(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113194837 B
(45)授权公告日 2024.10.18

(21)申请号 201980083549.2
(22)申请日 2019.12.11
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113194837 A
(43)申请公布日 2021.07.30
(30)优先权数据
62/780,354 2018.12.17 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2021.06.17
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/084534 2019.12.11
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2020/126712 EN 2020.06.25

(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 E·M·坎菲尔德 T·卢帕斯
R·G·特拉姆斯 D·霍普辛普森
(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 孟杰雄

(51)Int.Cl.
A61B 8/08(2006.01)
(56)对比文件
WO 2018060723 A1,2018.04.05
US 2017024883 A1,2017.01.26
CN 103222879 A,2013.07.31
审查员 王晓龙

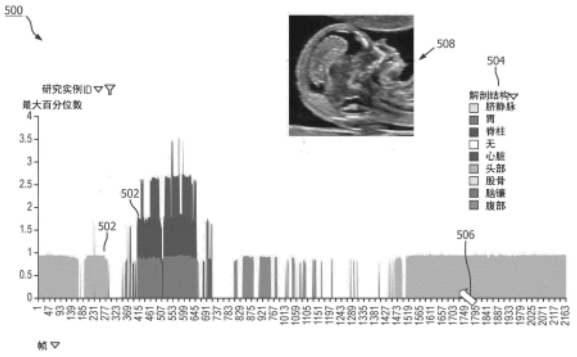
权利要求书2页 说明书15页 附图13页

(54)发明名称

用于帧索引和图像复查的系统和方法

(57)摘要

本公开描述了成像系统,所述成像系统被配置为生成索引信息以指示多个图像帧中的哪些图像帧包括一个或多个目标解剖特征,诸如胎儿的头部或股骨。还确定目标解剖特征的存在的置信度水平。系统可以被配置为通过实施至少一个神经网络确定目标解剖特征是否存在于图像帧中。还可以确定基于图像帧的质量的品质水平。可以采集一个或多个感兴趣项目的测量结果。可以经由用户接口提供索引信息(502)、置信度水平、品质水平和/或测量结果的视觉表示(500)。用户接口可以基于视觉表示接收用户输入以导航到多个图像帧中的特定图像帧(508)。



CN 113194837 B

1.一种超声成像系统,包括:

超声换能器,其被配置为采集响应于朝向感兴趣区域发送的超声脉冲的回波信号;

一个或多个处理器,其与所述超声换能器通信并且被配置为:

接收根据超声回波生成的多个图像帧;

针对所述多个图像帧中的每个图像帧确定目标解剖特征是否存在于所述图像帧中;并且

针对所述多个图像帧中的每个所述图像帧,基于指示所述目标解剖特征存在于给定图像帧中的置信度水平来生成索引信息;

用户接口,其与所述一个或多个处理器通信并且被配置为显示所述索引信息的视觉表示,

其中,所述视觉表示包括与所述目标解剖特征相关联的标记,并且其中,所述视觉表示还包括表示所述多个图像帧的顺序的第一轴,并且其中,所述标记在所述第一轴上被定位于表示所述目标解剖特征存在于的所述给定图像帧的位置处,

其中,所述视觉表示还包括表示所述置信度水平的幅度的第二轴,所述第二轴垂直于所述第一轴,其中,所述标记包括视觉特性,所述视觉特性包括高度,所述高度基于置信度水平而变化。

2.根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述视觉表示还包括指示所述标记与所述目标解剖特征相关联的图例。

3.根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述用户接口包括被配置为由用户输入控制的选择器。

4.根据权利要求3所述的超声成像系统,其中,所述用户输入确定所述选择器在所述视觉表示上的位置,并且所述位置确定所述多个图像帧中要显示的图像帧,并且

任选地,其中,所述位置在所述标记上。

5.根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述一个或多个处理器被配置为通过将所述帧输入到利用包括所述目标解剖特征的成像数据训练的神经网络中来确定所述目标解剖特征是否存在于所述图像帧中。

6.根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述视觉表示被配置为基于高于阈值的置信度水平来显示所述索引信息。

7.根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述一个或多个处理器被配置为确定标准视图已经被采集,并且所述用户接口被配置为显示标准视图的列表和所述列表上指示所述标准视图已经被采集的图形指示符。

8.根据权利要求1所述的超声成像系统,其中,所述一个或多个处理器被还配置为基于所述多个图像帧的所述索引信息来确定品质水平,所述品质水平与所述图像帧的质量相关联。

9.一种超声成像方法,包括:

采集响应于由操作地耦合到超声系统的换能器发送到感兴趣区域中的超声脉冲的回波信号;

根据超声回波来生成多个图像帧;

处理多个图像帧中的每个图像帧以确定置信度水平,其中,所述置信度水平是目标解

剖特征存在于所述图像帧中的概率;

针对每个经处理的帧基于针对每个帧的所述置信度水平来生成索引信息;

生成所述索引信息的视觉表示;并且

使得用户接口显示与所述索引信息相对应的所述视觉表示,

其中,所述视觉表示包括表示所述多个图像帧的顺序的第一轴和在所述第一轴上被定位于表示所述目标解剖特征存在于的所述图像帧的位置处的多个标记,

其中,所述视觉表示还包括表示所述置信度水平的幅度的第二轴,所述第二轴垂直于所述第一轴,其中,所述标记包括视觉特性,所述视觉特性包括高度,所述高度基于置信度水平而变化。

10.根据权利要求9所述的超声成像方法,还包括生成所述目标解剖特征存在于的所述图像帧的品质水平,所述品质水平与相应图像帧的图像质量相关联,并且

任选地,其中,所述方法还包括显示所述图像帧中具有最高品质水平的图像。

11.根据权利要求9所述的超声成像方法,还包括从所述目标解剖特征存在于的图像帧对所述目标解剖特征进行测量。

12.根据权利要求9所述的超声成像方法,还包括使得所述用户接口与所述视觉表示一起显示选择器,其中,所述选择器能够基于用户输入来确定所述多个图像帧中要由所述用户接口显示的图像帧。

用于帧索引和图像复查的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及用于使用至少一个神经网络确定哪些采集的图像帧包括感兴趣项目并提供该确定的视觉表示的成像系统和方法。具体实施方式涉及被配置为生成指示经由超声成像系统获得的每个图像帧中的感兴趣项目的显示的系统。

背景技术

[0002] 在诸如超声检查的成像检查期间,可以将许多图像采集为静止图像帧或通常被称为电影回放的图像帧的序列。可以采集并存储数百或数千个图像帧(静止帧或电影回放)以供稍后复查。当复查先前的检查时,诸如放射科医师的用户必须个体地复查每个记录的图像帧以找到用于执行测量和/或诊断评估的可接受的解剖结构或病理学的图像。诸如超声医师的用户可能必须在检查期间复查记录的图像帧,以确认已经采集可接受的解剖学或病理学图像。在任一种环境中,许多图像帧的这种手动复查是耗时的。在与放射科医师一起描述的示例中,冗长的复查限制了可以处理的患者文件的数量。在与超声检查医师一起描述的示例中,繁琐的复查过程不仅限制了可以由超声检查医师扫描的患者的数量,而且增加了每次检查的长度,这给患者带来了不便。因此,需要减少复查图像帧所需的时间的新技术。

发明内容

[0003] 本公开描述了用于复查采集的超声图像帧的系统和方法。更具体地,所述系统和方法可以被配置为确定哪些图像帧包括一个或多个感兴趣项目,并基于该确定生成索引信息。可以在用户接口上显示索引信息的视觉表示。该视觉表示可以允许用户找到哪些图像帧要复查以进行期望的测量和/或诊断。在一些实施例中,系统可以自动进行一个或多个测量。

[0004] 根据本文中描述的一些实施例,一种超声成像系统包括超声换能器、一个或多个处理器,所述超声换能器被配置为采集响应于朝向感兴趣区域发送的超声脉冲的回波信号,所述一个或多个处理器与所述超声换能器通信并且被配置为:接收根据所述超声回波生成的多个图像帧,针对所述多个图像帧中的每个图像帧确定目标解剖特征是否存在于所述图像帧中,并且针对所述多个图像帧中的每个图像帧基于指示所述目标解剖特征存在于所述给定图像帧中的置信度水平来生成索引信息。所述超声成像系统可以包括用户接口,所述用户接口与所述一个或多个处理器通信并且被配置为显示所述索引信息的视觉表示。

[0005] 根据本文中描述的一些实施例,采集响应于由操作地耦合到超声系统的换能器发送到感兴趣区域中的超声脉冲的回波信号,根据所述超声回波生成多个图像帧,处理多个图像帧中的每个以确定置信度水平,其中,所述置信度水平是目标解剖特征存在于所述图像帧中的概率,针对每个经处理的帧基于每个帧的置信度水平生成索引信息,生成所述索引信息的视觉表示,并且使得用户接口显示与所述索引信息相对应的所述视觉表示。

[0006] 本文中描述的方法中的任一个或其步骤可以被实现在非瞬态计算机可读介质中,

所述非瞬态计算机可读介质包括可执行指令,所述可执行指令当被运行时可以使医学成像系统的处理器执行本文中体现的方法或步骤。

附图说明

[0007] 图1是根据本公开的原理的超声系统的框图。

[0008] 图2是示出图1的超声系统的额外部件的示图。

[0009] 图3是根据本公开的原理实施的索引信息的示例视觉表示。

[0010] 图4是根据本公开的原理实施的置信度水平的示例视觉表示。

[0011] 图5是根据本公开的原理的用户可以如何与置信度水平的视觉表示交互的示例。

[0012] 图6A是根据本公开的原理的用户可以如何与置信度水平的视觉表示交互的示例。

[0013] 图6B是根据本公开的原理的用户可以如何与置信度水平的视觉表示交互的示例。

[0014] 图7是根据本公开的原理的用户可以如何与品质水平的视觉表示交互的示例。

[0015] 图8是根据本公开的原理采集感兴趣项目的测量结果的示例。

[0016] 图9是根据本公开的原理的置信度水平的动态视觉表示的示例。

[0017] 图10示出了根据本公开的用于训练和部署超声成像系统中的人工神经网络(或机器学习模型)的方法。

[0018] 图11是根据本公开的原理的数据处理器的输入和输出的流程图。

[0019] 图12是根据本公开的原理的方法的框图。

具体实施方式

[0020] 特定实施例的以下描述本质上仅是示例性的,并且决不旨在限制本发明或其应用或用途。在本系统和方法的实施例的以下详细描述中,参考形成其一部分的附图,并且通过图示的方式示出了特定实施例,其中,可以实践所描述的系统和方法。足够详细地描述这些实施例以使得本领域技术人员能够实践当前公开的系统和方法,并且应当理解,可以利用其他实施例,并且可以在不脱离本系统的精神和范围的情况下进行结构和逻辑上的改变。此外,为了清楚起见,当其对于本领域技术人员而言是显而易见时,某些特征的详细描述将不被讨论,以免模糊对本系统的描述。因此,以下详细描述不应被视为具有限制意义,并且本系统的范围仅由所附权利要求限定。

[0021] 在超声检查期间,用户可以用超声换能器阵列扫描对象的感兴趣区域。扫描可以采集通过感兴趣区域的体积的若干平面。这些平面可以被存储为电影回放的图像帧或个体图像帧。在扫描之后,用户可以复查存储的图像帧以寻找包括感兴趣项目的可接受图像的图像帧。感兴趣项目可以是解剖结构(例如,胎儿心脏)、解剖结构的子特征(例如,二尖瓣),和/或其可以是用户想要在一个或多个图像帧中定位的解剖结构的特定视图(例如,四腔室视图、左心室流出道)。用户正在寻找的解剖结构和解剖结构的子特征可以被称为目标解剖特征。如果感兴趣项目的图像允许用户进行期望的测量和/或进行诊断,则感兴趣项目的图像可以是可接受的。用户可以将可接受的图像帧与电影回放或其他图像帧分开保存。在一些情况下,用户可以仅保存可接受图像帧中的最佳图像帧。基于客观和/或主观准则(例如,分辨率、帧中的其他感兴趣项目的存在、视图与标准视图的一致性),图像帧可以是最佳的。然后,用户可以重复扫描不同感兴趣区域的过程,以采集其他感兴趣项目的图像帧。备选

地,如果没有找到可接受的图像,则用户可以重复相同的扫描。在超声检查结束时,可以存储电影回放和单独保存的图像帧中的一些或全部,以由相同或不同的用户稍后复查。尽管可以在稍后的复查期间查阅电影回放和其他图像帧,但是可以通过在检查期间预先选择单独保存的图像帧来辅助稍后的复查。然而,检查期间的迭代“扫描和复查”过程可能导致冗长的检查。

[0022] 随着超声技术进入更广泛的市场,新用户可能不具有与常规用户相同的技能水平。这些用户可能具有用于执行扫描和/或解释超声图像的有限能力。在超声检查期间,这些用户可能扫描对象的大的区域,以便确保对一个或多个感兴趣区域进行成像。可能通过这些扫描生成许多单独的图像帧和/或许多和/或冗长的电影回放。这些扫描可以被存储并提供给单独的用户以供复查。尽管超声检查可以在短时间量内完成,但是单独用户的复查可能很长,因为可能存在数百或数千个图像帧要复查以找到感兴趣区域内的感兴趣项目的可接受图像。

