(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107004267 B
(45)授权公告日 2021.02.09

(21)申请号 201580068488.4

(22)申请日 2015.12.01

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107004267 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(30)优先权数据
62/091,862 2014.12.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.06.15

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2015/059234 2015.12.01

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2016/097910 EN 2016.06.23

(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 A·M·塔赫玛塞比马拉古奥施

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 王英 刘炳胜

(51)Int.Cl.
G06T 7/35(2017.01)
G06T 7/174(2017.01)
G06T 7/00(2017.01)
G06K 9/62(2006.01)

(56)对比文件
US 2004218788 A1,2004.11.04
US 2014241296 A1,2014.08.28
CN 103442628 A,2013.12.11
CN 104169969 A,2014.11.26
CN 102428495 A,2012.04.25
CN 101667293 A,2010.03.10
AHMED ELSAFI 等.Statistical simulation of deformations using wavelet independent component analysis.《PROCESSDINGS OF SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING》.2008,第6978卷
胡修兵 等.红外与可见光图像配准的梯度相关法.《测绘通报》.2014,(第4期),

审查员 王桂珍

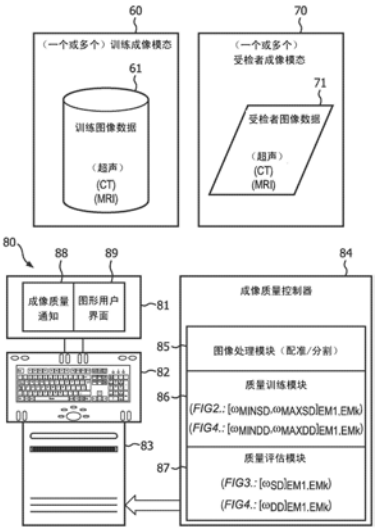
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54)发明名称

图像配准质量控制

(57)摘要

成像质量控制系统(80)采用成像质量控制器(84)和监视器(81)。在操作中,成像质量控制器(84)执行对解剖对象的受检者图像数据的图像处理(例如,US、CT和/或MRI解剖图像的受检者基于非分割的或基于分割的图像配准),并且根据相对于训练本征权重范围集合的受检者本征权重集合(例如,先前配准的或分割的US、CT和/或MRI解剖图像)评估所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度。所述受检者本征权重集合是从解剖对象的受检者图像数据导出的,并且所述训练本征权重范围集合是从所述解剖对象的多个训练图像数据导出的。监视器(81)显示由成像质量控制器(84)对所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度的评估。



CN 107004267 B

1.一种成像质量控制系统(80),包括:

成像质量控制器(84),其能操作地用于执行对解剖对象的受检者图像数据的图像处理,

其中,所述图像处理是基于非分割的图像配准和基于分割的图像配准中的至少一个,

其中,所述成像质量控制器(84)进一步能操作地用于根据相对于训练本征权重范围集合的受检者本征权重集合评估所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度,

其中,所述受检者本征权重集合是从所述解剖对象的所述受检者图像数据导出的,并且

其中,所述训练本征权重范围集合是从所述解剖对象的多个训练图像数据导出的;以及

监视器(81),其与所述成像质量控制器(84)通信以显示由所述成像质量控制器(84)进行的对所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的所述准确度的评估。

2.根据权利要求1所述的成像质量控制系统(80),其中,所述受检者图像数据包括以下之一:受检者超声数据、受检者计算机断层摄影数据和受检者磁共振成像数据。

3.根据权利要求2所述的成像质量控制系统(80),其中,所述多个训练图像数据包括以下之一:多个训练超声数据、多个训练计算机断层摄影数据和多个训练磁共振成像数据。

4.根据权利要求1所述的成像质量控制系统(80),其中,每个图像数据包括变换矩阵和分割的解剖对象中的至少一个。

5.根据权利要求1所述的成像质量控制系统(80),其中,所述成像质量控制器(84)能操作地用于从所述受检者图像数据提取受检者本征模式集合。

6.根据权利要求5所述的成像质量控制系统(80),其中,所述成像质量控制器(84)能操作地用于根据所述受检者本征模式集合计算所述受检者本征权重集合。

7.根据权利要求1所述的成像质量控制系统(80),其中,所述成像质量控制器(84)能操作地用于计算所述受检者本征权重集合与所述训练本征权重范围集合之间的度量距离。

8.根据权利要求1所述的成像质量控制系统(80),其中,所述成像质量控制器(84)能操作地用于评估所述受检者本征权重集合在所述训练本征权重范围集合内的隶属度。

9.根据权利要求8所述的成像质量控制系统(80),其中,所述成像质量控制器(84)能操作地用于响应于所述受检者本征权重集合包括在所述训练本征权重范围集合内的特定隶属度,描绘对所述受检者图像数据进行了准确的图像处理。

10.根据权利要求8所述的成像质量控制系统(80),其中,所述成像质量控制器(84)能操作地用于响应于所述受检者本征权重集合不包括在所述训练本征权重范围集合内的特定隶属度,描绘对所述受检者图像数据进行了不准确的图像处理。

11.一种成像质量控制器(84),包括:

图像处理模块(85),其能操作地用于执行对解剖对象的受检者图像数据的图像处理,

其中,所述图像处理是基于非分割的图像配准和基于分割的图像配准中的至少一个,

质量评估模块(86),其能操作地用于根据相对于训练本征权重范围集合的受检者本征权重集合评估由所述图像处理模块(85)进行的对所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度,

其中，所述受检者本征权重集合是从所述解剖对象的所述受检者图像数据导出的，并且

其中，所述训练本征权重范围集合是从所述解剖对象的多个训练图像数据导出的。

12.根据权利要求11所述的成像质量控制器(84)，

其中，所述质量评估模块(86)能操作地用于从所述受检者图像数据提取受检者本征模式集合；并且

其中，所述质量评估模块(86)能操作地用于根据所述受检者本征模式集合计算所述受检者本征权重集合。

13.根据权利要求11所述的成像质量控制器(84)，

其中，所述质量评估模块(86)能操作地用于计算所述受检者本征权重集合与所述训练本征权重范围集合之间的度量距离。

14.根据权利要求11所述的成像质量控制器(84)，

其中，所述质量评估模块(86)能操作地用于评估所述受检者本征权重集合在所述训练本征权重范围集合内的隶属度。

15.根据权利要求14所述的成像质量控制器(84)，

其中，所述质量评估模块(86)能操作地用于响应于所述受检者本征权重集合包括在所述训练本征权重范围集合内的特定隶属度，描绘对所述受检者图像数据进行了准确的图像处理；

其中，所述质量评估模块(86)能操作地用于响应于所述受检者本征权重集合不包括在所述训练本征权重范围集合内的所述特定隶属度，描绘对所述受检者图像数据进行了不准确的图像处理。

图像配准质量控制

技术领域

[0001] 本发明总体涉及用于医疗程序的图像配准和分割。本发明具体涉及评估用于医疗程序的图像配准和分割的准确度。

背景技术

[0002] 单一/多种成像模态的自动配准和融合对各种诊断和介入程序有益。具体而言，期望将低成本、实时成像(诸如超声(“US”))与先前的三维(“3D”)成像(例如，计算机断层摄影(“CT”)或磁共振成像(“MRT”))进行配准。为此，已经提出了许多图像配准技术。一些已知的技术利用配准(即，基于非分割的图像配准)双方的相应内容(例如，解剖对象)的强度值之间的相关性，而其他已知技术由于缺乏这种相关性则由解剖分割驱动，其中首先在两个图像中分割感兴趣的解剖结构，然后使用形状信息和/或匹配标签(即，基于分割的图像配准)在分割的对象之间执行配准。评估配准和/或分割准确度始终是个挑战，因为不存在用于配准和/或分割的基础事实。

发明内容

[0003] 本发明提出了一种用于评估基于非分割的和基于分割的图像配准技术两者的准确度的新颖独特的自我评估工具，尤其用于将术中解剖图像到术前解剖图像的图像配准，其中所述图像是通过单一成像模态(例如，US-US)或双成像模态(例如，US-CT或US-MRI)产生的。本发明进一步提出了提供用于接受或拒绝这种准确度评估的结果的操作者反馈。

