



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108780663 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 13

(21) 申请号 201680082184.8

丹尼斯·沃尔

(22) 申请日 2016.12.16

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108780663 A

专利代理师 蔡利芳

(43) 申请公布日 2018.11.09

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据
62/269,638 2015.12.18 US

G16H 50/20 (2018.01)

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/16 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2018.08.17

(56) 对比文件

US 2006059145 A1, 2006.03.16

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/067358 2016.12.16

CN 104956391 A, 2015.09.30

CN 104427932 A, 2015.03.18

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/106770 EN 2017.06.22

CN 101821741 A, 2010.09.01

CN 103473631 A, 2013.12.25

(73) 专利权人 科格诺亚公司
地址 美国加利福尼亚州

CN 104254863 A, 2014.12.31

CN 102971755 A, 2013.03.13

审查员 刘津

(72) 发明人 布伦特·沃恩
阿布德尔哈利姆·阿巴斯

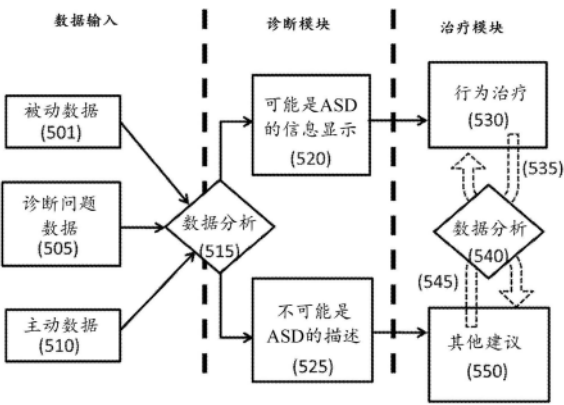
权利要求书6页 说明书39页 附图17页

(54) 发明名称

数字个性化医学平台和系统

(57) 摘要

本文公开的方法和装置为患者提供数字化诊断和数字化治疗。数字个性化医疗系统使用数字化数据来评定或诊断患者的症状,并考虑患者响应于治疗的反馈来更新个性化治疗干预。本文公开的方法和装置还能够以更少的问题和减少的时间量来诊断和治疗受试者的认知功能,并且能够确定多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍,并且能够为诊断和治疗提供临床上可接受的灵敏度和特异性。



1. 一种数字化治疗系统,该数字化治疗系统利用个人治疗性治疗计划治疗受试者,该数字化治疗系统包括:

一个或多个处理器,包括用于以下模块的软件指令,

诊断模块,该诊断模块用于从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据,所述诊断数据指示行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,所述诊断模块包括机器学习、分类器、人工智能、或基于受试者群体的统计建模中的一种或多种,以确定所述受试者的所述诊断数据,其中从所述受试者接收的所述数据包括基于对选自一组候选特征中的每个候选特征的估计预测效用而确定的特征,所述特征用于预测所述行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,以及

治疗模块,该治疗模块用于接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划,所述治疗模块包括机器学习、分类器、人工智能、或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模中的一种或多种,以确定和输出所述受试者的所述个人治疗性治疗计划,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗,并且所述治疗模块用于向所述受试者提供包括所述数字化治疗的所述个人治疗性治疗计划,用于治疗所述行为障碍、发育迟缓或神经损害,其中所述数字化治疗包括与数字治疗设备的交互会话,其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集更新的受试者数据,

其中所述诊断模块被配置用于接收从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集的所述更新的受试者数据,并且基于所述更新的受试者数据生成更新的诊断数据,并且其中所述治疗模块被配置用于接收所述更新的诊断数据并响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划,并且

其中所述行为障碍、发育迟缓或神经损害包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍或者言语和学习障碍。

2. 如权利要求1所述的系统,其中所述诊断模块包括在所述受试者群体上训练的诊断性机器学习分类器,并且其中所述治疗模块包括在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗性机器学习分类器,并且其中所述诊断模块和所述治疗模块被布置成所述诊断模块基于所述治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

3. 如权利要求2所述的系统,其中所述治疗性分类器包括在数据集上训练的指令,所述数据集包括所述受试者不是其成员的群体,并且其中所述受试者包括不是所述群体的成员的个人。

4. 如权利要求1所述的系统,其中所述诊断模块包括在至少10,000人的受试者群体的多个简档上训练的诊断分类器和在所述受试者群体的所述多个简档上训练的治疗简档。

5. 一种用于诊断和治疗受试者的系统,包括:

诊断模块,用于接收受试者数据并输出所述受试者的诊断数据,所述诊断数据指示行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,其中所述受试者数据包括基于对选自一组候选特征中的每个候选特征的估计预测效用而确定的特征,所述特征用于预测所述行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险;

治疗模块,用于接收所述诊断数据并基于至少所述诊断数据输出针对所述受试者的包括数字化治疗的个人治疗性治疗计划,并且所述治疗模块用于向所述受试者提供包括所述数字化治疗的所述个人治疗性治疗计划,用于治疗所述行为障碍、发育迟缓或神经损害,其

中所述数字化治疗包括与数字治疗设备的交互会话,其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集更新的受试者数据,

其中所述诊断模块和所述治疗模块被布置成具有反馈回路以响应于g更新的诊断数据而更新所述个人治疗性治疗计划,所述更新的诊断数据由所述诊断模块基于从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集的所述更新的受试者数据而生成,

其中所述行为障碍、发育迟缓或神经损害包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍或者言语和学习障碍。

6. 一种数字化治疗系统,该数字化治疗系统利用个人治疗性治疗计划治疗受试者,所述系统包括:

处理器,包括用于以下模块的指令,

诊断模块,该诊断模块用于从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据,所述诊断数据指示所述受试者的行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,其中从所述受试者接收的所述数据包括基于对选自一组候选特征中的每个候选特征的估计预测效用而确定的特征,所述特征用于预测所述行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,以及

治疗模块,该治疗模块用于接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗,并且所述治疗模块用于向所述受试者提供包括所述数字化治疗的所述个人治疗性治疗计划,用于治疗所述行为障碍、发育迟缓或神经损害,其中所述数字化治疗包括与数字治疗设备的交互会话,其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集更新的受试者数据,

其中所述诊断模块被配置用于接收从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集的所述更新的受试者数据,并且基于所述更新的受试者数据生成更新的诊断数据,并且其中所述治疗模块被配置用于接收所述更新的诊断数据并响应于所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划,并且

其中所述行为障碍、发育迟缓或神经损害包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍或者言语和学习障碍。

7. 如权利要求6所述的系统,其中所述数字化治疗包括提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。

8. 如权利要求7所述的系统,其中利用一移动设备提供所述数字化治疗。

9. 如权利要求6所述的系统,其中所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划被提供至第三方系统。

10. 如权利要求9所述的系统,其中所述第三方系统包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

11. 如权利要求6所述的系统,其中所述诊断模块被配置用于响应于所述受试者的反馈数据从所述受试者接收更新的受试者数据并生成更新的诊断数据,并且其中所述治疗模块被配置用于接收所述更新的诊断数据并响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。

12. 如权利要求11所述的系统,其中响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

13. 如权利要求6所述的系统,其中所述诊断模块包括机器学习、分类器、人工智能、或

基于受试者群体的统计建模,从而确定所述诊断数据。

14.如权利要求13所述的系统,其中所述治疗模块包括机器学习、分类器、人工智能、或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模,从而确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

15.如权利要求6所述的系统,其中所述诊断模块包括在受试者群体上训练的诊断性机器学习分类器,其中所述治疗模块包括在至少一部分所述受试者群体上训练的治疗性机器学习分类器,并且其中所述诊断模块被配置成基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

16.如权利要求6所述的系统,其中来自所述受试者的所述数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应、以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

17.如权利要求6所述的系统,其中所述诊断模块被配置为由成年人来执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

18.如权利要求6所述的系统,其中所述诊断模块被配置为由看护人或家庭成员来执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

19.一种利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的方法,所述方法包括:

从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据的诊断过程,所述诊断数据指示所述受试者的行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,其中从所述受试者接收的所述数据包括基于对选自一组候选特征中的每个候选特征的估计预测效用而确定的特征,所述特征用于预测所述行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险;

接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗过程,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗;以及

向所述受试者提供包括所述数字化治疗的所述个人治疗性治疗计划,用于治疗所述行为障碍、发育迟缓或神经损害,其中所述数字化治疗包括与数字治疗设备的交互会话,其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集更新的受试者数据,

其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集的所述更新的受试者数据用于生成更新的诊断数据,并且其中响应于所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划,并且

其中所述行为障碍、发育迟缓或神经损害包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍或者言语和学习障碍。

20.如权利要求19所述的方法,其中所述数字化治疗包括提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。

