(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116648719 A
(43)申请公布日 2023.08.25

(21)申请号 202180085932.9

(22)申请日 2021.11.15

(30)优先权数据
21159884.2 2021.03.01 EP
63/115,950 2020.11.19 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.06.19

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2021/081632 2021.11.15

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/106331 EN 2022.05.27

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 R·维姆科 A·C·达南特瓦里

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 李光颖

(51)Int.Cl.
G06T 5/50(2006.01)

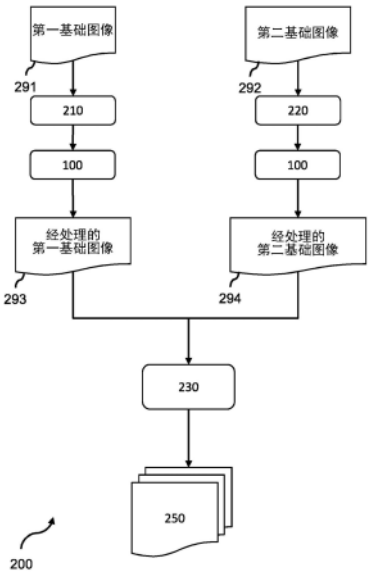
权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

对医学图像中的标记元素的抑制

(57)摘要

一种用于降低医学图像中的标记元素的外观的机制。这是通过处理医学图像以生成分离的仅包含标记元素的抑制图像来实现的。然后组合医学图像与抑制图像以降低医学图像中的标记元素的外观。这能够通过在组合之前修改抑制图像并且/或者在组合期间对医学图像和抑制图像进行加权来实现。



CN 116648719 A

1.一种对具有一个或多个标记元素的医学图像(150、300、400、500)执行标记元素淡化的计算机实施的方法(100),所述计算机实施的方法包括:

获得(110)具有一个或多个标记元素的所述医学图像,每个标记元素是所述医学图像中的表示包括造影剂的物质的部分;

处理(120)所述医学图像以生成抑制图像,所述抑制图像仅包含所述医学图像的所述一个或多个标记元素;并且

组合(130)所述医学图像与所述抑制图像以生成经处理的医学图像(190、350、450、550),在所述经处理的医学图像中,与所述医学图像相比,所述一个或多个标记元素的表观亮度被降低以淡化但不完全抑制所述标记元素。

2.根据权利要求1所述的计算机实施的方法(100),其中,组合(130)所述医学图像与所述抑制图像的步骤被配置为使得所述经处理的医学图像中的所述一个或多个标记元素的所述表观亮度小于所述经处理的医学图像中的一个或多个其他元素的表观亮度。

3.根据权利要求1或2所述的计算机实施的方法(100),其中,组合(130)所述医学图像与所述抑制图像的步骤包括:

修改(131)所述抑制图像以降低所述抑制图像中的所述一个或多个标记元素的所述表观亮度;

组合(135)所述医学图像与经修改的抑制图像以生成所述经处理的医学图像。

4.根据权利要求3所述的计算机实施的方法(100),其中,组合(135)所述医学图像与所述抑制图像的步骤包括从所述医学图像中减去所述经修改的抑制图像。

5.根据权利要求3或4所述的计算机实施的方法(100),其中,组合(135)所述医学图像与所述抑制图像的步骤包括将所述医学图像与所述经修改的抑制图像相乘在一起。

6.根据权利要求3至5中的任一项所述的计算机实施的方法(100),其中,修改(131)所述抑制图像的步骤包括将表示所述抑制图像中的标记元素的所有像素的一个或多个像素参数的值减小预定量或预定百分比。

7.根据权利要求3至6中的任一项所述的计算机实施的方法(100),其中,修改所述抑制图像的步骤还包括对所述抑制图像执行(132)平滑化操作。

8.根据权利要求1至7中的任一项所述的计算机实施的方法(100),其中,组合(130)所述医学图像与所述抑制图像的步骤包括在组合期间对所述医学图像和所述抑制图像进行加权。

9.根据权利要求1至8中的任一项所述的计算机实施的方法(100),其中,所述医学图像(150、300、400、500)是结肠的医学图像,并且每个标记元素表示所述结肠中的标记粪便。

10.根据权利要求1至9中的任一项所述的计算机实施的方法(100),其中,所述医学图像(150、300、400、500)是计算机断层摄影图像。

11.根据权利要求1至10中的任一项所述的计算机实施的方法(100),还包括在显示器(630)处显示所述经处理的医学图像(190、350、450、550)。

12.根据权利要求1至11中的任一项所述的计算机实施的方法(100),还包括使用机器学习方法进一步处理所述经处理的医学图像(190、350、450、550),以识别所述医学图像的一个或多个特性和/或由所述医学图像表示的一个或多个解剖结构。

13.一种用于生成一幅或多幅虚拟医学图像(250)的计算机实施的方法(200),所述计

算机实施的方法包括：

获得(210)第一基础医学图像(291)，所述第一基础医学图像具有一个或多个标记元素；

获得(220)第二基础医学图像(292)，所述第二基础医学图像是使用与所述第一基础医学图像不同的成像模态生成的，所述第二基础医学图像具有一个或多个标记元素，其中，所述第一基础医学图像和所述第二基础医学图像能一起用于生成一幅或多幅虚拟医学图像；

通过执行根据权利要求1至12中的任一项所述的方法，对所述第一基础医学图像执行(100)标记元素抑制，以生成经处理的第一基础医学图像(293)；

通过执行根据权利要求1至12中的任一项所述的方法，对所述第二基础医学图像执行(100)标记元素抑制，以生成经处理的第二基础医学图像(294)；并且

处理(230)所述经处理的第一基础医学图像和所述经处理的第二基础医学图像，以生成一幅或多幅虚拟医学图像(250)。

14.一种计算机程序产品，其包括计算机程序代码单元，所述计算机程序代码单元当在具有处理系统的计算设备上被运行时使所述处理系统执行根据权利要求1至13中的任一项所述的方法的所有步骤。

15.一种用于对具有一个或多个标记元素的医学图像(150、300、400、500)执行标记元素淡化的处理系统(600)，所述处理系统被配置为：

获得(110)具有一个或多个标记元素的所述医学图像，每个标记元素是所述医学图像中的表示包括造影剂的物质的部分；

处理(120)所述医学图像以生成抑制图像，所述抑制图像至少包含所述医学图像的所述一个或多个标记元素；并且

组合(130)所述医学图像与所述抑制图像以生成经处理的医学图像(190、350、450、550)，在所述经处理的医学图像中，所述医学图像中的所述一个或多个标记元素的表观亮度被降低以淡化但不完全抑制所述标记元素。

对医学图像中的标记元素的抑制

技术领域

[0001] 本发明涉及医学成像领域，并且特别涉及对医学图像中的标记元素的抑制。

背景技术

[0002] 越来越多地使用医学图像来评估患者/个人的状况。对于医学流程来说，使用造影剂来促进识别患者/个人的医学图像中的非结构性对象(例如，粪便、某种流体/血液或团块)是相当普遍的。表示因使用造影剂而产生的非结构对象的图像部分(通常被称为图像的“标记元素”或“对比标记元素”)通常比表示身体的其他元素(例如，骨骼、周围组织等)的图像部分具有更高的亮度。

