器官,并获得针对所述靶区和危及器官的子野信息的第一约束值;

算法确定模块,用于确定带约束条件的子野优化算法,所述约束条件包括:所述子野信息的第二约束值,所述子野优化算法用于得到满足所述第二约束值的子野信息;其中,首次执行所述子野优化算法时,将所述子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值;每次迭代执行结束后,将所述第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更;

迭代处理模块,用于迭代执行所述子野优化算法,并且每次迭代执行结束后,对子野数目进行删减,利用删减后的子野和变更后的第二约束值进行下一次执行;当所述迭代执行直至所述第二约束值变更至等于所述第一约束值时,确定所述子野优化算法得到的子野信息为获得的子野信息。

15. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,

所述算法确定模块,用于:当子野信息包括子野机器跳数和子野面积时,将所述子野机器跳数和子野面积的第一约束值设置为小于对应的第一约束值;每次迭代执行结束后,将所述子野信息的第二约束值提高。

16. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,

所述算法确定模块,用于:当子野信息包括子野机器跳数、子野面积和子野数目时,将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值设置为小于对应的第一约束值,并将所述子野数目的第二约束值设置为大于对应的第一约束值;每次迭代执行结束后,将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值提高,且将所述子野数目的第二约束值降低。

17. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述迭代处理模块,包括:

第一备选形成子模块,用于当所述子野信息中的子野机器跳数和子野面积的至少一个小于预设值时,将至少一个小于预设值的子野形成备选子野序列,所述预设值大于或等于对应的第二约束值,且小于或等于对应的第一约束值;

子野删减子模块,用于对所述备选子野序列中的子野进行删减。

18. 根据权利要求14所述的装置,其特征在于,所述迭代处理模块,包括:

第二备选形成子模块,用于当所述子野信息中的子野数目不满足最大子野数目的限制时,根据每个子野对应的敏感度选择子野形成备选子野序列,所述敏感度是单独删除单个子野时对二次规划问题中目标函数数值的改变值;

子野删减子模块,用于对所述备选子野序列中的子野进行删减。

19. 根据权利要求17或18所述的装置,其特征在于,

所述子野删减子模块,具体用于选择所述备选子野序列中的位置相邻的子野进行合并。

一种子野信息确定方法和装置

技术领域

[0001] 本公开涉及放射治疗技术,特别涉及一种子野信息确定方法和装置。

背景技术

[0002] 放射治疗是治疗癌症的三大重要手段(手术治疗、化学治疗、放射治疗)之一,其原理是利用放射线产生的电离辐射杀死肿瘤细胞。调强放疗(intensity modulated radiation therapy, IMRT)是放射治疗的一种,可以通过调节放射线的强度与形状,达到杀死肿瘤细胞的同时保护正常细胞的目的。在调强放疗之前,可以由医生确定本次放疗的靶区和危及器官,并给出靶区和危及器官的约束剂量、子野数目的最大约束值、每个子野的最小机器跳数和最小子野面积等,治疗计划系统(Treatment plan system, TPS)可以通过执行某种优化算法,根据上述的约束条件得到本次放疗的子野信息,包括每一个子野的形状和强度。多叶准直器(multi-leaf collimator, MLC)可以根据子野信息控制形成特定的子野形状,并执行对应强度的放射线治疗。

[0003] 但是,可能出现医生经验不足,导致根据经验输入的子野数目约束等约束条件不合理,比如,假设有些治疗计划需要的理想子野数目比较少(比如,20个子野就足够了),而医生输入的子野数目最大约束值却很大(比如100个),这样,治疗计划系统根据医生输入的约束条件得到的子野信息中,很可能出现子野数目比理想数目多很多的情况,不仅治疗时间增加,而且治疗质量也降低。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本公开提供一种子野信息确定方法和装置,以确定出子野数目较为合理的治疗计划,减少治疗时间,且提高治疗质量。

[0005] 具体地,本公开是通过如下技术方案实现的:

[0006] 第一方面,提供一种子野信息确定方法,所述方法包括:

[0007] 获取扫描图像;

[0008] 根据所述扫描图像确定靶区和危及器官,并获得针对所述靶区和危及器官的子野信息的第一约束值;

[0009] 确定带约束条件的子野优化算法,所述约束条件包括:所述子野信息的第二约束值,所述子野优化算法用于得到满足所述第二约束值的子野信息;

[0010] 迭代执行所述子野优化算法,其中,首次执行所述子野优化算法时,将所述子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值,并且每次迭代执行结束后,对子野数目进行删减,将所述第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更,利用删减后的子野和变更后的第二约束值进行下一次执行;

[0011] 当所述迭代执行直至所述第二约束值变更至等于所述第一约束值时,确定所述子野优化算法得到的子野信息为获得的子野信息。

[0012] 第二方面,提供一种子野信息确定装置,所述装置包括:

- [0013] 图像获取模块,用于获取扫描图像;
- [0014] 约束获取模块,用于根据所述扫描图像确定靶区和危及器官,并获得针对所述靶区和危及器官的子野信息的第一约束值;
- [0015] 算法确定模块,用于确定带约束条件的子野优化算法,所述约束条件包括:所述子野信息的第二约束值,所述子野优化算法用于得到满足所述第二约束值的子野信息;其中,首次执行所述子野优化算法时,将所述子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第一约束值;每次迭代执行结束后,将所述第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更;
- [0016] 迭代处理模块,用于迭代执行所述子野优化算法,并且每次迭代执行结束后,对子野数目进行删减,利用删减后的子野和变更后的第二约束值进行下一次执行;当所述迭代执行直至所述第二约束值变更至等于所述第一约束值时,确定所述子野优化算法得到的子野信息为获得的子野信息。
- [0017] 本公开提供的子野信息确定方法和装置,通过采用了逐步接近第一约束值的分步控制法,并且在分步控制的过程中进行子野数目的删减操作,使得更能够有效控制子野数目,使得子野数目尽量接近理想的数目值,相对于现有技术更容易获得更少的子野数目,并且控制放射剂量尽量接近剂量约束,提高治疗质量;并且还减少了治疗患者所需要的时间,从而降低了因为治疗时间长、子野多所导致的误差。

附图说明

- [0018] 图1是本公开一个例子中的调强放疗的一个应用场景图;
- [0019] 图2是本公开一个例子中的子野信息确定方法的流程图;
- [0020] 图3是本公开一个例子中的对子野进行删减的流程图;
- [0021] 图4是本公开一个例子中的子野合并示意图;
- [0022] 图5是本公开一个例子中的另一个子野信息确定方法的流程图;
- [0023] 图6是本公开一个例子中的子野信息确定设备的结构示意图;
- [0024] 图7是本公开一个例子中的子野信息确定装置的结构示意图;
- [0025] 图8是本公开一个例子中的另一个子野信息确定装置的结构示意图;
- [0026] 图9是本公开一个例子中的又一个子野信息确定装置的结构示意图。

具体实施方式

[0027] 这里将详细地对示例性实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本公开相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本公开的一些方面相一致的装置和方法的例子。