[0023] 本文中描述的技术解决方案可以基于图像帧中的感兴趣项目的存在来提供图像帧的索引信息。技术解决方案还可以提供改进的用户接口,其可以允许用户快速定位并复查包括感兴趣项目的图像帧。用户可以存储所定位的图像帧,进行测量,和/或根据所定位的图像帧进行诊断。技术解决方案可以向用户提供关于存在感兴趣项目的置信度水平和/或与图像帧的质量相关联的品质水平的数据。在一些实例中,技术解决方案可以自动地对可接受的图像帧中的感兴趣项目进行解剖学测量。索引信息、用户接口和/或图像帧的提供的方面可以减少超声检查和/或检查后复查的时间。在一些实施例中,技术解决方案可以至少部分地由采用深度学习算法的神经网络实施。

[0024] 根据本公开的超声系统可以利用神经网络(例如深度神经网络(DNN)、卷积神经网络(CNN)、递归神经网络(RNN)、自动编码器神经网络等)来确定感兴趣项目是否存在于多个图像帧的每个图像帧中,并生成用于显示的确定的视觉表示。在各种示例中,(一个或多个)神经网络可以使用各种各样的目前已知或以后开发的学习技术中的任一种来训练以获得神经网络(例如,经训练的算法或基于硬件的节点系统),其被配置为分析超声图像帧、测量结果和/或统计形式的输入数据,并且确定感兴趣项目是否存在于多个图像帧的每个图像帧中,并且生成用于显示的确定(例如,索引信息、置信度水平)的视觉表示。

[0025] 根据本发明的原理的超声系统可以包括或操作地耦合到超声换能器,所述超声换能器被配置为朝向介质(例如,人体或其特定部分)发送超声脉冲,并且生成响应于超声脉冲的回波信号。超声系统可以包括波束形成器和显示器,所述波束形成器被配置为执行发送和/或接收波束形成,在一些示例中所述显示器被配置为显示由超声成像系统生成的超声图像。超声成像系统可以包括一个或多个处理器和神经网络的至少一个模型,所述神经网络的至少一个模型可以被实施在硬件和/或软件部件中。可以训练神经网络以确定感兴趣项目是否存在于多个图像帧的每个图像帧中,并生成用于显示的确定的视觉表示。

[0026] 根据本公开实施的神经网络可以是基于硬件的(例如,神经元由物理部件表示)或基于软件的(例如,神经元和通路被实施在软件应用中),并且能够使用各种各样的拓扑和学习算法以用于训练神经网络来产生期望的输出。例如,基于软件的神经网络可以使用被配置为运行指令的处理器(例如,单或多核CPU、单个GPU或GPU集群、或被布置用于并行处理的处理器)来实施,所述指令可以被存储在计算机可读介质中,并且所述指令当被运行时使

处理器执行用于确定图像帧中是否存在一个或多个感兴趣项目的经训练的算法。超声系统可以包括显示器或图形处理器,其可操作以将超声图像(2D、3D、4D等)和/或额外图形信息布置在显示窗口中以用于在超声系统的用户接口上显示,所述额外图形信息可以包括注释、索引信息、置信度水平、用户指令、组织信息、患者信息、指示符、颜色编码、突出显示和其他图形部件。在一些实施例中,超声图像帧和相关联的索引信息可以被提供给存储设备和/或存储器设备,诸如用于检查后复查、报告目的或未来训练(例如,以继续提高神经网络的性能)的影像归档和通信系统(PACS),尤其是用于产生与高置信度水平相关联的感兴趣项目的图像帧。显示器可以是远程定位的,并且与除实行成像的超声医师之外的用户实时或异步地交互。

[0027] 如本文所述,一种超声成像系统可以包括超声换能器、一个或多个处理器,所述超声换能器被配置为采集响应于朝向感兴趣区域发送的超声脉冲的回波信号,所述一个或多个处理器与所述超声换能器通信并且被配置为:接收根据所述超声回波生成的多个图像帧;针对所述多个图像帧中的每个图像帧确定目标解剖特征是否存在于所述图像帧中;并且针对所述多个图像帧中的图像帧中的每个基于指示所述目标解剖特征存在于给定图像帧中的置信度水平来生成索引信息。所述超声成像系统可以包括用户接口,所述用户接口与所述一个或多个处理器通信并且被配置为显示所述索引信息的视觉表示。

[0028] 图1示出了根据本公开的原理的示例超声系统100。超声系统100可以包括超声数据采集单元110。超声数据采集单元110能够包括超声探头,所述超声探头包括被配置为将超声脉冲114发送到对象的区域116(例如,腹部)中并且接收响应于所发送的脉冲的超声回波118的超声传感器阵列112。区域116可以包括一个或多个感兴趣项目,诸如发育中的胎儿(如图所示),或发育中的胎儿的一部分(诸如头部或股骨)。尽管说明性示例可以指代胎儿或胎儿解剖结构,但本发明的教导不限于胎儿扫描。区域116可以包括各种其他解剖物体或其部分,诸如肾脏或心脏,其可以是感兴趣项目。如还示出的,超声数据采集单元110能够包括波束形成器120和信号处理器122,所述信号处理器能够被配置为生成根据在阵列112处接收的超声回波118来生成离散超声图像帧124的流。超声图像帧124可以是个体采集的图像帧或序列的一部分,诸如电影回放。图像帧124可以存储在系统100的本地存储器125中,其中,可以稍后在检查期间或在检查后复查期间访问图像帧124。本地存储器125可以由一个或多个硬盘驱动器、固态驱动器或包括非易失性存储器的任何其他类型的合适的存储设备来实施。除了图像帧124之外,本地存储器125可以被配置为存储额外图像数据、可执行指令或系统100的操作所需的任何其他信息。

[0029] 图像帧124可以额外地或备选地被传递到数据处理器126,例如计算模块或电路,其被配置为确定在图像帧124中每个中存在什么感兴趣项目。在一些应用中,例如,在检查后复查期间,数据处理器126可以从本地存储器125接收图像帧124。在一些示例中,数据处理器126可以被配置为通过实施至少一个神经网络(诸如神经网络128)来确定感兴趣项目是否存在于图像帧中,该神经网络可以被训练以确定感兴趣项目是否存在于图像帧中和/或确定包括感兴趣项目的哪个图像帧是最佳图像帧。在一些实施例中,数据处理器126还可以被配置为实施图像质量网络144和/或图像测量网络148,以增加数据处理器126的功能。在一些实施例中,可以训练图像质量网络144以确定包括感兴趣项目的哪些图像帧是最佳图像帧。在一些实施例中,可以训练图像测量网络148以获得图像帧内的一个或多个感兴趣

项目的一个或多个测量结果。

[0030] 在一些实施例中,网络128、144和/或148可以是静态学习网络。也就是说,网络可以在系统100或另一系统上完全训练,并且用于实施完全训练的网络128、144和/或148的可执行指令被提供给数据处理器126。在一些实施例中,网络128、144和/或148可以是动态的连续学习网络。在这样的实施例中,基于每个超声检查的结果来修改用于实施网络128、144和/或148的可执行指令。在各种示例中,数据处理器126还可以通信地或以其他方式耦合到数据库127,数据库127被配置为存储各种数据类型,包括可执行指令、训练数据和新采集的患者特异性数据。在一些示例中,如图1所示,数据库127可以存储在本地存储器125上,然而,数据库127可以在系统100上的单独存储位置中实施。

[0031] 超声数据采集单元110能够被配置为从一个或多个感兴趣区域116采集超声数据,所述感兴趣区域可以包括胎儿、其他解剖结构和其特征。超声传感器阵列112可以包括被配置为发送和接收超声能量的至少一个换能器阵列。超声传感器阵列112的设置能够被预先设置用于执行特定扫描,并且在实施例中能够在特定扫描期间是可调节的。各种各样的换能器阵列可以被使用,例如,线性阵列、凸面阵列或相控阵列。在不同的实施例中,被包括在传感器阵列112中的换能器元件的数量和布置可以改变。例如,超声传感器阵列112可以包括分别对应于线性阵列和矩阵阵列探头的换能器元件的1D或2D阵列。2D矩阵阵列可以被配置为在仰角和方位角两者维度上电子地扫描(经由相控阵列波束形成)用于2D或3D成像。除了B模式成像之外,在本文中根据本公开实施的成像模态还能够包括例如剪切波和/或多普勒。各种各样的用户可以操纵并操作超声数据采集单元110来执行本文中描述的方法。在一些示例中,用户可能是不能准确地识别给定扫描中所需的感兴趣区域中的每个感兴趣项目的新手超声操作者。在一些情况下,数据采集单元110由机器人控制(定位、设置等),并且可以替换人类操作者数据以执行本文描述的方法。例如,数据采集单元110可以被配置为利用由数据处理器126获得的发现来细化一个或多个图像平面和/或从其获得的解剖测量结果。根据这样的示例,数据采集单元110可以被配置为通过响应于从数据处理器接收的反馈调节换能器、信号处理器或波束形成器的一个或多个参数而以自动方式操作。

[0032] 数据采集单元110还可以包括被耦合到超声传感器阵列112的波束形成器120,例如,波束形成器包括微波束形成器或微波束形成器与主波束形成器的组合。波束形成器120可以控制超声能量的发送,例如通过将超声脉冲形成为聚焦波束。波束形成器120还可以被配置为控制超声信号的接收,使得可辨别的图像数据可以在其他系统部件的帮助下被产生并处理。在不同的超声探头变型中,波束形成器120的角色可以改变。在一些实施例中,波束形成器120可以包括两个独立的波束形成器:被配置为接收并处理用于发送到对象内的超声能量的脉冲序列的发送波束形成器、以及被配置为对接收到的超声回波信号进行放大、延迟和/或求和的单独的接收波束形成器。在一些实施例中,波束形成器120可以包括被耦合到主波束形成器的微波束形成器,所述微波束形成器对多组传感器元件进行操作以便进发送和接收波束形成两者,所述主波束形成器对分别用于发送和接收波束形成两者的组输入和输出进行操作。

[0033] 信号处理器122可以与传感器阵列112和/或波束形成器120通信地、操作地和/或物理地耦合。在图1中示出的示例中,信号处理器122被包括作为数据采集单元110的集成部分,但是在其他示例中,信号处理器122可以是单独的部件。在一些示例中,信号处理器可以

与传感器阵列112一起被容纳,或其可以与传感器阵列物理地分开但是被通信地(例如,经由有线或无线连接)耦合到传感器阵列。信号处理器122可以被配置为接收体现在传感器阵列112处接收的超声回波118的未滤波的且无组织的超声数据。根据这种数据,信号处理器122可以在用户扫描感兴趣区域116时连续地生成多个超声图像帧124。

[0034] 在特定实施例中,神经网络128可以包括深度学习网络,其使用标记成像数据的训练集训练,以确定一个或多个感兴趣项目是否在多个超声图像帧124的给定新(未知)帧中发现,并基于存在什么感兴趣项目来索引给定图像帧。关于什么感兴趣项目在给定帧中的信息可以被称为索引信息。换句话说,可以训练神经网络128以识别一个或多个预定感兴趣项目,并且对于新采集的图像帧,神经网络128可以确定感兴趣项目处于图像帧中的置信度水平(例如,概率)。多个感兴趣项目的置信度水平可以与多个超声图像帧124中的单个帧相关联。在一些实施例中,神经网络128可以输出包括每个感兴趣项的概率(例如,置信水平)的向量,该向量可以被存储为索引信息并且通过指针与适当的图像帧相关联。每个图像帧中存在哪些感兴趣项目的视觉表示可以由显示处理器158生成,并经由用户接口160呈现给用户。也就是说,可以不在索引信息的视觉表示中显示与每个感兴趣项目相关联的潜在概率。在一些实施例中,将仅向用户显示与在阈值之上的置信度水平相关联的索引信息。额外地或备选地,与每个图像帧相关联的潜在置信度水平的视觉表示可以由显示处理器158生成,并经由用户接口160呈现给用户。在一些实施例中,将仅向用户显示在阈值之上的置信度水平。与每个帧相关联的感兴趣项目的视觉表示可以向用户提供关于在多个超声图像帧124的每个图像帧中存在什么感兴趣项目的视觉概览。这可以允许用户更快地确定哪些帧要复查以查看感兴趣项目。

[0035] 在特定实施例中,图像质量网络144可以包括使用标记成像数据的训练集训练的深度学习网络,以生成由神经网络128确定为存在感兴趣项目的多个超声图像帧124中的每一个的品质水平。多个感兴趣项目的品质水平可以与多个超声图像帧124中的单个帧相关联。在一些实施例中,可以由显示处理器158生成与给定感兴趣项目的每个帧相关联的品质水平的视觉表示,并将其经由用户接口160呈现给用户。与每个帧相关联的品质水平的视觉表示可以向用户提供关于来自多个超声图像帧的存在感兴趣项目的哪些图像帧可能最适合于进行测量或诊断目的的视觉概览,例如,由超声检查协议定义的标准视图。在一些实施例中,由图像质量网络144生成的品质水平可以用于经由用户接口160向用户自动呈现具有感兴趣项目的最高品质水平的一个或多个图像帧。在一些实施例中,仅将具有在阈值之上的品质水平的图像帧显示给用户。在一些实施例中,可以省略图像质量网络144。

[0036] 在特定实施例中,图像测量网络148可以包括深度学习网络,该深度学习网络使用标记成像数据的训练集来训练,以生成针对存在于多个超声图像帧124中的给定帧中的一个或多个感兴趣项目的一个或多个测量结果。在一些实施例中,给定帧可以由用户经由用户接口160选择。在其他实施例中,可以基于由图像质量网络144确定的品质水平来确定给定帧。由图像测量网络148生成的一个或多个测量结果可以经由用户接口160视觉地呈现给用户。在一些实施例中,可以省略图像测量网络148。

[0037] 神经网络128、图像质量网络144和/或图像测量网络148的输出可以提供给本地存储器125。输出可以包括但不限于索引信息、置信度水平、品质水平和测量结果。

