



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110475588 A

(43)申请公布日 2019.11.19

(21)申请号 201880023403.4

(22)申请日 2018.04.04

(30)优先权数据

EP17165042 2017.04.05 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.09.30

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/058581 2018.04.04

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2018/185146 EN 2018.10.11

(71)申请人 光线搜索实验室公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

(72)发明人 阿尔宾·弗雷德里克松

(74)专利代理机构 成都超凡明远知识产权代理有限公司 51258

代理人 王晖 吴莎

(51)Int.Cl.

A61N 5/10(2006.01)

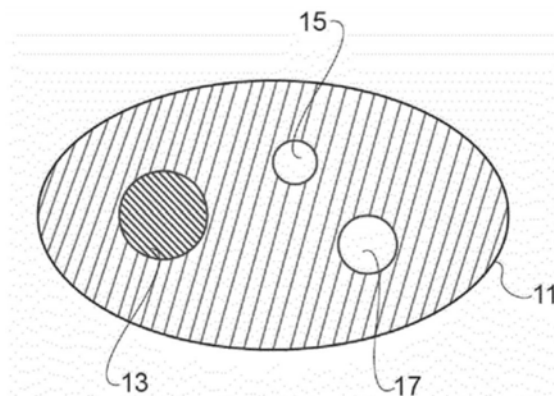
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

用于自动的放射疗法治疗计划的系统和方法

(57)摘要

放射疗法治疗计划方法包括:根据一组临床目标、基于至少一个建议的剂量图来优化治疗计划。将结果的剂量分布与至少一个临床目标进行比较,并且如果优化的剂量分布不满足至少一个临床目标,则继续到步骤d,在优化新的治疗计划之前调整剂量图。当优化的剂量分布满足临床目标时,接受治疗计划。



1. 一种基于计算机的放射疗法治疗计划方法,包括:
 - a. 获得 (S21) 待在患者的治疗计划中使用的至少一个建议的剂量图,所述至少一个剂量图根据一组临床目标指定用于所述患者的至少第一区域的至少一个期望剂量水平,所述一组临床目标包括用于所述患者的至少一个临床目标,
 - b. 基于该剂量图优化 (S22) 治疗计划,以获得优化的剂量分布,
 - c. 将所述治疗计划的优化的剂量分布与所述至少一个临床目标进行比较,并且如果所述优化的剂量分布不满足所述至少一个临床目标,则继续到步骤d.
 - d. 基于所述比较的结果,调整 (S24) 所述优化的剂量分布不符合所述至少一个临床目标的至少一个区域中的剂量图
 - e. 对于经调整的剂量图,重复步骤b.至d.,
 - f. 当在步骤c.中确定所述优化的剂量分布满足所述至少一个临床目标时,接受 (S25) 所述治疗计划。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于下述中的一种或多种获得所述剂量图:
 - a. 所述临床目标的剂量水平和体积水平;
 - b. 先前为当前患者或另一患者创建的手动计划;
 - c. 基于知识的预测
3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,包括步骤 (S23、S24): 确定所述至少一个剂量图的至少一次调整的方向和幅度,所述方向和幅度被确定以使结果的剂量分布更接近于满足所述临床目标。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,通过为至少一个体素设定至少一个新的剂量值来执行对所述至少一个剂量图的调整。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,通过为至少一个体素设定至少一个新的重要性权重来执行对所述至少一个剂量图的调整 (S24)。
6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,通过调整所述患者的体内的至少一个体素的靶标DVH曲线来执行对所述剂量图的调整 (S24)。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,步骤d. (S24) 包括: 确定至少一个体素,其中对于至少部分地包括该体素的区域,所计算的优化的剂量与至少一个临床目标有偏差; 确定所述偏差的方向; 以及调整该体素中的剂量图,以对于至少部分地包括所述至少一个体素的所述区域,迫使用于所述至少一个体素的剂量更接近于至少一个临床目标。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,所述一组临床目标包括用于所述患者的至少两个临床目标,所述至少两个临床目标被按优先排序成至少两个优先级别,并且其中,基于所述临床目标的优先级别来确定所述剂量图的调整。
9. 根据权利要求9所述的方法,其中,根据具有最高优先级的临床目标来确定所述剂量图的调整。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,根据不止一个目标例如依据目标之间的加权平均数来确定所述剂量图的调整。
11. 一种包括计算机可读代码装置的计算机程序产品,当在处理器中运行时,所述计算机可读代码装置将使所述处理器执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。
12. 一种计算机系统 (31), 所述计算机系统包括处理器 (33) 和程序存储器 (37), 所述程