[0003] 在图像中存在一个或多个标记元素会分散临床医生查看医学图像的注意力，例如通过(部分地)掩蔽标记元素附近的结构元素或者通过在医学图像中创建明亮的伪影而分散临床医生的注意力。有一种已知的抑制构思，其中从医学图像中有效地移除标记元素以提高临床医生评估图像的便利性。

[0004] 作为一个示例，在计算机断层摄影(CT)成像过程结肠镜检查期间，口服造影剂会导致对结肠中的粪便残留物的标记。这种对比标记能够用于对标记的粪便残留物进行数字抑制以供查看，使得结肠壁和可能的息肉更加清晰可见，而不会被粪便残留物隐藏。

[0005] 一直希望提高对医学图像中的标记元素的抑制。

发明内容

[0006] 本发明由权利要求来限定。

[0007] 根据依据本发明的一个方面的示例，提供了一种对具有一个或多个标记元素的医学图像执行标记元素淡化(抑制)的计算机实施的方法。

[0008] 所述计算机实施的方法包括：获得具有一个或多个标记元素的所述医学图像，每个标记元素是所述医学图像中的表示包括造影剂的物质的部分；处理所述医学图像以生成抑制图像，所述抑制图像仅包含所述医学图像的所述一个或多个标记元素；并且组合所述医学图像与所述抑制图像以生成经处理的医学图像，在所述经处理的医学图像中，与所述医学图像相比，所述一个或多个标记元素的表观亮度被降低以淡化但不完全抑制所述标记元素(但是所述标记元素不是被降低为零)。

[0009] 本公开内容提出降低医学图像中的一个或多个标记元素的亮度，但不完全移除医学图像中的标记元素。这是通过生成抑制图像(包含标记元素)并适当地组合抑制图像与医学图像来实现的。使用包含一个或多个标记元素的抑制图像允许对抑制图像进行操纵、修改和/或加权，而不影响原始医学图像的内容。通过将这两者结合起来，能够保留原始医学图像的特征，同时降低标记元素的表观亮度或外观。

[0010] 本公开内容有效地提供了经处理的医学图像，在所述经处理的医学图像中，标记元素被“淡化”，但不是被删除、清除或完全抑制。这避免了移除医学图像中的标记元素的潜在有价值的信息(例如，用于背景理解等)的情况，同时减少了因使用造影剂造成的影响。特

别地，本发明提出了一种新的图像处理技术以用于降低标记元素的表观亮度。

[0011] 所提出的方法促进了更容易地识别(医学图像中的)医学结构内的囊肿、病变、生长或缺陷(例如，息肉或粪便残留物)，而不会导致因明亮标记元素引起的“蒙蔽”情况。另外，所提出的方法仍然传达关于标记元素的原始位置的信息(因为它们没有被完全删除)，这促进了对抑制伪影和/或拖尾伪影的改善的背景理解。此外，通过不完全删除标记元素，有可能识别医学图像中的空气(气泡)的位置，因为这些内容将由比经处理的医学图像的标记元素具有更低亮度的区来表示。

[0012] 通过使用抑制图像来仅包含一个或多个标记元素，能够对标记元素进行修改，而不影响在(原始)医学图像中描绘的其他元素的亮度。这促进了更具体和更直接的亮度修改。

[0013] 使用抑制图像(其是与医学图像分离的图像)提高了执行对医学图像的图像处理的灵活性。特别地，使用抑制图像允许采用更复杂和/或更精密的图像处理技术。

[0014] 例如，使用抑制图像的一个优点是提高了交互地改变剩余不透明部分的表观亮度或可见度的容易性和速度，因为只有抑制图像需要经历图像处理，而例如无需重新处理整个图像体积。

[0015] 另一个优点是有可能“在运行中”改变医学图像，从而例如允许将相同的抑制图像与常规的CT Hounsfield图像或来自能谱CT的虚拟单能量图像或又一导出图像进行组合——所有这些图像都描绘了抑制图像已经对其识别出标记元素的相同感兴趣区域。

[0016] 又一个优点是抑制图像本身能够在得到应用或与医学图像组合之前(例如关于结构尺寸)被进一步处理。例如，薄结构可以比厚结构被淡化得更少，或者小结构可以比厚结构被淡化得更少。

[0017] 在本公开内容的背景中，“表观亮度”是用户看到的图像元素的强度或亮度。因此，具有较高表观亮度的图像像素将比具有较低表观亮度的图像像素看起来更白。亮度的概念在图像处理领域中已被明确建立。

[0018] 如下所述，本公开内容设想了用于通过组合医学图像与抑制图像来降低标记像素的表观亮度的各种机制。

[0019] 组合所述医学图像与所述抑制图像的步骤可以被配置为使得所述经处理的医学图像中的所述一个或多个标记元素的所述表观亮度小于所述经处理的医学图像中的一个或多个其他元素的表观亮度。

[0020] 因此，使经处理的医学图像中的标记元素的亮度小于医学图像中的未标记元素(即，不表示包括造影剂的物质的元素)的亮度。这进一步提高了未标记元素的可见性，以例如用于评估或分析，而不会完全丢弃关于标记元素的潜在有价值的信息。

[0021] 组合所述医学图像与所述抑制图像的步骤可以包括：修改所述抑制图像以降低所述抑制图像中的所述一个或多个标记元素的所述表观亮度；组合所述医学图像与经修改的抑制图像以生成所述经处理的医学图像。

[0022] 可以调整所述计算机实施的方法，其中，组合所述医学图像与所述抑制图像的步骤包括从所述医学图像中减去所述经修改的抑制图像。

[0023] 任选地，组合所述医学图像与所述抑制图像的步骤包括将所述医学图像与所述经修改的抑制图像相乘在一起。

[0024] 修改所述抑制图像的步骤可以包括将表示所述抑制图像中的标记元素的所有像素的一个或多个像素参数的值减小预定量或预定百分比。

[0025] 图像(包括2D图像和3D图像)由像素形成,这些像素能够被替代地标记为3D图像的体素。每个像素标识一个或多个像素值,这一个或多个像素值表示该像素的一个或多个不同像素参数的值。像素的像素参数的数量取决于图像的格式。例如,RGB图像针对像素将包括至少三个像素参数,而CT图像针对像素可能只有一个像素参数(表示HU值)。

[0026] 建议(一个或多个)像素参数的值可以减小预定量。因此,(一个或多个)不同的像素参数可以减小不同的预定量,但是相同的减小被应用于所有像素的相同像素参数。

[0027] 这提供了一种灵活的机制以用于降低标记元素抑制图像的表观亮度,或者用于修改抑制图像中的标记元素的外观。

[0028] 修改所述抑制图像的步骤还可以包括对所述抑制图像执行平滑化操作。平滑化抑制图像改善了一个或多个标记元素的视觉外观,例如通过使一个或多个标记元素的边缘与经处理的医学图像的其他元素进行混合来实现这种改善。

[0029] 组合所述医学图像与所述抑制图像的步骤可以包括在组合期间对所述医学图像和所述抑制图像进行加权。这提供了用于组合医学图像与抑制图像的替代机制,它能够降低或修改医学图像中的标记元素的外观。

