



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114246611 B

(45) 授权公告日 2024.06.04

(21) 申请号 202111125620.4

CN 110418610 A, 2019.11.05

(22) 申请日 2021.09.24

CN 111554396 A, 2020.08.18

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 114341997 A, 2022.04.12

申请公布号 CN 114246611 A

JP 2016015972 A, 2016.02.01

(43) 申请公布日 2022.03.29

US 2010198543 A1, 2010.08.05

(30) 优先权数据

US 2011301460 A1, 2011.12.08

202041041436 2020.09.24 IN

US 2012008014 A1, 2012.01.12

(73) 专利权人 通用电气精准医疗有限责任公司

US 2019142390 A1, 2019.05.16

地址 美国威斯康星州

US 2020160981 A1, 2020.05.21

(72) 发明人 马亨德拉·帕蒂尔 A·汉达

WO 2020044770 A1, 2020.03.05

R·R·斯里尼瓦赛亚

US 2020160511 A1, 2020.05.21

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

CN 111053573 A, 2020.04.24

司 31100

CN 105138250 A, 2015.12.09

专利代理师 侯颖嫒 钱慰民

CN 103310771 A, 2013.09.18

(51) Int. Cl.

CN 107647880 A, 2018.02.02

A61B 8/00 (2006.01)

CN 109310396 A, 2019.02.05

(56) 对比文件

CN 110464462 A, 2019.11.19

CN 109475344 A, 2019.03.15

CN 111544036 A, 2020.08.18

审查员 许珊

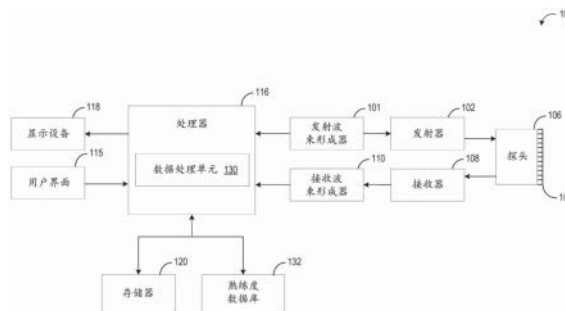
权利要求书3页 说明书28页 附图14页

(54) 发明名称

用于超声成像系统的自适应接口的系统和
方法

(57) 摘要

本发明题为“用于超声成像系统的自适应接口的系统和方法”。本发明提供了用于通过跟踪用户的熟练度来基于用户的熟练度动态地调整用户引导的各种方法和系统。在一个示例中,可基于给定解剖区域和解剖区域内的给定解剖目标的预定义准则,随时间和实践跟踪用户的熟练度分数。在医学成像期间,基于用户的熟练度分数,可调整提供给用户的用户引导的量。例如,当用户的熟练度分数小于阈值分数时,可自动激活用户引导以在成像规程期间引导用户。



1. 一种用于医学成像的方法,包括:

确定用户的熟练度分数,所述熟练度分数对应于所述用户用医学成像模态进行成像时的熟练度;

基于所述熟练度分数,调整在耦接到所述医学成像模态的显示设备的图形用户界面上向所述用户提供的引导的量;以及

在所述图形用户界面上显示所述熟练度的指示;其中在所述显示设备的一部分上显示所述引导连同在当前会话期间采集的实时或接近实时的医学图像,所述引导被提供为所述医学图像的一部分上的半透明覆盖。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中调整所述引导的所述量包括响应于所述熟练度分数小于阈值分数,在当前成像会话期间自动打开对所述用户的所述引导,以及响应于所述熟练度分数大于解剖区域的所述阈值,在所述当前成像会话期间自动关闭对所述用户的所述引导。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述引导包括实时用户引导和上下文用户引导中的一者或多者。

4. 根据权利要求3所述的方法,还包括在所述当前成像会话期间,在所述显示设备上提供不基于所述熟练度分数的一个或多个指示。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

监测采集的当前速度以在当前成像会话期间获得期望的图像;以及

响应于所述当前速度大于采集的阈值速度,自动打开所述引导。

6. 根据权利要求5所述的方法,还包括:

在响应于所述当前速度大于所述阈值速度而自动打开所述引导之前,在所述显示设备上显示在所述引导被打开之前剩余的持续时间的指示,以及/或者在响应于所述当前速度大于所述阈值速度而自动打开所述引导之前,在所述显示设备上显示用于激活所述引导的用户引导提示,所述提示包括用于打开所述引导的确认按钮和用于不打开所述引导的取消按钮。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述医学成像模态为手持式超声成像系统。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中基于渐进地跟踪一个或多个熟练度参数来确定所述熟练度分数,对于由所述用户采集的给定视图,所述一个或多个熟练度参数包括所述视图的图像质量、采集所述视图所花费的时间、所述视图中扫描平面的准确度、所述用户的实践小时数、由所述用户执行的成像检查的次数、所述视图的可再现性以及与所述用户的所述熟练度一致的采集所述视图的可重复性。

9. 根据权利要求8所述的方法,还包括基于所述一个或多个熟练度参数来评价当前会话分数,以及基于所述当前会话分数来更新所述熟练度分数。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中基于针对多个熟练度水平中的每个熟练度水平的评价准则来确定所述熟练度分数,所述评价准则指示与一个或多个熟练度参数有关的定性和/或定量要求,所述一个或多个熟练度参数包括由所述用户采集的视图的图像质量、采集所述视图所花费的时间、所述视图中扫描平面的准确度、所述用户的实践小时数、由所述用户执行的成像检查的次数、所述视图的可再现性以及与所述用户的所述熟练度一致的采集所述视图的可重复性。

11. 一种用于医学成像的方法, 包括:

渐进地跟踪用于用医学成像模态进行成像的熟练度分数, 所述熟练度分数是相对于多个解剖区域中的每个解剖区域针对用户跟踪的;

在当前成像会话期间,

确定当前解剖区域的当前熟练度分数, 并且响应于所述当前熟练度分数小于所述当前解剖区域的阈值分数, 在耦接到所述医学成像模态的显示设备的一部分上显示引导连同所采集的医学图像; 否则在没有所述引导的情况下显示所采集的医学图像; 其中在所述显示设备的一部分上显示所述引导连同在当前会话期间采集的实时或接近实时的医学图像, 所述引导被提供为所述医学图像的一部分上的半透明覆盖。

12. 根据权利要求11所述的方法, 还包括在所述当前成像会话期间, 在所述显示设备上显示所述用户的熟练度阶段的指示, 所述熟练度阶段相对于所述当前解剖区域并基于所述熟练度分数; 并且其中所述引导包括实时引导和上下文引导中的一者或多者。

13. 根据权利要求11所述的方法, 其中基于渐进地跟踪一个或多个熟练度参数来确定所述当前熟练度分数, 所述一个或多个熟练度参数包括所述当前解剖区域的视图的图像质量、采集所述视图所花费的时间、所述视图中扫描平面的准确度、所述用户的对应于所述当前解剖区域的实践小时数、由所述用户执行的对应于所关注的所述解剖区域的成像检查的次数、所述视图的可再现性以及与所述用户的所述熟练度一致的采集所述视图的可重复性。

14. 根据权利要求11所述的方法, 还包括:

当不显示所述引导时, 在所述当前成像会话期间另外监测一个或多个所选择的熟练度参数, 以及

响应于至少一个所选择的熟练度参数不满足对应的阈值要求, 自动显示所述引导。

15. 根据权利要求14所述的方法, 还包括在响应于所述至少一个所选择的熟练度参数不满足所述对应的阈值要求而自动显示所述引导之前, 在所述显示设备上显示在所述引导被显示之前剩余的持续时间的指示, 并且/或者还包括, 在响应于所述至少一个所选择的熟练度参数不满足所述对应的阈值要求而自动显示所述引导之前, 在所述显示设备上显示用于显示所述引导的用户引导提示, 所述提示包括用于显示所述引导的确认按钮和用于不显示所述引导的取消按钮。

16. 根据权利要求11所述的方法, 其中所述医学成像模态为手持式超声成像系统。

17. 一种医学成像系统, 包括:

超声探头;

显示设备;

处理器, 所述处理器可通信地耦接到所述显示设备; 非暂态存储器, 所述非暂态存储器存储多个用户的熟练度数据, 所述熟练度数据包括所述多个用户中的每个用户的多个所关注的解剖区域中的每个解剖区域的熟练度分数, 并且包括当被执行时使所述处理器执行以下操作的指令:

对于所述多个用户中的每个用户, 渐进地监测和更新所述多个所关注的解剖区域中的每个解剖区域的所述熟练度分数; 以及

在由用户针对当前解剖区域执行的成像会话期间,

采集超声图像；

在所述显示设备的有源部分上显示所采集的超声图像；

基于所述用户对所述当前解剖区域的对应熟练度分数来确定所述用户对所述当前解剖区域的熟练度阶段；

基于所述当前解剖区域的所述熟练度阶段来调整实时和/或上下文引导的级别；以及

在所述有源部分的第二部分上显示所述用户的所述熟练度阶段的指示；其中在所述显示设备的一部分上显示所述引导连同在当前会话期间采集的实时或接近实时的医学图像，所述引导被提供为所述医学图像的一部分上的半透明覆盖。

18. 根据权利要求17所述的系统，其中所述熟练度分数基于用于测量熟练度水平的预定义准则，所述预定义准则基于与一个或多个熟练度参数有关的定性和/或定量标准，对于由给定用户采集的给定视图，所述一个或多个熟练度参数包括所述视图的图像质量、采集所述视图所花费的时间、所述视图中扫描平面的准确度、实践小时数、成像检查的次数、所述视图的可再现性以及与所述给定用户的所述熟练度一致的采集所述视图的可重复性。

19. 根据权利要求18所述的系统，其中通过以下方式来调整实时和/或上下文引导的所述级别：当所述对应熟练度分数小于阈值分数时，增加提供给所述用户的实时和/或上下文引导的所述级别；并且当所述对应熟练度分数大于所述阈值分数时，降低提供给所述用户的实时和/或上下文引导的所述级别，所述阈值分数基于所述当前解剖区域。

用于超声成像系统的自适应接口的系统和方法

技术领域

[0001] 本文所公开的主题的实施方案涉及超声成像,并且更具体地涉及超声成像系统的用户界面。

背景技术

[0002] 医学超声是采用超声波来探测患者身体的内部结构并产生对应图像的成像模态。例如,包括多个换能器元件的超声探头发射超声脉冲,这些超声脉冲会被身体中的结构反射或回传、折射或者吸收。然后超声探头接收所反射的回波,这些所反射的回波被处理成图像。

[0003] 调整探头的位置以采集合适的图像(例如,具有期望质量的图像)可能是困难的。采集合适的图像涉及调整探头在患者身体上的位置和取向、施加到探头上的压力,以及调整一个或多个采集参数(例如,扫描设置),诸如发射频率、发射深度、时间增益补偿等。患者体型、解剖特征、病理或其他因素的变化可能使调整探头的过程变得复杂。因此,采集合适的图像涉及相当多的操作者经验,这是由于耗时的试错过程而产生的。

[0004] 执行超声检查所涉及的强烈可用性要求和熟练的手眼协调使得保健专业人员难以学习和实践该成像技术。辅助用户的示例性方法涉及提供实时扫描引导。然而,这些解决方案不考虑技能水平的演变,因为本领域中的实时引导系统的输出对于新手用户和专家用户是相同的。

发明内容

[0005] 本公开至少部分地通过一种方法解决了以上识别的问题中的一个或多个问题,该方法包括:确定用户的熟练度分数,该熟练度分数对应于用户用医学成像模态进行成像时的熟练度;基于熟练度分数,调整在耦接到医学成像模态的显示设备的图形用户界面上向用户提供的引导的量;以及在图形用户界面上显示熟练度的指示。

[0006] 这样,提供给用户的引导可基于他们在采集医学图像时的熟练度来定制。此外,随着用户的熟练度随时间和实践而发展,熟练度分数可改变,并且因此可考虑到用户的不断发展的熟练度来调整引导。因此,用户引导可自动适应于用户的熟练度,这改善了用户体验和效率。

[0007] 在单独或与附图联系时,本说明书的以上优势以及其他优势和特征将从以下具体实施方式中显而易见。应当理解,提供以上发明内容是为了以简化的形式介绍在具体实施方式中进一步描述的概念的选择。这并不意味着识别所要求保护的的主题的关键或必要特征,该主题的范围由具体实施方式后的权利要求书唯一地限定。此外,所要求保护的的主题不限于解决上文或本公开的任何部分中提到的任何缺点的实施方式。

附图说明

[0008] 通过阅读以下详细描述并且参考附图,可以更好地理解本公开的各个方面,其中:

- [0009] 图1示出了超声系统的示例性实施方案的框图；
- [0010] 图2A、图2B和图2C是用于评估超声成像系统的用户的熟练度的图表的示例性实施方案；
- [0011] 图3A、图3B和图3C是示出用于基于用户的熟练度分数向超声成像系统的用户显示引导的示例性方法的流程图；
- [0012] 图4A、图4B和图4C是超声设备的用户界面中的上下文用户引导显示的示例；
- [0013] 图5A和5B是超声设备的用户界面中的实时用户引导显示的示例；
- [0014] 图6A、图6B、图6C和图6D是超声设备的用户界面的示例性实施方案；
- [0015] 图7A是示出在实践持续时间内用户对超声设备的熟练度的变化并且包括多于一个解剖区域的公共阈值的曲线图；并且
- [0016] 图7B是示出在实践持续时间内用户对超声设备的熟练度的变化并且包括不同解剖区域的不同阈值的曲线图。

具体实施方式

[0017] 以下描述涉及用于在用成像模态(诸如超声成像系统)进行医学成像期间基于跟踪用户的熟练度分数来调整用户引导的方法和系统。本文的描述是相对于超声成像系统提供的,但应当理解,在不脱离本公开的范围的情况下,该方法和系统可适于任何医学成像模态,诸如乳房X线摄影术、x射线、计算机断层扫描、MRI等。

[0018] 医学超声成像通常包括在目标解剖特征(例如,腹部、胸部等)的位置处将包括一个或多个换能器元件的超声成像系统的超声探头放置到成像对象(诸如患者)上。图像由超声探头获取并且实时或接近实时地显示在显示设备上(例如,一旦生成图像就显示图像且没有有意延迟)。超声探头的操作者可查看图像并且调整超声探头的各种采集参数和/或位置以便获得目标解剖特征(例如,心脏、肝脏、肾等)的高质量图像。可调整的采集参数包括发射频率、发射深度、增益(例如,时间增益补偿)、波束转向角度、波束形成策略和/或其他参数。然而,改变采集参数和探头放置以采集(例如,具有期望质量的)最佳图像可能是具有挑战性的,并且操作者经验是最佳图像采集中的主要因素。

[0019] 此外,在超声图像采集中获得经验是耗时的试错过程,涉及由超声操作者所作出的持续学习和实践。调整超声探头的放置直到采集到对于操作者看起来最佳的图像的过程在检查之间可能不被限定或不可重复/可再现,并且在一个解剖特征上获得的经验可能不能很好地转移到不同的解剖特征。例如,产科医师在采集孕妇胎儿图像方面的经验可能不会转移到采集老年男性的脾脏中的异常的图像。因此,在一个解剖区域获得专业知识的操作者在另一个解剖区域可能不是精通的。该主观性和确定性过程的缺乏可导致不可再现的结果,并且在许多超声检查中,可能无法获取尽可能高质量的图像。此外,在获得经验的过程期间,帮助和支持的主要来源可以是个性化指令的形式,这是昂贵的并且涉及调度的后勤负担。

[0020] 另外,熟练度是超声检查持续时间中的因素。熟练度水平低的操作者可能比专家操作者花费更长的时间来采集合适的图像(例如,高于期望质量的图像),这可能导致患者满意度差和/或无法在所分配的时间段内产生合适的图像。此外,由于用户缺乏熟练度而造成的图像质量的任何损失可导致不良的诊断和/或不良的临床结果。

[0021] 解决该问题的一种方法是在超声检查期间向用户提供用户引导,诸如图形用户引导。例如,用户引导可与由超声探头实时采集的图像结合显示或叠加在其上。

[0022] 然而,本文的发明人已经认识到,在不考虑操作者的熟练度水平的情况下启用或禁用图形用户引导可导致操作者的用户体验较差,并且可能不会改善操作者的熟练度或不会有助于改善所采集的图像的质量。例如,对新手用户有帮助的屏幕上图形用户引导可能会分散专家用户的注意力,而对高级用户有用的类型的引导可能对新手用户造成混淆。例如,新手操作者可通过基本技能发展寻求熟练度提高,而专家操作者可通过增加生产率(例如,减少检查所花费的时间)或其他类似因素来寻求熟练度提高。在实施方案中,该问题可通过自适应特征来解决,该自适应特征在检查时动态地考虑操作者的熟练度,并且相应地启用、禁用和/或选择最适合操作者的类型的用户引导。

[0023] 这样,可基于用户的熟练度在检查期间定制对用户的引导的显示,由此可将第一类型的引导显示给新手用户,可将第二类型的引导显示给更有经验的用户,可将第三类型的引导显示给专家用户,等等。例如,可以向用超声探头对对象的肝脏进行检查的新手用户示出在检查期间叠加在由探头采集的图像上的肝脏的参考图像,或者如何执行探头的调整以使肝脏的横截面可视化的视觉指示(例如,经由箭头)。另选地,可以向用超声探头对对象的肝脏进行检查的更有经验的用户示出肝脏上的结节的轮廓,该结节由于被肠道气体部分地遮蔽而难以看见。

[0024] 在实施方案中,可通过在超声成像系统的屏幕上显示的熟练度分数来指示用户的熟练度。基于存储在超声成像系统的暂态存储器中的指令,在超声成像系统的处理器上运行的一种或多种算法可以确定可如何确定或调整用户的熟练度分数,以及/或者向用户显示什么类型的引导。

[0025] 此外,多个熟练度分数可存储在超声成像系统可访问的数据库中,多个熟练度分数中的每个熟练度分数反映用户在特定目标解剖特征(例如,器官)上的熟练度。这样,可根据正在执行的检查的类型来进一步定制显示给用户的引导,由此可在用户对其具有很少经验的器官的检查中向用户显示第一类型的引导,并且可在用户对其具有更多经验的不同器官的检查中向用户显示第二类型的引导。此外,可使用一个或多个熟练度分数来确定是增加用户引导的量,还是减少用户引导的量,还是确定要向用户显示什么类型的用户引导。