序存储器保存根据权利要求11所述的计算机程序产品。

用于自动的放射疗法治疗计划的系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于放射疗法治疗计划的系统、方法和计算机程序产品，并且特别地涉及用于促成这种计划的自动化。

背景技术

[0002] 在放射疗法中，目标通常是将足够高的放射剂量传递至患者体内的靶标（例如肿瘤），同时尽可能多地使周围的正常的组织免受损害。特别地，重要的是使到接近靶标的敏感器官的剂量最小化。通常借助于基于计算机的治疗计划系统来确定在放射疗法治疗阶段中使用的对治疗参数诸如治疗机器设置进行限定的治疗计划。

[0003] 在逆向治疗计划中，采用优化算法以找到一组治疗参数，该组治疗参数将在受试者体内产生可接受的剂量分布，该可接受的剂量分布优选地满足由临床医生限定的所有临床目标。临床目标可以采取多种形式。常见形式中的一些常见形式包括：

[0004] • 要求应该将指定的最小剂量或最大剂量递送至感兴趣区域 (ROI) 的至少或至多指定部分或体积，

[0005] • 要求ROI的指定的最小或最大的部分或体积应该接收至少或至多指定剂量，

[0006] • 要求到ROI的最小剂量、最大剂量或平均剂量，要求剂量如何很好地符合靶标，

[0007] • 要求靶标的同质性，

[0008] • 要求剂量如何随着到靶标的距离而下降，

[0009] • 要求患者的某一部位应该接收指定的剂量，以及

[0010] • 要求ROI中的生物学测量诸如肿瘤控制概率或组织并发症概率。

[0011] 传统上，在治疗计划优化中需要大量的手动输入。结果通常取决于治疗计划者的经验以及例如对用于优化的治疗目标的选择。但是，该过程无论如何仍然不能保证获得最佳治疗计划。在找到可接受的治疗计划之前，通常需要大量的“试错”，即使对于经验丰富的治疗计划者也是如此。此外，如果经优化的治疗计划的剂量分布在大多数方面都令人满意，但是包括一些小的缺陷，治疗计划者可能不清楚如何调整优化目标或限制或目标权重以补救该缺陷。使优化过程自动化已经被证明是困难的，因为，当前的方法在很大程度上基于难以自动化的人为判断。

[0012] 本发明的目的在于克服或至少缓解上述缺点，并且特别是在于在最佳满足临床目标的情况下促进自动治疗计划。

发明内容

[0013] 本发明涉及基于计算机的放射疗法治疗计划方法，包括：

[0014] a. 获得待在患者的治疗计划中使用的至少一个建议的剂量图 (map, 映成图、映射图)，该至少一个剂量图根据一组临床目标指定用于患者的至少第一区域的至少一个期望剂量水平，该一组临床目标包括用于患者的至少一个临床目标。

[0015] b. 基于该剂量图优化治疗计划，以获得优化的剂量分布，

[0016] c. 将治疗计划的优化的剂量分布与至少一个临床目标比较, 并且, 如果优化的剂量分布不满足至少一个临床目标, 则继续到步骤d.