[0004] 本发明的一种形式是一种采用成像质量控制器和监视器的成像质量控制系统。在操作中，所述成像质量控制器执行对解剖对象的受检者图像数据(例如，US、CT和/或MRI解剖图像的受检者基于非分割的和基于分割的图像配准)的图像处理，并且根据相对于训练本征权重范围集合(例如，先前经配准或分割的US、CT和/或MRI解剖图像)的受检者本征权重集合评估所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度。所述受检者本征权重集合是从所述解剖对象的所述受检者图像数据导出的，而所述训练本征权重范围集合是从所述解剖对象的多个训练图像数据导出的。所述监视器显示由所述成像质量控制器对所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的所述准确度的评估。

[0005] 为了本发明的目的，本技术领域术语包括但不限于“图像数据”、“解剖对象”、“图像处理”、“基于非分割的图像配准”、“基于分割的图像配准”、“解剖对象”、“本征权重”、“本征权重范围”、“成像模态”、“解剖对象”和“监视器”将被解释为在本发明的技术领域中已知并且在本文中被示例性描述。

[0006] 为了本发明的目的，术语“受检者”大致包括一个或多个成像模态为了特定医学目的生成解剖图像，所述医学目的包括但不限于诊断和介入程序(例如，近距离放疗程序)；并且术语“训练”大致包括在生成受检者解剖图像之前为了任何目的由一个或多个成像模态产生解剖图像。所述成像模态的示例包括但不限于超声模态、计算机断层摄影模态以及磁共振成像模态。

[0007] 所述受检者图像数据和所述训练图像数据可以包括来自于单一成像模态的解剖图像、来自于多种成像模态的解剖图像和/或质量控制之前的预处理(例如,来自于多种成像模态的解剖图像之间的网格距离测量)。

[0008] 为了本发明的目的,术语"控制器"大致包括以下所有的结构配置:用于控制本文中随后描述本发明的各种发明原理的应用程序的、安置在计算机内或另一指令执行设备/系统或链接到计算机或另一指令执行设备/系统的专用主板或专用集成电路。所述控制器的结构配置可以包括但不限于(一个或多个)处理器、(一个或多个)计算机可用/计算机可读存储介质、操作系统、(一个或多个)应用程序模块、(一个或多个)外围设备控制器、(一个或多个)插槽和(一个或多个)端口。计算机的示例包括但不限于服务器计算机、客户端计算机、工作站和平板电脑。

[0009] 本发明的第二种形式是所述成像质量控制器采用图像处理模块和质量评估模块;所述图像处理模块执行对所述解剖对象的所述受检者图像数据的图像处理;所述质量评估模块根据相对于训练本征权重范围集合的受检者本征权重集合评估由所述图像处理模块对所述解剖对象的所述受检者图像数据进行的图像处理。

[0010] 为了本发明的目的,术语"模块"大致包括所述成像质量控制器中由用于执行特定应用程序的电子电路和/或可执行程序(例如,可执行软件和/固件)组成的部件。

[0011] 本发明的第三种形式是一种质量控制方法,其涉及所述成像质量控制器执行对所述解剖对象的所述受检者图像数据的图像处理,并且根据相对于训练本征权重范围集合的受检者本征权重集合评估所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度。所述质量控制方法还涉及所述监视器显示由所述成像质量控制器进行的对所述解剖对象的所述受检者图像数据的所述图像处理的准确度的评估。

[0012] 本发明的上述形式和其他形式以及本发明的各种特征和优点将通过下面结合附图阅读本发明的各种实施例的详细描述而变得更加显而易见。详细描述和附图仅仅是对本发明的说明而非限制,本发明的范围由权利要求书及其等价内容限定。

附图说明

[0013] 图1示出了用以演示本发明的发明原理的示例性图像配准/分割准确度确定。

[0014] 图2示出了表示本发明的单一成像模态质量控制方法的训练阶段的示例性实施例的流程图。

[0015] 图3示出了表示本发明的单一成像模态质量控制方法的受检者阶段的示例性实施例的流程图。

[0016] 图4示出了表示本发明的双成像模态质量控制方法的训练阶段的示例性实施例的流程图。

[0017] 图5示出了表示本发明的双成像模态质量控制方法的受检者阶段的示例性实施例的流程图。

[0018] 图6示出了根据本发明的成像质量控制系统的示例性实施例。

具体实施方式

[0019] 为了便于理解本发明,现在将结合图1描述成像质量控制的三(3)个本征模式实现

的示例。根据图1的描述，本领域普通技术人员将会理解如何制作并使用针对各种已知成像处理技术(例如，基于非分割的和基于分割的图像配准)的用于成像质量控制的许多本征模式实现(例如，八(8)个本征模式实现)的本发明。

[0020] 为了本发明的目的，与本征物理相关的本领域术语中包括但不限于“本征模式提取”和“本征权重计算”，它们将被解释为在本发明的技术领域中已知并且在本文中被示例性描述。

[0021] 参考图1，本发明的前提是基于从由单一成像模态(例如，超声)或双成像模态(例如，超声到CT或MRI)产生的受检者图像数据SD和训练图像数据TD导出的受检者本征权重集合与训练权重范围集合的质量相关性的评估，接受或拒绝图像处理(例如，基于非分割的和基于分割的图像配准)。对于基于非分割的图像配准，受检者图像数据SD和训练图像数据TD包括例如从基于图像中所示的解剖对象的强度值的配准导出的变换矩阵。对于基于分割的图像配准，受检者图像数据SD和训练图像数据TD包括从例如基于图像中所示的分割的解剖对象的配准导出的变换矩阵。

[0022] 单一成像模态。作为示例，如图1所示，质量相关性可以是对$\{\omega_{SD1},\omega_{SD2},\omega_{SD3}\}$的受检者本征权重集合10与$\{[\omega_{MIN1},\omega_{MAX1}],[\omega_{MIN2},\omega_{MAX2}],[\omega_{MIN3},\omega_{MAX3}]\}$的训练本征权重范围集合11的评估；其中，$\{\omega_{SD1},\omega_{SD2},\omega_{SD2}\}$是从由单一图像模态产生的受检者解剖图像的三(3)个本征模式EM_{SD1}-EM_{SD3}计算得到的，$\{[\omega_{MIN1},\omega_{MAX1}],[\omega_{MIN2},\omega_{MAX2}],[\omega_{MIN3},\omega_{MAX3}]\}$是从同一图像模态的训练解剖图像的三(3)个相同的本征模式EM_{SD1}-EM_{SD3}计算得到的。

[0023] 质量相关性评估可以涉及计算$\{\omega_{SD1},\omega_{SD2},\omega_{SD3}\}$的受检者本征权重集合10与$\{[\omega_{MIN1},\omega_{MAX1}],[\omega_{MIN2},\omega_{MAX2}],[\omega_{MIN3},\omega_{MAX3}]\}$的训练本征权重范围集合11之间的度量距离。

[0024] 更具体地，所述度量距离计算可以涉及确定$\{\omega_{SD1},\omega_{SD2},\omega_{SD3}\}$的受检者本征权重集合10与$\{[\omega_{MIN1},\omega_{MAX1}],[\omega_{MIN2},\omega_{MAX2}],[\omega_{MIN3},\omega_{MAX3}]\}$的训练本征权重范围集合11的隶属度。为了本发明的目的，短语“隶属度”大致包括对作为对应的训练本征权重范围的成员的受检者本征权重的数量进行简单或偏差记述(accounting)。

[0025] 例如，所述记述可以涉及确定：

[0026] (1) ω_{SD1}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围$[\omega_{MIN1},\omega_{MAX1}]$的成员；

[0027] (2) ω_{SD2}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围$[\omega_{MIN2},\omega_{MAX2}]$的成员；

[0028] (3) ω_{SD3}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围$[\omega_{MIN3},\omega_{MAX3}]$的成员。