[0028] 图1示例了调强放疗的一个应用场景图,如图1所示,射线源101可以发出射线束102,该射线束102穿过治疗头103,形成在患者上的照射范围S。其中,治疗头103中可以包括多叶准直器,图1还示例了对治疗头103进行俯视放大来看该多叶准直器的构造,该准直器可以包括安装在移动托架104上的很多叶片105,电机106连接叶片105,可以驱动叶片运动形成不同的子野。上位机107可以安装治疗计划系统,并且该系统能够通过执行某种优化算法,得到放疗所需的子野信息,包括每一个子野的形状和强度。上位机107可以将子野信息

传输至治疗头103,使得治疗头103中的多叶准直器可以根据该子野信息控制叶片形成特定的子野形状。

[0029] 本公开的例子提供的子野信息确定方法,可以在上位机107执行,用于在调强放疗之前,通过执行该方法确定本次放疗所需的子野信息,以供后续形成子野进行放射治疗所用。首先,在描述该方法之前,对该方法所涉及到的一些基本概念简单说明如下:

[0030] 子野信息:该子野信息可以包括:每个子野的子野机器跳数、每个子野的子野面积等信息。其中,子野机器跳数是加速器剂量仪的监测跳数,并且机器跳数越大通常表明剂量越高。

[0031] 子野优化算法:子野信息的获得通常可以通过某种算法来得到,例如,传统方式中可以根据优化的通量面分割子野;又例如,还可以利用直接机器参数优化(direct machine parameter optimization, DMPO)算法,将多叶准直器的叶片位置和目标函数等参数结合成一个二次规划问题,通过求解二次规划问题得到子野信息。

[0032] 约束条件:在通过执行上述的子野优化算法计算子野信息时,通常可以设定约束条件,比如,该约束条件可以包括子野信息的约束:子野机器跳数的最小值,子野面积的最小值,子野数目的最大值;通过该约束条件,可以约束子野优化算法的计算,使得该算法计算得到的子野的子野机器跳数、子野面积和子野数目,要满足该约束条件。

[0033] 此外,尽管在算法计算之前,还要输入其他一些约束,比如剂量信息的约束:靶区和危及器官的约束剂量,或者辅助器官的约束剂量,等,但是本公开的例子中,暂时不将其称为约束条件;并且,剂量信息的约束值是算法尽量要满足的,而上述约束条件中的子野信息的约束值,是算法一定要满足的。

[0034] 第一约束值:上述所提到的对子野优化算法的约束条件,可以由上位机的治疗计划系统的用户来输入。例如,上位机的该治疗计划系统可以是一个软件,具有人机交互界面,该系统的用户可以是医生,由医生根据自己的经验向系统中输入子野信息的约束条件,比如,子野数目的最大值、每个子野的最小机器跳数和最小子野面积等。本例子中可以将用户输入的最小机器跳数、最小子野面积和用户输入的最大子野数目,称为“第一约束值”,在后续的计算过程中可以看到,在迭代执行子野优化算法的过程中,子野机器跳数、子野面积和子野数目这三个参数的全部或部分数值将不断变化,本例子将初始用户输入的数值称为第一约束值,而将计算过程中变化的各个数值称为“第二约束值”,以区分这两个数值。在算法迭代的最后,子野信息都要满足第一约束值的限制。此外,剂量信息的约束值也可以由治疗计划系统输入,但是由于本例子的后续步骤不涉及对剂量约束的变化,所以上述约束条件和第一约束值将不包括剂量的约束。

[0035] 在传统方式中,子野信息的计算,一般执行一次子野优化算法,并且该算法的计算过程是直接以“第一约束值”作为约束,一次计算得到所需的子野信息结果。而相比较来看,本公开的例子中,将迭代执行多次该子野优化算法,并且,初始并不以“第一约束值”作为约束,而是在首次执行子野优化算法时,将算法的约束条件中对子野信息的第二约束值设置为不等于第一约束值的一个数值,例如可以将子野机器跳数和子野面积设置为0至第一约束值之间的任一数值,以该“第二约束值”(即,“第二约束值”可以是本公开的迭代多次执行算法的过程中,每一次执行所使用的约束条件)对算法的计算过程进行约束。每一次执行结束后,将第二约束值向第一约束值的方向进行逼近变更,其中的“向第一约束值的方向进行

逼近变更”指的是第二约束值随着迭代次数的增加逐步逼近第一约束值,直至最后等于第一约束值。而且,在每一次执行结束后,还要对子野数目进行删减处理(这里的删减处理,包括删减子野数目为0个的情况),利用删减后剩余的子野和更新后的第二约束值进入下一次迭代执行。

[0036] 上述本公开例子的方法,通过迭代多次执行子野优化算法,每次都向逼近第一约束值的方向变更第二约束值,直至约束条件中的第二约束值等于所述第一约束值,并且算法得到的子野信息也满足该预先输入的第一约束值,才结束迭代。这种方法相当于一种逐步逼近目标的迭代方法,并且在逐步靠近目标的过程中实现对子野数目的删减,那么最终不仅算法得到的子野信息满足第一约束值,而且子野数目也得到控制。

[0037] 图2示例了本公开一个例子中的子野信息确定方法,在该例子中,可以将多叶准直器叶片的位置约束、子野机器跳数和子野面积的约束等形成一个二次规划问题进行求解,得到多叶准直器叶片的位置和子野的机器跳数和子野面积,获得子野的形状和强度信息。

[0038] 本例子中,二次规划问题的基本形式,可以如下:

[0039] $\min F(x, \omega)$

[0040] $Ax \leq b$

[0041] $\omega \geq c$

[0042] 其中,

[0043] $F(x, \omega) = F_{tar} + F_{oar} + F_a$

[0044] $F_{tar} = w_{tar} * \sum_{i=1}^{n^t} H_{tar} * (D_i - d^{tar})^2$

[0045] $F_{oar} = w_{oar} * \sum_{i=1}^{n^{oar}} H_{oar} * (D_i - d^{oar})^2$

[0046] $F_a = w_a * \sum_{i=1}^{n^a} H_a * (D_i - d^a)^2$

[0047] $H_{tar} = \begin{cases} 1, & \text{其它} \\ 0, & d_{max}^{tar} \geq D_i \geq d_{min}^{tar} \end{cases}$

[0048] $H_{oar} = \begin{cases} 1, & \text{其它} \\ 0, & D \geq d_{max}^{oar} \end{cases}$

[0049] $H_a = \begin{cases} 1, & \text{其它} \\ 0, & D \geq d_{max}^a \end{cases}$

[0050] $D = K \otimes W(x, \omega)$

$$[0051] \quad W(x, \omega) = \sum_{k=1}^m W_k(x, \omega)$$

$$[0052] \quad W_k(x, \omega) = \begin{cases} \omega, & \text{子野内部} \\ 0, & \text{子野外部} \end{cases}$$

