



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112106146 A

(43) 申请公布日 2020.12.18

(21) 申请号 201980030743.4

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

(22) 申请日 2019.02.27

代理人 刘兆君

(30) 优先权数据

18160724.3 2018.03.08 EP

18191730.3 2018.08.30 EP

(51) Int.Cl.

G16H 30/40 (2018.01)

G16H 50/30 (2018.01)

G16H 15/00 (2018.01)

G06T 11/60 (2006.01)

G06T 7/00 (2017.01)

A61B 8/08 (2006.01)

A61B 8/12 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.11.06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/054854 2019.02.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/170493 EN 2019.09.12

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 H·尼克基施 T·维塞尔

M·格拉斯

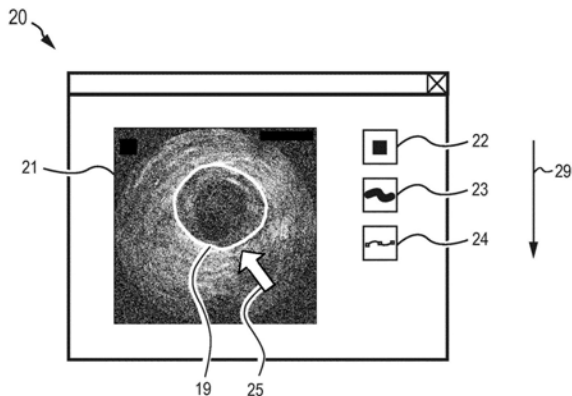
权利要求书3页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

用于高风险斑块负担评估的交互式自我改进注释系统

(57) 摘要

一种用于分析医学图像的医学图像注释系统。所述图像注释系统提供多个图像注释工具，所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分。所述图像注释系统的记录模块被配置为针对所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域记录使用所述图像注释工具执行的交互。所述图像注释系统被配置为基于所记录的交互来针对所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量。另外，通过用户接口对所述注释工具呈现指示顺序，其中，所述顺序响应于当前接收用户输入的所述感兴趣区域而改变。



1. 一种包括用于分析多幅二维和/或三维医学图像的医学图像注释系统 (2) 的系统 (1), 所述医学图像注释系统提供多个图像注释工具, 所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分;

其中, 所述医学图像注释系统 (2) 包括:

用户接口;

记录模块; 以及

计算模块,

其中, 针对所述图像中的每幅图像, 所述用户接口被配置为: i) 呈现相应的医学图像, 并且 ii) 针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域, 接收与使用所述图像注释工具 (22、23、24) 中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的的用户输入;

其中, 针对所述医学图像中的第一医学图像, 所述记录模块被配置为针对所述第一图像的所述感兴趣区域中的一个或多个感兴趣区域记录所述交互;

其中, 针对所述图像的所述第一图像和/或第二图像, (a) 和 (b) 中的至少一项适用:

(a) 所述计算模块被配置为取决于所记录的交互来针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量; 以及

(b) 所述用户接口对所述注释工具 (22、23、24) 的呈现指示顺序 (29), 其中, 所述顺序响应于所述相应的图像的当前接收所述用户输入的所述感兴趣区域而改变。

2. 根据权利要求1所述的系统 (1), 其中, 至少 (a) 适用, 并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 所述感兴趣区域的所述图像注释复杂性度量是取决于针对所述感兴趣区域记录的所述交互中的一个或多个交互而确定的。

3. 根据权利要求1或2所述的系统 (1), 其中, 至少 (a) 适用, 并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 所述图像注释复杂性度量指示使用所述用户接口来注释所述感兴趣区域的至少部分所需的用户交互的程度。

4. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统 (1), 其中, 至少 (a) 适用, 并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 所述图像注释复杂性度量是取决于所述用户经由所述用户接口来注释所述感兴趣区域的至少部分所需的测量时间而确定的。

5. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统 (1), 其中, 至少 (a) 适用, 并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 所述图像注释复杂性度量是取决于所述用户经由所述用户接口来注释所述感兴趣区域的至少部分所需的交互数量而确定的。

6. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统, 其中, 至少 (a) 适用, 并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 所述图像注释复杂性度量是取决于所述用户使用所述多个注释工具 (22、23、24) 中的哪个注释工具来注释所述感兴趣区域的至少部分而确定的。

7. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统 (1), 其中, 至少 (a) 适用, 并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 所述图像注释复杂性度量是取决于所述感兴趣区域的至少部分的像素的数量和/或几何布置而确定的。

8. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统 (1), 其中, (a) 和 (b) 适用, 并且所述图像注释系统被配置为: 针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域, 取

决于所述感兴趣区域的所述图像注释复杂性度量而确定所述图像注释工具的顺序。

9. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统 (1), 其中, 所述用户接口被配置为取决于所记录的交互中的一个或多个交互来调整所述图像注释工具中的一个或多个图像注释工具的一个或多个操作参数。

10. 根据权利要求9所述的系统 (1), 其中, 所述系统被配置为:

改变所述操作参数中的至少一个操作参数; 并且

测量所述改变如何影响从所述用户的所述交互的至少部分采集的测量结果。

11. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统 (1), 其中, 至少 (a) 适用, 并且所述用户接口被配置为: 针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域显示指示符 (36、37、38), 所述指示符在视觉上指示所述感兴趣区域的所述图像注释复杂性度量并且与所述感兴趣区域同时显示。

12. 根据前述权利要求中的任一项所述的系统, 其中, 至少 (b) 适用, 并且所述图像注释系统被配置为取决于经由所述用户接口接收的所述用户输入而生成用户简档, 其中, 所述注释工具的所述顺序是取决于所述用户简档而确定的。

13. 一种使用图像注释系统 (2) 来分析多幅二维和/或三维医学图像的方法 (100), 所述图像注释系统具有用户接口并且提供多个图像注释工具, 所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分;

其中, 所述方法包括: 针对所述图像中的每幅图像:

使用所述用户接口来呈现 (110) 相应的医学图像;

针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域, 使用所述用户接口来接收 (120) 与使用所述图像注释工具中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入; 并且

其中, 所述方法包括针对所述图像中的第一图像: 针对所述第一图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域, 使用所述图像注释系统 (2) 来记录 (130) 所述交互; 并且

其中, 针对所述图像的所述第一图像和/或第二图像, (a) 和 (b) 中的至少一项适用:

(a) 所述方法 (100) 还包括: 取决于所记录的交互来针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的一个或多个感兴趣区域计算 (140) 图像注释复杂性度量; 以及

(b) 所述方法 (100) 还包括: 使用所述用户接口来呈现 (150) 所述注释工具, 使得所述呈现指示顺序 (29), 其中, 所述顺序 (29) 响应于所述相应的图像的当前接收所述用户输入的所述感兴趣区域而改变。

14. 一种包括指令的计算机程序产品, 所述指令当在计算机上被运行时令所述计算机执行根据权利要求13所述的方法 (100)。

15. 一种用于使用图像注释系统 (2) 来分析多幅二维或三维医学图像的程序单元, 所述图像注释系统具有用户接口, 其中, 所述医学图像注释系统提供多个图像注释工具, 所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分;

其中, 所述程序单元在由数据处理系统的处理器运行时适于针对所述图像中的每幅图像执行以下操作:

使用所述用户接口来呈现 (110) 相应的医学图像;

针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域,使用所述用户接口来接收(120)与使用所述图像注释工具中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入;并且

其中,所述程序单元在由所述数据处理系统的处理器运行时适于针对所述图像中的第一图像执行以下操作:

针对所述第一图像的所述感兴趣区域中的一个或多个感兴趣区域,使用所述图像注释系统(2)来记录(130)所述交互;并且

其中,针对所述图像的所述第一图像和/或第二图像,(a)和(b)中的至少一项适用:

(a)所述程序单元在由所述数据处理系统的处理器运行时适于执行:取决于所记录的交互来针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算(140)图像注释复杂性度量;以及

(b)所述程序单元在由所述数据处理系统的处理器运行时适于执行:使用所述用户接口来呈现(150)所述注释工具,使得所述呈现指示顺序(29),其中,所述顺序(29)响应于所述相应的图像的当前接收所述用户输入的所述感兴趣区域而改变。

