



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108366763 A

(43)申请公布日 2018.08.03

(21)申请号 201680043057.7

(74)专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司 11314

(22)申请日 2016.06.15

代理人 程伟 王锦阳

(30)优先权数据

62/175,796 2015.06.15 US

(51)Int.Cl.

A61B 5/16(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

A61B 5/024(2006.01)

2018.01.22

A61B 5/0456(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

A61B 5/00(2006.01)

PCT/AU2016/050490 2016.06.15

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/201499 EN 2016.12.22

(71)申请人 MEDIBIO有限公司

地址 澳大利亚,维多利亚州

(72)发明人 M·弗拉克斯 A·王 M·普莱耶

T·乔利 H·施坦普费尔

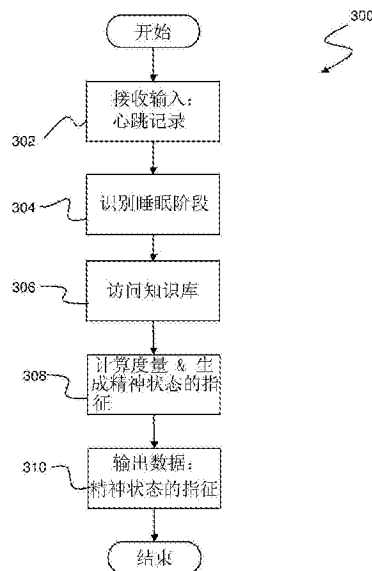
权利要求书2页 说明书12页 附图15页

(54)发明名称

用于评估精神状态的方法和系统

(57)摘要

一种评估受试者(106)精神状态的计算机实现的方法包括:接收(302)受试者的心跳记录(200)作为输入。所述心跳记录包括在包含睡眠前阶段(208)、具有睡眠起始时间(224)和睡眠结束时间(226)的睡眠阶段(209)以及睡眠后阶段(210)的时间跨度内获取的一系列心跳数据样本。在心跳记录内至少识别(304)睡眠起始时间和睡眠结束时间。然后访问(306)知识库(124),所述知识库包括通过对受试者的训练集进行专家评估而获取的数据,并且所述知识库实施精神状态与心率特征之间关系的计算模型。利用知识库中的信息、应用(308)所述计算模型来计算与受试者的精神状态相关联的至少一个度量,并根据所述度量生成精神状态的指征。提供(310)精神状态的指征作为输出。



1. 一种评估受试者精神状态的计算机实现的方法,所述方法包括:

接收受试者的心跳记录作为输入,所述受试者的心跳记录包括在包含睡眠前阶段、具有睡眠起始时间和睡眠结束时间的睡眠阶段以及睡眠后阶段的时间跨度内获取的一系列心跳数据样本;

在心跳记录内至少识别睡眠起始时间和睡眠结束时间;

访问知识库,所述知识库包含通过对受试者的训练集进行专家评估而获取的数据,并实施精神状态与心率特征之间关系的计算模型;

利用知识库中的信息、应用所述计算模型来计算与受试者的精神状态相关联的至少一个度量,并根据所述度量生成精神状态的指征;

提供精神状态的指征作为输出。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述精神状态的指征包括受试者的心理健康的指征。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述受试者的心理健康的指征选自至少包括“正常”和“抑郁症”的组。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述知识库包括至少一个模板心率特征。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述至少一个模板心率特征是通过将训练集内的受试者的经尺度变换和归一化的心率特征进行平均而获取的,其中,训练集内的受试者已被专家评估员评估为具有共同的心理健康状态。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述知识库包括第一模板心率特征和第二模板心率特征,其中,第一模板心率特征对应于已被专家评估员评估为具有正常心理健康状态的训练集内的受试者,第二模板心率特征对应于已被专家评估员评估为患有抑郁症的训练集内的受试者。

7. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述知识库包括一个或更多个数据结构,所述数据结构是将机器学习算法应用于通过处理训练集内受试者的心跳记录计算出的度量而产生的。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述知识库包括表示一个或更多个分类树的数据结构,所述分类树是通过将决策树学习算法应用于通过处理训练集内受试者的心跳记录计算出的度量而获取的。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,应用所述决策树学习算法以生成两个分类树数据结构,所述两个分类树数据结构存储在知识库中,其中:

第一分类树数据结构将从受试者心跳记录计算出的度量分类为“正常”或“不正常”;

第二分类树数据结构将从受试者心跳记录计算出的度量分类为“抑郁”和“不抑郁”。

10. 根据权利要求9所述的方法,其包括:

通过执行第一分类树,将受试者分类为“正常”或“不正常”;

如果受试者被分类为“不正常”,则通过执行第二分类树将受试者分类为“抑郁”或“不抑郁”。

11. 一种评估受试者精神状态的计算机实现的系统,所述系统包括:

至少一个微处理器;

至少一个非易失性存储设备,所述非易失性存储设备包括包含通过对受试者的训练集

进行专家评估而获取的数据的知识库,并实施精神状态与心率特征之间关系的计算模型;

至少一个计算机可读存储设备,所述计算机可读存储设备与所述微处理器可操作地相关联;以及

输入/输出接口,其与所述微处理器可操作地相关联,

其中,存储设备包含计算机可执行指令代码,当所述计算机可执行指令代码通过微处理器执行时,使得微处理器实现包括以下步骤的方法:

通过输入/输出接口接收受试者的心跳记录,所述受试者的心跳记录包括在包含睡眠前阶段、具有睡眠起始时间和睡眠结束时间的睡眠阶段以及睡眠后阶段的时间跨度内获取的一系列心跳数据样本;

在心跳记录内至少识别睡眠起始时间和睡眠结束时间;

利用知识库中的信息、应用所述计算模型来计算与受试者的精神状态相关联的至少一个度量,并根据所述度量生成精神状态的指征;

通过输入/输出接口提供受试者的精神状态的指征。

12. 根据权利要求11所述的系统,其中,所述受试者的心跳记录是通过在包括睡眠前阶段、睡眠阶段和睡眠后阶段的时间跨度期间,由受试者佩戴的心率监测设备获取的。

13. 根据权利要求12所述的系统,其中,所述心跳监测器包括配置为与联网设备进行通信的通信接口。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述输入/输出接口包括提供对广域网的访问的网络接口,所述心跳记录通过广域网从受试者的联网设备接收。

用于评估精神状态的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明大体上涉及精神保健领域,并且更具体地涉及用于客观评估个人心理健康状态的方法和系统以及相关的硬件和软件组件。本发明的实施方案可有效地帮助保健专业人员和其他人识别和/或治疗可能患有不良心理健康状况(例如,抑郁症)、对不良心理健康状况正在进行康复或处于不良心理健康状况风险中的个人。

背景技术

[0002] 据估计,每四个发达国家的公民中就有一个人在一生中会遇到心理健康问题,每年多达10%的人口患有某种类型的抑郁或焦虑相关疾病。精神疾病的全球经济成本每年以万亿美元计算。

[0003] 目前,对于许多精神疾病,如抑郁症,还没有得到公认和广泛认可的客观检测。在这些病例中,诊断“黄金标准”仍然是临床/专家的评估和意见,其基础是对患者及其密友和家人的访谈以及自我报告(例如,通过填写问卷),以便与《精神疾病诊断及统计手册》(现时为DSM-5)所分类的临床症状进行比较。

[0004] 然而,由于这一诊断过程的许多方面的主观性质,临床医生之间的意见的一致可能变化很大,即使是对于抑郁症和焦虑症等高发病率的疾病也是如此。

[0005] 因此,需要有临床医生在诊断心理疾病时可以采用的定量、客观的检测,并需要监测接受治疗的患者的进展情况。理想情况下,这些检测应该是简单、安全和不显眼的,这样就可以在不对患者的生活方式或日常生活产生重大影响的情况下进行这些检测。

[0006] 提供客观的心理健康检测可以获得许多明显的益处。更好的客观信息可以为患者带来更早的诊断、更早的干预和更好的结果。对患者的持续监测可以提供治疗效果的客观指征,使治疗能够根据患者的反应而变化和优化。一般而言,治疗和结果的改善将为卫生系统和社区节省费用。

[0007] 一段时间以来,人们都知道昼夜节律的心率模式和心理状态之间存在着联系。例如,美国专利No.6,245,021描述了在诊断包括抑郁症、焦虑症、恐慌症、强迫症(OCD)和精神分裂症在内的心理疾病时,使用记录的24小时心率模式。但是,该专利所公开的程序仍然需要专家(即,人类)对昼夜节律的心率模式进行审查,由具有必要训练和经验的临床医生来识别通常与不同疾病有关的特征。患者需要保持每天的日记,这使得临床医生能够将心率模式的特征与患者可能进行的活动(例如,运动)相比较,以避免错误解读这些特征。显然,需要24小时监测的系统以及坚持每天记日记对患者的生活方式和日常生活产生了显著影响,导致患者更有可能不遵守测量和监测制度。

[0008] 因此,开发新的并且客观的方法和系统以帮助识别可能患有诸如抑郁症等不良心理健康状况或处于不良心理健康状况风险中的个人是有益的,所述方法和系统能够提供一个或更多个上述的益处。本发明是为了解决这种需求而设计的。

发明内容

[0009] 一方面,本发明提供了一种评估受试者精神状态的计算机实现的方法,所述方法包括:

[0010] 接收受试者的心跳记录作为输入,所述受试者的心跳记录包括在包含睡眠前阶段、具有睡眠起始时间和睡眠结束时间的睡眠阶段以及睡眠后阶段的时间跨度内获取的一系列心跳数据样本;

[0011] 在心跳记录内至少识别睡眠起始时间和睡眠结束时间;

[0012] 访问知识库,所述知识库包含通过对受试者的训练集的专家评估获取的数据,并实施精神状态与心率特征之间关系的计算模型;

[0013] 利用知识库中的信息、应用所述计算模型来计算与受试者的精神状态相关联的至少一个度量(metric),并根据所述度量生成精神状态的指征;

[0014] 提供精神状态的指征作为输出。

[0015] 本发明的实施方案可以包括专家系统,在该专家系统中,知识库包含通过机器学习方法生成的信息。例如,知识库可以包含组成训练集的多个受试者的测量出的心率数据,以及对训练集内每个受试者的专家评估的结果。在这些实施方案中,知识库获取有关训练集内每个受试者的精神状态与测量出的心率特征之间关系的重要信息,以这样的形式从而可以使用相应的计算模型来预测对随后未见的检测受试者的专家评估。

[0016] 根据本发明的实施方案,所述精神状态的指征包括受试者的心理健康的指征。例如,精神状态的指征可以区分名义上正常(即,相对健康)的状况、名义上抑郁的状况,和/或一种或更多种其他状况。其他状况可以是不确定的,也可以是如压力或焦虑的状况。无论如何,心理健康的输出指征可能不会被视为诊断,但可能有助于保健执业医师(特别是那些本身并不是心理健康方面的专家的执业医师)识别可能患有不良心理健康状况或处于不良心理健康状况风险中的个人。然后,这些人可以被转诊到适当的保健专业人员以进行进一步审查、检测、诊断和/或治疗。

[0017] 识别睡眠起始时间和睡眠结束时间可以涉及辅助输入数据的使用。例如,在某些实施方案中,输入的心跳记录可以伴随有使用活动监测器(如,加速度计)测量的受试者的活动记录。

[0018] 在一些实施方案中,所述知识库可以包括模板正常心率特征,所述模板正常心率特征可以例如通过对训练集内的受试者的经尺度变换和归一化的心率特征进行平均来获取,其中,训练集内的受试者已被专家评估员评估为具有正常、相对健康的精神状态。所述知识库可以进一步包括对应于其他(例如,不正常或不健康)精神状态的一个或更多个模板心率特征,所述一个或更多个模板心率特征可以例如通过对训练集内的受试者的经尺度变换和归一化的心率特征进行平均来获取,其中,训练集内的受试者已被专家评估员评估为具有其他精神状态。具体地,所述知识库可以包括模板抑郁症心率特征,所述模板抑郁症心率特征例如通过对训练集内的受试者的经尺度变换和归一化的心率特征进行平均来获取,其中,训练集内的受试者已被专家评估员评估为具有抑郁的精神状态。

[0019] 在可替代的实施方案中,可以对受试者的心率特征进行处理以计算多个相关的度量。在一些示例中,使用了四个度量:平均清醒心率;平均清醒心率和平均睡眠心率之间的比率;在睡眠阶段前半段期间的心率的斜率;以及在睡眠阶段后半段期间的心率的斜率。可以理解的是,通过将分段线性心率特征模型拟合到接收的受试者的心跳记录,可以计算出

