(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118805094 A
(43)申请公布日 2024.10.18

(21)申请号 202380022895.6

(22)申请日 2023.02.06

(30)优先权数据
22157815.6 2022.02.21 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.08.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2023/052804 2023.02.06

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/156233 EN 2023.08.24

(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 K·佐默 J·S·范登布林克

(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 刘兆君

(51)Int.Cl.
G01R 33/56(2006.01)
A61B 5/00(2006.01)
G06T 7/00(2017.01)
A61B 5/055(2006.01)
G01R 33/565(2006.01)

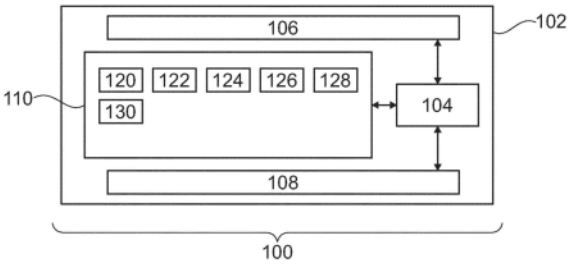
权利要求书3页 说明书15页 附图4页

(54)发明名称

利用神经网络检测磁共振图像中的虚假结构

(57)摘要

本文公开了一种包括存储器(110)的医学系统(100、500),所述存储器存储机器可执行指令(120)和图像处理模块(122),其中,所述图像处理模块包括图像处理神经网络部分(306)和虚假结构预测部分(308),其中,所述图像处理模块包括配置为接收磁共振数据(124)的输入部(300)。所述图像处理神经网络部分包括第一输出部(302),所述第一输出部被配置为响应于在输入处接收磁共振数据而输出经校正的磁共振图像(126)。所述虚假结构预测部分包括第二输出部(304),所述第二输出部被配置为输出描述所述经校正的磁共振图像中的虚假结构的可能性的虚假结构数据(128)。所述医学系统还包括计算系统(104),所述机器可执行指令的运行使所述计算系统:接收(200)磁共振数据;响应于将所述磁共振数据输入到所述图像处理模块的所述输入部,在所述第一输出部接收(202)经校正的磁共振图像,并且在所述第二输出部接收所述虚假结构数据;并且取决于所述虚假结构数据满足预定准则而提供(204)警告信号(130)。



CN 118805094 A

1.一种医学系统(100、500),包括:

存储器(110),其存储机器可执行指令(120)和图像处理模块(122)的,其中,所述图像处理模块包括图像处理神经网络部分(306)和虚假结构预测部分(308),其中,所述图像处理模块包括被配置为接收磁共振数据(124)的输入部(300),其中,所述图像处理神经网络部分包括第一输出部(302),所述第一输出部被配置为响应于在所述输入部处接收到所述磁共振数据而输出经校正的磁共振图像(126),其中,所述虚假结构预测部分包括第二输出部(304),所述第二输出部被配置为输出描述所述经校正的磁共振图像中的虚假结构的可能性的虚假结构数据(128),

所述图像结构预测神经网络部分是根据磁共振图像的真实图像集合而被训练的,并且

所述虚假结构预测部分是根据表示全局图像方面的聚合真实数据集而被训练的,

计算系统(104),其中,所述机器可执行指令的运行使所述计算系统:

接收(200)所述磁共振数据;

响应于将所述磁共振数据输入到所述图像处理模块的所述输入部,在所述第一输出部接收(202)所述经校正的磁共振图像,并且在所述第二输出部接收所述虚假结构数据;并且

取决于所述虚假结构数据满足预定准则而提供(204)警告信号(130)。

2.根据权利要求1所述的医学系统,其中,所述虚假结构数据包括用于将所述经校正的磁共振图像与参考磁共振图像进行匹配的模板匹配参数,其中,所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统:

使用所述模板匹配参数来计算所述参考磁共振图像模板与所述经校正的磁共振图像之间的图像差异图;并且

通过确定所述图像差异图是否超过预定统计量度来通过算法确定所述图像差异图是否满足预定准则,其中,如果所述图像差异图满足所述预定准则,则提供所述警告信号。

3.根据权利要求2所述的医学系统,其中,所述虚假结构预测部分被实现为模板匹配算法。

4.根据权利要求1所述的医学系统,其中,所述虚假结构数据包括定义多个预定义解剖结构的三维分割掩模,其中,所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统:

接收描述所述多个预定义解剖结构之间的一个或多个比率的预定体积比数据(540);

根据所述虚假结构数据来计算描述所述多个预定义解剖结构之间的所述一个或多个比率的测量体积比数据;并且

通过将所述预定体积比数据与所述测量体积比数据进行比较来确定是否满足所述预定准则。

5.根据权利要求4所述的医学系统,其中,所述虚假结构预测部分被实现为图像分割算法。

6.根据权利要求1、2和4中的任一项所述的医学系统,其中,所述虚假结构预测部分被实现为神经网络,其中,所述虚假结构预测部分被配置为接收所述经校正的磁共振图像作为输入。

7.根据权利要求1所述的医学系统,其中,所述虚假结构预测部分被实现为神经网络,其中,所输出的虚假结构数据是描述所述经校正的磁共振图像中的虚假结构的所述可能性的空间相关的概率图。

8.根据权利要求1、2、3、4、5和7中的任一项所述的医学系统,其中,所述图像处理模块是Y-net神经网络(400),其中,所述Y-net神经网络由U-net神经网络结构(602)形成,所述U-net神经网络结构(602)被配置为响应于在所述输入部接收到所述磁共振数据而在所述第一输出部输出所述经校正的磁共振图像,其中,所述Y-net还包括解码分支(604),所述解码分支被配置为响应于接收到所述磁共振数据而在所述第二输出部处输出描述所述经校正的磁共振图像中的虚假结构的虚假结构数据,其中,所述解码分支被连接到所述U-net神经网络结构,其中,所述U-net神经网络包括图像处理神经网络部分,并且其中,所述解码分支包括所述虚假结构预测部分。

9.根据前述权利要求中的任一项所述的医学系统,其中,所述磁共振数据是图像数据。

10.根据权利要求9所述的医学系统,其中,所述图像处理模块被并入磁共振成像重建算法中,所述磁共振成像重建算法被配置为响应于接收到k空间数据而重建临床磁共振图像,其中,所述磁共振数据是在所述临床磁共振图像的所述重建期间根据所述k空间数据计算出的中间磁共振图像。

11.根据权利要求1至7中的任一项所述的医学系统,其中,所述磁共振数据是k空间数据。

12.根据前述权利要求中的任一项所述的医学系统,其中,所述医学成像系统还包括磁共振成像系统(502),其中,所述存储器还包括脉冲序列命令(530),所述脉冲序列命令被配置为控制所述磁共振成像系统来根据磁共振成像协议从成像区采集所述磁共振数据,其中,所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统控制所述磁共振成像系统来采集所述磁共振数据。

13.根据前述权利要求中的任一项所述的医学系统,其中,所述图像处理神经网络部分被配置为进行以下中的任一项:噪声消除、伪影校正、运动校正、去模糊,以及它们的组合。

14.一种计算机程序产品,其包括用于由计算系统(104)执行的机器可执行指令(120)和图像处理模块(122),其中,所述图像处理模块包括图像处理神经网络部分(306)和虚假结构预测部分(308),其中,所述图像处理模块包括被配置为接收磁共振数据(124)的输入部(300),其中,所述图像处理神经网络部分包括第一输出部(302),所述第一输出部被配置为响应于在输入处接收到所述磁共振数据而输出经校正的磁共振图像(126),其中,所述虚假结构预测部分包括第二输出部(304),所述第二输出部被配置为输出描述所述经校正的磁共振图像中的虚假结构的可能性的虚假结构数据(128),其中,所述机器可执行指令的运行使所述计算系统:

接收(200)所述磁共振数据;

响应于将所述磁共振数据输入到所述图像处理模块的所述输入部,在所述第一输出部接收(202)所述经校正的磁共振图像,并且在所述第二输出部接收所述虚假结构数据;并且

取决于所述虚假结构数据满足预定准则而提供(204)警告信号(130)。

15.一种医学成像的方法,其中,所述方法包括:

接收(200)磁共振数据(124);

响应于将所述磁共振数据输入到图像处理模块的输入部(300),在所述图像处理模块(122)的第一输出部(302)接收(202)经校正的磁共振图像(126),并且在所述图像处理模块的第二输出部(304)接收虚假结构数据(128),其中,所述虚假结构数据描述所述经校正的

磁共振图像中虚假结构的可能性,其中,所述图像处理模块包括图像处理神经网络部分(306)和虚假结构预测部分(308),其中,所述图像处理模块包括被配置为接收所述磁共振数据的输入部,其中,所述图像处理神经网络部分包括所述第一输出部,所述第一输出部被配置为响应于在所述输入部处接收到所述磁共振数据而输出所述经校正的磁共振图像,其中,所述虚假结构预测部分包括被配置为输出所述虚假结构数据的所述第二输出部;并且