[0029] 使用简单记述，作为对应的训练本征权重范围的成员的受检者本征权重的数量越高，则图像处理(例如，配准或分割)的准确度越高。

[0030] 使用偏差记述，与作为(一个或多个)对应的训练本征权重范围的(一个或多个)成员的较少的(一个或多个)可变受检者本征权重相比较，作为(一个或多个)对应的训练本征权重范围的(一个或多个)成员的更多的(一个或多个)可变受检者本征权重表示图像处理的准确度越高。

[0031] 双成像模态。作为另一示例，如图1所示，由双成像模态生成的解剖图像之间的网格距离DD是从受检者图像数据(例如，与术前MRI解剖图像和术中超声解剖图像的形状之间的欧几里德距离相对应的节点)和训练数据TD(例如，与先前MRI和超声解剖图像的形状之

间的欧几里德距离相对应的节点)计算得到的。

[0032] 质量相关性可以是对{ω_{DD4}，ω_{DD5}，ω_{DD6}}的受检者本征权重集合12与{[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]，[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]，[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]}的训练本征权重范围集合13的评估;其中，{ω_{DD4}，ω_{DD5}，ω_{DD6}}是从受检者网格距离的三(3)个本征模式EM_{DD4}-EM_{DD6}计算得到的，{[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]，[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]，[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]}是从训练网格距离的三(3)个相同的本征模式EM_{TD4}-EM_{TD6}计算得到的。

[0033] 质量相关性评估可以涉及计算{ω_{DD4}，ω_{DD5}，ω_{DD6}}的受检者本征权重集合12与{[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]，[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]，[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]}的训练本征权重范围集合13之间的度量距离。

[0034] 更具体地，所述度量距离计算可以涉及确定{ω_{DD4}，ω_{DD5}，ω_{DD6}}的受检者本征权重集合12与{[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]，[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]，[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]}的训练本征权重范围集合13的隶属度。为了本发明的目的，短语“隶属度”大致包括对作为对应的训练本征权重范围的成员的受检者本征权重的数量进行简单或偏差记述。

[0035] 例如，所述记述可以涉及确定：

[0036] (1) ω_{DD4}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MI4}，ω_{MAX4}]的成员；

[0037] (2) ω_{DD5}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]的成员；

[0038] (3) ω_{DD6}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]的成员。

[0039] 使用简单记述，作为对应的训练本征权重范围的成员的受检者本征权重的数量越高，则图像处理(例如，配准或分割)的准确度越高。

[0040] 使用偏差记述，与作为(一个或多个)对应的训练本征权重范围的(一个或多个)成员的更少的(一个或多个)可变受检者本征权重相比较，作为(一个或多个)对应的训练本征权重范围的(一个或多个)成员的更多的(一个或多个)可变受检者本征权重表示图像处理的准确度更高。

[0041] 根据图1的描述，本领域普通技术人员将会理解如何制作并使用针对各种已知成像处理技术(例如，配准和分割)的用于成像质量控制的许多本征模式实现(例如，八(8)本征模式实现)的本发明。为了便于理解本发明，现在将结合图2-6描述用于图像配准和分割的成像质量控制的三(3)本征模式实现的示例。

[0042] 图2示出了表示本发明的单一成像模态质量控制方法的训练阶段的流程图20。在多个训练图像数据TD_1-TD_3的背景下描述流程图20，所述训练图像数据包括例如从基于解剖对象的三(3)个训练图像中所示的解剖对象的强度值的配准导出的三(3)个变换矩阵和/或包括解剖对象的三(3)个训练图像中所示的三(3)个分割的解剖对象。

[0043] 流程图20的阶段S22包括训练图像数据TD_1-TD_3的本征模式提取，从而产生所示的一系列本征模式EM_1-EM_3。在实践中，所述提取是在统计分析框架(优选所示的主成分分析(“PCA”))内执行的。

[0044] 在同一统计分析框架内，流程图20的阶段S24包括本征权重计算，从而产生如图所示针对每个训练图像数据TD的权重ω的训练本征模式系列。

[0045] 流程图20的阶段S26包括基于所有权重ω的汇集的针对每个本征模EM的训练本征权重范围的制定。在实践中，每个训练本征权重范围由从每个本征模式EM的变化的合理范围中描绘的最小训练本征权重ω_{MIN}和最大训练本征权重ω_{MAX}组成。

[0046] 例如，对于每个本征模式EM_1-EM_3，对应的训练本征权重ω_{TD11}-ω_{TD33}中的最低训练本征权重ω可以被初始地选择为最小训练本征权重ω_{MIN}，并且对应的训练本征权重ω_{TD11}-ω_{TD33}中的最高训练本征权重ω可以被初始地选择为最大训练本征权重ω_{MAX}。如果对于每个本征模式EM_1-EM_3基于对应的训练本征权重ω_{TD11}-ω_{TD33}的概率分析认为该范围是合理的，则最低训练本征权重ω和最高训练本征权重ω定义出对于每个本征模式EM_1-EM_3的所述范围。否则，对于一个或多个本征模式EM_1-EM_3选择下一个最低训练本征权重ω和/或下一最高训练本征权重ω，直到概率分析表明是合理的范围。

[0047] 图3示出了表示本发明的单一成像模态质量控制方法的受检者阶段的流程图30。在受检者图像数据SD的背景下描述流程图30，所述受检者图像数据包括例如从基于解剖对象的受检者图像中所示的解剖对象的强度值的配准导出的单个变换矩阵和/或包括解剖对象的受检者图像中所示的单个分割的解剖对象。

[0048] 流程图30的阶段S32包括受检者图像数据SD的本征模式提取，从而产生所示的一系列本征模式EM_1-EM_3。在实践中，所述提取是在与图2的训练图像数据TD_1-TD_3相同的统计分析框架(优选所示的主成分分析(“PCA”))内执行的。

[0049] 在同一统计分析框架内，流程图30的阶段S34包括本征权重计算，从而产生如图所示针对受检者图像数据SD的权重ω的受检者本征模式系列。

[0050] 流程图30的阶段S36包括受检者本征权重集合{ω_{SD1}，ω_{SD2}，ω_{SD3}}与训练本征权重范围集合{[ω_{MIN1}，ω_{MAX1}]，[ω_{MIN2}，ω_{MAX2}]，[ω_{MIN3}，ω_{MAX3}]}之间的本征权重距离的计算，其涉及确定：

[0051] (1) ω_{SD1}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN1}，ω_{MAX1}]的成员；

[0052] (2) ω_{SD2}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN2}，ω_{MAX2}]的成员；

[0053] (3) ω_{SD3}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN3}，ω_{MAX3}]的成员。

[0054] 在简单记述模式中，所有的受检者本征权重都需要成为对应的训练本征权重范围的成员，以便自动地或临时地将受检者图像数据SD的分割或配准变换描绘为对于图像处理目的而言是准确的。

[0055] 在偏差记述模式中，其中与受检者本征权重ω_{SD2}和ω_{SD3}相比，受检者本征权重ω_{SD1}是最可变的受检者本征权重，则受检者本征权重ω_{SD1}需要成为训练本征权重范围[ω_{MIN1}，ω_{MAX1}]的成员或受检者本征权重ω_{SD2}和ω_{SD3}需要成为各自的训练本征权重范围[ω_{MIN2}，ω_{MAX2}]和[ω_{MIN3}，ω_{MAX3}]的成员，以便自动地或临时地将受检者图像数据SD的分割或配准变换描绘为对于图像处理目的而言是准确的。

[0056] 流程图30的阶段S38包括自动或系统操作者确定受检者图像数据SD的分割或配准变换的准确度。对于自动模式，系统操作者将被告知准确度的确定，并且将禁止受检者图像数据SD的进一步图像处理。对于临时模式，将显示阶段S36的距离计算的图形用户界面信息，其中系统操作者可以选择是否继续对受检者图像数据SD进行进一步的成像处理。