[0038] 图2示出了系统100的额外部件。如上所述,可以经由系统100的一个或多个部件向

用户显示一个或多个采集的超声图像帧、索引信息的视觉表示、置信度水平、品质水平和/或测量结果。如图2所示,这样的部件可以包括与数据处理器126通信地耦合的显示处理器158。显示处理器158还与用户接口160耦合,使得显示处理器158可以将数据处理器126(并且因此在其上操作的一个或多个神经网络)链接到用户接口160,使得神经网络输出(例如,置信度水平的视觉表示)能够显示在用户接口160的显示器164上。显示器164可以包括使用各种已知的显示技术(诸如LCD、LED、OLED或等离子体显示技术)实施的显示设备。在实施例中,显示处理器158可以被配置为从在数据处理器126和/或本地存储器125处接收的图像帧124生成超声图像162。在一些示例中,用户接口160可以被配置为在正在执行超声扫描时实时显示超声图像162以及一个或多个视觉表示140,一个或多个视觉表示140可以叠加在图像上和/或单独显示。视觉表示140可以包括注释、颜色映射、百分比和/或条的形式的索引信息、置信度水平、品质水平和/或测量结果。此外,在一些实施例中,可以提供针对特定检查是否需要所有感兴趣项目的视觉指示(例如,超声心动图中的心脏的所有标准视图)。在一些实施例中,用户显示器164可以包括多个显示器。在一些示例中,超声图像162可以显示在第一显示器164上,并且视觉表示140可以同时显示在第二显示器164上。

[0039] 用户接口160还可以被配置为在超声扫描之前、期间或之后的任何时间经由一个或多个用户控件168接收用户输入166。例如,用户接口160可以是交互式的,接收指示感兴趣项目或多个超声图像帧124中的要显示的一个或多个特定帧的用户输入166。在一些示例中,输入166可以包括提高或降低置信度水平或品质水平的阈值或调节一个或多个图像采集设置的指令。在一些示例中,输入166可以包括关于用户希望神经网络128在图像帧124中的每个图像帧中定位的感兴趣项目的指示。在一些实施例中,(一个或多个)用户控件168可以包括一个或多个硬控件(例如,按钮、旋钮、拨盘、编码器、鼠标、轨迹球等)。在一些实施例中,(一个或多个)用户控件168可以额外地或备选地包括在触敏显示器上提供的软控件(例如,GUI控制元件或简单地GUI控件)。在一些实施例中,显示器164可以是包括(一个或多个)用户控件168的一个或多个软控件的触敏显示器。

[0040] 图2以及图1所示的部件的配置可以改变。例如,系统100可以是便携式的或固定的。可以使用各种便携式设备(例如,膝上型计算机、平板计算机、智能电话、远程显示器和接口等)来实施系统100的一个或多个功能。可以远程地(例如,在云中)执行数据处理中的一些或全部。在包含这样的设备的示例中,超声传感器阵列112可以是经由例如USB接口可连接的。在一些示例中,可以组合图1和图2中所示的各种部件。例如,神经网络128可以与图像质量网络144和/或图像测量网络148合并。根据这样的实施例,由神经网络128生成的输出仍然可以被输入到网络144和/或148中,但是三个网络可以构成例如更大的分层网络的子部件。

[0041] 由数据处理器126提供的视觉表示140可以提供改进的用户接口,以用于复查采集的图像帧。改进的用户接口可以允许用户看到哪些帧包括感兴趣项目,并且将其对许多图像帧的复查减少到由视觉表示140指示的那些图像帧。这可以增加系统的功能并减少用户的复查时间。在一些实施例中,用户接口160可以被配置为允许用户经由视觉表示140与系统100交互。

[0042] 图3图示了根据本公开的实施例的索引信息的示例视觉表示300。视觉表示300可以由显示处理器158至少部分地基于来自神经网络128的输出来生成。视觉表示300可以被

提供在显示器上,诸如图2中所示的显示器164。示例视觉表示300可以包括表示以逻辑方式布置的每个分析帧的索引信息的单个图形,例如沿着表示多幅图像的时间维度的轴或以一些其他布置。在图3中的示例中,水平轴表示一系列个体帧中和/或包括在序列(例如,电影回放)中的图像帧。水平轴可以标记有图像帧号、图像帧的文件名和/或帧的采集时间(未示出)。对于每个帧,标记302可以指示图像帧中存在一个或多个感兴趣项目。因此,示例视觉表示可以包括表示与每个帧相关联的索引信息的多个标记。对于不存在感兴趣项目的帧,可以不存在标记302。感兴趣项目是否存在可以基于与感兴趣项目相关联的相关联的置信度水平是否在阈值(例如,90%、80%、70%、50%)之上。阈值可以在系统(例如,系统100)中预设或可以通过用户输入(例如,输入166)指示。视觉表示300还可以包括指示哪些标记对应于哪些感兴趣项目的图例304。在图3所图示的示例中,指示了三个不同的感兴趣项目,但是应理解,可以索引任何数量的感兴趣项目。此外,尽管标记302在图3中被示出为方框,但是可以使用其他标记类型(例如,条形、星形、圆形、十字)。可以通过颜色、形状、大小和/或其他视觉属性来区分不同感兴趣项目的标记。标记302可以允许用户快速地看到哪些图像帧包括特定的感兴趣项目。

[0043] 尽管图3中所示的索引信息的示例视觉表示300可以允许用户快速地查看哪些图像帧包含哪些感兴趣项目,但是在一些应用中,用户可能希望查看用于生成索引信息的下层置信度水平。图4图示了根据本公开的实施例的置信度水平的示例视觉表示400。视觉表示400可以由显示处理器158至少部分地基于来自神经网络128的输出来生成。视觉表示400可以被提供在显示器上,诸如图2中所示的显示器164。示例视觉表示400可以包括表示以逻辑方式布置的分析帧中每个的置信度水平的单个图形。例如,可以相对于表示置信度水平的幅度的第一轴来绘制置信度水平,并且可以沿着表示多幅图像的时间维度的第二轴或以一些其他布置来布置帧。如图3所示,水平轴表示一系列个体帧中的图像帧和/或包括在序列(例如,电影回放)中的图像帧。水平轴可以标记有图像帧号、图像帧的文件名和/或帧的采集时间(未示出)。垂直轴表示给定感兴趣项目存在于图像帧中的置信度水平(例如,0%至100%之间的概率)。对于每个帧,一个或多个标记402可以指示帧中存在一个或多个感兴趣项目的置信度水平。标记402的视觉特性可以基于置信度水平而改变。如图4中的示例所示,标记402是条的形式,其中,为每个帧提供与置信度水平相对应的高度(例如,视觉特性)。标记402的视觉特性或额外视觉特性可以基于与置信度水平相关联的感兴趣项目而改变。在所示的示例中,如果在帧中存在多于一个感兴趣项目,则与不同感兴趣项目相关联的不同阴影的条被叠加在彼此的顶部上。可以使用其他标记类型和/或视觉特性来表示置信度水平和/或感兴趣项目。例如,标记402可以是具有表示置信度水平的不同颜色的正方形,并且正方形上的叠加图案(例如,条纹、点、交叉影线)可以指示感兴趣项目。没有任何感兴趣项目存在的置信度的帧可以没有标记。在一些实施例中,可以不示出在某一阈值(例如,90%、80%、70%、50%)之下的置信度水平。阈值可以在系统(例如,系统100)中预设,或可以由用户经由用户输入(例如,输入166)指示。视觉表示400还可以包括指示哪些标记对应于哪些感兴趣项目的图例404。标记402可以允许用户快速地看到哪些图像帧最可能包括特定的感兴趣项目。

[0044] 用户可以经由用户接口(例如,用户接口160)与索引信息、置信度水平、品质水平和/或测量结果的视觉表示进行交互。用户可以经由用户控件(例如,用户控件168)提供输

入(例如,用户输入166)。例如,用户接口可以包括选择器,该选择器用于通过选择标记、轴上标记的图像帧号和/或图例中的项目从视觉表示选择感兴趣项目、图像帧和/或其他输出的视觉表示。在一些实施例中,选择器可以由显示处理器(例如,显示处理器158)生成并提供在显示器(例如,显示器164)上。用户可以经由用户控件(例如,轨迹球、鼠标、触摸屏)来控制选择器。在一些实施例中,可以基于用户的输入在显示器上自动提供图像帧和/或其他视觉表示。例如,用户可以选择感兴趣项目,并且系统可以自动显示对于感兴趣项目具有最高品质水平的图像帧。与视觉表示(诸如与选择器)的交互可以允许用户快速地定位并可视化期望的图像帧,从而减少复查时间。

[0045] 图5图示了用户可以如何与视觉表示(诸如置信度水平的视觉表示500)交互的示例。视觉表示500可以由显示处理器158至少部分地基于来自神经网络128的输出来生成。视觉表示500可以被提供在显示器上,诸如图2中所示的显示器164。视觉表示500可以类似于置信度水平的视觉表示400。视觉表示500包括水平轴和垂直轴。水平轴标记有图像帧号501。图像帧号501可以指示电影回放中或图像帧的文件中的帧号。垂直轴标记有置信度水平。对于存在一个或多个感兴趣项目的每个图像帧,显示具有指示置信度水平的高度的条的形式的一个或多个标记502。为每个感兴趣项目提供不同的颜色条。视觉表示500还包括指示哪些颜色与哪些感兴趣项目相关联的图例504。在图5所图示的示例中,感兴趣项目是各种胎儿解剖特征(例如,脐带、胃、脊柱)。

[0046] 如图5所示,用户可以通过经由用户控件(诸如图2所示的用户控件168)提供输入(例如,用户输入166)来与视觉表示500交互。用户可以经由用户控件(例如,轨迹球、鼠标、箭头键、触摸屏)来控制选择器506的位置。选择器506可以放置在与特定帧相关联的标记502上面。响应于输入(例如,选择器506的放置),用户接口可以在显示器上提供对应的图像帧508。如图5中的示例所示,选择器506被放置在与已经确定存在胎儿头部的帧相关联的标记502上。用户的输入可以被提供给数据处理器126,并且来自图像帧124的对应的图像帧508可以由数据处理器126提供给显示处理器158,显示处理器158可以在视觉表示500上方显示图像帧508。备选地,显示处理器158可以在没有来自数据处理器126的辅助的情况下基于用户输入来检索图像帧508以供显示。用户接口160还可以被配置为在选择器506沿着水平轴放置在帧号501上的情况下提供相同的输出。一旦显示图像帧,那么用户就可以提供一个或多个额外输入,包括(但不限于)将所选择的图像帧保存到存储器(例如,本地存储器125)、对所选择的图像帧进行测量,并且移动选择器506以查看不同帧。在一些实施例中,用户可以选择同时查看多个图像帧。尽管在图5所示的示例中被图示为箭头,但是选择器506可以被显示为另一适当的指示符(例如,十字准线、三角形)。在一些实施例中,可以不显示选择器506。例如,视觉表示500可以显示在触摸屏上,并且用户的触摸可以指示选择器的位置。

[0047] 被配置为基于来自与视觉表示交互的用户的输入来显示图像帧的用户接口可以允许用户快速地查看其中存在期望的感兴趣项目的图像帧。与用户查看视觉表示并且然后手动搜索文件夹中的图像帧或在电影回放中滚动通过图像帧相比,这可能是更不麻烦的。

[0048] 尽管图5所示的示例示出了一起显示的图像帧508和视觉表示500,但是图像帧508和视觉表示500可以被提供在不同的显示器上。例如,可以在成像系统的触摸屏上提供视觉表示500,并且可以在系统的主视屏上提供图像帧508。

[0049] 图6A和6B图示了用户可以如何与视觉表示(诸如置信度水平的视觉表示600A和600B)交互的另一个示例。如图6A所示,用户可以使用选择器606从图例604中选择感兴趣项目。然后可以向用户提供图6B中所示的视觉表示600B。视觉表示600B显示项目2的不同子特征605的存在的置信度水平。在图6B所示的示例中,子特征605是项目2的不同视图。不同的视图可以是与特定类型的超声检查(例如,心脏的四腔视图)或较大结构(例如,脊柱的特定椎骨)的解剖特征相关联的标准视图。类似于图5所示的示例,用户然后可以从视觉表示600B选择要查看的图像帧。

[0050] 在用户从视觉表示600A中选择感兴趣项目之后,可以向用户提供如图7所图示的示例中所示的视觉表示700。代替于视觉表示600B或除了视觉表示600B之外,可以提供视觉表示700。与置信度水平的视觉表示600B相对,垂直轴表示图像帧中存在的感兴趣项目或帧中存在的感兴趣项目的子特征的品质水平。如下面将更详细讨论的,品质水平可以是图像质量的度量(例如,分辨率、与标准视图的一致性)。视觉表示700可以由显示处理器158至少部分地基于来自图像质量网络144的输出来生成。对于适当的帧(例如,在存在子特征的情况下),标记702可以指示一个或多个感兴趣项目或其子特征的品质水平。在图7所示的示例中,如由图例704所指示的,标记702采取条的形式,其中,为适当的帧提供对应于项目2的两个不同视图的品质水平的高度。在一些实施例中,可以不示出在某一阈值(例如,90%、80%、70%、50%)之下的品质水平。阈值可以在系统(例如,系统100)中预设,或者可以由用户经由用户输入(例如,输入166)指示。类似于图5中所示的示例,用户然后可以从视觉表示700选择要查看的图像帧。备选地,数据处理器126可以自动提供与每个视图的最高品质水平相关联的图像帧708和710以供显示。在图7所示的示例中,视图1和2对应于两个标准心脏视图:心脏的四腔视图(图像帧708)和左心室流出道(图像帧710)。

