

医学影像的移动检测和校正方法、系统和计算机可读介质

技术领域

5 本公开涉及一种医学成像技术，尤其涉及医学影像的移动检测和校正的方法、系统和计算机可读介质。

背景技术

10 在精准医疗领域中，核医学由于具有可提供功能性评估的特点，属于不可或缺的项目。然而，核医学的检查时间长，且病人的身体或器官在扫描过程中的移动，常容易造成影像模糊失准及医师判断错误的问题。

15 以核医学的心肌灌注成像（myocardial perfusion imaging，MPI）为例，其为使用率最高，但最易受病人移动影响的检查项目。如图 1 所示，由于病人心脏本身的收缩跳动行为（如图例 101 所示，其由左至右分别示意在一心动周期，心脏在其短轴、垂直长轴和水平长轴等维度的切面形态示意图）以及人体呼吸的起伏情形（如图例 102 所示，其由左到右分别描述在一呼吸循环阶段，心脏在其短轴、垂直长轴和水平长轴等维度的切面形态示意图），在这两者的影响下，所得心脏的 MPI 影像（如图例 103 所示）常常是模糊且不易诊断的。

20 在现有技术中，针对上述问题的解决方式为装设额外的监控设备，以监控人体的心脏跳动和呼吸位移，进而根据监控设备所测得的信号对医学影像（如，MPI 影像）进行校正。然而，这种校正的方式不仅耗费检测资源，且可能发生监控设备设置不良、追踪错误或无法与扫描设备整合（例如，市面上单光子发射计算机断层扫描（single photon emission computerized tomography，SPECT）设备一般并无可选配的呼吸监测设备）等情况。

25 因此，如何在不需安装额外监控设备下，考虑人体器官或病灶的移动，以对医学影像进行移动检测和校正，已成为本领域亟需解决的课题之一。

发明内容

30 为解决上述问题，本公开提供一种医学影像的移动检测及校正的系统，包括：管理平台，用于提供使用者界面，以对关于目标器官的医学影像提交执行优化处理的指令，该医学影像包括列表模式数据；以及优化设备，用于根据该指令执行医学影像的优化处理，其中，该优化设备执行优化处理包括：将该医学影像所对应的列表模式数据分割为具有固定时间维度的帧，以将各帧成像为帧影像；在各帧影像中标注兴趣区域（volume of interest，VOI），其中，各兴趣区域包含目标器官；根据各帧影像的各兴趣区域计算目标器官的运动曲线；根据该运动曲线将医学影像重建为优化医学影像；以及在使用者界面显示该优化医学影像。

35 在本公开系统的至少一个实施方案中，该优化设备包括深度学习模组，且该优化设备

执行在各帧影像中标注兴趣区域包括：通过该深度学习模组在各帧影像中识别包含目标器官的二元分割区域；通过该深度学习模组将各二元分割区域模糊化以生成软遮罩；通过该深度学习模组将各软遮罩套用于各帧影像；通过该深度学习模组基于各软遮罩以初始椭圆球面拟合各帧影像中的目标器官；以及通过该深度学习模组将各初始椭圆球面依其半径向外扩张预设距离以生成代表各兴趣区域的椭圆球面。

- 5 在本公开系统的至少一个实施方案中，该优化设备执行根据各帧影像的各兴趣区域计算目标器官的运动曲线包括：将各兴趣区域分割为第一子兴趣区域和第二子兴趣区域；分别提取各第一子兴趣区域的第一质心（center of mass, COM）和各第二子兴趣区域的第二质心的三维坐标以作为各帧影像的描述值；将各帧影像的各描述值以主成分分析法进行降维，并以降维后的各描述值的最大特征作为目标器官的移动/旋转信号；以及根据各移动/
- 10 旋转信号对各帧影像分组并过滤以计算运动曲线。

在本公开系统的至少一个实施方案中，该目标器官为心脏，且将各兴趣区域分割为第一子兴趣区域和第二子兴趣区域是沿着心脏的长轴，以短轴方向进行。

- 在本公开系统的至少一个实施方案中，该运动曲线相对于人体头尾轴、左右轴和腹背
- 15 轴中的任一者绘制，且优化设备执行根据该运动曲线将医学影像重建为优化医学影像包括：自各帧影像中选定基准对象；以该运动曲线为参考进行各帧影像的动作补偿，其中，各帧影像的动作补偿包括：相对于基准对象，将各帧影像中除基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在头尾轴、左右轴和腹背轴的任一者中执行调整作业；以及重复执行各帧影像的调整作业，直到经过该调整作业的各帧影像的集成与基准对象间的相关系数
- 20 到达最大值为止；以及将经过动作补偿的各帧影像集成以重建为优化医学影像。在本公开的至少一个具体实施例中，该调整作业包括但不限于旋转、位移、缩放、形变或其中两者以上的任意组合；在本公开的一些具体实施例中，该调整作业为平移、旋转或其组合。

- 在本公开系统的至少一个实施方案中，在根据各质心计算目标器官的运动曲线之后，且各帧影像的各兴趣区域未准确对应运动曲线的情况下，该优化设备执行优化处理进一步
- 25 包括执行各帧影像的门控（gating），其中，该门控用于将各帧影像中时间和/或位置关系相近者集成为预设数量的门控组（gated set）影像，且其中该时间和/或位置关系以人体呼吸和/或心跳的循环阶段所定义。