[0053] 其中: $F(x, \omega)$ 代表需要优化的目标函数; x 代表多叶准直器 (MLC) 的叶片的位置; ω 代表子野的机器跳数; $Ax \leq b$ 代表对多叶准直器 (MLC) 的叶片的位置约束; $\omega \geq c$ 代表对子野跳数的约束; F_{tar} 、 F_{oar} 、 F_a 分别代表靶区、危及器官以及辅助器官的目标函数; W_{tar} 、 W_{oar} 、 W_a 分别代表靶区、危及器官以及辅助器官的重要程度因子; n^t 、 n^{oar} 、 n^a 分别代表靶区、危及器官以及辅助器官的三维体元的个数; d_{max}^{tar} 、 d_{min}^{tar} 、 d_{max}^{oar} 、 d_{max}^a 分别代表靶区最大剂量约束、靶区最小剂量约束、危及器官剂量约束以及辅助器官剂量约束; d^{tar} 、 d^{oar} 、 d^a 分别代表靶区目标剂量、危及器官目标剂量以及辅助器官目标剂量; D_i 代表第 i 个三维体元的剂量; D 代表三维体元的剂量沉积矩阵; K 代表笔形束的剂量沉积矩阵; $W(x, \omega)$ 代表通量矩阵, $W_k(x, \omega)$ 代表第 k 个子野的通量矩阵, m 代表子野的数目。

[0054] 本例子中的二次规划问题在求解时,可以先获得该二次规划问题的初始值,利用该初始值进行二次规划问题的求解,图2中所示的步骤201至步骤204即为获取初始值的过程。在得到初始值后,可以求解二次规划问题,并执行本公开例子中所述的迭代多次该算法的过程,详细可以参见图2所示例。

[0055] 在步骤201中,获取患者扫描图像信息。

[0056] 例如,该扫描图像可以是CT (Computed Tomography, 电子计算机断层扫描)、PET (Positron Emission Computed Tomography, 正电子发射型计算机断层显像)、MRI (Magnetic Resonance Imaging, 磁共振成像) 等图像。本步骤中获取这些图像,可以用于在步骤202中根据该图像勾画靶区和危及器官。

[0057] 在步骤202中,在扫描图像勾画靶区和危及器官,并确定算法的第一约束值。

[0058] 例如,本步骤可以获取用户在扫描图像上勾画的靶区和危及器官等,并且还可以获取用户输入的各种约束值,包括对于剂量信息的约束和对于子野信息的约束,例如:靶区以及危及器官的剂量约束值、最大子野数目、最小子野机器跳数以及用于最小子野面积等信息。

[0059] 在步骤203中,根据剂量信息的约束值优化通量面。

[0060] 例如,本步骤可以根据步骤202中输入的剂量信息的约束值优化通量面,所使用的优化方法可以是梯度算法、模拟退火算法、遗传算法、蚁群算法等。

[0061] 在步骤204中,根据优化得到的通量面分割子野,作为二次规划的初始值。

[0062] 在步骤205中,确定带约束条件的二次规划问题。

[0063] 本步骤中,二次规划问题的确定,可以包括对本次算法执行的约束条件的确定,在步骤202中得到的子野信息的第一约束值,比如子野机器跳数的约束值、子野面积的约束值等,是最终要满足的约束。而本步骤首次执行该算法时,可以将子野面积和子野机器跳数的约束值设置为小于步骤202中的第一约束值,即设定第二约束值。

[0064] 在一个例子中,对于首次执行算法时子野信息的第二约束值的确定,可以将子野

面积的第二约束值和子野机器跳数的第二约束值,分别设置为0至对应的第一约束值之间的任一个。举例如下:例如,可以将第二约束值设置为0,或者,可以设置为1、2、3等任一固定数值;又例如,还可以按照一定比例设置该第二约束值,可以设置为用户输入的第一约束值的0~100%之间的任意比例。在其他例子中,第二约束值也可以按照其他方式确定。此外,子野面积的第二约束值、子野机器跳数的第二约束值,这两个第二约束值独立的各自按照上面的固定数值或比例方式确定。

[0065] 在步骤206中,求解二次规划问题,得到子野信息。

[0066] 步骤204中根据通量面分割的子野,可以作为求解二次规划问题时的初始值。本步骤求解二次规划问题的算法可以有多种,可以包括:信赖域内点法、原始对偶内点法、有效集法、模拟退火法、遗传算法等,以及上述算法的各种组合。此外,经过求解二次规划问题,所得到的子野的数目可以仍然是步骤204中分割的得到的子野的数目,只是这些子野的机器跳数和面积这两个参数发生变化,本步骤得到的子野信息,可以包括:每个子野分别具有的子野机器跳数和子野面积。

[0067] 在步骤207中,判断子野机器跳数和子野面积是否分别小于对应的预设值。

[0068] 本例子中,在上面描述中提到的“第一约束值”、“第二约束值”之外,还可以设置一个“预设值”,如下简单比较说明下三者的区别:

[0069] 第一约束值:例如,可以是医生根据自己的经验输入的约束条件,比如,子野的最小机器跳数和最小子野面积等。

[0070] 第二约束值:第二约束值可以是本公开的迭代多次执行算法的过程中,每一次执行所使用的约束条件。例如,以子野机器跳数的第二约束值为例,初始时将其第二约束值设置为小于第一约束值的一个数值,并假设本次算法总共迭代执行了五次,每一次执行算法后,都会提高机器跳数的第二约束值,直至等于第一约束值。假设这五次迭代设置的第二约束值分别为0、1、2、3、4(4为第一约束值),那么每个数值各自称为一个第二约束值。

[0071] 预设值:该预设值在每一次迭代计算时也会变化,且该预设值大于或等于第二约束值,小于或等于第一约束值。例如,仍结合上面的例子,假设某一次迭代时的“第二约束值”是0,可以将“预设值”设置为“1”(该1大于0且小于4);当下一次迭代时,“第二约束值”为1,此时可以将预设值设置为“2”(该2大于1且小于4)。当然,下一次迭代时的第二约束值不一定等于上一次迭代时的预设值,上述只是举例。其中,“预设值”的确定可以有多种方式,本公开的例子对此不做限制。

[0072] 本步骤中,可以判断算法计算得到的子野信息中,分别对每个子野进行判断,该子野对应的子野机器跳数和子野面积是否分别小于对应的预设值。比如,以判断某一个子野为例,该子野的子野机器跳数是否小于机器跳数对应的预设值,该子野的子野面积是否小于子野面积对应的预设值。

[0073] 如果判断结果为,子野机器跳数和子野面积的至少一个小于所述预设值,即计算得到的子野信息中,存在子野机器跳数和子野面积的至少一个小于对应预设值的子野,则继续执行步骤208。

[0074] 否则,表明子野机器跳数和子野面积均满足预设值,即算法所得到的子野信息中,所有子野中的任一子野的子野机器跳数和子野面积均满足对应预设值的要求,均大于或等于该预设值,则继续执行步骤209。

[0075] 在步骤208中,将子野数目进行删减处理,并提高约束值。

[0076] 本步骤中,可以对算法得到的子野数目进行更新,比如,可以删除一些子野,减少子野数目,具体的删减处理方式将在后续例子中举例描述。不过,也可能出现特殊情况,比如,按照预定的删减处理规则执行时,发现并没有符合删减处理规则的子野,由此使得子野数目保持不变。但是不论哪种结果,都需要按照上述的删减处理执行一次,后续详述。