## 用于高风险斑块负担评估的交互式自我改进注释系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于医学图像的交互式注释的系统和方法。

### 背景技术

[0002] 冠状动脉疾病 (CAD) 是全球范围内最大的死亡原因之一。医生需要在病变水平上准确描画冠状动脉中的可疑狭窄,以便进行全面和定量的风险评估,然后做出最终的处置决定。

[0003] 需要准确定位和分割诸如钙化水平以及所谓的高风险斑块特征之类的不同样式,以便能够可靠地评估总体斑块负担。血管内成像模态 (例如,血管内超声 IVUS 和光学相干断层摄影 OCT) 与器官水平成像模态 (例如,超声 US、磁共振成像 MRI 以及计算机断层摄影 CT) 具有互补属性,并且通常被用于提供基于斑块组成来做出预测性陈述所需的解剖信息和功能信息。

[0004] 在医学图像注释的背景下,计算机系统在某种程度上是对人类操作者的补充。计算机系统擅长进行需要不断关注的重复性任务 (即,对细胞进行计数或者收集和量化本地证据),但在可获得背景信息或全局先验知识时会表现出缺点。

[0005] 以下文件在本公开内容的领域和相关领域中是已知的:

[0006] [1] João Silva Marques 和 Fausto J. Pinto 的 “The vulnerable plaque: Current concepts and future perspectives on coronary morphology, composition and wall stress imaging” (Rev Port Cardiol, 第 33 卷, 第 2 期, 第 101-110 页, 2014 年)。

[0007] [2] Michiel J. Bom、Dirk J. van der Heijden、Elvin Kedhi、Jan van der Heyden、Martijn Meuwissen、Paul Knaapen、Stefan A. J. Timmer、Niels van Royen 的 “Early Detection and Treatment of the Vulnerable Coronary Plaque, Can We Prevent Acute Coronary Syndromes?” (Circ Cardiovasc Imaging., 2017 年, 10: e005973)。

[0008] 因为通常在这样的流程中使用的图像数据是高维的并且可能具有很高的分辨率,因此希望至少部分自动化地注释这些数据集的注释,因为在体素水平上进行完整的手动注释可能太耗时而无法适应临床工作流程。因此,注释软件会在其中起到重要作用。用于有效的 2D 分割的基本操作 (不仅仅是体素水平的注释) 可以包括例如交互式水平设置、画笔描边、样条曲线和边界框。这些只是示例,当然也可以使用更多的编辑工具。一个特殊的挑战是大多数医学图像的 3D 性质与可用的最适合 2D 数据的编辑和可视化工具相冲突。(可能是从先前记录的人类注释中学习的) 全自动注释算法形成谱的另一端,因为它们根本不需要用户交互。在实践中,通常会使用混合算法来形成所谓的半自动注释工具,在该半自动注释工具中,软件会提出注释,该注释随后会被人类操作者接受、细化、改进、校正或仅仅是拒绝。

[0009] 然而,当前最先进的注释工具 (例如,冠状动脉中心线、管腔和壁编辑) 基于自动注释和平滑算法,该算法经过优化可自动完成注释任务且达到一定水平的准确度。这些算法

没有经过优化而无法以最少的用户交互来完成注释任务。本发明试图克服一个或多个上述缺点。

### 发明内容

[0010] 本公开内容提供了最大程度地减小注释医学图像所需的用户交互努力的方法。具体地,本公开内容允许对冠状动脉斑块、管腔边界和/或中膜-外膜边界的准确描画。对冠状动脉斑块的描画可以用于对未来的急性冠状动脉综合征ACS的风险评估。分割系统可以被配置为使用在先前的半自动分割阶段的日志上训练的预测性正向用户模型。籍此,分割系统可以以使完整分割所需的总时间最小化的方式辅助用户。

[0011] 本公开内容的实施例涉及一种包括医学图像注释系统的系统,所述医学图像注释系统用于分析多幅二维和/或三维医学图像。所述医学图像注释系统提供多个图像注释工具,所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分。所述医学图像注释系统包括用户接口、记录模块以及计算模块。针对所述图像中的每幅图像,所述用户接口配置为:i) 呈现相应的医学图像,并且ii) 针对所述相应的图像的感兴趣区域中的每个感兴趣区域,接收与使用图像注释工具中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入。所述记录模块被配置为针对所述图像的至少第一图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域记录每个交互。针对所述图像的所述第一图像和/或第二图像,(a) 和 (b) 中的至少一项适用:(a) 所述计算模块被配置为取决于所记录的多个交互来针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量;以及 (b) 所述用户接口对所述注释工具的呈现指示顺序,其中,所述顺序响应于所述相应的图像的当前接收所述用户输入的所述感兴趣区域而改变。

[0012] 对医学图像的分析可以包括注释医学图像内的一个或多个感兴趣区域。在注释期间,医学图像内的感兴趣区域的位置可能会改变。举例来说,在注释期间,可以细化对形成感兴趣区域的部分的像素和/或体素的识别。术语“注释”在本文中可以被定义为意指医学图像的一个或多个像素被分配给一个或多个预定义的类别。该类别可以是身体部分的类别和/或不同身体部分之间的边界的类别(例如,血管的管腔边界或血管的中膜-外膜边界)。注释可以包括确定医学图像内的感兴趣区域的范围。感兴趣区域可以对应于图像的图像结构。举例来说,图像结构可以表示血管的管腔边界或中膜-外膜边界。对医学图像执行的注释可以引起将医学图像分割成多个感兴趣区域。感兴趣区域可以重叠或不重叠。

[0013] 图像可以具有共同的感兴趣区域集合。举例来说,图像中的每幅图像可以具有针对管腔边界的感兴趣区域和针对中膜-外膜边界的另外的感兴趣区域。在图像中的每幅图像中,感兴趣区域可以位于图像内的不同位置处。

[0014] 感兴趣区域的示例包括但不限于:血管中的斑块的至少部分或斑块边界的至少部分、血管的管腔的至少部分或管腔边界的至少部分、血管的范围的至少部分或血管的中膜-外膜边界的至少部分。血管可以是冠状动脉血管。

[0015] 注释工具的至少部分可以是半自动的,即,需要用户交互。

[0016] 医学图像注释系统可以包括数据处理系统。数据处理系统可以包括计算机系统,该计算机系统具有处理器和用于存储能由处理器处理的指令的存储器。处理器可以运行操

作系统。处理器可以执行操作以执行在本公开内容中讨论的方法步骤和操作。数据处理系统还可以包括图像注释系统的用户接口。用户接口可以被配置为允许用户从数据处理系统接收数据和/或向数据处理系统提供数据。可以经由诸如计算机鼠标和/或键盘之类的数据处理系统的输入设备来接收用户输入。用户接口可以包括图形用户接口。数据处理系统还可以包括显示设备,该显示设备用于使用用户接口向用户呈现医学图像和图像注释工具。可以使用以下技术中的一种或组合来采集医学图像:血管造影(例如,冠状动脉CT血管造影(缩写为cCTA)、血管内视镜检查、热成像、荧光显微镜检查、血管内超声(IVUS)、光学相干断层摄影(OCT)、计算机断层摄影(CT)、磁共振成像(MRI)、正电子发射断层摄影(PET)和/或单光子发射计算机断层摄影(SPECT)。可以使用显微图像采集来采集医学图像。

[0017] 医学图像中的每幅医学图像可以包括灰度图像数据和/或彩色图像数据。医学图像中的每幅医学图像可以示出一个或多个图像结构,该一个或多个图像结构中的每个图像结构表示身体的一个或多个在解剖和/或功能上定义的部分。感兴趣区域中的每个感兴趣区域可以对应于图像结构的至少部分和/或图像结构的边界的至少部分。针对身体的在解剖上定义的部分的示例是组织结构,例如,血管。身体的在功能上定义的部分可以是身体的执行解剖功能的部分,例如,血管中的斑块。图像中的至少一幅图像可以示出穿过血管的横截面。该横截面可以基本垂直于或者基本平行于血管的纵轴。