[0057] 图4示出了表示本发明的双成像模态质量控制方法的训练阶段的流程图40。在多个训练图像数据TD_4-TD_6的背景下描述流程图40，所述训练图像数据包括例如从基于三(3)个训练图像中所示的解剖对象的强度值的配准导出的三(3)个变换矩阵和/或包括解剖对象的三(3)个训练图像中所示的三(3)个分割的解剖对象。

[0058] 流程图40的阶段S42包括训练图像数据TD_4-TD_6的本征模式提取，从而产生所示的

一系列本征模式EM_4-EM_6。在实践中，所述提取是在统计分析框架(优选所示的主成分分析(“PCA”))内执行的。

[0059] 在同一统计分析框架内，流程图40的阶段S44包括本征权重计算，从而产生如图所示针对每个训练图像数据TD的权重ω的训练本征模式系列。

[0060] 流程图40的阶段S46包括基于所有权重ω的汇集的针对每个本征模EM的训练本征权重范围的制定。在实践中，每个训练本征权重范围由从每个本征模式EM的变化的合理范围中描绘的最小训练本征权重ω_{MIN}和最大训练本征权重ω_{MAX}组成。

[0061] 例如，对于每个本征模式EM_4-EM_6，对应的训练本征权重ω_{TD11}-ω_{TD33}中的最低训练本征权重ω可以被初始地选择为最小训练本征权重ω_{MIN}，并且对应的训练本征权重ω_{TD44}-ω_{TD66}中的最高训练本征权重ω可以被初始地选择为最大训练本征权重ω_{MAX}。如果基于训练本征权重ω_{TD44}-ω_{TD66}的概率分析认为该范围是合理的，则最低训练本征权重ω和最高训练本征权重ω定义出所述范围。否则，对于一个或多个本征模式EM_4-EM_6选择下一个最低训练本征权重ω和/或下一最高训练本征权重ω，直到概率分析表明是合理的范围。

[0062] 图5示出了表示本发明的双成像模态质量控制方法的受检者阶段的流程图50。在受检者图像数据SD的背景下描述流程图50，所述受检者图像数据包括例如从基于解剖对象的受检者图像中所示的解剖对象的强度值的配准导出的单个变换矩阵和/或包括解剖对象的受检者图像中所示的单个分割的解剖对象。

[0063] 流程图50的阶段S52包括受检者图像数据SD的本征模式提取，从而产生所示的一系列本征模式EM_4-EM_6。在实践中，所述提取是在与图2的训练图像数据TD_4-TD_6相同的统计分析框架(优选所示的主成分分析(“PCA”))内执行的。

[0064] 在同一统计分析框架内，流程图50的阶段S54包括本征权重计算，从而产生如图所示针对受检者图像数据SD的权重ω的受检者本征模式系列。

[0065] 流程图50的阶段S56包括受检者本征权重集合{ω_{DD4}，ω_{DD5}，ω_{DD6}}与训练本征权重范围集合{[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]，[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]，[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]}之间的本征权重距离的计算，其涉及确定：

[0066] (1) ω_{DD4}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]的成员；

[0067] (2) ω_{DD5}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]的成员；

[0068] (3) ω_{DD6}的受检者本征权重是或不是训练本征权重范围[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]的成员。

[0069] 在简单记述模式中，所有的受检者本征权重都需要成为对应的训练本征权重范围的成员，以便将受检者图像数据SD的分割或配准变换描绘为对于图像处理目的而言是准确的。

[0070] 在偏差记述模式中，其中与受检者本征权重ω_{DD5}和ω_{DD6}相比，受检者本征权重ω_{DD4}是最可变的受检者本征权重，则受检者本征权重ω_{DD1}需要成为训练本征权重范围[ω_{MIN4}，ω_{MAX4}]的成员或受检者本征权重ω_{DD5}和ω_{DD6}需要成为各自的训练本征权重范围[ω_{MIN5}，ω_{MAX5}]和[ω_{MIN6}，ω_{MAX6}]的成员，以便将受检者图像数据SD的分割或配准变换描绘为对于图像处理目的而言是准确的。

[0071] 流程图50的阶段S58包括自动或系统操作者确定受检者图像数据SD的分割或配准变换的准确度。对于自动模式，系统操作者将被告知准确度的确定，并且将禁止受检者图像数据SD的进一步图像处理。对于临时模式，将显示阶段S56的距离计算的图形用户界面信

息,其中系统操作者可以选择是否继续对受检者图像数据SD进行进一步的成像处理。

[0072] 根据图2-6的描述,本领域普通技术人员将认识到如何执行针对训练阶段和受检者阶段的解剖图像的基于非分割的图像配准和基于分割的配准。

[0073] 为了进一步解释基于非分割的图像配准,通过举例,在流程图20(图2)或流程图40(图4)的训练阶段之前,可以在CT-MRI解剖图像、MRI-MRI解剖图像或CT-CT解剖图像上执行基于强度的图像配准。结果是来自于解剖图像配对的每个配准的一系列变换。

[0074] 执行之后的流程图20或流程图40涉及变换的PCA,其导致了若干本征模式和对应的训练本征权重。从训练本征权重,为针对每个本征模式的PCA分量(component)导出了合理的最小和最大训练本征权重。更具体地,假定PCA的第一模式捕获两个配准的图像之间的比例差异,则可能在总体内的最小和最大训练本征权重是可定义的。

[0075] 在流程图30或流程图50的受检者阶段之前,从术中CT到术前MRI、术中MRI到术前MRI或术中CT到术前CT的受检者解剖图像的基于强度的图像配准计算变换。执行之后的流程图30或流程图50涉及从沿着PCA模式的投影提取受检者本征权重,并且确定受检者本征权重是否在最小和最大训练本征权重范围之内。

[0076] 如果所述变换的受检者本征权重在对应的最小和最大训练本征权重范围之内,则术中CT到术前MRI、术中MRI到术前MRI或术中CT到术前CT的受检者解剖图像的基于强度的图像配准被认为是准确的。

[0077] 否则,如果所述变换的受检者本征权重不在对应的最小和最大训练本征权重范围之内,则术中CT到术前MRI、术中MRI到术前MRI或术中CT到术前CT的受检者解剖图像的基于强度的图像配准被认为是不准确的或发出警示以供操作者考虑。

[0078] 在实践中,本发明的成像质量控制系统可以采用分离的或集成的子系统,用于执行如图2-4示例性地示出的成像质量控制系统的训练阶段和受检者阶段。

[0079] 参考图6,成像质量控制系统80采用成像质量控制器84来执行成像质量控制系统的训练阶段和受检者阶段。为此,成像质量控制系统80采用监视器81、接口平台82、工作站83以及安装在工作站83内的成像质量控制器84。

[0080] 成像质量控制器84包括操作系统(未示出)和/或可由操作系统访问,操作系统如本领域公知的用于控制由工作站操作者(例如,医生、技师等)经由接口平台82的键盘、按钮、拨号盘、操纵杆等指示的监视器81上的各种图形用户界面、数据和图像,并且用于存储/读取由接口平台82的工作站操作者编程和/或指示的数据。

[0081] 工作站83可以被连接/耦合到一个或多个训练成像模态60或如本领域公知的数据存储设备(未示出)以输入待由成像质量控制器84处理的训练图像数据61。另外,工作站83可以被连接/耦合到一个或多个受检者成像模态70或如本领域公知的数据存储设备(未示出)以输入待由成像质量控制器84处理的受检者图像数据71。

[0082] 成像质量控制器84采用图像处理模块85来执行各种图像处理技术,其包括但不限于非基于分割的图像配准和基于分割的图像配准。

[0083] 成像质量控制器84进一步采用质量训练模块86来执行流程图20(图2)和40(图4)。对于单一成像模态和双成像模态的训练阶段,模块86制定各自的训练本征权重范围集合,其包括针对k个本征模式($k \geq 1$),$[\omega_{MINSD}, \omega_{MAXSD}]$。