[0077] 此外,本步骤还要提高算法的约束条件中对子野信息的第二约束值,比如,将对子野面积的第二约束值由x1增加至x2。本步骤可以对子野机器跳数的第二约束值、以及子野面积的第二约束值进行更新,第二约束值的更新方式也可以有多种,本例子不做限制,举例如下:

[0078] 例如,可以按照固定比例系数的第一约束值更新,假设该固定比例系数是10%,第一约束值是x0,第二约束值在首次迭代时的初始值是0,那第二次迭代时的第二约束值则可以为 $(0+10\%*x0)$,再下一次迭代时的第二约束值可以设置为 $(0+10\%*x0+10\%*x0)$ 。又例如,第二约束值逐步提高的幅度还可以是动态的,以动态比例系数乘以第一约束值,该动态比例系统可以是当前小于第一约束值的子野数目与总子野数目的比值。此外,每次迭代时第二约束值的更新幅度可以设置较小,以使得对子野数目更容易有效控制。

[0079] 经过本步骤的处理,子野信息中的子野数目得到更新,可能子野数目变少,并且约束条件中的子野信息的第二约束值也得到更新,可以将删减处理后剩余的子野和更新的第二约束值应用于下一次迭代计算。如图2所示,可以由本步骤转至步骤205,形成新的带约束条件的二次规划问题,并继续求解该二次规划得到新的子野信息,该新子野信息也将继续进行步骤207的判断,不再赘述。

[0080] 在步骤209中,判断子野机器跳数和子野面积的第二约束值是否等于第一约束值。如前所述,在多次迭代的过程中,中间过程中的第二约束值很可能是小于第一约束值的,本步骤即要判断当前迭代计算的第二约束值是否已经等于第一约束值。

[0081] 如果判断结果为否,即第二约束值仍然小于第一约束值,则转至步骤208,需要说明的是,由于此时每个子野的子野机器跳数和子野面积已经满足第二约束值,只是第二约束值还未达到第一约束值,可以不做子野数目的删减处理,只提高第二约束值,比如,将第二约束值提高至第一约束值,或者提高至小于第一约束值的另一约束值,返回重新执行所述二次规划问题。如果判断结果为是,即第二约束值已经等于第一约束值,则可以继续执行步骤210。

[0082] 在步骤210中,判断子野数目是否满足最大子野数目的限制。

[0083] 如前面的例子所述,在每次迭代中,更新的子野信息的第二约束值,可以是只更新子野机器跳数和子野面积对应的第二约束值,而子野数目的约束值可以一直保持为第一约束值。并且,在判断流程中,可以是先满足子野机器跳数和子野面积的约束,再判断子野数目的约束。

[0084] 如果本步骤中的子野数目尚未满足第一约束值,比如,仍然大于子野数目约束的最大值,则可以转至步骤208,不过此时可以对子野数目进行删减处理,而由于在前面的步骤209中已经确定子野机器跳数和子野面积的第二约束值已经是第一约束值,则可以不再提高跳数和面积的第二约束值,而只对子野数目进行删减处理。更新子野数目后,可以返回重新执行二次规划问题。如果本步骤中的子野数目已经满足第一约束值,则可以结束迭代

计算,将当前获得的子野信息确定为最终获得的子野信息。

[0085] 在图2所示的例子中,步骤208中涉及到“对子野信息中的子野数目进行删减处理”,如下举例说明如何进行子野数目的删减处理:

[0086] 在一个例子中,可以如图3所示例对子野进行删减。如图3所示,包括:

[0087] 在步骤301中,在确定要对子野数目进行删减处理时,可以由算法得到的子野中选择子野作为备选子野序列。

[0088] 所要进行删减的子野由该备选子野序列中选择。示例性的,本步骤确定备选子野序列时,可以包括如下方式:

[0089] 例如,如果某个子野的子野机器跳数和子野面积中的至少一个小于对应预设值,则可以将该子野放入备选子野序列。

[0090] 又例如,在图2所示例的步骤210中,如果子野数目不满足子野数目第一约束值,则对于每一个子野,可以计算在所有子野的集合中单独删除该子野时,所导致的二次规划问题的目标函数数值的改变值,作为敏感度,并根据该敏感度选择子野形成备选子野序列。例如,可以按照每个子野对应的敏感度由小到大的顺序,将不满足子野数目第一约束值时的多余数目的子野,形成备选子野序列。比如,假设子野数目第一约束值是100,而算法得到的子野数目是120,那么可以按照敏感度由小到大选择20个子野作为备选子野序列。

[0091] 在确定备选子野序列后,可以在步骤302中,对备选子野序列中的子野进行删减。

[0092] 本例子中,对子野的删减处理也可以有多种方式,如下列举几种,但是具体实施中并不局限于这些方式:

[0093] 例如,当将子野机器跳数和子野面积中的任一个小于预设值的子野放入备选子野序列时,可以将该序列中的子野,选择预定数目的子野直接删除。该预定数目包括但不限于:一定比例或者固定数目。比如,“一定比例”可以是固定比例系数或者动态比例系数。举例如下:假设固定比例系数是0至100%中的任一比例数值,可以将备选子野序列中的该固定比例数目的子野直接删除,具体选择哪些子野可以不做限制;而动态比例系数可以是备选子野序列中的子野数目与总子野数目的比例。又比如,若为固定数目时,可以删除备选子野序列中删除20个子野,当然,该固定数目的数值本例子中也不做限制。

[0094] 又例如,还可以将备选子野序列中的子野进行合并,这里的合并可以是将位置相邻的子野进行合并。其中,一个子野的形状是由准直器的多个叶片在各自的位置所形成的整体形状,射线被叶片遮挡时无法通过,叶片未覆盖的区域,射线可以通过直接照射到治疗头下方的患者。当要呈现其他形状时,叶片就继续移动使得所要呈现的形状区域不被遮挡即可。本例子可以通过图4简单示意下上述的子野合并,如图4所示,子野41和子野42是两个位置相邻的子野(仅是示意,实际的子野形状通常不会如此规则),将这两个子野合并后组成一个整体的子野。

[0095] 此外,子野在合并时,可以由备选子野序列中选择预定数目的子野进行合并,该预定数目同样不限于固定比例系数或动态比例系数;或者,也可以是将位置相邻的子野全部合并。

[0096] 在一个例子中,如果对备选子野序列中的子野直接删除,尽管可以使得子野数目变少,但是不能很好的控制目标函数数值的变化,可能最终子野改变带来的目标函数数值会变差。为了避免上述问题,本例子可以在合并子野时,可以依据敏感度来决定是否合并子

野:例如,备选子野序列中的各个子野,均计算各自对应的敏感度,该敏感度是单独删除单个子野时对二次规划问题中的目标函数数值的改变值。若合并后的新子野使得目标函数的数值变小或不变,则接受所述新子野,更新所述备选子野序列及其中各子野对应的敏感度;否则,不接收所述新子野,保持备选子野序列不变。这种方式可以很好的控制目标函数值的变化,使得在删减子野数目后,目标函数值小于或等于原来数值。

