



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111316318 B

(45) 授权公告日 2023.12.08

(21) 申请号 201880072511.0

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

专利代理人 刘兆君

(22) 申请日 2018.10.02

(51) Int.CI.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/33 (2017.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111316318 A

(43) 申请公布日 2020.06.19

(56) 对比文件

US 2016321803 A1, 2016.11.03

JP 2012143369 A, 2012.08.02

CN 106127753 A, 2016.11.16

CN 106296653 A, 2017.01.04

US 2010303358 A1, 2010.12.02

US 2014254900 A1, 2014.09.11

US 2014270454 A1, 2014.09.18

US 2015379694 A1, 2015.12.31

US 2016307360 A1, 2016.10.20

US 2017039685 A1, 2017.02.09

(30) 优先权数据

17194999.3 2017.10.05 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.05.08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2018/076748 2018.10.02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/068689 EN 2019.04.11

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 L·戈申

审查员 宗小淇

权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

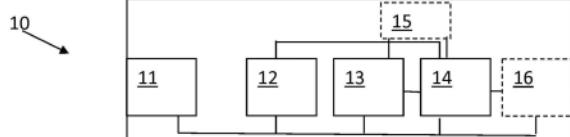
诊断成像中的图像特征注释

(57) 摘要

本发明涉及一种图像处理设备(10)，包括：数据输入部(11)，其用于接收包括被成像对象的多幅配准的体积图像的体积图像数据；噪声建模器(12)，其用于生成指示在多幅配准的体积图像中的每幅中的噪声的空间分布的噪声模型；特征检测器(13)，其用于考虑所述体积图像数据来检测多个图像特征；以及标记生成器(14)，其用于生成多个参考，所述多个参考指示所述多个检测到的图像特征的子集的特征位置，其中，所述子集对应于检测到的图像特征，所述检测到的图像特征基于分类和/或可见性准则被分类为难以在所述多幅配准的体积图像中的参考体积图像上辨别，其中，所述分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型或每个噪声模型。

B

CN 111316318 B



1. 一种图像处理设备(10),包括:

数据输入部(11),其用于接收按体素组织的体积图像数据,所述体积图像数据包括被成像对象的多幅配准的体积图像;

噪声建模器(12),其用于生成指示在所述多幅配准的体积图像中的每幅中的噪声的空间分布的噪声模型;

特征检测器(13),其用于考虑所述体积图像数据来检测多个图像特征;以及

标记生成器(14),其用于生成多个参考,所述多个参考指示检测到的所述多个图像特征的子集的特征位置,其中,所述子集对应于检测到的图像特征,所述检测到的图像特征基于分类和/或可见性准则被分类为难以在所述多幅配准的体积图像中的参考体积图像上辨别,其中,所述分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型,

其中,所述数据输入部(11)适于接收采取从单个谱计算机断层摄影采集序列获得和/或导出的所述多幅配准的体积图像的形式的所述体积图像数据,并且

其中,所述参考体积图像表示常规计算机断层摄影图像,所述常规计算机断层摄影图像从所述谱计算机断层摄影采集序列获得或从所述谱计算机断层摄影采集序列导出。

2. 根据权利要求1所述的图像处理设备,其中,所述特征检测器(13)适于识别每个检测到的图像特征的位置和尺寸,并且其中,所述标记生成器(14)适于针对每个检测到的特征通过考虑每个检测到的图像特征的识别的位置和识别的尺寸来确定多个可见性准则。

3. 根据权利要求2所述的图像处理设备,其中,所述标记生成器(14)适于在满足预定数量的所述可见性准则的情况下将检测到的图像特征分类为在所述参考体积图像上难以辨别。

4. 根据权利要求1-3中的任一项所述的图像处理设备,其中,所述标记生成器(14)适于:对至少检测到图像特征的图像中的每个图像特征估计对比度与噪声的比率,和/或针对所述参考体积图像中的每个图像特征估计对比度与噪声的比率。

5. 根据权利要求1-3中的任一项所述的图像处理设备,其中,所述标记生成器(14)适于:针对每个图像特征,计算检测到所述图像特征的图像中的所述图像特征的位置周围的区域中的体素值的标准偏差。

6. 根据权利要求1-3中的任一项所述的图像处理设备,其中,所述标记生成器(14)适于:针对每个图像特征,计算分别在所述参考体积图像中的与在至少检测到所述图像特征的图像中的所述图像特征的位置周围的区域之间的归一化互相关和/或互信息。

7. 根据权利要求1-3中的任一项所述的图像处理设备,包括分割单元(15),所述分割单元用于对与至少在检测到所述特征的图像中的检测到的特征相对应的结构执行分割。

8. 根据权利要求1-3中的任一项所述的图像处理设备,其中,所述特征检测器(13)适于针对所述多幅配准的体积图像中的每幅体积图像或其子集中的每幅体积图像计算高斯的尺寸归一化拉普拉斯算子。

9. 根据权利要求1-3中的任一项所述的图像处理设备,其中,所述噪声建模器(12)适于使用蒙特卡洛估计方法、解析方法和/或直接提取技术来估计所述噪声模型。

10. 一种包括根据权利要求1-9中的任一项所述的图像处理设备的计算机断层摄影工作站。

11. 一种包括根据权利要求1至3中的任一项所述的图像处理设备的谱计算机断层摄影

系统(100)。

12. 一种用于生成多个参考的方法(300),所述多个参考指示被分类为难以在参考体积图像上辨别的图像特征,所述方法包括:

接收(301)按体素组织的体积图像数据,所述体积图像数据包括被成像对象的多幅配准的体积图像,所述体积图像数据是从单个谱计算机断层摄影采集序列获得和/或导出的;

生成(302)指示在所述多幅配准的体积图像中的每幅中的噪声的空间分布的噪声模型;

考虑所述体积图像数据,检测(303)多个图像特征;以及

生成(304)多个参考,所述多个参考指示检测到的所述多个图像特征的子集的特征位置,其中,所述子集对应于检测到的图像特征,所述检测到的图像特征基于数值分类和/或可见性准则被分类为难以在所述多幅配准的体积图像中的参考体积图像上辨别,其中,所述分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型或每个噪声模型,并且

其中,所述参考体积图像表示常规计算机断层摄影图像,所述常规计算机断层摄影图像从所述谱计算机断层摄影采集序列获得或从所述谱计算机断层摄影采集序列导出。

13. 一种利用一条或多条计算机可执行指令编码的计算机可读存储介质,所述一条或多条计算机可执行指令在由计算系统的处理器执行时,使所述计算系统运行根据权利要求12所述的方法。

## 诊断成像中的图像特征注释

### 技术领域

[0001] 本发明涉及诊断图像的数字图像处理领域。更具体地，其涉及在多幅配准的体积图像中的图像处理和图像特征检测，例如在单次成像采集或单个成像协议中获得的对象的多幅对应的体积图像，例如，对象的多幅谱计算机断层扫描图像，并且涉及诊断图像注释。