[0051] 在一些实施例中,当用户从视觉表示600A中选择感兴趣项目时,数据处理器126可以为每个视图提供具有最高品质水平的图像帧以供显示,而不是为每个视图提供品质水平的视觉表示。例如,可以提供图像帧708和710,而没有对应的品质水平的任何视觉表示。在一些实施例中,诸如省略图像质量网络144的那些实施例中,当用户从索引信息和/或置信度水平的视觉表示中选择感兴趣项目时,数据处理器126可以提供具有最高置信度水平的一个或多个图像帧。

[0052] 如上所述,一旦显示图像帧,用户就可以对所显示的图像(例如,图7所示的图像帧708和/或710)进行测量。在一些实施例中,数据处理器126可以自动采集图像帧中的一个或多个感兴趣项目的测量结果。例如,如图8所示,图像测量网络148可以从图像帧800采集胎儿颅骨的双顶径802。测量结果(例如,直径802)可以作为图像帧800的注释存储在本地存储器125中。可以基于品质水平(即,图像质量网络144的输出)来选择图像帧800。例如,对于颅骨的适当视图,具有最高品质水平的图像帧用于获得双顶径。在一些实施例中,用户可以确定由图像测量网络148使用哪个图像帧。在测量结果的采集期间,图像帧800可以或可以不在显示器上示出。

[0053] 参考图5-8的与由系统100生成的视觉表示的用户交互被提供作为示例,但是本公开的原理不限于本文中提供的示例,因为许多其他交互是可能的。例如,当用户选择感兴趣项目时,系统可以基于神经网络128的输出生成仅由存在感兴趣项目的那些图像帧组成的电影回放。作为另一示例,当用户选择感兴趣项目时,可以基于神经网络128和/或图像质量

网络144的输出在每个时间段(例如,1秒、10秒、30秒、1分钟)内显示具有最高品质水平和/或置信度水平的图像帧。

[0054] 本文中描述的视觉表示可以被动态地生成并实时显示。也就是说,可以实时确定索引信息、置信度水平、品质水平和/或测量结果,并且可以在图像采集期间向用户提供这些确定的视觉表示。如图9所图示的示例所示,显示包括图像帧908A的扫描的初始视觉表示900A。在超声检查期间采集诸如图像帧908B的额外图像帧,如在视觉表示900B中所示,更新视觉表示900A以包括指示每个图像帧在其被采集时的置信度水平的标记902。额外的感兴趣项目也在它们被定位时被添加到图例904。

[0055] 动态地更新索引信息、置信度水平和/或品质水平的视觉表示可以允许执行超声检查的用户查看已经采集什么感兴趣项目。被配置为提供置信度和/或品质水平的用户接口可以允许用户确认已经采集足够的感兴趣项目的图像或所述项目的视图。这可能是有益的,尤其是当用户是不太熟练的超声用户时。

[0056] 在一些实施例中,视觉表示的图例可以已经包括在开始采集之前在检查期间需要成像的所有感兴趣项目的列表。列表可以基于一种类型的检查所需的标准视图,或列表可以基于经由用户接口提供的用户输入。视觉表示可以在采集每个所需的感兴趣项目时提供指示(例如,复选标记、突出显示)。在一些实施例中,除非采集具有在阈值之上的置信度水平和/或品质水平的感兴趣项目的图像,否则将不提供指示。阈值可以在系统中预设或由用户确定。

[0057] 尽管在上面为感兴趣项目提供的示例已经包括诸如解剖结构或其部分的静态特征,但是感兴趣项目可以包括动态特征,例如,来自心脏瓣膜的射流或室性早搏。对于一些动态特征(例如,QRS波群),索引信息可以链接序列中的多个图像帧以指示哪些图像帧包括感兴趣动态特征。对于其他动态特征(例如,峰值流量),索引信息可以与单个图像帧相关联。

[0058] 如先前所讨论的,参考图3-9中所描述的视觉表示可以由数据处理器126生成,数据处理器126可以包括一个或多个神经网络。在一些实施例中,系统100可以被配置为实施可以包括CNN的神经网络128,以确定给定图像帧中存在的感兴趣项目。可以提供给定图像帧中的感兴趣项目作为索引信息。如先前参考图1所讨论的,神经网络128可以使索引信息基于对给定图像帧中存在一个或多个感兴趣项目的概率在阈值之上的确定。神经网络128可以仅返回基于概率(例如,索引信息)被确定为存在的感兴趣项目,或者神经网络128还可以返回相关联的概率(例如,置信度水平)。神经网络128可以以诸如向量的数据结构的方式返回每个感兴趣项目的单独置信度水平。在一些实施例中,指针可以将每个向量链接到适当的图像帧。可以基于提供给神经网络128的图像数据(诸如包括在图像帧124中的图像数据)来生成索引信息和/或置信度水平。神经网络128可以利用诸如图像帧的成像数据来训练,其中一个或多个感兴趣项目被标记为存在。可以训练神经网络128以识别与标准超声检查相关联的目标解剖特征(例如,用于超声心动图的心脏的不同标准视图),或用户可以训练神经网络128以定位一个或多个自定义的目标解剖特征(例如,植入的设备、肝肿瘤)。

[0059] 在一些实施例中,系统100可以被配置为实施神经网络以确定存在感兴趣项目的图像帧的质量。质量的水平可以被提供为品质水平。品质水平可以至少部分地基于来自神经网络128的输出。特别地,可以训练可以包括CNN的图像质量网络144以确定给定超声图像

是否包含用于获得特定测量结果和/或标准视图的必要解剖标志。在一些示例中,这些标志可以是其他感兴趣项目和/或感兴趣项目的子特征。例如,如果用超声探头未获得经丘脑视图,则双顶径和头围测量可能是错误的。在经丘脑视图中,丘脑和透明隔腔应当都是可见的。类似地,如果胃、脐静脉和腹部每一侧上的两根肋骨不可见,则腹围测量可能是错误的。因此,当寻求双顶骨直径和头围测量时,图像质量网络144可以被配置为确定丘脑和透明隔腔是否被包括在由神经网络128指示为包括头部的图像帧中。同样地,当寻求腹围时,图像质量网络144能够被配置为确定胃、脐静脉和腹部的每一侧上的两个肋骨是否包括在由神经网络128指示为包括胃、脐静脉和/或肋骨的图像帧中。通过基于神经网络128的输出确认标准视图和/或测量结果所需的一个或多个标志的存在,图像质量网络144可以基于用于指定解剖测量和/或标准视图的正确成像平面被包括在图像帧中的概率来生成品质水平。概率可以至少部分地基于由神经网络128生成的标志(例如,感兴趣项目、子特征)中每个的置信度水平。

[0060] 在一些实施例中,可以训练图像质量网络144以确定给定的超声图像是高质量、低质量还是中等质量的。由图像质量网络144接收的输入可以包括超声图像和/或图像设置,诸如频率、增益等。输入还可以包括质量度量,诸如降低图像质量、图像分辨率的像差估计和/或经由频率获得的噪声估计。图像质量网络144可以用多幅图像来训练,每幅图像与上述输入相关并且被标记为具有各种质量水平。可以使用一个或多个质量量度来进一步计算或加权品质水平。例如,如果两个图像帧具有存在标准视图的相同概率,那么如果两个帧具有不同的图像质量(例如,图像帧由于采集期间的不良声学耦合而具有较高噪声),则两幅图像可以具有不同的品质水平。

[0061] 在一些实施例中,可以进一步训练神经网络128以确定测量结果和/或标准视图所需的所有标志是否存在于图像帧中,并将这些图像帧的索引信息和/或置信度水平信息提供给图像质量网络144。然后,图像质量网络可以仅分析图像帧的质量量度以生成品质水平。在一些实施例中,品质水平可以是归类输出(例如,高、中、低)而不是数值输出。

[0062] 在各种实施例中,图像质量网络144的品质水平可以用作由图像测量网络148处理的另一输入源。图像测量网络148可以被配置为仅对具有在阈值水平(例如,95%、90%、80%)之上的品质水平的图像帧进行测量。这可以降低测量网络148将获得错误测量结果的概率。

[0063] 在一些示例中,与神经网络128、144和/或148相关联的神经网络训练算法可以呈现有数千甚至数百万个训练数据集,以便训练神经网络来确定从特定超声图像采集的每个测量结果的置信度水平。在各种示例中,用于训练(一个或多个)神经网络的超声图像的数量可以在大约50000至200000或更多的范围内。如果更高数量的不同感兴趣项目要被识别,或为了适应更多种类的患者变化(例如体重、身高、年龄等),那么被用于训练(一个或多个)网络的图像的数量可以增加。对于不同的感兴趣项目或其特征,训练图像的数量可以不同,并且可以取决于某些特征的出现的变化性。例如,肿瘤通常具有比正常解剖结构更大的可变性范围。训练(一个或多个)网络以评价与群体范围可变性高的特征相关联的感兴趣项目的存在可能需要更大量的训练图像。

[0064] 图10示出了根据本公开的原理的用于训练和部署神经网络的过程的框图。图10所示的过程可以用于训练网络128、144和/或148。图10的左手侧(阶段1)图示了神经网络的训

练。为了训练神经网络128、144和/或148,可以将包括输入阵列和输出分类的多个实例的训练集呈现给(一个或多个)神经网络的(一个或多个)训练算法(例如,如Krizhevsky,A.、Sutskever,I.和Hinton,G.E.的“ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks”(NIPS 2012)描述的AlexNet训练算法或其后代)。训练可以涉及起始网络架构1012的选择和训练数据1014的准备。起始网络架构1012可以是空白架构(例如,具有定义的层和节点布置但没有任何先前训练权重的架构)或部分训练的网络(例如初始网络,其然后还可以被调整用于超声图像的分类)。起始架构1012(例如,空白权重)和训练数据1014被提供给训练引擎1010以用于训练模型。在足够数量的迭代后(例如,当模型在可接受的误差内一致地执行时),模型1020被认为是经训练的并为部署作好准备,这在图10的阶段2的中间进行图示。图10的右手侧或阶段3,(经由推理引擎1030)应用经训练模型1020以分析新数据1032,所述新数据是在初始训练期间(在阶段1中)尚未呈现给模型的数据。例如,新数据1032可以包括未知图像,诸如在患者的扫描期间采集的实况超声图像(例如,图1中的图像帧124)。经由引擎1030实施的经训练的模型1020用于根据模型1020的训练对未知图像进行分类以提供输出1034(例如,图像帧中存在的感兴趣项目、存在感兴趣项目的置信度水平、图像帧的品质水平)。然后,系统可以将输出1034(例如,生物组织的类型)用于后续过程1040(例如,作为一个或多个其他机器学习模型的输入,并且用于实现系统的动作,诸如自动显示具有最高品质水平的图像帧)。

[0065] 在训练模型1020用于实施神经网络128的示例中,起始架构可以是卷积神经网络或深度卷积神经网络的架构,其可以被训练以执行图像帧索引、图像分割、图像比较或其任何组合。随着存储的医学图像数据的量的增加,高质量临床图像的可用性正在增加,其可以被利用来训练神经网络以学习包含给定感兴趣项目(例如,置信度水平)的给定图像帧的概率。训练数据1014可以包括多个(数百,常常数千或甚至更多)注释/标记图像,也称为训练图像。将理解,训练图像不需要包括由成像系统产生的完整图像(例如,表示探头的完整视场),而是可以包括标记的感兴趣项目的图像的块或部分。

[0066] 在各种实施例中,经训练的神经网络128、图像分类网络144和/或图像质量网络148可以至少部分地在包括由处理器(例如,数据处理器126)执行的可执行指令的计算机可读介质中实施。

[0067] 如参考图5-9所讨论的,视觉表示140至少部分地基于来自数据处理器126的输出来生成,该输出可以基于神经网络128、图像质量网络144和/或测量网络148的输出,并且用户可以经由视觉表示140与系统100交互。图11示出了进入数据处理器126的输入和输出的流程图。如参考图1所讨论的,数据处理器126可以包括神经网络128、图像质量网络144和图像测量网络148。神经网络128可以接收采集的超声图像帧124作为输入。基于该输入,神经网络128可以输出存在于每个图像帧124中的感兴趣项目的索引信息和/或置信度水平127。这些输出127可以被提供给显示处理器158,以用于生成输出的视觉表示。神经网络128还可以经由用户接口160的用户控件168接收用户输入166。用户输入166可以定义神经网络128应当索引什么感兴趣项目和/或所需的最小置信度水平。

[0068] 由神经网络128输出的索引信息和/或置信度水平127可以被提供给图像质量网络144。图像质量网络144可以使用这些输出127来确定图像帧124中的哪些图像帧要用作输入。在一些实施例中,图像质量网络144还可以从数据采集单元110接收输入。来自数据采集

单元110的输入可以包括可以影响质量测量的采集设置(例如,功率、频率)。基于输入,图像质量网络144可以将品质水平145输出到显示处理器158,以用于生成品质水平的视觉表示。

[0069] 由图像质量网络144输出的品质水平145可以被提供给图像测量网络148。图像测量网络148可以使用品质水平145来确定图像帧124中的哪些图像帧要用作输入。在一些实施例中,图像测量网络148还可以接收指示期望哪些测量的用户输入166。基于输入,图像测量网络148可以输出针对图像帧中的一个或多个感兴趣项目的一个或多个测量结果149。可以将测量结果提供给显示处理器158以用于生成测量结果的视觉表示。测量结果也可以或备选地被提供给本地存储器125。