- 在本公开系统的至少一个实施方案中，该运动曲线相对于人体头尾轴、左右轴和腹背轴中的任一者绘制，且该优化设备根据该运动曲线将医学影像重建为优化医学影像包括：
- 30 自各门控组影像中选定基准对象；以该运动曲线为参考进行各门控组影像的动作补偿，其中，各门控组影像的动作补偿包括：相对于基准对象，将各门控组影像中除基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在头尾轴、左右轴和腹背轴的任一者中执行调整作业；及重复执行各门控组影像的调整作业，直到经过调整作业的各门控组影像的集成与基准对象间的相关系数到达最大值为止；以及将经过动作补偿的各门控组影像集成以重建为
- 35 优化医学影像。

在本公开系统的至少一个实施方案中,该固定时间维度以 100 毫秒至 500 毫秒为单位。

在本公开系统的至少一个实施方案中,进一步包括:扫描设备,用于拍摄目标器官以获得医学影像,其中,该扫描设备为单光子发射计算机断层扫描设备、正电子发射断层扫描 (positron emission tomography, PET) 设备、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 设备、计算机断层扫描 (computer tomography, CT) 设备中的任一者;医学影像存储与传输系统 (picture archiving and communication system, PACS),用于存储该医学影像和该优化医学影像;以及诊间报告计算机,用于调阅或展示该医学影像和该优化医学影像。

5 本公开进一步提供一种医学影像的移动检测和校正的方法,包括:取得关于目标器官的医学影像,其中,该医学影像包括列表模式 (list mode) 数据;将该医学影像所对应的列表模式数据分割为具有固定时间维度的帧,以将各帧成像为帧影像;在各帧影像中标注兴趣区域,其中,各兴趣区域包含目标器官;根据各帧影像的各兴趣区域计算目标器官的运动曲线;以及根据该运动曲线将医学影像重建为优化医学影像。

10 在本公开方法的至少一个实施方案中,在各帧影像中标注兴趣区域包括:通过深度学习模组在各帧影像中识别包含目标器官的二元分割区域;通过该深度学习模组将各二元分割区域模糊化以生成软遮罩;通过该深度学习模组将各软遮罩套用于各帧影像;通过该深度学习模组基于各软遮罩以初始椭圆球面拟合各帧影像中的目标器官;以及通过该深度学习模组将各初始椭圆球面依其半径向外扩张预设距离以生成代表各兴趣区域的椭圆球面。

15 在本公开方法的至少一个实施方案中,根据各帧影像的各兴趣区域计算目标器官的运动曲线包括:将各兴趣区域分割为第一子兴趣区域和第二子兴趣区域;分别提取各第一子兴趣区域的第一质心和各第二子兴趣区域的第二质心的三维坐标以作为各帧影像的描述值;将各帧影像的各描述值以主成分分析法进行降维,并以降维后的各描述值的最大特征作为目标器官的移动/旋转信号;以及根据各移动/旋转信号对各帧影像分组并过滤以计算该运动曲线。

20 在本公开方法的至少一个实施方案中,该目标器官为心脏,且将各兴趣区域分割为第一子兴趣区域和第二子兴趣区域是沿着该心脏的长轴,以短轴方向进行。

25 在本公开方法的至少一个实施方案中,该运动曲线相对于人体头尾轴、左右轴和腹背轴中的任一者绘制,且根据该运动曲线将医学影像重建为优化医学影像包括:自各帧影像中选定基准对象;以该运动曲线为参考进行各帧影像的动作补偿,其中,各帧影像的该动作补偿包括:相对于基准对象,将各帧影像中除基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在头尾轴、左右轴和腹背轴的任一者中执行调整作业;以及重复执行各帧影像的调整作业,直到经过调整作业的各帧影像的集成与基准对象间的相关系数到达最大值为止;以及将经过动作补偿的各帧影像集成以重建为优化医学影像。

30 在本公开方法的至少一个实施方案中,进一步包括在根据各质心计算目标器官的运动曲线之后,且各帧影像的各兴趣区域未准确对应该运动曲线的情况下,执行各帧影像的门

控，其中，该门控用于将各帧影像中时间和/或位置关系相近者集成为预设数量的门控组影像，且其中，该时间和/或位置关系以人体呼吸及/或心跳的循环阶段所定义。

在本公开方法的至少一个实施方案中，该运动曲线相对于人体头尾轴、左右轴和腹背轴中的任一者绘制，且根据该运动曲线将医学影像重建为优化医学影像包括：自各门控组影像中选定基准对象；以该运动曲线为参考进行各门控组影像的动作补偿，其中，各门控组影像的动作补偿包括：相对于基准对象，将各门控组影像中除基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标于该头尾轴、该左右轴及该腹背轴的任一者中执行调整作业；及重复执行各门控组影像的调整作业，直到经过调整作业的各门控组影像的集成与基准对象间的相关系数到达最大值为止；以及将经过动作补偿的各门控组影像集成以重建为优化医学影像。

在本公开方法的至少一个实施方案中，该医学影像为通过扫描设备拍摄目标器官而得，并且其中，该扫描设备为单光子发射计算机断层扫描设备、正电子发射断层扫描设备、磁共振成像设备及计算机断层扫描设备中的任一者。

在本公开方法的至少一个实施方案中，该固定时间维度以 100 毫秒至 500 毫秒为单位。

本公开进一步提供一种计算机可读存储介质，应用于计算机中，且存储有指令，以执行上述至少一种医学影像的移动检测和校正的方法。

综上所述，本公开的医学影像的移动检测和校正的方法、系统和计算机可读介质可将关于目标器官的医学影像依照列表模式数据分割为多帧影像，并分析该多帧影像中兴趣区域的多个质心，以计算得到目标器官在扫描期间的运动曲线，遂基于该运动曲线执行医学影像的重建优化，故能在不需安装额外监控设备下，考虑人体器官或病灶的移动，以对医学影像进行移动检测和校正。