这四个特定度量。

[0020] 所述知识库可以包括一个或更多个数据结构,所述数据结构是将机器学习算法应用于通过处理训练集内受试者的心率特征计算出的度量而产生的。合适的机器学习方法包括:决策树学习;关联规则学习;人工神经网络;归纳逻辑编程;支持向量机;聚类分析;贝叶斯网络;强化学习;表征学习;相似性学习;稀疏字典学习;遗传算法;和/或机器学习领域技术人员已知的其他方法。

[0021] 在一些实施方案中,所述知识库包括表示一个或更多个分类树的数据结构,所述分类树是通过将决策树学习算法应用于由训练集内受试者的心率特征计算出的度量而获取的。如机器学习领域技术人员所知,已知可能适合于这一目的大量决策树算法,包括:ID3 (迭代二分法3);C4.5;CART (分类和回归树);CHAID (卡方自动交互检测);MARS;和条件推理树。大量现有的软件应用程序提供了一个或更多个上述学习算法的实施方式,包括MATLAB和R。

[0022] 在实施方案中,应用所述决策树学习算法以生成两个分类树数据结构,所述两个分类树数据结构存储在知识库中。第一分类树数据结构将由受试者心跳记录计算出的度量分类为“正常”和“不正常”。第二分类树数据结构将由受试者心跳记录计算出的度量分类为“抑郁”和“不抑郁”。

[0023] 根据实施方案,所述方法包括通过执行第一分类树将受试者分类为“正常”或“不正常”,如果受试者被分类为“不正常”,则通过执行第二分类树将受试者分类为“抑郁”或“不抑郁”。

[0024] 在另一方面,本发明提供了一种评估受试者精神状态的计算机实现的系统,所述系统包括:

[0025] 至少一个微处理器;

[0026] 至少一个非易失性存储设备,所述非易失性存储设备包括知识库,所述知识库包含通过对受试者的训练集进行专家评估而获取的数据,并实施精神状态与心率特征之间关系的计算模型;

[0027] 至少一个计算机可读存储设备,所述计算机可读存储设备与所述微处理器可操作地相关联;以及

[0028] 输入/输出接口,其与所述微处理器可操作地相关联,

[0029] 其中,存储设备包含计算机可执行指令代码,当所述计算机可执行指令代码通过微处理器执行时,使得微处理器实现包括以下步骤的方法:

[0030] 通过输入/输出接口接收受试者的心跳记录,所述受试者的心跳记录包括在包含睡眠前阶段、具有睡眠起始时间和睡眠结束时间的睡眠阶段以及睡眠后阶段的时间跨度内获取的一系列心跳数据样本;

[0031] 在心跳记录内至少识别睡眠起始时间和睡眠结束时间;

[0032] 利用知识库中的信息、应用所述计算模型来计算与受试者的精神状态相关联的至少一个度量,并根据所述度量生成精神状态的指征;

[0033] 通过输入/输出接口提供受试者的精神状态的指征。

[0034] 所述输入/输出接口可以是提供对广域网的访问的网络接口,如互联网。

[0035] 在本发明的一些实施方案中,所述受试者的心跳记录是通过在包括睡眠前阶段、

睡眠阶段和睡眠后阶段的时间跨度期间,由受试者佩戴的心率监测设备获取的。心跳监测器可以包括无线接口(如蓝牙接口),以用于与联网设备(如智能手机、平板电脑、笔记本电脑或台式电脑)进行通信。或者,或此外,心率监测设备可以包括有线接口(如USB接口),以用于连接到联网设备。通过心率监测设备获取的心跳记录可以连续地传输(即,实时)到另一个设备。或者,心跳记录或心跳记录的一部分可以储存在心率监测设备内,而数据可以在记录完成时或在稍后的时间里(例如,在连接到网络或合适的联网设备时)定期地传输。

[0036] 可以提供应用程序以用于在联网设备上运行,以帮助受试者进行心跳记录的测量。帮助可以包括向受试者提供安装心率监测设备以及将测量到的心率数据从心率监测设备传输到联网设备的说明。

[0037] 受试者的心跳记录可以通过广域网(例如,互联网)从联网设备传输到精神状态评估系统。

[0038] 本发明的进一步特征和益处将从以下实施方案的说明中明显可见,这些说明仅以示例的方式提供,并且不应被视为限制前面任何陈述或本说明所附权利要求中所定义的本发明的范围。

附图说明

[0039] 现在将参照附图对本发明的实施方案加以描述,其中类似的附图标记表示类似的特征,其中:

[0040] 图1是示出了实施本发明的用于评估受试者精神状态的系统的示意图;

[0041] 图2示出了实施本发明的示例性心率和活动记录的曲线图;

[0042] 图3示出了实施本发明的评估精神状态的方法的流程图;

[0043] 图4(a)和图4(b)是与实施本发明的两种可选的计算模型相对应的流程图;

[0044] 图5(a)和图5(b)是示出了与图4(a)的计算模型相对应的知识库内容的框图;

[0045] 图6是示出了本发明实施方案的计算机实施方式的主要软件处理组件的框图;

[0046] 图7(a)是与图4(a)的计算模型相对应的知识库构建方法的流程图;

[0047] 图7(b)是与图4(b)的计算模型相对应的知识库构建方法的流程图;

[0048] 图8(a)和图8(b)示出了平均清醒心率为每分钟80次的训练集内对受试者的划分的三维图表示;

[0049] 图9(a)和图9(b)示出了平均清醒心率为每分钟87.7次的训练集内对受试者的划分的三维图表示;

[0050] 图10(a)和图10(b)示出了平均清醒心率为每分钟96次的训练集内对受试者的划分的三维图表示;以及

[0051] 图11是示出了采用本发明实施方案的评估、诊断和治疗过程的框图。

具体实施方式

[0052] 图1是示出了实施本发明的联机系统100的框图。系统100采用广域通信网络102(通常是互联网),用于系统不同组件之间的消息传递,每个组件一般包括一个或多个计算设备。

[0053] 系统100包括评估平台104和评估受试者106,在本示例中,该受试者位于远离评估

平台104的地方。受试者106配备了心率监测器108,心率监测器108可以与一种或更多种便携式设备(如智能手机110)和/或一种或更多种台式设备(如个人计算机112)进行通信。优选地,心率监测器108和智能手机110之间的通信通过无线通信信道,如蓝牙。适用于心率监测器108和设备110、112之间传输数据的其他类型的通信信道包括Wi-Fi、有线以太网和其他形式的有线连接,如USB。

[0054] 在一些实施方案中,如本文所述的那些实施方案,心率监测器108收集的心率数据被传输到另一个用户设备,如智能手机110或台式PC112,然后被传输到评估平台104。但是,在本发明的其他实施方案中,智能心率监测器108可以包括网络接口,如Wi-Fi接口或蜂窝移动接口(例如包括Nano Sim卡),从而使得智能心率监测器108能够通过互联网102连接至评估平台104并向评估平台104直接传输数据。或者,心率监测器108可以与云平台相结合,如保健平台(例如,飞利浦Healthsuite)或其他云平台(例如,三星SAMIO),用于将数据上传到云端,以供评估平台104进行检索。在更进一步的实施方案中,可以例如通过可在受试者PC 112上安装的软件而在评估受试者106的位置提供评估平台104的功能。在又一替代实施方案中,评估平台104可以设置于监测受试者106的心理健康的保健专业人员的位置(例如,诊疗室或办公室)。在本发明的范围内,上述布置的其他组合和变化也是可能的,例如由监测器108收集心率数据,以便传输到专业人员的便携式设备或台式设备,然后提交远程放置的评估平台104处理。因此,应理解的是,系统100的示例性结构并不是可以实现本发明的唯一配置。

[0055] 现在来看评估平台104,其通常可以包括一台或更多台计算机,每台计算机包括至少一个微处理器114。计算机和处理器114的数量通常取决于系统所需的处理能力,而系统所需的处理能力又取决于预期工作量(即,能够访问平台104的评估受试者106的数量),以及需要处理的数据量。在某些实施方案中,可以为平台104采用第三方云计算平台,从而使物理硬件资源能够根据需求来动态地分配和更改。然而,为了简化说明书的其余部分,假定示例性评估平台104包括具有单个微处理器114的单个计算机。

[0056] 微处理器114与非易失性存储器/存储设备116连接或可操作地关联。非易失性存储器116可以是硬盘驱动器,并且/或者可以包括固态非易失性存储器,如只读存储器(ROM)、闪存等。微处理器114也连接至易失性存储器118(如随机存取存储器(RAM)),易失性存储器118包含与平台104的操作有关的程序指令和瞬态数据。在常规配置中,存储设备116可以包含评估平台104的预期功能所需的操作系统程序和数据以及其他可执行应用软件。在所实施方案中,存储设备116还包含程序指令,当通过处理器114执行时,所述程序指令使得评估平台104能够执行与实施精神状态评估方法(更具体地,实施本发明的评估受试者106的压力水平的方法)有关的操作。在操作中,存储设备116上保存的指令和数据被传输到易失性存储器118上,以便根据需要来执行。

[0057] 微处理器114也以常规的方式与网络接口120可操作地关联。网络接口120使得易于访问一个或更多个数据通信网络,如用于平台104和受试者设备(例如,110、112)之间通信的互联网102。

[0058] 在使用中,易失性存储器118包括程序指令的相应主体122,其配置为执行实施本发明的特征的处理和操作(包括参照图3至图8所示的流程图、数据结构和软件架构,下文所述过程中的各个步骤)。

[0059] 此外,在当前描述的实施方案中,程序指令122包括实现与一个或更多个客户端应用程序进行通信的指令,如在智能手机110、台式PC 112,或者由受试者106或监督保健专业人员操作的其他设备上执行的应用程序。这些通信操作使得利用心率监测器108记录的受试者106的心跳记录能够被评估平台104接收以用于处理。

[0060] 程序指令122可以进一步包括实施网络服务器应用程序的指令。然后,储存在非易失性存储器116和易失性存储器118中的数据可以包括用于在受试者设备上显示和/或执行的基于网络的代码(例如,HTML或JavaScript),从而促进到评估平台的基于网络的接口。例如,基于网络的接口可以使心跳记录数据能够从任何设备(包括智能手机110或台式PC 112)上传到评估平台104。网络接口还可以使受试者106和/或其监督保健专业人员能够通过设备110和/或设备112访问评估平台104所储存和处理的数据。

[0061] 系统100还包括知识库124,知识库124包含通过机器学习方法产生的信息,其中,使用了通过对受试者的一个或更多个训练集进行专家评估而获取的数据,并实施了精神状态(例如,受试者心理健康)与心率特征之间关系的计算模型。

[0062] 在本发明的不同实施方案中可以采用各种机器学习方法,包括:决策树学习;关联规则学习;人工神经网络;归纳逻辑编程;支持向量机;聚类分析;贝叶斯网络;强化学习;表征学习;相似性学习;稀疏字典学习;和/或遗传算法。

[0063] 此处描述的实施方案,特别是参照图4至图8的实施方案,采用了包括度量学习和决策树学习在内的技术。然而,这些方法应仅被视为说明性的,而不将其他学习技术和计算模型的使用排除在本发明的范围之外。

[0064] 知识库124可以包含在非易失性存储器116中,也可以存储在单独的存储设备中,该单独的存储设备可以直接连接到评估平台104,也可以远程放置。具体地,由于知识库124最终可能会包含非常大量的训练和历史受试者数据,将知识库124储存在大型数据中心和/或一个或更多个分布式数据库(例如,存储在云存储服务中)可能是有利的。只要评估平台104能够访问下文所述的所需数据以用于处理,知识库124的确切形式和位置就不是关键的。

[0065] 现在来看图2(a),图中显示了受试者106的示例性心跳记录的曲线图200。时间显示在横轴202上,每分钟平均的心率(以每分钟次数为单位)显示在纵轴204上。因此,曲线图200所示的受试者的心跳记录包括在横轴202上显示的总时间跨度内以每分钟一次的速度获取和记录的一系列心跳数据样本。在该具体示例中,所述记录覆盖了完整的24小时时间段,但本发明的实施方案可能仅需要完整记录206的一部分,包括睡眠前阶段208、睡眠阶段209和睡眠后阶段210。

[0066] 在一些实施方案中,可以自动识别睡眠前阶段208、睡眠阶段209和睡眠后阶段210。一种自动识别睡眠阶段209的技术是通过使用活动监测器而实现的,如可以并入心率监测器108或并入被受试者106穿戴的另一种可穿戴设备中的加速度计。图2(b)显示了使用这种活动监测器获取的、并与图2(a)的心跳记录相对应的受试者活动性的曲线图212。横轴214表示时间,纵轴216为根据活动监测器在记录阶段的每一分钟期间检测到的活动性水平来计算的活动性指数。活动记录的描绘218显示了三个非常不同的阶段,即,具有相对较高活动性的第一清醒阶段220、很少活动或没有活动的睡眠阶段221和具有高活动性的第二清醒阶段222。