[0070] 显示处理器158可以使用网络128、144和148的输出127、145和149来生成索引信息、置信度水平、品质水平和/或测量结果的视觉表示。视觉表示可以被输出到显示器164。在一些实施例中,来自经由用户接口160(例如,经由由用户控件168控制的选择器)与视觉表示交互的用户输入166可以被提供给显示处理器158。用户输入166可以用于改变提供给显示器164的视觉表示和/或将来自图像帧124的哪个图像帧提供给显示器164。备选地,用户输入166被提供给数据处理器126,并且数据处理器126将经更新的输出提供给显示处理器158以确定提供给显示器164的视觉表示和图像帧。

[0071] 图12是根据本公开的原理执行的超声成像的方法1200的流程图。示例方法1200示出了可以以任何顺序由本文中描述的系统和/或装置用于确定图像帧中存在的感兴趣项目的步骤。方法1200可以由超声成像系统(诸如系统100或其他系统(包括但不限于例如移动系统,诸如Koninklijke Philips N.V.(“Philips”)的LUMIFY))执行。额外的示例系统可以包括但不限于也由Philips生产的SPARQ和/或EPIQ。

[0072] 在所示出的实施例中,方法1200在方框1202处开始于通过采集响应于由操作地耦合到超声系统的换能器发送到感兴趣区域中的超声脉冲的回波信号。

[0073] 在方框1204处,该方法包含根据超声回波来生成图像帧。

[0074] 在方框1206处,该方法包含处理多个图像帧中的每个以确定置信度水平,其中,置信度水平是目标解剖特征存在于图像帧中的概率。在一些实施例中,可以针对多于一个目标解剖特征进行确定。在一些实施例中,方框1206可以由神经网络128执行。

[0075] 在方框1208,该方法包含基于每个帧的置信度水平为每个经处理的帧生成索引信息。在一些实施例中,方框1208可以由神经网络128执行。

[0076] 在方框1210处,该方法包含生成索引信息的视觉表示。在一些实施例中,方框1210可以由显示处理器158执行。在一些实施例中,还可以生成置信度水平的视觉表示。

[0077] 在方框1212处,该方法包含引起用户接口显示对应于索引信息的视觉表示。在一些实施例中,方框1212可以由显示处理器158执行。在一些实施例中,可以显示包括置信度水平的视觉表示。

[0078] 在一些实施例中,方法1200还可以包括确定品质水平和/或采集图像帧中存在的目标解剖特征的测量。这些额外步骤可以由图像质量网络144和/或图像测量网络148执行。在一些实施例中,可以生成并显示品质水平和/或测量结果的视觉表示。在一些实施例中,这可以由显示处理器158执行。

[0079] 尽管本文中描述的示例涉及当前超声检查或先前检查的复查,但是本公开的原理可以应用于多个检查的复查。例如,当针对疾病的进展对患者进行复查时,检查可以是单个

对象的,例如,当为了医学研究而跨群体识别感兴趣项目时,检查可以是多个对象。

[0080] 在使用诸如基于计算机的系统或可编程逻辑的可编程器件来实现部件、系统和/或方法的各种实施例中,应该意识到,上述系统和方法可以使用诸如“C”、“C++”、“C#”、“Java”、“Python”、“FORTRAN”、“Pascal”,“VHDL”等的各种已知或以后开发的编程语言来实现。相应地,可以准备各种存储介质,诸如磁性计算机盘、光盘、电子存储器等,其可以包含可以引导诸如计算机的设备以实现上述系统和/或方法的信息。一旦适当的设备访问存储介质上包含的信息和程序,存储介质就可以向设备提供信息和程序,从而使设备能够执行本文所述的系统和/或方法的功能。例如,如果向计算机提供包含适当材料(例如源文件、目标文件、可执行文件等)的计算机磁盘,则计算机可以接收该信息,适当地配置其自身并执行在上面的图表和流程图中概述的各种系统和方法的功能以实现各种功能。也就是说,计算机可以从磁盘接收涉及上述系统和/或方法的不同元件的信息的各个部分,实现个体系统和/或方法并协调以上所描述的个体系统和/或方法的功能。

[0081] 鉴于本公开,要注意的是,本文描述的各种方法和设备可以以硬件、软件和固件来实现。此外,各种方法和参数仅通过范例而不是以任何限制意义被包括。鉴于本公开,本领域的普通技术人员可以实现本教导以确定它们自己的技术和实现这些技术需要的设备,同时保持在本发明的范围内。本文描述的处理器中的一个或多个的功能可以并入到更少数量或单个处理单元(例如,CPU)中,并且可以使用专用集成电路(ASIC)或响应于执行本文描述的功能的可执行指令而被编程的通用处理电路来实施。

[0082] 尽管本系统可能已经特别参考超声成像系统进行了描述,但也可以设想,本系统可以扩展到其中以系统性方式获得一幅或多幅图像的其他医学成像系统。因此,本系统可用于获得和/或记录与肾脏、睾丸、乳房、卵巢、子宫、甲状腺、肝、肺、肌肉骨骼、脾脏、心脏、动脉和血管系统有关(但不限于此)的图像信息,以及与超声引导的介入有关的其他成像应用。此外,本系统还可以包括可以与常规成像系统一起使用的一个或多个程序,使得它们可以提供本系统的特征和优点。在研究本公开内容后,本公开的某些额外优点和特征对本领域技术人员而言显而易见,或者可以由采用本公开的新颖系统和方法的人员体验。本系统和方法的另一优点可以是常规医学图像系统可以容易地升级以并入本系统、设备和方法的特征和优点。

[0083] 当然,要意识到,本文描述的范例、实施例或过程中的任何一个可以与一个或多个其他范例、实施例和/或过程组合,或者在根据本系统、设备和方法的单独设备或设备部分之间分离和/或执行。

[0084] 最后,上述讨论仅旨在说明本系统,而不应被解释为将权利要求限制为任何特定实施例或实施例组。因此,尽管已经参考示范性实施例具体详细地描述了本系统,但是应意识到,本领域普通技术人员可以设计出许多修改和备选实施例,而不偏离如在权利要求中阐述的本系统的更广泛和预期的精神和范围。因此,说明书和附图要以说明性的方式来看待,而不是旨在限制权利要求书的范围。