取决于所述虚假结构数据满足预定准则而提供(204)警告信号(130)。

利用神经网络检测磁共振图像中的虚假结构

技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像,具体而言涉及利用神经网络处理磁共振图像。

背景技术

[0002] 近年来,神经网络已被用于重建、过滤或校正磁共振图像。该方法的优点是神经网络速度非常快,并且它们可以被训练为执行复杂的图像和重建任务。使用神经网络的一个缺点是神经网络会向图像中添加不真实的结构。在文献中,这被称为幻觉。本文中使用虚假结构(artificial structure)和幻觉作为同义词。磁共振图像中存在虚假结构或幻觉可能会产生负面影响,因为检查磁共振图像的医师可能会看到与实际对象不同的解剖特征。

[0003] 美国专利申请公布US2020/0249300公开了根据加速磁共振成像(MM)数据来重建磁共振图像。在一个实施例中,重建磁共振(MR)图像的方法包括:根据欠采样的k空间数据来估计多组线圈灵敏度图,所述欠采样的k空间数据是由多线圈射频(RF)接收器阵列采集的;使用所述欠采样的k空间数据和估计的多组线圈灵敏度图来重建多幅初始图像;利用经训练的深度神经网络,使用初始图像和所述多组线圈灵敏度图来迭代地重建多幅图像以生成多幅最终图像,所述多幅最终图像中的每幅最终图像对应于所述多组灵敏度图中的不同组;并组合从所述经训练的深度神经网络输出的多个最终图像以生成所述MR图像。

发明内容

[0004] 本发明在独立权利要求中提供了一种医学系统、一种计算机程序产品和一种方法。在从属权利要求中给出了实施例。

[0005] 实施例可以提供一种通过使用图像处理模块来检测磁共振图像中的虚假结构的方法,所述图像处理模块包括图像处理神经网络部分,所述图像处理神经网络部分接收磁共振数据并且作为响应而输出经校正的磁共振图像。所述图像处理神经网络部分是根据选定(例如磁共振)图像的真实(ground truth)图像集合进行训练的。此外,所述图像处理模块包括虚假结构检测部分,所述虚假结构检测部分响应于所述磁共振数据被输入到所述图像处理神经网络中而输出虚假结构数据。这些虚假结构数据表示接收器磁共振数据与聚合的真实信息的关系的一个或多个方面。所述接收器磁共振数据表示需要校正的损坏图像。校正是由图像处理神经网络部分进行的,所述图像处理神经网络部分是基于所选择的图像的特定真实数据集来训练的。所述虚假结构预测部分返回表示虚假结构(例如,幻觉)的可能性的信息。为此,所述虚假结构部分基于聚合的真实情况而被训练,所述聚合真实情况表示更全局的图像集的特定方面(与形成图像处理神经网络部分的真实情况的已知图像集相比)。因此,图像处理网络一方面可以在其第一输出部返回与图像处理神经网络部分已经训练过的真实数据匹配的经校正的磁共振图像,并且另一方面在其第二输出部还返回表示接收到的磁共振数据的与聚合的真实数据的关系方面的数据。因此,图像处理模块可以在由图像处理神经网络部分和虚假结构部分联合返回的校正图像中在与由已知图像的训练数据集形成的真实情况的紧密对应性以及在一些方面与聚合的真实情况的适当校正之间进

行平衡。还需要注意的是,图像处理神经网络和虚假结构预测网络可以在已知图像以及聚合真实情况的基础上进行联合训练。下面描述图像处理模块的多种实现方式。值得注意的是,聚合真实情况可以由参考磁共振图像形成,这些参考磁共振图像可以是模板图像或图集图像,这些图像集合比已知图像的训练数据集要广泛得多。接收器磁共振(输入)数据的一个方面与聚合真实情况的关系可能与差异图的统计量度有关,也可能与分割解剖结构之间的体积比数据的比较有关。针对图像处理神经网络部分的真实情况可以在运行该医学系统的医学机构中选择,或者由推荐患者进行磁共振成像检查的特定放射科医师或放射科医师团队选择。

[0006] 在一个方面中,本发明提供了一种医学系统,其包括存储器,所述存储器存储机器机器可执行指令和图像处理模块。图像处理模块也可以是机器可执行代码或指令。图像处理模块包括图像处理神经网络部分和虚假结构预测部分。图像处理模块包括用于接收磁共振数据的输入。

[0007] 本文中所使用磁共振数据包含磁共振图像或可用于重建磁共振图像的k空间数据。因此,图像处理模块要么被配置为接收k空间数据,要么被配置为接收磁共振图像作为输入。当图像处理模块接收到k空间数据时,图像处理模块根据k空间数据重建磁共振图像。当磁共振数据为磁共振图像时,图像处理模块用于对该磁共振图像执行一些图像处理任务。例如,这可以是噪音消除、伪影消除、运动减少或其他类似的任务。

[0008] 所述图像处理神经网络包括第一输出部,所述第一输出部配置为响应于在输入部处接收磁共振数据而输出经校正的磁共振图像。所述虚假结构预测部分包括第二输出部,所述第二输出部被配置为输出描述经校正的磁共振图像中的虚假结构的可能性的虚假结构数据。本文中使用的虚假结构涵盖经校正的磁共振图像中的由图像处理神经网络部分虚假地添加的解剖结构或特征。磁共振图像中的虚假结构在文献中也通常被称为幻觉。使用神经网络从k空间数据构建磁共振图像或执行各种图像处理任务(例如去除伪影或噪声)已经很成熟。然而,一个常见的技术问题是,人们无法检查神经网络并了解它有哪些局限性,以及它是否会提供真实的数据或哪些数据已被改变并且其中存在所谓的幻觉。

[0009] 虚假结构预测部分的加入提供了一种在经校正的磁共振图像中识别可能存在的虚假结构或幻觉的方法。例如,当医师或其他医学专业人员正在检查经校正的磁共振图像并且想要知道经校正的磁共振图像的哪些部分可能有错误或可能是错的时,这可能很有用。这也可以用作控制功能。例如,如果使用图像处理模块从原始k空间数据重建图像,则可以使用不同的神经网络甚至算法方法来重建经校正的磁共振图像,从而避免磁共振图像中出现虚假结构或幻觉的可能性。

[0010] 所述医学系统还包括计算系统。机器可执行指令的运行使计算系统接收磁共振数据。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统响应于将磁共振数据输入到图像处理模块的输入部而在第一输出部接收经校正的磁共振图像并且在所述第二输出部接收所述虚假结构数据。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统取决于虚假结构数据满足预定准则而提供警告信号。

[0011] 例如,如果所述人工数据结构满足所述预定准则,则可以提供所述警告信号。在不同示例中,所述警告信号可以采取不同的形式。在一个示例中,所述警告信号可以是声音或触觉警告。在其他示例中,所述警告信号可以是由连接到医学系统的显示器呈现的警告。在

其他示例中,所述警告信号可以是热图或概率图,其指示经校正的磁共振图像中的哪些位置可能具有虚假结构或幻觉结构。

[0012] 所述医学系统可以被并入不同类型的系统中。在一个示例中,所述医学系统可以是将k空间数据处理成磁共振图像或处理磁共振图像的独立系统。例如,它可能位于服务器上,或者可以作为Web服务位于远程。在另一个示例中,所述机器可执行指令和图像处理模块被并入用于重建磁共振图像的算法或图像处理模块中。在又一些示例中,所述医学系统可以结合或者被并入诸如磁共振成像系统的医学成像系统中。

[0013] 在另一实施例中,所述虚假结构数据包括用于将经校正的磁共振图像与参考磁共振图像进行匹配的模板匹配参数。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统使用模板匹配参数计算参考磁共振图像与经校正的磁共振图像之间的图像差异图。例如,可以对经校正的磁共振图像进行变形或变换,使得它与参考磁共振图像相匹配,反之亦然。然后,图像差异图可能关注两幅图像的个体像素或体素,并计算它们之间的差异。在一些示例中,图像差异图可能被进一步处理。

[0014] 例如,可以对图像差异图进行阈值处理,以便仅配准超过特定值或者在特定邻域内的差异。计算图像差异图可能还涉及对经校正的磁共振图像进行一些预处理。例如,可以确定参考磁共振图像的对比度,也可以确定经校正的磁共振图像的对比度,并且然后在计算图像差异图之前调整其中一幅图像或另一幅图像,使得它们具有相同的对比度。