附图说明

本案公开的具体实施例将搭配下列图式详述，这些说明显示在下列图式中：

图 1 描述以现有技术执行心肌灌注成像的实施方案；

图 2 描述本公开医学影像的移动检测和校正的系统架构示意图；

图 3 描述本公开医学影像的移动检测和校正的系统的实施例示意图；

图 4 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的步骤流程图；

图 5 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案；

图 6A 至图 6C 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案，图 6C 中的 COM 表示质心；

图 7 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案，COM1 和 COM2 分别表示质心 1 和质心 2；

图 8 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案；

图 9 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案；

图 10 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案；
图 11 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的部分实施方案；并且
图 12 描述本公开医学影像的移动检测和校正的方法的实施例示意图。

主要组件符号说明

5	101~103 图例
	201 管理平台
	202 优化设备
	203 扫描设备
	204 医学影像存储与传输系统
10	205 诊间报告计算机
	300 病患
	301 γ 光子
	302 医学影像
	303 时间维度分割
15	304 运动质心分析
	305 形变模型校正
	306 优化医学影像
	501 兴趣区域
	601 区域
20	602 心肌区域
	603 二元分割区域
	604 兴趣区域
	605、605' 质心
	701、702 子兴趣区域
25	703、703' 质心
	704、704' 质心
	801、802、803 情况
	804、805 效果
	901、902、903 曲线
30	1201、1202、1203、1204 图例
	1205 优化医学影像
	S10~S80 步骤。

具体实施方式

35 以下通过特定的实施例说明本公开的实施方式，本领域技术人员可由本文所描述的内

容轻易地了解本案的其他优点及功效。本公开所附图式所绘示的结构、比例、大小等均仅用于配合说明书所描述的内容，以供本领域技术人员了解与阅读，非用于限定本公开可实施的限定条件，故任何修饰、改变或调整，在不影响本公开所能产生的功效和所能达成的目的下，均应仍落在本公开所描述的技术内容能够涵盖的范围内。

5 由图 2 可观察本公开执行医学影像的移动检测和校正的系统架构示意图。

在至少一个实施例中，本公开的管理平台 201 用于整合对医学影像的处理流程，包括：对医疗影像的接收和传输、提供使用者对医疗影像的调阅、及根据使用者的需求执行医疗影像的优化处理等。在一些实施例中，管理平台 201 可通过任意合适的网页、应用程序页面、人机界面等使用者界面呈现，在本文中并无特别限定。

10 在至少一个实施例中，本公开的优化设备 202 用于根据使用者在管理平台 201 处所提交的指令执行对应的医疗影像优化处理（包括，移动检测和校正）的后台服务。在一些实施例中，本公开的优化设备 202 可以是任意合适的实体计算机系统、云端系统等，且优化设备 202 也可与管理平台 201 以整合的计算机系统实现，在本公开中亦无特别限定。

在至少一个实施例中，本公开的扫描设备 203 可以是任意可拍摄医学影像的检测设备，例如，包括但不限于：单光子发射计算机断层扫描设备、正电子发射断层扫描设备、磁共振成像设备、计算机断层扫描设备等，用于对病患所欲检测的部位（例如，包括但不限于：心脏、肺部、冠状动脉、肝、胃等）进行医学影像的取得。在一些实施例中，本公开的扫描设备 203 所取得的医学影像包括其对应的列表模式数据，故有助于对所拍摄的医学影像进行非即时地（例如，事后调阅）回溯分析校正。

20 在至少一个实施例中，本公开的医学影像存储与传输系统 204 可为任何当前医院所采用的存储用系统，用于存储上述扫描设备 203 处所取得的医学影像和/或经优化设备 202 优化处理的优化医学影像。

在至少一个实施例中，本公开的诊间报告计算机 205 可以是医师用于诊间的任意终端装置，用于提供医师调阅或展示医学影像存储与传输系统 204 所存储的医学影像和/或优化医学影像。

在本公开的至少一个实施例中，图 2 所示管理平台 201、优化设备 202、扫描设备 203、医学影像存储与传输系统 204 和诊间报告计算机 205 配置为以标准医学数字成像与通信（Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM）向彼此进行通信传输，故能提供本公开高度的扩充性。另外，本公开并不仅限于上述各元件；举例而言，依据作业需求，可将上述各元件中的任意多者整合在同一装置中，或是设计使单个管理平台 201 和/或优化设备 202 可支援多台扫描设备 203 的医学影像的优化等，本公开对此均无特别限制。

图 3 描述本公开中执行医学影像的移动检测和校正的具体实施例示意图。

具体而言，在至少一个实施例中，本公开可以对使用单光子发射计算机断层扫描设备（SPECT）拍摄心脏的医学影像进行移动检测和校正。举例来说，本公开的扫描设备 203（如，单光子发射计算机断层扫描设备）包括装设有 19 个针孔式准直仪和 19 个 CdZnTe

(CZT) 传感器 (例如, 包含 32×32 像素的 CZT 元件) 的 CZT 伽马相机, 用于从右斜前视角向左斜后视角扫描心脏并获得相关的 SPECT 影像 (即, 医学影像)。此外, 扫描设备 203 对 SPECT 影像的成像过程可以包括: 设定分别以非对称式 (例如, -14% 至 23%) 和对称式 (例如, -9% 至 9%) 设置的双能窗 (energy window) 进行心脏的扫描; 依据扫描结果存储 SPECT 影像对应的列表模式和/或帧模式 (frame mode) 数据; 以标准医学数字成像和通信形式传送列表模式和/或帧模式数据至扫描设备 203 内建的工作站 (workstation); 以及将列表模式和/或帧模式数据沿着心脏的短轴、垂直长轴和水平长轴进行重新采样以进行显示等步骤。然而, 本公开中描述扫描设备 203 所适用的规格、装备、或取得医学影像的方式仅作为例示, 并非旨在限定本公开的内容。