[0026] 可根据多个熟练度参数(诸如所采集的图像的质量、扫描平面的准确度、图像采集的速度、图像采集的可再现性和/或可重复性等),基于用户的表现来确定和/或更新熟练度分数。熟练度参数还可包括历史数据,诸如执行的检查的次数或完成的实践的小时数。

[0027] 本文所公开的系统和方法的附加优点在于,还可基于用户在检查期间的表现,在检查期间发起、停止、增加或减少向用户显示的引导。例如,如果用户采集图像所花费的时间超过阈值持续时间,则可以提示用户是否显示引导,或者可以在向用户通知或不通知的情况下自动显示引导。另外,可基于在检查期间监测熟练度参数中的一个或多个熟练度参数来进行引导的发起、停止、增加或减少。例如,可以监测用户采集图像的速度,并且可响应于速度小于阈值速度而显示引导的类型。此外,不同类型的引导的发起、停止、增加或减少可根据任务或教学目标按顺序或序列进行协调和/或显示,诸如结合到训练程序中,由此引导新手超声用户通过规程,或者由此可以以标准化方式指示任务的执行。

[0028] 图1中示出了示例性超声系统,该超声系统包括超声探头、显示设备和处理器。经

由超声探头,可获取超声图像并将其显示在显示设备上。可通过调整超声探头在患者身体上的位置来采集图像。为了确定所采集的超声图像是否具有足够的图像质量,可以将超声图像与参考模型进行比较,该参考模型可确定不令人满意的(例如,低的)图像质量是否由于探头放置的方面,使得可以显示引导以帮助用户调整超声探头的位置,以便改善图像质量。可使用一个或多个准则来评估和/或评分用户对自适应引导系统已在其上被训练的一个或多个解剖区域的熟练程度,如图2所示。处理器可经由图3A、图3B和图3C所示的示例性方法编程地确定在超声成像系统的操作期间何时以及如何显示用户引导,并且跟踪操作者熟练度。用户引导可包括如图4A、图4B和图4C所示的上下文引导,和/或如图5A和图5B所示的实时引导线索。用户引导可包括如图6A、图6B、图6C和图6D所示的叠加图像、文本、视频和/或其他视觉显示特征。使用自适应引导系统可导致熟练度分数增加以及随着时间推移更快地获得熟练度,如图7A和图7B所示,其也描绘了阈值熟练度。因此,通过提供用于向具有不同熟练度水平的用户显示上下文引导和实时引导的系统和方法,可改善患者满意度和临床结果,并且可通过缩短与图像采集相关联的学习曲线来获得时间和金钱的显著节省。

[0029] 参见图1,示出了根据本公开的实施方案的超声成像系统100的示意图。超声成像系统100包括发射波束形成器101和发射器102,该发射器驱动换能器阵列(本文中称为探头106)内的元件(例如,换能器元件)104,以将脉冲超声信号(本文中称为发射脉冲)发射到患者的身体(未示出)中。探头106可以是一维换能器阵列探头,或者可以是二维矩阵换能器阵列探头。换能器元件104可由压电材料构成。当向压电晶体施加电压时,晶体物理地膨胀和收缩,从而发射超声球波。这样,换能器元件104可将电子发射信号转换为声学发射波束。

[0030] 在探头106的元件104将脉冲超声信号发射到(患者的)身体中之后,脉冲超声信号从身体内部的结构(如血细胞或肌肉组织)向后散射,以产生返回到元件104的回波。回波被元件104转换成电信号或超声数据,并且电信号被接收器108接收。表示所接收的回波的电信号穿过输出超声数据的接收波束形成器110。另外,换能器元件104可根据所接收的回波产生一个或多个超声脉冲以形成一个或多个发射波束。

[0031] 根据一些实施方案,探头106可包含电子电路来执行发射波束形成和/或接收波束形成的全部或部分。例如,发射波束形成器101、发射器102、接收器108和接收波束形成器110的全部或部分可位于探头106内。在本公开中,术语“扫描”或“扫描中”可也用于指通过传输和接收超声信号的过程来采集数据。用户界面115可用于控制超声成像系统100的操作。用户界面115可包括以下项中的一者或多者:旋转元件、鼠标、键盘、轨迹球、链接到特定动作的硬键、可被配置为控制不同功能的软键,和/或显示在显示设备118上的图形用户界面。

[0032] 超声成像系统100包括处理器116,该处理器用以控制发射波束形成器101、发射器102、接收器108和接收波束形成器110。处理器116与探头106进行电子通信(例如,通信地连接)。出于本公开的目的,术语“电子通信”可被定义为包括有线通信和无线通信两者。处理器116可根据存储在存储器120上的指令来控制探头106以采集数据。如本文所讨论的,存储器包括其中存储有编程指令的任何非暂时性计算机可读介质。出于本公开的目的,术语有形计算机可读介质被明确定义为包括任何类型的计算机可读存储装置。示例性方法和系统可使用存储在非暂时性计算机可读介质上的编码指令(例如,计算机可读指令)来实现,该

非暂时性计算机可读介质诸如闪存存储器、只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)、高速缓存或其中存储信息持续任何持续时间 (例如,持续延长的时间段,永久地、简短的实例,用于临时缓冲和/或用于信息的高速缓存) 的任何其他存储介质。如本文所提及的计算机可读存储介质的计算机存储器可包括用于存储电子格式信息 (诸如计算机可读程序指令或计算机可读程序指令、数据等的模块,其可以是独立的或作为计算设备的一部分) 的易失性和非易失性或可移动和不可移动介质。计算机存储器的示例可包括可用于存储期望的电子格式的信息并且可由一个或多个处理器或计算设备的至少一部分访问的任何其他介质。

[0033] 处理器116控制元件104中的哪些是活动的以及从探头106发射的波束的形状。处理器116还与显示设备118进行电子通信,并且处理器116可将数据 (例如,超声数据) 处理成图像以用于在显示设备118上显示。处理器116可以包括根据一个实施方案的中央处理器 (CPU)。根据其他实施方案,处理器116可包括能够执行处理功能的其他电子部件,诸如数字信号处理器、现场可编程门阵列 (FPGA) 或图形板。根据其他实施方案,处理器116可包括能够执行处理功能的多个电子部件。例如,处理器116可包括从电子部件的列表中选择的一个或更多个电子部件,这些电子部件包括:中央处理器、数字信号处理器、现场可编程门阵列和图形板。根据另一个实施方案,处理器116还可包括解调RF数据并且生成原始数据的复合解调器 (未示出)。在另一个实施方案中,解调可以在处理链中较早地执行。

[0034] 处理器116可适于根据数据上的多个可选超声模态来执行一个或多个处理操作。在一个示例中,可在扫描会话期间实时处理数据,因为回波信号被接收器108接收并且被传输至处理器116。出于本公开的目的,术语“实时”被定义为包括在没有任何有意延迟的情况下执行的过程。例如,实施方案可以7至20帧/秒的实时速率获取图像。本发明的一些实施方案可包括多个处理器 (未示出),以处理根据上文所述的示例性实施方案的由处理器116处理的处理任务。例如,在显示图像之前,可利用第一处理器来解调和抽取RF信号,同时可使用第二处理器来进一步处理数据 (例如,通过如本文进一步描述的那样扩充数据)。应当理解,其他实施方案可使用不同的处理器布置方式。

[0035] 超声成像系统100可以例如10Hz至30Hz的帧速率 (例如,每秒10帧至30帧) 连续采集数据。根据数据生成的图像可以在显示设备118上以相似的帧速率刷新。其他实施方案能够以不同速率获取并且显示数据。例如,根据帧的大小和预期的应用,一些实施方案可以小于10Hz或大于30Hz的帧速率采集数据。包括存储器120,用于存储经处理的采集数据的帧。在示例性实施方案中,存储器120具有足够的容量来存储至少几秒钟的超声数据帧。数据帧的存储方式便于根据其采集顺序或时间进行检索。存储器120可包括任何已知的数据存储介质。

[0036] 在本发明的各种实施方案中,处理器116可通过不同的模式相关模块 (例如,B模式、彩色多普勒、M模式、彩色M模式、频谱多普勒、弹性成像、TVI、应变、应变速率等) 来处理数据,以形成2D或3D数据。例如,一个或多个模块可生成B模式、彩色多普勒、M模式、彩色M模式、频谱多普勒、弹性成像、TVI、应变、应变速率以及它们的组合,等等。作为一个示例,一个或多个模块可处理彩色多普勒数据,其可包括传统彩色血流多普勒、功率多普勒、HD流,等等。图像线和/或帧存储在存储器中,并且可包括指示图像线和/或帧存储在存储器中的时间的定时信息。这些模块可包括例如扫描转换模块,用于执行扫描转换操作,以将所采集的图像从波束空间坐标转换为显示空间坐标。可以提供视频处理器模块,该视频处理器模块

从存储器读取所采集的图像并且在对患者执行规程(例如,超声成像)时实时显示图像。视频处理器模块可包括单独的图像存储器,并且超声图像可被写入图像存储器以便由显示设备118读取和显示。

[0037] 在本公开的各种实施方案中,超声成像系统100的一个或多个部件可以包括在便携手持式超声成像设备中。例如,显示设备118和用户界面115可以集成到手持式超声成像设备的外部表面中,该手持式超声成像设备可还包括处理器116和存储器120。探头106可以包括与手持式超声成像设备进行电子通信以收集原始超声数据的手持式探头。发射波束形成器101、发射器102、接收器108和接收波束形成器110可以包括在超声成像系统100的相同或不同部分中。例如,发射波束形成器101、发射器102、接收器108和接收波束形成器110可以包括在手持式超声成像设备、探头以及它们的组合中。

[0038] 在执行二维超声扫描之后,生成包含扫描线及其样本的数据块。在应用后端滤波器之后,执行称为扫描转换的过程,以将二维数据块变换为具有附加扫描信息(诸如深度、每条扫描线的角度等)的可显示的位图图像。在扫描转换期间,应用内插技术来填充所得图像中的丢失的孔(即,像素)。出现这些丢失的像素是因为二维块的每个元素通常应该覆盖所得图像中的许多像素。例如,在当前超声成像系统中,应用了双三次插值,其利用了二维块的相邻元素。因此,如果与位图图像的尺寸相比,二维块相对较小,则扫描转换后的图像将包括分辨率差或分辨率低的区域,特别是对于深度较大的区域。

[0039] 超声成像系统100可包括数据处理单元130,该数据处理单元被配置为渐进地分析操作者在采集超声图像方面的熟练度。如下文进一步详细描述,可相对于多个熟练度参数、解剖区域和/或目标解剖特征来评估操作者的熟练度。例如,可基于操作者在采集肝脏、或脾脏、或子宫、或人体解剖结构的另一部分的超声图像方面的熟练度来为操作者分配熟练度分数,其中分配给操作者以采集脾脏图像的熟练度分数可不同于分配给操作者以采集肝脏图像的熟练度分数。此外,如下文更详细地描述,熟练度分数可以是关于个体熟练度参数(例如,图像质量、采集速度、扫描平面准确度等)分配给操作者的个体熟练度分数的函数(例如,总和、平均值、加权平均值等)。类似地,可将解剖区域或跨多个解剖区域的熟练度分数分配给操作者,作为关于目标解剖特征分配的操作者的熟练度分数的函数。例如,可为操作者分配腹部解剖区域的熟练度分数,其中该分数是操作者对腹部的多个目标解剖特征(例如,肝脏、脾脏、子宫等)的熟练度分数的平均值。操作者也可被分配总熟练度分数,其中总熟练度分数是操作者对多个解剖区域(例如,腹部、胸部等)的熟练度分数的函数。这样,提供了用于评估操作者在采集人体解剖结构的各个部分上的超声图像并且以各种比例采集超声图像方面的熟练度的稳健框架。

[0040] 分析操作者的熟练度可包括根据用于测量熟练度的预定义准则基于一组一个或多个定性和定量熟练度参数对操作者的表现进行评分,其中该组一个或多个定性和定量熟练度参数(下文称为“熟练度参数”)对应于所选择的目标解剖特征的各种评价属性。评价属性可包括图像质量、采集速度、扫描平面的准确度、包括异常的预期解剖特征的可视化、累积实践小时数、检查次数、可重复性和可再现性中的一者或多者。包括对应于各种评价属性的一组熟练度参数的预定义准则在本文中被称为“预设”,其中预设对应于特定目标解剖特征。例如,可根据子宫预设对操作者在采集子宫图像方面的熟练度进行评分,由此操作者对子宫预设的熟练度分数是操作者对子宫预设所包括的一组定性和定量参数中的每一者的

个体熟练度分数的函数。类似地,可根据肝脏预设对操作者在采集肝脏图像方面的熟练度进行评分,由此操作者对肝脏预设的熟练度分数是操作者对肝脏预设所包括的一组定性和定量参数中的每一者的个体熟练度分数的函数。下文相对于图2所示的示例性预设进一步详细地描述预设。

[0041] 数据处理单元130可接收由超声探头106生成的输入图像、从用户界面115接收的扫描设置信息和/或与操作者使用超声成像系统100相关的历史信息。历史信息可存储在电子耦接到处理器116的熟练度数据库132中。例如,熟练度数据库132可存储操作者对一个或多个预设的当前和/或先前熟练度分数、操作者已针对每个预设执行的超声检查的次数、操作者在预设内和跨预设执行检查所花费的时间量等。数据处理单元130的输出可为新的熟练度分数和/或更新的熟练度分数(例如,在预设上,或跨预设的集合),其可存储在如上所述的熟练度数据库132中。如下面参考图3A和图3B进一步详细描述,熟练度分数可用于确定是否显示用户引导和/或指定可显示什么类型的用户引导。

[0042] 对应于熟练度参数的评价属性表示用于熟练度评估的标准。评价属性可包括扫描平面的准确度。在一个示例中,可通过AI算法基于所采集的图像与一个或多个参考图像的比较来评估扫描平面准确度。此外,扫描平面准确度的度量可考虑是否实现器官的“标准横截面视图”,该“标准横截面视图”在实践中广泛用于执行可视化、测量和报告,诸如整个心脏的长轴视图、短轴视图或4腔室视图,或整个肾脏通过纵向平面或横向平面的横截面等,这可确定测量准确度和可视化质量。此外,AI算法结合探头标记取向信息可用于检测所显示的图像的任何错误的左/右反转。例如,AI算法可通过确定图像中是否存在多个解剖特征和/或图像中的解剖特征是否超过阈值可见度(例如,分辨率)来提供对扫描平面准确度的评估。AI算法还可在确定扫描平面准确度时评价图像中的一个或多个解剖特征参数,包括解剖特征的形状。在另一个示例中,AI算法可通过识别图像中的解剖特征并且将解剖特征之间的距离比与参考图像的相同解剖特征之间的距离比进行比较,或者通过将图像中解剖特征的相对比例与参考图像的相同解剖特征的比例进行比较来提供对扫描平面准确度的评估。应当理解,本文所提供的示例是为了进行示意性的说明,并且在不脱离本公开的范围的情况下,数据处理单元130可使用其他标准和/或算法来进行熟练度评估。

[0043] 评价属性可包括图像质量。例如,图像的质量可包括评价标准,诸如图像对比度、对比度与噪声比、空间分辨率、灰度映射等。另外地或另选地,可以基于与对应扫描平面中的一个或多个参考图像的比较来评价图像质量。除上述之外,其他图像质量属性包括(与凝胶的)声学耦合的充分性和探头尖端处的接触压力,由于气穴、异物、骨结构阴影或移动器官中的运动伪影(如在心脏、胎儿、肺等的情况下)引起的任何图像伪影,或者由于肠道气体引起的伪影,该肠道气体限定成像结果并继而限定用户的熟练度。以这种方式,可以减少由于较差图像采集而导致的假阳性或假阴性报告的机会。

[0044] 评价属性可包括采集速度。例如,数据处理单元可将操作者在采集具有期望质量的图像时所花费的持续时间与指示熟练度水平的预定义参考持续时间进行比较,并且为操作者分配熟练度分数作为操作者的采集速度与参考采集速度之间的差值的函数。

[0045] 评价属性可包括累积信息,诸如累积实践小时数、在给定预设上执行的检查的次数、可重复性和/或可再现性的评估等。例如,可重复性和可再现性可通过以下方式来评估:确定解剖特征在图像中的相对定位,以及将采集的图像中解剖特征的相对定位之间的第一

标准偏差与先前由操作者在相同条件(例如,在同一次检查期间、用同一对象等可重复)和在不同条件(例如,从不同的检查、用不同的对象等可再现)下采集的图像中解剖特征的相对定位之间的第二标准偏差进行比较。换句话说讲,用户在检查期间多次可视化个体对象的器官/解剖结构的能力的一致性可用于确定可重复性,而用户在连续检查中可视化来自不同个体的相同器官/解剖结构的能力的一致性可用于确定可再现性。展示在阈值持续时间内重复且可再现地采集具有期望图像质量和扫描平面准确度的图像的能力的操作者可被分配比不能在阈值持续时间内重复且可再现地采集合适图像的操作者更高的熟练度分数。

[0046] 如下文更详细地描述,预定义准则可渐进地产生操作者的更新熟练度分数,这可用于动态地确定在工作流程期间指定预设的用户引导是否可在显示设备118上显示给操作者。例如,系统可确定操作者对于各种预设的当前熟练度分数是否低于阈值熟练度值,以便选择性地启用显示用户引导。

[0047] 如果操作者正在花费超过阈值持续时间的时间量来获得期望质量图像,则还可以显示针对指定预设的用户引导。例如,如果操作者正在试图采集心脏的超声图像并且在心脏预设的预定义阈值持续时间内没有实现目标扫描平面(例如,其中特定的一组解剖特征可见的扫描平面),超声系统100可在显示设备118上显示一种或多种形式的用户引导,以帮助操作者实现目标扫描平面。此外,在显示图形用户引导之前(例如,在打开图形用户引导之前)等待的持续时间可为预定义的(例如,编程到存储器诸如存储器120中的指令中)或基于一个或多个标准来动态地调整。例如,在显示用户引导之前的等待周期可默认预定义为60秒处,并且/或者如果操作者被分配了低于给定阈值熟练度分数的熟练度分数,则该持续时间可减少到30秒。还可存在附加的手动超控以控制用户引导的打开/关闭状态,使得操作者可例如在操作者确定用户引导没有帮助的情况下选择隐藏用户引导。