[0018] 可以执行针对感兴趣区域的一个或多个交互以注释相应的感兴趣区域。交互中的每个交互可以包括将图像注释工具中的一个或组合应用于医学图像。

[0019] 图像注释复杂性度量可以包括一个或多个参数。所计算的图像注释复杂性度量可以被存储在图像注释系统的存储设备中。

[0020] 可以使用针对注释工具中的每个注释工具的图形表示将注释工具的至少部分呈现给用户。图形表示可以是图标。术语“图像注释工具”在本文中可以被定义为意指一种或多种操作(特别是数字操作),其被应用于医学图像的一个或多个像素和/或体素。像素和/或体素至少部分由用户选择。图像注释工具中的一个或多个图像注释工具可以被配置为识别医学图像的一个或多个像素和/或一个或多个体素,以便定义感兴趣区域的范围。图像注释工具的顺序可以是层次顺序。换句话说,可以以分级的顺序来呈现图像注释工具,使得图像注释工具的顺序反映出该图像注释工具在其余的图像注释工具中的等级。该顺序可以是用于执行需要低程度的用户交互的高效图像注释的优先情况的顺序。举例来说,注释工具可以以几何布置形式被呈现在系统的显示设备上,其中,该几何布置指示顺序。额外地或替代地,可以将一个或多个数字分配给一个或多个注释工具,并且将这一个或多个数字与相应的注释工具同时显示,其中,这些数字指示注释工具的顺序。

[0021] 根据一个实施例,其中,至少(a)适用,并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域,所述感兴趣区域的所述图像注释复杂性度量是取决于针对相应的感兴趣区域记录的所述交互中的一个或多个交互而确定的。

[0022] 根据另外的实施例,至少(a)适用,并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域,所述图像注释复杂性度量指示使用所述用户接口来注释所述感兴趣区域的至少部分所需的用户交互的程度和/或用户交互的量。用户交互的程度可以是用户执行的操作相对于注释感兴趣区域的至少部分所需的所有操作的相对量的量度。

[0023] 根据另外的实施例,至少(a)适用,并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中

的至少一个感兴趣区域,所述图像注释复杂性度量是取决于所述用户经由所述用户接口来注释所述感兴趣区域的至少部分所需的测量时间而确定的。

[0024] 根据另外的实施例,至少 (a) 适用,并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域,所述图像注释复杂性度量是取决于所述用户经由所述用户接口来注释所述感兴趣区域的至少部分所需的交互数量而确定的。

[0025] 根据另外的实施例,至少 (a) 适用,并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域,所述图像注释复杂性度量是取决于所述用户使用所述多个注释工具中的哪个注释工具来注释所述感兴趣区域的至少部分而确定的。

[0026] 根据另外的实施例,至少 (a) 适用,并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域,所述图像注释复杂性度量是取决于所述感兴趣区域的至少部分的像素和/或体素的数量和/或几何布置而确定的。举例来说,可以取决于一个或多个参数来确定图像注释复杂性度量,该一个或多个参数是取决于几何布置而确定的,例如是取决于像素集群大小分布而确定的。举例来说,取决于像素集群大小分布而确定的参数可以包括平均集群大小和/或低于预定义阈值集群大小的像素集群的数量。

[0027] 根据另外的实施例,(a) 和 (b) 适用,并且所述图像注释系统被配置为:针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域,取决于所述感兴趣区域的所述图像注释复杂性度量而确定所述图像注释工具的顺序。

[0028] 根据另外的实施例,所述用户接口被配置为取决于所记录的交互中的一个或多个交互来调整所述图像注释工具中的一个或多个图像注释工具的一个或多个操作参数。操作参数可以是在我们使用注释工具来执行注释的情况下感兴趣区域的范围所依赖的参数。感兴趣区域的范围可以由形成感兴趣区域的像素组来表示。

[0029] 根据另外的实施例,所述系统被配置为改变所述操作参数中的至少一个操作参数。所述系统还可以被配置为测量所述改变如何影响从所述用户的所述交互的至少部分采集的测量结果。从交互采集的测量结果可以包括对用户执行交互所需的时间的测量结果和/或对交互数量的测量结果。

[0030] 根据另外的实施例,至少 (a) 适用,并且所述用户接口被配置为:针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的至少一个感兴趣区域显示指示符,所述指示符在视觉上指示所述感兴趣区域的所述图像注释复杂性度量并且与所述感兴趣区域同时显示。指示符和医学图像可以由用户接口以叠加的方式显示。指示符可以在视觉上指示感兴趣区域的至少部分的范围。

[0031] 根据另外的实施例,至少 (b) 适用,并且所述图像注释系统被配置为取决于经由所述用户接口接收的所述用户输入而生成用户简档,其中,所述注释工具的所述顺序是取决于所述用户简档而确定的。用户简档可以指示将用户分类成多个预定义用户类别。该类别可以是用户经验的类别。举例来说,用户类别可以包括类别“有经验的用户”和“无经验的用户”。

[0032] 医学图像注释系统可以被配置为接收指示执行对一个或多个感兴趣区域的注释的用户的用户识别符的用户输入。医学图像注释系统可以被配置为将用户简档存储在医学图像注释系统的存储设备上。医学图像注释系统可以被配置为取决于用户简档的一个或多个参数(特别是取决于对用户的分类)而确定图像注释复杂性度量和/或图像注释工具的顺序。

序。

[0033] 本公开内容的实施例涉及一种使用图像注释系统来分析多幅二维和/或三维医学图像的方法,所述图像注释系统具有用户接口。所述医学图像注释系统提供多个图像注释工具,所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分。所述方法包括针对所述图像中的每幅图像:使用所述用户接口来呈现相应的医学图像;并且针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域,使用所述用户接口来接收与使用所述图像注释工具中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入。针对所述图像中的第一图像,所述方法包括:针对所述第一图像的所述感兴趣区域中的一个或多个感兴趣区域,使用所述图像注释系统来记录所述交互。针对所述图像的所述第一图像和/或第二图像,(a)和(b)中的至少一项适用:(a)所述方法还包括:取决于所记录的交互来针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量;以及(b)所述方法还包括:使用所述用户接口来呈现所述注释工具,使得所述呈现指示顺序,其中,所述顺序响应于所述相应的医学图像的当前接收所述用户输入的所述感兴趣区域而改变。

[0034] 本公开内容的实施例涉及一种包括指令的计算机程序产品,所述指令当在计算机上被运行时令所述计算机执行本文描述的方法的步骤。

[0035] 本公开内容的实施例涉及一种用于使用图像注释系统来分析多幅二维和/或三维医学图像的程序单元,所述图像注释系统具有用户接口。所述医学图像注释系统提供多个图像注释工具,所述多个图像注释工具中的每个图像注释工具被配置为针对所述医学图像的一个或多个感兴趣区域执行注释的至少部分。所述程序单元在由数据处理系统的处理器运行时适于针对所述图像中的每幅图像执行以下操作:使用所述用户接口来呈现相应的医学图像;针对所述相应的图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域,使用所述用户接口来接收与使用所述图像注释工具中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入。所述程序单元在由所述数据处理系统的处理器运行时还适于针对所述图像中的第一图像执行以下操作:针对所述第一图像的所述感兴趣区域中的一个或多个感兴趣区域,使用所述图像注释系统来记录所述交互。针对所述图像的所述第一图像和/或第二图像,(a)和(b)中的至少一项适用:(a)所述程序单元在由所述处理器运行时适于执行:取决于所记录的交互来针对所述相应的医学图像的所述感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量;以及(b)所述程序单元在由所述处理器运行时适于执行:通过所述用户接口来呈现所述注释工具,使得所述呈现指示顺序,其中,所述顺序响应于所述相应的图像的当前接收所述用户输入的所述感兴趣区域而改变。

[0036] 本公开内容的实施例涉及一种用于在医学图像中描画冠状动脉斑块的医学图像注释系统。所述系统包括:用户接口,其用于向用户呈现医学图像和多个图像注释工具;记录模块;计算模块;以及输出模块。所述用户接口被配置为:i)呈现医学图像和具有层次顺序的多个图像注释工具,所述医学图像包括多个感兴趣区域,并且ii)接收与针对所述医学图像的每个感兴趣区域的利用每个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入。所述记录模块被配置为记录针对所述医学图像的每个感兴趣区域的利用每个图像注释工具进行的每个交互。所述计算模块被配置为基于所记录的多个交互来计算针对所述医学图像的每个感兴趣区域的图像注释复杂性度量。所述输出模块被配置为在当前呈现的图像