- 10 在图 3 所示的流程示意图中, 在拍摄期间自 (进行心肌灌注成像的) 病患 300 释放的 γ 光子 301 经扫描设备 203 进行成像 (如前述成像过程) 后所得的医学影像如元件符号 302 所示。此时, 医学影像 302 可直接存储至医学影像存储与传输系统 204, 以供诊间报告计算机 205 调阅。然而, 在医学影像 302 可能因病患 300 在扫描期间移动而造成模糊的情况下, 可通过管理平台 203 指定对接收自扫描设备 203 的医学影像 302 即时通过优化设备 202 进行移动检测和校正, 包括时间维度分割 303、运动质心分析 304 和形变模型校正 305 等处理程序, 进而获得优化医学影像 306。进一步地, 当所取得医学影像 302 包括列表模式数据的情况下, 也可在事后发现医学影像 302 有模糊情形时再通过管理平台 201 向医学影像存储与传输系统 204 存取此医学影像 302, 并通过优化设备 202 进行回溯分析校正。

- 15 图 4 描述本公开中执行医学影像的移动检测和校正 (如优化设备 202 执行上述图 3 中 303 至 305 的处理程序) 的步骤流程图, 其各步骤的实施方案可通过图 5 至图 12 及以下说明逐步了解。

- 在本公开的至少一个实施例中, 在步骤 S10 处, 可通过管理平台 201 提供的使用者界面选取希望进行移动检测和校正的医学影像 (例如, 某病患在一次扫描下所获得的关于心脏的一组压力态 (stress) 影像和休息态 (rest) 影像)。此时, 所述医学影像可在病患在扫描设备 203 执行扫描时即时通过管理平台 201 取得, 或在需要时通过管理平台 201 向医学影像存储与传输系统 204 存取。

- 在本公开的至少一个实施例中, 在步骤 S20 处, 考量医学影像所拍摄目标器官 (例如, 心脏) 在拍摄期间于不同呼吸及/或心跳循环阶段 (或病患自身的移动) 中的位移情形 (即, 事件), 优化设备 202 执行上述图 3 所示的时间维度分割 303, 将医学影像对应的列表模式数据所包含的事件 (例如, 利用前述的双能窗所捕捉的事件) 切割为具有固定时间维度 (例如, 以 500 毫秒为单位) 的帧, 并将所述帧经由反投影 (back-projection) 至物体平面 (例如, 前述扫描设备 203 的 19 个 CZT 传感器的表面, 其平行于对应的影像平面, 且相交于多针孔系统的共同焦点) 进行成像, 如图 5 各帧的成像结果 (后续也称为帧影像) 所示。在一些实施例中, 各帧可以 100 毫秒至 500 毫秒中的任意值为单位进行固定时间维度的切割; 然而, 根据优化设备 202 的运算能力或作业需求, 也可将帧以其他合适的固定

时间维度切割，本公开对此并无特别限制。

在本公开的至少一个实施例中，在步骤 S30 处，如图 5 所示，优化设备 202 在各帧影像中标注包含目标器官（例如，心脏）的兴趣区域 501，从而得知目标器官在各帧影像中的位置、旋转角度和/或轴（例如，心脏的长轴和短轴）等位移信息。在一些实施例中，
5 包含目标器官的兴趣区域 501 为球形；然而，根据目标器官的形状或作业需求，也可将兴趣区域 501 以其他合适的形状进行标注，本公开对此并无特别限制。

在本公开的一些实施例中，以在帧影像中心脏的心肌区域标注兴趣区域为例，心肌区域的标注可由医师通过特定应用程序（例如，优化设备 202 内建构的自动化软件）进行，其实操步骤可包括：在帧影像（例如，前述步骤 S20 处获得者）中标注通过心肌中心的
10 3D 椭圆球面；自所述 3D 椭圆球面获得包含球面中心的三维座标、在三轴（即，心脏的短轴、垂直长轴和水平长轴等轴向）的半径、三轴旋转角度、心脏基平面的长短比例和角度等 12 个球面参数的数值；以及根据上述球面参数，由所述特定应用程序通过 3D 主动轮廓模型自医师标注的 3D 椭圆球面分别向内和向外拟合出平滑的内、外面，所完成 3D 椭圆球面的拟合的帧影像即为包含已定义心肌区域兴趣区域的帧影像。

15 在本公开的一些实施例中，步骤 S30 对于兴趣区域 501 的标注也可以深度学习模组（例如，在优化设备 202 内建构深度学习模组）实现。在本实施例中，深度学习模组包括卷积层、反卷积层、泄露线性整流活化层、残余连接、跳动连接等主要结构，而上千组由医师标注心肌区域的帧影像（例如，前述通过特定应用程序标注者）用作深度学习模组的训练数据。完成训练且能在输入未经标注的帧影像时从中准确预测心肌区域的深度学习模组即可用于步骤 S30 对于兴趣区域 501 的标注。
20

图 6A 至图 6C 是将深度学习模组应用于标示兴趣区域 501 的阶段示意图。在本公开的至少一个实施例中，训练完成的深度学习模组首先可接收步骤 S20 处所产生的帧影像（如图 6A 中所示心脏在其短轴、垂直长轴和水平长轴等维度的切面画面）。在本公开的一些实施例中，深度学习模组会在帧影像中确定心脏的所在区域 601（如图 6A 中所示以
25 实线区域 601 圈选出距离心脏分割区域至少 5 厘米的正椭圆（旋转角度为零）的范围），进而识别出包含心肌区域的二元分割区域 603（如图 6B 中 603 所标示的区域）。接着，深度学习模组将该二元分割区域 603 进行模糊化以生成软遮罩，并进一步将该软遮罩套用于原始的帧影像，从而排除该帧影像中心肌区域以外区域的影像活性。最后，基于软遮罩，深度学习模组以一椭圆球面拟合帧影像上的心肌区域 602（如图 6B 中 602 所标示实线对应的椭圆球面截线），并将椭圆球面半径向外扩张 2 厘米以生成代表兴趣区域 604 的新椭圆球面（如图 6C 中 604 所标示的实线对应区域）。
30