[0048] 用户引导可以是参考图像形式的上下文引导和/或线索、文本指令或显示元素形式的实时引导,该线索、文本指令或显示元素指示可如何调整超声探头106的位置、取向或压力以采集具有期望质量的图像。上下文引导可包括参考超声图像,该参考超声图像可以由有经验的超声医生或放射科医生从早期患者预先采集的高质量超声图像。参考超声图像可基于实时运行的AI算法从当前正在检查的人采集。例如,如果操作者在试图定位超声探头106以在目标扫描平面内采集图像时从各种扫描平面采集多个图像,则AI算法可确定所采集的图像中的一个图像在目标扫描平面中,并且在显示设备118上显示该图像作为参考图像,或者另选地显示“所采集的目标”指示。又如,上下文引导可以包括解剖图示、预先录制的训练视频或经由视频会议连接的远程助理的视频,并且实时引导可以包括由通过视频通话连接的远程助理生成的显示元素。引导线索可包括提示、协议步骤的清单和/或任何其他种类的图形显示元素。在其他实施方案中,可结合一个或多个外围设备(诸如外部相机)来显示用户引导以支持眼睛跟踪能力。应当理解,本文所提供的用户引导的示例是为了进行示意性的说明,并且在不脱离本公开的范围的情况下,可包括其他类型的用户引导。

[0049] 这样,当操作者在执行超声检查的同时采集图像时,对于具有不同能力和/或不同经验水平的操作者,可生成定制引导,该定制引导包括在采集视觉图像的同时显示图形、视觉或文本元素,使得可以根据操作者的渐进发展的熟练度以自适应方式提供引导,而不依赖于由操作者选择的有意识地管理的配置。这解决了将引导匹配到熟练度水平、含义的问题,以及将引导导向到具有不同熟练度水平的操作者的问题,使得专家操作者不会受到没

有帮助的用户引导的干扰,而新手用户不会被剥夺有帮助的引导。本文所公开的超声系统的另外优点在于其不依赖于附加的硬件,并且与启用所公开的特征相关联的成本是最小的,由此增强了技术商业可行性并且增加了在包括泌尿科医生、妇科医生和/或其他临床医生在内的非传统用户中对超声成像的采用。

[0050] 现在转到图2A、图2B和图2C,示出了用于评估超声成像系统的用户的熟练度的示例性预设。图2A的预设图表视图200示出了用于确定用户对任何解剖区域或结构的熟练度分数的一般准则。图2B的预设图表视图230示出了用于确定用户对肝脏预设的熟练度分数的示例性准则。图2C的预设图表视图260示出了用户对肝脏预设的示例性加权、级别分数、用户分数和熟练度分数。超声成像系统可与图1的超声成像系统100相同或类似。应当理解,虽然预设图表视图200、230和260示出了用于评估熟练度的预设和基础准则的特征,但是在预设图表视图200、230和260中的每一者中示出的数据可以不以单个表格格式存储,并且可以根据不同的数据结构和/或跨与超声成像系统的操作者相关的各种数据库表格存储在关系数据库中。关系数据库可与图1的超声成像系统100的熟练度数据库132相同或类似。

[0051] 现在参见图2A,示出了预设图表视图200,其示出用于确定超声成像系统的用户的熟练度分数的准则或框架。预设图表200可根据解剖区域分类,如解剖区域标签202所指示。例如,预设图表200可涉及在腹部、胸部等的解剖区域中执行的超声检查。预设图表200还可涉及特定解剖目标,如解剖目标标签204所指示。例如,预设图表200可涉及对肝脏、脾脏、心脏等执行的超声检查。预设图表200可包括图2A中预设图表200的左侧列中示出的一个或多个熟练度参数206,其可表示其中可单独评估超声系统的操作者的熟练度的不同分量。熟练度参数206可包括图像适合性标准,诸如图像质量和/或扫描平面准确度。熟练度参数206可包括操作者采集具有期望质量的超声图像时的速度。熟练度参数206还可包括历史信息,诸如完成的实践小时数、完成的超声检查的次数,和/或操作者对超声规程的可重复性和/或可再现性的评估。例如,可以将高可再现性分数分配给执行多个超声检查的操作者,其中与诸如每次超声检查的图像质量、扫描平面准确度和采集速度之类的参数相关联的级别分数之间的标准偏差低于阈值。

[0052] 对于每个熟练度参数206,可生成反映用户对熟练度参数的熟练度的用户分数210。在实施方案中,用户分数210可以是一个或多个级别分数208的对应熟练度参数206的总和,其中一个或多个级别分数208中的每个级别分数评估了相关级别内操作者的熟练度。在一个示例中,可以相对于给定熟练度参数206为操作者分配第1级、第2级和第3级中的每一者的级别分数208。可对级别分数求和以生成熟练度参数206的用户分数210。在其他示例中,用户分数210可被分配为操作者的级别分数208的不同函数。例如,用户分数210可以是操作者的级别分数208的平均值。此外,用户分数210的确定可基于级别分数208的加权,其中级别分数的总和、平均值等乘以与相关熟练度参数相关联的权重212。例如,熟练度参数图像质量可具有与其相关联的0.9的权重212,其中将级别分数的平均值乘以0.9以生成熟练度参数图像质量的加权用户分数210。与每个熟练度参数206相关联的权重212可以是不同的,由此权重212可反映熟练度参数206相对于其他熟练度参数206的相对重要性。在另外的其他示例中,对于图像质量的熟练度参数,第1级的级别分数可以比第2级的级别分数更大地加权,或者第3级的级别分数可以比第2级的级别分数更大地加权,而对于可再现性的熟练度参数,第3级的级别分数可以比第2级的级别分数更小地加权,等等。

[0053] 用户分数210可进一步组合以生成熟练度分数216,该熟练度分数反映操作者对预设的熟练度。例如,可为操作者分配反映操作者在采集肝脏图像时的熟练度的肝脏预设的第一熟练度分数,并且可为操作者分配反映操作者在采集肾脏图像时的熟练度的肾脏预设的第二熟练度分数。这样,可为操作者生成反映操作者跨多个解剖区域和多个解剖目标的总熟练度的多个熟练度分数。此外,在一些示例中,可确定总熟练度分数作为对操作者生成的多个熟练度分数的函数。在一个示例中,熟练度分数216可以是介于0和1之间的数字(例如,0.9)。在其他示例中,熟练度分数216可以是介于0和100之间的数字(例如,85),或者熟练度分数216可以是无限制的数字。

[0054] 级别分数208可基于定量和/或定性标准,这取决于参数。例如,采集速度的级别分数208可基于定量标准(例如,持续时间)而不是基于定性标准。另选地,图像质量的级别分数208可基于定性和定量标准,或定性和定量标准的组合。图像质量的定性标准可包括例如整个结构是否被成像、用户是否已冻结在图像序列的最佳图像上、扫描平面用于观察器官的适合性、所采集的图像中是否有任何特征缺失等等。图像质量的定量标准可包括例如已从总数的结节、肿瘤部位等中捕获了多少个结节、肿瘤部位等,或捕获了解剖结构的多少个特征。下文相对于图2B提供定性和定量标准的示例,并且下文相对于图2C提供示例性级别和用户分数。

[0055] 在一些示例中,级别分数208中的每个级别分数可提供对操作者在采集具有不同难度级别的超声图像中的熟练度的评估。在每个级别下并且对于每个熟练度参数206,可以指定关于操作者对于给定解剖区域和解剖区域内的解剖结构要达到特定级别的预期的定性和/或定量标准。基于是否满足标准,可计算用户分数210。在一个示例中,级别分数208是二进制的,反映级别的通过分数(例如,1.0)或级别的失败分数(例如,0.0)。例如,操作者可针对熟练度参数图像质量的第1级接收1.0的级别分数208,这表明操作者已满足与第1级操作者相关联的一个或多个图像质量标准。然而,操作者可针对熟练度参数图像质量的第2级接收0.0的级别分数208,这表明操作者尚未满足与第2级操作者相关联的一个或多个图像质量标准。因此,可以解释,对于图像质量,操作者已经通过第1级,但尚未通过第2级。然后可以为操作者生成用户分数210,其中用户分数是将第1级的1.0的级别分数乘以与熟练度参数图像质量相关联的权重212的结果。下文参考图2B和图2C描述解剖目标(例如,肝脏)的示例。

[0056] 在其他示例中和/或对于一些定量熟练度参数206,诸如实践小时数或完成的检查次数,与熟练度参数206相关联的级别分数208可以是与其他熟练度参数206(例如,定性熟练度参数)所使用的分数类型不同的分数类型。例如,实践小时数的熟练度参数的级别分数可以是完成的实际小时数,而图像质量的熟练度参数的级别分数可以是1到10的分数,其中1是最低分数,并且10是最高分数。此外,用户分数210可能不是与相同熟练度参数206的级别分数相同的分数类型。例如,实践小时的熟练度参数的用户分数可以是作为指示完成的小时数的一个或多个级别分数的函数生成的分数。例如,如果每个熟练度参数206的用户分数是介于1和10之间的值,其中10表示高熟练度,并且1表示低熟练度,则基于预先建立的映射函数已经在给定预设的所有级别上完成总共60小时的实践的操者可被分配用户分数8(例如,反映高熟练度的高分),而已经在预设的所有级别上完成总共5小时的实践的操者可被分配用户分数1(例如,反映低熟练度的低分)。每当操作者用超声成像系统执

行超声检查时,可更新预设图表200的分数。例如,随着操作者执行的超声检查的次数增加,可以增加检查次数和/或实践小时数的熟练度参数。操作者的级别分数208和/或用户分数210可被调整为反映操作者的熟练度随时间推移的变化。例如,可以为已经实现对应于扫描平面准确度的熟练度参数的第1级的通过级别分数208的操作者分配第2级的新通过级别分数208,这反映出操作者在采集目标扫描平面内的图像中已经发展了增加的熟练度。另选地,在完成相同检查之后,对应于图像质量的熟练度参数的操作者的级别分数208可能不会随着实践小时数的增加而增加,这反映出操作者在调整超声探头以采集目标扫描平面内的图像中的增加的熟练度不会转换为生成高质量图像的增加能力(例如,因为可能涉及不同的技能)。预设图表200也可周期性地更新以反映基础熟练度准则的变化。例如,附加熟练度参数206可被添加、移除、组合或分成两个或更多个新的熟练度参数206。

[0057] 现在参见图2B,示出了示例性肝脏预设图表视图230,其中肝脏预设图表视图230是图2A的特定于肝脏的解剖目标的预设图表视图200的示例,如解剖区域标签202和解剖目标标签204所示。在肝脏预设图表视图230中,为每个熟练度参数206提供特定于肝脏预设的示例性标准。在一个示例中,对于图像质量的熟练度参数,通过第1级的示例性标准是操作者能够可视化目标解剖特征的结构,而通过第5级的示例性标准是操作者能够可视化目标解剖特征的结构,并且操作者能够在小于1分钟的持续时间内可视化目标解剖特征的整个器官。第2级、第3级和第4级的标准可包括一个或多个中间质量阈值,其中如果操作者采集高于一个或多个中间质量阈值的图像,则操作者通过相关级别。

[0058] 作为其他示例,采集速度的熟练度参数的示例性标准可包括每个级别的阈值持续时间。例如,如果操作者能够在3分钟内采集合适的图像,则可为操作者分配第1级的通过分数,如果操作者能够在2.5分钟内采集合适的图像,则可为操作者分配第2级的通过分数,如果操作者能够在2分钟内采集合适的图像,则可为操作者分配第3级的通过分数,等等。扫描平面准确度的熟练度参数的示例性标准可包括第1级-第5级的不同定性和/或定量标准,例如,如果操作者能够识别目标扫描平面,则可为操作者分配第1级的通过分数,并且如果操作者能够识别目标扫描平面并相应地调整超声探头,则可为操作者分配第2级的通过分数,而第3级、第4级和第5级的通过分数可基于操作者准确采集扫描平面所花费的持续时间来分配。实践小时数和检查次数的熟练度参数的第1级-第5级的标准可包括实现阈值实践小时数和实现阈值检查次数。例如,如果操作者实现超过四个小时的实践,则操作者可针对实践小时数的熟练度参数的第1级被分配1.0的级别分数,如果操作者实现超过六个小时的实践,则操作者可针对实践小时数的熟练度参数的第2级被分配1.0的级别分数,等等。对于可再现性和可重复性的熟练度参数,可基于可再现地采集图像(例如,来自不同对象的相同目标解剖特征的图像)所花费的持续时间或重复地采集图像(例如,在相同条件下来自相同对象的相同目标解剖特征的图像)所花费的持续时间来为操作者分配级别分数。

[0059] 如上文相对于图2A所述,权重212可与每个熟练度参数206相关联。例如,图像质量的熟练度参数可具有1.0的权重,采集速度的熟练度参数可具有0.7的权重,扫描平面准确度的熟练度参数可具有0.9的权重,实践小时数的熟练度参数可具有0.5的权重,检查次数的熟练度参数可具有0.6的权重,可再现性的熟练度参数可具有0.3的权重,并且可重复性的熟练度参数可具有0.3的权重。此外,熟练度参数的权重可指示熟练度参数相对于其他熟练度参数的相对重要性。例如,分配给图像质量的熟练度参数的权重1.0可指示图像质量在

生成熟练度分数216中比被分配0.5的权重的实践小时数具有更大的相对重要性(例如,由操作者实现的实践小时数可比操作者实现具有期望质量的图像的能力更少地指示操作者的熟练度)。

[0060] 此外,一些预设级别可能比其他预设级别更重要。例如,如粗线232和234所示,第1级(例如,有助于实现高熟练度的较大里程碑)可被认为比第2级、第3级和第4级(它们可表示有助于实现高熟练程度的较小里程碑)更重要。熟练度差距在任何两个连续级别之间可能不是“均匀的”,因此可以通过使用粗线来考虑差分优先级,如上所述。

[0061] 现在转到图2C,示出了示例性肝脏预设图表视图260,其中肝脏预设图表视图260是图2A的特定于肝脏的解剖目标的预设图表视图200的示例。在肝脏预设图表视图260中,示出了示例性权重212、级别分数208、用户分数210和示例性熟练度分数216,其中示例性用户分数210被计算为级别分数208的加权总和,并且熟练度分数216基于用户分数210的总和来计算。在第1级至第5级的列下所示的级别分数208可对应于每个熟练度参数206和每个级别的定性和定量标准。

[0062] 例如,熟练度参数图像质量的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足能够在熟练度参数图像质量的第1级下可视化在图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的目标结构的标准。类似地,熟练度参数采集速度的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足在熟练度参数采集速度的第1级下在3分钟内采集图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的合适图像的标准;熟练度参数扫描平面准确度的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足在熟练度参数扫描平面准确度的第1级下识别图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的目标扫描平面的标准;熟练度参数实践小时数的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足在熟练度参数实践小时数的第1级下超过图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的4小时实践时间的标准;熟练度参数检查次数的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足在熟练度参数检查次数的第1级下超过图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的5小时检查的标准;熟练度参数可再现性的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足在熟练度参数可再现性的第1级下在60秒内跨图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的不同对象可再现地实现目标扫描的标准;并且熟练度参数可重复性的第1级下的1.0级别分数可指示操作者已满足在熟练度参数可重复性的第1级下在60秒内在相同检查期间在图2B的示例性肝脏预设图表视图230中所示的相同对象上重复地实现目标扫描的标准。

[0063] 在示例性肝脏预设图表视图260中,操作者对于第1级和第2级的熟练度参数208具有1.0级别分数,这表明操作者基于示例性肝脏预设图表视图230中所示的标准已通过第2级。预设图表视图260进一步示出了操作者对于图像质量的熟练度参数在第3级下具有1.0级别分数,对于扫描平面准确度的熟练度参数在第3级下具有1.0级别分数,并且对于可重复性的熟练度参数在第3级下具有1.0级别分数。因此,可以推断操作者已经实现了满足与第3级相关联的期望阈值质量的图像质量、满足与第3级相关联的期望阈值准确度的扫描平面准确度、以及满足与第3级相关联的期望阈值可重复性的可重复性。然而,操作者对于采集速度、扫描平面准确度和可重复性的熟练度参数在第3级下具有0.0级别分数,这表明操作者尚未满足在第3级下的采集速度、扫描平面准确度和可重复性的熟练度参数的一个或多个标准。例如,可以推断操作者尚未进行足够的实践和/或接受足够数量的检查以实现期

望的采集速度和可再现性以通过第3级,而操作者在采集图像时可具有高度的自然能力。

[0064] 如上所述,可计算操作者的用户分数210作为级别分数208和权重212的函数。在一个示例中,用户分数210被计算为每个熟练度参数的级别分数208的加权总和。例如,可为操作者分配熟练度参数图像质量的3.0用户分数,从而反映在第1级下的1.0级别分数、在第2级下的1.0级别分数、在第3级下的1.0级别分数、在第4级下的0.0级别分数、以及在第5级下的0.0级别分数的总和,然后将其乘以与熟练度参数图像质量相关联的权重1.0。类似地,可为操作者分配熟练度参数采集速度的1.8用户分数,从而反映在第1级下的1.0级别分数、在第2级下的1.0级别分数、在第3级下的0.0级别分数、在第4级下的0.0级别分数、以及在第5级下的0.0级别分数的总和,然后将其乘以与熟练度参数图像质量相关联的权重0.9。以相同的方式计算图2C中所示的剩余熟练度参数的用户分数(扫描平面准确度、实践小时数、检查次数、可再现性和可重复性),从而产生如图2C的用户分数列中所示的每个熟练度参数的用户分数。

[0065] 此外,可基于用户分数210来计算熟练度分数216,其可反映操作者在多个熟练度参数上的总熟练度。在一个示例中,熟练度分数216可被计算为熟练度参数图像质量、采集速度、扫描平面准确度、实践小时数、检查次数、可再现性和可重复性的用户分数的总和。在其他示例中,熟练度分数216可被计算为熟练度参数图像质量、采集速度、扫描平面准确度、实践小时数、检查次数、可再现性和可重复性的用户分数的平均值,或者熟练度参数图像质量、采集速度、扫描平面准确度、实践小时数、检查次数、可再现性和可重复性的用户分数的不同函数。在另外的其他示例中,可计算熟练度分数216作为较少数量的熟练度参数的用户分数。例如,专家操作者的熟练度分数216可被计算为熟练度参数图像质量、采集速度、扫描平面准确度、可再现性和可重复性的用户分数的函数,但不被计算为熟练度参数实践小时数或检查次数的用户分数的函数。应当理解,本文所提供的示例是为了进行示意性的说明,并且在不脱离本公开的范围的情况下,可包括用于计算用户分数210或熟练度分数216的其他功能和/或方法。