[0097] 对备选子野序列中的子野进行删减后,可以设定一个预定的备选子野数目,比如,可以设置为删除一定比例,该一定比例包括但不限于固定比例系数或动态比例系数。举例如下:可以删除固定比例系数为0.5的备选子野数目,也就是说,如果备选子野序列包括50个子野,经过删减处理需要减掉 $50*0.5=25$ 个子野。或者,动态比例系数可以是备选子野序列中的子野数目与总子野数目的比例。如果经过上面例子中的子野删减处理后,备选子野序列的子野数目仍大于预定的备选子野数目,可以按照敏感度由小到大的顺序删除多余的备选子野。

[0098] 例如,备选子野序列包括50个子野,将位置相邻的子野进行合并之后,该序列中的子野数目是45;而预定的备选子野数目是删除50%比例的子野,即删除25个子野,保留25个子野,当前却仍剩余45个,超出了预定数目 $45-25=20$,则可以按照各个子野的敏感度删除子野,比如,可以按照敏感度由小到大的顺序再删除20个子野。

[0099] 本公开例子中,对于子野信息的判断和删减处理,比如图2中的步骤207至210,可以是在求解二次规划问题结束之后执行,或者也可以是在求解二次规划问题的执行过程中执行,只要得到子野信息时就可以进行判断。

[0100] 本公开的子野信息确定方法,由于采用了逐步接近第一约束值的分步控制法,并且在分步控制的过程中进行子野数目的删减操作,使得更能够有效控制子野数目,使得子野数目尽量接近理想的数目值,相对于现有技术更容易获得更少的子野数目,并且控制放射剂量尽量接近剂量约束,提高治疗质量;本方法还减少了治疗患者所需要得时间,从而降低了因为治疗时间长、子野多所导致的误差。

[0101] 在上述图2所示的例子中,是以子野机器跳数和子野面积的第二约束值,在迭代过程中进行第二约束值的变更为例,而子野数目的约束可以一直保持为第一约束值。在另一个例子中,子野数目的约束也可以变化,比如,类似的,可以在首次执行子野优化算法时,设置子野数目的第二约束值为大于数目的第一约束值,并随着迭代次数的增加而逐步降低,直至等于第一约束值。

[0102] 图5示例了子野机器跳数、子野面积和子野数目的第二约束值都变化的流程,如下对本流程简单描述,相同的步骤可以参见图2所示,不再详述。如图5所示,步骤501直至步骤509的过程,可以与图2中的步骤201至209相同,当执行到步骤510时,执行过程将有所区别。

[0103] 在步骤510中,判断子野数目是否满足最大子野数目的限制,且最大子野数目是否等于对应的第一约束值。

[0104] 本步骤中所述的最大子野数目,可以是子野数目的第二约束值,并且,这是首次流程执行到判断子野数目是否满足第一约束值的步骤。子野数目的第二约束值初始可以设置为大于用户输入的第一约束值,例如,假设用户输入对子野数目的第一约束值是100个,即最多不能超过100个子野,那么可以初始将子野数目的第二约束值设置为150个。则本步骤即判断子野数目是否满足150个的限制,是否少于或等于150个。

[0105] 如果判断结果为否,即子野数目仍然大于150个,则继续执行步骤511;

[0106] 如果判断结果为是,即子野数目在150个以内,但是所判断的最大子野数目即此时的第二约束值大于子野数目第一约束值,比如,150大于100,则仍然要继续执行步骤511。

[0107] 如果判断结果为是,且所判断的最大子野数目等于子野数目第一约束值,则结束迭代。

[0108] 在步骤511中,对子野数目进行删减处理,且降低约束值。

[0109] 本步骤中,子野数目的第二约束值降低时,与子野机器跳数和子野面积的约束值变更方式类似,也可以按照固定比例系数、或者动态比例系数,变更所述约束值。比如,当前子野数目200个,本步骤中要求的最大子野数目150个,则相差50个。删除时可以固定比例系数: $0.1*50=5$,本次删除5个;或者,按照动态比例系数: $150/200*50$ 约等于38个,本次删除38个。变更后新的第二约束值小于原来的第二约束值,大于或等于子野数目第一约束值。并且,子野数目的删减处理方式,与图2所示例的相同。

[0110] 此外,当步骤510中的判断结果为是,且所判断的最大子野数目即第二约束值大于子野数目第一约束值时,也可以在本步骤中暂时不做子野数目的删减处理(相当于删减0个子野),而是只继续降低数目的第二约束值。

[0111] 本步骤执行后,返回执行步骤505,继续下一次迭代。

[0112] 本公开的子野信息确定方法,由于采用了逐步接近第一约束值的分步控制法,并且在分步控制的过程中进行子野数目的删减操作,相对于现有技术更能够有效控制子野数目及其在不同子野方向上的数量分配,使得子野数目尽量接近理想的数目值,并且控制放射剂量尽量接近剂量约束,提高治疗质量。

[0113] 例如:如果步骤504得到的初始子野数目是150个,经过迭代计算之后,第一次进入步骤510时剩下了120个,医生输入的子野数目第一约束值是100个,本例子在删除这20个子野时,如果不是一次删除20个子野,而是通过采用逐步逼近的方式逐步删除子野,例如,本次删除5个,下次删除5个等,能够更加精确的控制被删除子野的个数,以及所删除的子野在不同方向上的分配,能更有效的控制放射剂量尽量接近剂量约束,提高治疗质量。

[0114] 参见图6所示,对应于上述方法,本公开同时提供一种子野信息确定设备,例如,该设备可以是上位机。如图6所示,该设备可以包括处理器601以及机器可读存储介质602,其中,处理器601和机器可读存储介质602通常借由内部总线603相互连接。在其他可能的实现方式中,所述设备还可能包括外部接口604,以能够与其他设备或者部件进行通信。进一步地,机器可读存储介质602上存储有子野信息确定的控制逻辑605,该控制逻辑605从功能上划分的逻辑模块,可以是图7所示的子野信息确定装置的结构。

[0115] 如图7所示,子野信息确定装置可以包括:图像获取模块71、约束获取模块72、算法确定模块73和迭代处理模块74。

[0116] 图像获取模块71,用于获取扫描图像;

[0117] 约束获取模块72,用于根据所述扫描图像确定靶区和危及器官,并获得针对所述靶区和危及器官的子野信息的第一约束值;

[0118] 算法确定模块73,用于确定带约束条件的子野优化算法,所述约束条件包括:所述子野信息的第二约束值,所述子野优化算法用于得到满足所述第二约束值的子野信息;其中,首次执行所述子野优化算法时,将所述子野信息的第二约束值设置为不等于对应的第

一约束值；每次迭代执行结束后，将所述第二约束值向所述第一约束值的方向进行逼近变更；

[0119] 迭代处理模块74，用于迭代执行所述子野优化算法，并且每次迭代执行结束后，对子野数目进行删减，利用删减后的子野和变更后的第二约束值进行下一次执行；当所述迭代执行直至所述第二约束值变更至等于所述第一约束值时，确定所述子野优化算法得到的子野信息为获得的子野信息。

[0120] 在一个例子中，算法确定模块73，用于：当子野信息包括子野机器跳数和子野面积时，将所述子野机器跳数和子野面积的第一约束值设置为小于对应的第一约束值；每次迭代执行结束后，将所述子野信息的第二约束值提高。