在本公开的至少一个实施例中，在步骤 S40 处，优化设备 202 针对步骤 S30 所标注的兴趣区域内的目标器官执行上述图 3 所示的运动质心分析 304。在本公开的一些实施例中，首先为准确观察目标器官（例如，心脏）在各帧影像中的位移和旋转情形，各帧影像中的
35 兴趣区域将被分割为二份。可参考图 6C 与图 7 之间的差异，以观察分割兴趣区域的实施

方式。举例而言，图 6C 所标注各帧影像的兴趣区域 604 在此步骤 S40 中沿着心脏长轴分割为二份，以形成如图 7 所示关于心脏的子兴趣区域 701、702，其中，由于图 7 左侧为心脏在其短轴维度的切面示图，故观察到的子兴趣区域 701、702 以重合方式呈现。接着，通过所得的目标器官的二个子兴趣区域 701、702，可计算其各自的质心 703、704，从而辅助追踪目标器官在每个帧影像的移动情形，进而获得目标器官在拍摄期间的运动曲线。

相较于图 6C 所示仅有一个质心 605 的兴趣区域 604，图 7 所示将兴趣区域 604 分割为二个子兴趣区域 701、702 后再通过所获得的二个质心 703、704 进行运动质心分析的优点如图 8 所示。其中，801 至 803 分别代表当目标器官（例如，心脏）平移（801）、平移且旋转（802）、旋转（803）等情况（即，从实线图案至虚线图案的变化），而 804、805 则标示分别以单一质心 605 和二个质心 703、704 观察上述情况 801 至 803 的效果。由此可知，虽然在目标器官仅发生平移 801 的情况无论使用单一质心 605 或二个质心 703、704 均能清楚追踪（例如，质心 605 移动至 605' 的变化和质心 703、704 移动至 703'、704' 的变化），但对于目标器官发生平移且旋转 802 或旋转 803 等情况，仅使用单一质心 605 所观察的追踪效果明显不如使用二个质心 703、704 所观察的追踪效果，尤其当目标器官仅发生旋转 803 的情况时，质心 605 在旋转前后的变化（与 605' 重合）并不明显，造成无法追踪目标器官旋转的情形。

然而，本公开对于运动质心分析的方式并不受限于除上述的说明；举例而言，本领域一般技术人员应能理解自兴趣区域 604 分割子兴趣区域 701、702 的方式也可沿着心脏短轴（依长轴方向）进行、或依照需求（例如，根据目标器官的形状特征），将兴趣区域 604 分割为多于二个子兴趣区域，并以多于二个质心的方式观察目标器官的位移和旋转情形。

紧接在步骤 S40 之后，当兴趣区域 604 被分割为子兴趣区域 701、702 后，计算每个帧影像中质心 703、704 对应的三维座标（例如，以“(x1,y1,z1)、(x2,y2,z2)”表示），以做为各帧影像的描述值。在本公开的一些实施例中，可使用主成分分析法（principle component analysis, PCA）对各帧影像的描述值进行降维，并从降维后的描述值中取得最大特征，以作为目标器官在各帧影像中的移动/旋转信号。在本公开的一些实施例中，还可根据目标器官的移动/旋转信号将各帧影像进行过滤，以将过于高频的杂信号滤除，进而计算得目标器官在拍摄期间的运动曲线。

在本公开的至少一个实施例中，目标器官在拍摄期间的运动曲线如图 9 所示，其描述检测目标器官（心脏）在拍摄期间相对于人体左右（X 轴，图 9 上层的示意图）、腹背（Y 轴，图 9 中层的示意图）、头尾（Z 轴，图 9 下层的示意图）的运动曲线，其中，图 9 中 901 所示曲线（以点虚线表示）代表各帧影像中的质心 703 或 704 在上述 X 轴、Y 轴与 Z 轴的相对位置变化，902 所示曲线（以短线条虚线表示）代表根据 901 曲线所计算质心 703 或 704 在上述 X 轴、Y 轴与 Z 轴的旋转信号，而 903 所示曲线（以实线表示）代表将各帧影像分组累加后所得质心 703 或 704 更为精确的位置变化。

在本公开的至少一个实施例中，在步骤 S50 处，为确保后续步骤对医学影像的校正的

效益，优化设备 202 可先根据前述目标器官的运动曲线判断目标器官的移动程度是否过大，在过大的情形（例如，目标器官的运动曲线的振幅大于 50 毫米时）下，放射师可要求病患重新进行一次扫描并重复进行步骤 S10 至 S40，以取得目标器官新的运动曲线。若在不须重新扫描的情况下，则可接续后续的步骤，以进行医学影像的形变模型校正。

- 5 以上步骤 S10 至 S50 用于完成对医学影像的移动检测的程序，而依据移动检测的结果，优化设备 202 可接续对医学影像执行上述图 3 所示的形变模型校正 305，如以下步骤 S60 至 S80 的说明。

10 鉴于前述运动曲线为所有帧影像中感兴趣区域的位置（以质心为准）的平均数据，优化设备 202 先于步骤 S60 处确认各帧影像中感兴趣区域的位置是否准确对应所述运动曲线，若各帧影像的兴趣区域并未准确对应运动曲线时，则可进行步骤 S70 的门控（gating）。反之，则可将各帧影像直接进行步骤 S80 的医学影像的优化重建。在本公开的一些实施例中，无论各帧影像的兴趣区域有无准确对应运动曲线，直接将各帧影像接续进行步骤 S70 的门控可帮助进一步掌握目标器官的移动情形，并降低步骤 S80 的医学影像的优化重建所耗费的时间。