[0084] 成像质量控制器84还采用质量评估模块87来执行流程图30(图3)和50(图5)。对于

单一成像模态和双成像模态的受检者阶段，模块87制定各自的受检者本征权重，其包括针对所述训练阶段利用的每个本征模式的[ω_{DD}]。

[0085] 成像质量控制器84控制在监视器81上显示针对自动评估模式的成像质量通知88或针对操作者选择模式的图形用户界面89。

[0086] 参见图1-6，根据本发明的示例性实施例的描述，本领域普通技术人员将认识到本发明的许多优点，包括但不限于，避免在诊断和/或介入程序内基于非分割的和基于分割的图像配准误差，诊断和/或介入程序严重依赖于这种成像配准/分割的结果。

[0087] 此外，由于本领域普通技术人员鉴于此处教导将领会到，如本公开/说明书描述的和/或如图1-6描述的特征、元件、部件可以通过电子部件/电路、硬件、可执行软件和可执行固件的各种组合来实现，特别是实现为本文所描述的成像质量控制器的应用程序模块，并且提供了可以在单个元件或多个元件中组合的功能。例如，在图1-6中显示/示出/描述的各种特征、元件、部件等的功能可以通过使用专用硬件以及能够执行与适当软件相关联的软件的硬件来提供。当由处理器提供时，所述功能可以由单个专用处理器、单个共享处理器或多个个体处理器提供，其中一些可以被共享和/或复用。此外，术语“处理器”的明确使用不应该被解释为排他性地指代能够执行软件的硬件，并且可以隐含地包括但不限于，数字信号处理器(“DSP”)硬件、存储器(例如，用于存储软件的只读存储器(“ROM”)、随机存取存储器(“RAM”)、非易失性存储等)和虚拟的任何器件和/或机器(包括硬件、软件、固件、电路及其组合等)，其能够(和/或可配置为)执行和/或控制过程。

[0088] 另外，此处描述本发明的原理、方面、以及实施例、及其特定示例的所有语句都意在包含其结构性与功能性等同物两者。另外，此类等同物还旨在包括当前已知的等同物以及将来开发的等同物两者(例如，不论结构如何都能够执行相同或基本类似功能的任何被开发元件)。因而，例如，本领域技术人员鉴于此处教导将领会到此处所呈现的任何方框图能够表示体现本发明原理的示例性系统部件和/或电路的概念性视图。类似地，本领域技术人员鉴于此处教导将领会到任何流程图、流程表等能够表示基本可以在计算机可读存储介质中表示并且由此通过计算机、处理器或具有处理能力的其他设备执行的各种过程，而不管是否明确示出此类计算机或处理器。

[0089] 而且，本发明的示例性实施例能够表现为可以从提供程序代码和/或指令以供例如计算机或者任何指令执行系统使用或者结合其使用的计算机可用和/或计算机可读存储介质访问的计算机程序产品或应用程序模块。根据本公开，计算机可用或者计算机可读存储介质能够是可以例如包括、存储、通信、传播或者传输程序以供该指令执行系统、装置或者设备使用或者结合其使用的任何装置。这种示例性介质可以例如是电、磁、光学、电磁、红外或者半导体系统(或者装置或设备)或者传播介质。计算机可读介质的示例包括例如半导体或者固态存储器、磁带、可移除计算机盘、随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、闪存(驱动)、硬性磁盘和光学盘。光学盘的当前示例包括压缩盘-只读存储器(CD-ROM)、压缩盘-读取/写入(CD-R/W)和DVD。进一步，应当理解的是，稍后可以被开发出的任何新的计算机可读介质还应该被认为是可根据本发明和本公开的示例性实施例使用或参照的计算机可读介质。

[0090] 已经描述用于基于非分割的和基于分割的图像配准的质量控制的新颖性和创造性的系统和方法的优选的和示例性实施例(这些实施例旨在是说明性的而非限制性的)，注

意的是本领域技术人员根据本文包括图1-6提供的教导可以做出修改和变化。因此，应当理解的是，可以在本文公开的实施例范围内在/到本公开的优选和示例性实施例中做出改变。

[0091] 此外，可以预期的是，并入和/或实施该装置或诸如的对应的和/或相关系统可以用于/实现在根据本公开的设备中，也被考虑并且被认为是在本发明的范围之内。此外，用于制造和/或使用根据本公开的设备和/或系统的对应和/或相关的方法也被考虑并且被认为是在本发明的范围之内。