[0030] 所述医学图像可以是结肠的医学图像,并且每个标记元素表示所述结肠中的标记粪便。已经认识到:所提出的方法对于降低结肠中的粪便的外观特别有利,因为已经认识到:标记的粪便在掩蔽结肠中的缺陷、生长或状况的潜在部位方面特别成问题。

[0031] 所述医学图像可以是计算机断层摄影(CT)图像。已经认识到:由于标记元素与未标记元素之间的亮度差异巨大,因此CT图像中的标记元素(在图像分析期间)特别成问题,这显著增加了评估或分析标记图像的难度。然而,将意识到:可以使用所提出的方法来处理其他医学图像模态,例如,磁共振(MR)图像(例如,其中,标记元素表示其磁响应在MR成像期间已经被(例如使用MRI造影剂)扰乱的元素)、X射线图像(例如,其中,元素是通过使用放射性造影剂标记的)或超声图像(例如使用超声造影剂)。

[0032] 所述计算机实施的方法还可以包括在显示器处显示所述经处理的医学图像。替代地,可以例如使用机器学习方法等来处理经处理的医学图像,以识别由医学图像表示的潜在缺陷或(医学)关注区。当然,经处理的医学图像可以经受进一步的处理(例如,降噪等)。因此,该方法可以包括将经处理的医学图像输出到另外的处理设备。

[0033] 所述方法还可以包括使用机器学习方法进一步处理所述经处理的医学图像,以识别所述医学图像的一个或多个特性和/或由所述医学图像表示的一个或多个解剖结构。

[0034] 还提出了一种用于生成一幅或多幅虚拟医学图像的计算机实施的方法。所述计算机实施的方法包括:获得第一基础医学图像,所述第一基础医学图像具有一个或多个标记元素;获得第二基础医学图像,所述第二基础医学图像是使用与所述第一基础医学图像不同的成像模态生成的,所述第二基础医学图像具有一个或多个标记元素,其中,所述第一基础医学图像和所述第二基础医学图像能一起用于生成一幅或多幅虚拟医学图像;通过执行任何先前描述的方法,对所述第一基础医学图像执行标记元素抑制,以生成经处理的第一基础医学图像;通过执行任何先前描述的方法,对所述第二基础医学图像执行标记元素抑制,以生成经处理的第二基础医学图像;并且处理所述经处理的第一基础医学图像和所述

经处理的第二基础医学图像,以生成一幅或多幅虚拟医学图像。

[0035] 第一基础医学图像和第二基础医学图像可以是患者的相同感兴趣区域的图像,这些图像例如具有相同的虚拟相机位置和/或方向,但是使用不同的模态(例如,用于生成不同能级的图像)获得的。

[0036] 还提出了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括计算机程序代码单元,所述计算机程序代码单元当在具有处理系统的计算设备上被运行时使所述处理系统执行任何先前描述的方法的所有步骤。

[0037] 还提出了一种用于对具有一个或多个标记元素的医学图像执行标记元素抑制的处理系统。所述处理系统被配置为:获得具有一个或多个标记元素的所述医学图像,每个标记元素是所述医学图像中的表示包括造影剂的物质的部分;处理所述医学图像以生成抑制图像,所述抑制图像至少包含所述医学图像的所述一个或多个标记元素;并且组合所述医学图像与所述抑制图像以生成经处理的医学图像,在所述经处理的医学图像中,所述医学图像中的所述一个或多个标记元素的表观亮度被降低以淡化但不完全抑制所述标记元素。

[0038] 可以从例如医学图像数据库或从医学图像生成器(例如,CT扫描器、MRI扫描器等)获得医学图像。可以将经处理的医学图像输出到显示器(以用于显示经处理的医学图像)或另外的处理器(以例如用于对经处理的医学图像执行进一步的图像处理或者用于分析经处理的医学图像的内容)。

[0039] 该处理系统可以适于执行本文描述的任何方法,并且技术人员将能够相应地调整该处理系统。

[0040] 参考下文描述的(一个或多个)实施例,本发明的这些方面和其他方面将变得明显并且得到阐明。

附图说明

[0041] 为了更好地理解本发明并且更清楚地示出如何将本发明付诸实践,现在将仅通过示例的方式参考附图,在附图中:

[0042] 图1图示了根据实施例的方法;

[0043] 图2图示了根据实施例的方法;

[0044] 图3图示了经历根据实施例的方法的医学图像;

[0045] 图4图示了经历根据实施例的方法的另一医学图像;

[0046] 图5图示了与现有方法相比的经历根据实施例的方法的又一医学图像;并且

[0047] 图6图示了处理系统。

具体实施方式

[0048] 将参考附图来描述本发明。

[0049] 应当理解,详细描述和具体示例虽然指示了装置、系统和方法的示例性实施例,但是其仅用于说明的目的,而并不旨在限制本发明的范围。根据以下描述、所附权利要求和附图,本发明的装置、系统和方法的这些和其他特征、方面和优点将变得更好理解。应当理解,附图仅仅是示意性的且并没有按比例绘制。还应当理解,在所有附图中,相同的附图标记用于指示相同或相似的部分。

[0050] 本发明提供了一种用于降低医学图像中的标记元素的外观的机制。这是通过处理医学图像以生成分离的仅包含标记元素的抑制图像来实现的。然后组合医学图像与抑制图像以降低医学图像中的标记元素的外观。这能够通过在组合之前修改抑制图像并且/或者在组合期间对医学图像和抑制图像进行加权来实现。

[0051] 本公开内容基于这样的认识:能够将医学图像中的标记元素从其他元素中提取出来以形成分离的抑制图像,并且利用第二幅分离的图像来处理与其他元素分离的标记元素是有利的。特别地,认识到使用分离的抑制图像促进了使用更复杂和/或更精密的图像处理技术,并且允许在调整医学图像中的标记元素的表观亮度时具有更大的灵活性(和更小的计算复杂度)。

[0052] 可以采用实施例来例如降低结肠的CT图像中的标记粪便的外观,而不完全根除或删除粪便(为了更容易地理解并且降低潜在有价值的临床信息将被移除的可能性)。

[0053] 所提出的用于降低标记元素的亮度或外观(不完全移除标记元素)的方法能够生成增强的医学图像,这为临床医生提供了更多的临床相关数据。特别地,产生了更类似于没有标记元素的医学图像(这在临床上更有用)的医学图像,同时降低了减影伪影被忽略的可能性。

[0054] 图1图示了根据本发明的实施例的方法100。

[0055] 该方法包括获得医学图像150的步骤110。

[0056] 医学图像可以是包含一个或多个标记元素的任何合适的医学图像,例如,其中表示粪便的区已经被标记(例如具有更大的亮度)的CT图像,或者其中表示血液的区已经被标记的MR图像(有时被称为“亮血”图像)。

[0057] 特别地,医学图像150可以表示患者体内的感兴趣区域。医学图像150可以是2D图像、3D图像和/或来自2D/3D视频或电影回放的帧。

[0058] 本领域技术人员将容易理解如何获得具有一个或多个标记元素的医学图像,并且通常利用造影剂或造影介质在医学图像中突出显示移动通过身体的流体、异物或消化物质(例如,团块、钟声、乳糜、粪便、排泄物等)。

[0059] 因此,标记元素可以表示已经经受了造影剂/介质的物质,与没有经受造影剂/介质的情况相比,经受了造影剂/介质的物质看起来更容易区分,例如(在医学图像中)具有更大的亮度。