- 15 在本公开的至少一个实施例中，步骤 S70 所述的门控用于根据步骤 S40 所计算目标器官（如，心脏）的运动曲线，而将各帧影像中时间和/或位置关系相近者进行集成，以形成门控组影像。

20 图 10 描述本公开中将关于心脏的医学影像的各帧影像整理为八个门控组的实施方案，其中，上排的八个门控组为以心脏的垂直长轴面向所观察的门控组影像，而下排的八个门控组则为以心脏的短轴面向所观察的门控组影像。另外，考量所述运动曲线可能对应至人体呼吸和/或心跳的规律运动，在扫描期间未出现病患剧烈运动的情形下，还可将此八个门控组影像对应于呼吸及/或心跳的各循环阶段，如图 10 所示从左到右为吸气/呼气的呼吸循环阶段，每张门控组影像相对于吸气结束阶段的门控组影像（最左侧的门控组影像）在人体头尾轴、左右轴和/或腹背轴上观察均有迭代的位移关系，故此步骤 S70 也称为呼吸门控或心跳门控。

- 25 在本公开的一些实施例中，图 10 示意性地描述自关于心脏的医学影像的所有帧影像依据人体呼吸循环阶段组合为八个门控组的实施方案（即，每个门控组包括帧影像总数的 12.5%）；然而，根据医学影像的校正优化效果的需求或操作需要，也可将门控组数量增加或减少，或是另外考量人体心动周期组成额外一组门控组影像，或综合考量呼吸与心跳循环阶段组成一组门控组影像，其在本文中并无特别限定。

30 在本公开的至少一个实施例中，在步骤 S80 处，用于根据已定位准确的各帧影像（即，未经过步骤 S70 处理的医学影像的各帧影像）或经步骤 S70 的门控的门控组影像执行医学影像的重建优化。医学影像重建优化的执行主要以各帧影像或门控组影像中的基准对象（例如，判断处于吸气结束阶段、心动周期的等容收缩期、或符合上述二者的一帧影像或门控组影像）为标准进行其余帧影像或门控组影像的动作补偿，而上述相对于人体头尾轴、

35

左右轴和/或腹背轴的运动曲线用于在进行上述动作补偿时调整（包括旋转、位移、缩放、形变等调整作业）帧影像或门控组影像的参考，且经重建的优化医学影像与基准对象间的相关系数用于观察此医学影像的重建优化的完成程度。

- 5 举例来说，当考虑人体呼吸循环阶段进行关于心脏的医学影像的重建优化时，优化设备 202 自所述医学影像对应的帧影像或门控组影像中选定处于吸气结束阶段的一帧影像或门控组影像作为基准对象，并在参考运动曲线下，相对于所述基准对象，将其余帧影像或门控组影像所包含的所有像素，依其三维座标在人体头尾轴、左右轴和/或腹背轴中进行调整（即，前述的旋转、位移、缩放等调整作业），进而将调整后的各帧影像或门控组影像集成以重建为优化医学影像，并迭代地执行所述医学影像的重建优化，直到优化医学影像与基准对象间达到最相似（例如，相关系数到达最大值或均方根误差达到最小值）为止，即代表此医学影像的动作补偿已完全，遂能达到如图 11 所示左侧图（未进行重建优化）到右侧图（完成重建优化）的动作补偿效果。

- 10 在本公开的一些实施例中，步骤 S80 所执行的动作补偿为通过将动作补偿程序融入最大后验期望最大（maximum a posteriori expectation maximization, MAPEM）算法的方式进行，其可表达为以下数学式的形式：

[数学式 1]

$$x_j^{next} = x_j^{current} \frac{1}{\sum_k \sum_i a_{ij}^k + \beta \frac{\partial U}{\partial x_j}} \sum_k \sum_i a_{ij}^k \frac{p_i^k}{\sum_j a_{ij}^k x_j^{current}},$$

- 20 其中， p_i^k 代表关于此医学影像的第 k 个帧影像或门控组影像的投影结果， i 代表所述投影结果中各像素的指数值， a_{ij}^k 代表关于此医学影像的第 k 个帧影像或门控组影像的建模用系统矩阵（即，将原系统矩阵根据第 k 个帧影像或门控组影像的移动、旋转、平移、或形变信息补偿调整后的新系统矩阵）， j 代表所述投影结果中各像素经调整后的指数值， $\frac{\partial U}{\partial x_j}$ 代表中值方根先验能量函数的偏导数， β 代表先验的可调整因子， $x_j^{current}$ 代表当前迭代循环所估计医学影像的重建结果（即，当前迭代循环的优化医学影像），而 x_j^{next} 代表下个迭代循环所估计医学影像的重建结果（即，用于下个迭代循环的优化医学影像）。在本公开的一些实施例中，预设医学影像的优化重建的迭代次数以 70 次为准（即， $next$ 的最大值设定为 70）；然而，也可视作业需求设定更多或更少的迭代次数，在本公开中并无特别限定。

- 30 图 12 描述优化设备 202 对医学影像执行上述步骤 S10 至 S80 后的效果示意图。举例而言，在本公开的至少一实施例中，优化设备 202 通过将关于目标器官（例如，心脏）的医学影像解析为帧影像的形式进行分析（例如，图例 1201 所示对应某一呼吸循环阶段的帧影像和/或图例 1202 所示对应某一心跳循环阶段的帧影像），接着考量目标器官的运动