[0015] 所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统通过确定所述图像差异图是否超过预定的统计量度来通过算法确定图像差异图是否满足预定准则。如果所述图像差异图满足预定准则,则发出警告信号。如前所述,预定统计量度可以是阈值处理过程,以查看是否存在高于特定差异的体素。还可以采用额外的统计准则。例如,不同的体素数量也可以是用于确定是否提供警告信号的标准或准则。预定准则还可能涉及观察高于预定阈值的体素团簇如何被分组在一起。例如,如果可能有一个或两个孤立的体素,则这可能不会触发警告信号,但如果存在也超过阈值的超过特定尺寸的区域,则在一些示例中这可能会触发警告信号。

[0016] 在不同的示例中,模板匹配参数可能不同。例如,在一种情况下,它可能是三维变形场,其定义两幅图像之间的每个像素或体素的偏移。模板匹配参数还可以表示基于识别两幅图像中的标志的低维偏移,其然后可用于执行变换过程。

[0017] 该实施例可能是有益的,因为在许多情况下难以确定磁共振图像中是否存在幻觉。因此,将经校正的磁共振图像与参考磁共振图像进行比较可以提供一种非常有效和客观的方法来评估图像是否存在虚假结构或幻觉。

[0018] 在另一个实施例中,机器可执行指令的运行还使计算系统接收描述对象的对象元数据并且使用对象元数据从模板数据库中选择参考磁共振图像。例如,可以使用年龄、性别和其他详细信息来选择特定的参考磁共振图像。这可能具有以下优点:参考磁共振图像更接近对象的解剖结构。

[0019] 在另一个实施例中,所述存储器还包括图像生成神经网络,所述图像生成神经网络被配置为响应于接收所述磁共振数据来生成所述参考磁共振图像。例如,虚假结构预测部分和图像处理神经网络部分都被实现为神经网络。例如,可以使用(如在生成式对抗网络概念中的)利用对抗损失项训练的自动编码器或图像生成器来生成参考磁共振图像。

[0020] 在一个示例中,仅对象元数据被用作针对图像生成神经网络的输入。在这种情况下,可以使用具有正常解剖结构的对象来训练图像生成神经网络。

[0021] 在另一个实施例中,虚假结构预测部分被实现为模板匹配算法。该实施例可能是有益的,因为图像处理神经网络部分和虚假结构预测部分可以是代码或程序的两个单独的可执行组。所述虚假结构预测部分例如可以将所产生的经校正的磁共振图像作为输入,并且然后使用算法来确定模板匹配参数。

[0022] 在另一个实施例中,所述虚假结构数据包括定义多个预定义解剖结构的三维分割掩模。例如,所述虚假结构预测部分可以对经校正的磁共振图像进行分割以确定三维分割掩模。这可以使用传统的神经网络或分割算法(例如可变形形状算法)来完成。所述机器可执行指令还使所述计算系统接收描述多个预定义解剖结构之间的一个或多个比率的预定体积比数据。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统根据所述虚假结构数据来计算描述多个预定义解剖结构之间的一个或多个比率的测量体积比数据。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统通过将所述预定体积比数据与所述测量体积比数据进行比较来确定是否满足预定准则。

[0023] 在该实施例中,可以对经校正的磁共振图像进行分割以确定这些不同的三维分割掩模。然后,可以计算这些不同体积之间的各种比率,并且可以将这些比率与预定体积比数据进行比较。如果经校正的磁共振图像中存在虚假结构或者幻觉,那么很有可能通过预定体积比数据与测量体积比数据之间的差异中的不平衡来检测此。

[0024] 分割可以通过多种方式进行。例如,它可以作为单个神经网络,其具有Y-net网络,可以产生经校正的磁共振图像和虚假结构数据两者。图像处理模块可以是单独的神经网络,并且虚假结构预测部分也可以是单独的程序或可执行代码。例如,虚假结构预测部分可以是分割算法,也可以作为单独的神经网络来实现。该实施例还具有将经校正的磁共振图像与解剖结构的实际或实时参考数据进行比较的优点。这对于检测虚假结构或幻觉可能非常有效。

[0025] 在另一个实施例中,机器可执行指令的运行还使计算系统接收对象元数据。机器可执行指令的运行还使计算系统使用对象元数据来从体积比数据库中选择预定体积比数据。这可能特别有效,因为各种体积比可以例如针对描述对象(例如年龄和性别)的各种参数微调。

[0026] 在另一个实施例中,虚假结构预测部分被实现为图像分割算法。例如,它可以是用于执行图像分割的经过训练的传统神经网络,或者它可以是诸如可变形模型的算法分割算法。

[0027] 在另一个实施例中,虚假结构预测部分被实现为神经网络。虚假结构预测部分被配置为接收经校正的磁共振图像作为输入。这既适用于模板匹配实施例,也适用于使用三维分割掩模的实施例。例如,作为几个示例,神经网络可以实现为ResNet神经网络或U-net神经网络。例如,可以通过收集磁共振图像,然后手动标记模板匹配参数和分割来训练虚假结构预测部分。然后,如果虚假结构预测部分是卷积神经网络,则可以使用该训练数据(例如,使用深度学习技术)来训练虚假结构预测部分。

[0028] 在另一个实施例中,虚假结构预测部分被实现为神经网络。输出的虚假结构数据是描述经校正的磁共振图像中虚假结构可能性的空间相关的概率图。在该实施例中,直接

输出该空间相关的概率图。有几种不同的方法可以实现此。在一种情况下,虚假结构预测部分和图像处理神经网络部分可以一起实现为单个神经网络,例如下面描述的Y-net神经网络。在另一个示例中,虚假结构预测部分和图像处理神经网络部分被实现为两个单独的神经网络。例如,这两个神经网络可能是两个单独的U-net神经网络。

[0029] 在另一实施例中,图像处理神经网络是Y-net神经网络。Y-net神经网络由U-net神经网络结构形成,其被配置为响应于接收磁共振数据而在第一输出部输出经校正的磁共振图像。Y-net还包括解码分支,所述解码分支被配置为响应于接收磁共振数据而在第二输出部处输出描述所述经校正的磁共振图像中的虚假结构的虚假结构数据。所述解码分支被连接到U-net神经网络结构。U-net神经网络结构包括图像处理神经网络部分。所述解码分支包括虚假结构预测部分。

[0030] 本文所使用的Y-net神经网络包含具有额外的解码分支的U-net神经网络。该实施例可能是有益的,因为向U-net添加额外的解码分支可能是检测由U-net神经网络结构生成的幻觉的有效方法。Y-net神经网络的使用可以用于以上描述的多个实施例。例如,解码分支可以用于输出模板匹配参数。在这种情况下,可以使用具有已知磁共振数据输入的数据(图像或k空间数据)来训练U-net,并且然后真实数据可以是经校正的磁共振图像和适当的模板匹配参数。

[0031] Y-net网络对于具有三维分割掩模的实施例也可能有用。在这种情况下,解码分支对经校正的磁共振图像进行分割或者预测分割。在这种情况下,训练数据可以是已知的磁共振数据(同样,要么在图像中要么在k空间中),与具有经校正的磁共振图像和参考分割掩模的真实数据配对,并且可以使用深度学习来训练Y-net神经网络。同样,Y-net可用于非常有效地使用解码分支来直接生成空间相关的概率图。例如,这可以通过再次在k空间或图像空间中采集磁共振数据并使用U-net部分生成经校正的磁共振图像来实现。模板数据或人类可以浏览并识别图像中包含幻觉的区域,并且这可以被用作真实数据。然后可以使用深度学习再次训练Y-net。

[0032] 在另一个实施例中,磁共振数据描述对象的大脑。该实施例可能特别有效,因为神经解剖结构的结构或正常结构在个体之间非常一致。例如,使用参考磁共振图像或体积数据可能因此非常准确地预测经校正的磁共振图像中的幻觉结构。

[0033] 在另一个实施例中,U-net神经网络结构包括最低分辨率卷积层。解码分支被连接到最低分辨率卷积层。该实施例可能特别有益,因为尽管最低分辨率卷积层的分辨率通常低于经校正的磁共振图像,但它仍然包含能够准确描述幻觉结构可能位于何处的数据。在这种情况下,它可能有助于预测模板匹配参数、体积比,或者甚至直接输出空间相关的概率图。

[0034] 在另一实施例中,所述磁共振数据是图像数据。在这种情况下,所述磁共振数据是已经被重建的磁共振图像。经校正的磁共振图像则为磁共振数据的校正。

[0035] 在另一个实施例中,图像处理模块被并入磁共振成像重建算法中,所述算法被配置为响应于接收k空间数据而重建临床磁共振图像。所述磁共振数据是在临床磁共振图像重建过程中根据k空间数据计算出的中间磁共振图像。该实施例可能特别有益,因为当神经网络被并入到传统的磁共振成像重建算法中时,它可以提供更可信的手段。