[0067] 高活动性阶段220、222和低活动性阶段221之间的极明显转变,使得能够相对简单和准确地提取将睡眠前阶段208、睡眠阶段209和睡眠后阶段210分隔开的睡眠起始时间224和睡眠结束时间226。

[0068] 虽然活动性水平提供了一种识别睡眠起始时间224和睡眠结束时间226的机制,但其他方法也可用于替代实施方案。例如,从曲线图200中也可以明显看出,睡眠阶段209符合心率的总体下降。因此,可以采用对心跳记录206的适当处理,以帮助识别睡眠起始时间224和睡眠结束时间226。此外,或者,受试者106可以提供对睡眠时间和清醒时间的估计,以帮助检测睡眠起始时间224和睡眠结束时间226。因此,应理解的是,在本发明的不同实施方案中,可以使用以足够的准确性和可靠性识别这些转换时间的各种技术。

[0069] 图3是显示了根据本发明的实施方案的一种评估精神状态(例如,受试者106的心理健康)的方法的流程图300。首先,在步骤302,接收受试者的心跳记录作为输入。在初始处理304中,识别具有睡眠起始时间224和睡眠结束时间226的睡眠阶段209。

[0070] 然后,评估方法300进一步分析心跳记录,以便对受试者的压力水平进行评估,其中,评估方法300可以通过评估平台104的处理器114执行的适当的程序指令来实现。为此,将访问知识库中的信息(306)。下文将参照图5(a)至图5(c)说明知识库的示例性内容,同时参照图7和图8说明构建知识库的相应示例性训练方法。为了这个目的,只需指出,在知识库中访问的信息是基于对受试者的训练集的专家评估,并构建为使评估平台104能够根据知识库内容来判断受试者106的精神状态。一般来说,这涉及过程308,即计算与受试者106精神状态相关的一个或更多个度量,并生成基于那些度量的精神状态的指征。

[0071] 在步骤310,输出了作为结果的精神状态的指征,例如,心理健康指征。输出结果可以存储在非易失性存储116内的受试者记录中,也可以存储在知识库124中,或者存储在某些其他数据库中。或者,或此外,作为结果的指征可以表现为例如通过网络接口或通过应用程序接口、利用在联网设备(如智能手机110或台式PC 112)上执行的软件来提交给受试者和/或监督保健专业人员。

[0072] 图4(a)和图4(b)是与实施本发明的两种可选的计算模型相对应的流程图。图5(a)至图5(c)是示出了这些模型的知识库内容的框图。

[0073] 根据第一模型(这里称为“模板模型”),计算度量和生成受试者精神状态指征的过程由流程图400以及知识库内容500、504示出。更具体地,知识库124包含内容500,内容500包括“正常模板”502。正常模板502是与没有任何明显心理健康问题的患者相对应的典型记录。知识库124进一步包含内容504,内容504包括“抑郁症模板”506。抑郁症模板506是与临床诊断有抑郁症的受试者相对应的典型记录。下面将参照图7(a)更详细地说明获取正常模板502和抑郁症模板506的方法。

[0074] 回到图4(a),在步骤402,为评估受试者106计算出度量,该度量包括受试者心跳记录与正常模板502之间的差异量数。在步骤404,为评估受试者106计算出第二度量,该第二度量包括受试者心跳记录与抑郁症模板506之间的差异量数。在本发明的其他实施方案中,可以生成与其他心理健康状况(如焦虑症、恐慌症、OCD、精神分裂症等)相对应的模板。如果存在这种模板,则计算类似的差异量数(包括与每个模板对应的进一步度量),如省略号406所示。合适的差异量数可以是例如在每种情况下受试者心跳记录和模板之间的均方差。这种差异可以在受试者心跳记录的整体上计算,或者仅在心跳记录的选定部分上计算。具体

地,可以针对受试者心跳记录与睡眠阶段(即睡眠起始时间和睡眠结束时间之间)相对应的部分来计算差异。

[0075] 在步骤408,通过将步骤402与步骤404计算的差异度量(如果有的话,还有在步骤406计算的任何进一步的差异度量)进行比较,来对受试者106的精神状态进行分类,其中最小值决定了受试者106的精神状态指征。

[0076] 流程图410和相应的知识库内容508例示了一类多参数计算模型。这里描述的多参数模型采用了由受试者106的输入心率记录计算出来的四个度量。这四个度量是:

[0077] • 平均清醒心率,即睡眠前阶段208和睡眠后阶段210期间的平均心率;

[0078] • 心率比率,其计算为平均清醒心率与睡眠阶段209期间的平均心率之间的比率;

[0079] • 第一斜率度量,其为睡眠阶段209的前半段期间受试者心率的斜率的测量(即,根据时间的变化);以及

[0080] • 第二斜率度量,其为睡眠阶段209的后半段内心率的斜率的测量。

[0081] 可以理解的是,这四个参数完全定义了患者心跳记录的分段线性表示,该分段线性表示具有恒定的清醒心率值和根据睡眠阶段209的前半段期间的第一斜率度量和睡眠阶段209的后半段期间的第二斜率度量而变化的睡眠心率值。发明者发现了心跳记录的这种特殊参数化,从而在对训练集内的受试者的专家评估的帮助下,为机器学习和精神状态预测提供了有效的基础。

[0082] 因此,在步骤412、414、416和418计算了上述四个度量。

[0083] 根据示例性多参数计算模型,知识库124包含内容508,内容508包括一个或多个数据结构,例如510、512。在当前公开的实施方案中,这些数据结构表示分类树。基于上述计算的四个度量,构建了第一分类树510,从而将受试者106分类为“正常”或“不正常”。基于这四个度量,构建了第二分类树512,从而将受试者106分类为“抑郁”或“不抑郁”。分类树510、512的构建方式将参照图7(b)在下文中作更详细的说明。

[0084] 回到图4(b),在步骤420,针对受试者106计算的度量在步骤420通过第一分类树510运行。在步骤422检查输出,如果受试者106被分类为正常,则过程在424终止,并伴有相应的“正常”指征。否则,在步骤426运行第二分类树。在步骤428检查输出,如果受试者106被分类为抑郁,则过程将在430终止,并伴有“抑郁”指征。否则,在432返回“既不正常也不抑郁”的指征。

[0085] 在所有情况下,在对受试者106的诊断和治疗方面,下一步将与保健执业医师共同进行。例如,根据本发明实施方案的检测可以由受试者的当地医生或全科医生下令进行。如果作为结果的指征为“正常”,则执业医师可以决定不需要采取进一步的措施,或可以下令进行类似的或不同性质的进一步检测。但是,如果获得了抑郁或其他异常精神状态的指征,则执业医师可以确定某些干预措施是适当的,如治疗和/或转诊给专科医生(如心理医生或精神科医生)以进行进一步的诊断和治疗。

[0086] 现在来看图6,图6示出了实施本发明的计算机实施方式的主要软件处理组件的框图600。睡眠检测模块604对输入的心跳记录数据602进行处理,以识别睡眠起始时间和睡眠结束时间。可选地,该记录由尺度变换模块606进一步处理。尺度变换模块处理输入数据602,以获取经尺度变换的记录,其中心率值在零和一之间归一化,时间调整为标准刻度(例如,零到1,000个时间单位)。在上述详细描述的实施方式中,模板模型中使用了尺度变换,

其中,确保与正常模板502、抑郁症模板506和/或知识库124中包含的任何其他模板进行比较的所有心跳记录中的相似性具有重要意义。对于上述多参数模型,不需要进行尺度变换,尽管尺度变换可以用于根据本发明的替代实施方案来计算其他度量。

[0087] 度量计算模块608计算与本发明实施方案中使用的特定计算模型相关联的相关度量(或相关的多个度量)。例如,在模板模型中,度量计算模块608计算表示受试者106的心跳记录与正常模板502之间的差异的第一值,以及表示受试者106的心跳记录与抑郁症模板506之间的差异的第二值。在多参数模型中,度量计算模块608参照图4(b)计算了上述四个度量。

[0088] 在某些实施方案中,为了计算度量(或多个度量),度量计算模块608访问知识库124。例如,在模板模型中,度量计算模块608从知识库124检索正常模板502和抑郁症模板506。

[0089] 决策模块610根据与特定计算模型相关的规则对受试者106的精神状态进行分类。例如,在模板模型中,决策模块610通过将对应于正常模板的第一距离值和对应于抑郁症模板的第二距离值进行比较,来对受试者106的精神状态进行分类,以确定哪一个模板最类似于受试者106的心跳模式。

[0090] 在分类树模型中,决策模块610通过执行在知识库124中存储的一个或多个分类树来对受试者106的精神状态进行分类。

[0091] 通常,决策模块610需要访问知识库124,以便检索决策标准。输出精神状态指征612是由决策模块610产生的。

[0092] 图7示出了与根据模板模型的构建知识库的算法相对应的流程图700。对于下面参照图7(b)和图7(c)讨论的这个算法和多参数分类树算法,先决条件是知识库124包括训练记录的数据集。每项训练记录都包括检测受试者的心跳记录,以及由专家(如受过训练的执业医师)进行的相关诊断/评估。该评估可以根据专家对检测受试者心率记录的审查来进行,也可以通过其他诊断手段(如每个检测受试者与专家评估员之间的访谈)来获取。正是这些与训练集内的数据相关联的实际评估提供了知识库中的主要专业知识。这些信息然后被用来建立实施这一专业知识的计算模型,然后可以利用这一计算模型,根据受试者的输入的心跳记录,生成随后未见的受试者106的可能的精神状态的指征。

[0093] 返回到模板模型训练算法700,在步骤702设置了用于训练的第一分类。这一分类是从专家临床医生所做的现有诊断之一中选出的,并与知识库124中的训练记录的子集相关联。相应地,例如,在步骤702选择的第一分类可以是“正常”。

[0094] 在步骤704,检索所有来自具有第一分类(例如,“正常”)的训练集的记录。每个记录都包含一系列心跳数据样本,如图2(a)的曲线图中所示的心跳数据样本。在步骤706,对检索到的数据记录进行尺度变换,从而使心率在零和一之间归一化,睡眠阶段持续时间归一化到共同的时间尺度。在步骤706,计算所有检索到的和经尺度变换的检测受试者记录的平均值。这是逐样本平均过程,从而产生了单个代表性的心跳记录(即,模板)。因此在这个示例中,初始模板就是正常模板502,然后正常模板502被存储在知识库124中。

[0095] 在步骤710,将进行检查,以确定是否有需要模板的进一步分类。在示例性实施方案中,生成了至少一个进一步的模板,所述进一步的模板与训练集内已被评估为患有抑郁症的受试者相对应。相应地,在步骤712,分类被设置为“抑郁”,并重复步骤检索704、尺度变

换706和模板计算708。

[0096] 对于在训练集内存在有专家临床医生评估或诊断的所有分类,可以继续计算模板的过程。

[0097] 图7 (b) 显示了知识库构建方法的流程图720,该知识库构建方法包含分类树的构建并与图4 (b) 中所示的计算模型410相对应。在步骤722,从知识库124检索训练数据记录。在步骤722检索的记录可以包括训练集内的所有记录,或者可以包括选定的子集。

[0098] 在步骤724,对每一个检索到的训练数据记录计算四个示例性度量的集合(即,平均清醒心率、心率比率、第一斜率度量和第二斜率度量)。相应地,从训练集内获取以下形式的记录集合:

[0099] $(x; Y) = (x_1, x_2, x_3, x_4; Y)$

[0100] 在上面的表达式中,因变量Y表示由专家临床医生评估的训练集内的每个受试者的心理健康状态(例如,“正常”、“抑郁症”等),而向量x由上述四个度量组成。

[0101] 根据这一数据,在步骤726选择第一分类(例如,“正常”)。在步骤728,对数据记录进行了分区,以便将每项记录分类为落在分类集的范围内(即,具有“正常”的评估),或落在分类集的范围外(即,任何不是“正常”的评估,一般为“不正常”)。

[0102] 在步骤730,构建了分类树,该分类树用于区分训练集内的“正常”和“不正常”,并相应地用于预测这些互补分类在将来未见过的数据中的成员资格。在步骤730可以采用任何合适的已知决策树学习算法,包括:ID3;C4.5;CART;CHAID;MARS和/或条件推理树。在步骤730可以使用现有的软件工具(包括但不限于MATLAB和R),或现有的编程库(如用于Python编程语言的scikit-learn)来实现学习算法。