21.如权利要求20所述的方法,其中利用移动设备提供所述数字化治疗。

22.如权利要求19所述的方法,还包括将所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划提供至第三方系统。

23.如权利要求22所述的方法,其中所述第三方系统包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

24.如权利要求19所述的方法,其中所述诊断过程还包括响应于所述受试者的反馈数据从所述受试者接收更新的受试者数据并生成更新的诊断数据,并且所述治疗过程还包括

接收所述更新的诊断数据并响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。

25. 如权利要求24所述的方法,其中响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

26. 如权利要求19所述的方法,其中所述诊断过程通过选自机器学习、分类器、人工智能和基于受试者群体的统计建模组成的群组的过程来执行,以确定所述诊断数据。

27. 如权利要求26所述的方法,其中所述治疗过程通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的过程来执行,以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

28. 如权利要求19所述的方法,其中所述诊断过程通过在受试者群体上训练的诊断性机器学习分类器来执行,其中所述治疗过程通过在至少一部分所述受试者群体上训练的治疗性机器学习分类器来执行,并且其中所述诊断过程还包括基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

29. 如权利要求19所述的方法,其中来自所述受试者的所述数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应、以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

30. 如权利要求19所述的方法,其中通过成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据来执行所述诊断过程。

31. 如权利要求19所述的方法,其中所述诊断过程使得看护人或家庭成员能够执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

32. 一种治疗系统,该治疗系统利用个人治疗性治疗计划治疗受试者,所述治疗系统包括:

处理器,包括用于以下模块的软件指令,

诊断模块,该诊断模块用于从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据,所述诊断数据指示所述受试者的行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,其中从所述受试者接收的所述数据包括基于对选自一组候选特征中的每个候选特征的估计预测效用而确定的特征,所述特征用于预测所述行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险以及

治疗模块,该治疗模块用于接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗,并且所述治疗模块用于向所述受试者提供包括所述数字化治疗的所述个人治疗性治疗计划,用于治疗所述行为障碍、发育迟缓或神经损害,其中所述数字化治疗包括与数字治疗设备的交互会话,其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集更新的受试者数据,

其中所述诊断模块被配置用于:接收从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集的所述的受试者数据,并基于所述更新的受试者数据生成更新的诊断数据,并且其中所述治疗模块被配置用于:接收所述更新的诊断数据,并响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划,并且

其中所述行为障碍、发育迟缓或神经损害包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍或者言语和学习障碍。

33. 如权利要求32所述的系统,其中响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所

述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

34. 如权利要求32所述的系统,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。

35. 如权利要求34所述的系统,其中所述数字化治疗包括提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。

36. 如权利要求35所述的系统,其中利用移动设备提供所述数字化治疗。

37. 如权利要求32所述的系统,其中所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划被提供至第三方系统。

38. 如权利要求37所述的系统,其中所述第三方系统包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

39. 如权利要求32所述的系统,其中所述诊断模块包括机器学习、分类器、人工智能、或基于受试者群体的统计建模,以确定所述诊断数据。

40. 如权利要求39所述的系统,其中所述治疗模块包括机器学习、分类器、人工智能、或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模,以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

41. 如权利要求32所述的系统,其中所述诊断模块包括在受试者群体上训练的诊断性机器学习分类器,其中所述治疗模块包括在至少一部分所述受试者群体上训练的治疗性机器学习分类器,并且其中所述诊断模块被配置成基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

42. 如权利要求32所述的系统,其中来自所述受试者的所述数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应、以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

43. 如权利要求32所述的系统,其中所述诊断模块被配置为由成年人来执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

44. 如权利要求32所述的系统,其中所述诊断模块被配置为由看护人或家庭成员来执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

45. 一种利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的方法,所述方法包括:

诊断过程,该诊断过程用于从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据,所述诊断数据指示所述受试者的行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,其中从所述受试者接收的所述数据包括基于对选自一组候选特征中的每个候选特征的估计预测效用而确定的特征,所述特征用于预测所述行为障碍、发育迟缓或神经损害的风险,以及

治疗过程,该治疗过程用于接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗,并且该治疗过程用于向所述受试者提供包括所述数字化治疗的所述个人治疗性治疗计划,用于治疗所述行为障碍、发育迟缓或神经损害,其中所述数字化治疗包括与数字治疗设备的交互会话,其中从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集更新的受试者数据,