[0066] 因此,多个预设图表200可与超声成像系统的单个用户相关联,其中多个预设图表200中的每个预设图表表示用于参考操作者对与预设图表200相关联的解剖目标的超声检查的执行来向操作者分配熟练度分数的准则。在一些实施方案中,操作者在给定预设(例如,肝脏预设)执行超声检查时的总经验可通过向操作者分配预设熟练度分数来测量,其中预设熟练度分数是每个熟练度参数206的操作者个体用户分数210的函数。此外,操作者在跨所有可用的预设执行超声检查时的总经验可通过向操作者分配总熟练度分数来测量,其中总熟练度分数可以是操作者在多个预设图表200中的每个预设图表上的预设熟练度分数的函数。这样,预设的集合表示用于在操作者随时间推移获得经验时捕获和跟踪超声操作者的熟练度的演变的结构或框架,该结构或框架被目标解剖特征相对于各种标准分类。该框架提供了根据操作者的能力向超声操作者提供自动化引导的基础,以便促进操作者在采集超声图像时的熟练度的增加。此外,可利用在预设中捕获的熟练度分数,使得可基于操作者的熟练度分数来调整自动化引导的类型、样式和/或量。

[0067] 例如,当操作者登录超声成像系统(例如,图1的超声成像系统100)以执行患者肝脏的超声检查时,超声成像系统的处理器(例如,图1的超声成像系统100的处理器116)可以根据肝脏预设从数据库(例如,图1的超声成像系统100的熟练度数据库132)请求操作者的

熟练度分数。基于如上所述的操作者的经验和技能水平,操作者对肝脏预设的熟练度分数反映了操作者在管理肝脏超声检查时的熟练度。如果操作者对扫描平面采集的参数的熟练度分数低(例如,低于阈值),则处理器可以在超声系统的显示设备(例如,图1的超声系统100的显示设备118)上显示视觉引导线索以帮助操作者实现正确的扫描平面,以用于采集患者肝脏的相关特征的图像。以举例的方式,视觉引导线索可包括一个或多个显示元素(例如,箭头、符号等),其指示施加到探头的压力的方向和/或量和/或调整探头的位置的方向、调整超声成像系统的一个或多个扫描设置的文本指令等。引导线索可与目标扫描平面中肝脏的预先建立的参考超声图像结合显示,操作者可将该参考超声图像与正在采集的图像、或具有注释信息的肝脏的教科书图示、或肝脏的3D模型、或不同种类的参考图像进行比较。应当理解,本文所提供的示例是为了进行示意性的说明,并且在不脱离本公开的范围的情况下,可包括任何类型的引导线索。

[0068] 用户引导可以包括参考图像形式的上下文引导,诸如预先采集的参考超声图像、解剖图示等。上下文用户引导还可包括由有经验的超声医生/放射科医生从早期患者预先采集的高质量超声图像,或由通过视频通话连接的远程助理生成的图像。用户引导还可包括呈用于探头放置和/或取向的线索(例如,图形显示元素,诸如箭头、线、指示符等)、文本指令、提示或协议步骤的检查清单等形式的实时引导。实时引导和/或上下文引导可与由超声探头实时采集的图像结合显示或叠加在其上。实时引导也可与上下文引导(例如,参考图像)结合显示或叠加在其上,该上下文引导继而可与由超声探头实时采集的图像结合显示或叠加在其上。这样,根据一个或多个AI算法,不同形式的上下文引导和实时用户引导可被组合并且与由超声探头采集的图像结合动态地显示。

[0069] 处理器还可利用操作者的熟练度分数来确定显示用户引导的持续时间。返回到以上示例,处理器可向在肝脏预设上具有采集速度的低熟练度分数的操作者比在肝脏预设上具有采集速度的高熟练度分数的操作者更早地(例如,在较短等待周期之后)显示用户引导。类似地,处理器可比在肝脏预设上具有采集速度的高熟练度分数的操作者更晚地停止向在肝脏预设上具有采集速度的低熟练度分数的操作者显示用户引导。以下参考图3A和图3B更详细地描述处理器对用户引导的显示和定时。现在参见图3A,流程图示出了用于基于用户的熟练度分数和/或用户的选择在超声显示设备上向用户显示用户引导的示例性方法300。参照图1的系统和部件描述方法300,但是应当理解,在不脱离本公开的范围的情况下,方法300可以用其他系统和部件来实现。方法300可由处理器(诸如图1的超声成像系统100的处理器116)根据存储在计算设备的非暂态存储器(诸如图1的超声成像系统100的存储器120)中的指令来进行。

[0070] 在302处,超声操作者使用登录凭据登录到超声系统,并且方法300包括利用操作者的登录凭据发起超声系统的操作。在304处,方法300包括提示操作者选择期望的预设/所关注的解剖结构以开始扫描。预设可与图2的预设图表200、230和260所述的预设相同或类似。一旦操作者选择了用于超声检查的适当预设,就将预设加载到超声成像系统的存储器(例如,图1的存储器120)中,由此处理器可访问操作者对所选择的预设的熟练度分数,并且由操作者发起扫描。

[0071] 超声图像可用超声探头(例如,图1的超声成像系统100的超声探头106)采集,并且经由显示设备(例如,图1的超声成像系统100的显示设备118)显示给操作者。图像可实时或

接近实时地获取和显示,并且可通过默认或用户规定的扫描参数(例如,默认深度、频率等)来获取。可作为超声检查的一部分采集超声图像,其中在某些视图/轴中对某些解剖特征进行成像以便诊断患者状况、测量解剖特征的各方面等。例如,在心脏检查期间,可以对患者心脏的一个或多个目标扫描平面(也称为视图)进行成像。目标扫描平面可以包括四腔室视图、两腔室视图(其也可以称为短轴视图)和长轴视图(其也可以称为PLAX视图或三腔室视图)。

[0072] 在306处,方法300包括从数据库(例如,图1的超声成像系统100的数据库132)访问当前预设的上次保存的熟练度分数。在实施方案中,熟练度分数可被显示在显示设备上,使得熟练度分数对于操作者是可见的。在其他实施方案中,熟练度分数可不被显示,或者可在操作者请求后显示。可动态更新熟练度分数。例如,操作者对预设的熟练度分数可随着实践小时的熟练度参数的增加而增加,或者操作者对预设的熟练度分数可以由于实现比操作者对采集速度的熟练度参数(例如,表示更快的采集速度)或另一熟练度参数的先前的熟练度分数更高的熟练度分数而增加。

[0073] 在308处,方法300包括基于实时图像采集经由AI算法生成实时用户引导。例如,AI算法可连续运行,无论用户引导是打开还是关闭。在一个示例中,AI算法可用于监测用户在当前检查期间表现如何,以确定是否以及何时可打开使用引导。在另一个示例中,用户可通过使用设置实用程序有意识地禁用基于用户熟练度的自适应用户引导,并且在这种情况下,用于生成实时引导的图形界面的AI算法可停止运行,直到用户不手动打开该实时引导。因此,实时引导特征结构可被启用为默认选项或手动激活选项。在一些示例中,可以在用户登录之前(即,在步骤302之前)启用实时引导的图形界面所基于的AI算法。在一些实施方案中,AI算法可为基于规则的专家系统,其中基于决策树结构内的一个或多个规则的应用适当地为操作者生成不同形式的用户引导(例如,上下文引导和/或实时引导线索)。在其他实施方案中,AI算法可为机器学习算法。

[0074] 例如,如果用户的熟练度分数(例如,图2的预设图表200、230和260的熟练度分数216)低于第一阈值,则AI算法可生成旨在帮助新手超声操作者的用户引导。如果用户的熟练度分数低于第二阈值,则AI算法可生成旨在帮助中级超声操作者的用户引导。如果用户的熟练度分数低于第三阈值,则AI算法可生成旨在帮助高级超声操作者的用户引导,等等。

[0075] 在一些示例中,可基于参数特定的熟练度分数(例如,图2的预设图表200、230和260的用户分数210)来显示用户引导。例如,如果用户对图像质量的熟练度参数的分数低于阈值质量(例如,目标结构未完全可视化等),并且用户对实践小时数的熟练度参数的分数低于阈值小时数,则AI算法可生成旨在帮助新手超声操作者改善图像质量的用户引导。又如,如果用户对采集时间的熟练度参数的分数低于阈值,并且用户对实践小时数的熟练度参数的分数高于阈值,则AI算法可生成旨在帮助更有经验的超声操作者减少采集时间的引导线索。因此,AI算法可基于因素的组合生成、启用和/或禁用不同形式的用户引导,这些因素包括熟练度分数或与个人熟练度参数相关联的分数(例如,图2的用户分数210)。

[0076] 在310处,方法300包括确定用户的熟练度分数是否超过最小阈值分数。在一个示例中,超声系统可被初始化以建立用户的基线熟练度分数。可基于用户的凭据(包括资格和超声成像的先前经验)来确定基线熟练度分数。随后,在已确定当前检查的期望预设和/或所关注的解剖结构之后,如在步骤306处所讨论的,确定用户对期望预设和/或解剖结构的

熟练度。因此,在310处,该方法可包括确定期望预设和/或所关注的解剖结构的熟练度分数是否大于期望预设和/或所关注的解剖结构的最小阈值分数。如果在310处用户的熟练度分数不超过最低熟练度分数(例如,如果用户是新手操作者),则方法300前进至316。在316处,方法300包括在超声系统的显示设备(例如,图1的超声成像系统100的显示设备118)上显示在308处生成的用户引导,从而确保向低熟练度用户提供引导。

[0077] 如果在310处用户的熟练度分数确实超过最低熟练度阈值分数,则方法300前进至312。在312处,方法300包括提示用户是否接收引导,以及接收响应。前进至314,方法300包括确定用户是否选择要在设备屏幕上显示引导。如果用户在360处选择要在显示设备上显示引导,则方法300前进至316。在316处,方法300包括在显示设备上显示在308处生成的用户引导。用户引导可包括例如实时用户引导和/或上下文用户引导。如果在314处用户不选择在设备屏幕上显示引导,则方法300前进至318。在318处,方法300包括提示用户是否退出预设(例如,在检查完成时)。在320处,方法300包括确定用户是否希望退出当前预设。如果用户在320处不希望退出当前预设,则方法300返回至308,并且用户引导继续基于实时图像采集经由如上所述的AI算法动态地生成。另选地,如果用户在320处希望退出当前预设(例如,一旦超声检查已完成),则方法300前进至322。

[0078] 在一些实施方案中,当用户的熟练度分数大于阈值分数时,可提供较少量的用户引导;而当用户的熟练度分数小于阈值分数时,可提供较大量的用户引导。较少量的用户引导可包括较少量的实时引导或较少量的上下文引导或较少量的实时引导和上下文引导。同样,较大量的用户引导可包括较大量的实时引导或较大量的上下文引导或较大量的实时引导和上下文引导。在一些示例中,较大量的实时引导可包括最大量的实时引导和/或上下文引导。

[0079] 在一些实施方案中,可应用多于一个熟练度阈值。作为非限制性示例,当用户的熟练度分数小于第一阈值时,可提供较大量的用户引导;当用户的熟练度分数大于第一阈值但小于第二阈值时,可提供较少量的用户引导;并且当用户的熟练度分数大于第二阈值时,可能不会自动提供用户引导,但是具有大于第二阈值的熟练度分数的用户可具有打开用户引导的选项,并且可能能够选择较大或较少量的用户引导。类似地,当提供较少量的用户引导时,用户可具有增加引导的量的选项。

[0080] 虽然上述示例示出了熟练度分数的两个阈值以自动提供三个级别(较小、较大和没有)的引导,但是在一些实施方案中,可以使用多于两个阈值来向用户提供附加级别的引导。

[0081] 在322处,方法300包括计算用户对当前预设的更新熟练度分数中的一个或多个熟练度分数,并且将用户的更新的熟练度分数中的一个或多个熟练度分数保存到数据库。在一个示例中,更新熟练度分数可以是作为对应于个体熟练度参数的一个或多个分数的函数计算的熟练度分数(例如,基于图2的示例性预设200、230和260的用户分数210的熟练度分数216)。在另一个示例中,更新的熟练度分数可以是分配给特定熟练度参数的分数(例如,图2的更新用户分数210),或者可以更新一个或多个参数特定的熟练度分数(例如,用户分数210)和总熟练度分数(例如,熟练度分数216)。

[0082] 如上文相对于图2的示例性预设200、230和260所述,在一个示例中,更新的熟练度分数可以是用户对检查的新熟练度分数与来自用户对相同预设执行的先前超声检查的一

个或多个历史用户熟练度分数的移动平均值。在其他示例中,可由于用户对检查的熟练度分数以及来自用户对相同预设执行的先前超声检查的一个或多个历史用户熟练度分数的不同函数,来确定更新的熟练度分数。

[0083] 更新的熟练度分数可被保存到数据库,诸如图1的超声成像系统100的熟练度数据库132。在实施方案中,更新的熟练度分数可覆盖或替换先前的熟练度分数,使得始终存储表示用户的当前熟练度的单个熟练度分数。在其他实施方案中,所生成的新的熟练度分数可存储在数据库中,由此可根据需要基于随时间推移为所执行的每次检查收集的用户的个体熟练度分数来动态地计算更新的熟练度分数。在另外的实施方案中,可将新的熟练度分数和更新的熟练度分数两者记录在数据库中。应当理解,为了进行示意性的说明在本文中描述了用户的熟练度分数的确定和记录,并且在不脱离本公开的范围的情况下,可以以其他方式确定和记录用户的熟练度分数。

[0084] 一旦方法300在322处计算并保存用户的熟练度分数,方法300便前进至324。在324处,方法300包括提示用户他们是否希望结束会话。在326处,方法300包括根据用户的响应确定用户是否希望结束会话。如果用户在326处希望结束会话,则方法300前进至328。在328处,方法300包括保存当前会话数据,并且方法300结束。另选地,如果用户在326处不希望结束会话,则方法300返回至304,并且提示用户期望的预设/所关注的解剖结构来重新发起扫描,如上所述。

[0085] 现在参见图3B,示出了用于在持续时间之后在显示设备(诸如图1的超声系统100的显示设备118)上向用户自动生成用户引导的示例性方法330。例如,在最初未显示用户引导(例如,实时用户引导和/或上下文用户引导)的成像条件期间(例如,由于用户的熟练度大于阈值熟练度),方法330可经由一个或多个熟练度参数(例如,实现具有期望图像质量的期望图像和/或实现当前预设的期望扫描平面的当前采集速度)监测用户的当前成像熟练度,并且可在一个或多个当前成像熟练度条件(例如,当前采集速度小于采集期望图像所花费的阈值持续时间,重复地不实现期望扫描平面等)不满足时自动激活用户引导。此外,可提前通知用户将向用户显示用户引导。例如,方法330可进一步生成第一用户引导提示,这表明用户正在花费过长的持续时间来采集期望图像,以及在用户引导被自动打开之前的持续时间,该持续时间可包括倒计时定时器。

[0086] 方法330可由处理器(诸如图1的超声成像系统100的处理器116)进行。

[0087] 在另一个示例中,可以监测除采集速度之外的不同熟练度参数,以确定用户是否在挣扎。例如,如果采集的图像的扫描平面不具有期望的质量(例如,如果扫描平面和目标扫描平面之间的差值超过阈值差值),则可以自动向用户显示用户引导。

[0088] 方法330的步骤332至340可与方法300的步骤300至310相同或类似。在332处,方法330包括利用用户的登录凭据发起超声设备的操作。在334处,方法330包括提示用户期望的预设/所关注的解剖结构以开始扫描,以及接收从用户返回的响应。在336处,方法330包括调用并指示来自数据库的当前预设的上次保存的熟练度分数。在338处,方法330包括基于实时图像采集经由AI算法生成用户引导。在340处,方法330包括确定用户的熟练度分数是否超过最小阈值熟练度分数。

[0089] 在342处,方法330包括确定是否正花费过多时间来采集合适的图像(例如,具有期望质量的图像)。例如,对于肝脏预设,可建立预先确定的阈值持续时间(例如,60秒)以采集

高于阈值质量的肝脏图像(例如,如上文相对于图2A至图2C所述)以及在正确的扫描平面中的肝脏图像。如果用户花费的时间量超过预先确定的阈值持续时间,则可以(例如,由处理器)确定花费了过多时间来采集图像。另选地,如果用户花费的时间量不超过预先确定的阈值持续时间,则可以确定没有花费过多时间来采集图像。

[0090] 如果方法330在342处确定没有花费过多时间来采集合适的图像,则方法330前进至344。在344处,方法330包括提示用户是否退出预设(例如,在检查完成时)。另选地,如果方法330在342处确定花费了过多时间来采集合适的图像,则方法330前进至344。在344处,方法330包括通知用户引导在持续时间过去之后被打开。

[0091] 例如,具有中等水平的经验和5.0熟练度分数(最高熟练度分数为10.0)的超声操作者可以经由超声成像系统(诸如图1的超声成像系统100)执行当前的超声检查。在354处,操作者的5.0熟练度分数可高于预先确立为4.0的最低阈值熟练度分数,这意味着默认情况下用户引导未显示在显示设备上。然而,在当前超声检查中,操作者可能比平常更难以采集合适的图像(例如,由于患者的体型、年龄、操作者的疲劳程度等)。超声成像系统的处理器(例如,图1的处理器116)可确定采集合适图像所花费的时间量(例如,几分钟)超过用于采集合适图像的阈值参考持续时间(例如,一分钟),并且因此可通知用户在经过预先确定的时间段(例如,60秒)之后将打开引导。阈值参考持续时间可基于以下各项来建立:为患者检查分配的时间量、基于用户的熟练度水平的预期持续时间、专家操作者采集合适图像所花费的时间量、超声检查的类型、用户熟练度随时间推移的历史演变、和/或任何其他相关因素或因素的组合。预先确定的时间段可基于历史数据和/或离线研究来建立。在其他示例中,可监测除速度之外的不同熟练度参数。

[0092] 在344处通知用户将打开引导之后,方法330前进至346。在346处,方法330包括在经过预先确定的时间段(例如,10秒)之后在显示设备上显示用户引导。将打开用户引导的示例性通知在图6C中示出并在下文更详细地描述。简而言之,用户引导将被打开的第一提示或通知可被提供为实时采集图像的一部分上的透明或半透明覆盖。

[0093] 方法330的步骤348至358可与方法300的步骤318至328相同或类似。在348处,方法330包括提示用户是否退出预设。在350处,方法330包括确定用户是否希望退出当前预设。如果用户在350处不希望退出当前预设,则方法330返回至338,并且引导继续基于实时图像采集经由AI算法动态地生成。如果用户在350处确实希望退出当前预设,则方法330前进至352。在352处,方法330包括计算用户对当前预设的更新的熟练度分数并将其保存到数据库。在354处,方法330包括提示用户是否结束会话。在356处,方法330包括在354处基于来自用户的响应确定用户是否希望结束会话。如果用户在356处不希望结束会话,则方法330包括返回至334,并且提示用户新的期望预设以开始扫描。另选地,如果用户在356处希望结束会话,则方法330前进至358。在358处,方法330包括保存当前会话数据,并且方法330结束。