[0103] 在步骤732,将进行检查以确定是否有必须生成分类树的进一步分类。如果有,则在步骤734选择下一个分类值,并重复步骤728和步骤730。在示例性实施方案中,生成了用于区分“抑郁”和“不抑郁”的第二分类树。

[0104] 为了说明本发明实施方案中采用的分类树算法的有效性,图8至图10显示了对训练集内受试者在“正常”和“不正常”之间进行划分的一些三维图表示。每个图都具有表示四个度量中的三个度量(即心率比率800、第一斜率度量900和第二斜率度量1000)的轴。对图8、图9和图10的每一个,第四度量(即清醒心率)都是不同的,即每个都表示一个通过四个度量定义的四维空间的切片。具体地,对于每分钟约为80次的平均清醒心率,图8 (a) 和图8 (b) 分别显示了受试者在“正常”802和“不正常”804之间的划分。图9 (a) 和9 (b) 显示了对于每分钟约为87.7次的清醒心率的类似划分902、904,而图10 (a) 和10 (b) 中的划分1002、1004则是对每分钟约为96次的平均清醒心率的划分。

[0105] 从图8、图9和图10中的三组图中可以清楚地看出,对于平均清醒心率的每一个值,“正常”和“不正常”受试者之间都存在明显的划分。例如,在每分钟约为80次时,“正常”受试者在度量空间内聚集为两组,形成“厨房(galley)”。相反,“不正常”受试者则在度量空间内聚集为单个分组,与“过道(aisle)”相对应。在每分钟约为87.7次的心率时,“正常”受试者在度量空间内以“桌子”的形式分布,而“不正常”受试者则聚集在近似立方体的形状内。最后,在每分钟约为96次时,“正常”受试者被聚集在两个连接的垂直平面上,而“类立方体”结构再次表征度量空间中“不正常”受试者的分布。

[0106] 从图8、图9和图10所示的“切片”中也可以推断出,随着心率的增加,度量空间内

“正常”和“不正常”之间的划分也在不断演变。每分钟约为80次时的“厨房”演变成每分钟约为87.7次时的“桌子”结构，而“不正常”的“过道”结构则扩大到占据“桌子”下面的空间。随着平均清醒心率从每分钟约为87.7次上升到每分钟96次，可以看到这种演变继续。

[0107] 本发明的一些实施方案可以配置为提供受试者心理健康状态“程度”的客观衡量形式的附加信息，例如，对问题“多么正常？”（或者说“多么抑郁？”）的定量的回答。考虑正常情况，例如，可以评估与正常图心 (centroid) 的距离，并使用与正常图心的距离来提供进一步的定量信息。对于N维的 $m = \{m_1, m_2, \dots, m_N\}$ 的一组度量，与正常图心 $m_n = \{m_{n,1}, m_{n,2}, \dots, m_{n,N}\}$ 的距离d由下式给出：

$$[0108] \quad d = \sum_{k=1}^N |m_k - m_{n,k}|$$

[0109] 因此，度量d是受试者与来自训练集的“平均”正常受试者之间的距离的定量指征。

[0110] 现在来看图11，图11显示了使用本发明实施方案104进行评估、诊断和治疗的过程1100。过程1100涉及临床医生1102，如医生/全科执业医生，临床医生1102下令使用系统104对患者的心理健康进行检测。在1104，患者在适当的时间段内（包括睡眠阶段）接受心率测量，数据通过例如便携式设备110上的应用程序或者PC 112上执行的应用程序或基于网络的接口来进行收集，然后数据被上传到服务器104进行分析。

[0111] 一旦分析完成，结果将储存在服务器104的安全存储器中，临床医师1102可以通过安全访问接口1106（如门户网站）访问该结果。临床医生1102因此能够审查测量和分析的结果，并确定对患者适当的下一步的诊断和治疗。例如，如果结果是“正常”，但患者仍表现出持续的不良症状，临床医生1102可能会决定需要进行额外的检测或其他评估。如果结果表明患者抑郁，则临床医生可以作出相应的诊断，并且/或者可以将患者转诊给专科医生（如心理医生或精神科医生）以作进一步的评估和治疗。如果评估结果是患者并未抑郁，但也不正常，则可以指示进一步检测和/或转诊。这些决定仍然掌握在临床医师1102手中，但是由根据本发明实施方案的服务器104进行的评估显然提供了一种有用、一致并且客观的工具来帮助临床医师1102。

[0112] 此外，如果规定了对患者的治疗（例如，通过咨询或药物治疗），那么可以在治疗期间重复记录1104、由服务器104进行分析和由临床医生1102进行审查1106的循环。这种持续的评估提供了一种对治疗效果的持续的客观衡量。如果患者经评估的精神状态有所改善，例如从“抑郁”指征转变到“正常”指征，那么治疗就可以被认为是成功的。另一方面，如果没有观察到患者所表现的精神状态有客观的积极变化，临床医生1102和/或患者可能被转诊的任何专科医生可以考虑调整治疗，例如通过改变或补充药物或咨询选项。

[0113] 总之，本发明的实施方案提供了能够通过简单并且无创的心跳测量，来对精神状态（具体地，个体受试者的心理健康指征）进行测量、监测和评估的方法和系统。有利地，测量可以使用不显眼的可穿戴设备，从而使受试者能够进行其正常的日常活动。评估是使用计算模型（例如，在可以通过互联网访问的服务器上执行的计算模型）、利用包括专家评估信息的知识库来自动生成的。

[0114] 根据本发明实施方案提供的服务和应用程序可以单独提供给受试者，但通过保健专业人员（如患者受试者自己的医生）提供可能更有用。这使医生能够指导患者正确操作监测设备，正确进行心脏测量，并直接接收患者心理健康状态的输出指征。根据这一指征和医

生掌握的其他的患者健康信息,可以就关于患者的任何不良心理健康状态的可能诊断和治疗提出专业建议。在适当情况下,医生可以选择将患者转诊给专科医生(例如,精神科医生),以作进一步评估、检测、诊断和/或治疗。

[0115] 评估平台104可以保存历史记录,并通过互联网提供这些历史记录,以便个人和/或其监督医生可以对心理健康进行持续的监测。

[0116] 本发明实施方案的潜在益处包括对患有诸如抑郁症等心理健康问题或处于心理健康问题风险中的个人的改进的并且客观的识别。使用可穿戴设备进行心率测量的无创性和不显眼性确保了配合的低障碍,并可以实现潜在问题的早期检测,以便在问题恶化之前进行诊断和治疗,从而减少不良后果和医疗保健费用。因此,个人、保健专业人员和社会都可以获取许多益处。

[0117] 虽然仅以示例的方式描述了具体实施方案,但相关领域的技术人员将认识到,在本发明的范围内可以有若干变化。因此,不应将示例性实施方案视为限制性的,而应将本发明视为如所附权利要求中定义的。

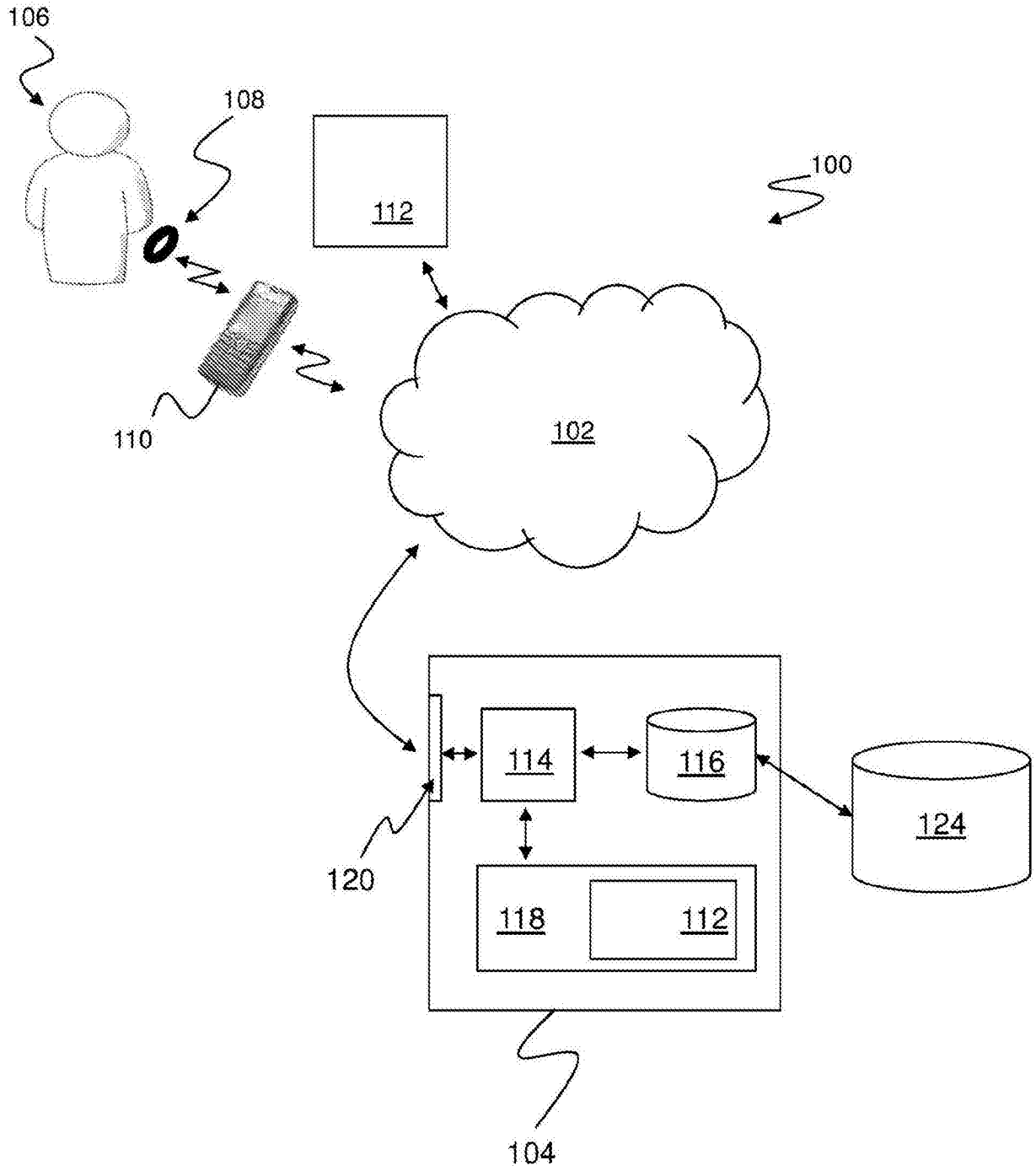


图1

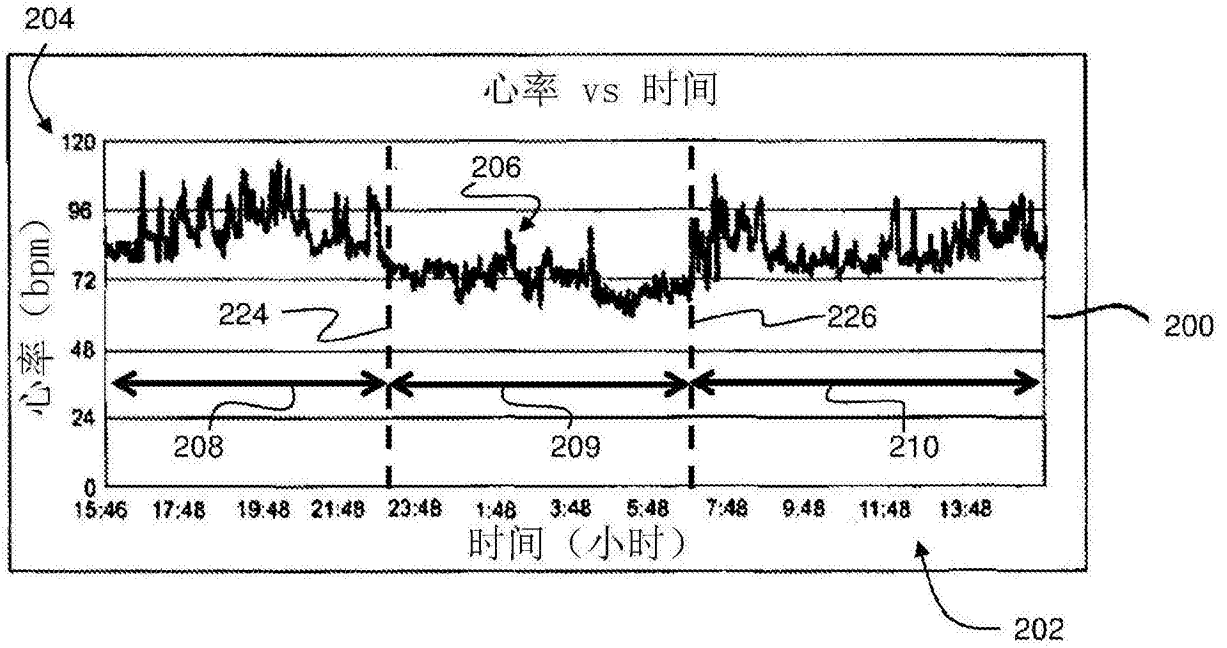


图2(a)