[0036] 其一个示例是使用图像处理模块作为在压缩感测算法中使用的去噪滤波器。在压

缩感测算法中,存在在数据一致性步骤之前使用的去噪滤波器。然后可以使用警告信号重新触发数据采集,或者可以使用它来改变磁共振成像重建算法的操作。例如,如果可能存在大量幻觉,那么算法可以切换到使用传统的算法噪声滤波器,而不是基于神经网络的噪声滤波。这可能有助于增强临床磁共振图像的准确性,并且不太可能包含不真实或幻觉伪影。

[0037] 在另一实施例中,磁共振数据是k空间数据。在这种情况下,图像处理模块将该k空间数据作为输入并输出已经被校正的磁共振图像。其结构可以采取多种不同的形式。在一种情况下,图像处理神经网络部分可以执行完整重建,并且虚假结构预测部分可以是完全分离的。例如,输出的图像用于模板匹配或具有应用于其的分割。在其他情况下,可以训练Y-net结构来接收k空间数据,并且然后输出经校正的磁共振图像和虚假结构预测部分。

[0038] 在另一个实施例中,所述医学成像系统还包括磁共振成像系统。该存储器还包括脉冲序列命令,所述脉冲序列命令被配置为控制磁共振成像系统来采集磁共振数据,使得其根据磁共振成像协议描述成像区域。在该示例中,采集磁共振数据可以有两种含义。在一种情况下,它可能意味着仅采集k空间数据。当图像处理模块直接从k空间数据重建经校正的磁共振图像时,是这种情况。磁共振数据可以采取的另一种解读是,磁共振数据是磁共振图像,其中,脉冲序列命令控制磁共振成像系统采集k空间数据,然后由计算系统将其重建为磁共振数据。机器可执行指令的运行还使计算系统控制磁共振成像系统采集磁共振数据。如前所述,这可能还包括图像重建。

[0039] 在另一个实施例中,图像处理神经网络部分被配置为执行噪声消除。

[0040] 在另一个实施例中,神经网络部分被配置为执行伪影校正。

[0041] 在另一个实施例中,神经网络部分被配置为执行运动校正。

[0042] 在另一个实施例中,神经网络部分被配置为执行超分辨率。

[0043] 在另一个实施例中,图像处理神经网络部分被配置为执行去模糊。

[0044] 在另一个实施例中,图像处理神经网络部分被配置为执行上述图像处理技术的组合。

[0045] 在另一方面中,本发明提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括机器可执行指令和图像处理模块,所述图像处理模块也可以是用于由计算系统运行的机器可执行指令。图像处理模块包括图像处理神经网络部分和虚假结构预测部分。图像处理模块包括用于接收磁共振数据的输入。所述图像处理神经网络部分包括第一输出部,所述第一输出部配置为响应于在输入部处接收磁共振数据而输出经校正的磁共振图像。所述虚假结构预测部分包括第二输出部,所述第二输出部被配置为输出描述经校正的磁共振图像中的虚假结构的可能性的虚假结构数据。

[0046] 机器可执行指令的运行使计算系统接收磁共振数据。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统响应于将磁共振数据输入到图像处理模块的输入部而进行以下两项操作:在第一输出部接收经校正的磁共振图像并且在所述第二输出部接收所述虚假结构数据。所述机器可执行指令的运行还使所述计算系统取决于虚假结构数据满足预定准则而提供警告信号。

[0047] 在另一方面中,本发明提供了一种医学成像方法。所述方法包括接收磁共振数据。再次,根据具体示例,磁共振数据可以是k空间数据,也可以是磁共振图像。该方法还包括响应于将磁共振数据输入到图像处理模块的输入部,在图像处理模块的第一输出部接收经校

正的磁共振图像,并在图像处理模块的第二输出部接收虚假结构数据。所述虚假结构数据描述经校正的磁共振图像中虚假结构的可能性。图像处理模块包括图像处理神经网络部分和虚假结构预测部分。所述图像处理模块包括配置为接收磁共振数据的输入部。所述图像处理神经网络包括第一输出部,所述第一输出部配置为响应于在输入部处接收磁共振数据而输出经校正的磁共振图像。所述虚假结构预测部分包括配置为输出虚假结构数据的第二输出部。所述方法还包括根据满足预定准则的虚假结构数据来提供警告信号。

[0048] 应该理解,可发组合本发明的一个或多个前述实施例,只要组合后的实施例不相互排斥即可。

[0049] 如本领域技术人员将认识到的,本发明的若干方面可以实现为装置、方法或计算机程序产品。因此,本发明的各方面可采取完全硬件实施例,完全软件实施例(包括固件,驻留软件,微代码等),或者组合了软件和硬件方面的实施例的形式,其可以在本文统称为“电路”、“模块”或“系统”。此外,本发明的各个方面可以采取实现在一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式,所述一个或多个计算机可读介质具有实现在其上的计算机可执行代码。

[0050] 可以使用一个或多个计算机可读介质的任何组合。所述计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读存储介质。如在本文中使用的“计算机可读存储介质”包括任何有形存储介质,其可以存储能够由计算设备的处理器或计算系统执行的指令。可以将所述计算机可读存储介质称为“计算机可读非瞬态存储介质”。所述计算机可读存储介质也可以被称为有形计算机可读介质。在一些实施例中,计算机可读存储介质还可以能够存储数据,所述数据能够被所述计算设备的计算系统访问。计算机可读存储介质的范例包括,但不限于:软盘、磁硬盘驱动器、固态硬盘、闪速存储器、USB拇指驱动器、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、光盘、磁光盘、以及计算系统的寄存器文件。光盘的范例包括压缩光盘(CD)和数字多用光盘(DVD),例如CD-ROM、CD-RW、CD-R、DVD-ROM、DVD-RW或DVD-R盘。术语计算机可读存储介质还指代能够由所述计算机设备经由网络或通信链路访问的各种类型的记录介质。例如,可以经由调制解调器、经由互联网或经由局域网络来取回数据。体现在计算机可读介质上的计算机可执行代码可使用任何合适的介质来传输,包括但不限于无线、有线、光缆、RF等,或上述各项的任何适当的组合。

[0051] 计算机可读信号介质可以包括具有实现在其中的例如在基带内或者作为载波的一部分的计算机可执行代码的传播的数据信号。这样的传播信号可以采取多种形式中的任一种,包括但不限于,电磁的、光学的、或者它们的任意合适的组合。计算机可读信号介质可以是任何计算机可读介质,其不是计算机可读存储介质并且其能够传送、传播或传输程序用于由指令运行系统、装置或设备使用或者与其结合使用。

[0052] “计算机存储器”或“存储器”是计算机可读存储介质的范例。计算机存储器是计算系统可以直接访问的任何存储器。“计算机存储设备”或“存储设备”是计算机可读存储介质的另一范例。计算机存储设备是任何非易失性计算机可读存储介质。在一些实施例中,计算机存储设备也可以是计算机存储器,或反之亦然。

[0053] 用在本文中的“计算系统”涵盖能够执行程序或机器可执行指令或计算机可执行代码的电子部件。对包含“计算系统”示例的计算系统的引用应被解释为可能包含一个以上的计算系统或处理核心。计算系统例如可以是多核处理器。计算系统也可以指单个计算机

系统内或分布在多个计算机系统中的计算系统的集合。术语计算系统也应被解释为可能指计算设备的集合或网络,每个计算设备均包括处理器或多个计算系统。机器可执行代码或指令可以由多个计算系统或处理器执行,这些计算系统或处理器可以在同一计算设备内,或者甚至可以分布在多个计算设备上。

[0054] 机器可执行指令或计算机可执行代码可以包括使处理器或其他计算系统执行本发明的一个方面的指令或程序。用于执行针对本发明的各方面的操作的计算机可执行代码可以以一种或多种编程语言(包括诸如Java、Smalltalk、C++等的面向对象的编程语言以及诸如“C”编程语言或类似编程语言的常规过程编程语言)的任何组合来编写并且被编译为机器可执行指令。在一些情况下,所述计算机可执行代码可以以高级语言的形式或者以预编译形式并且结合在飞行中生成机器可执行指令的解释器来使用。在其他情况下,机器可执行指令或计算机可执行代码可以是针对可编程逻辑门阵列的编程的形式。

[0055] 所述计算机可执行代码可以作为单机软件包全部地在所述用户的计算机上、部分地在用户的计算机上、部分地在用户的计算机上并且部分地在远程计算机上、或者全部地在所述远程计算机或服务器上运行。在后者的场景中,所述远程计算机可以通过任何类型的网络(包括局域网(LAN)或广域网(WAN))或者可以对外部计算机做出的连接(例如,使用因特网服务提供商通过因特网)而被连接到用户的计算机。