其中所述诊断过程包括:接收从在所述交互会话期间所述受试者与所述数字治疗设备的交互中收集的所述更新的受试者数据,并且基于所述更新的受试者数据生成更新的诊断数据,并且其中所述治疗过程包括:接收所述更新的诊断数据,并响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划,并且

其中所述行为障碍、发育迟缓或神经损害包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍或者言语和学习障碍。

46. 如权利要求45所述的方法,其中响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

47. 如权利要求45所述的方法,其中所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。

48. 如权利要求47所述的方法,其中所述数字化治疗包括提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。

49. 如权利要求48所述的方法,其中利用移动设备提供所述数字化治疗。

50. 如权利要求45所述的方法,还包括将所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划提供至第三方系统。

51. 如权利要求50所述的方法,其中所述第三方系统包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

52. 如权利要求45所述的方法,其中所述诊断过程通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于受试者群体的统计建模的过程来执行,以确定所述诊断数据。

53. 如权利要求52所述的方法,其中所述治疗过程通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的过程来执行,以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

54. 如权利要求45所述的方法,其中所述诊断过程通过在受试者群体上训练的诊断性机器学习分类器来执行,其中所述治疗过程通过在至少一部分所述受试者群体上训练的治疗性机器学习分类器来执行,并且其中所述诊断过程包括基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

55. 如权利要求45所述的方法,其中来自所述受试者的所述数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应、以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

56. 如权利要求45所述的方法,其中通过成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据来执行所述诊断过程。

57. 如权利要求45所述的方法,其中所述诊断过程使得看护人或家庭成员能够执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

数字个性化医学平台和系统

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求于2015年12月18日提交的题为“PLATFORM AND SYSTEM FOR DIGITAL PERSONALIZED MEDICINE”的美国临时专利申请号62/269,638(代理人案号46173-703.101)的优先权,其全部公开内容通过引用并入本文。

[0003] 发明背景

[0004] 用于患者的数字化诊断和治疗的现有方法和装置至少在某些方面不太理想。虽然可以通过多种方式从患者获取数字数据,但是这种数字数据与患者治疗的整合并不理想。例如,仅记录患者的活动并根据预定的治疗计划建议活动可能不会为患者提供最佳治疗。

[0005] 虽然已经提出了利用机器学习的数字化诊断,但数字化诊断与患者治疗的整合可能并不理想。例如,用于诊断患者的分类器(classifier)可能不太理想地适合于最有效地将治疗与诊断对准或监测治疗。

[0006] 用于诊断和治疗人(诸如患有发育障碍的人)的认知功能的现有方法和装置在至少某些方面可能不太理想。不幸的是,获得诊断和治疗以及确定受试者是否存在认知功能降低(诸如痴呆、阿尔茨海默病或发育障碍)的风险所需的时间、精力和金钱的量不太理想。例如,通过现有方法不太理想地治疗的认知和发育障碍的示例包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。通过现有方法不太理想地治疗的情绪和精神疾病的示例包括抑郁症、焦虑症、ADHD(Attention Deficit Hyperactivity Disorder,注意力缺陷与多动障碍)、强迫症和物质障碍,诸如物质滥用和饮食失调。在许多情况下,用于诊断和治疗若干神经退行性疾病的现有方法可能不太理想,并且此类神经退行性疾病的示例包括,例如,年龄相关的认知衰退、认知损害、阿尔茨海默病、帕金森病、亨廷顿病和肌萎缩侧索硬化症(“ALS”, Amyotrophic Lateral Sclerosis)。医疗保健系统为以较低的成本提供保健而承受越来越大的压力,并且用于临床诊断或识别处于发育障碍风险的受试者的现有方法和装置会导致医疗保健系统承担比理想情况更高的费用和负担。此外,至少一些受试者并未如理想情况将会发生的那么快地得到治疗,使得医疗系统承受的负担随着这些受试者所需要的额外保健而增加。

[0007] 就准确度和效率而言,对受试者的认知障碍的识别治疗可能存在令人畏缩的技术问题。许多的用于识别和治疗此类障碍的现有方法常常是耗时且耗费资源的,需要受试者回答大量问题或者在有资格的临床医生的管理下经受冗长的观察,而这些临床医生的数目和可获得性取决于受试者的地理位置而受限。另外,用于识别和治疗行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的许多现有方法的准确度和一致性不甚理想,原因在于使用这样的方法所评估的受试者常常呈现出可能难以捕获和分类的大量差异。将期望对于这样的技术问题的技术方案,其中技术方案可以同时改善诊断和治疗的准确度和效率。理想情况下,这样的技术方案将会减少施用用于识别和治疗认知功能属性(诸如行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍)的方法所需的时间和资源,并且改善受试者之间识别结果的准确度和一致性。