[0094] 在一些实施方案中,当向用户提供小于最大用户引导时(例如,当用户的熟练度分数大于第一较低阈值但小于第二较高阈值时,可向用户提供较少量的用户引导),当用户花费过多时间量来采集期望图像时,自动向用户提供较大量的用户引导(例如,较少量的引导增加到最大用户引导)。例如,较少量的用户引导可为实时用户引导或上下文用户引导,而较大量的用户引导可包括实时用户引导和上下文用户引导两者。在一些示例中,较少量的用户引导可包括较少量的实时引导和/或较少量的上下文引导,而较大量的用户引导可包

括较大的实时引导和/或较大的上下文引导。在非限制性示例中,较少量的实时引导可包括以下中的一者或多者但不是全部:探头姿势调整图形线索、指示要执行的当前/后续步骤的文本指令、以及基于自动AI的图像采集,而较大的实时引导可基于较少量的实时引导,并且可包括上文指出的所有实时引导类型。类似地,较少量的上下文引导可能不包括所有上下文引导类型,包括示出期望的扫描平面的预先采集图像、相关解剖结构的图形图示(例如,教科书图示)、以及相关检查的教学视频,而较大的上下文引导可基于较少量的上下文引导,并且可包括上文指出的所有上下文引导类型。

[0095] 在一些示例中,第一提示可包括用户引导将自动增加的指示。此外,第一提示可另外地或另选地包括可另外提供的引导的类型的指示。即,第一提示可指示是实时引导增加,还是上下文引导增加,还是两者均增加。此外,在一些示例中,第一提示可指定将自动应用哪种类型的实时引导(例如,探头姿势调整图形线索、指示要执行的当前/后续步骤的文本指令、以及基于自动AI的图像采集)和/或哪种类型的上下文引导(例如,预先采集图像、相关解剖结构的图形图示(例如,教科书图示)、以及相关检查的教学视频)。

[0096] 现在参见图3C,示出了用于在成像条件期间当花费过多时间来采集超声图像时,在显示设备(诸如图1的超声系统100的显示设备118)上显示用于激活用户引导的选项的示例性方法370。例如,当执行成像的用户的熟练度分数大于阈值熟练度时,最初可能不显示用户引导。然而,在某些成像条件期间,诸如当获得期望质量图像的持续时间大于阈值持续时间(例如,基于熟练度水平,诸如图2的熟练度水平208的阈值持续时间)时,可提供激活用户引导和/或提供附加用户引导的选项,如下文所讨论的。

[0097] 用户可能正在挣扎的一个指示可以是采集图像所花费的时间可能超过预先确定的阈值持续时间。方法370可由处理器(诸如图1的超声成像系统100的处理器116)根据存储在计算设备的非暂态存储器(诸如图1的超声成像系统100的存储器120)中的指令来进行。

[0098] 如上文相对于图3B所述,可以监测除采集速度之外的不同熟练度参数,以确定用户是否在挣扎。例如,如果确定用户不能对同一患者重复地实现目标扫描平面,则可以提示用户是否应当向用户显示用户引导。

[0099] 方法370的步骤372至382可与方法300的步骤300至310相同或类似。简而言之,在372处,方法370包括利用用户的登录凭据发起超声设备的操作。在374处,方法370包括提示用户期望的预设/所关注的解剖结构以开始扫描,以及接收从用户返回的响应。在376处,方法370包括调用并指示来自数据库的当前预设的上次保存的熟练度分数。在378处,方法370包括基于实时图像采集经由AI算法生成用户引导。在380处,方法370包括确定用户的熟练度分数是否超过最小阈值熟练度分数。如果在380处确定用户的熟练度分数低于阈值熟练度分数,则方法370前进至388。在388处,方法370包括在显示设备上显示用户引导。如上文所讨论的,用户引导可包括实时用户引导和/或上下文用户引导。另选地,如果在380处确定用户的熟练度分数超过阈值熟练度分数,则方法370前进至382。在382处,方法370包括确定是否正花费过多时间来采集图像。

[0100] 如果在382处确定没有花费过多时间来采集图像(例如,如上文相对于图3B所述),则方法370前进至390。在390处,提示用户是否退出预设,如上文相对于图3A和图3B的方法300和330所述。另选地,如果在382处确定花费了过多时间来采集期望图像,则方法370前进至384。用于确定是否花费过多时间来采集期望图像的参数在图3B中讨论,并且为了简洁起

见将不再重复。在384处,方法370包括提示用户是否打开用户引导,以及接收来自用户的响应。例如,提示可显示在图形用户界面的显示部分上。提示可包括一个或多个指示,包括用户花费过多时间来采集期望图像和/或扫描平面并请求确认以打开用户引导的指示。此外,一个或多个指示可包括用以确认打开用户引导的第一控制按钮和用以取消提示和/或用户引导的第二控制按钮。此外,一个或多个指示包括一个或多个图形指示,诸如定时器、时钟等。相对于图6D进一步描述了用于打开用户引导的示例性提示。此外,如图6D所示,提示可被显示为所采集的超声图像的一部分上的半透明或透明覆盖。

[0101] 在一些实施方案中,虽然可以确定新手操作者可受益于用户引导的自动显示,而专家操作者可能不受益于用户引导的显示,但在不清楚用户是否将受益于用户引导的显示的情况下,可存在中等熟练度范围。在此类情况下,当确定用户可能在挣扎(例如,采集期望图像的持续时间大于阈值持续时间)时,可能期望向用户提供显示用户引导(如果最初由于熟练度大于第二较高阈值而关闭用户引导)或提供附加用户引导(如果由于熟练度大于第一最小阈值但小于第二较高阈值而未显示最大用户引导)的选项。因此,在一些实施方案中,提示可包括控制按钮以增加用户引导或取消用户引导的未来增加。

[0102] 接下来,在提示用户后,方法370前进至386。在386处,方法370确定用户是否已选择要显示引导。如果在386处确定用户尚未选择要显示引导,则方法370前进至390。在390处,方法370包括提示用户是否退出预设,如上文相对于图3A和图3B所述。另选地,如果在386处确定用户已选择要显示引导,则方法370前进至388。在388处,方法370包括在显示设备上显示用户引导。这样,可在请求后向采集合适图像有困难的用户提供接收引导的选项。

[0103] 作为非限制性示例,具有中等水平的经验和5.0熟练度分数(最高熟练度分数为10.0)的超声操作者可以经由超声成像系统(诸如图1的超声成像系统100)执行当前的超声检查。在380处,操作者的5.0熟练度分数可高于预先确立为4.0的最低阈值熟练度分数,这意味着默认情况下用户引导未显示在显示设备上。然而,在当前超声检查中,操作者可能比平常更难以采集合适的图像(例如,由于患者的体型、年龄、操作者的疲劳程度等)。超声成像系统的处理器(例如,图1的处理器116)可确定采集合适图像所花费的时间量(例如,几分钟)超过用于采集合适图像的阈值参考持续时间(例如,一分钟),并且因此可询问用户在采集合适图像中用户是否希望接收引导。如上所述,阈值参考持续时间可基于以下各项来建立:用户先前对类似检查的表现、为患者检查分配的时间量、基于用户的熟练度水平的预期持续时间、专家操作者采集合适图像所花费的时间量、和/或任何其他相关因素或因素的组合。

[0104] 方法370的步骤390至399可与方法300的步骤318至328相同或类似。在390处,方法370包括提示用户是否退出预设。在392处,方法370包括确定用户是否希望退出当前预设。如果用户在392处不希望退出当前预设,则方法370返回至378,并且引导继续基于实时图像采集经由AI算法动态地生成。如果用户在392处确实希望退出当前预设,则方法370前进至394。在394处,方法370包括计算用户对当前预设的更新的熟练度分数并将其保存到数据库。在396处,方法370包括提示用户是否结束会话。在398处,方法370包括在396处基于来自用户的响应确定用户是否希望结束会话。如果用户在398处不希望结束会话,则方法370包括返回至374,并且提示用户新的期望预设以开始扫描。另选地,如果用户在398处希望结束会话,则方法370前进至399。在399处,方法370包括保存当前会话数据,并且方法370结束。

[0105] 这样,方法300、330和370示出了在有或没有向用户通知的情况下,上下文信息和实时引导线索可如何另选地被启用或禁用,并且被定时,以便基于超声操作者的熟练度和/或他们正在试图采集超声图像的难度来向超声操作者提供定制的引导。提供了用于渐进地评估操作者的熟练度并更新操作者的熟练度分数的过程,使得可以以对具有较低经验水平的操作者有帮助但不会分散具有较高经验水平的操作者的注意力的方式提供用户引导。

[0106] 此外,在一些实施方案中,可调整方法300、330和/或370,并且/或者可组合方法300、330和/或370的步骤以生成用于训练目的的方法。在一个示例中,可向用户提供自动化训练,由此指示用户遵循一系列过程步骤。用户的熟练度分数可用于确定要包括哪些过程步骤,和/或过程步骤可如何显示,和/或过程步骤可在显示设备的屏幕上显示多长时间。在另一个示例中,可将一种或多种类型的用户引导显示为用户要遵循的预先确定的序列的一部分,其中可基于用户的熟练度分数来调整序列的定时和/或其他特性。例如,可以向具有低熟练度分数的新手用户呈现要遵循的一组指令,并且提供第一持续时间来完成指令,同时可以向具有较高熟练度分数的中级用户呈现要遵循的一组指令,并且提供第二较长持续时间来完成指令。

[0107] 如上所述,用户引导可包括上下文用户引导和/或实时用户引导。上下文用户引导包括参考元素,诸如图像、视频等,其向用户提供不与时间相关的参考信息,并且可被查询以帮助用户采集超声图像。相比之下,实时用户引导包括与时间相关的视觉元素,诸如探头调整线索、文本指令、提示、检查清单、在实况会话中采集的AI触发的自动化图像,和/或基于超声图像的实时显示在特定时刻向用户提供帮助的其他视觉元素。图4A、图4B和图4C示出上下文用户引导的示例,而图5A和图5B示出实时用户引导的示例。

[0108] 现在参见图4A、图4B和图4C,示出了示例性上下文引导显示,其可在超声成像系统(诸如图1的超声成像系统100)的显示设备上向用户显示。如下文相对于图6A至图6D更详细地描述,示例性上下文引导显示可以与经由超声探头(例如,图1的超声系统100的超声探头106)实时采集的超声图像同时显示,使得用户可在调整超声探头以采集合适图像的同时查询示例性上下文引导显示。如上文相对于图3A和图3B所述,上下文引导显示可由在超声成像系统的处理器(例如,图1的超声系统100的处理器116)中运行的AI算法自动生成。

[0109] 图4A示出示例性上下文参考引导显示400。上下文引导显示400可包括预先采集的参考超声图像402,该参考超声图像可从先前的患者检查中采集。例如,参考超声图像402可以是用户正致力于采集的具有解剖特征的目标图像,用户可将该目标图像与由于调整超声探头(例如,图1的超声成像系统100的超声探头106)的位置和/或取向而实时生成的图像进行比较。

[0110] 图4B示出了示例性上下文引导显示430,其可包括参考解剖图示432。例如,参考解剖图示432可包括解剖特征的图形图示,用户正在试图采集具有该解剖特征的超声图像,该超声图像取自外部来源诸如教科书、在线参考材料、3-D模型等。参考解剖图示可包括目标解剖特征的完整表示,或者参考解剖图示432可包括目标解剖特征的一部分(例如,相关截面或横截面、局部视图等)。参考解剖图示432可由用户用于识别和/或定位目标解剖特征的一个或多个解剖结构。例如,可以向试图采集脾脏的超声图像的用户显示具有经由标签识别的组成解剖结构的脾脏的图形图示,以帮助用户对超声探头进行取向。

[0111] 图4C示出了示例性上下文引导显示460,其可包括向用户提供引导的视频馈送

462。在实施方案中,视频馈送462可以是训练或教学视频,其提供关于如何相对于患者的身体调整超声设备以便采集超声图像的指令。在另一个实施方案中,视频馈送462可以是来自另一个操作者(例如,更有经验的操作者、训练者等)的实况视频馈送,该操作者提供定制指令和/或与采集超声图像相关的其他信息。在一些示例中,视频馈送462可包括用户可经由外围设备(例如,扬声器、耳机等)接收的音频,或者视频馈送462可包括其他形式的呈现信息,诸如幻灯片、动画、多媒体呈现等。

[0112] 现在参见图5A和图5B,示出了示例性实时引导显示,其可在超声成像系统(诸如图1的超声成像系统100)的显示设备上向用户显示。如下文相对于图6A至图6D更详细地描述,示例性实时参考引导显示可以与经由超声探头(例如,图1的超声系统100的超声探头106)实时采集的超声图像同时显示,使得当用户调整超声探头的位置和/或取向以采集合适的图像时,用户可以接收与所采集的特定超声图像相关的文本或视觉指令形式的帮助。如上文相对于图3A、图3B和图3C所述,实时引导显示可由在超声成像系统的处理器(例如,图1的超声系统100的处理器116)中运行的AI算法自动生成。

[0113] 现在参见图5A,示出了超声设备的用户界面的示例性实时视觉引导显示500。实时视觉引导显示500可包括引导线索502,该引导线索可向用户指示对超声设备的建议调整,以便更准确地采集超声图像。例如,引导线索502可包括超声设备的视觉表示,其具有移动超声设备的方向的视觉指示、对施加到超声设备的压力进行的调整等。在实施方案中,引导线索502可叠加在包括参考图像的上下文引导显示上。作为一个示例,引导线索502可叠加在目标解剖特征的3-D渲染的视图上。另选地,引导线索502可叠加在目标解剖特征的图形图示(例如,图4的上下文参考引导显示430的上下文引导显示432)、或参考超声图像(例如,图4的上下文参考引导显示400的上下文引导显示402)、或与采集超声图像相关的任何其他类型的图像上。

[0114] 图5B示出了示例性实时参考引导显示560,该实时参考引导显示可包括超声图像562,该超声图像可由在超声成像系统的处理器中运行的AI算法自动采集并且出于参考目的显示给用户。在实施方案中,超声图像562可以是用户正在试图采集的目标解剖特征的图像,用户可以将该图像与由于调整超声设备的位置和/或取向而实时生成的图像进行比较。例如,试图实现用于采集脾脏的合适超声图像的目标扫描平面的用户可以采集在目标扫描平面与一个或多个相邻扫描平面之间摆动的超声图像,并且可能遇到将目标扫描平面与一个或多个相邻扫描平面区分开的困难。为了帮助用户,在超声成像系统的处理器中运行的AI算法可识别对应于目标扫描平面的超声图像,并且将超声图像显示给用户作为引导。

[0115] 在其他实施方案中,可提供其他类型的实时引导。作为一个示例,可根据显示在显示设备的屏幕上的书面指令来提供文本引导。在一个实施方案中,文本引导可显示在显示器的屏幕的小部分和/或未使用部分上。在另一个实施方案中,文本引导可叠加在用户引导的其他元素上。例如,文本引导可叠加在超声图像562上。在一个示例中,文本引导可叠加在超声图像562上以标记一个或多个解剖结构。在另一个示例中,可显示规程的多个步骤作为对用户的参考。

[0116] 现在参见图6A、图6B、图6C和图6D,示出了超声成像系统显示设备的示例性用户界面视图600、620、640和660。超声显示设备可与图1的超声成像系统100的显示设备118相同或类似。在用户界面视图600、620、640和660中,显示设备602以智能电话的形式示出,该智

能电话通信地耦接到超声探头,使得由超声探头采集的图像显示在显示设备602上。在其他实施方案中,显示设备602可为计算机平板电脑、计算机监视器、超声成像系统的计算机屏幕、手持式超声成像设备的屏幕或可在其上显示超声图像的任何其他类型的显示屏的形式。

[0117] 显示设备602包括显示屏部分604,视觉显示元素可实时显示在该显示屏部分上,包括正采集的超声图像、参考图像、引导线索、文本、图形显示元素等。如本文所述,视觉显示元素可在用户请求后生成和/或基于AI算法自动生成。

[0118] 视觉显示元素中的一些视觉显示元素可与用户的熟练度分数无关。在一个示例中,第一指示符字段607可显示在屏幕604上。第一指示符字段607可包括与用户的熟练度分数无关的元素。第一指示符字段607可包括功率电平指示符605和/或预设指示符606。预设指示符606可指示在其中采集图像的预设。在实施方案中,预设指示符606可以是图形显示元素,诸如描绘目标解剖特征的图标。例如,对于肝脏预设,预设指示符606可以是描绘肝脏的图标。在其他实施方案中,预设指示符可以是标识符(例如,字母、代码、数字等),或者预设指示符可以是向用户指示加载到显示设备602上的当前预设的另一种类型的符号。屏幕604还可包括第二指示符字段611的显示。第二指示符字段611还可包括与用户的熟练度分数无关的元素。第二指示符字段611可以包括识别标签610,该识别标签可以用于识别正在执行的检查和/或操作者。例如,识别标签610可以包括检查的ID号、操作者的ID号、操作者面部的图像、操作者的姓名或可以用于识别检查或操作者的任何其他信息。在一些示例中,第二指示符字段611可包括对应于用户或检查或预设的图标。

[0119] 其他视觉显示元素可包括与用户的熟练度分数有关的信息,或者可作为用户的熟练度分数的结果来显示。具体地讲,屏幕604可包括指示用户对当前预设的熟练度的熟练度指示符608。在一些示例中,熟练度指示符608可以是用户的熟练度分数,其中用户的熟练度分数如上文相对于图2所述来计算。在其他示例中,熟练度指示符可以是用户的熟练度分数的表示(例如,表示为总熟练度的百分比,或者表示为饼图/条形图表等),和/或用户的熟练度水平的表示,其中用户的熟练度水平由应用于用户的熟练度分数的映射函数确定。