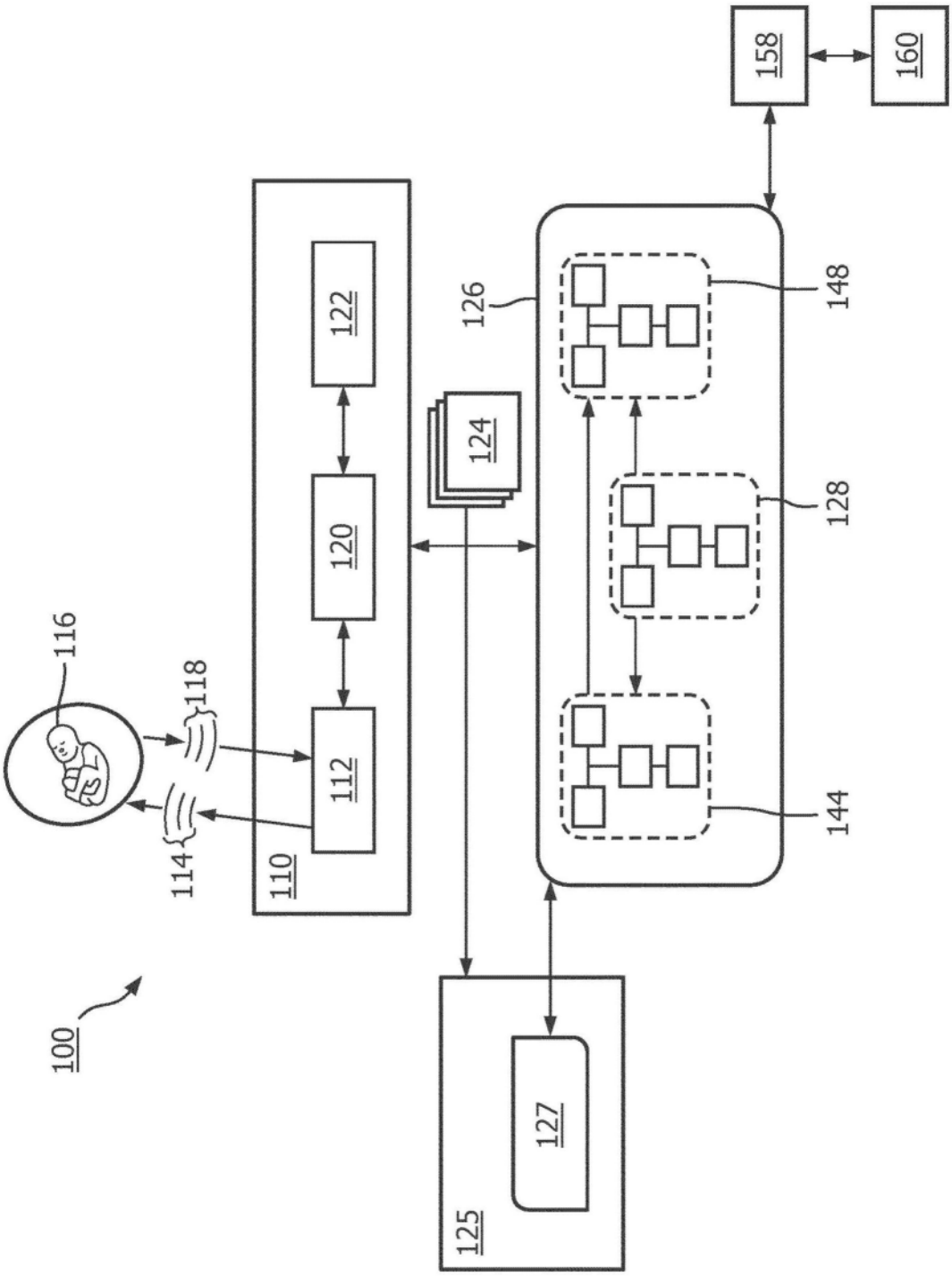

158
160
122
120
112
110
116
118
114
124
126
148
128
144
127
125
100

图1

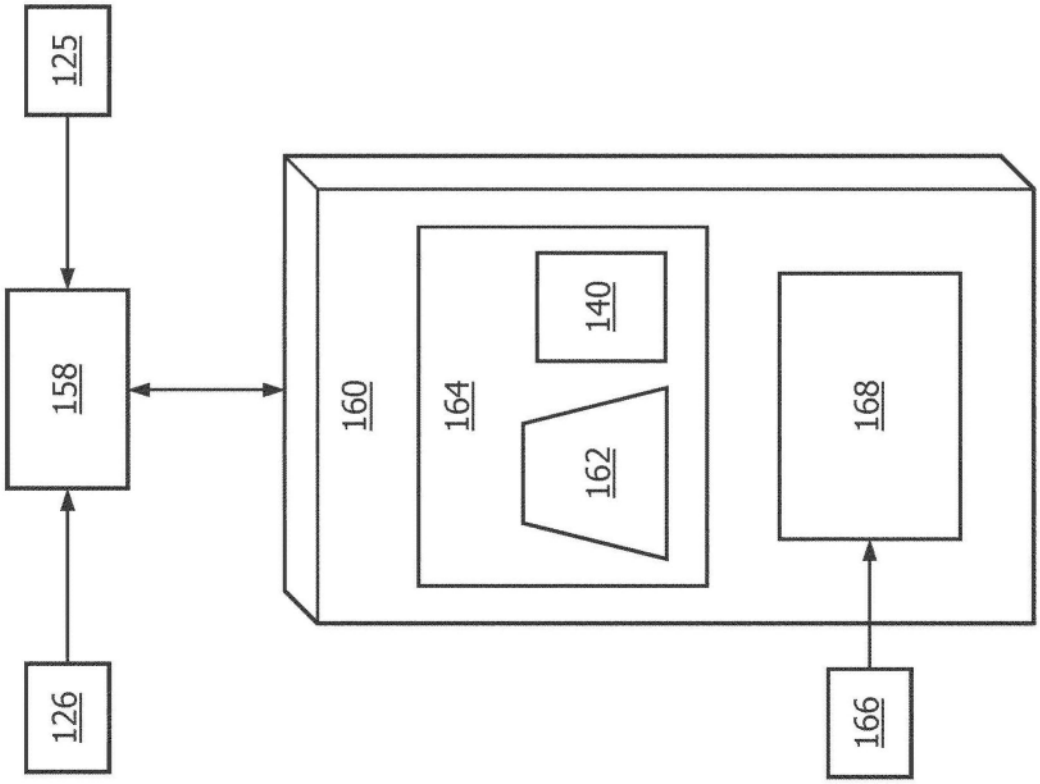


图2

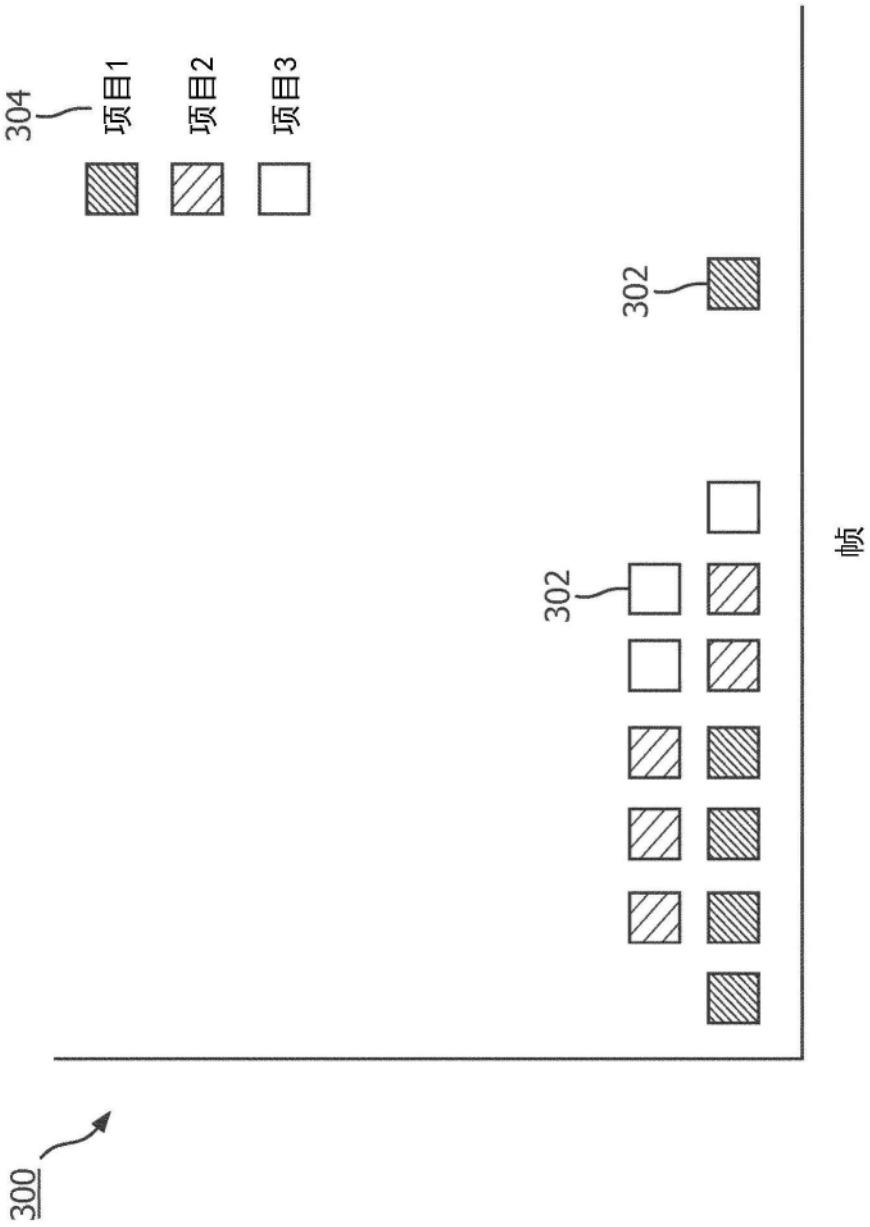


图3

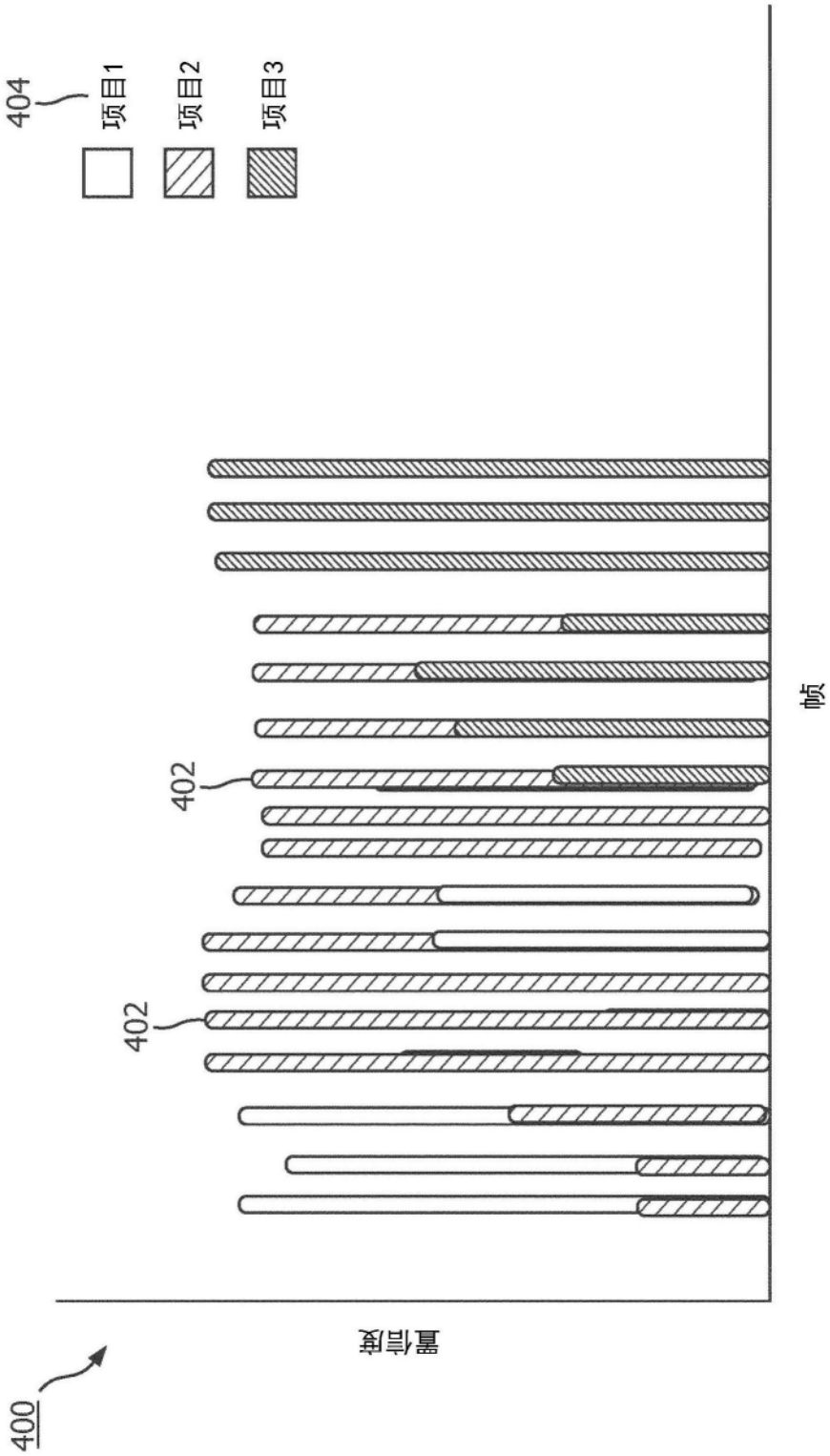


图4

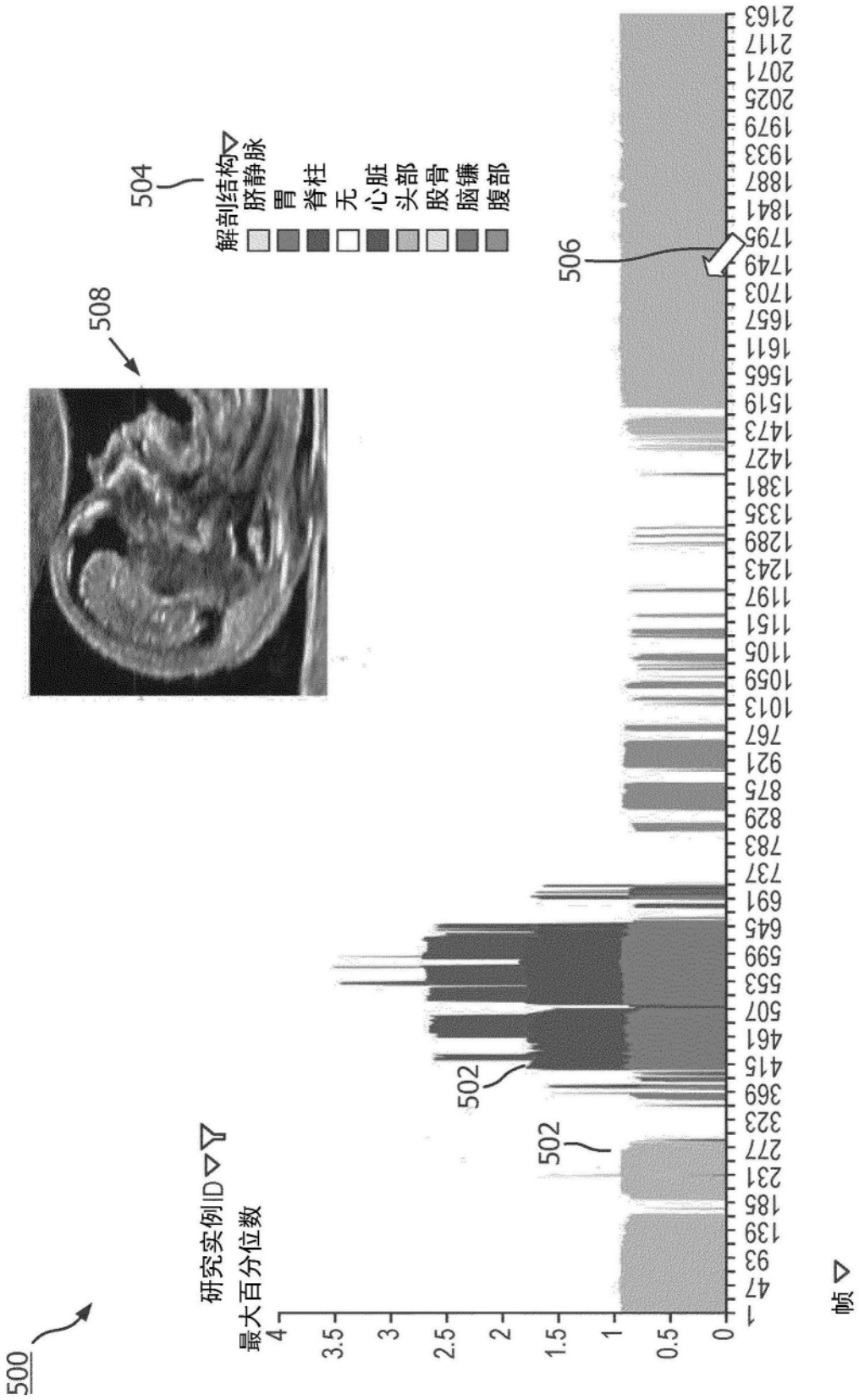

500
研究实例ID
最大百分位数
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
帧
1
47
93
139
185
231
277
323
369
415
461
507
553
599
645
691
737
783
829
875
921
967
1013
1059
1105
1151
1197
1243
1289
1335
1381
1427
1473
1519
1565
1611
1657
1703
1749
1795
1841
1887
1933
1979
2025
2071
2117
2163
502
502
506
504
解剖结构
脐静脉
胃
脊柱
无
心脏
头部
股骨
脑镰
腹部
508