[0121] 在一个例子中，算法确定模块73，用于：当子野信息包括子野机器跳数、子野面积和子野数目时，将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值设置为小于对应的第一约束值，并将所述子野数目的第二约束值设置为大于对应的第一约束值；每次迭代执行结束后，将所述子野机器跳数和子野面积的第二约束值提高，且将所述子野数目的第二约束值降低。

[0122] 在一个例子中，如图8所示，迭代处理模块74，可以包括：

[0123] 第一备选形成子模块741，用于当所述子野信息中的子野机器跳数和子野面积的至少一个小于预设值时，将至少一个小于预设值的子野形成备选子野序列，所述预设值大于或等于对应的第二约束值，且小于或等于对应的第一约束值；

[0124] 子野删减子模块742，用于对所述备选子野序列中的子野进行删减。

[0125] 在一个例子中，如图9所示，迭代处理模块74，可以包括：

[0126] 第二备选形成子模块743，用于当子野信息中的子野数目不满足最大子野数目的限制时，根据每个子野对应的敏感度选择子野形成备选子野序列，所述敏感度是单独删除单个子野时对所述二次规划问题中目标函数数值的改变值；

[0127] 子野删减子模块744，用于对所述备选子野序列中的子野进行删减。

[0128] 在一个例子中，图8或图9中的子野删减子模块，具体用于选择所述备选子野序列中的位置相邻的子野进行合并。

[0129] 在不同的例子中，所述机器可读存储介质602可以是：RAM (Radom Access Memory，随机存取存储器)、易失存储器、非易失性存储器、闪存、存储驱动器(如硬盘驱动器)、固态硬盘、任何类型的存储盘(如光盘、dvd等)，或者类似的存储介质，或者它们的组合。

[0130] 以上所述仅为本公开的较佳实施例而已，并不用以限制本公开，凡在本公开的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开保护的范围之内。