[0060] 方法100在步骤120中处理医学图像150以生成抑制图像。抑制图像是仅包含医学图像的标记元素的图像(例如具有与医学图像相同的分辨率)。因此,抑制图像可以有效地是医学图像的只有标记元素被复制的版本。

[0061] 可以使用多种方法来执行步骤120。通常,步骤120可以包括识别医学图像中的任何标记元素,并且使用该信息来生成“抑制图像”,该抑制图像包含标记元素,但是在其他情况下为空白或置零。

[0062] 例如,步骤120可以包括:初始化抑制图像,该抑制图像具有与医学图像相同的分辨率;识别医学图像中的与标记元素相对应的像素;并且将这些像素的像素值复制到抑制图像的对应像素。对于像素的所有像素值,经初始化的抑制图像可以具有预定值(例如,0)。

[0063] 在另一种方法中,生成抑制图像可以包括:复制医学图像(以生成初始抑制图像),并且将不与标记元素相对应的所有像素的像素值设置为0。

[0064] 在一个示例中，由于标记元素看起来具有大的亮度，因此可以通过识别医学图像中的亮度大于某个预定阈值的所有区来生成抑制图像。因此，可以通过使用简单的阈值化处理来生成抑制图像。

[0065] 在一些示例中，可以使用图像分割技术来识别标记元素。可以使用任何合适的图像分割技术，例如，边缘检测方法(因为标记元素应当具有清晰、明亮的边缘)、基于模型的分割技术(例如，公布号为WO 2018/224363 A1的国际专利申请所公开的技术)、基于阈值化的分割技术(例如，公布号为WO 2007/046019 A1的国际专利申请所公开的技术)，或深度学习方法(即，采用机器学习方法(例如利用一个或多个卷积神经网络(CNN))的方法)。

[0066] 当然，可以使用这些技术的组合。

[0067] 方法100然后执行组合医学图像150与抑制图像以生成经处理的医学图像190的过程130。过程130被配置为使得经处理的医学图像中的标记元素与医学图像相比，一个或多个标记元素的表观亮度被降低，但不为零。

[0068] 该过程130能够通过执行多种方法中的一种方法来实现。

[0069] 在一个示例中，可以直接组合医学图像与抑制图像，例如，求平均、相乘或者通过(例如在步骤135中)从医学图像中减去抑制图像，在此期间，医学图像和/或抑制图像被适当加权以降低标记元素的表观亮度。

[0070] 例如，考虑组合医学图像与抑制图像的步骤使用减法方法的场景，其中，所组合的医学图像的每个像素的像素值是从医学图像的等效像素的(加权)像素值中减去抑制图像的等效像素的(加权)像素值的结果。在这种场景中，如果医学图像的所有像素值用X加权，并且抑制图像的所有像素值用Y加权，则医学图像的标记元素的所得到的像素值是医学图像的像素值的(Y-X)倍。与医学图像相比，这有效地降低了标记元素的表观亮度。

[0071] 在优选示例中，过程130包括在(通过减法或乘法)组合医学图像与抑制图像之前降低抑制图像的表观亮度的步骤131。这能够允许对经处理的图像中的标记元素的亮度进行改进的控制。

[0072] 特别地，抑制图像的表观亮度被降低，使得当从医学图像中减去抑制图像或者将抑制图像与医学图像相乘时，标记元素的外观被降低但不为零。换句话说，标记元素在经处理的图像中仍然可见，但是亮度较低。

[0073] 降低表观亮度的过程可以取决于抑制图像的类型。例如，如果抑制图像是强度图(例如，CT Hounsfield图像)，则降低亮度可以简单地包括降低每个像素的单个像素值。作为另一示例，如果抑制图像是RGB图像，则降低亮度可以包括降低每个像素的R值、G值和B值和/或(在存在的情况下)调整每个像素的α值(其定义了像素的透明度)。

[0074] 亮度降低的量可以例如响应于用户输入或预先确定。优选地，亮度降低的量响应于用户接口处的用户输入，以允许用户对标记元素的表观亮度进行一定程度的控制。当依靠用户输入来定义亮度降低的量时，使用抑制图像是特别有利的，因为它允许简单再生经处理的医学图像，而不需要完全重新处理原始医学图像。

[0075] 在一些示例中，表示抑制图像中的标记元素的所有像素的一个或多个像素参数的值可以减小预定量或预定百分比。

[0076] 亮度降低的量不需要在抑制图像的所有像素上一致。在一些示例中，不同的标记元素的亮度降低了不同的量。例如，薄标记元素的亮度可以比厚标记元素的亮度降低得更

少(以降低薄标记元素被临床医生遗漏的可能性),并且/或者小标记元素的亮度可以比大标记元素的亮度降低得更少。

[0077] 因此,抑制图像的像素的亮度降低的量可以取决于该像素所属的标记元素的大小和/或形状。

[0078] 组合步骤130可以包括在步骤135中通过从医学图像中减去抑制图像或者将医学图像与抑制图像相乘来组合抑制图像与医学图像。

[0079] 优选地,过程130包括(在与医学图像组合之前)对抑制图像执行平滑化操作的步骤132。成像平滑化操作对于技术人员来说是众所周知的,并且可以对抑制图像应用一个或多个平滑滤波器。

[0080] 对平滑化操作的使用通过减降低经处理的图像的标记元素与未标记元素之间的亮度的任何急剧或突然变化的外观来改善经处理的医学图像的视觉外观。这降低了经处理的医学图像中的(例如在这些突然的梯度或变化处的)伪影的外观,从而提供了由经处理的医学图像表示的对感兴趣区域的真实的没有标记元素的图像的更接近的表示。

[0081] 平滑化操作进一步证明了使用分离的抑制图像的优点,因为仅对标记元素执行平滑化操作以用于改善视觉外观和减小伪影,而不会丢失医学图像的其他部分的细节(如果对医学图像整体执行平滑化操作,则会出现丢失医学图像的其他部分的细节的情况)。

[0082] 组合步骤130可以包括执行其他处理步骤(例如,去噪、着色等)。这可以是对执行平滑化的步骤132的补充或替代方案。

[0083] 因此,使用抑制图像允许对标记元素执行额外处理(例如,平滑化或去噪)以产生经处理的抑制图像170,而不影响医学图像的其他组成部分。这为图像处理标记元素提供了新的机制,而不会影响医学图像的其他组成部分。

[0084] 使用分离的抑制图像也是有利的,因为相同的抑制图像可以应用于医学图像的不同版本(例如,相同感兴趣区域的医学图像,但是使用不同的成像模态获取的)。这能够通过重新使用或重新规划为相同感兴趣区域的其他医学图像生成的抑制图像来减小生成经处理的医学图像的工作量。

[0085] 因此,在一些实施例中,一旦已经为特定医学图像生成(并且任选地处理)了抑制图像,就可以组合相同的抑制图像与相同感兴趣区域的其他医学图像以降低其他医学图像中的标记元素的亮度。

[0086] 类似地,可以组合相同的抑制图像与来自原始医学图像的不同导出结果(例如,经进一步处理的医学图像,例如,虚拟非钙化医学图像、虚拟非对比图像)等。

[0087] 方法100还可以包括获得另外的医学图像150B(其可以是从医学图像150导出的图像和/或在与医学图像150相同位置处获取的图像)的步骤183。可以在过程185中组合另外的医学图像150B与(经处理的)抑制图像170(例如其可以类似于组合过程130)以生成经处理的另外的医学图像。