[0056] 本发明的各方面参考根据本发明的实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图图示和/或框图得以描述。应该理解,流程图、图示和/或框图的每个框或框的一部分能够在适用时通过以计算机可执行代码的形式的计算机程序指令来实施。还应当理解的是,当不相互排斥时,在不同的流程图、图示和/或框图中块的组合可以被组合。这些计算机程序指令可以被提供到通用计算机、专用计算机的存储器或者其他可编程数据处理装置以生产机器,使得经由计算机的存储器或其他可编程数据处理装置运行的指令创建用于实施流程图和/或框图的一个或多个框中指定的功能/动作的单元。

[0057] 这些机器可执行指令或计算机程序指令还可以被存储在计算机可读介质中,其能够引导计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备以特定的方式工作,使得被存储在所述计算机可读介质中的所述指令产生包括实施在流程图和/或一个或多个框图框中所指定的功能/动作的指令的制品。

[0058] 所述机器可执行指令或计算机程序指令还可以被加载到计算机、其他可编程数据处理装置或其他设备上以令一系列操作步骤在计算机、其他可编程装置或其他设备上执行以产生计算机实施的过程,使得在计算机或其他可编程装置上运行的指令提供用于实施在流程图和/或一个或多个框图框中所指定的功能/动作的过程。

[0059] 如在本文中所使用的“用户接口”是允许用户或操作者与计算机或计算机系统进行交互的接口。“用户接口”还可以被称为“人机接口设备”。用户接口可以向操作者提供信息或数据和/或接收来自操作者的信息或数据。用户接口可使来自操作者的输入能够被计算机接收,并且可以将输出从计算机提供给用户。换言之,用户接口可以允许操作者控制或操纵计算机,并且该接口可以允许计算机指示操作者的控制或操纵的效果。数据或信息在显示器或图形用户接口上的显示是向操作者提供信息的范例。通过键盘、鼠标、跟踪球、触摸板、指点杆、图形输入板、操纵杆、游戏板、网络相机、头盔、踏板、有线手套、遥控器以及加速度计接收数据都是实现从操作者接收信息或数据的用户接口部件的范例。

[0060] 如在本文中所使用的“硬件接口”涵盖使得计算机系统的计算系统能够与外部计算设备和/或装置进行交互或者对其进行控制的接口。硬件接口可允许计算系统将控制信号或指令发送给外部计算设备和/或装置。硬件接口也可以使计算系统与外部计算设备和/或装置交换数据。硬件接口的范例包括,但不限于:通用串行总线、IEEE 1394端口、并行端口、IEEE 1284端口、串行端口、RS-232端口、IEEE-488端口、蓝牙连接、无线局域网连接、TCP/IP连接、以太网连接、控制电压接口、MIDI接口、模拟输入接口和数字输入接口。

[0061] 本文中使用的“显示器”或“显示设备”涵盖适于显示图像或数据的输出设备或用户接口。显示器可以输出视觉、音频和触觉数据。显示器的示例包括但不限于:计算机监视器、电视屏幕、触摸屏、触觉电子显示屏、盲文屏幕、阴极射线管(CRT)、存储管、双稳态显示器、电子纸、向量显示器、平板显示器、真空荧光显示器(VF)、发光二极管(LED)显示器、电致发光显示器(ELD)、等离子显示面板(PDP)、液晶显示器(LCD)、有机发光二极管显示器(OLED)、投影机和头戴式显示器。

[0062] k空间数据在本文中被定义为使用在磁共振成像扫描期间通过磁共振装置的天线对由原子自旋发射的射频信号的所记录的测量结果。

[0063] 磁共振成像(MRI)图像或MR图像在本文中被定义为包含在k空间数据内的解剖数据的经重建的二维或三维可视化。这种可视化可使用计算机来执行。

附图说明

[0064] 在下文中,将仅通过举例的方式并且参考附图来描述本发明的优选实施例,在附图中:

[0065] 图1图示了医学系统的示例;

[0066] 图2是图示使用图1的医学系统的方法的流程图;

[0067] 图3示出了示例图像处理模块;

[0068] 图4图示了图像处理模块的另一个示例;

[0069] 图5图示了医学系统的另一示例;并且

[0070] 图6图示了如何训练模板匹配神经网络的一个示例。

[0071] 附图标记列表:

[0072] 100 医学系统

[0073] 102 计算机

[0074] 104 计算系统

[0075] 106 硬件接口

[0076] 108 用户接口

[0077] 110 存储器

[0078] 120 机器可执行指令

[0079] 122 图像处理模块

[0080] 124 磁共振数据

[0081] 126 经校正的磁共振图像

[0082] 128 虚假结构数据

[0083] 130 警告信号

[0084] 300 输入

[0085] 302 第一输出部

[0086] 304 第二输出部

[0087] 306 图像处理神经网络部分

[0088] 308 虚假结构预测部分

[0089] 400 单个神经网络

[0090] 500 医学系统

[0091] 502 磁共振成像系统

[0092] 504 磁体

[0093] 506 磁体的膛

[0094] 508 成像区

[0095] 509 视场

[0096] 510 磁场梯度线圈

[0097] 512 磁场梯度线圈电源

[0098] 514 射频线圈

[0099] 516 收发器

[0100] 518 对象

[0101] 520 对象支撑体

[0102] 530脉冲序列命令(控制命令)

[0103] 532 参考磁共振图像

[0104] 534 对象元数据

[0105] 536 模板数据库

[0106] 538 图像生成神经网络

[0107] 540 预定体积比数据

[0108] 542 体积比数据库

[0109] 600真实数据

[0110] 602U-net结构

[0111] 604 解码分支

[0112] 606 最低分辨率卷积层

[0113] 607 模板匹配参数

[0114] 608 重建损失函数

[0115] 610 匹配损失函数

具体实施方式

[0116] 在这些附图中,类似地编号的元件是等价元件或执行相同功能。如果功能是等价的,则将不一定在后来的附图中讨论先前已经讨论过的元件。

[0117] 图1图示了医学系统的示例。在该示例中,医学系统100被示为包括具有计算系统104的计算机102。计算系统104被示出为与可选的硬件接口106和可选的用户接口108通信。可选的硬件接口106使计算系统104能够与其他部件通信和交换数据以控制它们的操作和

功能。用户接口108可以使得操作者或用户能够控制医学系统100的操作和功能。

[0118] 计算系统104被示为还与存储器110通信。存储器110旨在表示可以与计算系统104通信的各种类型的存储器和存储设备。存储器110被示为包含机器可执行指令120。机器可执行指令120使计算系统104能够执行各种计算和控制任务。例如,机器可执行指令120可以包含使计算系统104能够执行图像处理或者甚至从k空间数据重建磁共振图像的指令。存储器110还被示为包含图像处理模块122。

[0119] 图像处理模块具有一个输入部和两个输出部。输入部被配置为接收磁共振数据,所述磁共振数据在各种示例中可以是k空间数据或磁共振图像。图像处理模块122的第一输出部用于在磁共振数据124被输入时输出经校正的磁共振图像。图像处理模块122的第二输出部用于输出虚假结构数据。所述虚假结构数据描述经校正的磁共振图像中虚假结构的可能性。这在不同的示例中可以采用不同的形式,例如在某些示例中它可能是热图或热力图,其示出了在校正的磁共振图像中位置的函数概率。在其他情况下,它可能是针对整个经校正的磁共振图像或者针对经校正的磁共振图像的各个部分的综合得分。

[0120] 存储器110还被示为包含磁共振数据124。所述存储器还显示包含响应于将磁共振数据124被输入其中而从图像处理模块122接收的经校正的磁共振图像126和虚假结构数据128。存储器110还被示为包含警告信号130。在不同的示例中,警告信号130可以采用不同的形式。例如,在一些示例中,它可能引起用户接口108的显示或交互。在其他示例中,警告信号130本身可以是显示或保存经校正的磁共振图像126中具有虚假结构或幻觉的各种概率的值。

[0121] 图2示出了图示操作图1的医学系统100的方法的流程图。首先在步骤200中接收磁共振数据124。接下来,在步骤202中,响应于将磁共振数据124输入到图像处理模块122的输入部,在输出部的第一输出部接收经校正的磁共振图像126,并且在第二输出部接收虚假结构数据128。最后,在步骤204中,根据人工数据结构是否满足预定准则来提供警告信号130。

[0122] 图3图示了图像处理模块122的一种架构。图像处理模块显示为具有输入部300、第一输出部302和第二输出部304。在图像处理模块122内,图像处理神经网络部分306和虚假结构预测部分308是分离的。图像处理神经网络部分306是独立的图像处理神经网络。其在输入部接收磁共振数据124并输出经校正的磁共振图像126。