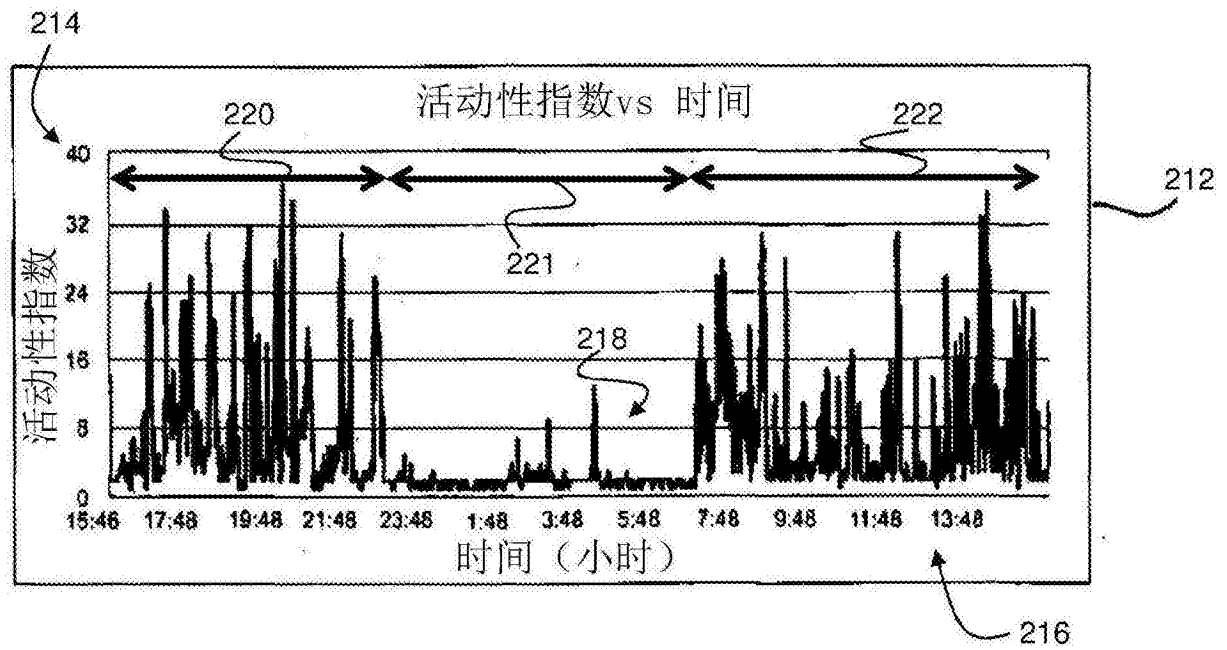


图2(b)

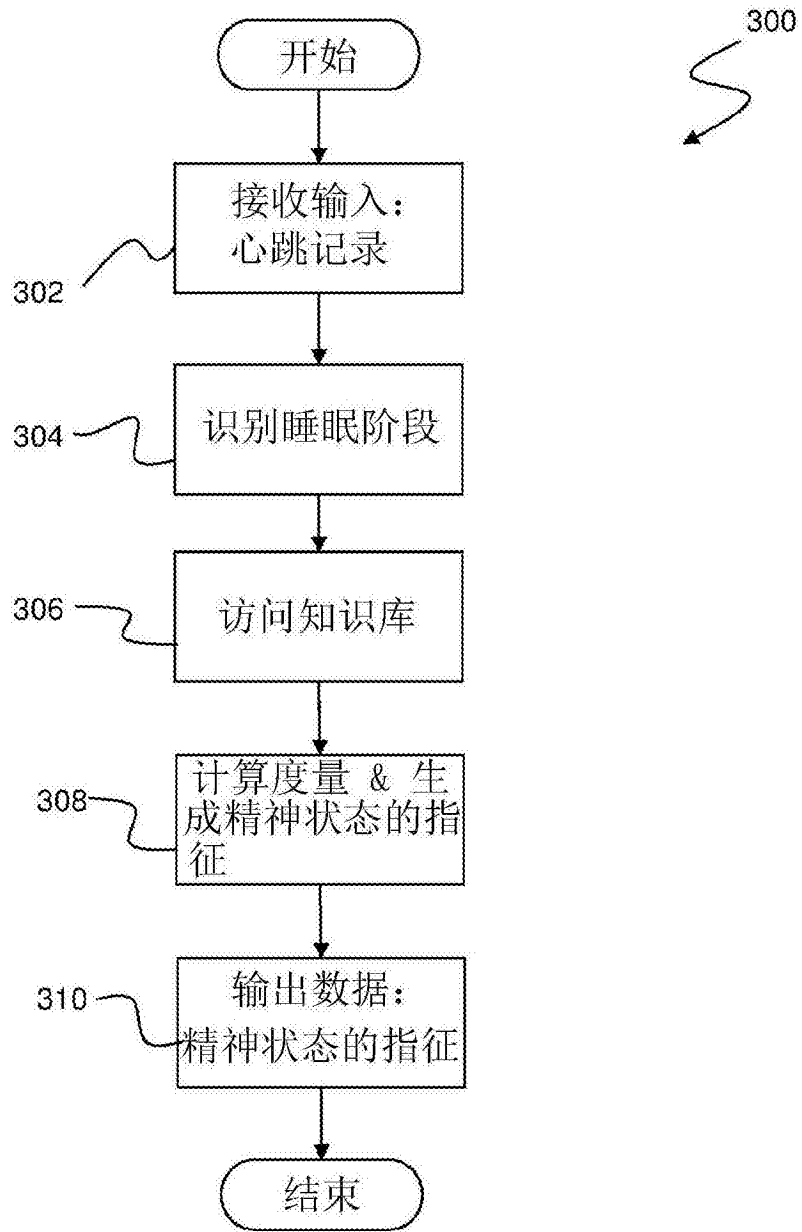


图3

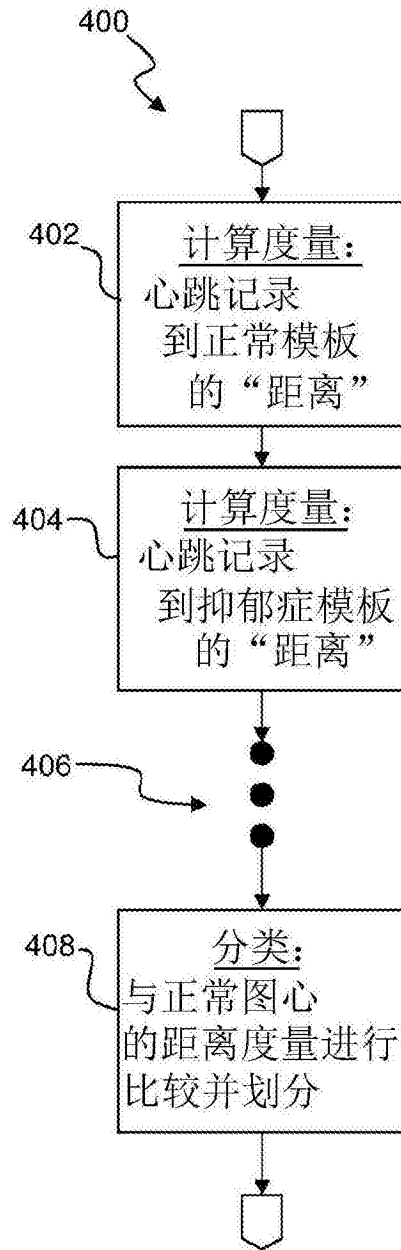


图4(a)

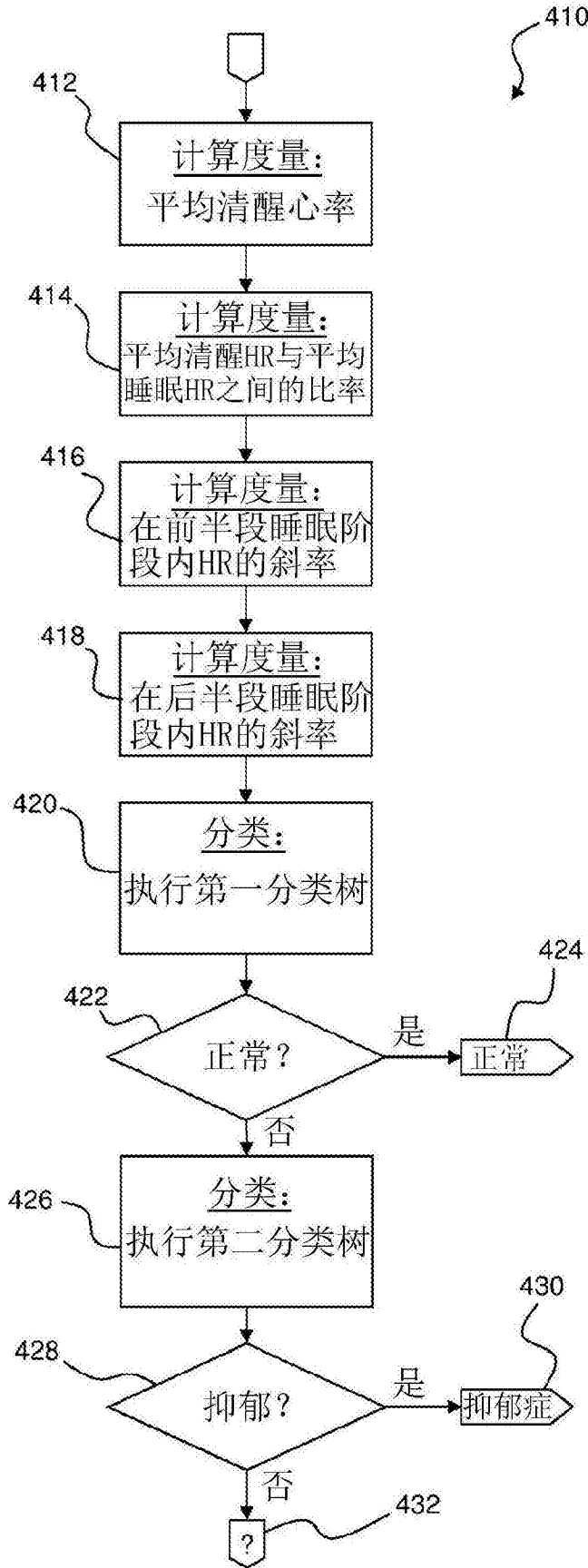


图4 (b)

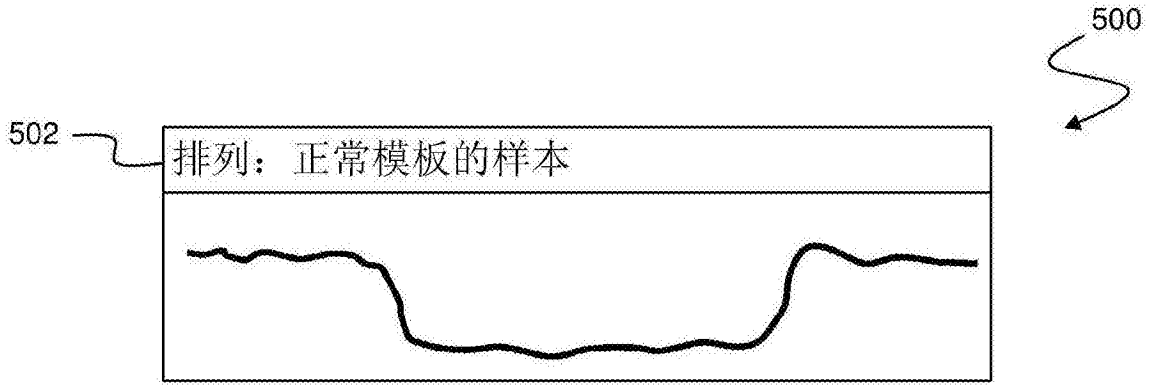


图5 (a)