[0088] 因此,可以重新使用抑制图像170以与其他医学图像(例如,根据原始医学图像导出的那些图像)进行组合。

[0089] 本公开内容提出了用于生成经处理的医学图像的方法,其中,根据医学图像来生成抑制图像,该抑制图像仅包含医学图像的标记元素。这促进了对抑制图像的重新使用和(通过对抑制图像进行图像处理)对标记元素的专用图像处理。这种方法还促进了(例如通

过在组合期间调整抑制图像的亮度或调整对抑制图像的加权)对经处理的医学图像中的标记元素的亮度进行简单调整,而不需要完全重新处理原始医学图像。

[0090] 经处理的医学图像(其中标记元素的亮度/外观被降低但不为零)允许临床医生更容易地识别由经处理的医学图像表示的解剖结构的不一致或特征,而不会被标记元素"蒙蔽",同时仍然保留了区分标记元素与气泡以及识别由经处理的医学图像中的标记元素引起的伪影的原因的能力。

[0091] 可以例如在用户接口处显示经处理的医学图像,并且/或者可以(例如使用机器学习方法)进一步处理经处理的医学图像以识别关于医学图像的一个或多个特性和/或由医学图像表示的感兴趣区域。例如,可以(例如使用机器学习方法)进一步处理结肠的经处理的医学图像以识别在结肠中存在的一个或多个息肉的存在和/或特性。

[0092] 因此,方法100可以包括例如在用户接口处显示经处理的医学图像的步骤。类似地,方法100可以包括进一步处理医学图像以例如执行对医学图像和/或由经处理的医学图像表示的感兴趣区域的特性确定、分析和/或分类的步骤。

[0093] 在一些示例中,该方法可以包括对经处理的医学图像执行进一步的图像处理(例如,去噪等)的步骤。然后,可以例如在用户接口处显示经进一步处理的医学图像。

[0094] 当然,该方法可以被配置为在标记元素被完全抑制(即,经处理的医学图像中的标记元素的值为0)的模式下操作。能够例如响应于用户输入而切换这种模式。

[0095] 图2图示了用于生成虚拟医学图像的方法的应用。特别地,图2图示了生成一幅或多幅虚拟医学图像的方法200。

[0096] 方法200包括获得第一基础医学图像291的步骤210,第一基础医学图像具有一个或多个标记元素。

[0097] 方法200还包括获得第二基础医学图像292的步骤220,第二基础医学图像292是使用与第一基础医学图像不同的成像模态生成的,第二基础医学图像具有一个或多个标记元素,其中,第一基础医学图像和第二基础医学图像能一起用于生成一幅或多幅虚拟医学图像。

[0098] 换句话说,第一基础医学图像和第二基础医学图像被设计成使得它们能够被组合以合成新的虚拟医学图像。

[0099] 仅作为示例,第一基础医学图像291可以是使用(发射的X射线的)第一能级获得的CT图像,而第二基础医学图像292可以是使用(发射的X射线的)不同的第二能级获得的CT图像。这两种基础图像能够以不同的比率混合以生成不同的虚拟单能量图像。这允许合成具有假设能级的医学图像(即,功能上等同于利用假设能级的X射线束采集所产生的医学图像)。

[0100] 这两种基础医学图像都表示相同感兴趣区域(即,包含相同元素),不同之处是利用不同成像模态获取的,例如,对于CT图像是使用X射线的能级获取的。

[0101] 然后,对每幅医学图像执行由本公开内容描述的方法100以生成相应的经处理的基础图像。因此,方法200包括:对第一基础医学图像291执行标记元素抑制100,以生成经处理的第一基础医学图像293;并且对第二基础医学图像执行标记元素抑制100,以生成经处理的第二基础医学图像294。

[0102] 然后一起处理经处理的第一基础医学图像293和经处理的第二基础医学图像294

以生成或合成一幅或多幅虚拟医学图像250。用于根据基础图像来合成虚拟医学图像的机制对于技术人员来说是众所周知的,并且可以在其他过程中使用分解过程。

[0103] 例如,Matsumoto、Kazuhiro等人的“Virtual monochromatic spectral imaging with fast kilovoltage switching:improved image quality as compared with that obtained with conventional 120-kVp CT”(Radiology 259.1,2011年,第257-262页)和D’Angelo、Tommaso等人的“Dual energy computed tomography virtual monoenergetic imaging:technique and clinical applications”(The British journal of radiology 92.1098,2019年,20180546)描述了用于根据使用不同能级获得的两幅基础(CT)医学图像来生成虚拟单能图像的方法。

[0104] 用于根据两幅基础医学图像来合成虚拟医学图像的其他方法对于技术人员来说是显而易见的。

[0105] 因此,应当理解,能够利用所提出的用于降低医学图像中的标记元素的外观的方法来生成一幅或多幅虚拟图像,在这一幅或多幅虚拟图像中,标记元素的外观被类似地降低(但不是被降低为零)。

[0106] 图3图示了对示例医学图像300执行根据实施例的方法的效果。

[0107] 医学图像300是结肠的CT Hounsfield图像,它包括多个标记元素,如医学图像300的最亮区所指示的。当医学图像300经受本文描述的方法(例如遵循参考图1描述的方法100)时产生经处理的医学图像350。

[0108] 经处理的医学图像350仍然包含标记元素(即,它们没有被删除或者是非零的),但是它们的表观亮度已经降低。经淡化的标记区与气泡的差异仍然能够被直观地识别出。

[0109] 图4图示了对另一示例医学图像400执行根据实施例的方法的效果。

[0110] 医学图像400是结肠的CT Hounsfield图像的另一示例,它包括多个标记元素,如由医学图像400的最亮区所指示的。医学图像400表现出强烈的条纹伪影(由箭头指示),这是由造影物质的高吸收引起的。射束硬化伪影导致结肠皱襞和周围软组织中的虚假的表观腔体。

[0111] 通过对医学图像400执行本文描述的方法(例如,参考图1描述的方法100),产生了经处理的医学图像450。

[0112] 条纹伪影仍然存在于经处理的医学图像450中。然而,由于(一个或多个)标记元素的原始位置仍然可见(因为标记元素的亮度不为零),因此伪影的原因仍然被图示出/可见,因此对于查看者来说是直观的。

[0113] 因此,所提出的方法通过提供关于图像中的可能混淆和/或误导临床医生(做出不正确的诊断)的潜在伪影的原因的信息而提供了保留有助于临床医生做出正确的临床决策的有用信息的图像。

[0114] 图5图示了对医学图像500执行根据本发明的实施例的方法100和根据现有技术的方法590的结果之间的比较。

[0115] 当使用根据现有技术的方法590处理医学图像500时,从医学图像中完全移除所有标记元素以产生第一经处理的医学图像540。这个过程被称为对标记元素的“抑制”。

[0116] 当使用根据本发明的实施例的方法100(例如,参考图1所描述的方法)处理医学图像500时,标记元素的亮度被降低但不为零。这个过程能够被称为对标记元素的“部分抑