[0120] 在实施方案中,熟练度指示符608可使用颜色来指示操作者的熟练度水平,由此颜色可指示用户已在加载的预设上实现了高于与该颜色相关联的阈值熟练度值的熟练度分数(例如,如果用户的熟练度分数高于第一阈值熟练度值,则为绿色;如果用户的熟练度分数高于第二阈值熟练度值,则为蓝色;如果用户的熟练度分数高于第三阈值熟练度值,则为红色,等等)。例如,熟练度指示符608可以是橙色条以指示用户的熟练度分数高于对应于新手超声操作者的第一阈值,而熟练度指示符608可以是绿色条以指示用户的熟练度分数高于对应于具有中等水平的超声操作者的第二阈值。应当理解,本文所包括的示例是为了进行示意性的说明,并且在不脱离本公开的范围的情况下,熟练度指示符608可使用另一类型的显示元素来指示用户的熟练度分数和/或熟练度水平。

[0121] 屏幕604可包括图像显示区域612,其中可显示经由超声探头(例如,图1的超声系统100的超声探头106)采集的超声图像。在实施方案中,当用户调整超声探头在患者身上的位置、取向和/或压力时,实时显示超声图像。例如,在子宫的超声检查期间,经由超声探头采集的子宫的超声图像可显示在显示设备602的显示区域612中。当用户调整超声探头时,显示在显示区域612中的超声图像可移位以反映超声探头的新位置、取向或压力。例如,

如果用户调整超声探头的取向,则显示在显示区域612中的超声图像可根据用户进行的调整而旋转。类似地,如果用户将超声探头在某个方向上的位置调整到新位置,则在显示区域612中显示的图像可在相同或相反的方向上水平地调整。

[0122] 此外,显示屏604可包括在第三指示符字段609内的一个或多个附加元素613、615和617的显示,该第三指示符字段可与超声探头的当前操作相关。附加元素613、615和617可以是指示当前扫描模式的图标,或者可以表示例如用于使用户能够执行一个或多个操作(诸如冻结屏幕或捕获图像)的控件。这些附加元素613、615和617可与用户的熟练度分数无关,并且除了第一指示符字段607和第二指示符字段611中也与用户的熟练度分数无关的元素之外,还可在屏幕604上显示。

[0123] 总之,显示屏部分604可包括与用户的当前熟练度分数相关的视觉元素的显示(例如,熟练度指示符608),同时还包括与熟练度分数无关的一个或多个视觉元素的显示(例如,第一指示符字段607、第二指示符字段611和第三指示符字段609,以及其中的视觉显示元素)。

[0124] 因此,图6A示出了显示设备602的示例性配置,其中用户引导被关闭并且不向用户显示用户引导线索或参考图像。现在参见图6B,用户界面视图620示出了显示设备602的示例性配置,其中用户引导被打开。引导显示614显示在屏幕604上、在显示区域612的顶部上并且部分地遮挡该显示区域,在该显示区域中显示经由超声探头采集的超声图像。例如,引导显示614可被显示为超声图像的一部分上的部分透明或半透明覆盖。如图6B所描绘的,引导显示614可包括一个或多个上下文引导参考图像。例如,引导显示614可包括正被扫描的目标解剖特征(例如,肝脏、脾脏、肺等)的参考解剖图像616,以帮助操作者识别目标解剖特征的解剖结构。在实施方案中,参考解剖图像616可以是目标解剖特征的3-D渲染的视图。在另一个实施方案中,参考解剖图像616可以是先前由操作者或由另一个操作者从同一患者或从不同患者采集的参考超声图像(例如,图4A的上下文参考引导显示400的参考超声图像402),或者参考解剖图像616可以是来自另一个来源的图像,或可用于帮助操作者并识别目标解剖特征的解剖结构的任何其他类型的图像。

[0125] 引导显示614可包括一个或多个实时视觉引导线索618。在图6B所描绘的实施方案中,超声探头的图像形式的视觉引导线索618叠加在引导显示614中显示的参考图像上,其中指示探头的视野连同指示可参考其调整超声探头的位置的接地层的两个箭头。因此,图6B中描绘的视觉引导线索618可通过指示其中超声探头的位置可被调整的建议方向来帮助操作者,例如以在采集超声图像并将其显示在显示区域612中的同时实时地实现目标扫描平面或使目标解剖特征可见。

[0126] 在其他实施方案中,可不显示引导显示614(例如,如图6A所描绘的),并且可将视觉引导线索618叠加在显示区域612中显示的超声图像(图6A至图6D中未描绘)上。例如,视觉引导线索618可以是具有指示特定解剖特征的箭头的标签,其中箭头指向显示区域612中显示的超声图像中的相关解剖特征。

[0127] 在另外的其他实施方案中,多个视觉显示元素可共同显示在透明或部分透明的引导显示614上。参见图6C,用户界面视图640示出了显示设备602的配置,其中引导显示614显示在屏幕604上,其中引导显示614包括定位在部分透明背景上的多个文本和视觉元素。具体地讲,图6C示出了基于用户在当前成像会话期间的当前表现来显示一个或多个指示的引

导显示部分614。在实施方案中,引导显示614包括警告标签642,该标签具有指示用户正在花费太长时间来采集合适的超声图像的文本。用户界面视图640还包括定时器符号644和对应的定时器通知646,该定时器符号为表示时钟的图标形式,该定时器通知向用户指示用户引导(例如,引导线索、参考图像等)将在持续时间内出现。例如,如上文相对于图3A和图3B所述,如果确定用户试图采集合适的超声图像所花费的时间量超过阈值持续时间,则可通知用户将在第二持续时间内显示用户引导以帮助用户采集合适的超声图像。第二持续时间可以是预先建立的,或者该持续时间可基于用户的熟练度分数或其他因素来调整。

[0128] 在图6D中,用户界面视图660示出显示设备602的配置,其中引导显示614显示在屏幕604上,其中图6C的用户界面视图640的引导显示614另外包括提示用户确认是否打开用户引导的确认指令662。在用户界面视图660中,图6C的用户界面视图640的定时器通知646被确认按钮664和取消按钮666替换,由此用户可经由确认按钮664选择确认在引导显示614中显示用户引导,或者经由取消按钮666选择在引导显示614中不显示用户引导。在其他实施方案中,不同的显示和/或控制元素可用于提示用户请求、启用、禁用确认或取消用户引导的显示,诸如复选框、单选按钮等。在另外的实施方案中,可能不提示用户请求、启用、禁用、确认或取消用户引导的显示,并且例如,如果用户的熟练度分数低于阈值熟练度值,则可自动显示用户引导,如上文相对于图3B所述。

[0129] 这样,提供了各种示例以使得能够在工作流程期间不时地有效地最佳地利用诸如智能电话或平板电脑之类的设备的显示屏上的空间,而不会对用户造成任何不便。

[0130] 现在参见图7A,示出了用户熟练度曲线图700,其示出了作为实践持续时间的函数的超声设备的用户的熟练度的改进。用户熟练度曲线图700包括示例性学习曲线702和示例性学习曲线704。在实施方案中,学习曲线702和704分别示出了用户对第一预设和第二预设的熟练度,其中第一预设和第二预设可对应于正在采集超声图像的解剖特征。例如,预设1可对应于肝脏预设,并且预设2可对应于脾脏预设。在其他实施方案中,对应于其他预设(例如,其他目标解剖特征)的其他或附加学习曲线702和704可在曲线图700上描绘。因此,曲线图700上描绘的总体学习曲线可共同描述超声操作者跨覆盖多个不同解剖区域和目标特征的多个预设的熟练度,跨越对应于用户经验的时间段,由此曲线图700可以提供用户熟练度的全面表示(例如,快照)。

[0131] 在坐标轴上绘制学习曲线702和704,其中垂直轴720对应于用户的熟练度分数,而水平轴722对应于实践持续时间。用户熟练度曲线图700的学习曲线702和704示出了作为实践所花费的时间的函数的用户的熟练度增长,由此随着实践的增加,熟练度在第一持续时间期间(例如,当用户是新手时)缓慢增长,在第二持续时间期间(例如,随着用户获得经验)更快地增加,并且在实现阈值熟练度值之后降低(例如,在图7A中由熟练度阈值线710指示),直到不能实现熟练程度的进一步增长的点。例如,学习曲线702可描绘用户对肝脏预设的增长熟练度,其特征在于早期缓慢增长阶段、后续较快增长阶段和最终缓慢增长阶段,之后用户在患者肝脏的超声检查中获得了高水平的熟练度。类似地,学习曲线704可描绘用户对脾脏预设的增长熟练度,其特征在于类似的早期缓慢增长阶段、后续较快增长阶段和最终缓慢增长阶段,之后用户在患者脾脏的超声检查中获得了高水平的熟练度。应当理解,缓慢增长阶段和较快增长阶段的持续时间对于不同的预设可为不同的,使得学习曲线702和704可具有不相同的形状或由不相同的函数来描述。

[0132] 如上所述,熟练度阈值线710可指示用户可被确定为熟练的分数。例如,熟练度阈值线710可对应于100的用户熟练度分数,其中高于100的用户分数指示熟练度,并且低于100的用户分数指示缺乏熟练度。熟练度阈值线710可将曲线图700的区域划分为熟练度阶段部分706和早期阶段部分708。例如,学习曲线702上的用户分数点712可表示高于熟练度阈值线710(例如,表示100分)的110的用户分数,指示用户落入熟练度阶段部分706内(例如,指示用户对与学习曲线702相关联的预设熟练)。另一方面,学习曲线702上的用户分数点714可表示低于熟练度阈值线710的15的用户分数,指示用户落入早期阶段部分706内(例如,指示用户对与学习曲线702相关联的预设不熟练)。

[0133] 在一些示例中,熟练度阈值710可以是可跨所有预设应用的公共阈值。例如,可利用相同的熟练度阈值710来确定用户对具有学习曲线702的第一预设和具有对应学习曲线704的第二预设是否熟练。类似地,对于具有相同学习曲线或不同学习曲线的附加不同预设,可应用相同的熟练度阈值。

[0134] 然而,在一些示例中,如图7B所示,每个预设可具有其自身的熟练度阈值。例如,熟练度阈值710可用于确定用户对于具有学习曲线702的第一预设是否在成像方面是否熟练,并且不同的第二熟练度阈值709可用于确定用户对于具有学习曲线704的第二预设是否熟练。类似地,对于具有不同学习曲线的附加不同预设,可应用不同的阈值熟练度。此外,在一些示例中,阈值可基于实现学习曲线中的稳定平台期(即,最终缓慢增长期),指数增长期之后的稳定平台期(即,中间快速增长期)所需的实践持续时间。换句话讲,给定预设的阈值可基于预设的对应学习曲线。作为非限制性示例,对于具有较短持续时间以达到最终缓慢增长期的预设,熟练度阈值可较低,而对于需要较长持续时间来达到最终缓慢增长期的预设,熟练度阈值可较高。此外,当两个或更多个预设具有相同的学习曲线时,其对应的熟练度阈值可以是相同的。

[0135] 学习曲线702和704之间的水平距离可以指示在第一预设中获得熟练度与在第二预设中获得熟练度之间的顺序和时间量。例如,学习曲线702开始于比学习曲线704更早的时间(例如,学习曲线702比学习曲线704在水平轴线722上向左更远),这可指示用户开始获得对第一预设的熟练度,之后获得对第二预设的熟练度;当用户对第一预设的熟练度稳定增长时,用户开始获得对第二预设的熟练度;用户对第一预设实现了高水平的熟练度,之后对第二预设实现高水平的熟练度;并且用户最终对两个预设实现了相同水平的熟练度(例如,高于熟练度阈值线710)。

[0136] 此外,曲线图700中显示的学习曲线之间的相似程度可对应于在第一预设转换到第二预设中技能发展的程度。例如,曲线图700中的学习曲线702和704的相似性可指示在第一预设中获得的熟练度没有显著转移到第二预设,因为用户不能在比对第一预设实现高水平的熟练度所花费的持续时间更短的持续时间内对第二预设实现高水平的熟练度(例如,学习曲线702和704两者均延伸相等的水平长度)。类似地,与用户对第一预设实现熟练度的稳定增长所花费的时间相比,用户对第二预设并未更快地(例如,在更短的持续时间内)实现熟练度的稳定增长(例如,学习曲线702的初始阶段具有与学习曲线704的初始阶段相同的形状)。

[0137] 因此,用户熟练度曲线700提供了表示超声操作者跨多个诊断超声规程的熟练度在操作者进行实践所花费的时间内的发展的方式。该图形表示可用于通过以下方式来确定

可向具有不同水平的熟练度的操作者提供哪种自动化用户引导,何时向其提供自动化用户引导以及向其提供自动化用户引导持续多长时间;确定描述采集超声图像的熟练度随时间推移的增长的一组函数,以及确定描述对一个预设的熟练度改善的熟练度增长函数如何与描述对其他预设的熟练度改善的其他熟练度增长函数相关。

[0138] 例如,可以基于操作者的历史熟练度分数与在执行患者肝脏的超声检查时的多个操作者的历史熟练度分数的比较来估计和/或外推超声操作者对于肝脏预设的熟练度增长函数。操作者对肝脏预设的熟练增长函数可允许超声系统(例如,图1的超声系统100)的处理器外推和估计操作者的特征熟练度分数作为实践时间的函数,以便通知操作者他们可能实践多少估计的小时数才能实现一定水平的熟练度。处理器可基于操作者的当前熟练度分数在操作者的外推学习曲线上所处的位置来选择要向操作者显示哪种形式的用户引导。如果操作者的熟练度分数指示操作者可能处于早期缓慢增长阶段,则处理器可显示被设计成加速获取基本技能的用户引导。如果操作者的熟练度分数指示操作者正在移动超过早期缓慢增长阶段,则处理器可停止显示被设计成加速获取基本技能的用户引导,并且可显示被设计成改善可再现性的其他形式的用户引导(例如,中等技能)。因此,基于沿着用户的估计学习曲线的用户位置的引导的选择和显示可导致比仅基于用户的熟练度分数的引导的选择和显示更精确的引导定制。

[0139] 曲线图700可用于AI算法的开发,以确定何时将引导显示给超声操作者以及将哪种引导显示给超声操作者。例如,对于给定预设,在多个超声操作者上收集的历史数据可允许确定该预设的一般学习曲线。历史数据可用于训练机器学习算法(例如,神经网络等)以确定何时可显示特定类型的引导,以便最大化熟练度的增长。例如,对历史数据训练的神经网络可确定显示参考超声图像不是在用户实现一定的熟练度分数时,而是在用户接近用户学习曲线的拐点时最有效,并且可以进一步确定显示参考超声图像对用户最有帮助的精确定点。另选地,对历史数据训练的神经网络可以确定将教科书解剖图像显示为用户引导在初始缓慢增长阶段开始时是有效的,但在初始缓慢增长阶段结束时并不是有效的,其方式可能无法单独由用户的熟练度分数来确定(例如,因为初始缓慢增长阶段对于一些用户而言可能比对于其他用户而言持续更长时间)。同样,神经网络可确定向新用户显示教科书解剖图像最有帮助的精确定点。

[0140] 历史数据还可用于生成适用于所有用户的用于显示用户引导的一般指南。例如,可以根据从多个用户收集的历史数据确定一个预设的学习曲线往往比不同预设的学习曲线短(例如,用户往往比采集肺图像更快地发展采集子宫图像的熟练度,或者用户往往比采集肝脏图像更快地发展采集脾脏图像的熟练度,等等)。因此,可以确定,如果用户首先在与较短学习曲线相关联的预设中获得熟练度,则用户可以更快地跨越多个预设获得熟练度。此外,通过将用户的历史数据与来自多个用户的历史数据进行比较,可以确定用户可通过以指定顺序对多个预设进行实践来在熟练度的增长方面获得益处,例如其中在具有较长估计学习曲线的预设之前实践具有较短估计学习曲线的预设。

[0141] 因此,基于根据为对应于特定解剖区域和目标解剖特征的不同预设建立的准则分配的熟练度分数,如本文所公开的那样进行的熟练度评估提供了用于对超声检查的用户表现进行动态评分的稳健框架,这些准则被存储并用于生成不同预设的用户特定学习曲线。继而可将所得的分数用作动态地自动生成定制用户引导的基础,其中可随时间推移调整用

户引导的选择和定时,以使用户引导对增加的操作者熟练度的影响最大化。

[0142] 当介绍本公开的各种实施方案的元件时,词语“一个”、“一种”和“该”旨在意指存在这些元件中的一个或多个元件。术语“第一”、“第二”等不表示任何顺序、量或重要性,而是用于将一个元件与另一个元件区分开。术语“包括”、“包含”和“具有”旨在是包含性的,并且意指除了列出的元件之外还可存在附加元件。如本文使用术语“连接到”、“联接到”等,一个对象(例如,材料、元件、结构、构件等)可以连接到或联接到另一个对象,而无论该一个对象是否直接连接或联接到另一个对象,或者在该一个对象和另一个对象之间是否存在一个或多个介入对象。此外,应当理解,对本公开的“一个实施方案”或“实施方案”的引用不旨在被解释为排除也包含所引用特征的附加实施方案的存在。

[0143] 除了任何先前指示的修改之外,本领域技术人员可以在不脱离本描述的实质和范围的情况下设计出许多其他变型和替换布置,并且所附权利要求书旨在覆盖此类修改和布置。因此,尽管上面已经结合当前被认为是最实际和最优选的方面对信息进行了具体和详细的描述,但对于本领域的普通技术人员将显而易见的是,在不脱离本文阐述的原理和概念的情况下,可以进行许多修改,包括但不限于形式、功能、操作方式和使用。同样,如本文所使用的,在所有方面,示例和实施方案仅意图是说明性的,并且不应以任何方式解释为限制性的。