[0008] 此外,尽管可以对诸如父母等看护人施用先前冗长的问题测试,以便诊断或识别处于发育障碍风险的受试者,但是这样的测试可能相当长且繁琐。例如,这些测试中至少有

一些有超过一百个问题,并且可能施用不止一次这样的冗长测试,从而进一步增加了医疗提供者和看护人的负担。可能需要诸如对受试者的临床观察等额外的数据,并且临床访问可能进一步增加时间量和医疗系统的负担。因此,受试者被识别为需要进行评估与被临床识别为处于风险或被诊断患有发育迟缓之间的时间可能是几个月,并且在一些情况下可能超过一年。

[0009] 另外,如果诊断方法 and 治疗可以应用于受试者以促进具有增加、正常和降低的认知功能的受试者的认知功能,将是有帮助的。

[0010] 鉴于上述情况,需要改进的患者数字化治疗方法。理想地,这样的数字化疗法将为患者提供定制的治疗计划,响应于定制的治疗计划接收更新的诊断数据以确定进展,并相应地更新治疗计划。还需要改进的方法和装置来诊断、治疗和识别存在风险的受试者。理想地,这样的方法和装置将会以较少问题、减少时间量监测患者,并且在临床或非临床环境中提供临床上可接受的灵敏度和特异性,这可用于监测和调整治疗功效。理想地,这些方法和装置还可用于确定受试者的发育进展,并提供治疗以促进发育进展。

发明内容

[0011] 本文所述的数字个性化医疗系统和方法为患者提供数字化诊断和数字化治疗。所述数字个性化医疗系统使用数字化数据来评定或诊断患者的症状,该评定或诊断以告知个性化或更合适的治疗干预和改善的诊断的方式进行。

[0012] 在一个方面,所述数字个性化医疗系统包括具有处理器和相关联的软件的数字化设备,所述数字化设备被配置用于:使用数据来评定和诊断患者;捕获交互和反馈数据,所述交互和反馈数据识别治疗干预所产生的效力、顺应性和响应的相对水平;以及执行数据分析,包括机器学习、人工智能和统计模型中的至少一种,以便评定用户数据和用户简档以进一步个性化、改善或评定所述治疗干预的效力。

[0013] 在一些情况下,所述系统被配置成使用数字化诊断和数字化治疗。数字化诊断和数字化治疗可以包括用于数字化地收集信息并且处理和分析所提供的数据的系统或方法,用于改善个体的医学状态、心理状态或生理状态。数字化治疗系统可以将基于软件的学习应用于分析用户数据、监测,和改善由所述系统提供的诊断和治疗干预。

[0014] 所述系统中的数字化诊断数据可以包括从患者,或看护人,或与受评定的个体无关的一方收集的数据和元数据。在一些情况下,所收集的数据可以包括监控行为、观察、判断,或者可以由除了所述个体之外的一方进行评定。在其他情况下,所述评定可以包括成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。所述数据和元数据可以经由诸如移动电话、视频捕捉器、音频捕捉器、活动监测器或可穿戴数字化监测器等一种或多种数字化设备以数字化格式主动地或被动地收集。

[0015] 所述数字化诊断将由所述系统收集的关于所述患者的数据用于来自诸如机器学习、人工智能和统计建模等工具的分析以评定或诊断所述患者的病症,所述数据包括从所述数字化诊断外部捕获的补充诊断数据。所述数字化诊断还可以直接或间接地经由数据和元数据来评定患者的状态或表现的变化以向所述系统提供反馈,所述数据和元数据可以通过诸如机器学习、人工智能和统计建模等工具来分析,从而改善或改良所述诊断和潜在的治疗干预。

[0016] 所述数据评定和机器学习被配置用于为受试者识别新的诊断以及为患者和看护人识别新的治疗方案,其中所述数据评定和机器学习是对所述数字化诊断和对所述治疗干预的对应响应而进行的,或者,没有对所述治疗干预的对应响应。