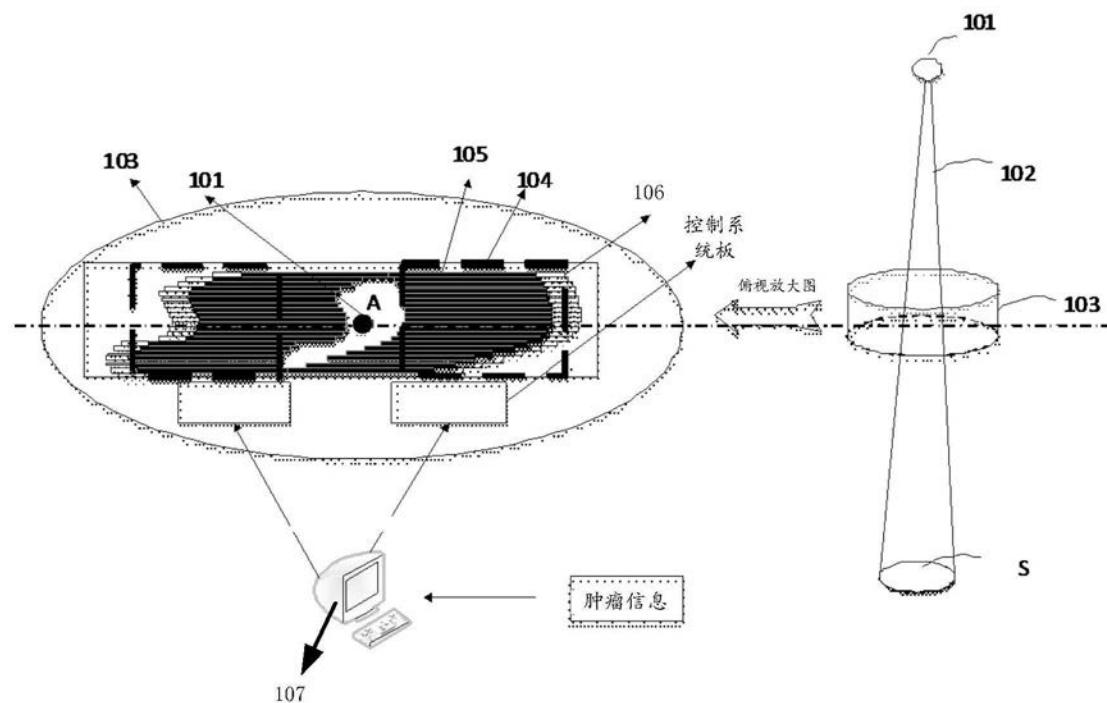


图1

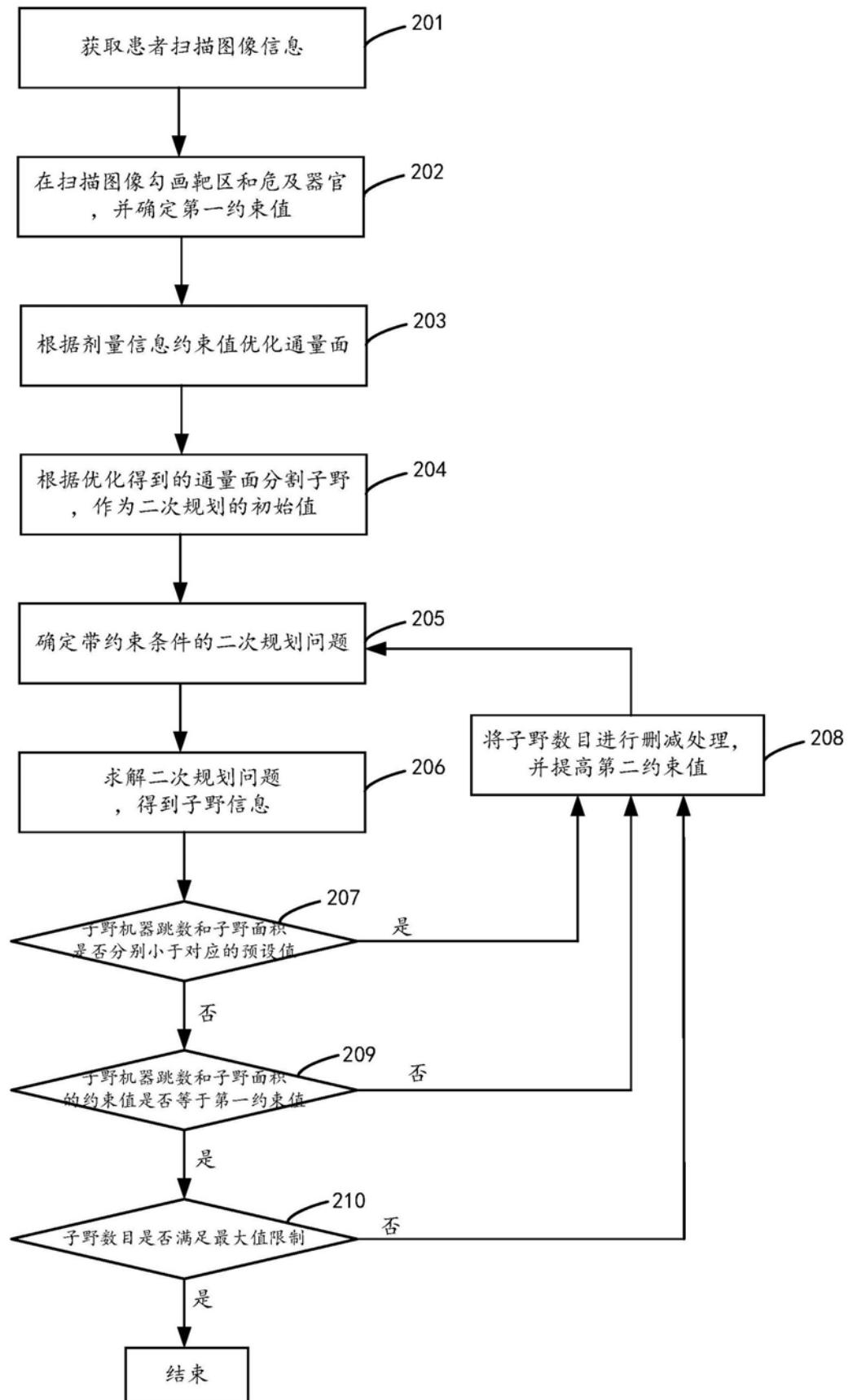


图2

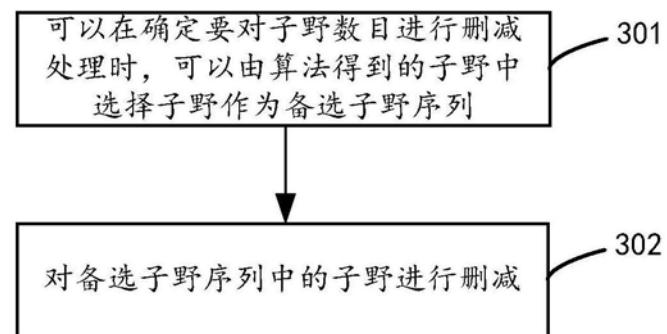


图3

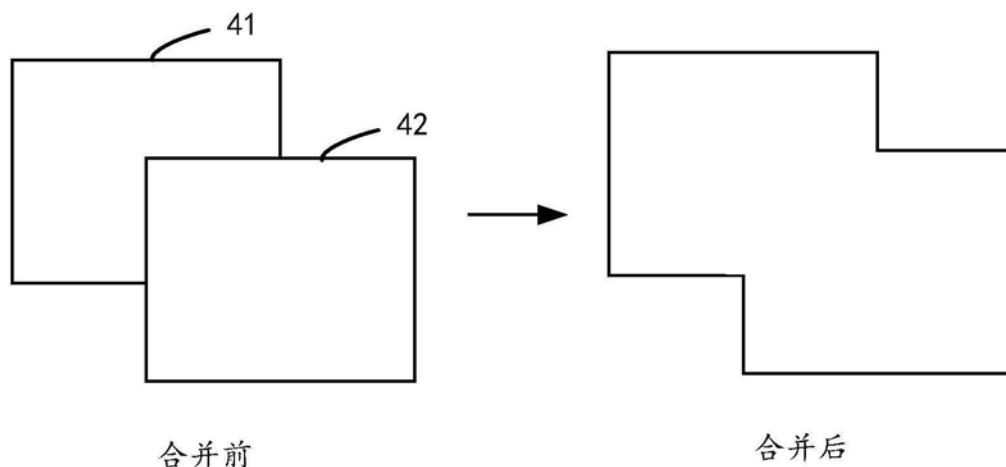


图4

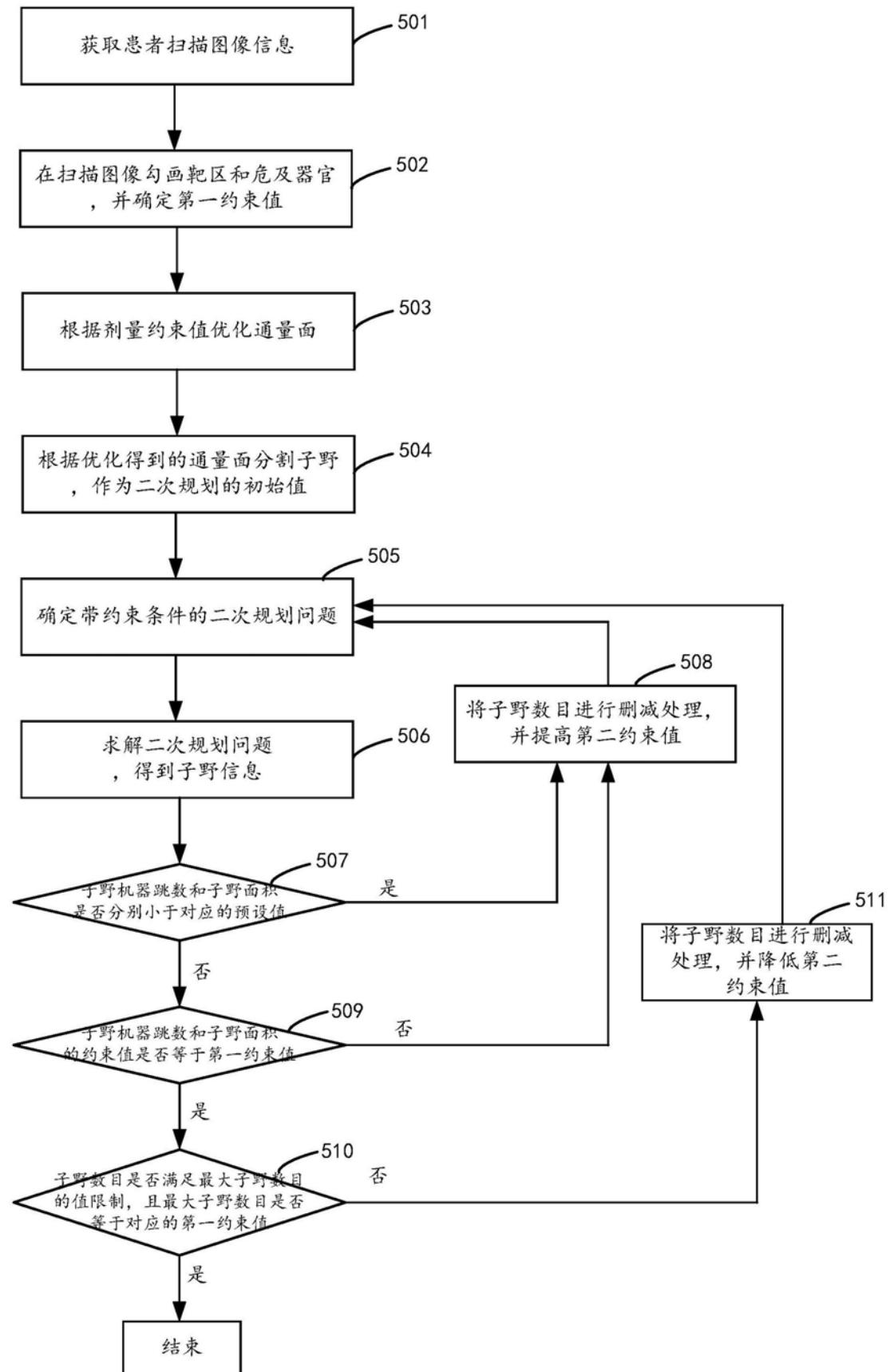