[0123] 然后将经校正的磁共振图像126直接输入到虚假结构预测部分308。然后,虚假结构预测部分308在第二输出部304处输出虚假结构数据128。虚假结构预测部分308可以例如通过算法或神经网络来实现。在一个示例中,虚假结构预测部分学习经校正的磁共振图像126与参考磁共振图像之间的模板匹配。然后可以计算参考磁共振图像和经校正的磁共振图像126之间的图像差异图。这是有益的,因为可以使用独立于神经网络的方法来检测经校正的磁共振图像126中的虚假结构或幻觉结构。

[0124] 在另一示例中,虚假结构预测部分308包括分割算法。分割算法对图像处理模块122进行分割。再次,这可以实现为执行分割的神经网络。但是,这可以通过使用各种不同的算法(例如形状可变形模型)以直接的方式在算法上实现。这些分割相当于定义经校正的磁共振图像126内的多个预定义解剖结构的三维分割掩模。可以计算这些体积之间的各种比率,并且然后将其与多个预定义的解剖结构比率进行比较。如果测量数据和参考数据的比率变化超过预定量,则可以以此触发警告,提示经校正的磁共振图像中可能存在虚假或幻

觉结构。在某些情况下,所述警告信号可能是针对整幅图像,也可能位于检测到不一致的各个体积所在的位置。在一些情况下,它可能提供有关位置的信息,在其他情况下,它可能仅提供针对整体校正的磁共振图像的警告。

[0125] 图4图示了图像处理模块122的进一步结构。在该示例中,单个神经网络400包括图像处理神经网络部分306和虚假结构预测部分308。在这种情况下,虚假结构预测部分308是神经网络的一部分,图像处理神经网络部分306也是如此。神经网络400例如可以是Y-net。在这种情况下,单个神经网络400可以直接在第二输出部304处输出空间相关的概率图。

[0126] 图5图示了医学系统500的另一示例。图5中图示的示例500类似于图1中的示例100,除了它另外包括由计算系统104控制的磁共振成像系统302。

[0127] 该磁共振成像系统502包括磁体504。磁体504是具有通过其的膛506的超导圆柱型磁体。使用不同类型的磁体也是可能的;例如也可以使用分裂圆柱形磁体和所谓的开放式磁体。分裂圆柱磁体类似于标准的圆柱磁体,除了低温恒温器已经分裂成两部分,以允许访问所述磁体的等平面,从而使磁体可以例如与带电粒子束治疗相结合地使用。开放式磁体具有两个磁体区段,一个在另一个上面,在其之间具有一足够大以接纳对象者的空间:两个区段区域的布置类似于赫姆霍兹线圈的布置。开放式磁体是流行的,因为对象较少地受限。在圆柱磁体的低温恒温器内部有超导线圈的集合。

[0128] 在圆柱形磁体504的膛506内,存在磁场足够强且足够均匀以执行磁共振成像的成像区508。示出了成像区508内的视场509。所采集的磁共振数据通常针对视场509采集。感兴趣的区域可以与视场509相同,或者其可以是视场509的子体积。对象518被示出为由对象支撑体520支撑,使得对象518的至少一部分在成像区508和视场509内。

[0129] 磁体的膛506内还有磁场梯度线圈510的集合,其用于采集初级磁共振数据,以在磁体504的成像区508内对磁自旋进行空间编码。磁场梯度线圈510连接到磁场梯度线圈电源512。磁场梯度线圈510旨在是代表性的。通常,磁场梯度线圈510包含用于在三个正交空间方向上空间地编码的三个分立的线圈的集合。磁场梯度电源将电流供应到所述磁场梯度线圈。供应给磁场梯度线圈510的电流根据时间来进行控制并且可以是斜变的或脉冲的。

[0130] 与成像区508相邻的是射频线圈514,其用于操纵成像区508内的磁自旋的取向,并且用于接收来自也在成像区508内的自旋的射频发射。射频天线可包含多个线圈元件。射频天线还可以被称为通道或天线。射频线圈514连接到射频收发器516。射频线圈514和射频收发器516可以由独立的发送线圈和接收线圈以及独立的发射器和接收器替代。要理解的是,射频线圈514和射频收发器516是代表性的。射频线圈514旨在还表示专用的发射天线和专用的接收天线。类似地,收发器516也可以表示单独的发射器和接收器。射频线圈514也可以具有多个接收/发射元件,并且射频收发器516可以具有多个接收/发射通道。收发器516和梯度控件512被示为连接到计算机系统102的硬件接口106。

[0131] 存储器110还被示为包含脉冲序列命令530,脉冲序列命令53可以使计算系统104控制磁共振成像系统502以采集k空间数据。在一些示例中,磁共振数据124是k空间数据。在其他示例中,磁共振数据124是根据采集的k空间数据来重建的。存储器110还被示为包含可选的参考磁共振图像532。参考磁共振图像532可以例如来自解剖图集或者可以是被认为代表对象的正常解剖结构的模板图像。

[0132] 在虚假结构预测部分308确定模板匹配参数的情况下,虚假结构数据128例如可以

是使用模板匹配参数计算出的参考磁共振图像532与经校正的磁共振图像126之间的差异图像,以匹配这两幅图像。存储器110还被示为包含可选的对象元数据534。可选的对象元数据534可以包含描述对象的数据,例如年龄、体重和/或性别。这可以用于从可选模板数据库536中选择参考磁共振图像532。

[0133] 作为替代方案,存储器110还显示为包含可选的图像生成神经网络538。例如,这可以采用对象元数据534并且被训练以生成参考磁共振图像532。例如,图像生成神经网络538可能已经是经训练的GAN神经网络的一部分。

[0134] 存储器110还被示为包含预定体积比数据540。这可以由虚假结构预测部分308或者由虚假结构数据包括定义多个预定义解剖结构的三维分割掩模的实施例使用。存储器110还显示为包含可选的体积比数据库542,其可以例如用于响应于提供对象元数据534而提供预定体积比数据540。

[0135] 如上所述,基于神经网络的伪影校正可能会导致生成的图像中出现虚假结构(幻觉)。这些合成结构具有逼真的外观,这可能会使图像解释变得复杂,并且甚至导致误诊。

[0136] 在一些示例中,所公开的发明通过将图像校正设置重塑为多任务框架来克服该问题,其允许自动检测网络幻觉。可以使用专用的多任务网络架构,其中,第一任务是伪影校正。第二任务被设计为允许检测可能出现在伪影校正图像中的虚假结构。详细描述了该框架的三个示例。

[0137] 图像伪影是磁共振成像(MRI)临床应用中常见且长期存在的问题。由于许多伪影类型(例如运动、吉布斯振铃、径向条纹)通常具有特征性外观,因此基于深度学习的后处理方法已被证明可以显著减少伪影。

[0138] 在某些情况下,基于网络的图像校正可能会导致得到的图像中出现虚假结构(“幻觉”)。与通常可以被经验丰富的操作者轻松识别的“经典”MR伪影相比,这些合成结构可以具有逼真的外观。这可能会使图像解读变得复杂,如果不能正确识别幻觉,甚至会导致误诊。

[0139] 一些示例可以通过将图像校正设置重塑为多任务框架来克服这些问题,从而可以自动检测网络幻觉。

[0140] 在该框架中可以使用专用的多任务网络架构,第一任务是伪影校正。第二任务被设计为允许检测可能出现在伪影校正图像中的虚假结构。

[0141] 下面将描述该框架的三个示例作为说明性示例。

[0142] 1)模板匹配

[0143] 图6示出了该实施例的示意图。图6图示了如何训练模板匹配神经网络的一个示例。存在单个神经网络400,其是Y-net。它具有U-net结构602和额外的解码分支604。在这个示例中,解码分支604有几个额外的卷积层。在其他示例中,解码分支604可以具有与U-net结构602的解码分支类似的结构,并带有额外的跳过连接。解码分支604连接到最低分辨率卷积层606。提供的训练数据是磁共振数据124,其与真实数据600和模板或图谱532配对。在训练期间,损坏的图像124被输入到输入部300中。作为响应,第一输出部302输出经校正的图像126。第二输出部304还输出模板匹配参数607。使用重建损失函数608将经校正的输出126与真实数据600进行比较。该重建损失函数608用于提供损失数据,所述损失数据用于从第一输出部302开始训练Y-net400。将经校正的输出126、模板匹配参数607和参考磁共振图

像532输入到匹配损失函数610中,所述匹配损失函数610提供匹配损失,用于训练从第二输出部304开始的解码分支604。

[0144] 对于MR脑部扫描中的运动伪影校正示例问题,使用定制的Y-Net架构来同时减少伪影以及将经伪影校正的输出与参考脑图谱(例如Talairach或MNI)进行匹配。为了执行模板匹配,Y-Net的第二个解码分支被训练为提供特定匹配算法所需的模板匹配参数。在最一般的情况下,这些参数是定义整个体积的每个像素移位的3D变形场。假设变形场具有一定程度的压缩性,也可以选择低维表示来简化相关的学习问题。在训练期间,使用针对伪影校正分支的标准重建损失函数(如均方误差)并且使用针对对模板匹配分支的匹配损失函数来对Y-Net的权重进行优化。后者被设计为实现对小的解剖差异的高灵敏度,例如通过使用先前针对超分辨率任务提出的基于边缘的损失函数。