[0017] d. 基于比较的结果, 调整优化的剂量分布不符合至少一个临床目标的至少一个区域中的至少一个剂量图,

[0018] e. 对于至少一个经调整的剂量图, 重复步骤b. 至d.,

[0019] 当在步骤c. 中确定优化的剂量分布满足至少一个临床目标时, 程序停止。这通常涉及接受治疗计划, 然后可以将该治疗计划用于患者治疗。

[0020] 因此, 所提出的方法基于通过对计划进行优化来试图模拟建议的剂量图, 目的在于产生与该剂量图对应的剂量分布。基于被优化以模拟剂量图的计划满足临床目标的程度来迭代地更新剂量图。根据本发明, 这可以以完全自动化的方式完成。特别地, 优选地在计算机中执行步骤c. 和d., 无需用户输入。

[0021] 执行优化, 该优化至少部分地旨在获得指定的剂量分布, 该指定的剂量分布已经为了满足临床目标而被指定。这种优化在本文中被称为“剂量模拟”, 表示优化的目标在于找到一组治疗参数, 该组治疗参数产生下述剂量分布: 所述剂量分布尽可能接近地匹配或“模拟”指定的期望被称为剂量图的剂量分布。剂量模拟可以基于空间剂量图, 即, 使用对于每个体素不同且指定的参考剂量目标。然后, 优化至少部分地旨在实现下述剂量分布: 在所述剂量分布中, 每个体素尽可能类似于或者尽可能少地高于/低于在空间剂量图中指定的剂量水平。替代性地或者另外, 剂量模拟可以基于与指定剂量体积直方图 (DVH) 对应的剂量图, 即, 在优化中使用先前获得的DVH曲线作为参考。在这种情况下, 优化旨在实现给定ROI中的下述剂量分布: 所述剂量分布不需要在空间上尽可能接近于空间剂量图, 但是其DVH尽可能类似于或者尽可能少地高于/低于剂量图的DVH。

[0022] 模拟还可以涉及不止一个剂量图。优选地基于下述中的一种或多种获得一个或多个剂量图:

[0023] a. 临床目标的剂量水平或体积水平

[0024] b. 先前为当前患者或其他患者创建的手动计划

[0025] c. 基于知识的预测

[0026] 该方法优选地包括确定用于剂量图的至少一次调整的方向和幅度的步骤, 确定所述方向和幅度旨在实现更接近于满足临床目标的结果的剂量分布。

[0027] 可以通过为至少一个体素设定至少一个新的剂量值来执行剂量图的调整。替代性地, 通过为至少一个体素设定至少一个新的重要性权重来执行剂量图的调整。另一选择是通过调整患者体内的至少一个体素的靶标DVH曲线来调整剂量图。

[0028] 基于比较的结果调整至少一个区域——在该至少一个区域中优化的剂量分布不符合至少一个临床目标——中的剂量图的步骤包括: 确定至少一个体素, 其中, 对于至少部分地包括该体素的区域, 所计算的优化的剂量与至少一个临床目标有偏差; 确定偏差的方向; 以及调整该体素中的剂量图, 以对于至少部分地包括至少一个体素的区域, 迫使用于至少一个体素的剂量更接近于至少一个临床目标。

[0029] 一组临床目标优选地包括用于患者的至少两个临床目标。临床目标可以被按优先排序成至少两个优先级别, 在这种情况下, 可以基于临床目标的优先级别来确定剂量图的调整。然后可以根据具有最高优先级的临床目标来确定剂量图的调整。替代性地, 可以根据

不止一个目标例如依据目标之间的加权平均数来确定剂量图的调整。如果存在与非重叠区域相关联的目标,或者对于同一区域中偏向于在同一方向上进行调整的目标,可以根据多个目标来确定剂量图的调整。

[0030] 本发明还涉及包括计算机可读代码装置的计算机程序产品,当在处理器中运行时,该计算机可读代码装置将使处理器执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。计算机程序产品可以存储在存储器单元诸如非临时性存储器单元上。此外,本发明涉及计算机系统,该计算机系统包括处理器和程序存储器诸如非暂时性程序存储器,该程序存储器保存根据上述内容的计算机程序产品。

[0031] 本发明还涉及治疗计划系统,该治疗计划系统包括:处理器;至少一个数据存储器,该至少一个数据存储器包括用于获得治疗计划的数据,该数据包括待用于该计划的一组临床目标和至少一个剂量图;以及至少一个程序存储器,该程序存储器包括根据前述内容的计算机程序产品。