制”。因此，标记元素被有效地“淡化”，而不是被移除。这产生了第二经处理的医学图像550。

[0117] 在第一经处理的医学图像540中，对标记元素的移除在清洁区的边界处留下了清洁伪影。这些清洁伪影会误导临床医生，并且不能提供对感兴趣成像区域的真实表示。

[0118] 在第二经处理的医学图像550中，能够(例如通过不太明亮的标记元素的存在)容易地识别归因于部分抑制的任何表面伪影的原因。这避免了误导临床医生将伪影归因于结肠的缺陷，而是为临床医生提供了有用的临床信息来帮助他们识别伪影的存在和原因，从而提高评估和/或诊断患者的性能。

[0119] 图6图示了根据实施例的处理布置设备600。处理布置设备600包括处理系统610，其本身是本发明的实施例。

[0120] 该处理系统被配置为对具有一个或多个标记元素的医学图像执行标记元素抑制。

[0121] 特别地，处理系统610被配置为获得具有一个或多个标记元素的医学图像，每个标记元素是医学图像中的表示包括造影剂的物质的部分。处理系统610可以从(处理布置设备600的)存储器620和/或直接从扫描器(未示出)获得医学图像。

[0122] 该处理系统被配置为：处理医学图像以生成抑制图像，该抑制图像至少包含医学图像的一个或多个标记元素；并且组合医学图像与抑制图像以生成经处理的医学图像，在经处理的医学图像中，医学图像中的一个或多个标记元素的表观亮度被降低但不为零。

[0123] 因此，处理系统610可以被配置为执行本文描述的用于生成经处理的医学图像的任何方法。

[0124] 处理装置600还可以包括显示器630。该处理系统可以被配置为在显示器630处显示经处理的医学图像(并且任选地显示医学图像和/或抑制图像)。

[0125] 处理装置600还可以包括另外的处理器640。该另外的处理器可以被配置为对经处理的医学图像执行进一步的处理(例如，去噪、分析等)。可以在显示器630处显示由另外的处理器产生的信息和/或图像(例如，进一步处理的结果)，并且可以相应地配置另外的处理器。

[0126] 本领域技术人员将能够容易地开发出用于执行本文描述的任何方法的处理系统。因此，流程图的每个步骤可以表示由处理系统执行的不同动作，并且可以由处理系统的相应模块执行。

[0127] 如上面所讨论的，该系统利用处理系统来执行数据处理。该处理系统能够利用软件和/或硬件以多种方式实施以执行所需的各种功能。该处理系统通常采用一个或多个微处理器，这一个或多个微处理器可以使用软件(例如，微代码)来编程以执行所需的功能。处理系统可以被实施为用于执行一些功能的专用硬件与用于执行其他功能的一个或多个经编程的微处理器和相关联的电路的组合。

[0128] 可以在本公开内容的各种实施例中使用的电路的示例包括但不限于常规的微处理器、专用集成电路(ASIC)和现场可编程门阵列(FPGA)。

[0129] 在各种实施方式中，处理系统可以与一个或多个存储介质相关联，例如，易失性和非易失性计算机存储器，例如，RAM、PROM、EPROM和EEPROM。存储介质可以利用一个或多个程序进行编码，这一个或多个程序当在一个或多个处理系统和/或控制器上被运行时执行所需的功能。各种存储介质可以被固定在处理系统或控制器内，也可以是可移动的，使得存储在其上的一个或多个程序能够被加载到处理系统中。

[0130] 因此，还提出了一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括计算机程序代码单元，所述计算机程序代码单元当在具有处理系统的计算设备上被运行时使处理系统执行该方法的所有步骤。

[0131] 根据对附图、公开内容和所附权利要求的研究，本领域技术人员在实践所要求保护的发明时能够理解和实现所公开的实施例的变型。在权利要求中，词语“包括”并不排除其他元件或步骤，词语“一”或“一个”并不排除多个。某些措施被记载在相互不同的从属权利要求中的事实并不指示不能有利地使用这些措施的组合。

[0132] 单个处理器或其他单元可以实现权利要求中记载的若干项目的功能。计算机程序可以被存储/分布在合适的介质上，例如与其他硬件一起提供的或者作为其他硬件的部分的光学存储介质或固态介质，但是也可以以其他形式分布，例如经由互联网或其他有线或无线的电信系统进行分布。

[0133] 如果在权利要求书或说明书中使用了术语“适于”，则应当注意，术语“适于”旨在等同于术语“被配置为”。在权利要求中的任何附图标记均不应被解释为限制范围。