- 曲线，以将各帧影像（或进行门控后的门控组影像）相对于人体头尾轴、左右轴和/或腹背轴进行调整（例如，图例 1203 所示对应某一呼吸循环阶段调整的帧影像和/或图例 1204 所示对应某一心跳循环阶段调整的帧影像），进而得到重建的优化医学影像 1205。到此，优化设备 202 可直接将重建的优化医学影像 1205 显示在管理平台 201 的使用者界面，或
- 5 是通过管理平台 201 将重建的优化医学影像 1205 存储至医学影像存储与传输系统 204，进而供医师通过诊间报告计算机 205 调阅。

本公开进一步提供一种计算机可读介质，应用于具有处理器和/或存储器的计算机或计算装置中，其存储有指令，使计算机或计算装置可通过处理器（例如，CPU、GPU 等）和/或存储器，通过指令执行如上所述医学影像的移动检测和校正的方法。

- 10 综上所述，本公开中医学影像的移动检测和校正的方法、系统和计算机可读介质可用于将关于目标器官的医学影像依照列表模式数据分割为多帧影像，并分析所述多帧影像中兴趣区域的多个质心，以计算得到目标器官在扫描期间的运动曲线，遂基于所述运动曲线执行医学影像的重建优化，故能在不需安装额外监控设备下，考虑人体器官或病灶的移动，以对医学影像进行移动检测和校正。

- 15 上述实施例仅例示性说明本公开的功效，而非用于限制本公开的范围，任何本领域技术人员均可在不违背本公开的范围下，对上述实施方案进行修饰与改变。因此本公开的权利保护范围，应如权利要求书所列。

权利要求

- 1.一种医学影像的移动检测和校正的系统，包括：
管理平台，用于提供使用者界面，以对目标器官的医学影像提交执行优化处理的指令，
5 其中，所述医学影像对应于列表模式数据；和
优化设备，用于根据所述指令执行所述医学影像的所述优化处理，其中，所述优化处理包括：
将所述医学影像所对应的所述列表模式数据分割为具有固定时间维度的多个帧，并将各所述帧成像为多帧影像；
10 在各所述帧影像中标注兴趣区域以涵盖所述目标器官；
根据各所述帧影像的所述兴趣区域计算所述目标器官的运动曲线；
根据所述运动曲线重建所述医学影像；以及
将经重建的所述医学影像显示在所述使用者界面。
- 15 2.如权利要求 1 所述的系统，其中，所述优化设备包括深度学习模组，且在各所述帧影像中标注兴趣区域包括：
通过所述深度学习模组在各所述帧影像中识别包含所述目标器官的二元分割区域；
通过所述深度学习模组将各所述二元分割区域模糊化以生成软遮罩；
通过所述深度学习模组将各所述软遮罩套用于各所述帧影像；
20 通过所述深度学习模组基于各所述软遮罩以初始椭圆球面拟合各所述帧影像中的所述目标器官；以及
通过所述深度学习模组将各所述初始椭圆球面依其半径向外扩张预设距离以生成代表所述兴趣区域的椭圆球面。
- 25 3.如权利要求 1 所述的系统，其中，根据各所述帧影像的所述兴趣区域计算所述目标器官的运动曲线包括：
将所述兴趣区域分割为第一子兴趣区域和第二子兴趣区域；
分别提取所述第一子兴趣区域的第一质心和所述第二子兴趣区域的第二质心的三维坐标，以作为所述帧影像的描述值；
30 将各所述帧影像的所述描述值以主成分分析法进行降维，并以降维后的各所述描述值的最大特征作为所述目标器官的移动和/或旋转信号；以及
根据各所述移动和/或旋转信号对各所述帧影像分组并过滤以计算所述运动曲线。
- 4.如权利要求 3 所述的系统，其中，所述目标器官为心脏，且将各所述兴趣区域分割
35 为所述第一子兴趣区域和所述第二子兴趣区域是沿着所述心脏的长轴，以短轴方向进行。

- 5.如权利要求 1 所述的系统,其中,所述运动曲线相对于人体的头尾轴、左右轴和腹背轴中的任一者绘制,且根据所述运动曲线重建所述医学影像包括:
- 自各所述帧影像中选定基准对象;
- 5 以所述运动曲线为参考进行各所述帧影像的动作补偿,其中,所述动作补偿包括:
- 相对于所述基准对象,将各所述帧影像中除所述基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在所述头尾轴、所述左右轴和所述腹背轴中的任一者中执行调整作业;以及
- 重复执行各所述帧影像的所述调整作业,直到经过所述调整作业的各所述帧影像的集成与所述基准对象间的相关系数到达最大值为止;以及
- 10 将经过所述动作补偿的各所述帧影像集成以重建所述医学影像。
- 6.如权利要求 3 所述的系统,进一步包括在根据各所述质心计算所述目标器官的运动曲线之后,且各所述帧影像的各所述兴趣区域未准确对应所述运动曲线的情况下,所述优化设备执行所述优化处理另包括执行各所述帧影像的门控,其中,所述门控用于将各所述
- 15 帧影像中时间和/或位置关系相近者集成为预设数量的门控组影像,且所述时间和/或位置关系为由人体呼吸和/或心跳的循环阶段所定义。
- 7.如权利要求 6 所述的系统,其中,所述运动曲线为相对于人体的头尾轴、左右轴和腹背轴中的任一者绘制,且根据所述运动曲线重建所述医学影像包括:
- 20 自各所述门控组影像中选定基准对象;
- 以所述运动曲线为参考进行各所述门控组影像的动作补偿,其中,各所述门控组影像的所述动作补偿包括:
- 相对于所述基准对象,将各所述门控组影像中除所述基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在所述头尾轴、所述左右轴和所述腹背轴的任一者中执行调整作业;以及
- 25 及
- 重复执行各所述门控组影像的所述调整作业,直到经过所述调整作业的各所述门控组影像的集成与所述基准对象间的相关系数到达最大值为止;以及
- 将经过所述动作补偿的各所述门控组影像集成以重建所述医学影像。
- 30 8.如权利要求 1 所述的系统,其中,所述固定时间维度以 100 毫秒至 500 毫秒为单位。
- 9.如权利要求 1 所述的系统,进一步包括:
- 扫描设备,用于拍摄所述目标器官以获得所述医学影像,其中,所述扫描设备选自由单光子发射计算机断层扫描设备、正电子发射断层扫描设备、磁共振成像设备和计算机断层扫描设备所组成的组中的任一者或其组合;
- 35