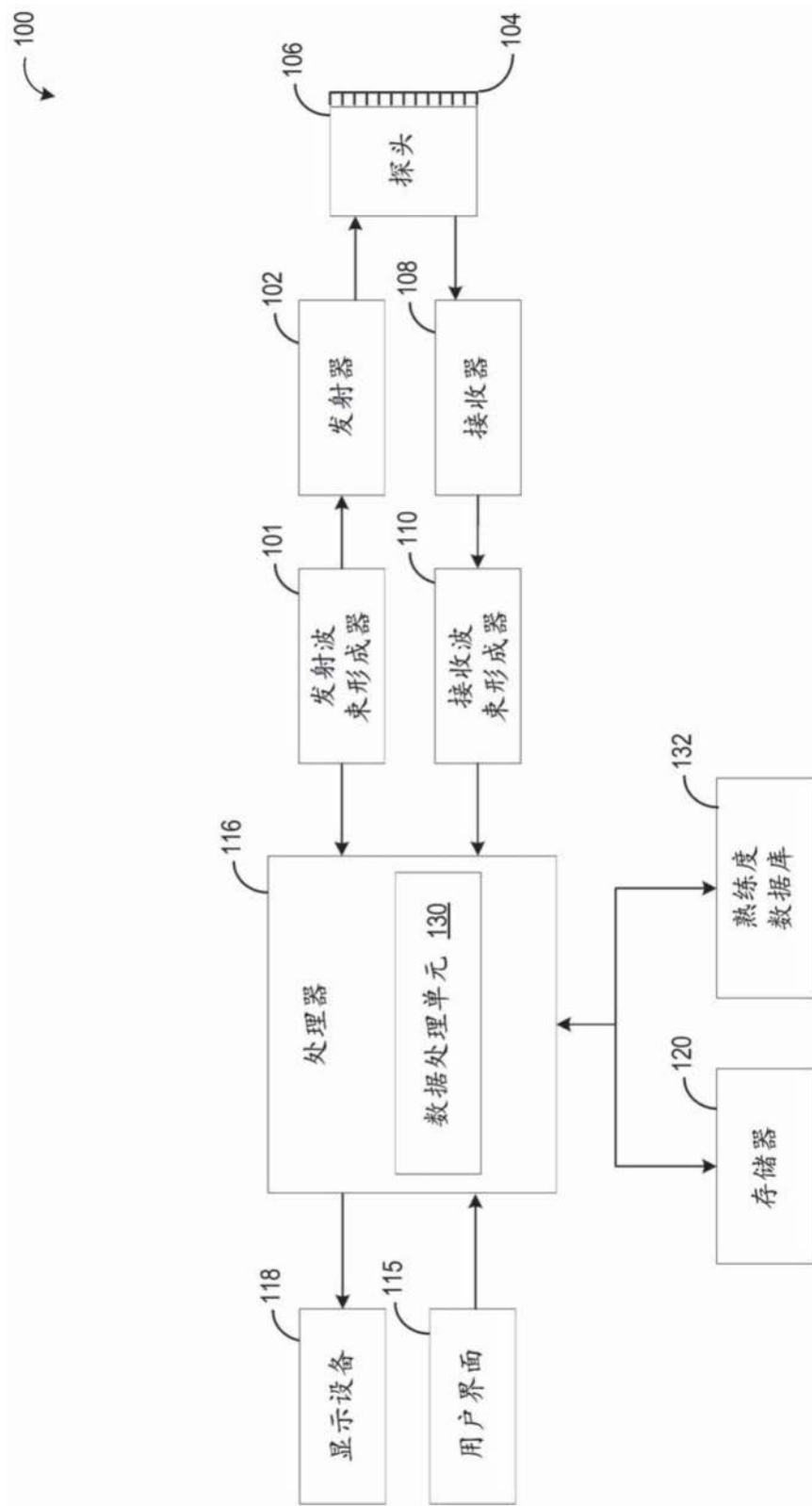


图1

熟练度参数	权重	第1级	第2级	第3级	第4级	第5级	用户分数
图像质量		定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	
采集速度		定量 标准	定量 标准	定量 标准	定量 标准	定量 标准	
扫描平面准确度		定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	
实践小时数		定量 标准	定量 标准	定量 标准	定量 标准	定量 标准	
检查次数		定量 标准	定量 标准	定量 标准	定量 标准	定量 标准	
可再现性		定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	
可重复性		定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	定性/ 定量 标准	

图2A

		腹部/肝脏					熟练度分数	
		202		204		210		
		212		208		234		
熟练度参数	权重	第1级	第2级	第3级	第4级	第5级	用户分数	
图像质量	1.0	结构被可视化	在质量阈值2内	在质量阈值3内	在质量阈值4内	结构+总器官被可视化在<1分钟内		
采集速度	0.9	在3分钟内	在2.5分钟内	在2分钟内	在1.5分钟内	在1分钟内		
扫描平面准确度	0.7	可识别目标扫描平面	可识别目标扫描平面并相应地调整探头	在准确度阈值3内	在准确度阈值4内	在准确度阈值5内		
实践小时数	0.5	> 4	> 6	> 15	> 25	> 40		
检查次数	0.6	> 5	> 10	> 30	> 50	> 100		
可再现性	0.3	在60秒内, 在整个对象上可再现地实现目标扫描平面。	在40秒内, 在整个对象上可再现地实现目标扫描平面。	在30秒内, 在整个对象上可再现地实现目标扫描平面。	在20秒内, 在整个对象上可再现地实现目标扫描平面。	在10秒内, 在整个对象上可再现地实现目标扫描平面。		
可重复性	0.3	在60秒内用相同的对象/条件重复地实现目标扫描平面。	在40秒内用相同的对象/条件重复地实现目标扫描平面。	在30秒内用相同的对象/条件重复地实现目标扫描平面。	在20秒内用相同的对象/条件重复地实现目标扫描平面。	在10秒内用相同的对象/条件重复地实现目标扫描平面。		

图2B

熟练度参数	权重	第1级	第2级	第3级	第4级	第5级	用户分数
图像质量	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	3.0
采集速度	0.9	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.8
扫描平面准确度	0.7	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	2.1
实践小时数	0.5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
检查次数	0.5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
可再现性	0.3	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
可重复性	0.3	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.9