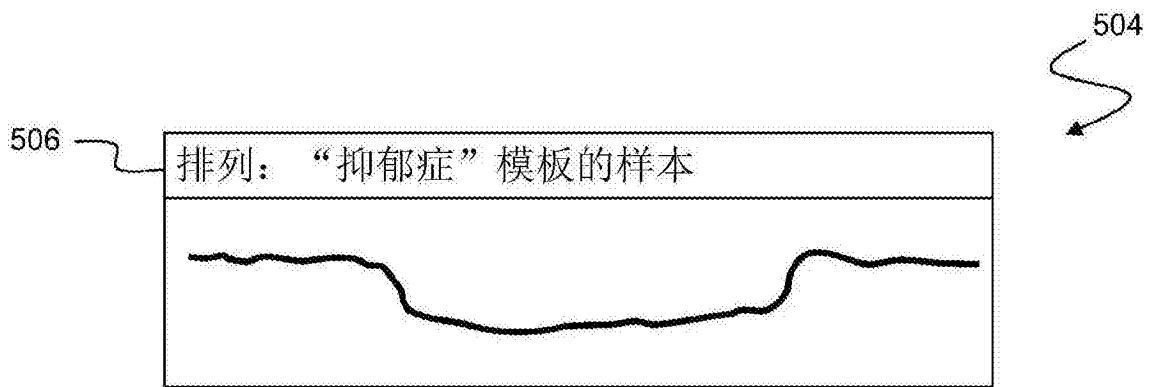


图5 (b)

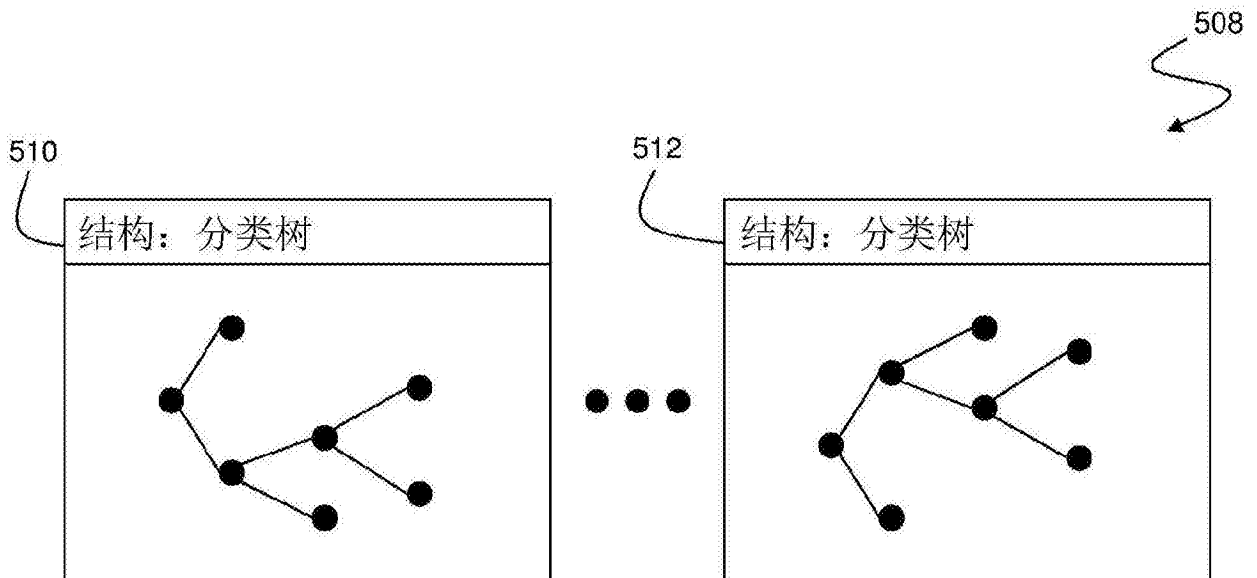


图5 (c)

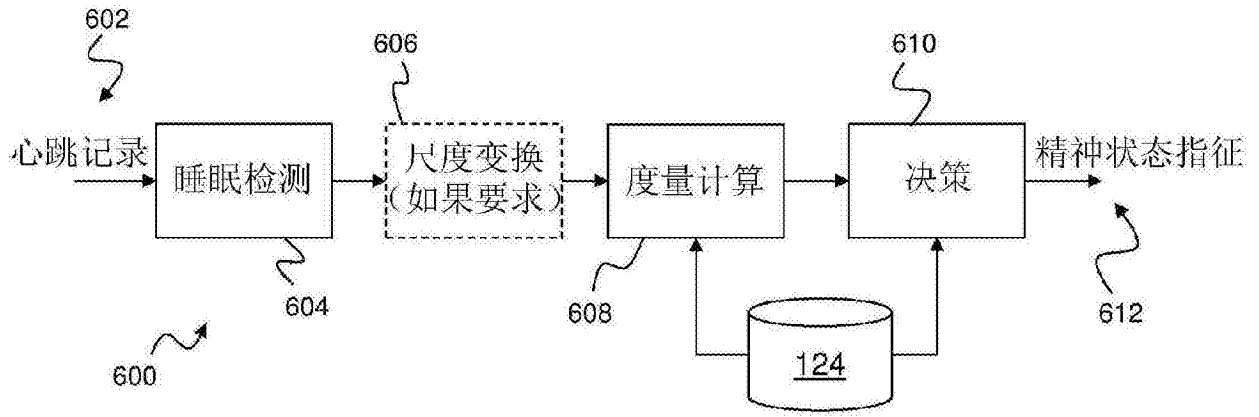


图6

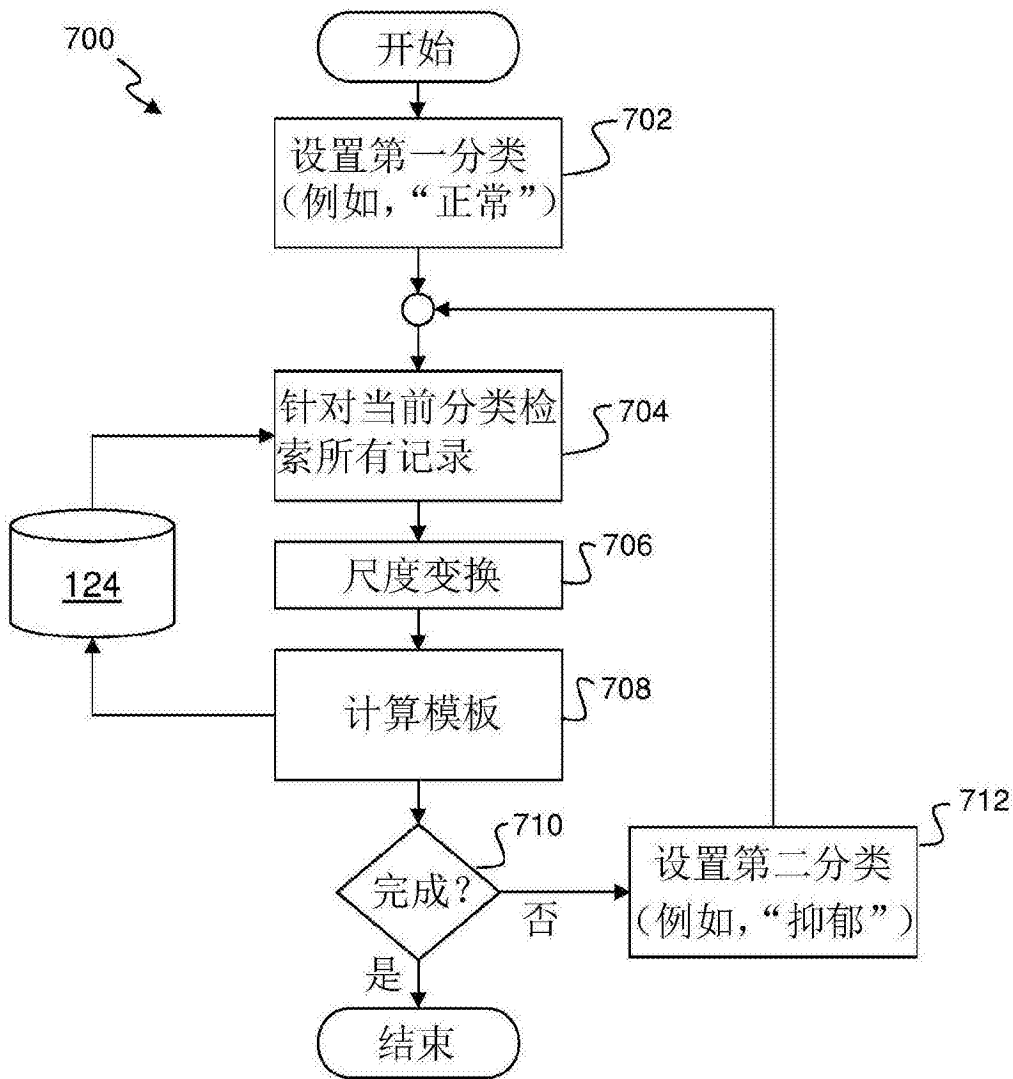


图7 (a)

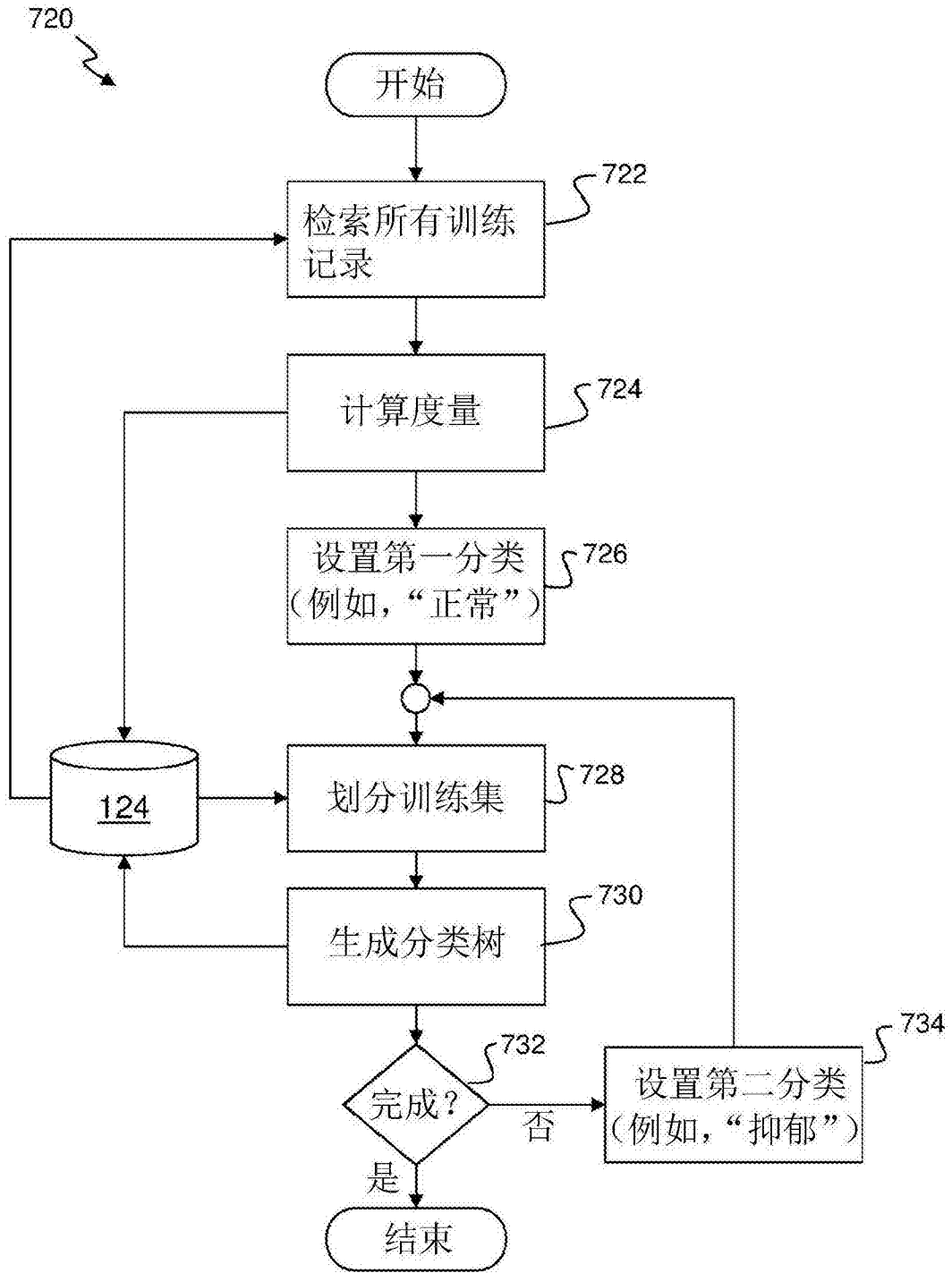


图7 (b)