### 背景技术

[0002] 诊断放射学的目的是完全检测成像检查中的所有异常并对其进行准确的诊断。但是，放射学检查中的回顾性错误率可能很高。总体而言，大约30%的放射学检查异常可能仍未被发现，其中放射科医师在日常实践中做出的放射学解读中的大约4%倾向于包含错误。因此，在所有针对放射科医师的医疗事故索赔中，很大一部分可能与诊断错误有关。随着医疗赔偿的减少，放射科医师可能会尝试通过承担额外的责任来提高生产率来进行补偿。增加的工作量，不断提高的质量期望，认知偏移和不良的系统因素都可能导致放射学中的诊断错误，并增加发现可能被忽略的可能性。结果，对改善诊断阅读环境和工具的需求增加。

[0003] 可用的成像模态的范围以及成像技术和协议的日益完善趋向于向放射科医师提供大量可能潜在有用图像以同时进行评估，通常以配准的多幅体积图像的形式出现，例如使得这些图像的体素与成像对象中的相同位置有关，但可以提供有关体素位置的补充信息。可以通过应用本领域中已知的配准技术来配准这样的图像，或者可以通过所涉及的成像技术和/或协议的性质来自动地配准这种图像。例如，可以一起和/或同时采集图像，以使得各图像中的每个体素在基本上相同的时间点上与成像对象中的基本上相同的位置相关。能够固有地提供配准图像的这种成像方式的示例是谱计算机断层摄影(谱CT)。使用不同的视点，这样的多个配准的或同时采集的图像可以等效地被认为是其中每个体素位置具有关联的矢量值(即，非标量)体素值的图像。尽管实际上可以在数字存储存储器中不同地存储或者可以不存储多幅配准图像和体素值图像，但是在本说明书的上下文中，多幅配准体积图像和体素值图像被认为是等价的。

[0004] 谱CT是一种扩展常规CT的功能的成像模态。例如，在双能量(DE)CT中，其是谱CT的特定配置，针对每个图像体素，在两个光子能量下同时采集两个衰减值，使得能够确定对材料的质量衰减特性的光电和康普顿贡献。这使得能够通过这些光电和康普顿贡献来识别每个体素中存在的一种或多种材料。在本领域中已知通过各种手段和方法来执行双能量CT采集，例如双源成像、快速峰值管电压(kVp)切换和/或使用双层探测器配置的成像。

[0005] 在本领域中还已知，谱CT在诸如碘的材料中表现特别好，所述材料的k边缘能量接近诊断成像能量范围的平均值。因为两个基函数的任意两个线性独立的加和都跨越了整个衰减系数空间，所以任何材料都可以通过其他两种材料(所谓基材料)(例如水和碘)的线性组合来表示。基材料图像可以被操纵以提供新的表示和/或可视化，例如单色图像、材料抵消图像、有效原子序数图像和/或电子密度图像。因此，可通过谱CT获得的额外谱信息可以增加用于分析的可用定量信息，所述定量信息可以针对扫描对象及其材料成分进行测量。

[0006] US 2010/303358公开了一种用于自动分析结构的图像数据的方法。分割三维体素

阵列形式的图像以确定体素子集,从体素子集中提取体素的特征以生成特征图,并且基于特征图生成标量差异图。借助于差异图来进行分类,并且基于所述分类来识别图像数据中的结构异常。

## 发明内容

[0007] 本发明的实施例的目的是提供一种良好且有效的手段和方法,以允许用户(例如放射线医师)评估多幅配准的体积图像,例如通过应用配准算法共同配准的和/或通过所涉及的成像技术和/或协议的性质自然配准的体积图像。

[0008] 上述目的通过根据本发明的方法和设备来实现。

[0009] 本发明实施例的一个优点是在参考图像(例如常规CT图像)中看不见或几乎看不见发现而在另一幅图像中更容易看到(例如在相应的谱CT图像中)其的情况下向用户发出警报。

[0010] 本发明的实施例的优点在于,提供了一种用于医学诊断(例如放射学和/或核医学)中使用的有效和/或高效的阅读工具。

[0011] 本发明的实施例的优点在于,与诊断图像或图像集的常规读取相比,可以减少发现被忽视的机会。

[0012] 本发明的实施例的优点在于,这些可以为用户(例如放射线医师)带来有利的低阅读时间和努力。例如,与诊断图像集的常规读取相比,可以减少读取时间和精力。

[0013] 本发明的实施例的优点在于,关于时间、努力和/或错过发现的概率的所述优点可以与谱CT特别相关,在谱CT中,可以为用户(例如放射科医师)提供相当多的谱结果。例如,在典型情况下,通常可以使用九个或更多个谱结果,例如谱图像系列。读取这些其他结果可能会显著增加读取时间和努力。

[0014] 在第一方面中,本发明涉及一种图像处理设备,所述图像处理设备包括数据输入部,所述数据输入部用于接收按体素组织的体积图像数据。所述体积图像数据包括成像对象的多幅经配准的体积图像。所述设备包括噪声建模器,所述噪声建模器用于生成至少一个噪声模型,所述噪声模型指示所述多幅经配准的体积图像中的每幅中的噪声的空间分布,例如针对多幅经配准的体积图像的每幅生成噪声模型。所述设备包括特征检测器,所述特征检测器用于在考虑体积图像数据的情况下检测多个图像特征。所述设备还包括标记生成器,用于生成多个参考,所述多个参考指示所述多个检测到的图像特征的子集的特征位置或位置和相应尺寸。该子集对应于基于分类和/或可见性准则(例如,数字分类和/或数字可见性准则)而被分类为在多幅经配准的体积图像中的参考体积图像上难以辨别的检测到的图像特征。分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型或每个噪声模型。

[0015] 在根据本发明的实施例的设备中,所述数据输入部可以适于接收以从单个谱计算机断层摄影采集序列获得和/或导出的多幅经配准的体积图像的形式的体积图像数据。

[0016] 在根据本发明的实施例的设备中,所述参考体积图像可以表示常规计算机断层摄影图像,如通过谱计算机断层摄影采集序列获得或从其导出的。

[0017] 在根据本发明实施例的设备中,所述特征检测器可以适于识别每个检测到的图像特征的位置和尺寸,并且标记生成器可以适于考虑到每个检测到的图像特征的识别的位置和识别的尺寸而针对每个检测到的特征确定多个可见性准则。

[0018] 在根据本发明的实施例的设备中,如果满足预定数量的所述可见性准则,则所述标记生成器可以适于将检测到的特征分类为难以在参考体积图像上辨别。

[0019] 在根据本发明的实施例的设备中,所述标记生成器可以适于针对检测到图像特征的图像中的每个图像特征估计对比度与噪声的比率和/或针对参考图像中的每个图像特征估计对比度与噪声的比率。