附图说明

[0032] 在下文中将通过实施例并参考附图更详细地表述本发明,在附图中,

[0033] 图1是剂量图的示意性图示,

[0034] 图2是根据本发明的实施方式的方法的流程图概述,

[0035] 图3是可以在其中实施根据本发明的实施方式的方法的计算机系统的示意性概略图。

具体实施方式

[0036] 图1是穿过患者的一部分11中的剂量图的示意性图示。第一区域13对应于靶标,并且较深的着色反应该区域应该接收高的剂量。应该接收低的剂量的、通常是处于危险中的器官的两个区域15、17被示出为没有着色。该部分的其余部分被较浅地着色,意味着剂量应该受到限制,但是不用像处于危险中的器官15、17那么严重。如将理解的,可以设定任何合适数量的不同剂量水平。另外,通常,将该部分划分为体素,并且将存在将每个体素的剂量水平指定为一数值的表格或类似物。

[0037] 图2是根据本发明的实施方式的方法的流程图概述。如将理解的,借助于计算机中的一个或多个计算机程序来执行该方法。在第一步骤S21中,基于关于患者的临床目标和数据,生成用于治疗特定患者的建议的剂量分布。建议的剂量分布规定了用于患者的每个区域的剂量值,并且通常被称为剂量图。可以使用如下文将讨论的任何合适的方法来计算该初始的剂量图。还可以使用不止一个剂量图,包括两个或更多个。例如,在本领域中公知的是使用一个上界剂量图和一个下界剂量图。

[0038] 可以以任何合适的方式、通常根据一组规则来执行步骤S21中的剂量计划,该组规则例如借助于本身已知的、例如来自W0 2014/197994的干扰技术来限定了应用的剂量、治疗计划类别和图像数据的至少一个特征之间的关系。规则可以包括通过机器学习、数学函数生成的规则,以及技术人员将熟悉的其他规则。建议的剂量图可以在大量的图像数据上限定建议的剂量。例如,基于知识的计划可以用于生成初始剂量图。替代性地,初始剂量图可以仅基于临床目标。

[0039] 可以在逐个体素的基础上指定初始剂量图或剂量图。可以通过图像的一个或多个外观特征诸如其所属的解剖结构、密度或其他特征来表征图像的每个体素或其他子区域。然后,该组规则可以用于使体素特征与治疗计划类别以及可选地其他患者特征诸如年龄或身体部位相关联。临床目标还可以用于限定等剂量或DVH曲线。

[0040] 在步骤S22中,执行剂量模拟。在本文件中使用的术语“剂量模拟”指基于剂量图(或者多个剂量图)对治疗计划进行优化,目的在于获得待评价的剂量分布。最终目标在于在一定限度内达成满足临床目标的剂量分布。可以以多种方式执行优化,例如通过补偿(penalize,惩罚、使不利)每个体素中的剂量与剂量图中的对应体素的剂量水平的偏差,并朝着找到具有尽可能低的补偿的计划进行优化。如果使用上界剂量图,则仅补偿高于其指定剂量水平的偏差。类似地,如果使用了下界剂量图,则仅补偿低于其指定剂量水平的偏差。每个体素的补偿可以具有单独的重要性权重。在回路S22-S24的第一循环中,基于模拟初始剂量图进行优化。

[0041] 步骤S23是确定是否在优化过程中执行另一回路的决策步骤。如果步骤S22中的剂量模拟结果不令人满意,则步骤S23中的答案为“是”,并且该过程将继续到步骤S24,在那里一个或多个剂量图被调整。其后,该过程返回至步骤S22,在那里基于经调整的一个或多个剂量图执行剂量模拟。如果步骤S23中的回答为“否”,则该方法继续到步骤S25,在那里治疗计划被接受。这意味着,如果在步骤S22中的结果的剂量分布被认为不足够好地满足临床目标,则调整一个或多个剂量图,使得使结果的剂量分布更接近临床目标。如果步骤S22中的结果的剂量分布被认为满足临床目标,则无需进一步调整剂量图,并且接受在步骤S22中优化的治疗计划。然后将治疗计划用于患者的治疗。