图5

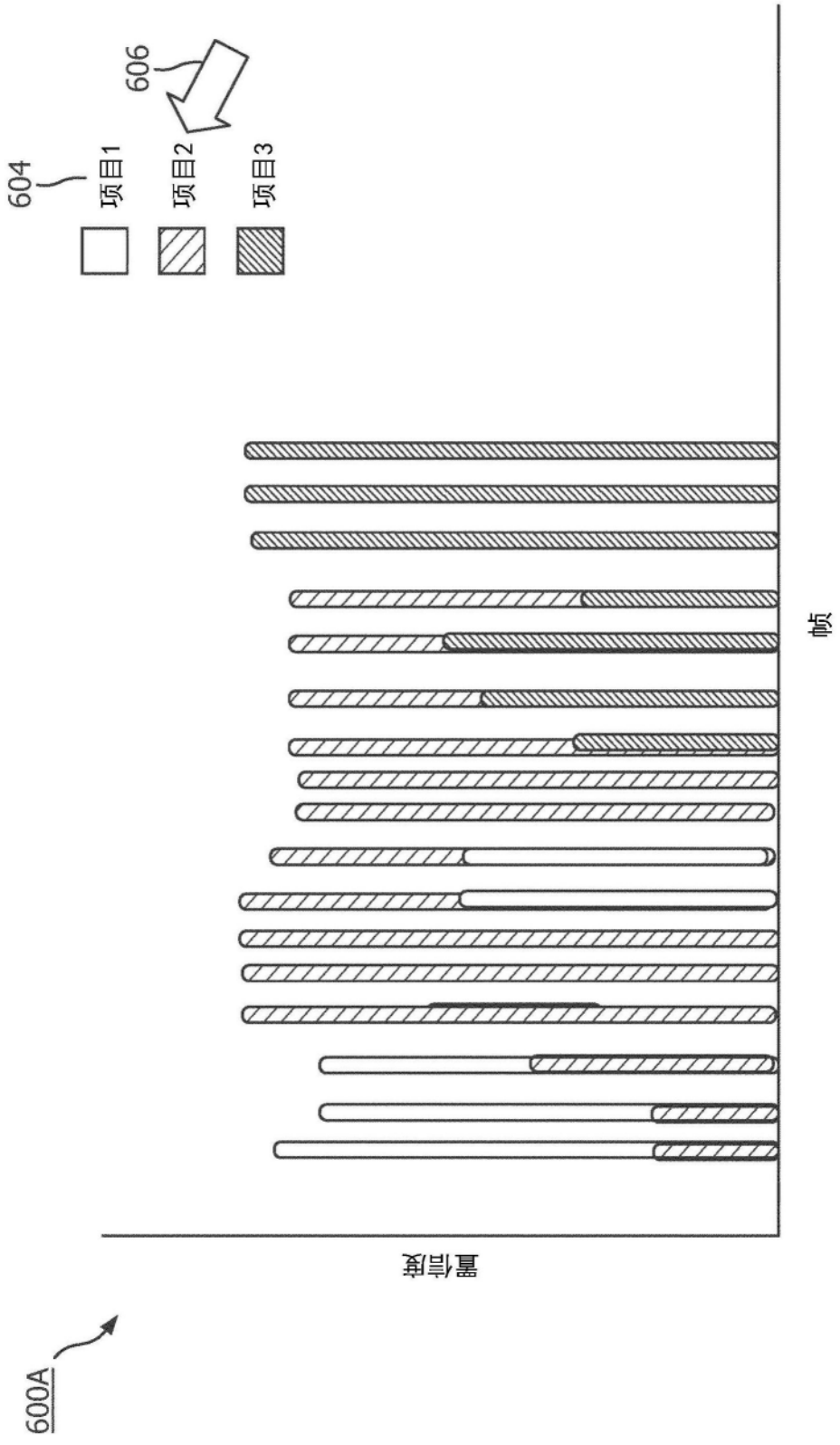


图6A

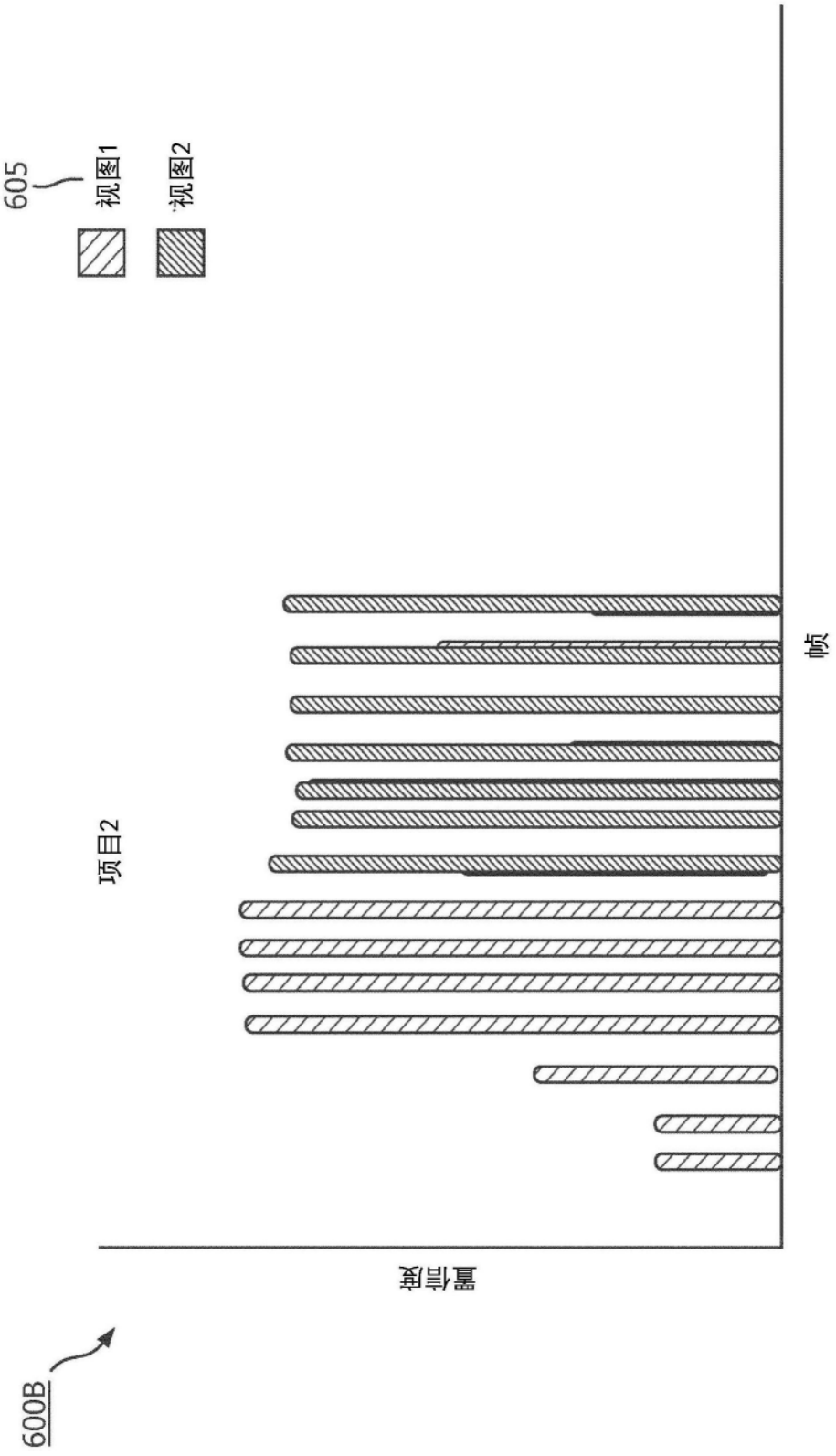


图6B

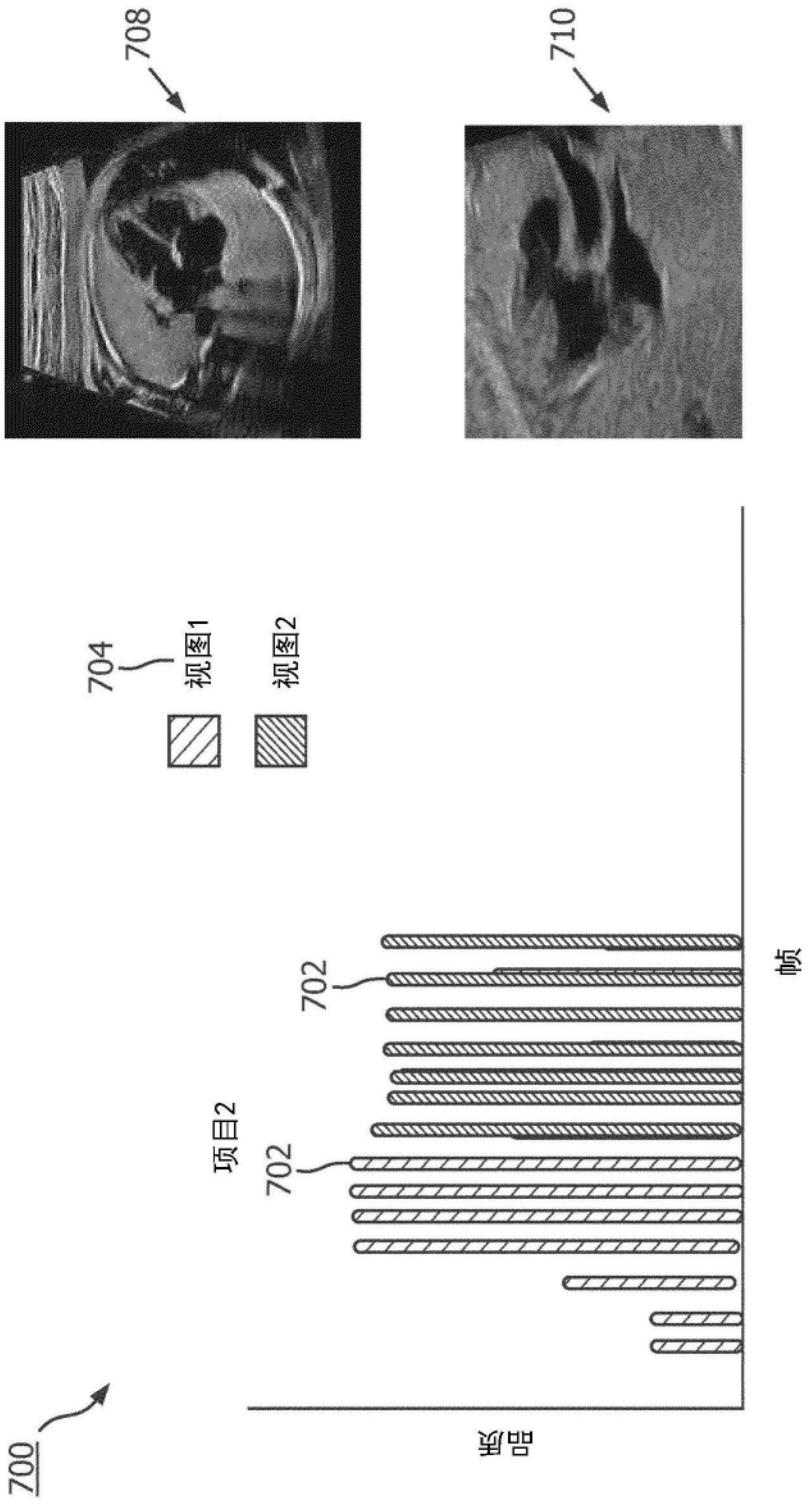


图7

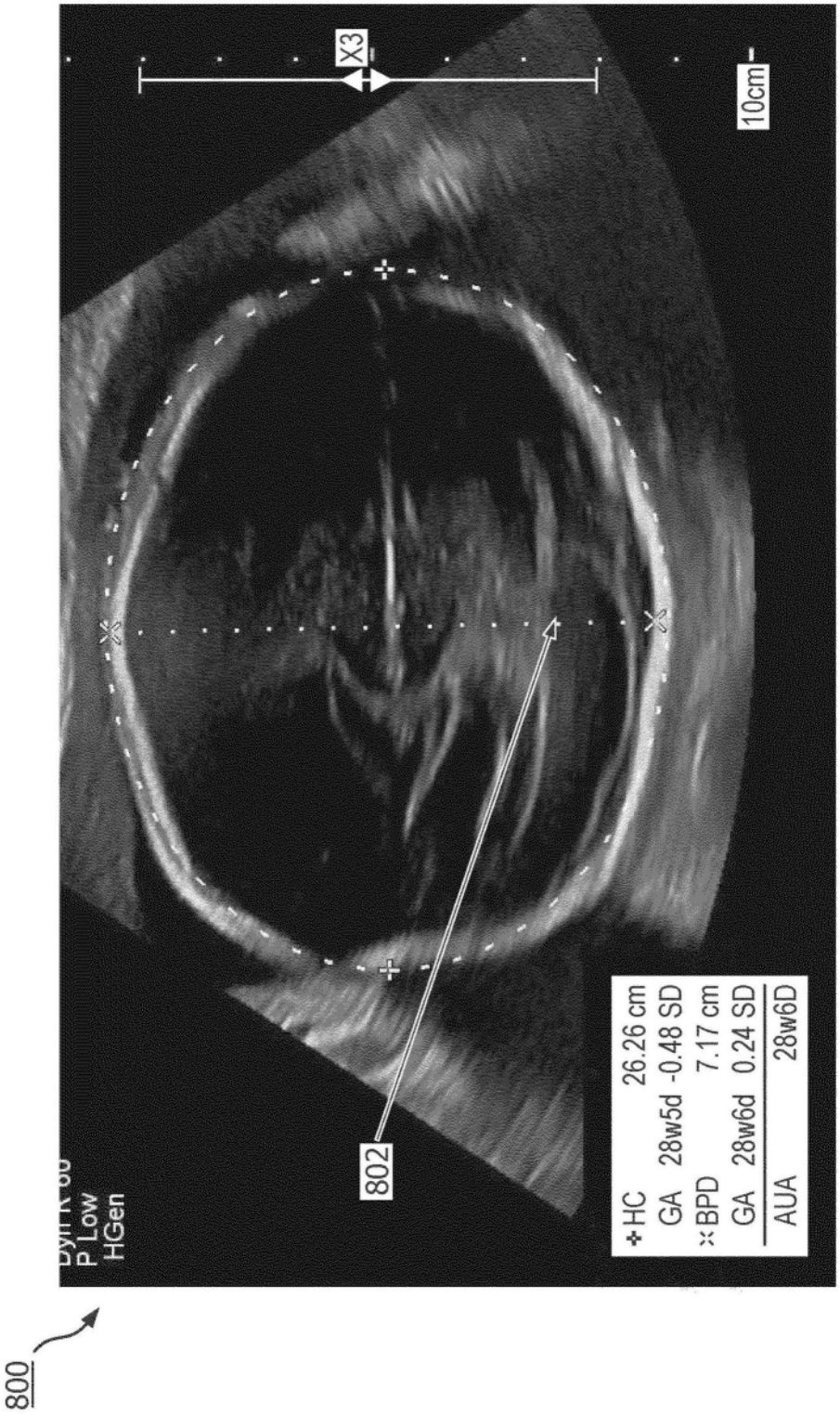

X3
10cm
802
HC 26.26 cm
GA 28w5d -0.48 SD
BPD 7.17 cm
GA 28w6d 0.24 SD
AUA 28w6D
P Low
HGen
800