[0020] 在根据本发明实施例的设备中,所述标记生成器可以适于针对每个图像特征,计算检测到图像特征的图像中的图像特征的位置周围的区域中的体素值的标准偏差。

[0021] 在根据本发明的实施例的设备中,所述标记生成器可以适于针对每个图像特征计算分别在参考图像以及至少检测到图像特征的图像中在图像特征的位置周围的区域之间的归一化互相关和/或互信息。

[0022] 根据本发明的实施例的设备可以包括分割单元,所述分割单元用于执行与至少在检测到特征的图像中检测到的特征相对应的结构的分割。

[0023] 在根据本发明的实施例的设备中,特征检测器可以适于针对多幅体积图像中的每个或其子集中的每个计算高斯的尺度归一化拉普拉斯算子。

[0024] 在根据本发明实施例的设备中,噪声建模器可以适于使用蒙特卡洛估计方法、解析方法和/或直接提取技术来估计噪声模型。

[0025] 在第二方面中,本发明还涉及一种计算机断层摄影工作站,其包括根据本发明的第一方面的实施例的图像处理设备。

[0026] 在第三方面中,本发明还涉及一种谱计算机断层摄影系统,其包括根据本发明的第一方面的实施例的图像处理设备。

[0027] 在第四方面中,本发明还涉及一种用于生成多个参考的方法,所述多个参考指示被分类为在参考体积图像上难以辨别的图像特征。所述方法包括接收按体素组织的体积图像数据,所述体积图像数据包括成像对象的多幅配准的体积图像。所述方法包括生成指示在多幅配准的体积图像中的每幅中的噪声的空间分布的噪声模型。所述方法包括考虑体积图像数据来检测多个图像特征。所述方法包括生成多个参考,所述多个参考指示多个检测到的图像特征的子集的特征位置,其中该子集对应于被分类为在多个配准的体积图像中的参考体积图像上难以基于(例如数值)分类和/或(例如数值)可见性准则来辨别检测到的图像特征。分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型或每个噪声模型。

[0028] 在第五方面中,本发明还涉及一种用一条或多条计算机可执行指令编码的计算机可读存储介质,所述计算机可读指令在由计算系统的处理器运行时使计算系统执行根据本发明的第四方面的实施例的方法。

[0029] 在所附的独立和从属权利要求中陈述了本发明的特定和优选的方面。来自从属权利要求的特征可以适当地与独立权利要求的特征以及其他从属权利要求的特征相结合,而不仅仅是权利要求中明确提出的特征。

[0030] 参考下文描述的实施例,本发明的这些和其他方面将变得显而易见并得以阐述。

## 附图说明

[0031] 图1示意性地示出了根据本发明实施例的设备。

[0032] 图2示出了根据本发明的实施例的计算机断层摄影(CT)图像和从所述计算机断层

摄影图像生成的噪声图像。

[0033] 图3示出了常规的CT图像，并且图4示出了根据本发明的实施例的在40keV的具有在其上指示的多个参考的相应的单能量谱图像。

[0034] 图5示出了常规的CT图像，并且图6示出了根据本发明的实施例的在40keV的具有在其上指示的多个参考的相应的单能量谱图像。

[0035] 图7示出了常规的CT图像，并且图8示出了根据本发明的实施例的在40keV的的相应的单能量谱图像。

[0036] 图9示出了根据本发明实施例的计算机断层摄影系统。

[0037] 图10示出了根据本发明实施例的示例性方法。

[0038] 附图仅是示意性的并且是非限制性的。在附图中，一些元素的尺寸可能是夸大的并且出于说明性目的没有按尺寸绘制。

[0039] 权利要求书中的任何附图标记不应被解释为对范围的限制。

[0040] 在不同的附图中，相同的附图标记指代相同或相似的元件。

## 具体实施方式

[0041] 以下将关于特定实施例并且参考特定附图来描述本发明，但本发明并不局限于其，而是仅由权利要求来限定。所描述的附图仅是示意性的并且是非限制性的。在附图中，一些元素的尺寸可能是夸大的并且出于说明性目的没有按尺寸绘制。尺寸和相对尺寸不对应于实施本发明的实践的实际减小。

[0042] 此外，说明书和权利要求书中的术语第一、第二等用于在相似元件之间进行区分，而不必用于在时间、空间、排序上或以任何其他方式描述顺序。应理解，如此使用的术语在适当的情况下是可互换的，并且本文描述的本发明的实施方案能够用不同于本文描述或说明的其他顺序操作。

[0043] 此外，说明书和权利要求中的术语顶部、下方等用于描述目的，而不一定用于描述相对位置。应理解，如此使用的术语在适当的情况下是可互换的，并且本文描述的本发明的实施方案能够用不同于本文描述或说明的其他顺序操作。

[0044] 应注意，在权利要求中使用的术语“包括”不应被解释为限于此后列出的装置；其不排除其他元素或步骤。因此，应被解释为指定所提及的所陈述特征，整数，步骤或部件的存在，但并不排除一个或多个其他特征，整数，步骤或部件或其组的存在或增加。因此，表述“包括单元A和B的设备”的范围不应限于仅由部件A和B组成的设备。这意味着对于本发明，设备的仅相关部件是A和B。

[0045] 贯穿本说明，对“一个实施例”或“实施例”的引用意味着结合所述实施例描述的特定特征、结构或特性被包括在本发明的至少一个实施例中。因此，在整个说明书中各处出现的短语“在一个实施例中”或“在实施例中”不一定全都指代同一实施例，而是可能指代同一实施例。此外，在一个或多个实施例中，特定特征、结构或特性可以以任何适当的方式组合，这对于本领域的普通技术人员而言，根据本公开将是显而易见的。

[0046] 类似地，应当理解，在本发明的示例性实施例的描述中，有时将本发明的各种特征组合在单个实施例、附图或其描述中，以简化公开并帮助理解各种发明方面的一个或多个。但是，所述公开方法不应解释为反映了这样的意图，即要求保护的发明需要比每个权利要

求中明确记载的特征更多的特征。相反,如所附权利要求所反映的,本发明的各方面在于在少于单个前面公开的实施例的所有特征。因此,详细说明之后的权利要求特此明确地并入该详细说明中,其中每个权利要求独立地作为本发明的独立实施例。

[0047] 此外,尽管本文描述的一些实施例包括其他实施例中包括的一些特征但不包括中一些特征,但是不同实施例的特征的组合意在在本发明的范围内,并且形成不同的实施例,如本领域技术人员将理解的。例如,在下面的权利要求中,任何要求保护的实施例可以以任何组合使用。

[0048] 在本文提供的描述中,阐述了许多具体细节。然而,应当理解,可以在没有这些具体细节的情况下实践本发明的实施例。在其他情况下,未详细示出公知的方法、结构和技术,以免掩盖对本说明书的理解。