[0145] 在推理过程中,通过经变形的伪影校正图像和模板脑之间的较大偏差来检测到经网络校正的图像中的潜在幻觉。

[0146] 2)体积法

[0147] 在另一个实施例中,训练Y-Net的第二解码路径,以提供3D分割掩模,用于对预定义的颅内区域和脑结构进行体积评估。在该实现中,通过手动或自动分割真实数据来获得参考掩模,并且模板匹配损失由通常用于图像分割任务的交叉熵损失函数所取代。

[0148] 在推理过程中,通过将体积结果与标准参考值进行比较,可以检测经伪影校正的数据中的潜在幻觉。

[0149] 3)直接预测幻觉风险

[0150] 在另一个实施例中,Y-Net的二次解码路径被训练以直接提供幻觉风险,作为全局风险值或局部风险图。后者可用于指导图像解读,突出显示可能包含人工解剖结构的“不可靠”图像区域。

[0151] 还可以考虑其他示例:

[0152] • 患者或对象的元数据被用作额外的输入数据,从而考虑大脑形态的多样性。对于模板匹配实施例,存储具有相应元数据的模板脑的字典,并且在推理期间使用适当的字典条目。对于体积测定实施例,参考值会根据特定患者元数据进行调整。

[0153] • 使用额外的专用网络进行幻觉检测,以变形的经伪影校正的图像和模板脑作为输入。该网络被训练为忽略正常的解剖变化但检测非典型差异(=幻觉)。

[0154] • 两个Y-Net分支被分别训练:冻结一个分支的权重,同时更新另一个分支的权重。

[0155] 尽管已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明,但是这样的图示和描述应当被认为是图示性或示范性的,而非限制性的。本发明不限于公开的实施例。

[0156] 本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求书,在实践请求保护的本发明时能够理解并且实现对所公开的实施例的其他变型。在权利要求中,“包括”一词不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”不排除多个。单个处理器或者其它单元可以实现权利要求书中记载的若干项的功能。尽管特定措施是在互不相同的从属权利要求中记载的,但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。可以将计算机程序存储/分布在与其它硬件一起提供或者作为其它硬件的部分提供的诸如光存储介质或者固态介质的合适介质上,但是还可以以诸如经因特网或者其它有线或无线电信系统的其它形式分布。权利要

求书中的任何附图标记不应被解读为对范围的限制。

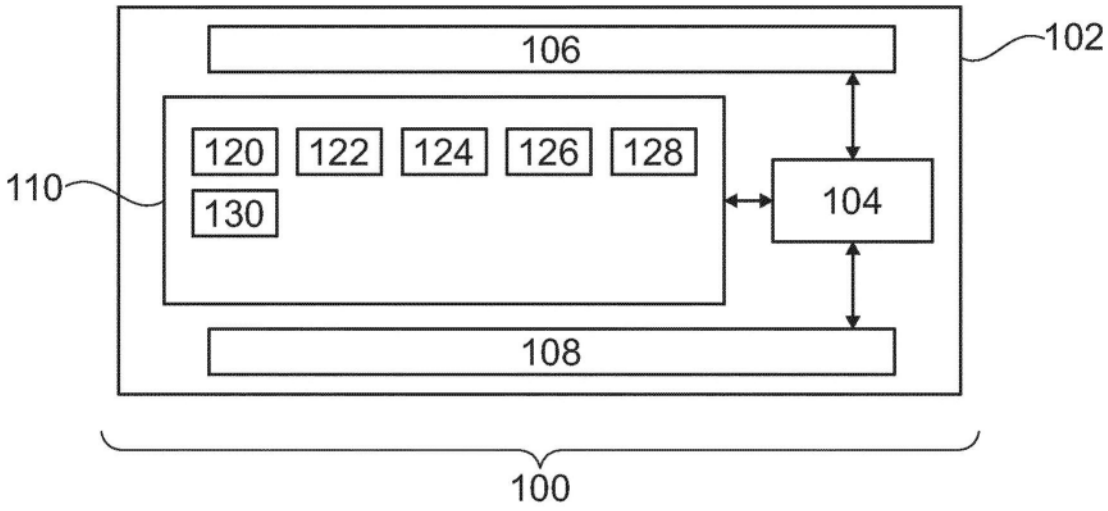

106
102
120
122
124
126
128
110
130
104
108
100

图1

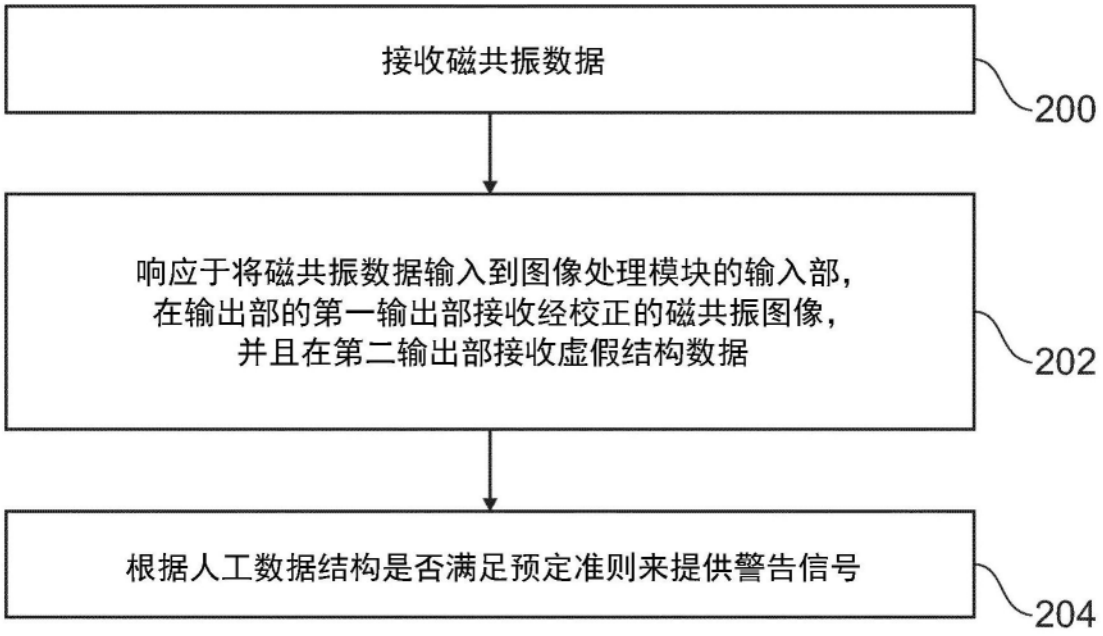

接收磁共振数据
200
响应于将磁共振数据输入到图像处理模块的输入部，
在输出部的第一输出部接收经校正的磁共振图像，
并且在第二输出部接收虚假结构数据
202
根据人工数据结构是否满足预定准则来提供警告信号
204