[0017] 例如,由所述系统收集和采用的数据的类型可以包括患者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流。这样的数据还可以包括来自患者或看护人例如在执行推荐的活动时与所述系统的交互的元数据。具体的元数据示例包括用户与所述系统的设备或移动应用的交互的数据,所述设备或移动应用捕获所述用户的行为、简档、活动、与所述软件系统的交互、与游戏的交互、使用频率、会话时间、所选择的选项或特征、内容或活动偏好中的各个方面。数据还可以包括来自诸如活动监测器等各种第三方设备的数据和元数据、游戏或交互内容。

[0018] 数字化治疗可以包括由所述系统提供给所述患者或看护人的指令、反馈、活动或交互。示例包括建议的行为、活动、游戏,或与系统软件和/或第三方设备的交互会话。

[0019] 在进一步的方面,本文公开的数字化治疗方法和装置可以在临床或非临床情景下以更少的问题、减少的时间量和在临床环境中临床上可接受的灵敏度和特异性诊断和治疗处于患有多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的风险中的受试者,并且提供治疗推荐。例如,当受试者基于错误的诊断开始治疗时,这可能是有帮助的。处理器可以配置有用于识别最具预测性的下一问题或最具说明性的下一症状或观察的指令,使得个人可以被诊断或识别为处于风险中并且可以利用更少的问题或观察来治疗。响应于多个答案而识别所述最有预测性的下一问题或最具说明性的下一症状或观察的优势在于提高的灵敏度和特异性以及以更少的问题提供治疗。在一些情况下,可以提供附加的处理器来预测或收集关于下一更相关症状的信息。本文公开的方法和装置可以被配置用于使用单个测试针对多种相关障碍来评估和治疗受试者,并且使用所述单个测试将所述受试者诊断或确定为处于所述多种障碍中的一种或多种的风险中。当受试者存在可以被治疗的多种可能的障碍时,减少所呈递的问题或症状或所使用的措施的数目可能是特别有帮助的。仅使用单个测试来评估所述受试者的所述多种可能的障碍可以大大减少评估程序的长度和成本并且改善治疗。本文公开的方法和装置可以诊断和治疗处于可能具有重叠症状的多种可能障碍中的单种障碍的风险中的受试者。

[0020] 虽然用于所述数字化治疗性治疗的所述最具预测性的下一问题、最具说明性的下一症状或观察可以以多种方式确定,但是在许多情况下,所述最具预测性的下一问题、症状或观察响应于针对先前的问题或观察的多个答案而确定,所述先前的问题或观察可以包括先前最具预测性的下一问题、症状或观察,以便评估所述治疗并且提供对所述受试者的闭环评定。所述最具预测性的下一问题、症状或观察可以在统计学上确定,可以评估一组可能的最具预测性的下一问题、症状或观察来确定所述最具预测性的下一问题、症状或观察。在许多情况下,观察或针对所述可能的最具预测性的下一问题的答案与所述问题或观察的相关性有关,并且所述问题或观察的相关性可以响应于问题的每个可能答案或观察的合并的特征重要性而确定。一旦治疗已经开始,可以重复问题或症状,或者将不同的问题、症状或观察用于更精确地监测进展并且建议改变所述数字化治疗。下一问题、症状或观察的相关性还可以取决于所述问题的不同答案选择或观察的潜在选项中的最终评定的可能变化。例如,答案选择可能对最终评定一直具有显著影响的问题可以被认为比答案选择可能仅有助

于辨别某一特定病症的严重程度差异或以其他方式不大重要的问题更为相关。

[0021] 本公开内容的方面提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的数字化治疗系统。示例性系统可以包括一个或多个处理器,所述处理器包括用于诊断模块和治疗模块的软件指令。所述诊断模块可以从所述受试者接收数据和输出所述受试者的诊断数据。所述诊断模块可以包括机器学习、分类器、人工智能,或基于受试者群体的统计建模中的一种或多种以确定所述受试者的所述诊断数据。所述治疗模块可以接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。所述治疗模块可以包括机器学习、分类器、人工智能,或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模中的一种或多种以确定和输出所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。所述诊断模块可以被配置用于响应于所述受试者的疗法(therapy)而从所述受试者接收更新的受试者数据并且生成来自所述受试者的更新的诊断数据。所述治疗模块可以被配置用于接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。