[0049] 在第一个方面中,本发明涉及一种图像处理设备,所述图像处理设备包括:数据输入部,其用于接收按体素组织的体积图像数据,其中,所述体积图像数据包括成像对象的多幅配准的体积图像。所述设备包括:噪声建模器,其用于生成指示多幅配准的体积图像中的噪声的空间分布的噪声模型;以及特征检测器,其用于考虑所述体积图像数据来检测多个图像特征。所述设备还包括标记生成器,所述标记生成器用于生成多个参考,所述多个参考指示多个检测到的图像特征的子集的特征位置,其中所述子集对应于被分类为在多个配准的体积图像中的参考体积图像上难以基于(例如数值)分类或(例如数值)可见性准则来辨别检测到的图像特征。所述分类和/或准则考虑了所述噪声模型。

[0050] 在本发明的实施例中提及“配准的体积图像”时,是指如下的图像,在所述图像中,对应的体素位置提供关于成像对象中的共同位置的补充信息。配准的体积图像可以通过图像配准算法的应用获得和/或可以通过成像技术固有地获得,所述成像技术同时或一起获得每个成像的体素位置的非标量数据。

[0051] 参照图1,示意性地示出了根据本发明实施例的图像处理设备10。图像处理设备可以包括计算设备,例如被编程用于提供如下所述的功能的计算机。计算设备可以包括被配置用于提供预期功能的可配置硬件设备,例如现场可编程门阵列,或者可以包括专门设计用于提供预期功能的专用电路。计算设备可以包括设计的硬件、配置的硬件和/或用于在通用硬件上运行的软件的任何组合。

[0052] 因此,如下文所述,根据本发明的实施例的图像处理设备10的部件不一定对应于这样的设备的物理上分离的实体,例如,物理上可分离的部件,而是可以指代在其中实现用于在通用计算机上运行的计算机代码的软件构造。

[0053] 所述设备包括数据输入部11,所述数据输入部11用于接收按体素组织的体积图像数据。特别地,所述数据输入部可以包括数字通信电路,例如计算机网络接口,无线传输接口或数字数据总线接口,用于从诸如谱CT扫描器或用于重建由谱CT扫描器提供的CT图像的重建器的外部源接收数据。所述数据输入部可以包括虚拟接口,用于从在共享硬件平台上实现的另一个软件部件(例如在同一台计算机上运行的另一个软件部件,例如用于重建频谱CT图像数据的软件部件)接收数据。这样的虚拟接口可以例如包括应用编程接口,共享存储器资源或使用文件系统标准存储在数据载体上的文件。所述数据输入部可以包括用于访问数据载体的接口,例如光盘读取器、用于访问USB数据存储介质的通用串行总线(USB)连接、磁盘读取器或便携式闪存驱动器读取器。数据输入部可以包括本文中以上提及的单

元和/或本领域已知的其他适合于接收数字体积图像数据的设备的任意组合。

[0054] 体图像数据按体素被组织,例如包括链接到扫描对象(例如,扫描对象)中的对应体素位置的多个数据值。体积图像数据因此可以包括按体素组织的重建图像数据,例如,表示被扫描的对象关于三维坐标系的不同位置。体积图像数据还可包括从例如按体素组织的这种重建图像数据中导出(例如,计算出)的体积图像数据。

[0055] 体积图像数据包括成像对象(例如,对象的身体的一部分)的多幅配准的体积图像。特别地,体积图像数据可以包括诊断性体积图像,例如在放射学和/或核医学的医学分析中获得的体积图像。

[0056] 数据输入部11可以适于接收采取单个谱计算机断层摄影采集序列获得和/或导出的多幅经配准的体积图像的形式的所述体积图像数据。换句话说,多幅配准的体积图像可以是多幅3D谱CT图像,例如,从单个谱CT检查获得的重建的3D谱CT图像。3D谱CT图像可以包括常规CT图像,例如,从表示常规非谱CT扫描的谱数据获得的图像。3D谱CT图像可以包括单色图像、诸如碘图的材料图像、虚拟非对比度图像、有效原子序数图像、材料消除图像、电子密度图像和/或其他可从谱CT扫描导出的类似图像。例如,多幅图像可以通过本领域已知的双能量扫描方法获得或从中获得,例如,通过具有双源配置的CT扫描器,其适合于执行快速kVp切换扫描和/或具有双层探测器配置。

[0057] 每个体素可以具有与其相关联的值,例如灰度值,诸如以亨氏单位表示的值,其指示在与体素相对应的位置处的被扫描物体的衰减特性,例如,指示放射线密度,例如相对放射线密度。体积图像数据可以包括例如与每个体素位置有关的与相同体素位置相关联的至少两个不同的灰度值。至少两个不同的灰度值中的每一个因此可以指示在对应的体素位置处的不同的衰减特性,例如,对于穿透电离辐射的不同质量。穿透电离辐射的不同质量在平均和/或峰值光子能量上可能存在足够的差异,因此不同的衰减特性可能会受到明显不同的光电效应和康普顿效应的影响,例如指示对象体内的不同组织和/或组织属性。然而,不同的灰度值不必对应于或限于与对象为了采集图像数据而被暴露的穿透电离辐射的质量直接相关的衰减特性。例如,不同灰度值中的至少一个(例如,对于每个体素)可以表示未直接观察到但通过组合和/或操纵直接采集或重建的图像来推断的抽象的材料特性。例如,在一些实施例中,每个体素的不同标量值可以对应于任意基础分解,而不是对应于电离辐射的物理能谱和/或用于扫描对象的探测器特性。例如,这样的标量值可以形成80kVp和/或120kVp的分量图像、水材料、骨材料和/或碘图像和/或单色虚拟图像。

[0058] 在实施例中,多幅配准的体积图像可以包括体积磁共振图像、体积计算机断层摄影图像、体积核医学图像、体积回波描记图像和/或其他体积诊断图像(例如医学图像)。多幅配准的体积图像可以包括多模态图像或通过单个成像模态获得的不同体积图像。

[0059] 设备10包括噪声建模器12,所述噪声建模器12用于生成噪声模型,例如,数据集噪声模式n,例如,噪声估计图或图像,所述噪声模型指示在所述多幅配准的体积图像中的每幅图像中的噪声的空间分布。参照图2,示出了体积CT图像21的示例性切片和噪声估计图22的对应切片。噪声建模器12可以适于使用本领域已知的蒙特卡洛估计方法、解析方法和/或直接提取技术来估计噪声模型。例如,噪声建模器12可以适于实现Wunderlich and Noo, "Image Covariance and Lesion Detectability in DirectFan-Beam X-Ray Computed Tomography," Phys. Med. Biol. 53 (2008), 2472-2493中所公开的,和/或专利申请US 2017/

0039685中所公开的和/或专利US8938110中公开的噪声估计,其通过引用并入本文。然而,本文中也预期其它方法。

[0060] 所述设备10还包括特征检测器13,所述特征检测器用于在考虑体积图像数据的情况下检测多个图像特征。多个图像特征可以例如至少潜在地对应于病变、囊肿、肿瘤、患病组织和/或结构或纹理的局部偏差。因此,所述特征可以识别(例如,对应于)图像中的关键点,其可以是感兴趣结构的潜在位置。