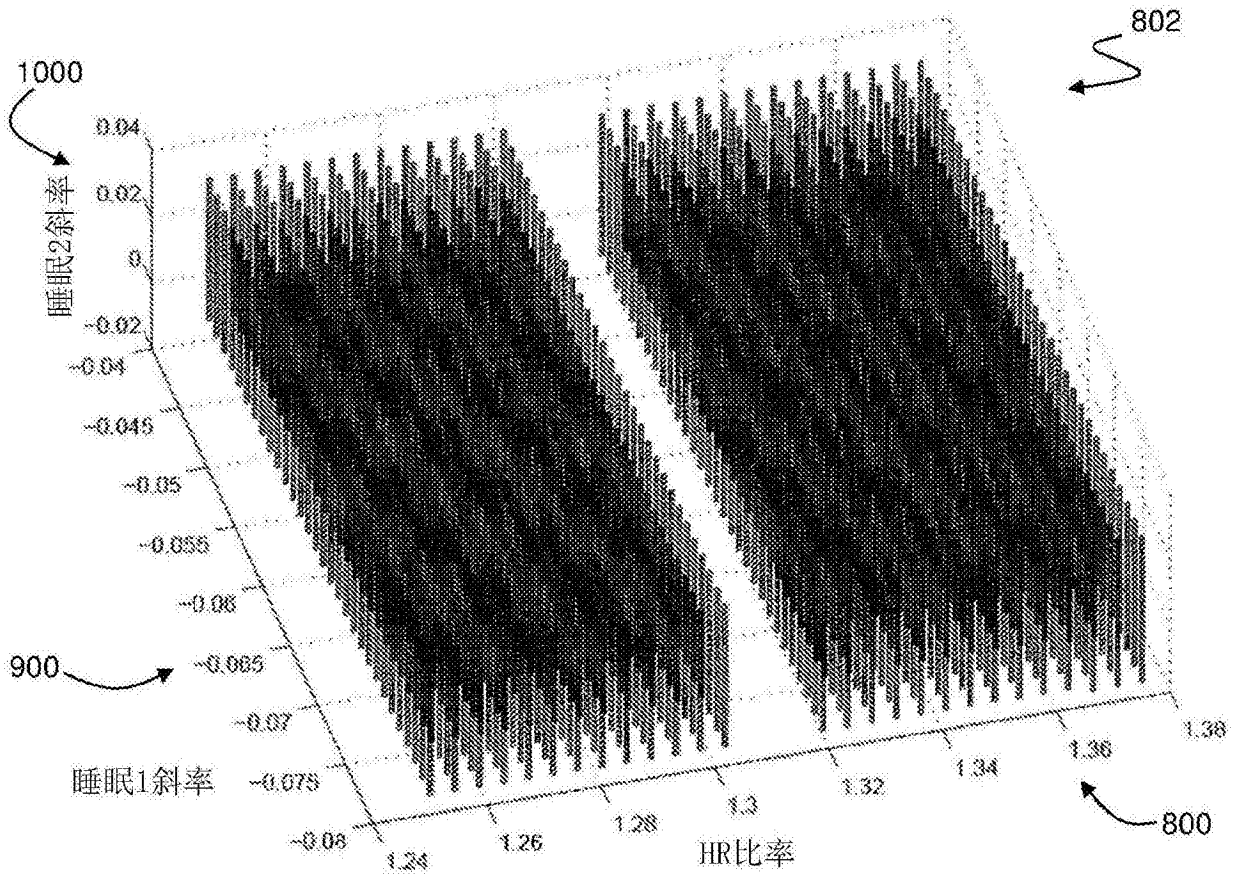


图8(a)

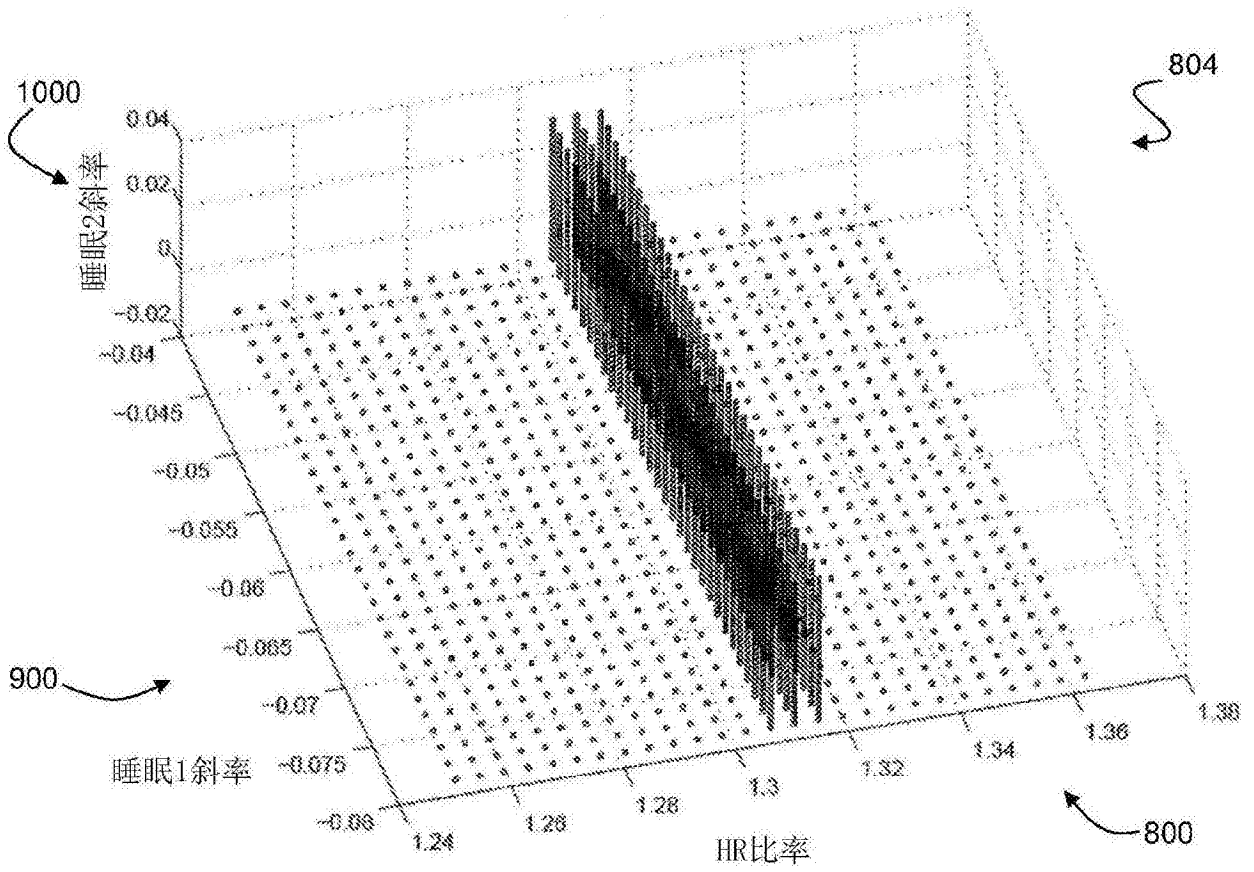


图8 (b)

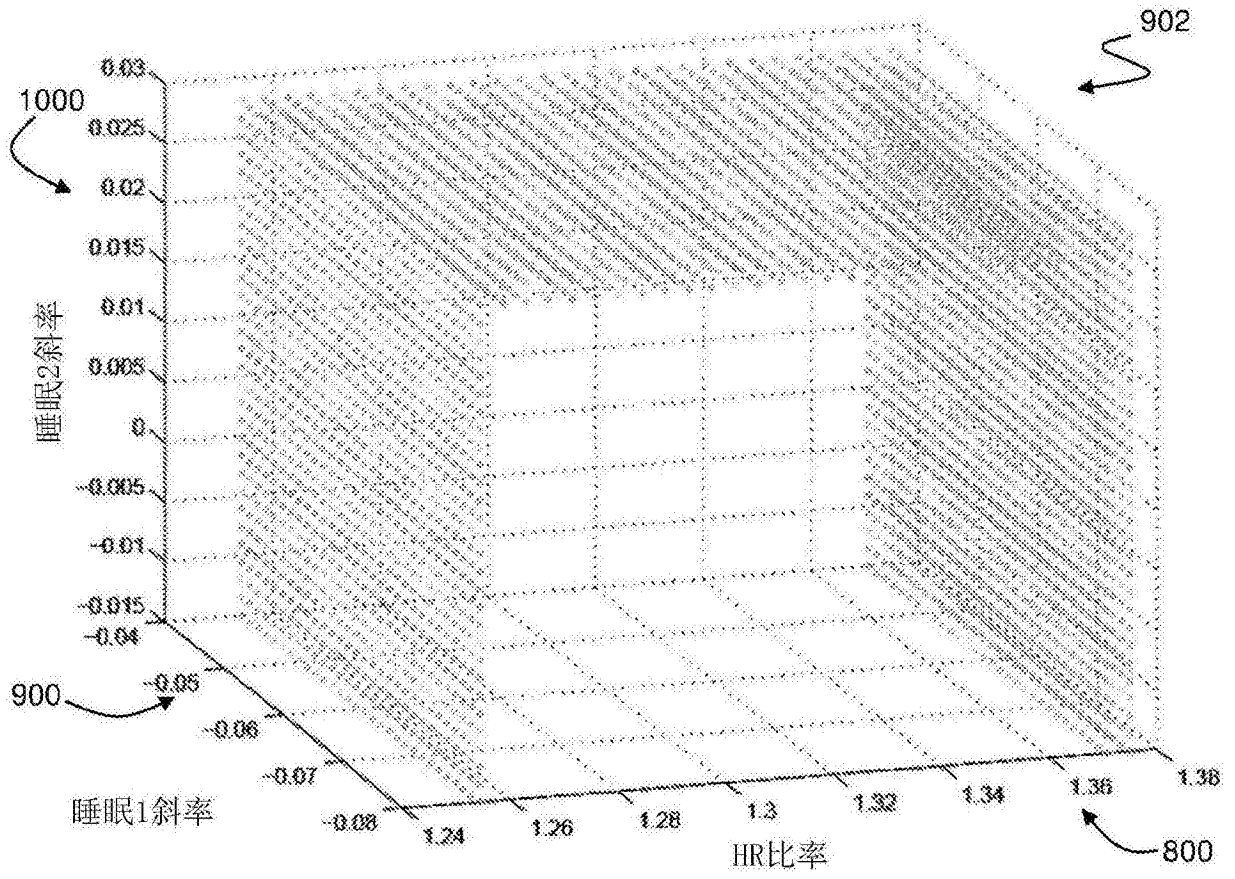


图9(a)