[0022] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括在所述受试者群体上训练的诊断机器学习分类器,并且所述治疗模块包括在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器。所述诊断模块和所述治疗模块可以被布置成所述诊断模块基于所述治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。所述治疗分类器可以包括在数据集上训练的指令,所述数据集包括所述受试者不是其成员的群体。所述受试者可以包括不是所述群体的成员的个人。

[0023] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括在至少10,000人的受试者群体的多个简档(profile)上训练的诊断分类器和在所述受试者群体的所述多个简档上训练的治疗简档。

[0024] 本公开内容的方面还提供了数字个性化治疗系统。示例性系统可以包括(i)使用数据来评定和诊断患者的软件和数字化设备,(ii)捕获交互和反馈数据的软件和数字化设备,所述交互和反馈数据识别所述治疗干预所产生的效力、顺应性和响应的相对水平,以及(iii)数据分析,包括用于评定用户数据和用户简档以进一步个性化、改善或评定所述治疗干预的效力的机器学习、AI和统计模型。

[0025] 在一些实施方式中,所述系统包括基于软件的学习,所述基于软件的学习允许所述系统使用其用户数据来监测和改善其诊断和治疗干预。

[0026] 在一些实施方式中,所述系统中的数字化诊断包括经由诸如移动电话、视频捕捉器、音频捕捉器、活动监测器或可穿戴数字化监测器等中的一种或多种不同的数字化设备、以数字化格式主动地或被动地从所述受试者或看护人收集的数据和元数据。

[0027] 在一些实施方式中,在具有或不具从所述数字化诊断外部捕获的补充诊断数据的情况下,所述数字化诊断将由所述系统收集的关于所述受试者的数据用于来自诸如机器学习、人工智能和统计建模等工具的分析以评定或诊断所述受试者的病症。

[0028] 在一些实施方式中,所述数字化诊断还使得能够直接或间接地经由数据和元数据来评定受试者的状态或表现的变化以向所述系统提供反馈,所述数据和元数据可以通过诸如机器学习、人工智能和统计建模等工具来分析,从而改善或改良所述诊断和潜在的治疗干预。

[0029] 在一些实施方式中,所述数据评定和机器学习被配置用于为受试者识别新的诊断以及为患者和看护人识别新的治疗方案,其中所述数据评定和机器学习是对所述数字化诊断和对所述治疗干预的对应响应而进行的,或者,没有对所述治疗干预的对应响应。

[0030] 在一些实施方式中,由所述系统收集和采用的数据的类型包括受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流。

[0031] 在一些实施方式中,元数据包括用户与所述系统的设备或移动应用的交互的数据,所述设备或移动应用捕获所述用户的行为、简档、活动、与所述软件系统的交互、与游戏的交互、使用频率、会话时间、所选择的选项或特征、内容或活动偏好中的一种或多种的简档。

[0032] 在一些实施方式中,数据包括来自诸如活动监测器等各种第三方设备的数据和元数据、游戏或交互内容。

[0033] 在一些实施方式中,数字化治疗包括利用移动设备提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。

[0034] 在一些实施方式中,所述系统包括指令以利用系统软件和/或第三方设备提供建议的行为、活动、游戏或交互会话。

[0035] 在一些实施方式中,所述系统包括指令以诊断和治疗认知或行为发育、神经退行性病症、认知和行为障碍或病症中的一种或多种,包括情绪障碍。

[0036] 本公开内容的方面还提供了用于诊断和治疗受试者的系统。示例性系统可以包括用于接收受试者数据和输出所述受试者的诊断数据的诊断模块,和用于接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的治疗性治疗的治疗模块,其中所述诊断模块和所述治疗模块被布置成具有反馈回路以响应于诊断数据而更新所述治疗。

[0037] 本公开内容的方面还提供了用于递送数字个性化治疗的移动设备。示例性移动设备可以包括显示器和配置有指令的处理器,以响应于用户与所述设备的交互而生成用户简档、响应于所述用户简档而接收和向所述用户显示治疗指令、响应于治疗而更新所述用户简档并传输所更新的用户简档至远程服务器、从所述服务器接收更新的治疗指令,以及向用户显示更新的治疗指令。

[0038] 本公开内容的方面还提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的数字化治疗系统。示例性系统可以包括包含指令的处理器,所述指令是用于从所述受试者接收数据和输出所述受试者的诊断数据的诊断模块和用于接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗模块。所述个人治疗性治疗计划可以包括数字化治疗。

[0039] 在一些实施方式中,所述数字化治疗包括提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0040] 在一些实施方式中,所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划被提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