图1所示的示例性实施例中,图像采集系统10是血管内超声(通常被缩写为IVUS)系统。然而,本公开内容不限于IVUS系统,而是能够应用于被配置为从身体采集二维和/或三维医学图像的任何系统。这样的系统可以被配置为执行以下成像技术中的一种或组合:血管造影(例如,冠状动脉CT血管造影(被缩写为cCTA))、血管内镜检查、热成像、荧光显微镜检查、光学相干断层摄影(OCT)、计算机断层摄影(CT)、磁学共振成像(MRI)、正电子发射断层摄影(PET)以及单光子发射计算机断层摄影(SPECT)。

[0048] 在本示例性实施例中,医学图像是血管的横截面图像并用于识别斑块,特别是用于识别冠状动脉血管中的斑块。冠状动脉斑块会导致冠状动脉血管中的血流减少,从而使部分心肌无法正常工作甚至死亡。极易被破坏的易损坏的斑块特别危险。易损坏的斑块的破裂和随后的血栓形成是急性冠状动脉综合征(ACS)的主要原因。具体地,ACS常常是由非阻塞性、偏心性冠状动脉斑块的斑块破裂(这会发起血栓性级联反应,从而导致冠状动脉管腔完全或几乎完全堵塞)引起的。因此,使用医学图像来识别易损坏的斑块对于实现用于稳定这样的斑块的处置模态的发展很重要。

[0049] 怀疑具有大的坏死核心和薄的纤维帽的斑块容易破裂,因此通常将其称为薄帽纤维性动脉瘤(TCFA)。已经表明:斑块帽厚度与斑块破裂风险之间存在反比关系。正因如此,斑块的形态特征与破裂相关联。

[0050] 然而,应当注意,本公开内容不限于用于斑块的形态表征的图像注释,特别是不限于在图像内对其识别。通常,可以想到将该系统用于对其他身体部分的注释。举例来说,本文所述的系统和方法能够用于其他血管内处置流程,例如,膝盖以下(BTK)和/或膝盖以上(ATK)的外围流程。另外,本文描述的系统和方法能够用于分析从血管支架采集的医学图像。额外地或替代地,本文描述的系统和方法能够用于分析从除了血管之外的器官和/或身体部分采集的医学图像,诸如,二维和/或三维胸部图像。可以使用计算机断层摄影、投影X射线成像和/或磁共振断层摄影(MRT)来采集胸部图像。

[0051] 由于医学图像的图像数据是二维和/或三维的并且可能具有高分辨率,因此表明注释过程需要至少部分自动化,因为在像素/体素水平进行完全手动注释是繁琐且耗时的,因此不适用于必须处理越来越多的患者数据量的临床工作流程。手动分割还会导致错误和结果差异(其取决于操作者内部和操作者之间的差异)。另一方面,已经表明:自动注释算法(即,不需要用户交互并且可以从先前记录的人类注释中学习的算法)无法提供所需的准确度。

[0052] 因此,需要半自动注释工具(即,需要用户交互的注释工具),其允许以高准确度进行有效注释。

[0053] 发明人已经发现:通过提供具有基于本公开内容中所描述的半自动注释工具的图像注释系统的系统,可以满足这种需求。

[0054] 这样的半自动注释工具可以被配置为使得图像注释系统提出对注释的估计结果。注释工具还可以被配置为使得操作者能够例如通过接受、细化或拒绝注释估计结果来调整注释估计结果。额外地或替代地,半自动注释工具可以被配置为使得用户经由用户接口来输入对注释的估计结果,该估计结果随后被图像注释系统细化。还可以想到将这些过程组合在一起而产生迭代细化过程,在该迭代细化过程中,用户和注释系统交替地细化注释。

[0055] 返回图1,IVUS系统10包括导管12,该导管12包括IVUS换能器,该IVUS换能器被安

装在导管12的远端部分13。导管12能够被插入到人体血管中。导管12被配置为使得IVUS换能器能够旋转。举例来说,IVUS换能器可以是可旋转的,从而能够生成360度超声扫频以提供血管的横截面图像。IVUS系统10还包括控制器11,该控制器11被配置为控制IVUS换能器的旋转移动并控制IVUS换能器的操作。IVUS系统的控制器11接收由换能器生成的超声成像信号并将经修改或未修改的信号发送到图像注释系统2。

[0056] 另外,IVUS的应用(例如,集成的反向散射小波分析和虚拟组织学)已经允许IVUS以高准确度将斑块表征为脂质、纤维组织、钙化或坏死核心。沿着血管的轴线移动导管12的远端部分13并在沿着血管的轴线的多个不同位置处采集旋转扫频允许生成三维图像,可以使用本文描述的注释系统对该三维图像进行分析。

[0057] 如将在下面进一步详细讨论的,图像注释系统2被配置为执行对血管的管腔边界和/或中膜-外膜边界的识别。这允许对冠状动脉壁和斑块进行二维或三维定量分析。

[0058] 图2A示出了通过执行360度超声扫频从冠状动脉血管采集的二维IVUS图像。该图像表示基本上垂直于血管的纵轴的横截面。如图2B所示,取决于图2A所示的图像的灰度图像数据的强度值,能够识别与导管14和由管腔边界17划界的血管的管腔15相对应的图像区域。管腔15是动脉的开放通道,血液流过该开放通道。此外,能够识别中膜-外膜边界19。外膜对应于血管的外壳。中膜表示血管壁并且位于管腔边界17与中膜-外膜边界19之间的图像区域16中。图像区域16也包含斑块。在管腔内膜边界17与中膜-外膜边界19之间是否形成区域16允许确定是否存在斑块,并且还可以例如通过确定斑块负担来定量分析斑块的量。进一步的讨论涉及对管腔边界和中膜-外膜边界的识别,许多用于斑块分析的IVUS测量都依赖于这种对管腔边界和中膜-外膜边界的识别。然而,也可以想到,例如为了识别中膜和斑块的程度和/或区分钙化斑块与纤维脂肪斑块,还可以识别出更多的界面和/或边界。图3A是图像注释系统2的显示设备4(如图1所示)的屏幕截图,其图示了图形用户接口的窗口34,在该窗口34中,医学图像21的至少部分被呈现给用户。图形用户接口被配置为向用户呈现多个图像注释工具22、23和24,其中的每个图像注释工具包括在用于注释医学图像21的一个或多个感兴趣区域的过程中使用的一个或多个操作。注释工具22是水平设置/洪泛填充注释工具,其取决于由用户设置的阈值并且取决于针对洪泛填充操作的用户定义的起点来执行洪泛填充操作。注释工具23是画笔描边注释工具,其允许用户使用画笔描边来调整由注释系统识别的和/或由用户通过定义将位于图像区域内的像素和/或体素和/或将位于图像区域外的像素和/或体素而识别的图像区域。图像区域可以表示要注释的感兴趣区域,或者可以被要注释的感兴趣区域包围(例如被管腔边界或中膜-外膜边界包围)。注释工具23是贝塞尔曲线注释工具,其允许用户使用贝塞尔曲线来生成和/或调整感兴趣区域。特别地,贝塞尔曲线注释工具23可以被配置为允许用户调整一个或多个控制点在显示设备的观看表面上的位置。要注释的感兴趣区域可以由贝塞尔曲线表示,也可以被贝塞尔曲线包围。

[0059] 图形用户接口20使用图标将注释工具22、23和24中的每个注释工具呈现给用户。图形用户接口20还被配置为允许用户使用计算机鼠标6(如图1所示)的指针25来选择注释工具22、23和24中的一个注释工具,该注释工具22、23和24被呈现给用户,以便用户使用选定的注释工具来识别感兴趣区域(即,选择形成感兴趣区域的像素和/或体素)。

[0060] 如图3A所示,注释工具22、23和24被按顺序呈现给用户,该顺序在图3A中由箭头29示意性指示。图形用户接口未显示箭头29。针对注释工具22、23和24中的每个注释工具,注

释工具22、23和24的顺序表示所呈现的注释工具之间的等级。医学图像注释系统被配置为使得等级是当相应的图像注释工具被使用时图像注释过程的有效性的量度。

[0061] 还可以想到,可以使用其他图形表示将注释工具22、23和24按顺序呈现给用户。举例来说,用户接口可以向用户呈现项目列表,其中,项目中的每个项目表示注释工具中的一个注释工具。列表中的注释工具的等级可以指示在使用列表呈现的注释工具中相应的注释工具的等级。