[0061] 可以通过对多幅体积图像,或多幅体积图像的子集进行联合分析,或者对多幅体积图像中的每幅或一些体积图像进行单独分析,来检测特征。

[0062] 检测多个图像特征可以包括识别每个检测到的图像特征的位置,或者位置和尺寸。

[0063] 例如,特征检测器13可适于例如针对多幅体积图像中的每个或其子集中的每个来实施区域或斑点检测方法,例如在Lindeberg, Tony, "Feature detection with automatic scale selection," International journal of computer vision 30.2(1998):79-116中,在Lowe, David G., "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," International journal of computer vision 60.2(2004):91-110中,和/或在Matas, Jiri等人的"Robust wide-baseline stereo from maximally stable extremal regions," Image and vision computing 22.10(2004):761-767中所公开的,其通过引用并入本文。然而,本文中也预期其它方法。

[0064] 例如,特征检测器13可适于例如针对多幅体积图像中的每幅或其子集中的每幅计算斑点检测空间滤波器和/或应用斑点检测方法,例如高斯滤波器的拉普拉斯算子,高斯滤波器的差分,哈里斯滤波器,哈里斯-拉普拉斯滤波器,蒙哥安培方法,黑森拉普拉斯滤波器,仿射自适应差分斑点检测滤波器,基于分水岭的斑点检测,最大稳定的极值区域(MSER)检测和/或类似于SIFT或SURF的本地方法。

[0065] 例如,可以通过例如应用以下方法为多幅体积图像中的每幅图像或其子集中的每幅计算高斯拉普拉斯算子(LoG)。

$$\nabla^2 L = L_{xx} + L_{yy} + L_{zz},$$

[0067] 其中,  $L(x, y, z; \sigma) = g(x, y, z, \sigma) * f(x, y, z)$ ,

[0068] 其中,  $f$  指示要操作的体积图像,  $g$  指示高斯核函数, 并且  $*$  指示卷积算符。

[0069] 可以例如通过计算尺寸归一化的LoG(例如  $\sigma^2 \nabla^2 L$ )来归一化结果, 其中  $\sigma$  表示结构尺寸因子, 以实现尺寸不变分析。

[0070] 可以通过特征的位置来检测和识别特征,  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ , 例如它们的位置和结构尺寸因子  $\sigma$ , 例如, 通过

$$[\text{0071}] \quad (\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}; \hat{\sigma}) = \operatorname{argmin}_{x, y, z, \sigma} \sigma^2 \nabla^2 L$$

[0072] 所述设备还可以包括分割单元15,所述分割单元用于至少在检测到特征的图像中执行与检测到的特征相对应的结构的分割,例如,在多幅图像中的联合分割。例如,可以根据本领域中已知的分割方法来执行分割。分割可以特定于检测到的位置周围的区域。分割可以限于(例如通过检测到的尺寸确定的)检测到的位置周围的区域。

[0073] 在参考特征检测器13在其上操作的多幅体积图像的子集的情况下,所述子集可以特别地排除本文中以下所指的参考体积图像。

[0074] 所述设备还包括标记生成器14,所述标记生成器用于生成多个参考,所述多个参考指示多个检测到的图像特征的子集的特征位置,其中所述子集对应于被分类为在多个配准的体积图像中的参考体积图像上难以基于(例如数值)分类和/或(例如数值)可见性准则、分类和/或考虑了噪声模型的准则来辨别的检测到的图像特征。

[0075] 例如,参考体积图像可以表示从谱计算机断层摄影采集序列获得或导出的常规计算机断层摄影图像,例如虚拟非对比度图像。同样,上文所提及的体积图像的子集可以是其他谱图像。

[0076] 因此,在此步骤中,可以分析特征(例如潜在感兴趣的关键点)并识别警报,例如在以下情况下,在参考图像(例如常规图像或虚拟非对比图像)中看不到或几乎看不到发现,而可以在其余图像之一(例如谱结果)中更容易看到。

[0077] 标记生成器14可以适于考虑到每个检测到的图像特征的识别位置和识别尺寸,为每个检测到的特征确定可见度准则。

[0078] 标记生成器14可适于通过应用本领域中已知的机器学习方法来执行(例如,数值)分类,例如,深度学习方法、随机森林方法和/或支持向量机方法,实施例不限于此。例如,分类器或分类算法可以通过使用监督学习技术(例如,基于注释的病例组)通过训练来获得。

[0079] 标记生成器14可以适于估计至少在其中检测到特征的图像i中的每个图像特征的对比度与噪声比(CNR)。例如,

$$[0080] CNR_s = \frac{|C_A - C_B|}{n(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})},$$

[0081] 可以被计算,其中,|…|表示绝对值,  $n(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  是点  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  处的噪声,例如通过噪声模型获得的噪声,例如,对于图像i的检测到的特征,  $C_A$  是图像i中的围绕点  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  的球体的中位体素值,并且  $C_B$  图像i中的围绕点  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  的球壳的中位体素值,例如,其中球的半径等于或小于球壳的内半径。例如,球体的半径可以为  $\hat{\sigma}\sqrt{3}$ ,球壳的内半径为  $\hat{\sigma}\sqrt{3}$ ,并且外半径为  $\sqrt{3}\sqrt{2}\hat{\sigma}$ 。替代地,代替所述球体,可以使用由分割单元确定的区域,并且可以代替球壳,使用由分割单元确定的区域周围的区域。

[0082] 标记生成器14可以适于计算图像i中的点  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  周围的球体中体素值的变化标准偏差  $STD_s$ 。例如,所述球体可以具有与用于计算CNR的球体相对应的半径,例如  $\hat{\sigma}\sqrt{3}$ 。替代地,代替所述球体,可以使用由分割单元确定的区域。

[0083] 此外,标记生成器14可以适于在参考图像V中估计特征的对比度与噪声之比。可以与针对另一图像i中的该特征计算CNR基本相同的方式针对参考图像V计算该CNR。例如,

$$[0084] CNR_c = \frac{|C_A - C_B|}{n(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})},$$

[0085] 可以被计算,其中,|…|指示绝对值,  $n(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  是点  $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$  处的噪声,例如

通过噪声模型获得的噪声,例如,对应于的图像V的检测到的特征,C<sub>A</sub>是图像V中的围绕点( $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ )的球体的中位体素值,并且C<sub>B</sub>是图像V中的围绕点( $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ )的球壳的中位体素值,例如,其中球的半径等于或小于球壳的内半径。例如,球体的半径可以为 $\hat{\sigma}\sqrt{3}$ ,球壳的内半径为 $\hat{\sigma}\sqrt{3}$ ,并且外半径为 $\sqrt{3}\sqrt{2}\hat{\sigma}$ 。

[0086] 替代地,代替所述球体,可以使用由分割单元确定的区域,并且可以代替球壳,使用由分割单元确定的区域周围的区域。

[0087] 标记生成器14可以适于计算分别在参考图像V与至少在其中检测到特征的图像i中点( $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ )周围的球体之间归一化互相关NCC。例如,这些球体可能具有半径 $\hat{\sigma}\alpha$ ,例如,其中,α是可控制的参数,例如可配置的参数。替代地,代替所述球体,可以使用由分割单元确定的区域。