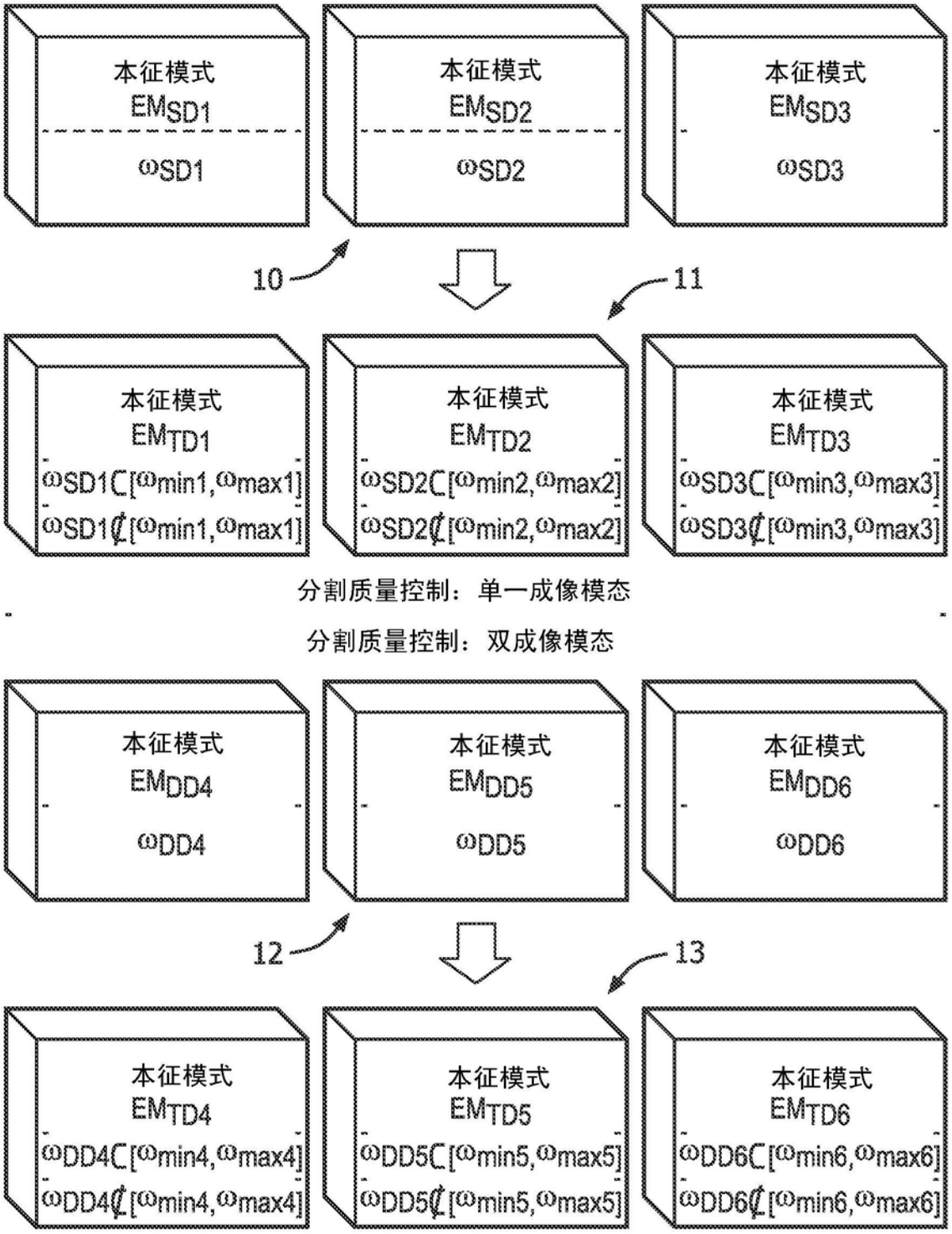

本征模式
EMSD1
ωSD1
本征模式
EMSD2
ωSD2
本征模式
EMSD3
ωSD3
10
11
本征模式
EMTD1
ωSD1∁[ωmin1,ωmax1]
ωSD1∉[ωmin1,ωmax1]
本征模式
EMTD2
ωSD2∁[ωmin2,ωmax2]
ωSD2∉[ωmin2,ωmax2]
本征模式
EMTD3
ωSD3∁[ωmin3,ωmax3]
ωSD3∉[ωmin3,ωmax3]
分割质量控制：单一成像模态
分割质量控制：双成像模态
本征模式
EMDD4
ωDD4
本征模式
EMDD5
ωDD5
本征模式
EMDD6
ωDD6
12
13
本征模式
EMTD4
ωDD4∁[ωmin4,ωmax4]
ωDD4∉[ωmin4,ωmax4]
本征模式
EMTD5
ωDD5∁[ωmin5,ωmax5]
ωDD5∉[ωmin5,ωmax5]
本征模式
EMTD6
ωDD6∁[ωmin6,ωmax6]
ωDD6∉[ωmin6,ωmax6]

图1

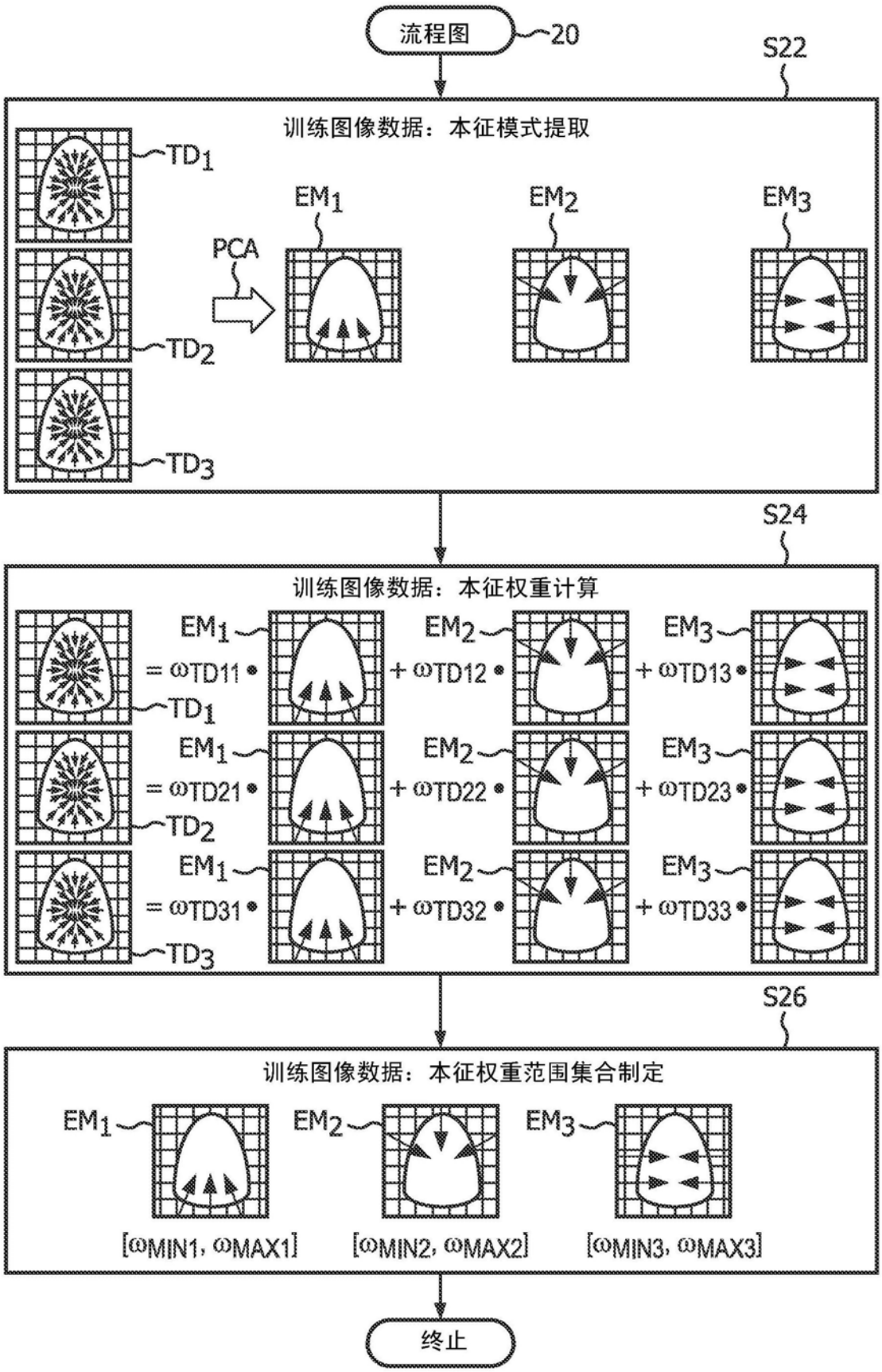

流程图
20
S22
训练图像数据：本征模式提取
TD1
TD2
TD3
PCA
EM1
EM2
EM3
S24
训练图像数据：本征权重计算
EM1 = ωTD11 • TD1 + EM2 ωTD12 • + EM3 ωTD13 •
EM1 = ωTD21 • TD2 + EM2 ωTD22 • + EM3 ωTD23 •
EM1 = ωTD31 • TD3 + EM2 ωTD32 • + EM3 ωTD33 •
S26
训练图像数据：本征权重范围集合制定
EM1
EM2
EM3
[ωMIN1, ωMAX1]
[ωMIN2, ωMAX2]
[ωMIN3, ωMAX3]
终止