图8

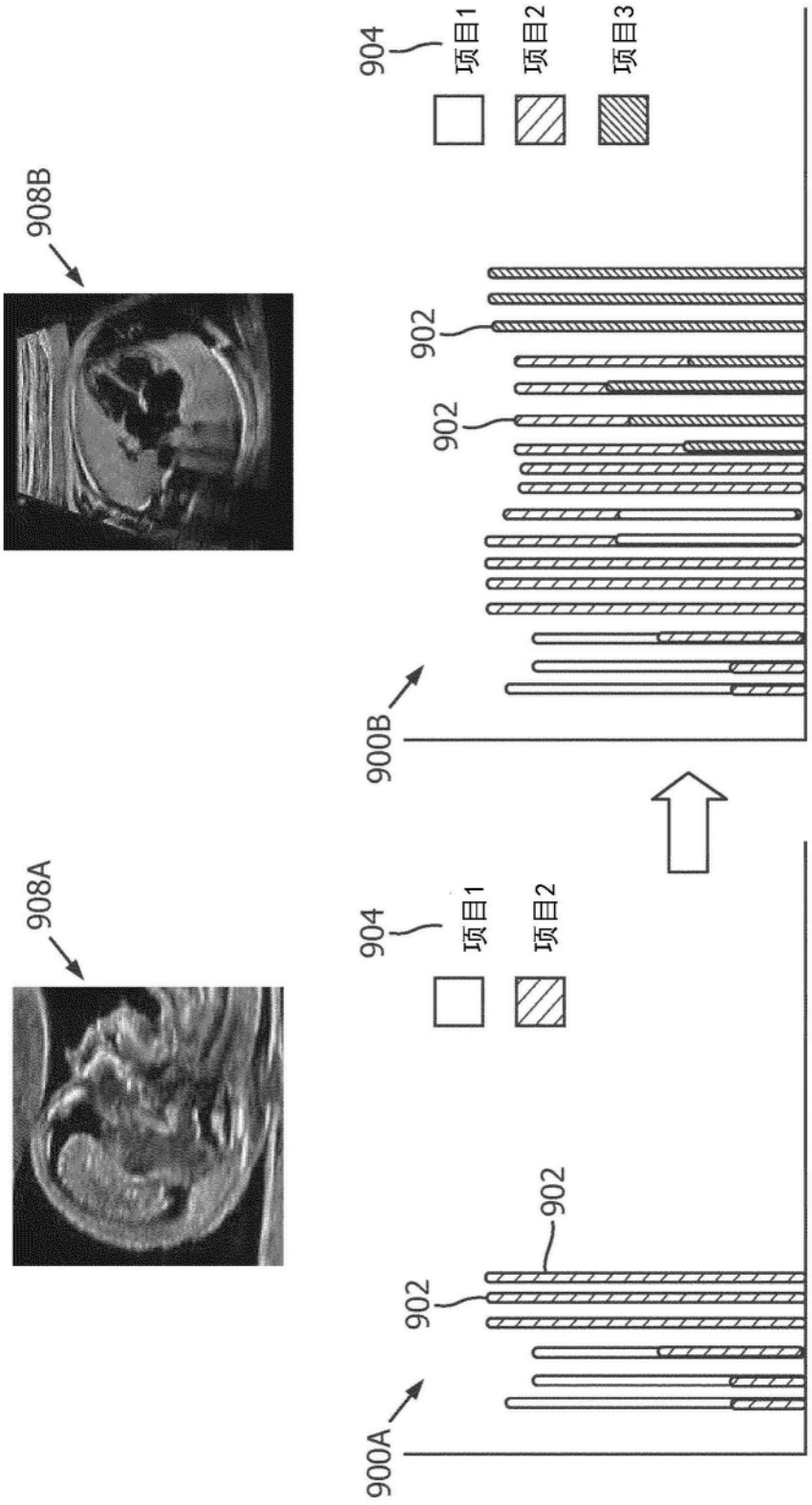


图9

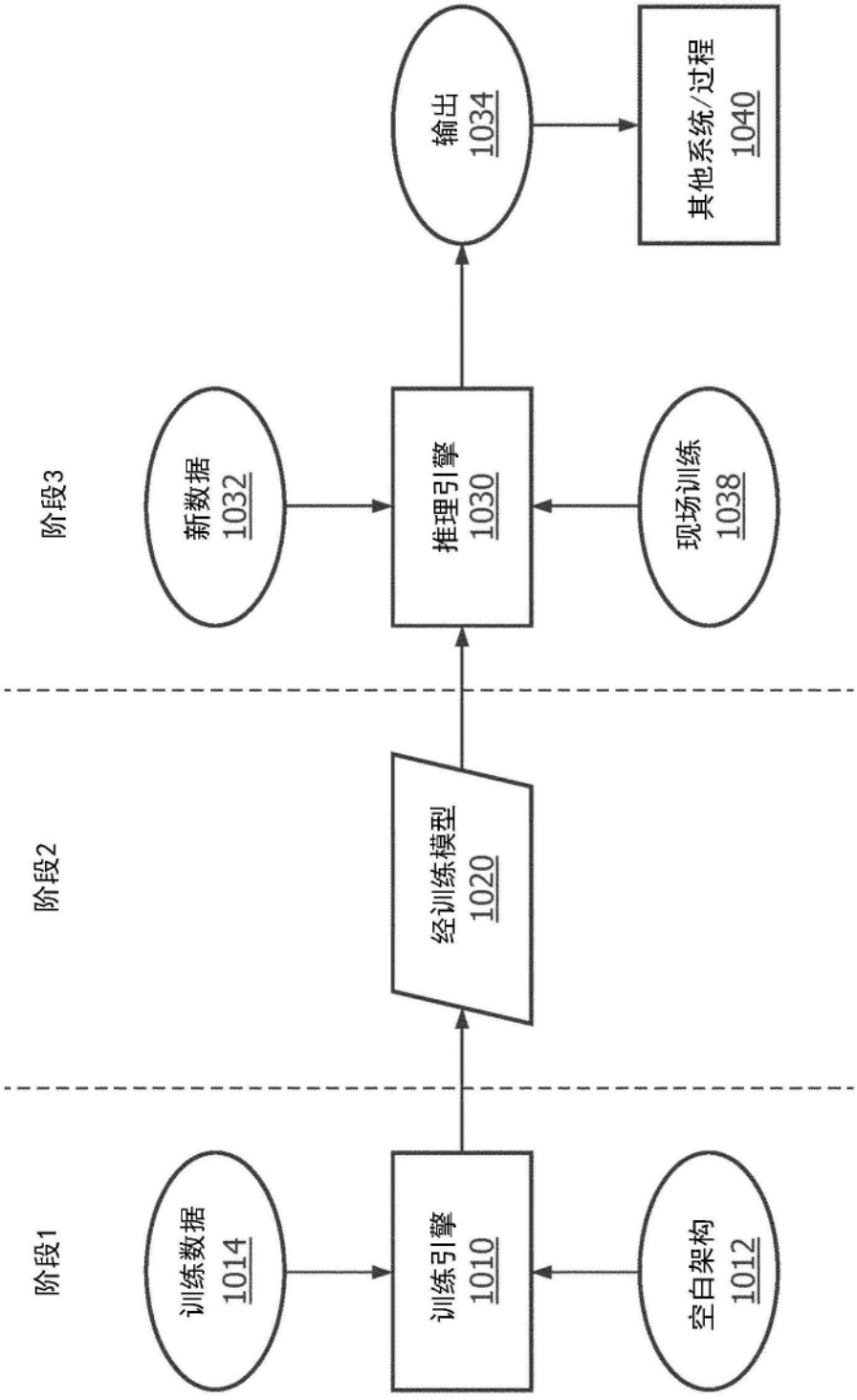

阶段1
阶段2
阶段3
训练数据
1014
训练引擎
1010
空白架构
1012
经训练模型
1020
新数据
1032
推理引擎
1030
现场训练
1038
输出
1034
其他系统/过程
1040

图10

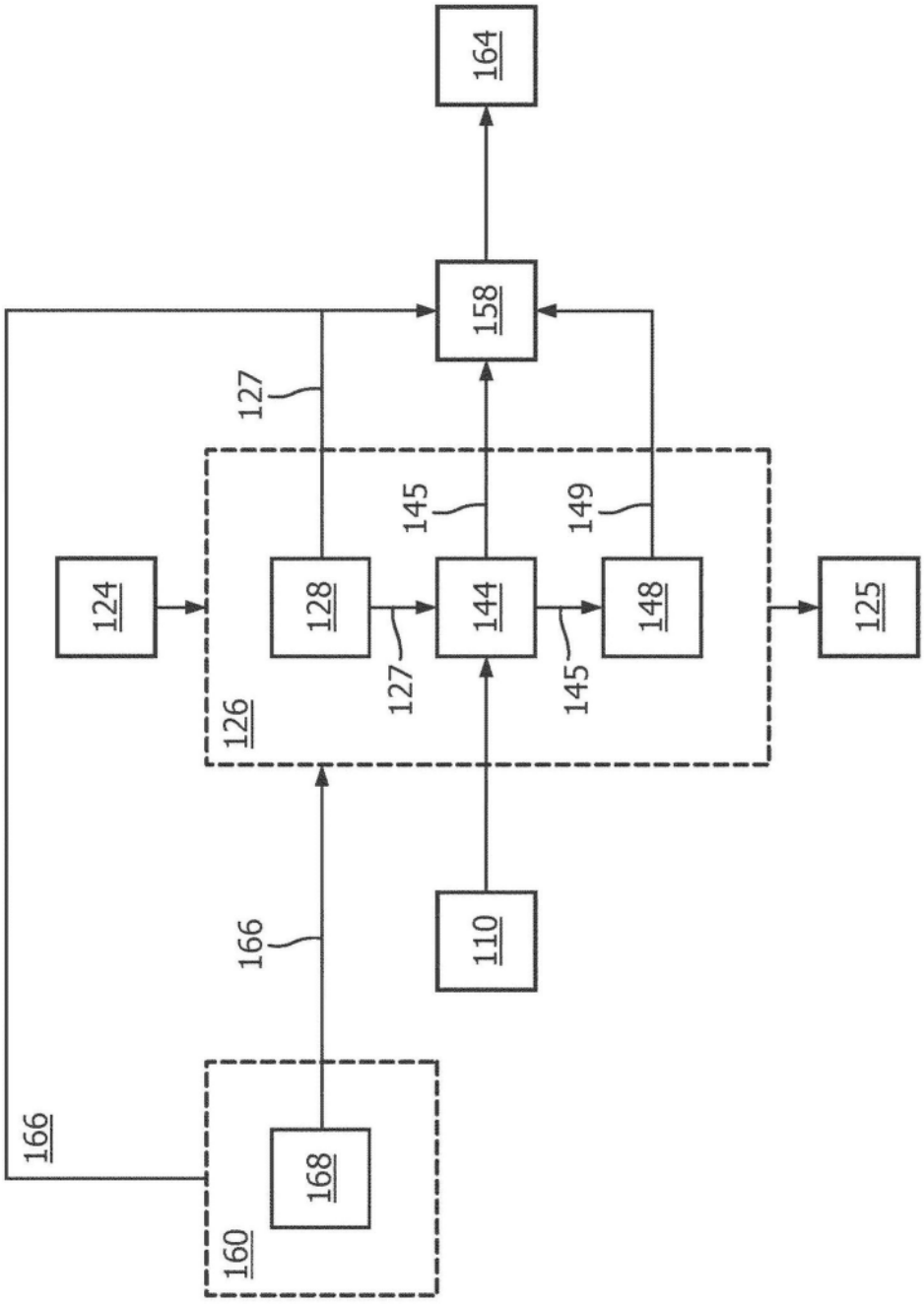

164
158
127
145
149
124
128
144
148
125
127
145
126
166
110
166
168
160

图11

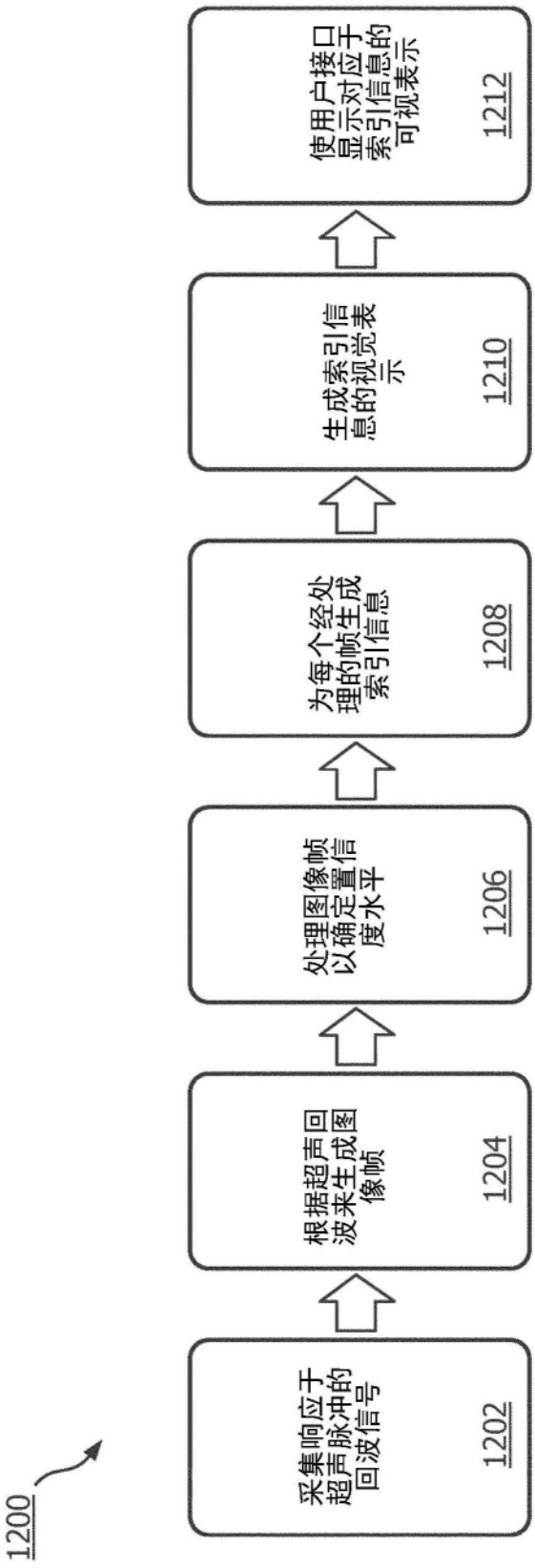

1200
采集响应于超声脉冲的回波信号
1202
根据超声回波来生成图像帧
1204
处理图像帧以确定置信度水平
1206
为每个经处理的帧生成索引信息
1208
生成索引信息的视觉表示
1210
使用户接口显示对应于索引信息的可视表示
1212

图12