[0088] 标记生成器14可以适于计算分别在参考图像V与至少在其中检测到特征的图像i中点( $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ )周围的球体之间互信息MI。例如,这些球体可能具有半径 $\hat{\sigma}\beta$ ,例如,其中,β是可控制的参数,例如可配置的参数。替代地,代替所述球体,可以使用由分割单元确定的区域。

[0089] 标记生成器14可以适于考虑到每个检测到的图像特征的识别位置和识别尺寸,为每个检测到的特征确定多个可见度准则。

[0090] 标记生成器14可以适于在例如满足预定数量(例如,一个可见性准则)的情况下,将检测到的特征分类为难以在参考体积图像上辨别。

[0091] 所述多个可见性准则可以包括:

[0092]  $\hat{\sigma}\sqrt{3} \ CNR_c < t_1,$

[0093]  $\hat{\sigma}\sqrt{3} \ CNR_s > t_2,$

[0094]  $\frac{CNR_s}{CNR_c} > t_3,$

[0095]  $\hat{\sigma}\sqrt{3} (CNR_s - CNR_c) > t_4,$

[0096]  $\hat{\sigma}\sqrt{3} \ CNR_c > t_5,$

[0097]  $\frac{STD_s}{n(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})} < \frac{STD_s}{n(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})} < t_6,$

[0098]  $V(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) > V(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) > t_7,$

[0099]  $V(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) < V(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) < t_8,$

[0100] NCC<NCC< $t_9$ ,和/或

[0101] MI<MI< $t_{10}$ ,

[0102] 其中, $t_1$ 到 $t_{10}$ 是指预定或可控制的(例如可配置的)阈值。

[0103] 标记生成器可适于排除在参考体积图像上被分类为难以识别的交叠的检测到的特征,例如除了一个以外全部排除,作为检测到的区域的代表。

[0104] 标记生成器可适于基于针对图像i确定的CNR与针对参考图像V确定的CNR之比,

$\frac{CNR_s}{CNR_c}$ , 排除检测到的特征, 例如基于这些比率的排名。例如, 可以仅报告预定或可配置数量k个最高排名的CNR比率。

[0105] 该设备可以包括输出单元16, 用于输出(例如显示)具有在其上指示的多个参考的位置的参考图像。此外, 任选地, 参考图像上的多个参考的指示也可以指示检测到的特征尺寸。参照图3至图4, 分别示出了常规CT图像, 例如虚拟非对比度图像, 以及40keV的单能谱图像, 其中, 后者上的圆圈指示所生成的多个参考。例如, 每个圆的中心可以指示相应的位置, 并且每个圆的半径可以指示特征尺寸, 例如可以与发现半径成比例。类似地, 图5和图6示出了另一个示例, 即在40keV的在其上具有标记的所生成的多个参考的分别的常规CT图像和单能谱图像。在这些示例中, 选择常规CT图像作为参考图像, 并在单能谱图像中检测到感兴趣特征。应当注意, 在根据本发明的实施例中, 可以在常规CT图像上指示多个参考。然而, 为了强调和易于解释, 在这些示例中, 在单能谱图像上指示了参考。在另一个类似的示例中, 如图7和图8所示, 即使可以在图8所示的40keV单能谱图像中找到特征, 也不生成参考, 例如可以考虑特征的可见性在常规的CT图像中已足够。这图示了, 在特征检测算法通常可以在复杂图像中生成误报时, 有利地, 例如在本示例中, 这不需要暗示生成了用于引起用户注意的多余参考。

[0106] 在第二方面中, 本发明的实施例还涉及一种计算机断层摄影工作站, 其包括根据本发明的第一方面的实施例的图像处理设备。例如, 工作站可以适于在阅读环境中可视地呈现由标记生成器生成的参考。例如, 可以例如在查看工作站上的图像时实时地生成参考。

[0107] 本发明的实施例还涉及一种计算机断层摄影控制台, 其包括根据本发明的第一方面的实施例的图像处理设备。例如, 可以将参考生成为预处理, 以便以后在工作站上进行评估。此外, 控制台可以适于自动生成其中检测到参考的谱结果。

[0108] 在第二方面中, 本发明的实施例还涉及一种谱计算机断层摄影系统, 其包括根据本发明的第一方面的实施例的图像处理设备。例如, 本发明的实施例可以涉及谱计算断层摄影系统, 诸如以下相对于图9描述的成像系统100。

[0109] 图9图示了包括谱计算机断层摄影(Spectral CT)扫描器的成像系统100。成像系统100可以包括大致固定的机架102和旋转机架104。旋转机架104可以由固定机架102可旋转地支撑, 并且可以围绕检查区域106绕纵轴Z旋转。

[0110] 诸如X射线管的辐射源108可以由旋转机架104可旋转地支撑, 例如以便与该旋转机架104一起旋转, 并且可以适于发射穿过检查区域106的多能量辐射。辐射源108可以包括或包含单个宽谱X射线管。备选地, 辐射源可以适于在扫描期间可控制地在至少两个不同的光子发射谱之间切换, 例如在至少两个不同的峰值发射电压(例如80kVp, 140kVp等)之间切换。在另一变型中, 辐射源108可以包括两个或更多个X射线管, 其被配置为发射具有不同平均谱的辐射。在另一个变体中, 辐射源108可以包括以上各项的组合。

[0111] 辐射敏感探测器阵列110可以在检查区域106对面与辐射源108相对, 对向一角度弧。阵列110可包括沿Z轴方向相对于彼此布置的一行或多行探测器。阵列110可适于检测穿过检查区域106的辐射, 并且生成指示其的信号。阵列110可以包括双能量探测器, 所述双能量探测器具有至少两个具有不同的X射线能量灵敏度的辐射敏感探测器元件, 例如, 至少两个闪烁体和具有相应的光学灵敏度的至少两个相应的光电传感器。辐射敏感探测器阵列

110可以替代地或额外的地包括直接转换探测器,例如CdTe、CdZnTe或本领域已知的其他直接转换探测器。

[0112] 该系统可以包括用于重建由探测器阵列110输出的信号的重建器112。这可以包括将信号分解成各种能量相关的分量。重建器112可以适于重建依赖于能量的分量并生成与一个或多个不同能量相对应的一幅或多幅图像。重建器112还可以组合依赖于能量的分量以生成非谱图像数据。

[0113] 该系统可以包括用于支撑检查区域中的对象或对象的对象支撑件113,例如卧榻。该系统还可以包括操作者控制台114,例如被编程为控制或监视系统100和/或用于为操作者提供用户接口的通用计算机。控制台114可以包括:人类可读输出设备,例如监视器或显示器;以及输入设备,例如键盘和鼠标。驻留在控制台114上的软件可以允许操作者经由图形用户界面(GUI)或以别的方式与扫描器100交互。该交互可以包括选择谱成像协议或非谱成像协议,启动扫描等。