医学影像存储与传输系统，用于存储所述医学影像和经重建的所述医学影像；以及
诊间报告计算机，用于调阅或展示所述医学影像和经重建的所述医学影像。

10.一种医学影像的移动检测和校正的方法，包括：

- 5 取得目标器官的医学影像，其中，所述医学影像对应于列表模式数据；
将所述医学影像所对应的所述列表模式数据分割为具有固定时间维度的多个帧，并将
各所述帧成像为多帧影像；
在各所述帧影像中标注兴趣区域以涵盖所述目标器官；
根据各所述帧影像的所述兴趣区域计算所述目标器官的运动曲线；以及
10 根据所述运动曲线重建所述医学影像。

11.如权利要求 10 所述的方法，其中，在各所述帧影像中标注所述兴趣区域以涵盖所
述目标器官包括：

- 通过深度学习模组在各所述帧影像中识别包含所述目标器官的二元分割区域；
15 通过所述深度学习模组将各所述二元分割区域模糊化以生成软遮罩；
通过所述深度学习模组将各所述软遮罩套用于各所述帧影像；
通过所述深度学习模组基于各所述软遮罩以初始椭圆球面拟合各所述帧影像中的所
述目标器官；以及
通过所述深度学习模组将各所述初始椭圆球面依其半径向外扩张预设距离，以生成代
20 表所述兴趣区域的椭圆球面。

12.如权利要求 10 所述的方法，其中，根据各所述帧影像的所述兴趣区域计算所述目
标器官的运动曲线包括：

- 将所述兴趣区域分割为第一子兴趣区域和第二子兴趣区域；
25 分别提取所述第一子兴趣区域的第一质心和所述第二子兴趣区域的第二质心的三维
坐标以作为所述帧影像的描述值；
将各所述帧影像的所述描述值以主成分分析法进行降维，并以降维后的所述描述值的
最大特征作为所述目标器官的移动和/或旋转信号；以及
根据各所述移动和/或旋转信号对各所述帧影像分组并过滤以计算所述运动曲线。
30

13.如权利要求 12 所述的方法，其中，所述目标器官为心脏，且将所述兴趣区域分割
为所述第一子兴趣区域和所述第二子兴趣区域是沿着所述心脏的长轴，以短轴方向进行。

- 14.如权利要求 10 所述的方法，其中，所述运动曲线相对于人体的头尾轴、左右轴和
35 腹背轴中的任一者绘制，且根据所述运动曲线重建所述医学影像包括：

自各所述帧影像中选定基准对象；

以所述运动曲线为参考进行各所述帧影像的动作补偿，其中，所述动作补偿包括：

相对于所述基准对象，将各所述帧影像中除所述基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在所述头尾轴、所述左右轴和所述腹背轴中的任一者中执行调整作业；以及

5 重复执行各所述帧影像的所述调整作业，直到经过所述调整作业的各所述帧影像的集成与所述基准对象间的相关系数到达最大值为止；以及

将经过所述动作补偿的各所述帧影像集成以重建所述医学影像。

15.如权利要求 12 所述的方法，进一步包括在所述根据各所述质心计算所述目标器官的运动曲线之后，且各所述帧影像的各所述兴趣区域未准确对应所述运动曲线的情况下，
10 执行各所述帧影像的门控，其中，所述门控用于将各所述帧影像中时间和/或位置关系相近者集成为预设数量的门控组影像，且所述时间和/或位置关系由人体呼吸及/或心跳的循环阶段所定义。

15 16.如权利要求 15 所述的方法，其中，所述运动曲线相对于人体的头尾轴、左右轴和腹背轴中的任一者绘制，且根据所述运动曲线重建所述医学影像包括：

自各所述门控组影像中选定基准对象；

以所述运动曲线为参考进行各所述门控组影像的动作补偿，其中，各所述门控组影像的所述动作补偿包括：

20 相对于所述基准对象，将各所述门控组影像中除所述基准对象外的各者所包含的所有像素依其三维座标在所述头尾轴、所述左右轴和所述腹背轴中的任一者中执行调整作业；
及

重复执行各所述门控组影像的所述调整作业，直到经过所述调整作业的各所述门控组影像的集成与所述基准对象间的相关系数到达最大值为止；以及

25 将经过所述动作补偿的各所述门控组影像集成以重建所述医学影像。

17.如权利要求 10 所述的方法，其中，所述医学影像由扫描设备拍摄所述目标器官所得，且所述扫描设备选自自由单光子发射计算机断层扫描设备、正电子发射断层扫描设备、
30 磁共振成像设备和计算机断层扫描设备所组成的组中的任一者或其组合。

18.如权利要求 10 所述的方法，其中，所述固定时间维度以 100 毫秒至 500 毫秒为单位。

19.一种计算机可读存储介质，其应用于计算机中且具有指令，以执行如权利要求 10
35 至 18 中任一项所述医学影像的移动检测和校正的方法。