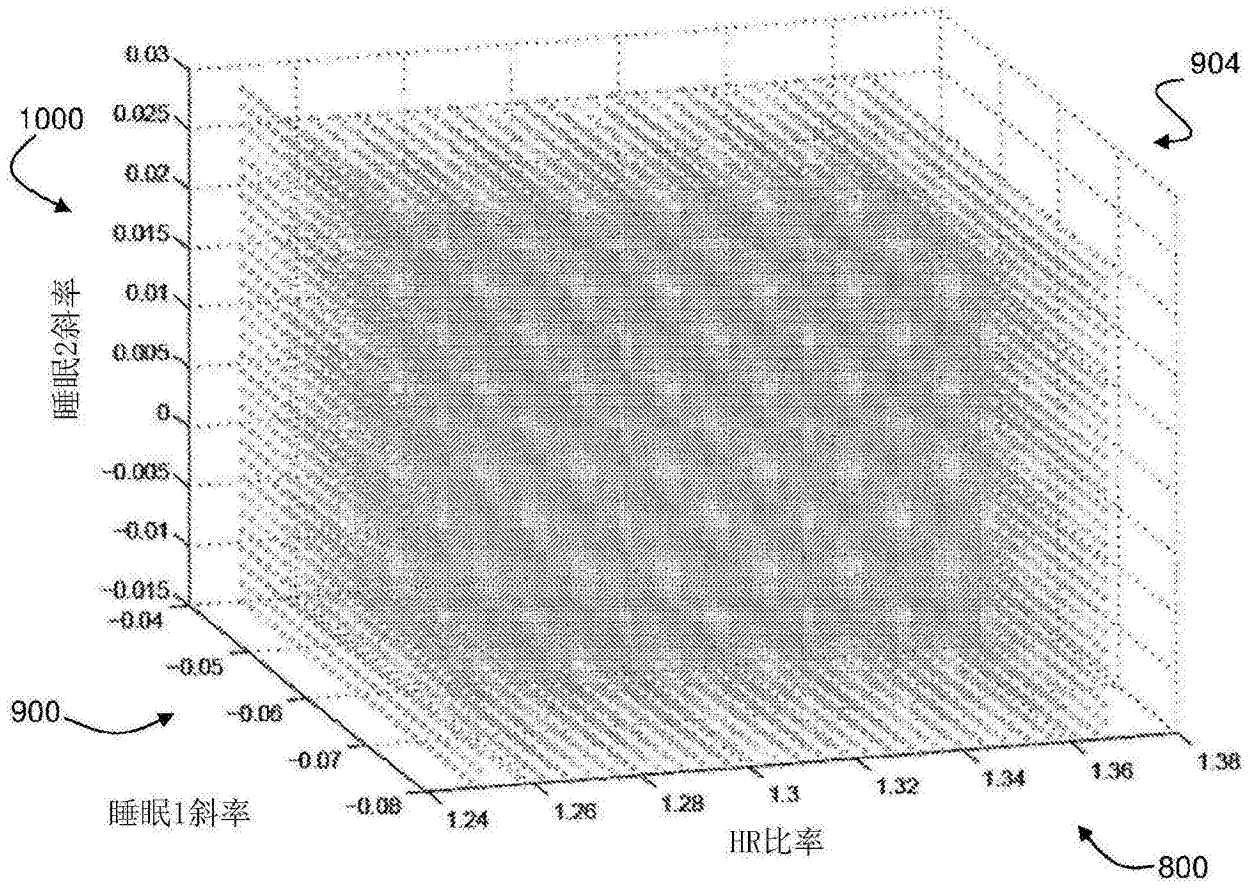


图9 (b)

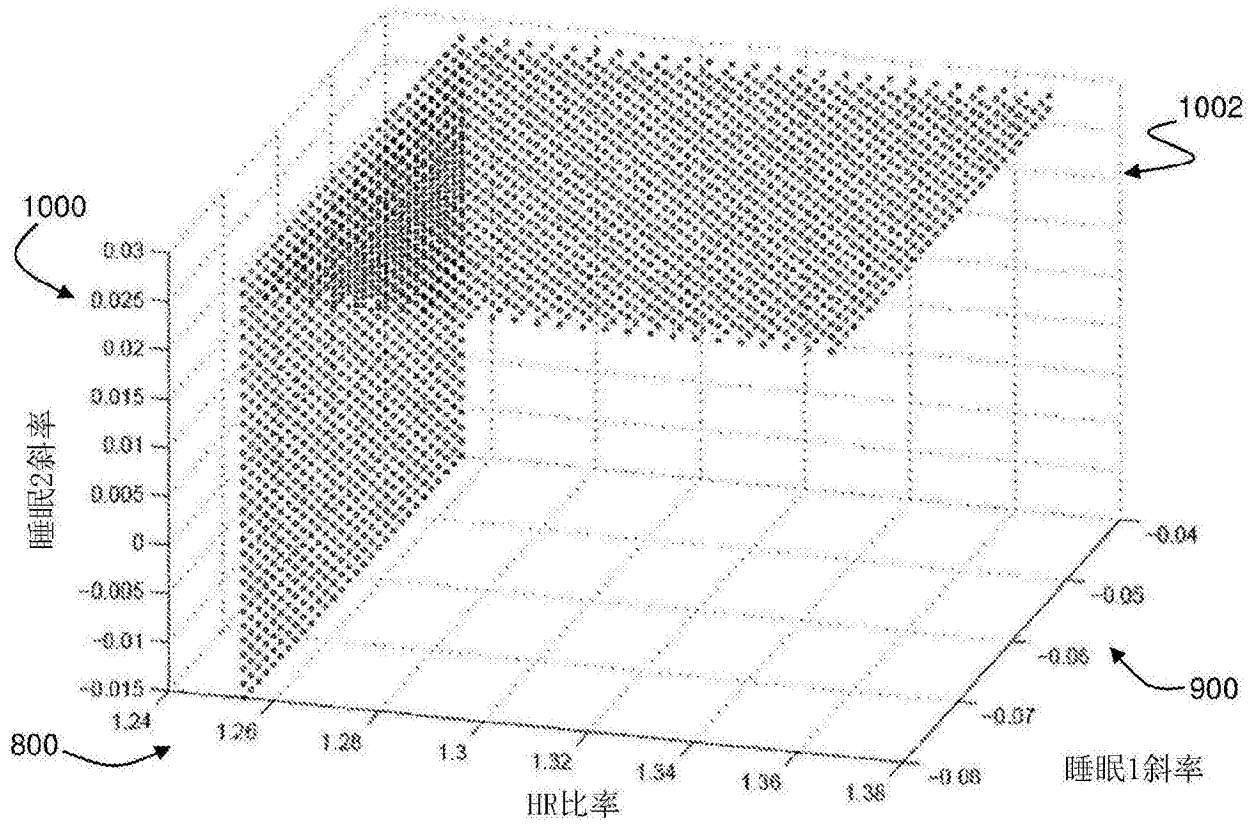


图10(a)

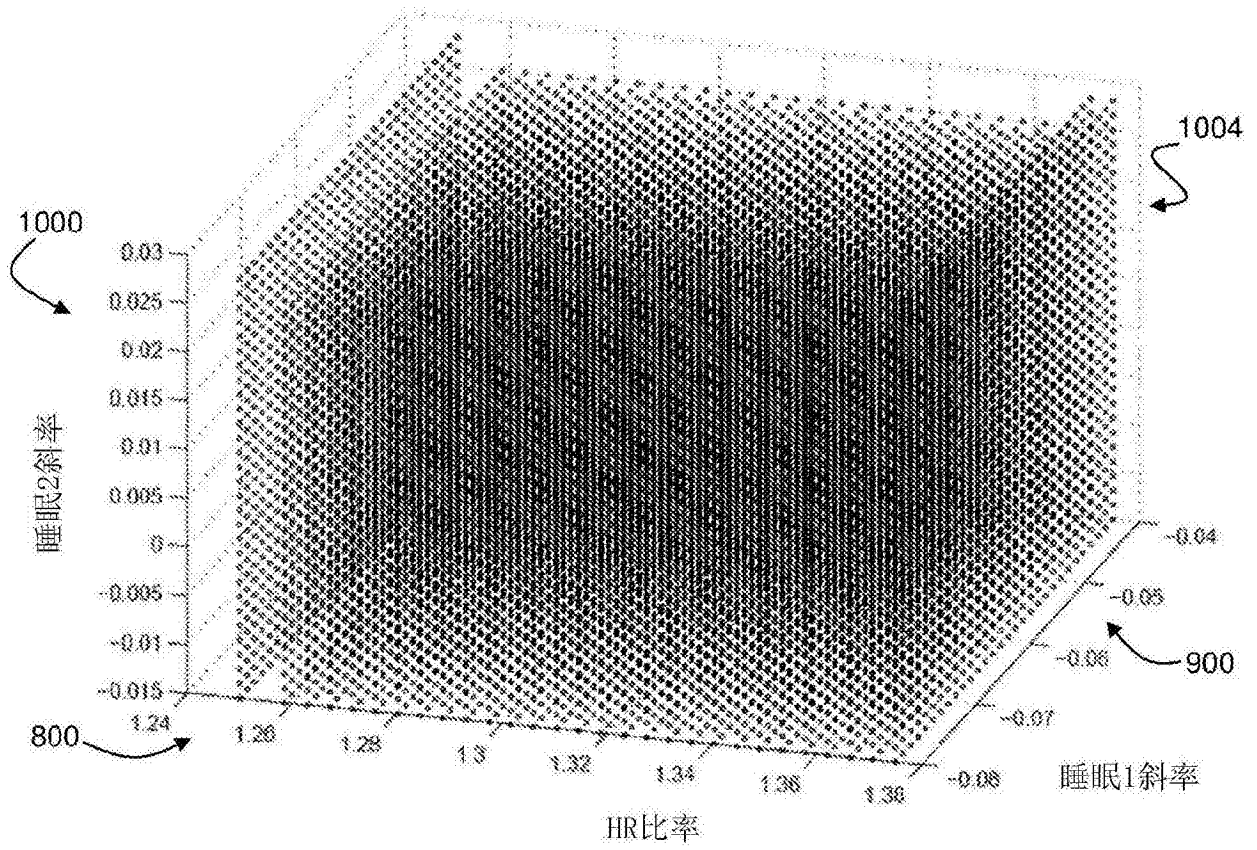


图10 (b)

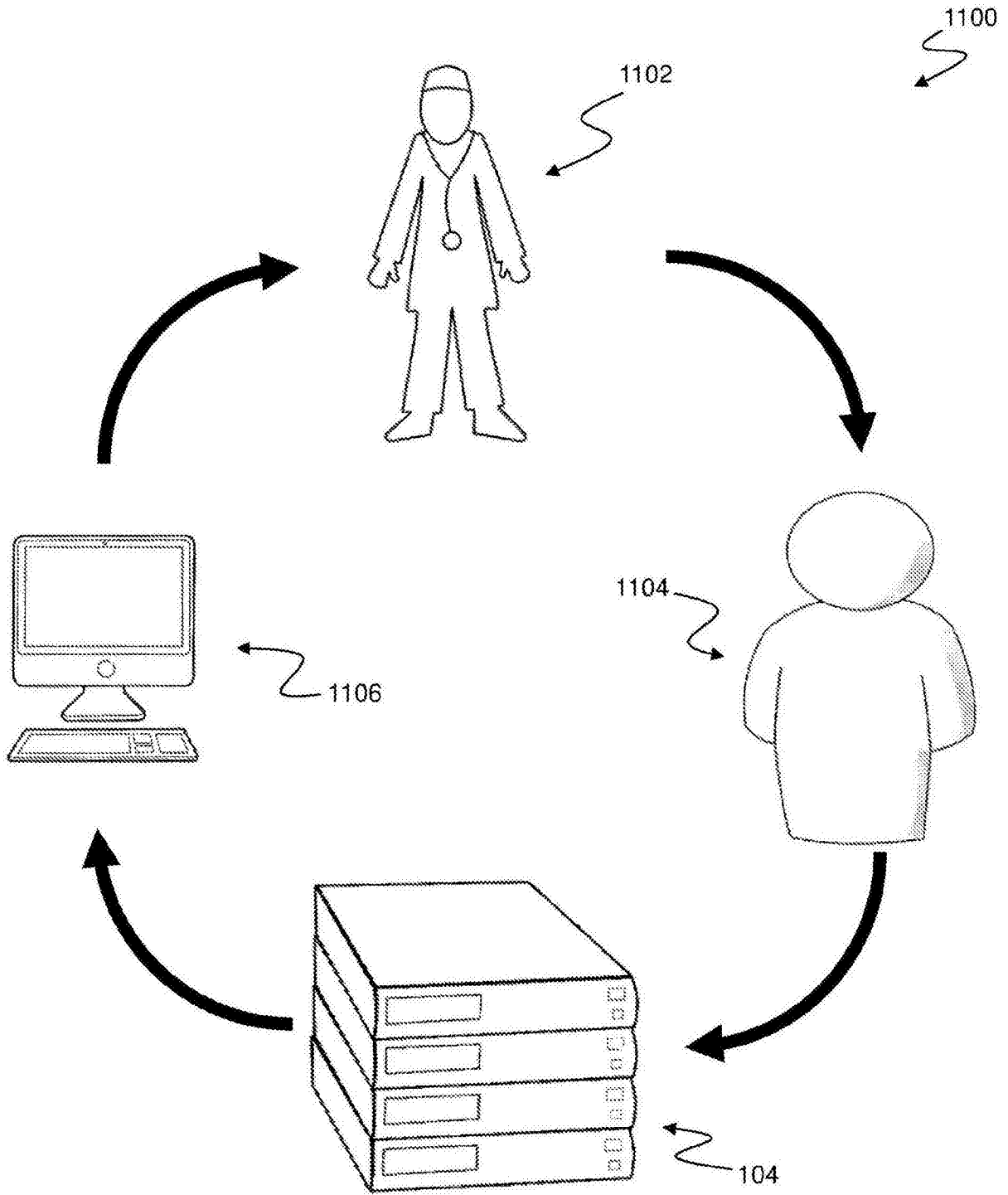


图11