[0062] 图像注释系统2被配置为使得注释工具22、23和24的顺序取决于使用图形表示21显示的医学图像的感兴趣区域,该感兴趣区域当前正在接收经由注释系统的输入设备输入的用户输入。举例来说,如图3A所示,用户开始调整由注释系统确定的血管的中膜-外膜边界19的估计结果,其中,用户将计算机鼠标的指针25移动到中膜-外膜边界19并点击计算机鼠标的按钮。响应于此,注释系统以一定的顺序布置注释工具22、23和24,使得作为水平设置/洪泛填充注释工具的注释工具22的等级高于作为画笔描边注释工具的注释工具23的等级。画笔描边注释工具23的等级继而又高于贝塞尔曲线注释工具24的等级。用户接口可以被配置为使得用户能够选择所呈现的注释工具中的一个或多个注释工具,而与呈现它们的顺序无关,例如,通过将计算机鼠标的指针25移动到注释工具的图标,通过点击计算机鼠标的鼠标按钮进行选择。

[0063] 由注释系统根据用户输入基于先前注释的图像而采集的测量结果表明:注释系统能够以较低程度的用户交互来识别中膜-外膜边界19,而不会将准确度降低到预定阈值以下。因此,对于确定中膜-外膜边界,不是一定需要诸如贝塞尔曲线注释工具24之类的需要较高级别用户交互的注释工具。相反,能够使用诸如水平设置/洪泛填充注释工具22和画笔描边注释工具23之类的允许以较低程度的用户交互对中膜-外膜边界进行有效注释的注释工具。

[0064] 图3B图示了用户调整由注释系统确定的针对管腔边界17的估计结果的状态下的图形用户接口。如图3B所示,当用户开始通过将计算机鼠标的指针25移动到管腔边界17并通过点击鼠标按钮来调整针对管腔边界17的估计结果时,注释系统会重新布置注释工具22、23和24的表示,使得贝塞尔曲线注释工具24的等级高于画笔描边注释工具23的等级,而画笔描边注释工具23的等级继而又高于水平设置/洪泛填充工具22的等级。籍此,系统向用户指示,为了识别管腔边界,使用贝塞尔曲线注释工具24比使用画笔描边注释工具23或水平设置/洪泛填充注释工具22更有效。如果用户更熟悉画笔描边注释工具23或边界框注释工具,则用户仍然能够选择这些注释工具在医学图像的图形表示21中注释中膜-外膜边界。然而,注释工具的顺序向用户指示这些注释工具在执行注释任务时效率较低并且/或者准确度较低。用户能够通过将计算机鼠标的指针25移动到对应的图标并点击鼠标按钮来选择贝塞尔注释工具24。然后,将管腔边界变换成具有控制点的贝塞尔曲线,该控制点能够由用户例如通过使用计算机鼠标的指针25来操纵。

[0065] 因此,针对当前正在接收用户输入的感兴趣区域来调整注释工具的顺序,这允许引导用户以一定方式使用注释工具,使得能够对医学图像执行时间高效的注释。

[0066] 针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域(即,针对管腔边界和中膜-外膜边界中的每个),注释系统通过针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量来确定注释工具的顺序。图像注释复杂性度量可以包括一个或多个参数。该参数中的一个或多个

参数可以指示由用户执行对相应的感兴趣区域的注释所需的用户交互的量或程度。

[0067] 举例来说,注释系统可以将用作图像注释复杂性度量的低参数值分配给血管的中膜-外膜边界(在图2B中用附图标记19表示),因为注释系统能够以自动方式容易地识别中膜-外膜边界,从而能够使用简单且易用的注释工具(例如,水平设置/洪泛填充注释工具,这些注释工具只需要较低程度的用户交互)来识别中膜-外膜边界,从而获得显著提高的准确度。

[0068] 另一方面,图像注释系统可以将用作图像注释复杂性度量的相对较高的参数值分配给与管腔边界相对应的感兴趣区域(在图2B中用附图标记17表示),因为该边界只能由注释系统以较低的准确度自动确定,因此需要相对较高的用户交互来细化由注释系统计算出的管腔边界,从而获得令人满意的准确度水平。

[0069] 图像注释系统被配置为使得针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域,取决于相应的感兴趣区域的图像复杂性度量来确定针对相应的感兴趣区域的注释工具的顺序29。因此,如图3A所示,如果用户开始注释中膜-外膜边界19,则注释系统通过注释工具的顺序来推荐注释工具,这允许用户精细调节由注释系统计算出的中膜-外膜边界,使得能够通过更大量的用户交互来实现所需的准确度。

[0070] 针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域,取决于针对相应的感兴趣区域记录的一个或多个记录的用户交互来确定图像注释复杂性度量。该交互可以是针对确定其图像注释复杂性度量的图像的交互。额外地或替代地,该交互可以是针对相同的感兴趣区域但是针对一幅或多幅其他医学图像进行的交互。

[0071] 举例来说,图像注释系统可以被配置为取决于由用户经由用户接口注释相应的感兴趣区域的至少部分所需的测量时间来确定图像注释复杂性度量。

[0072] 额外地或替代地,可以取决于由用户经由用户接口注释感兴趣区域的至少部分所需的交互的数量来确定图像注释复杂性度量。交互的数量可以是对用户获得期望的准确度所需的用户交互量的量度。

[0073] 额外地或替代地,可以取决于由用户使用多个注释工具中的哪个注释工具来注释相应的感兴趣区域的至少部分来确定图像注释复杂性度量。举例来说,如果用户偏爱需要很多用户交互来注释感兴趣区域的注释工具,则这表明对感兴趣区域的注释需要大量的用户交互。因此,注释系统向该感兴趣区域分配表示需要较高程度的用户交互的图像注释复杂性度量的参数值。

[0074] 额外地或替代地,图像注释复杂性度量是取决于相应的感兴趣区域的至少部分的像素的数量和/或几何布置而确定的。举例来说,感兴趣区域的像素可以具有较低的聚类程度。如果感兴趣区域包括大量相互隔离的像素集群且其中的每个集群都具有相对较少的像素,则可能会出现较低的聚类程度。如果感兴趣区域具有较高的聚类程度,则图像注释系统可以向感兴趣区域分配指示需要较高程度的用户交互的图像注释复杂性度量。

[0075] 图像注释系统还被配置为取决于从用户输入采集的表示使用注释工具中的一个或多个注释工具注释相应的感兴趣区域的交互的测量结果,针对注释工具22、23和24并且针对感兴趣区域中的一个或多个感兴趣区域来调整相应的注释工具的操作参数。

[0076] 举例来说,可以测量由用户经由用户接口注释感兴趣区域的至少部分所需的交互数量。额外地或替代地,图像注释系统可以测量由用户(例如在整个感兴趣区域或感兴趣区

域的至少预定义部分的注释处)执行预定义注释任务所需的时间。额外地或替代地,图像注释系统可以确定用户与像素或体素交互的次数。举例来说,注释系统检测到用户重复翻转感兴趣区域的像素和/或体素。这可能指示特别具有挑战性或重要的图像区域。响应于该测量结果,注释系统可以调整注释工具中的一个或多个注释工具的参数,以便在使用该注释工具时允许对感兴趣区域进行精细调节。举例来说,响应于检测到对像素和/或体素的重复翻转,注释系统可以调节画笔描边工具的线宽,从而允许用户对感兴趣区域执行更精细的调节。

[0077] 图4示意性地图示了根据第二示例性实施例的图像注释系统的图形用户接口。如以上参考图1至图3B所解释的,根据第二示例性实施例的图像注释系统可以包括第一示例性图像注释系统的特征的至少部分。

[0078] 在根据第二示例性实施例的图像注释系统中,图像注释系统被配置为针对一个或多个感兴趣区域显示叠加在医学图像21的至少部分上的指示符,该指示符指示相应的感兴趣区域的图像注释度量。