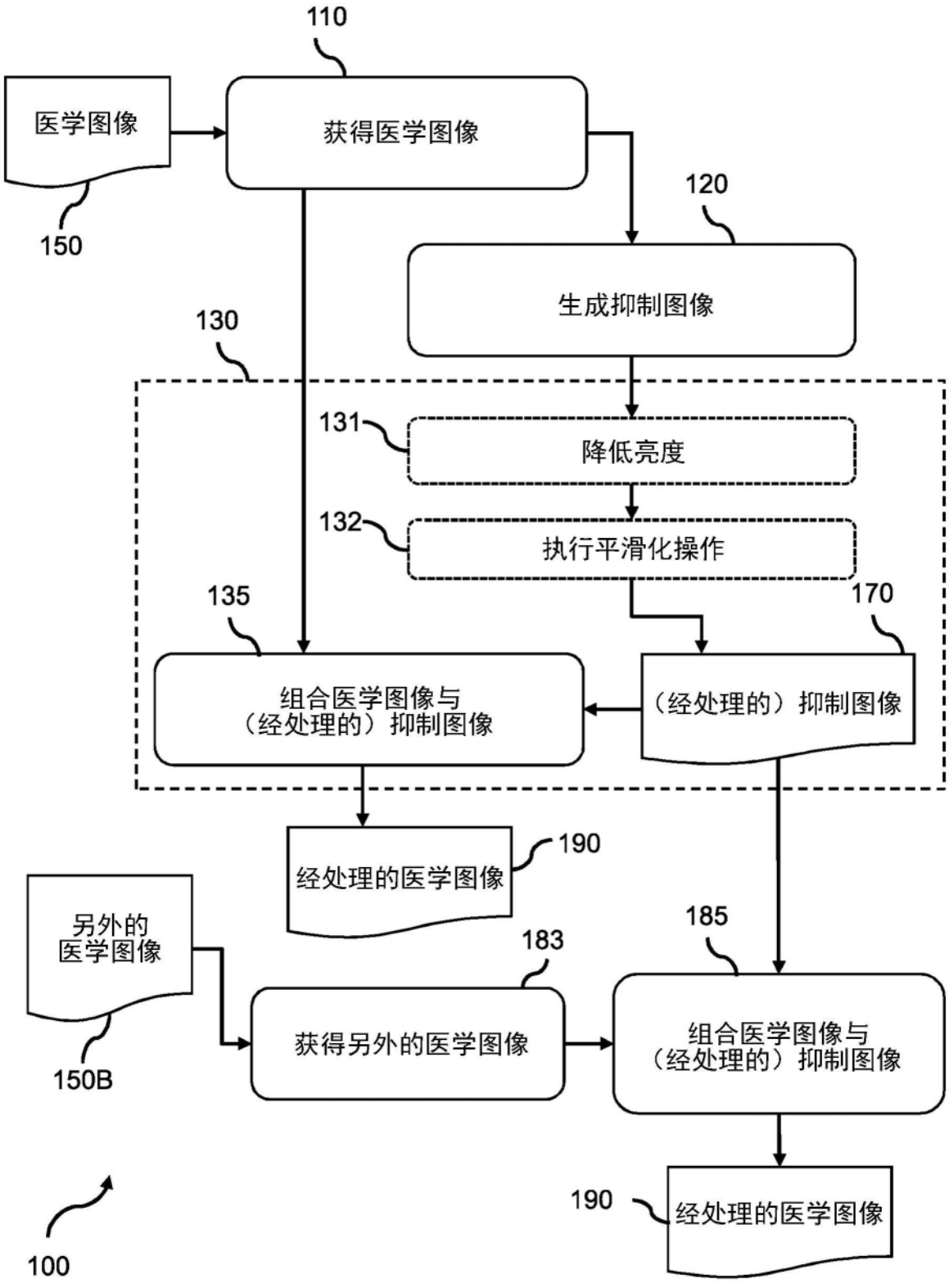

110
医学图像
获得医学图像
150
120
生成抑制图像
130
131
降低亮度
132
执行平滑化操作
135
170
组合医学图像与
（经处理的）抑制图像
（经处理的）抑制图像
190
经处理的医学图像
另外的
医学图像
183
185
获得另外的医学图像
组合医学图像与
（经处理的）抑制图像
150B
190
经处理的医学图像
100

图1

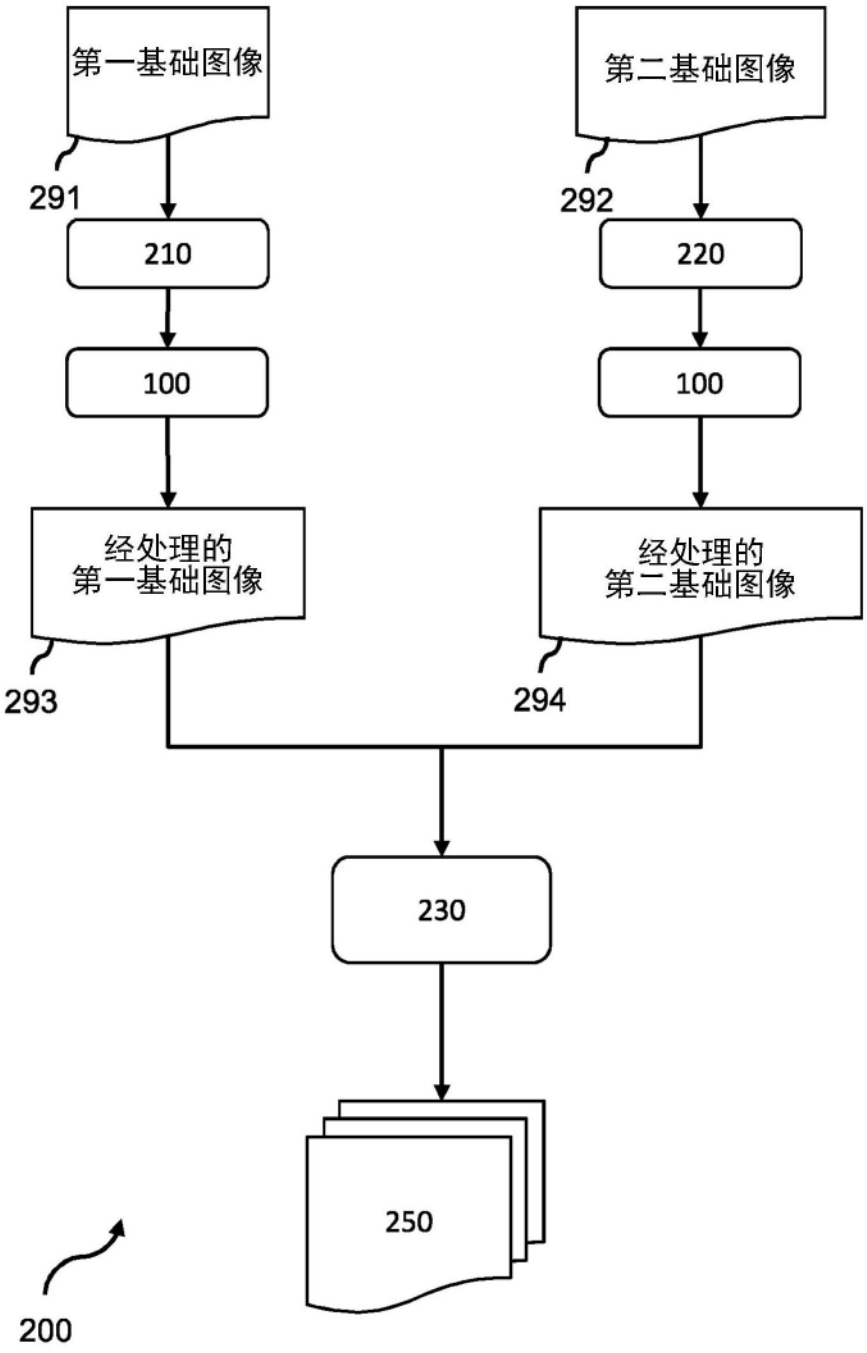

第一基础图像
291
210
100
经处理的
第一基础图像
293
第二基础图像
292
220
100
经处理的
第二基础图像
294
230
250
200