[0114] 成像系统100可以可操作地连接到工作站,例如,诸如计算机的计算系统116,所述工作站可以包括用于促进与谱CT扫描器的通信的输入/输出(I/O)接口118。成像系统100可以包括计算系统116作为系统级集成部件,或者成像系统100可以适于与独立计算系统116通信,例如以将图像数据传输到计算系统116。

[0115] 计算系统116可以还包括输出设备120。一个或多个输出设备可以包括例如显示监视器、胶片打印机、纸打印机和/或用于音频反馈的音频输出。该计算系统还可以包括输入设备122或输入设备,诸如鼠标、键盘、触摸接口和/或语音识别接口。计算系统116还可以包括至少一个处理器124,例如中央处理单元(CPU),微处理器,用于处理的专用专用集成电路(ASIC)和/或适当配置的可编程硬件处理器,例如现场可编程门阵列。所述计算系统可以包括计算机可读存储介质126,例如,非瞬态存储器,例如物理数字存储器。计算机可读存储介质126可以存储计算机可读指令128和数据130。至少一个处理器124可以适于执行计算机可读指令128。至少一个处理器126还可以执行由信号、载波或其他瞬态介质承载的计算机可读指令。替代地或额外地,所述至少一个处理器可以被物理地配置为例如全部或部分地嵌入指令128,而不必要求例如通过现场可编程门阵列或专用于配置为ASIC的ASIC的配置来存储这些指令以执行至少一部分指令。

[0116] 可以例如根据上文中提到的计算机可读指令来对计算系统进行编程,以实现根据本发明的第一方面的实施例的图像处理设备10。

[0117] 指令128可以包括用于执行根据本发明的第四方面的实施例的方法的图像处理算法132。

[0118] 在另一方面中,本发明的实施例还涉及一种用于生成多个参考的方法,所述多个参考指示被分类为在参考体积图像上难以辨别的图像特征。所述方法包括接收按体素组织的体积图像数据,其中,所述体积图像数据包括成像对象的多幅配准的体积图像。所述方法包括:生成指示多幅配准的体积图像中的每幅中的噪声的空间分布的噪声模型;以及考虑体积图像数据来检测多个图像特征。所述方法还包括生成多个参考,所述多个参考指示多个检测到的图像特征的子集的特征位置,其中,所述子集对应于被分类为在多个配准的体积图像中的参考体积图像上难以基于(例如数值)分类和/或(例如数值)可见性准则来辨别检测到的图像特征。分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型或每个噪声模型。

[0119] 相对于以上提供的与本发明的第一方面的实施例有关的描述,根据本发明的实施例的方法的细节应是清楚的。特别地,由根据本发明的实施例的设备执行的功能应被理解为构成根据本发明的实施例的方法的相应步骤和/或特征。

[0120] 图10图示了根据本发明实施例的示例性方法300。

[0121] 所述方法300包括接收按体素组织的体积图像数据301,其中,所述体积图像数据包括成像对象的多幅配准的体积图像。例如,接收体积数据301可以包括接收参考图像,例如常规CT图像,例如虚拟非对比度图像,以及多个谱图像,例如谱结果。该常规CT图像和这些谱图像可以通过谱CT采集和重建来获得。

[0122] 该方法包括生成302噪声模型,例如多个噪声模型,所述噪声模型指示在多幅配准的体积图像的每幅中的噪声的空间分布。

[0123] 所述方法包括:考虑到体积图像数据,检测303多个图像特征,例如感兴趣的关键点。

[0124] 所述方法还包括生成304多个参考,例如频谱警报,所述多个参考指示多个检测到的图像特征的子集的特征位置,其中,所述子集对应于被分类为在多个配准的体积图像中的参考体积图像上难以基于(例如数值)分类和/或(例如数值)可见性准则来辨别检测到的图像特征。分类和/或可见性准则考虑了所述噪声模型或每个噪声模型。

[0125] 所述方法还可以包括输出305参考,例如谱结果。例如,这可以包括显示用参考注释的参考图像。这还可以包括提供用户界面,所述用户界面用于使用户能够选择参考,例如谱警报,并且响应于这种选择,显示多幅图像中的另一幅图像,例如显示其中检测到特征的图像。

[0126] 在另一方面中,本发明还涉及一种用一条或多条计算机可执行指令编码的计算机可读存储介质,所述计算机可读指令在由计算系统的处理器运行时使计算系统执行根据本发明的实施例的方法。