[0079] 如图4所示,在根据第二示例性实施例的图像注释系统中,中膜-外膜边界19包括三个感兴趣区域,其中,针对这些感兴趣区域中的每个感兴趣区域,图像注释系统已经计算出单独的图像注释复杂性度量。还可以想到,中膜-外膜边界仅由一个感兴趣区域表示。

[0080] 针对这些感兴趣区域中的每个感兴趣区域,注释系统显示在视觉上可感知的图形指示符36、37和38,其中,这些指示符中的每个指示符指示相应的感兴趣区域的图像注释复杂性度量。特别地,点划线形式的指示符38指示具有表示需要较高程度的用户交互的图像注释复杂性度量的感兴趣区域。虚线形式的指示符37指示具有表示需要中等程度的用户交互的图像复杂性度量的感兴趣区域。实线形式的指示符36指示具有表示需要较低程度的用户交互的图像复杂性度量的感兴趣区域。

[0081] 指示符36、37和38被叠加在医学图像21的至少部分上并且还指示相应的感兴趣区域的范围。

[0082] 因此,在第二示例性实施例的图像注释系统中,能够将用户的注意力引向图像中需要大量用户交互的那些部分。这允许用户为感兴趣区域选择适当的注释工具以对相应的感兴趣区域进行注释。举例来说,用户可以根据点划线38形式的指示符来识别出该感兴趣区域具有表示需要较高程度的用户交互的图像注释复杂性度量。因此,为了调整由曲线38表示的感兴趣区域,引导用户选择注释工具(例如,贝塞尔曲线工具),这允许经由较高程度的用户交互来精细调节感兴趣区域。

[0083] 图5是使用图像注释系统执行的用于注释医学图像的示例性方法的流程图。图像注释系统使用用户接口将医学图像和多个图像注释工具呈现(110)给用户。然后,图像注释系统针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域接收(120)与利用图像注释工具中的一个或多个图像注释工具进行的一个或多个交互相对应的用户输入。针对所呈现的图像和/或针对先前呈现给用户的一幅或多幅图像,针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域记录(130)用户交互。先前呈现的图像具有与当前呈现给用户的图像相同的感兴趣区域,但是该感兴趣区域在图像内的不同位置处。

[0084] 取决于所记录的多个交互,针对感兴趣区域中的每个感兴趣区域计算图像注释复杂性度量(140)。作为针对图像注释复杂性度量的计算的补充方案或替代方案,通过用户接

口来呈现(150)注释工具,使得该呈现指示顺序(29),其中,该顺序(29)是响应于当前接收用户输入的感兴趣区域而改变的。可以经由图像注释系统的一个或多个输入设备(例如,计算机鼠标或键盘)来接收用户输入。

[0085] 提出使用在先前用户交互阶段的积压工作上训练的预测性用户模型,以便允许注释系统优化其内部参数,从而最大程度地减小熟练用户所需的交互时间。这可以包括以下特征中的一项或多项:

[0086] 注释系统可以在内部执行实验设计,即,能够改变内部参数并查看其是否具有减少用户注释工作量的作用。这可以以在线方式来运行。

[0087] 用户可以例如经由GUI交互来通知系统感觉到某种交互是多么乏味。这可以允许并入对在主观上具有较高优先级且需要相应地影响优化准则的动作的上加权。

[0088] 注释系统因此可以调整其参数。用户会经历能力变化:

[0089] 刚开始时,新生用户可以从利用画笔描边或体素水平的注释和校正工具对图像进行注释开始,这些工具在很小的影响范围内发挥非常局部的作用,因此需要大量的用户交互(以每个要注释的像素的交互时间来衡量)。

[0090] 稍后,当用户变得更有经验时,用户可能会使用高级工具,例如,较大的画笔描边或区域生长工具。

[0091] 预测性模型可以维持对许多可能的交互的敏感性估计结果,即,当执行特定的交互而不是不同的交互时,通过估计翻转的注释体素的数量来维持对许多可能的交互的敏感性估计结果。

[0092] 在用户交互阶段中反复翻转可能指示特别具有挑战性和/或重要的区域。

[0093] 可以通过以下操作来使用这种敏感性措施引起用户的注意:以特定的顺序或布置向用户呈现工具或者识别(例如通过热图来突出显示)最为相关或最具影响力的体素,从而传达哪种交互会产生最大作用并因此将最多的信息从用户发送到系统。

[0094] 使用实际的用户交互作为训练数据既可以改进用户正向模型,又可以改进分割算法,因为这两者优选通过使用户交互最少的目的而耦合。

[0095] 本文公开的任何方法步骤都可以以指令的形式记录,该指令当在处理器上被运行时令处理器执行这样的方法步骤。指令可以被存储在计算机程序产品上。该计算机程序产品可以由专用硬件以及能够运行与适当的软件相关联的软件的硬件来提供。当处理器提供功能时,该功能能够由单个专用处理器、单个共享处理器或多个个体处理器来提供,这多个个体处理器中一些个体处理器能够被共享。此外,对术语“处理器”或“控制器”的明确使用不应被解释为专指能够运行软件的硬件,而是能够隐含地包括但不限于数字信号处理器“DSP”硬件、用于存储软件的只读存储器“ROM”、随机存取存储器“RAM”、非易失性存储设备等。此外,本公开内容的实施例能够采取能从计算机可用或计算机可读存储介质访问的计算机程序产品的形式,该计算机可用或计算机可读存储介质提供用于由计算机或任何指令执行系统使用的或者与之结合使用的程序代码。为了这种描述的目的,计算机可用或计算机可读存储介质能够是可以包括、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备使用的或者与其结合使用的任何装置。该介质能够是电子、磁性、光学、电磁、红外或半导体系统或装置或设备或传播介质。计算机可读介质的示例包括半导体或固态存储器、磁带、可移动计算机磁盘、随机存取存储器“RAM”、只读存储器“ROM”、硬磁盘以及光盘。光盘的

当前示例包括压缩盘-只读存储器“CD-ROM”、压缩盘-读/写“CD-R/W”、蓝光光盘<sup>TM</sup>以及DVD。

[0096] 以上所描述的实施例仅是说明性的且并不旨在限制本公开内容的技术方法。虽然参考优选实施例详细描述了本公开内容,但是本领域技术人员应当理解,在不脱离本公开内容的权利要求的保护范围的情况下,能够对本公开内容的技术方法进行修改或等效替换。在权利要求中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,并且词语“一”或“一个”并不排除多个。权利要求中的任何附图标记都不应被解释为限制范围。