图2

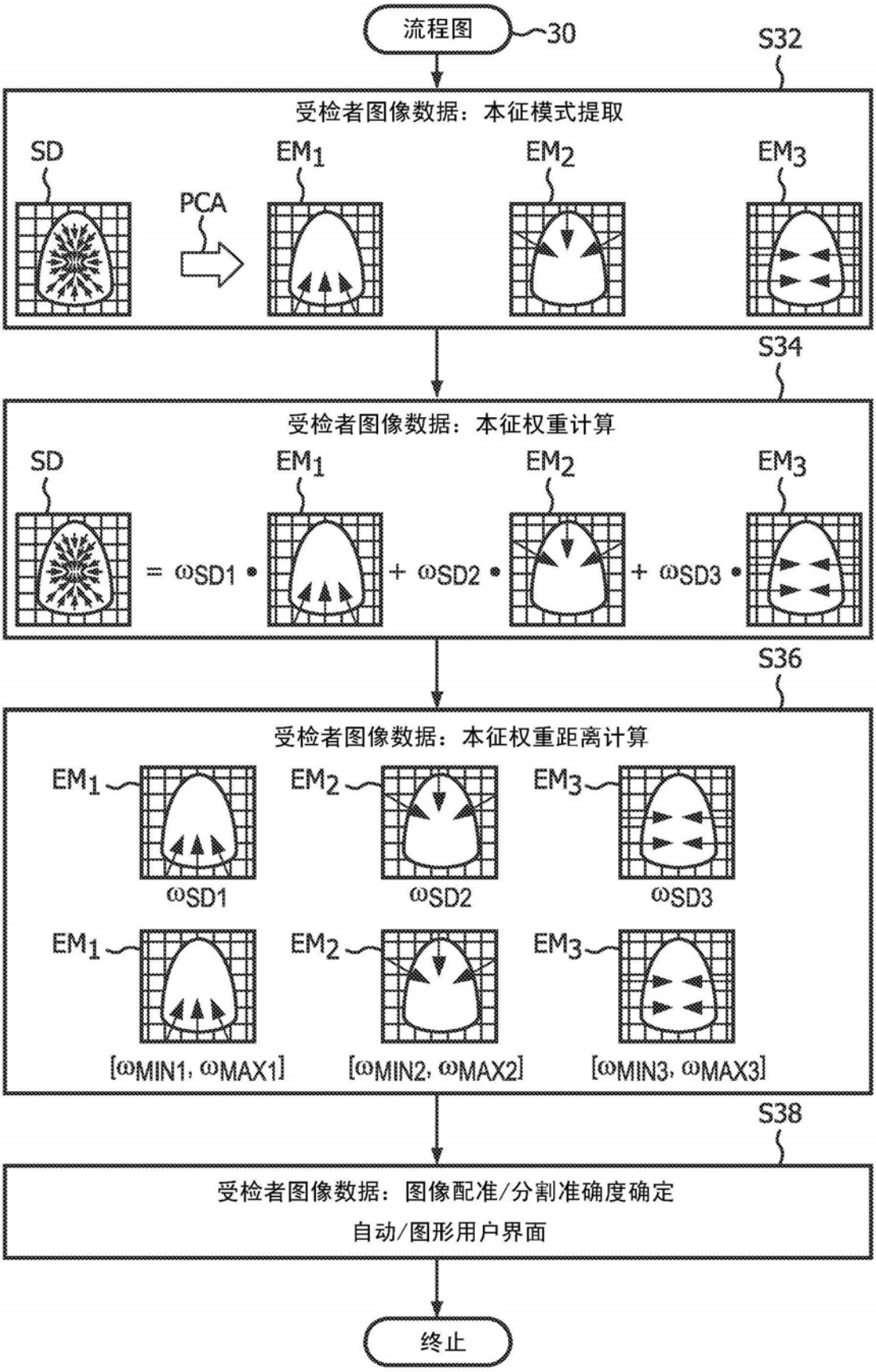

流程图
30
S32
受检者图像数据：本征模式提取
SD
PCA
EM1
EM2
EM3
S34
受检者图像数据：本征权重计算
SD
= ωSD1 •
EM1
+ ωSD2 •
EM2
+ ωSD3 •
EM3
S36
受检者图像数据：本征权重距离计算
EM1
EM2
EM3
ωSD1
ωSD2
ωSD3
EM1
EM2
EM3
[ωMIN1, ωMAX1]
[ωMIN2, ωMAX2]
[ωMIN3, ωMAX3]
S38
受检者图像数据：图像配准/分割准确度确定
自动/图形用户界面
终止

图3

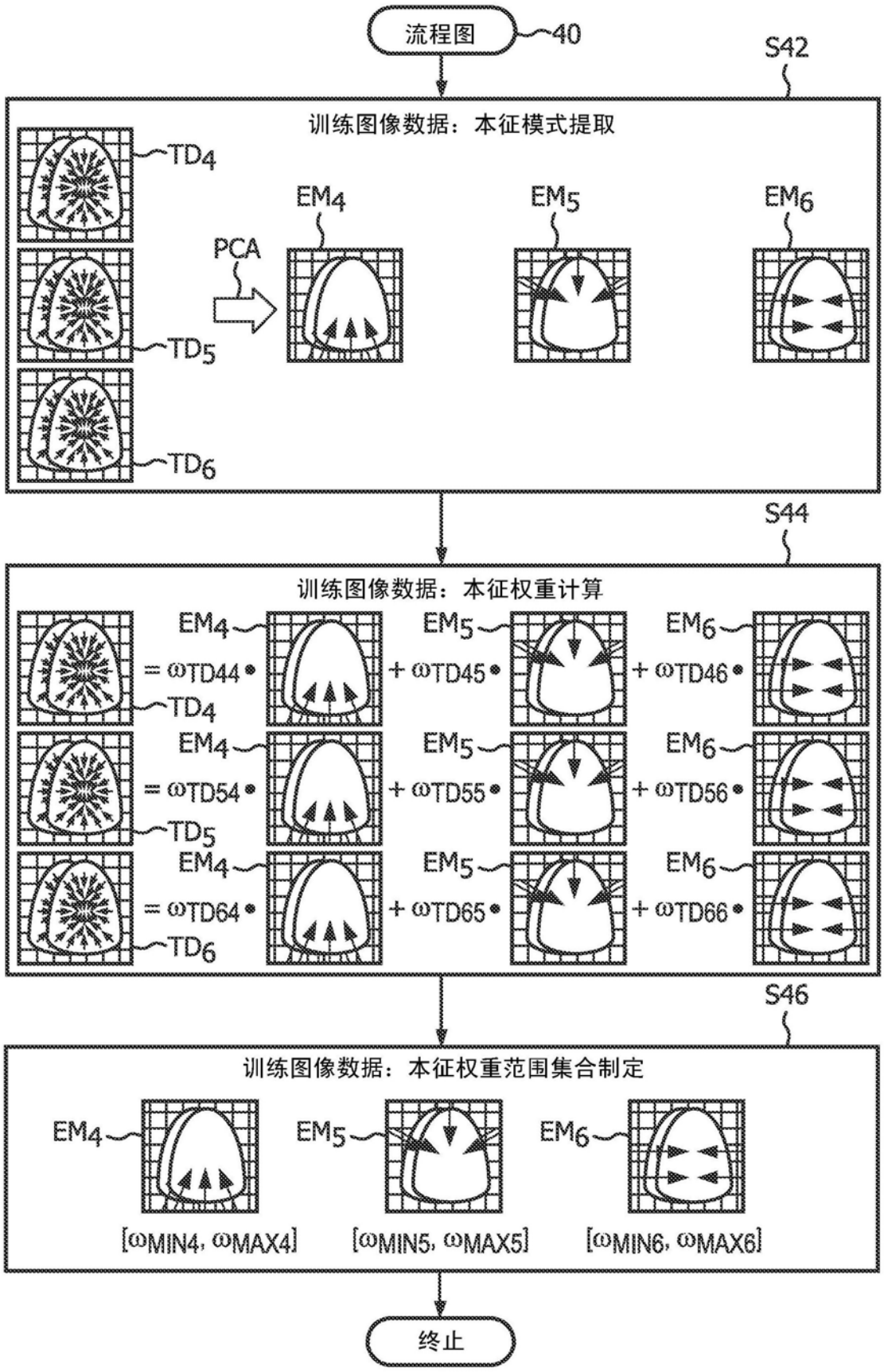

流程图
40
S42
训练图像数据：本征模式提取
TD4
TD5
TD6
PCA
EM4
EM5
EM6
S44
训练图像数据：本征权重计算
EM4 = ωTD44 • TD4 + ωTD45 • EM5 + ωTD46 • EM6
EM4 = ωTD54 • TD5 + ωTD55 • EM5 + ωTD56 • EM6
EM4 = ωTD64 • TD6 + ωTD65 • EM5 + ωTD66 • EM6
S46
训练图像数据：本征权重范围集合制定
EM4
EM5
EM6
[ωMIN4, ωMAX4]
[ωMIN5, ωMAX5]
[ωMIN6, ωMAX6]
终止