图5

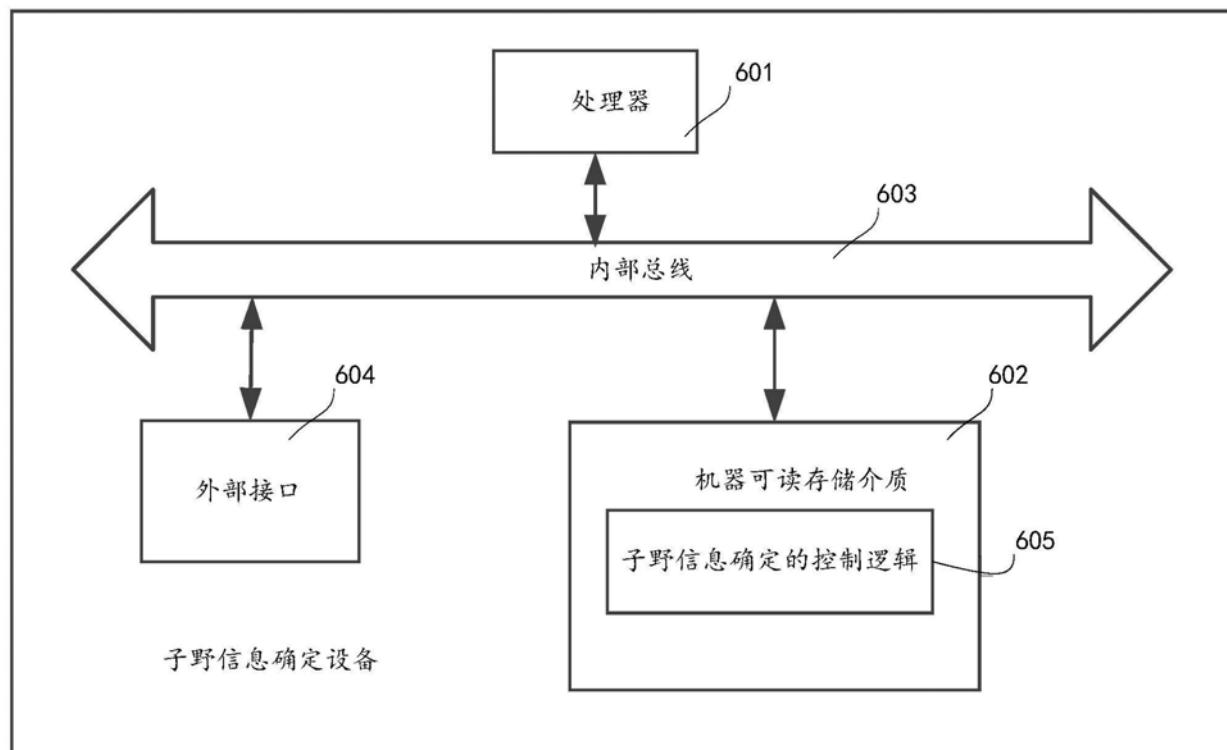


图6

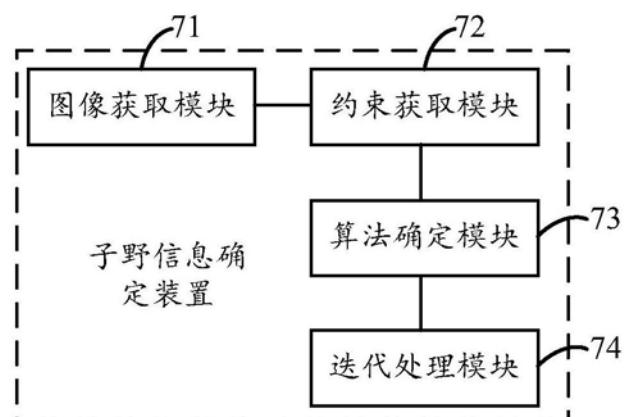


图7

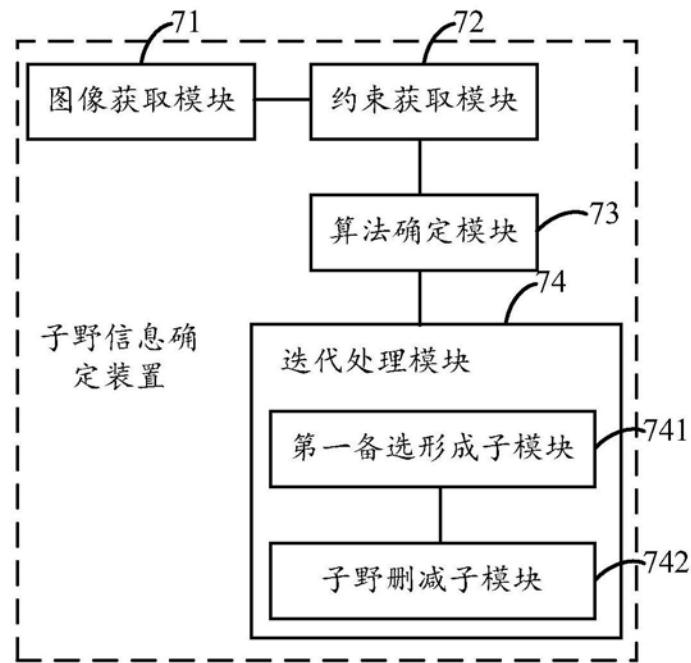


图8

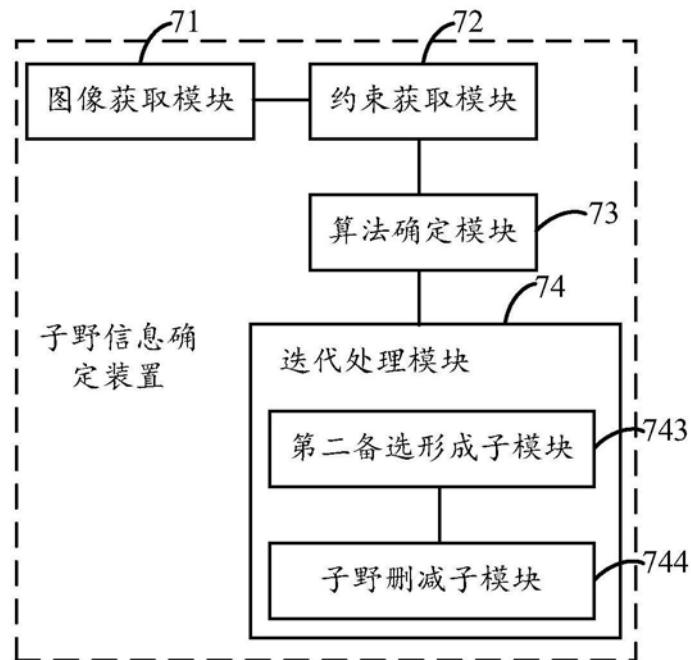


图9