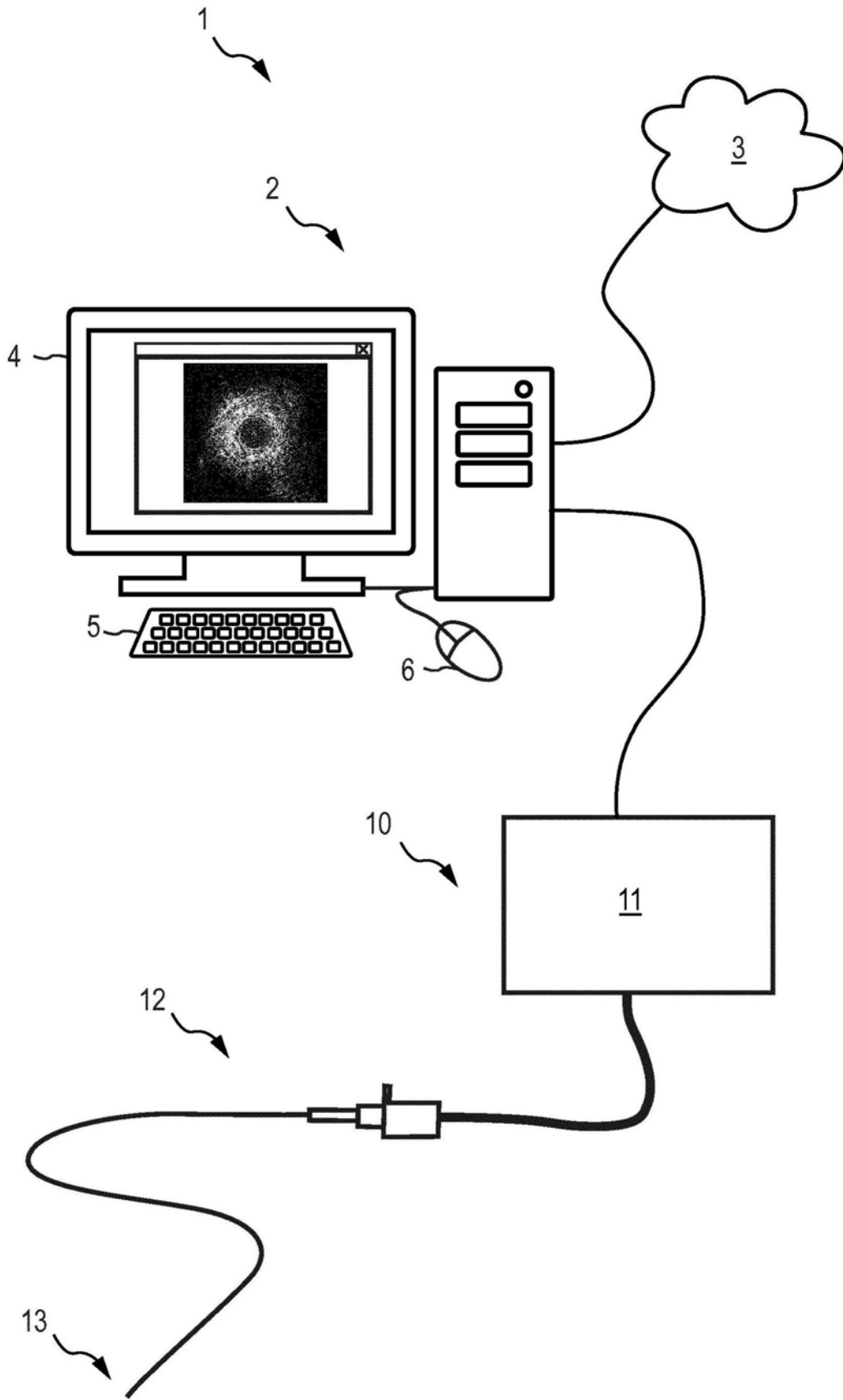


图1

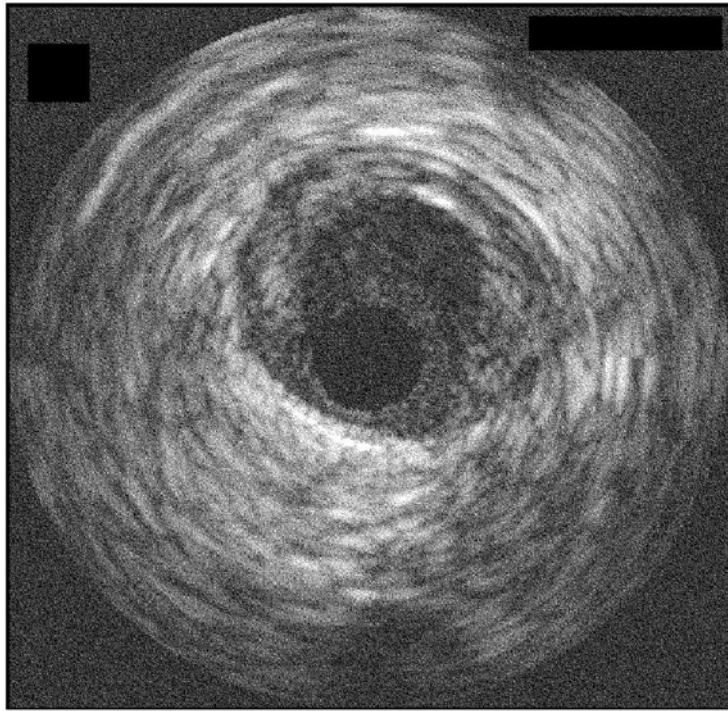


图2A

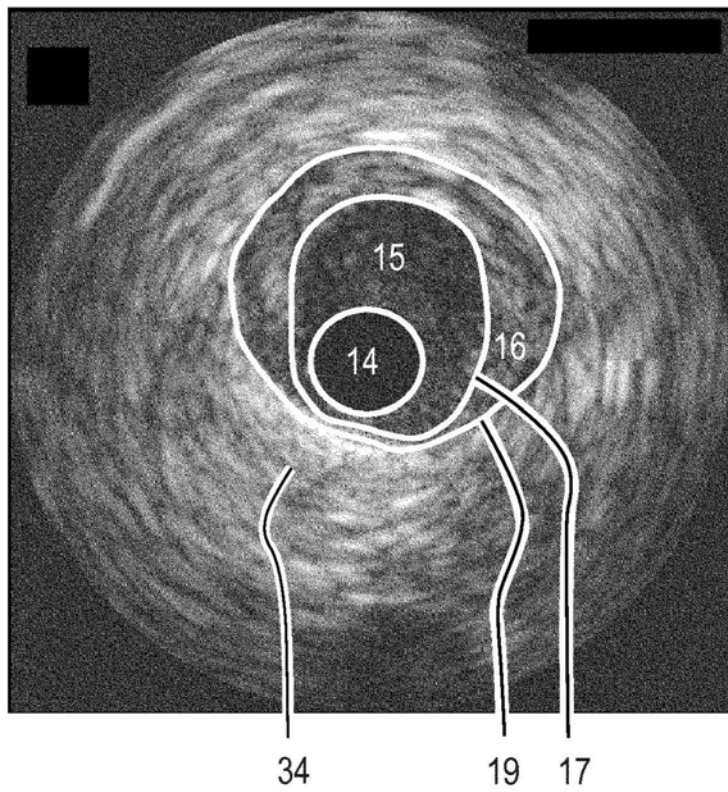


图2B

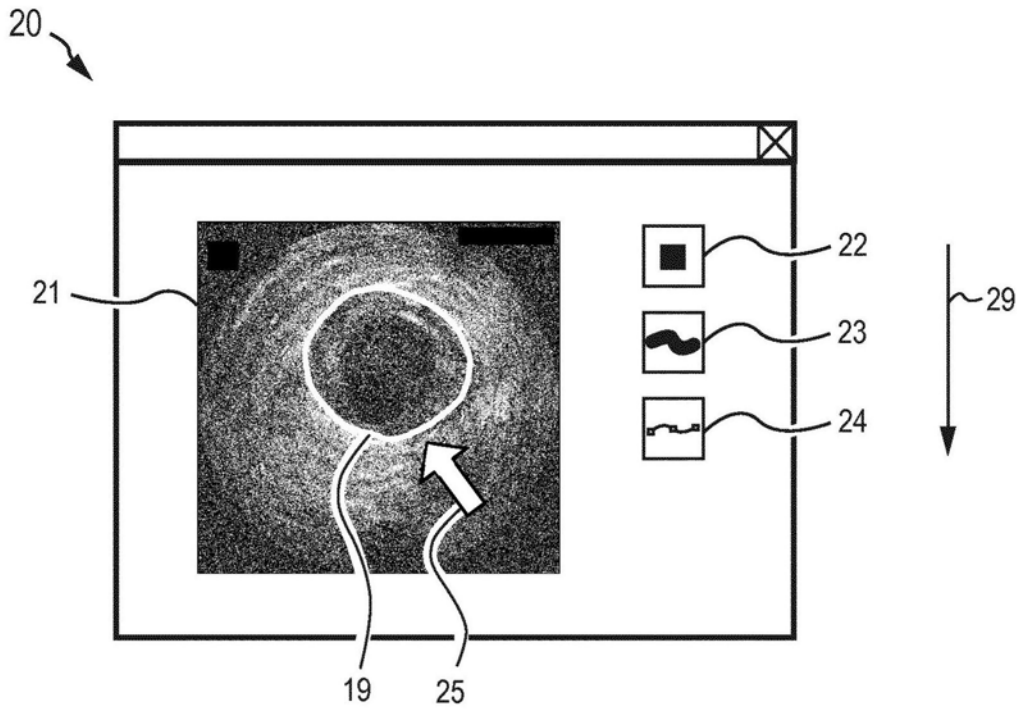