图4

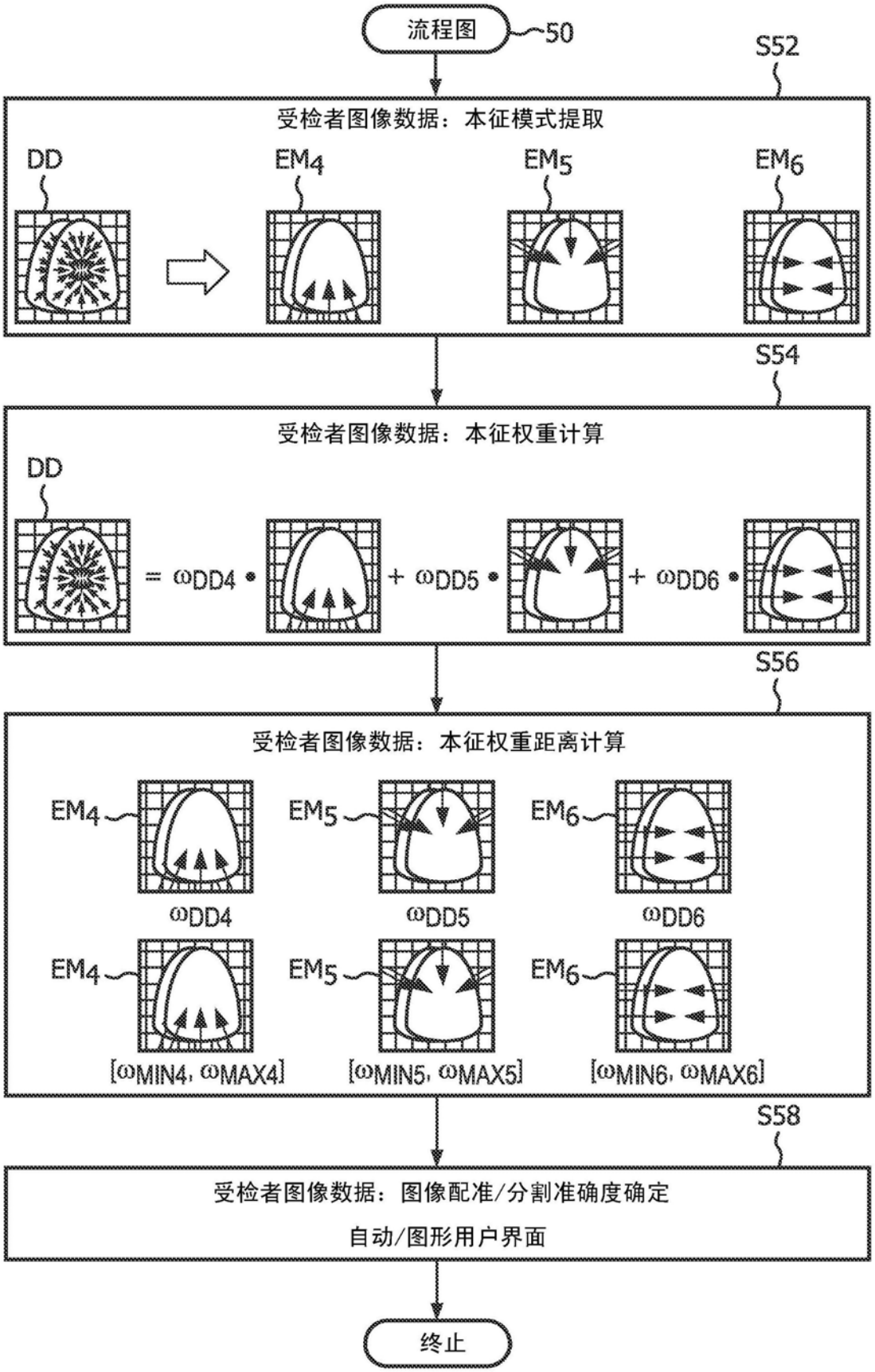

流程图
50
S52
受检者图像数据：本征模式提取
DD
EM4
EM5
EM6
S54
受检者图像数据：本征权重计算
DD
= ωDD4 •
+ ωDD5 •
+ ωDD6 •
S56
受检者图像数据：本征权重距离计算
EM4
EM5
EM6
ωDD4
ωDD5
ωDD6
EM4
EM5
EM6
[ωMIN4, ωMAX4]
[ωMIN5, ωMAX5]
[ωMIN6, ωMAX6]
S58
受检者图像数据：图像配准/分割准确度确定
自动/图形用户界面
终止

图5

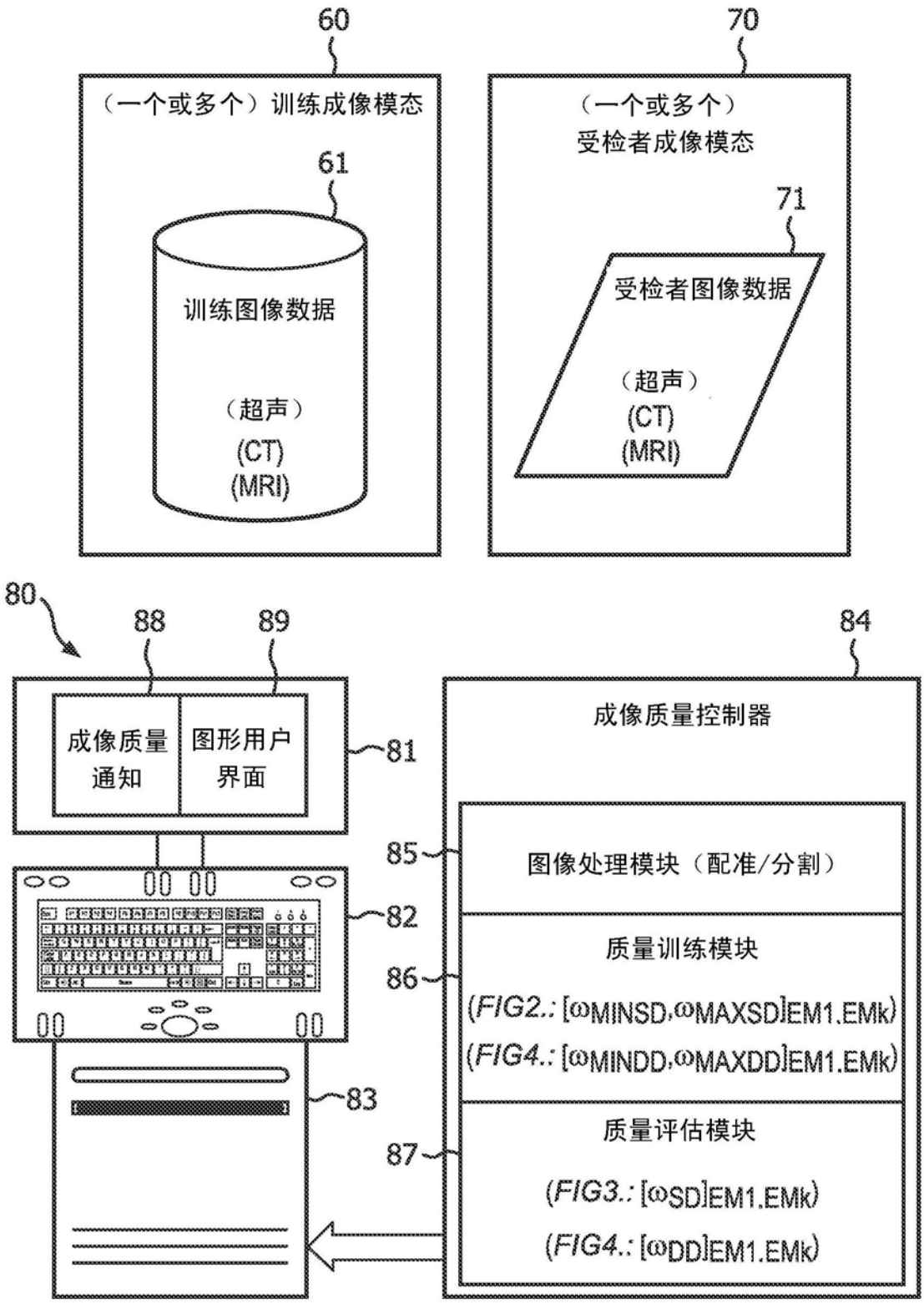

60
（一个或多个）训练成像模态
61
训练图像数据
（超声）
(CT)
(MRI)
70
（一个或多个）
受检者成像模态
71
受检者图像数据
（超声）
(CT)
(MRI)
80
88
89
84
成像质量通知
图形用户界面
81
成像质量控制器
85
图像处理模块（配准/分割）
82
质量训练模块
86
(FIG2.: [ωMINSD,ωMAXSD]EM1.EMk)
(FIG4.: [ωMINDD,ωMAXDD]EM1.EMk)
83
质量评估模块
87
(FIG3.: [ωSD]EM1.EMk)
(FIG4.: [ωDD]EM1.EMk)

图6