图2

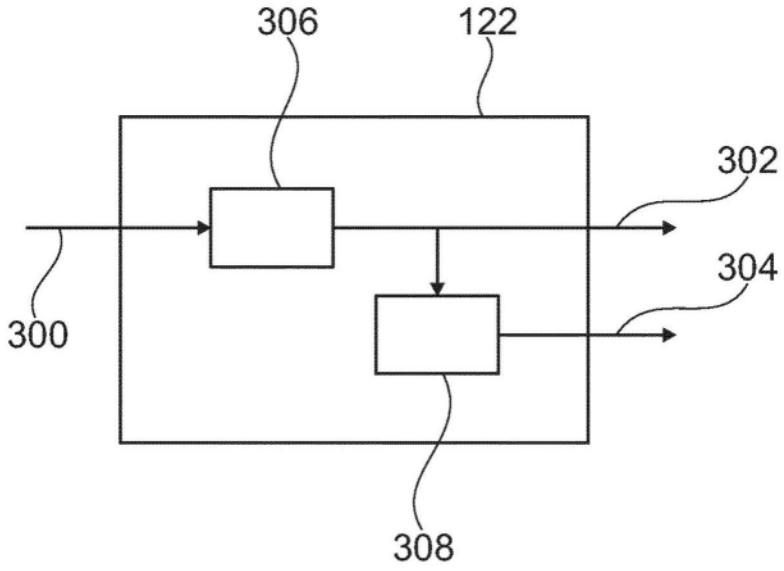


图3

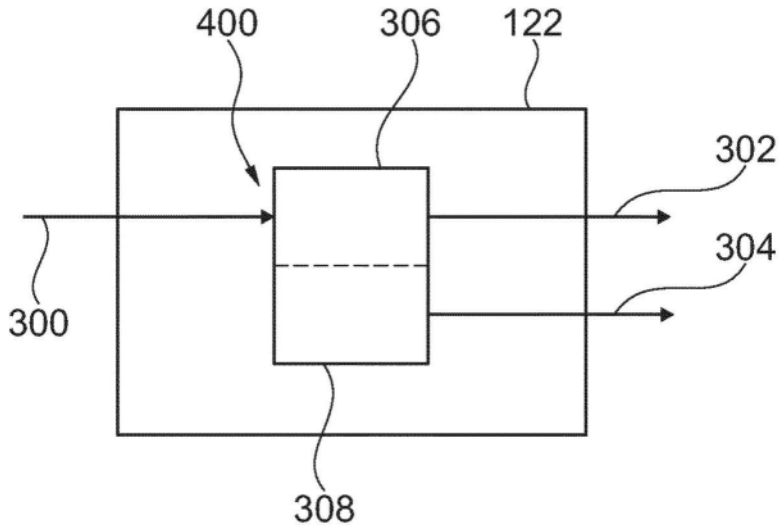


图4

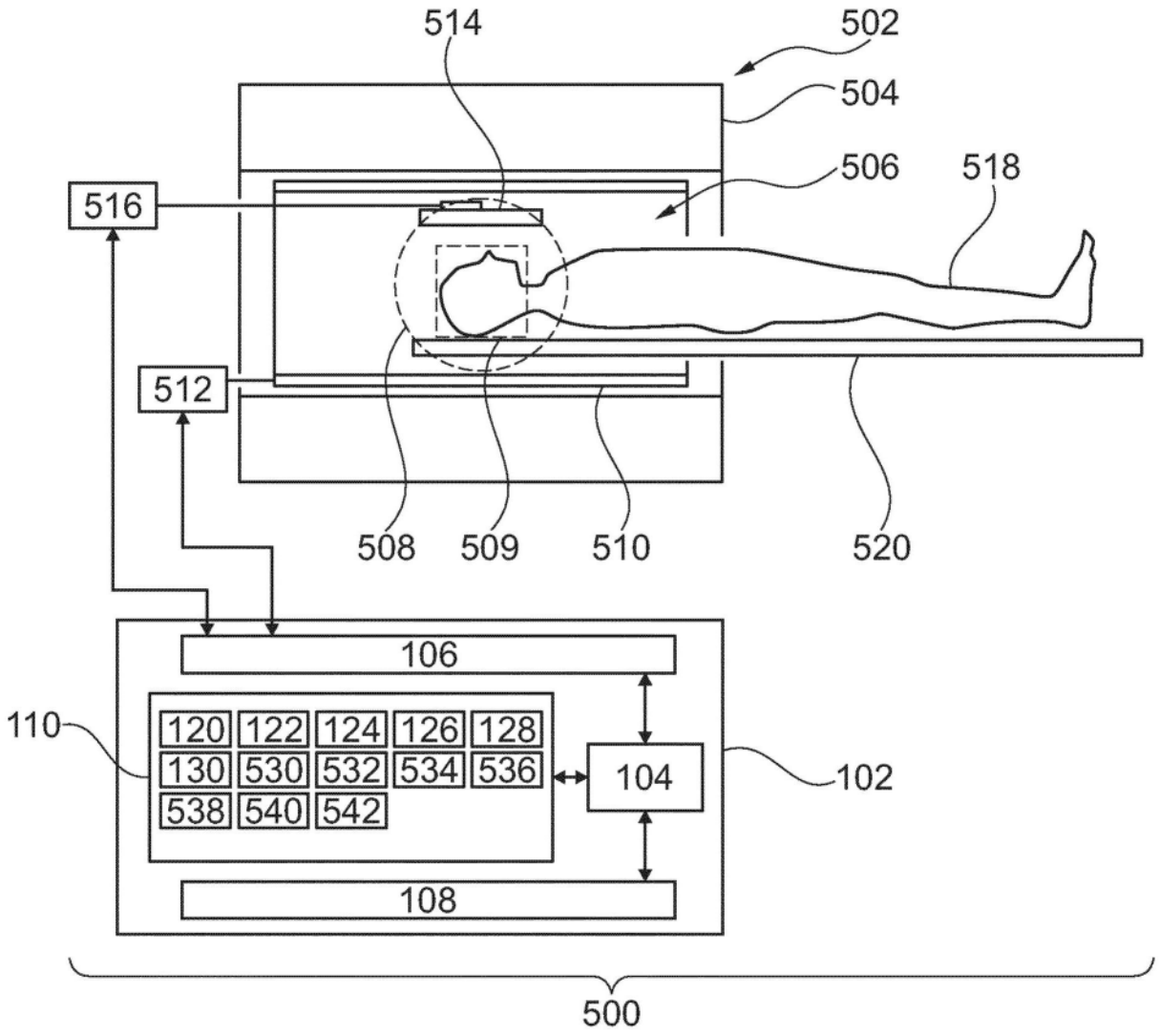

514
502
504
506
518
516
512
508
509
510
520
106
110
120
122
124
126
128
130
530
532
534
536
538
540
542
104
102
108
500

图5

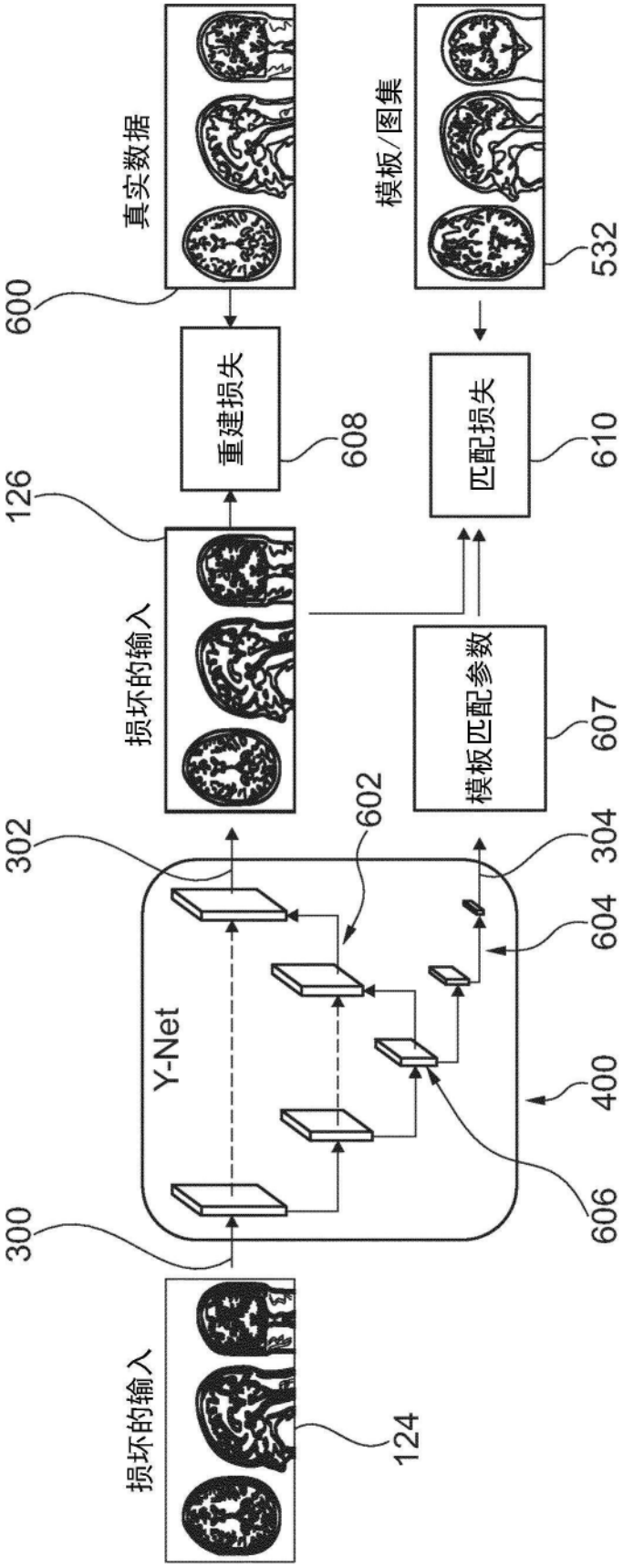

真实数据
模板/图集
600
532
重建损失
匹配损失
608
610
126
损坏的输入
模板匹配参数
607
602
304
302
604
Y-Net
400
606
300
损坏的输入
124

图6