图3A

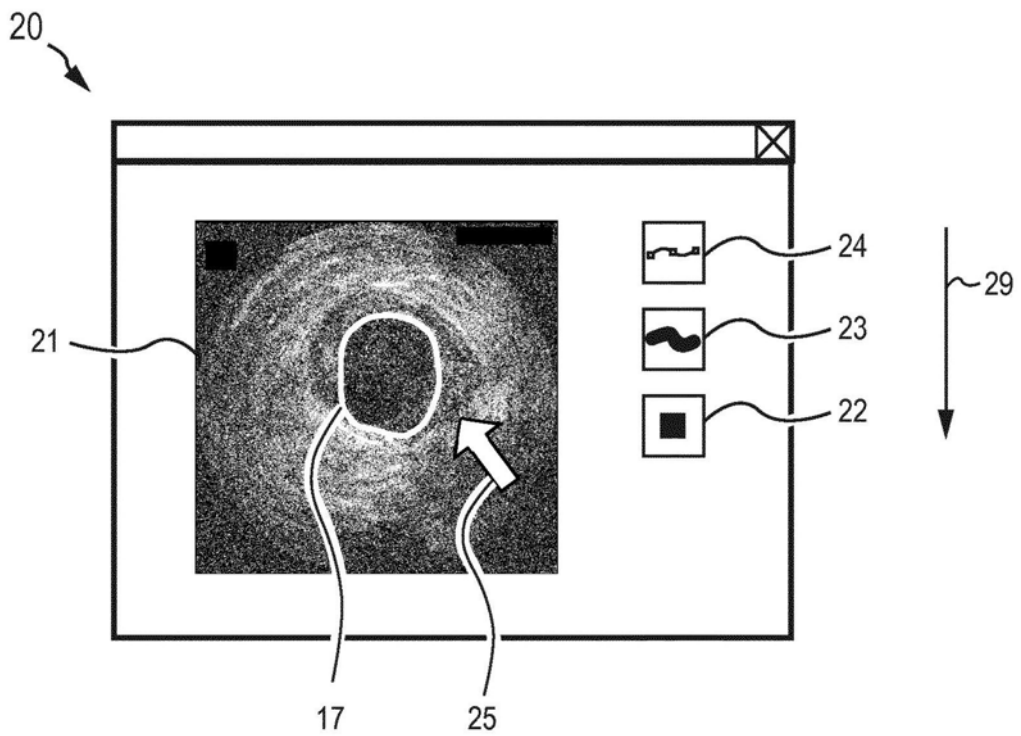


图3B

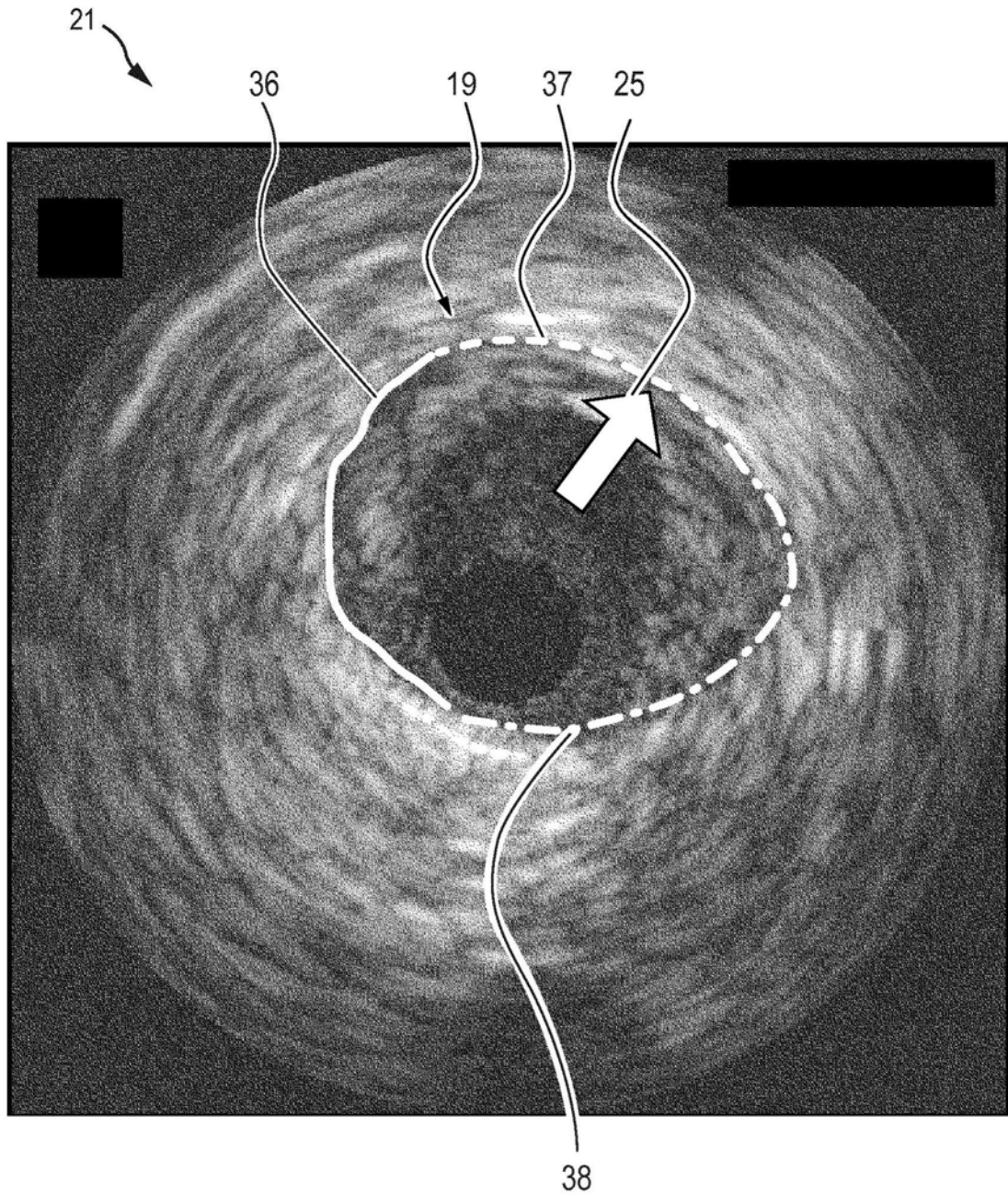


图4

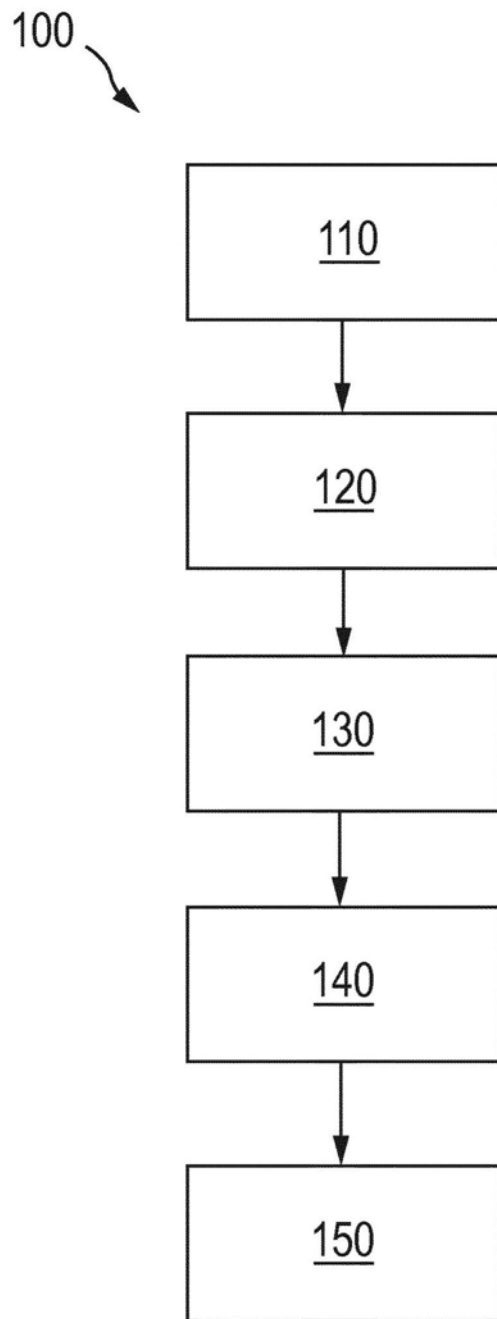


图5