图2

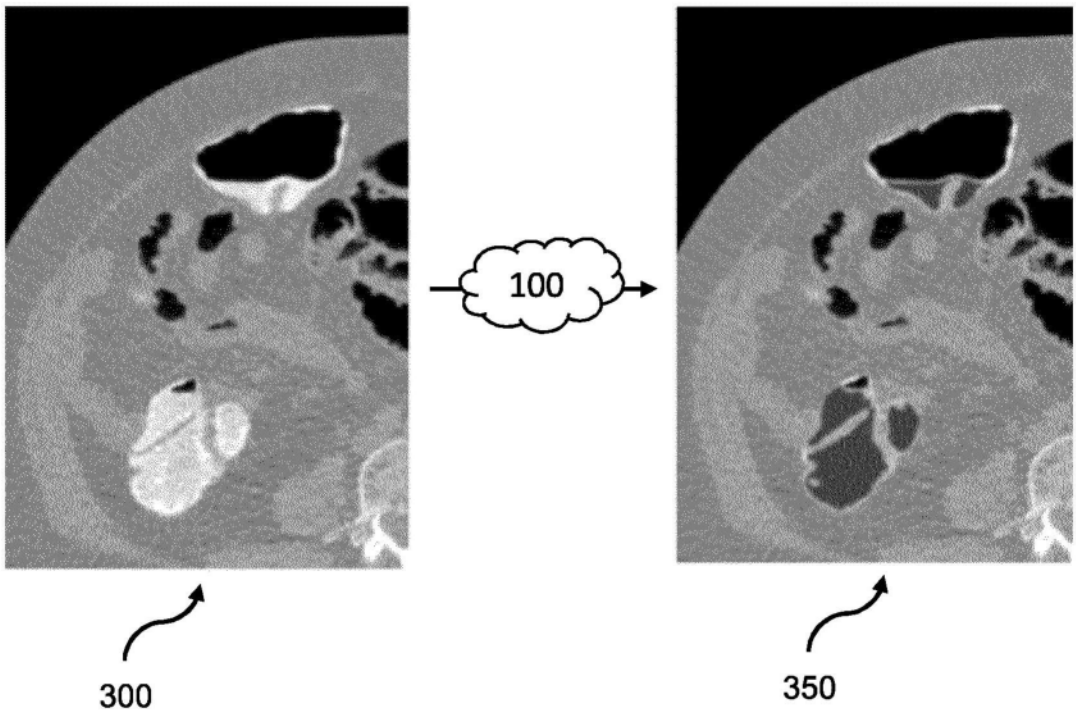


图3

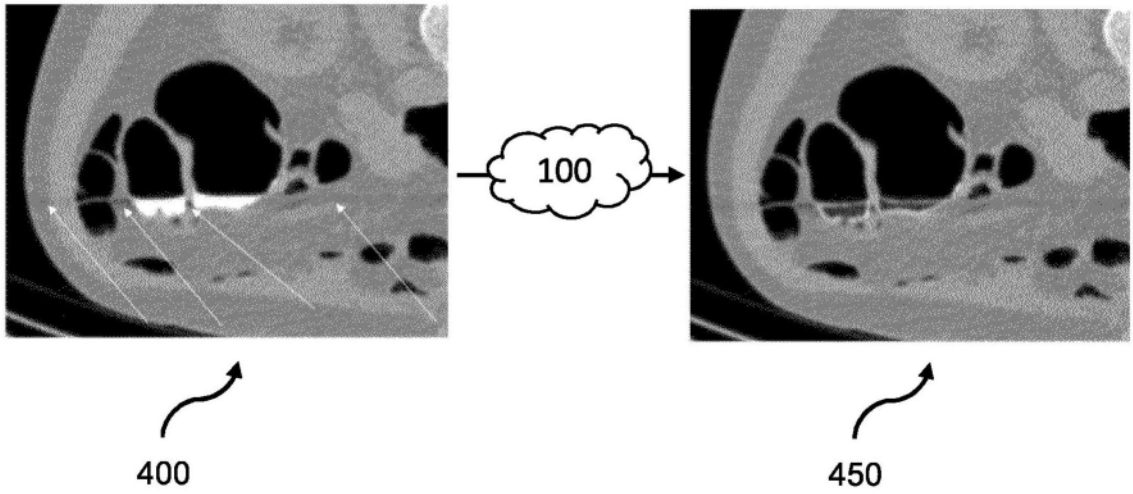


图4

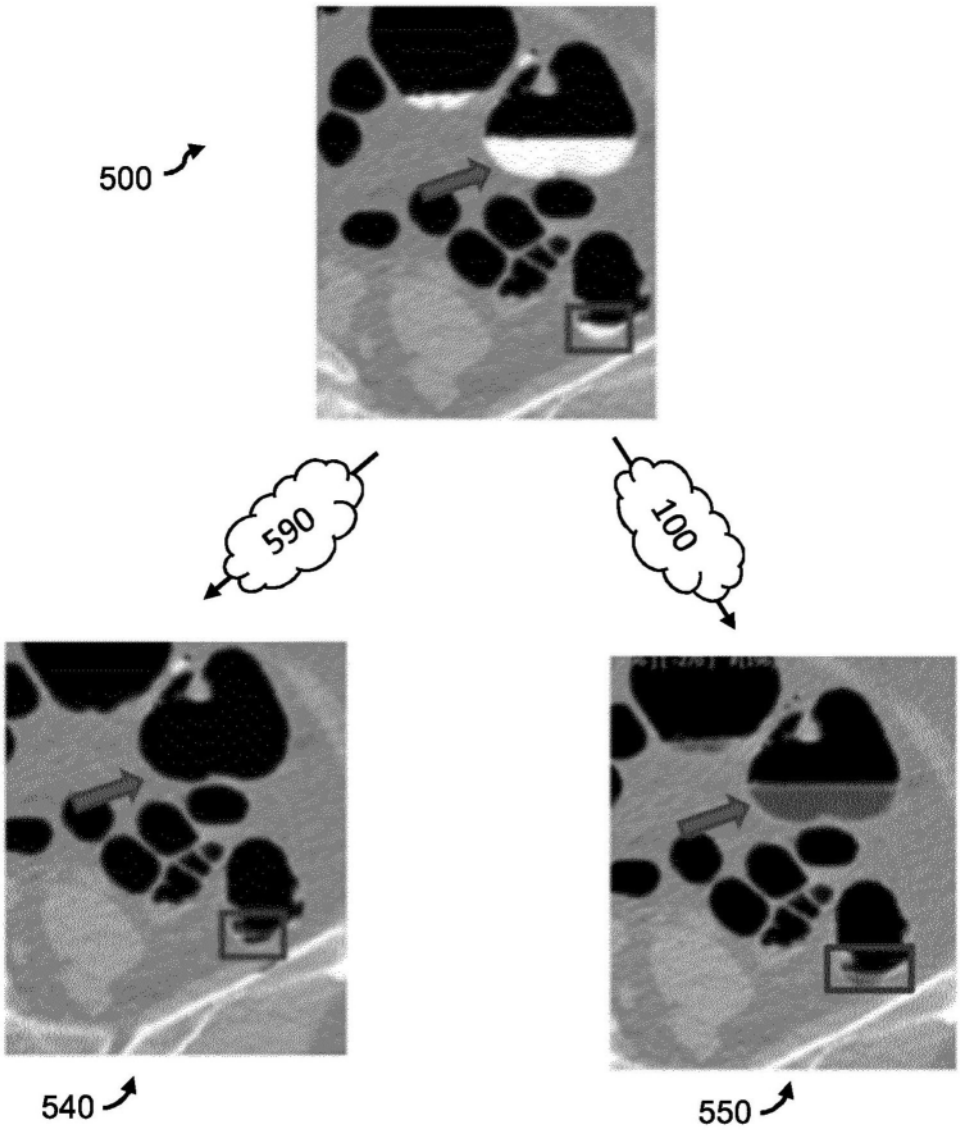


图5

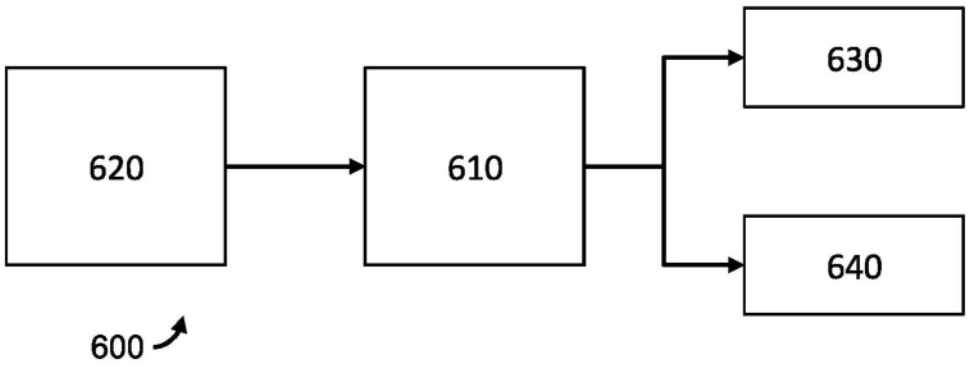


图6