10.8

图2C

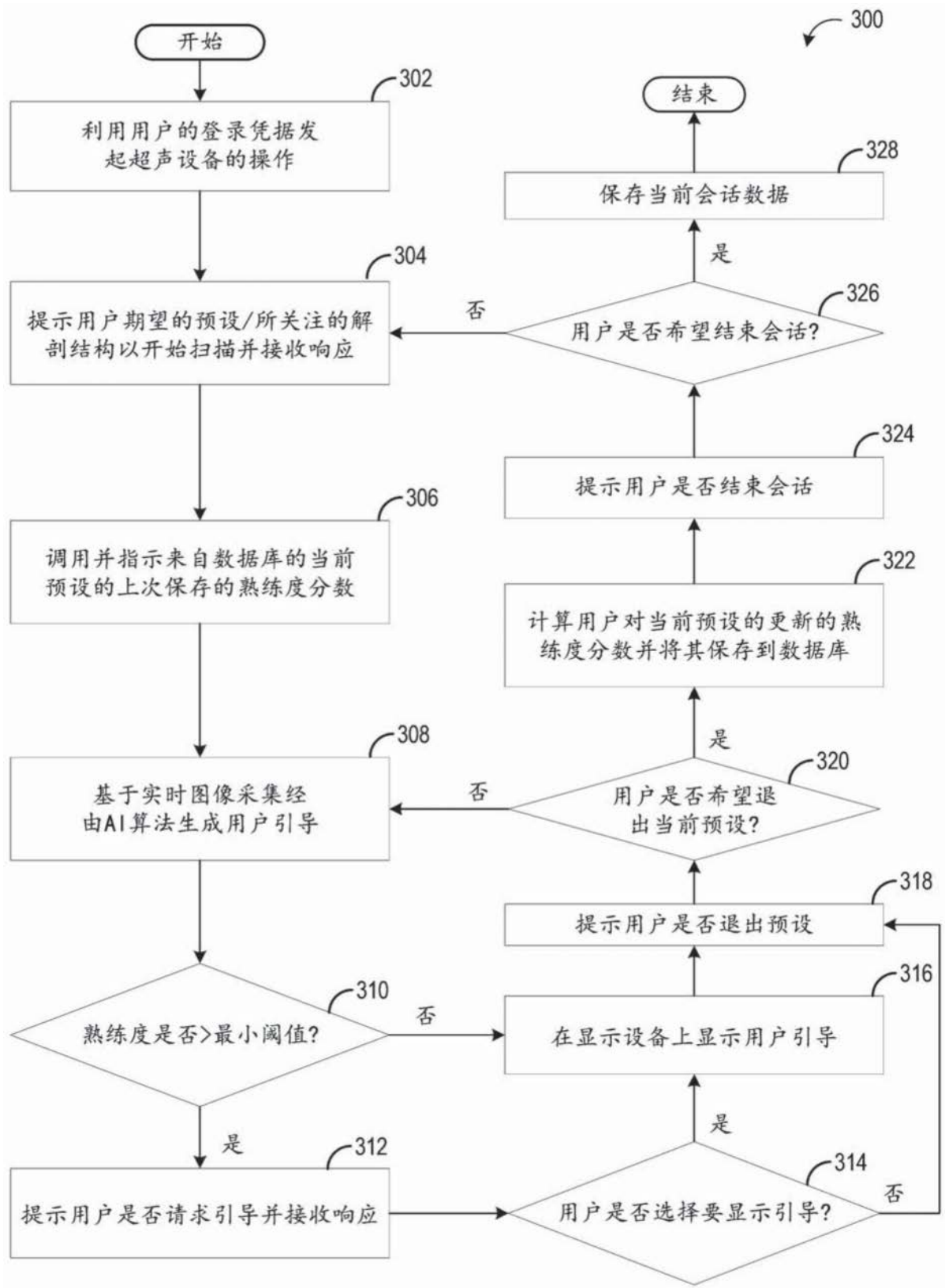


图3A

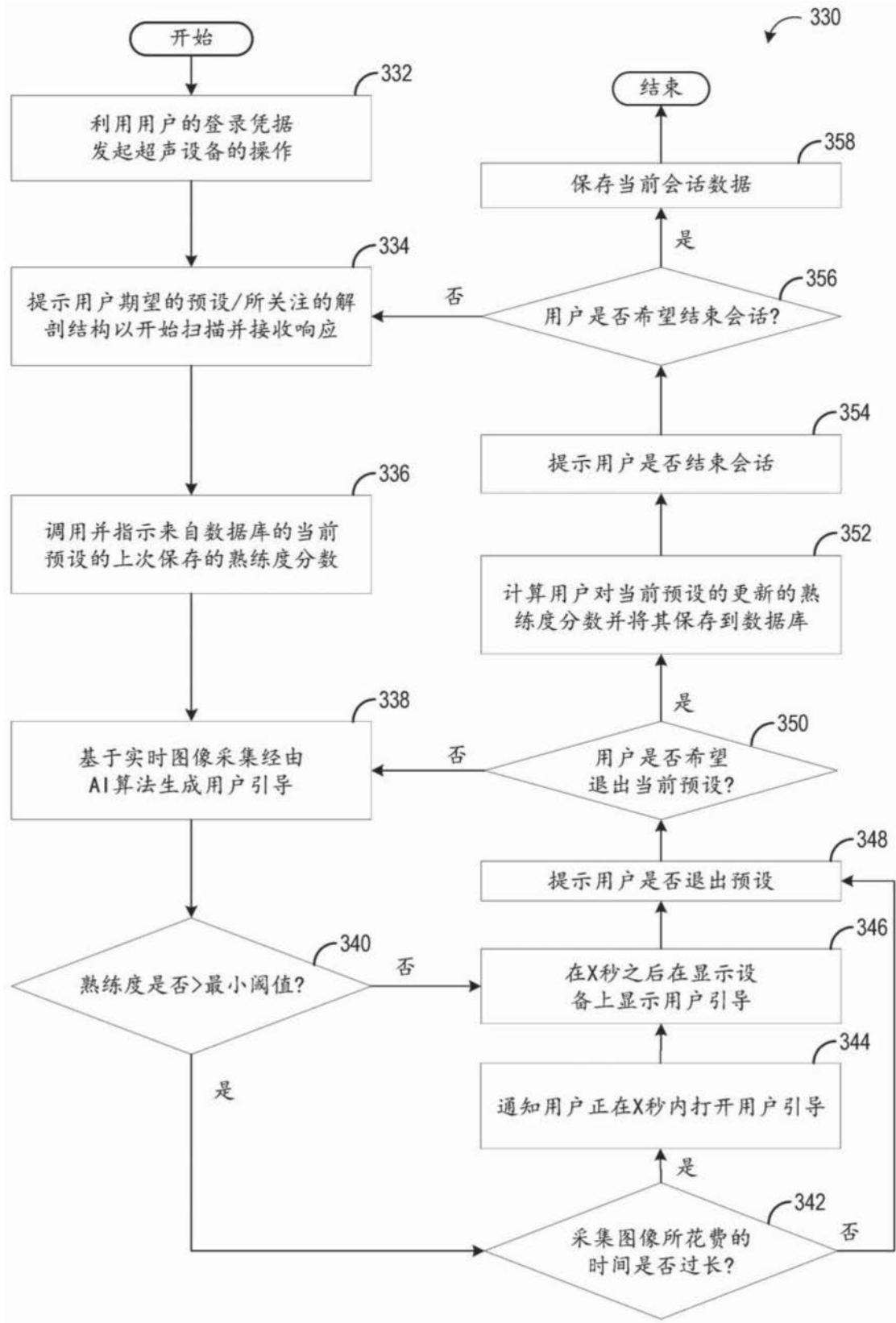


图3B

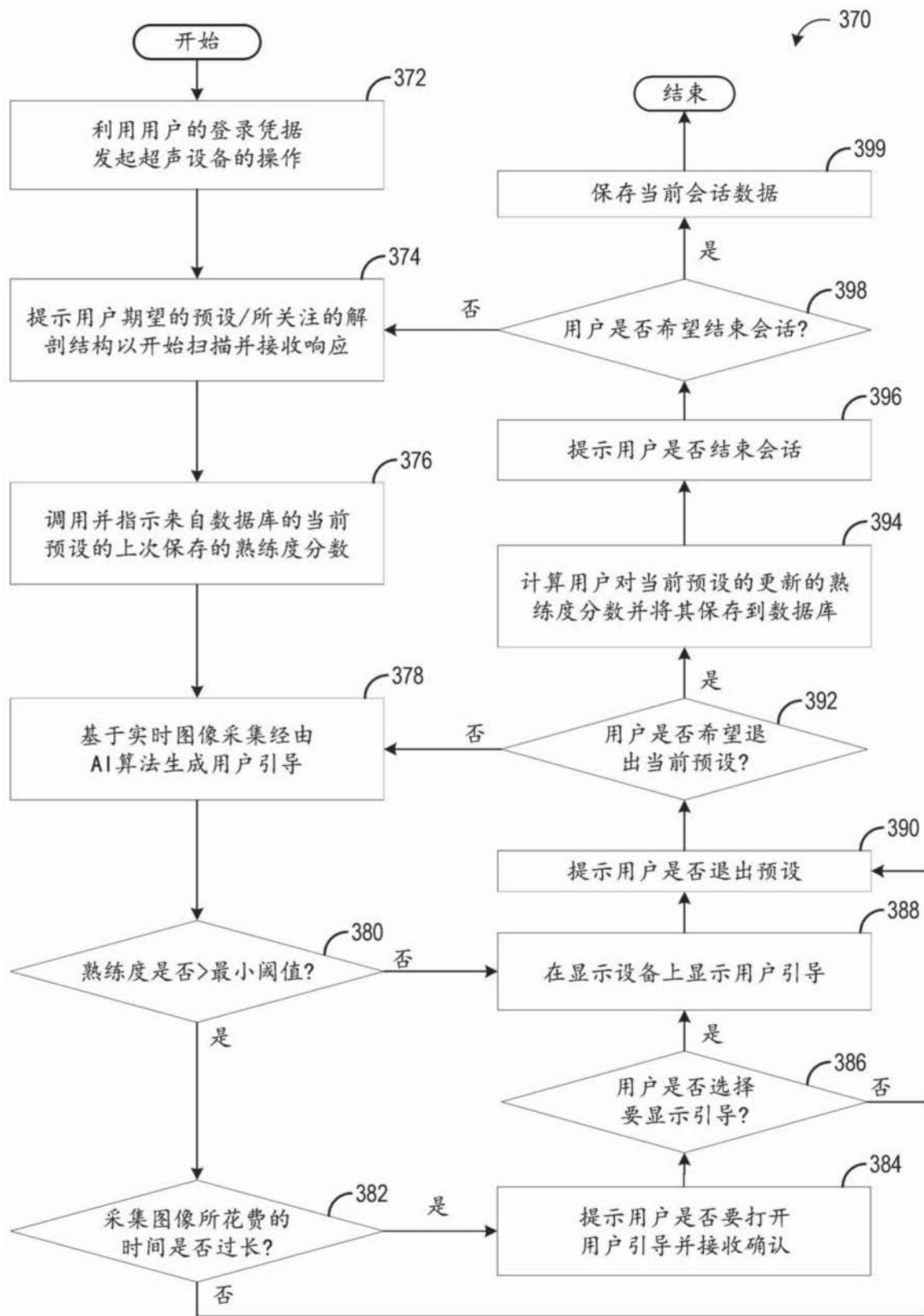


图3C



图4A

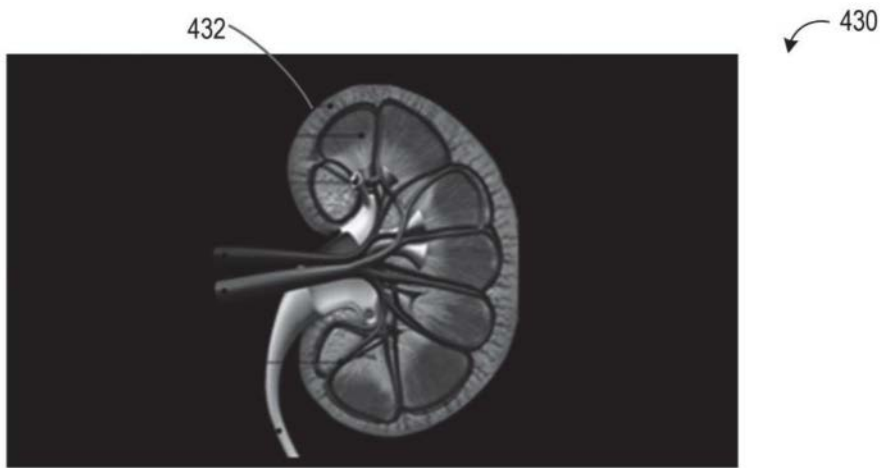


图4B



图4C



图5A

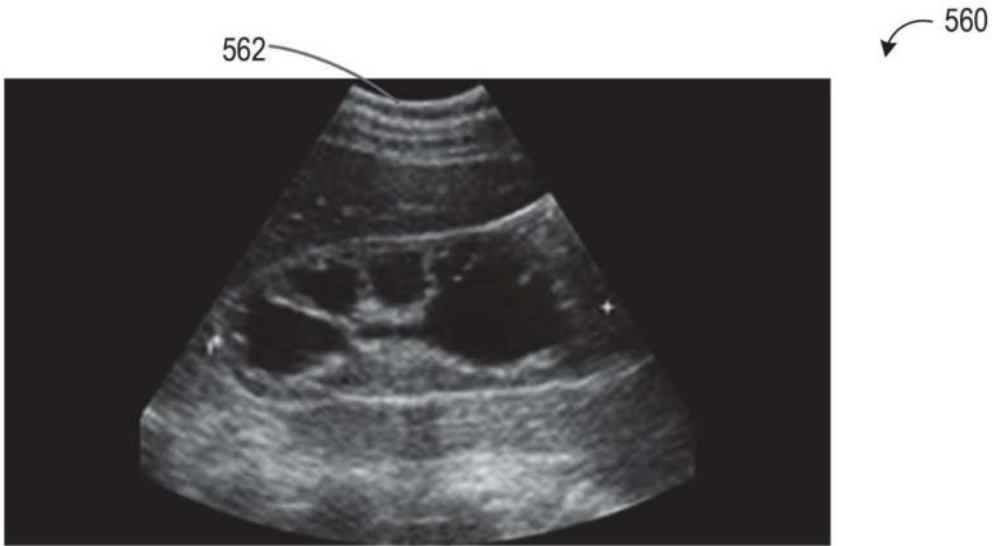


图5B

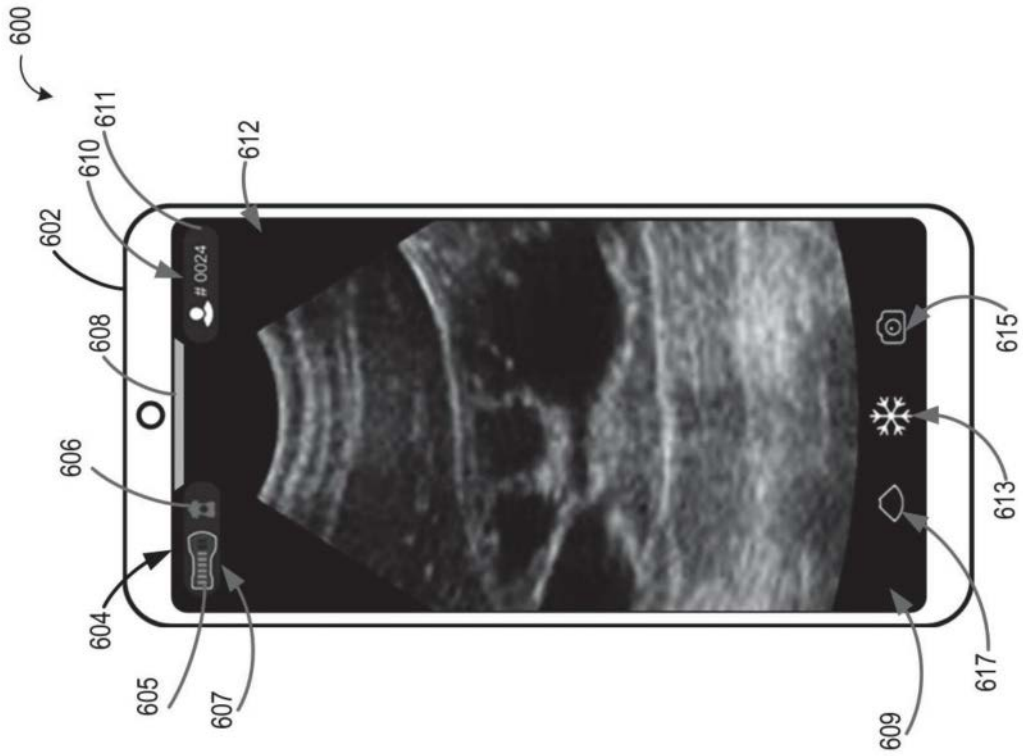


图6A

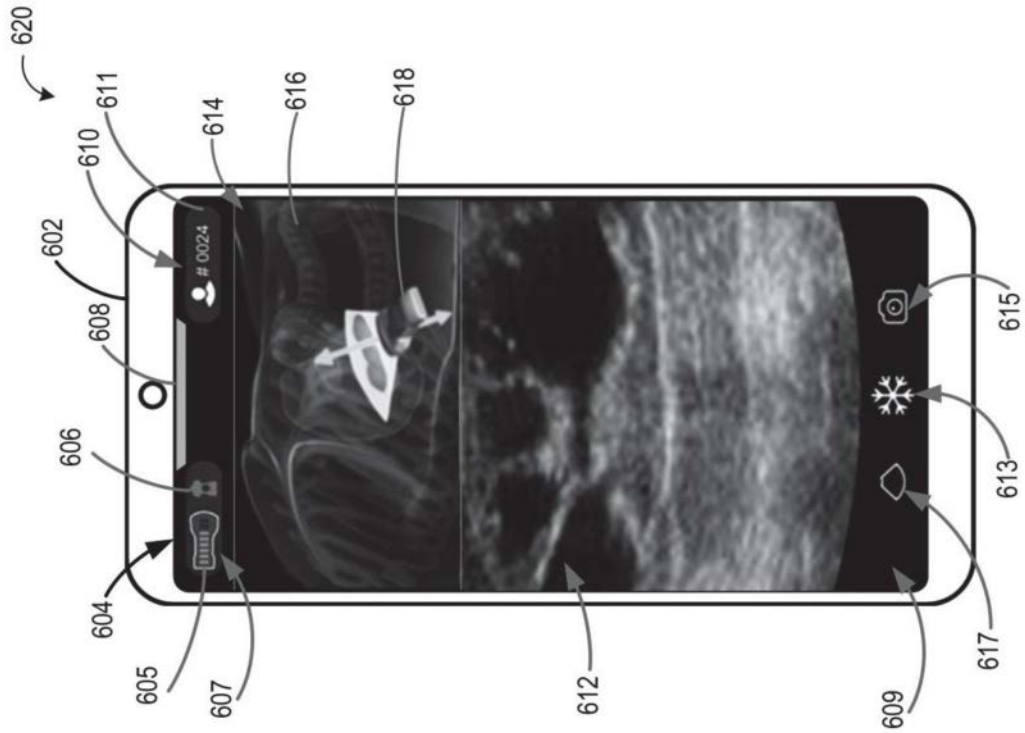


图6B

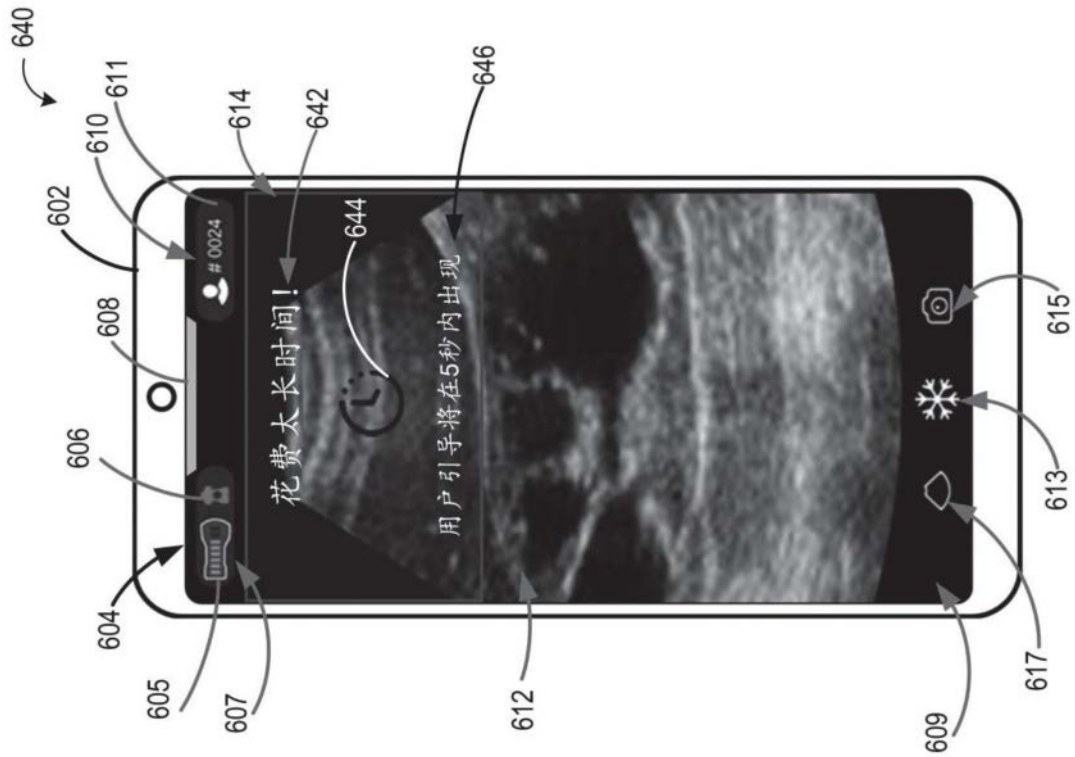


图6C

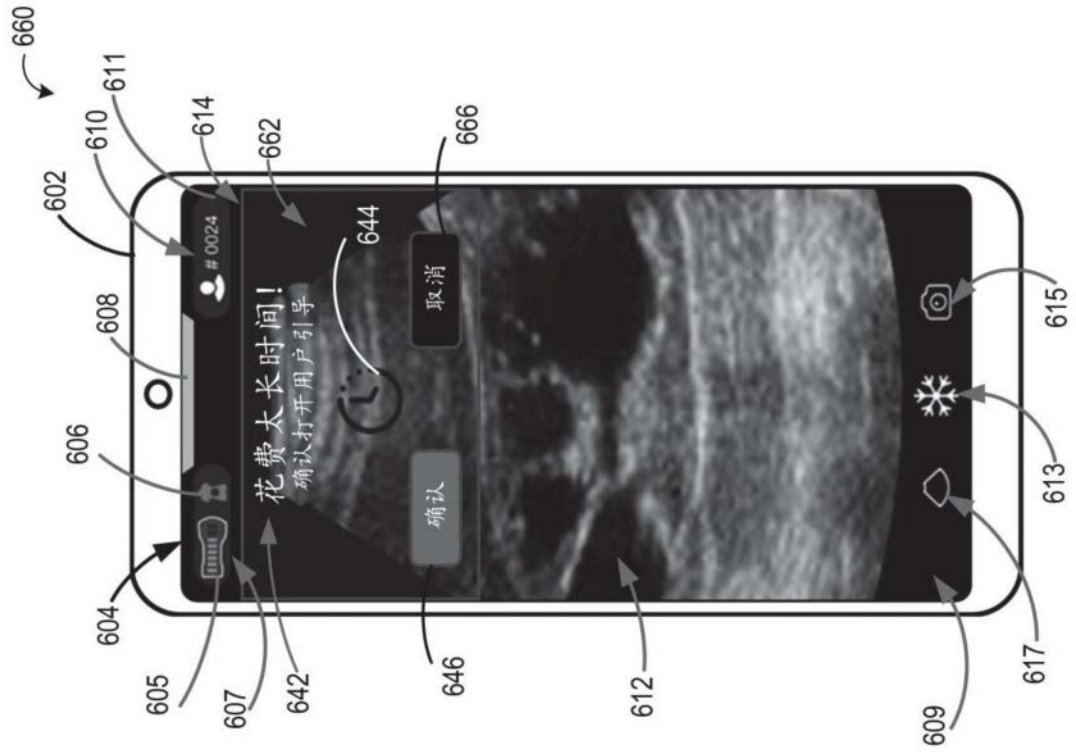


图6D

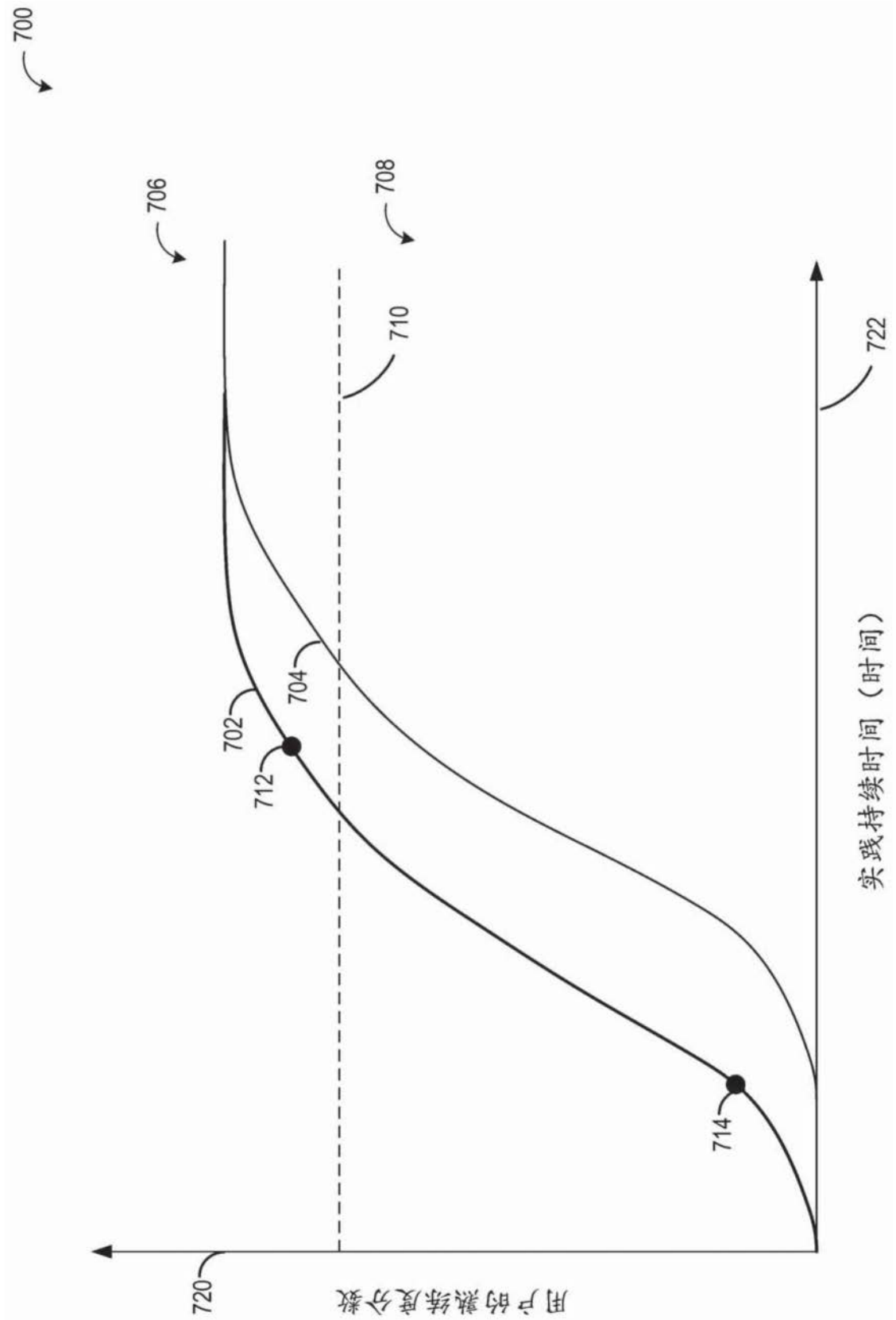


图7A

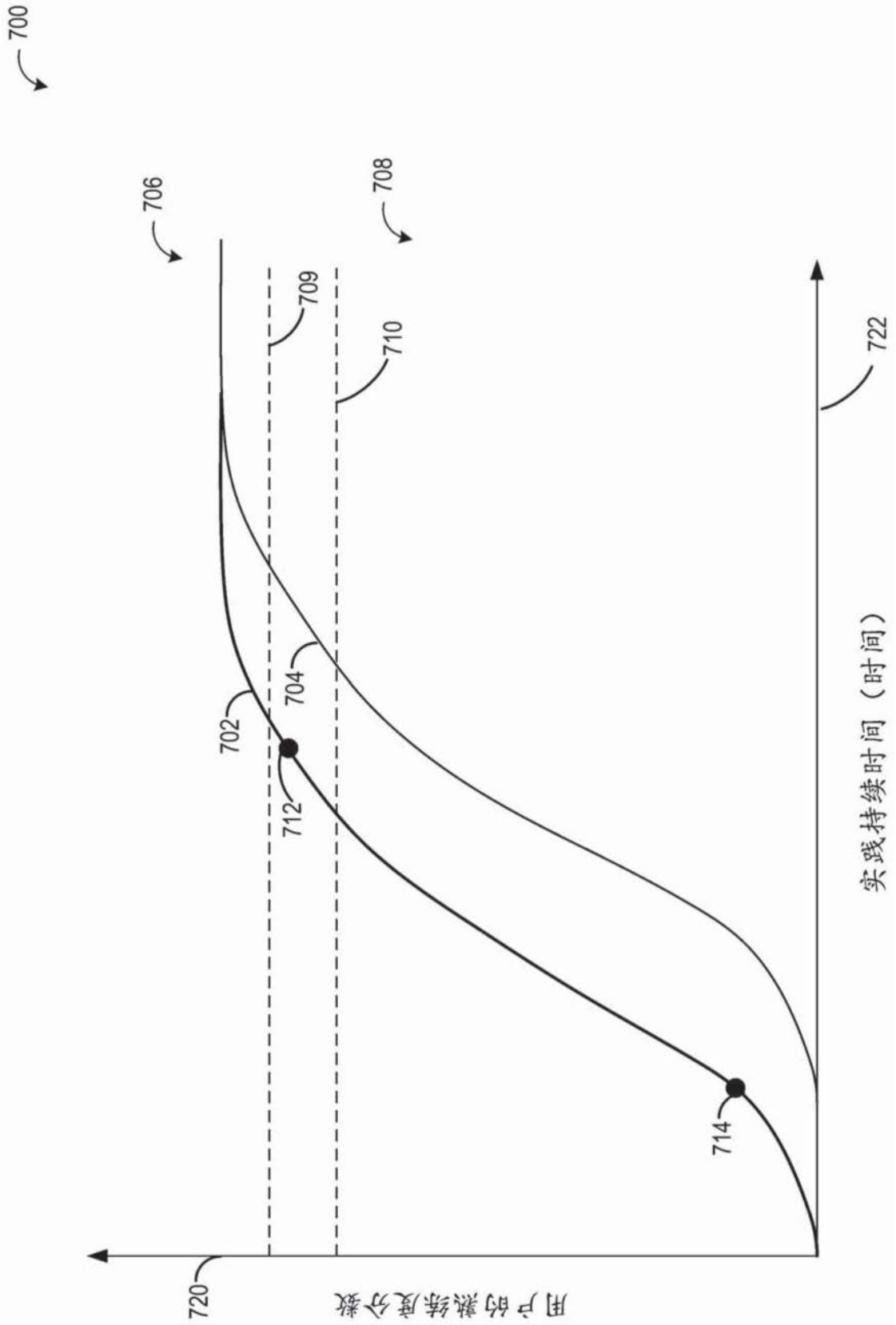


图7B