[0042] 优选地通过计算机程序自动地进行步骤S24中的剂量图的调整,以调整剂量图的一个或多个子区域中的所得剂量。例如,如果在从步骤S22得到的治疗计划中特定的体素或体素组根据临床目标接收过高的剂量,则可以减少剂量图中这些体素中的剂量。类似地,如果在从步骤S22得到的治疗计划中特定的体素或体素组根据临床目标接收太低的剂量,则可以增加剂量图中这些体素中的剂量。因此,在步骤S23或S24中,识别其中不满足临床目标的体素或区域,并确定偏差的方向和幅度,以使得能够在步骤S24中适当地调整剂量值。因此,从步骤S24输出的经调整的一个或多个剂量图可以指定一个或多个剂量图的一个或多个区域中的剂量水平,该剂量水平不对应于该区域中的实际期望剂量,而是旨在期望方向上影响剂量。

[0043] 可以通过分别为待调整的体素或体素组设定新的剂量值或者通过指定体素或体素组的增加或减少来执行剂量图的调整。替代性地,可以通过调整靶标DVH曲线来执行调整。

[0044] 可以以许多不同的方式来确定待调整的体素以及调整的幅度和方向。例如,对于规定到一区域的最小剂量的临床目标,可以选择剂量低于该水平的子区域进行调整。调整的幅度可以和与规定的剂量水平的偏差相关。对于规定到患者的一区域的某个百分比x的最小或最大剂量水平的临床目标,可以根据体素在剂量分布中的当前剂量水平对体素进行排序,并且具有最高剂量或最低剂量的x%体素可以分别被选择以进行调整,或者在如果它们未能分别达到最小剂量水平或最大剂量水平时被选择以进行调整。用于选择待被调整的体素的类似的方法可以被指定用于平均剂量目标、剂量下降目标等。

[0045] 在步骤S23中,确定结果的剂量分布是否足够好地满足临床目标,通常涉及将患者的至少一个区域的剂量分布与该区域的至少一个临床目标进行比较。如果剂量分布与至少一个临床目标偏差不超过指定的量或百分比,则认为该剂量分布满足该至少一个目标。类似地,如果剂量分布偏差超过指定的量或百分比,则认为该剂量分布不满足该至少一个目标。在一些情况下,可能满足一个区域的目标,而不满足另一区域的目标。在这种情况下,可以决定满足某些目标足以接受治疗计划,即使没有满足其他目标,使得可以在步骤S25中接受该治疗计划。替代性地,可以决定目标总体上未被满足,使得该过程应该继续到步骤S24。替代性地,如果计算资源诸如时间或所采取的可接受的步骤的数量已经用完,则可以在步骤S25中决定接受该治疗计划。

[0046] 如果对于同一子区域存在冲突的目标,则可以基于目标的优先级来确定调整的方向。例如,如果一个目标具有比另一目标更高的优先级,则可以使用具有最高优先级的目标来确定调整。替代性地,可以确定目标之间的折衷并将其用于确定调整。例如,可以应用它们的期望更新的加权平均数。如果目标具有相同的优先级别,则这尤其相关。

[0047] 图3是其中可以执行本发明的方法的用于放射疗法治疗计划和治疗的系统的示意性表示。计算机31包括:处理器33;第一和第二数据存储器34、35;以及第一和第二程序存储器36、37。优选地,还以键盘、鼠标、操纵杆、语音识别装置或任何其他可用的用户输入装置的形式呈现一个或多个用户输入装置38、39。用户输入装置还可以被布置为从外部存储器单元接收数据。

[0048] 第一数据存储器34包括临床数据和/或用于获得治疗计划的其他信息。第二数据存储器35包括待在根据本发明的实施方式的治疗计划中使用的用于一个或多个患者的一个或多个剂量图。第一程序存储器36保存本身已知的被布置成用于治疗计划优化的计算机程序。第二程序存储器37保存被布置成使计算机执行结合图2讨论的方法步骤的计算机程序。

[0049] 如将理解的,示意性示出并讨论了数据存储器34、35和程序存储器。可以存在若干数据存储器单元,每个数据存储器单元都保存一种或多种不同类型的数据,或者一个数据存储器以适当结构化的方式保存所有数据,并且同样适用于程序存储器。一个或多个存储器还可以存储在其他计算机上。例如,计算机可以仅被布置为执行方法中的一种,存在用于执行优化的另一计算机。