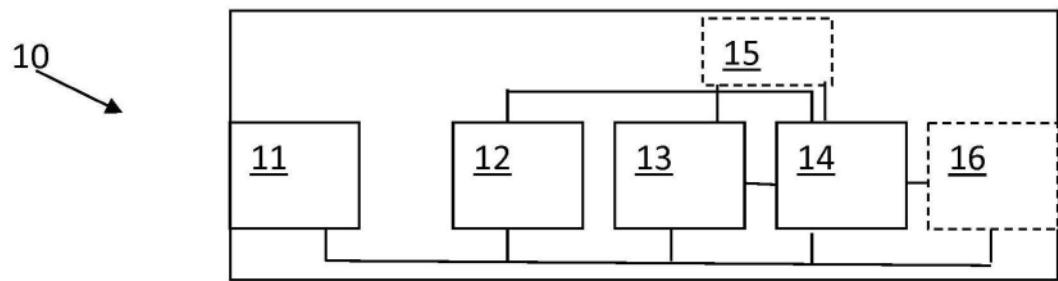


图1

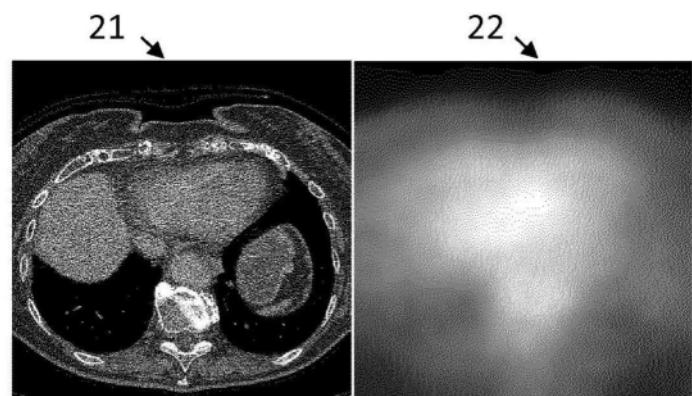


图2



图3

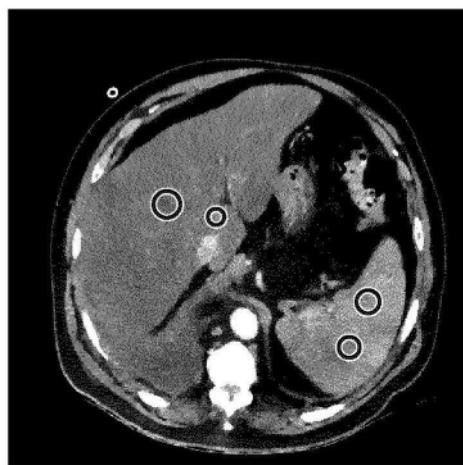


图4

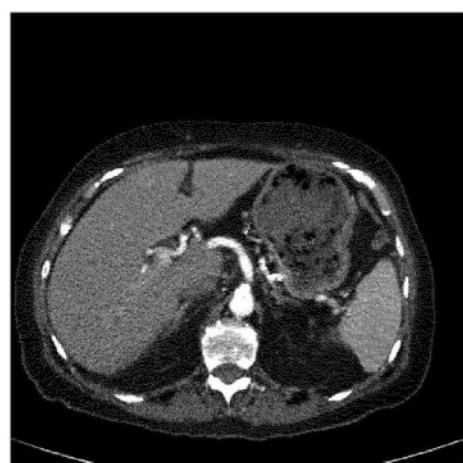


图5



图6

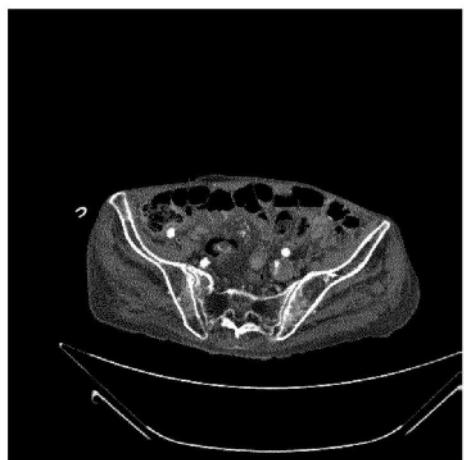


图7



图8

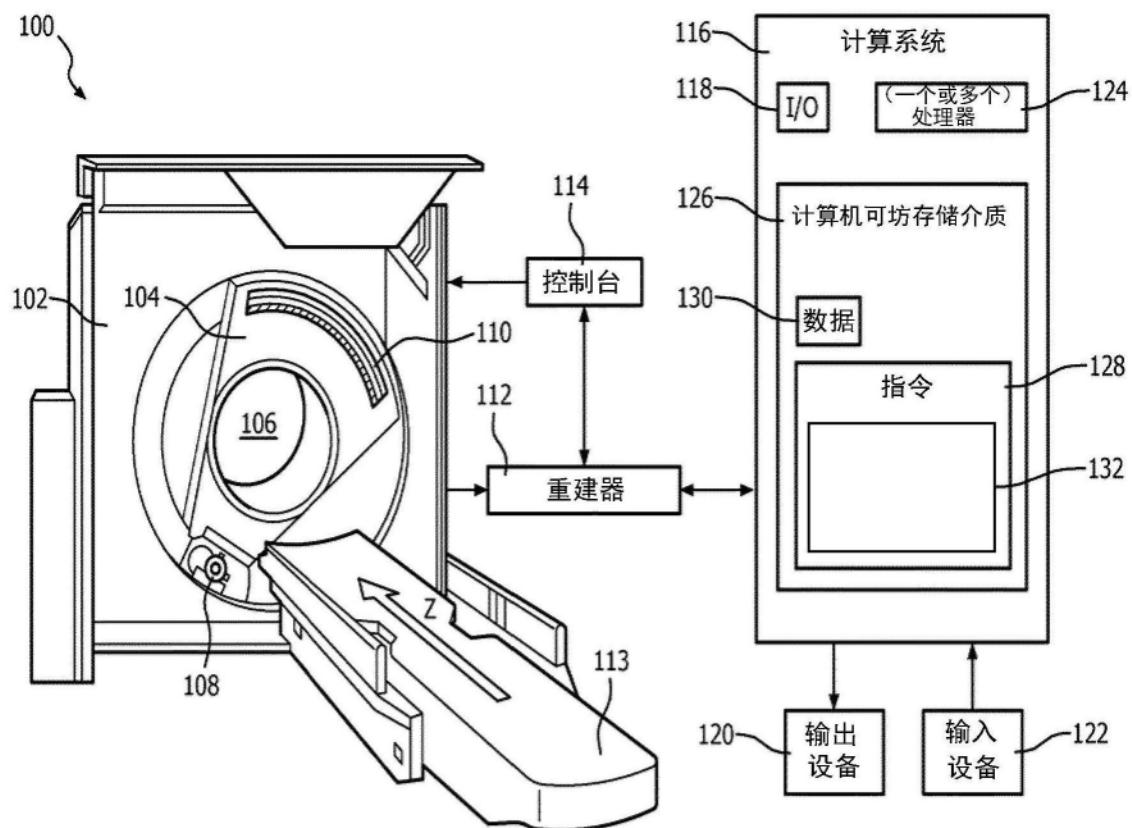


图9

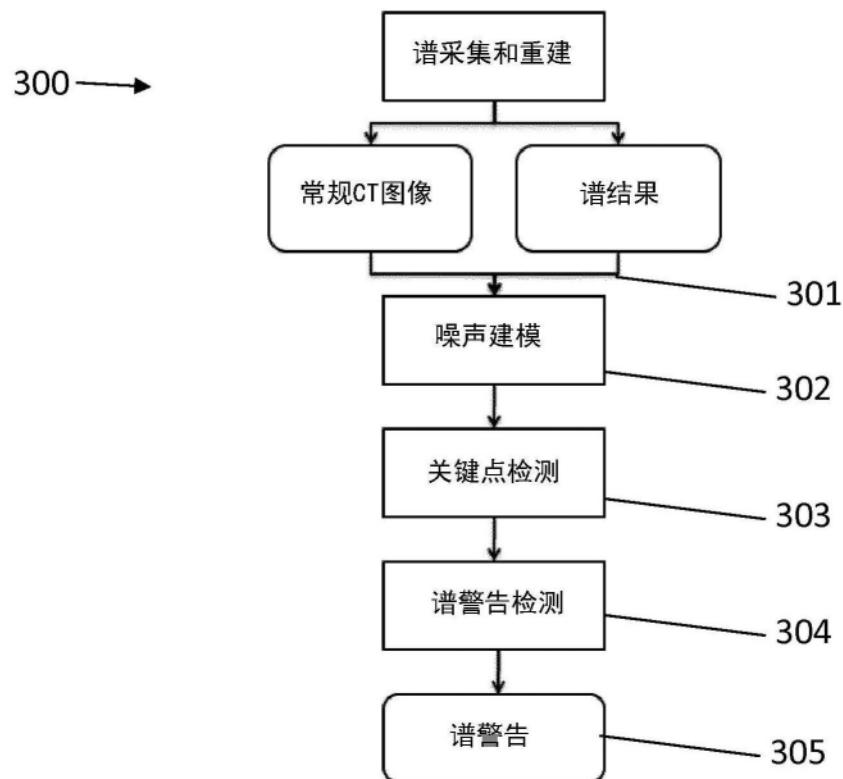


图10