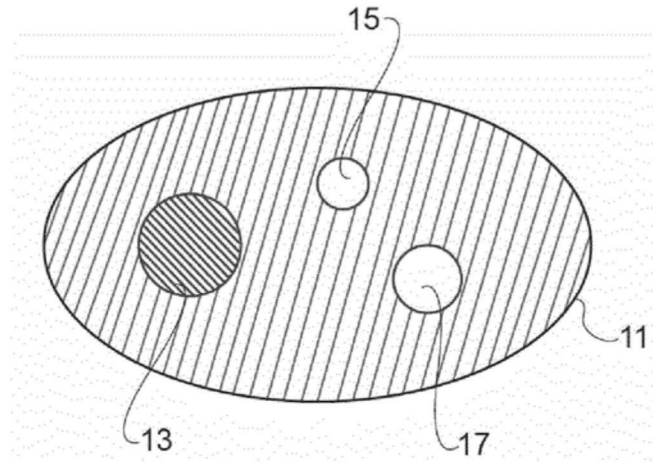


图1

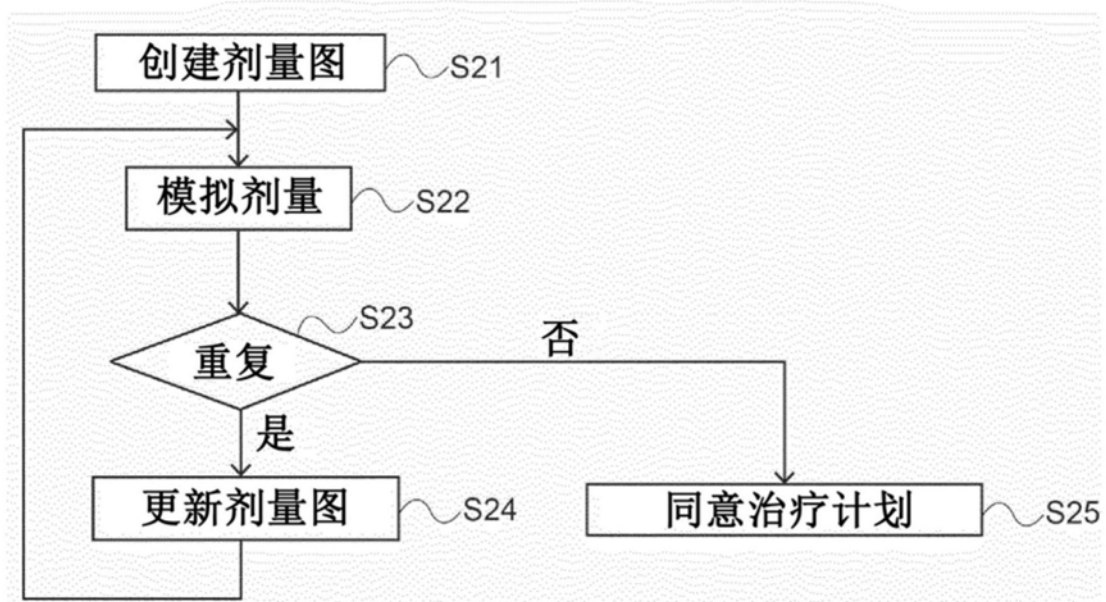


图2

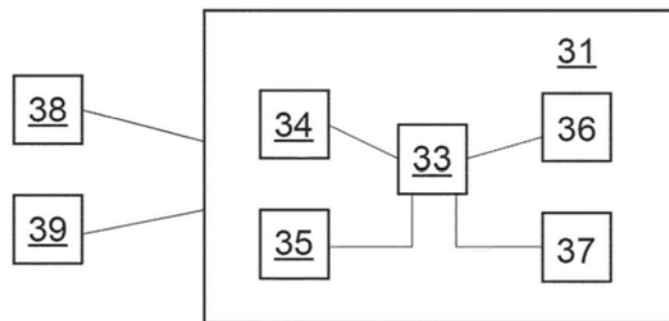


图3