[0041] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置用于响应于所述受试者的反馈数据而从所述受试者接收更新的受试者数据,并生成更新的诊断数据。所述治疗模块可以被配置用于接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0042] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括机器学习、分类器、人工智能,或基于受试者群体的统计建模以确定所述诊断数据。所述治疗模块包括机器学习、分类器、人工智能,

或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0043] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器。所述治疗模块可以包括在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器。所述诊断模块可以被配置成基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0044] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0045] 在一些实施方式中,所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组成的群组的风险。所述行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍可以选自以下各项组成的群组:自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。

[0046] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为成年人来执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

[0047] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为看护人或家庭成员来执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0048] 本公开内容的方面还提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的方法。示例性方法可以包括从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据的诊断过程和接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗过程。所述个人治疗性治疗计划可以包括数字化治疗。

[0049] 在一些实施方式中,所述数字化治疗包括提供至所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0050] 在一些实施方式中,所述方法还可以包括将所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

[0051] 在一些实施方式中,所述诊断过程还包括响应于所述受试者的反馈数据从所述受试者接收更新的受试者数据并生成更新的诊断数据,并且所述治疗过程还包括接收所述更新的诊断数据并响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0052] 在一些实施方式中,所述诊断过程通过选自机器学习、分类器、人工智能和基于受试者群体的统计建模组成的群组的过程来执行以确定所述诊断数据。所述治疗过程可以通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的过程来执行以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0053] 在一些实施方式中,所述诊断过程通过在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器执行。所述治疗过程可以通过在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器执行。所述诊断过程还可以包括基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0054] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0055] 在一些实施方式中,所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组成的群组的风险。所述风险可以选自以下各项组成的群组:自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。可以通过成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据来执行所述诊断过程。所述诊断过程可以使得看护人或家庭成员能够执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0056] 本公开内容的另一方面提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的治疗系统。示例性系统可以包括包含软件指令的处理器,所述软件指令是针对用于从所述受试者接收数据和输出所述受试者的诊断数据的诊断模块和用于接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗模块。所述诊断模块可以被配置用于响应于所述受试者的疗法而从所述受试者接收更新的受试者数据并且生成来自所述受试者的更新的诊断数据。所述治疗模块可以被配置用于接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。

[0057] 在一些实施方式中,响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0058] 在一些实施方式中,所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。所述数字化治疗可以包括提供给所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0059] 在一些实施方式中,所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划被提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统,或治疗递送系统。

[0060] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括机器学习、分类器、人工智能,或基于受试者群体的统计建模以确定所述诊断数据。所述治疗模块可以包括机器学习、分类器、人工智能,或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0061] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器。所述治疗模块可以包括在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器。所述诊断模块可以被配置成基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0062] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0063] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为成年人来执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

[0064] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为看护人或家庭成员来执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0065] 在一些实施方式中,所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组

成的群组的风险。所述风险可以选自以下各项组成的群组：自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。

[0066] 本公开内容的方面还提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的方法。示例性方法可以包括从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据的诊断过程和接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗过程。所述诊断过程可以包括响应于所述受试者的疗法而从所述受试者接收更新的受试者数据并且生成来自所述受试者的更新的诊断数据。所述治疗过程可以包括接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。

[0067] 在一些实施方式中，响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据，所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0068] 在一些实施方式中，所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。所述数字化治疗可以包括提供给所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0069] 在一些实施方式中，所述方法还包括将所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统，或治疗递送系统。

[0070] 在一些实施方式中，所述诊断过程通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于受试者群体的统计建模的过程来执行以确定所述诊断数据。所述治疗过程可以通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的过程来执行以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0071] 在一些实施方式中，所述诊断过程通过在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器执行。所述治疗过程可以通过在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器执行。所述诊断过程可以包括基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0072] 在一些实施方式中，来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应，以及来自用户与活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0073] 在一些实施方式中，通过成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据来执行所述诊断过程。

[0074] 在一些实施方式中，所述诊断过程使得看护人或家庭成员能够执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0075] 在一些实施方式中，所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组成的群组的风险。

[0076] 在一些实施方式中，所述风险选自以下各项组成的群组：自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。

[0077] 本公开内容的方面还提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的治疗系统。示例性系统可以包括包含软件指令的处理器，所述软件指令是针对用于从所述受试者接收数

据和输出所述受试者的诊断数据的诊断模块和用于接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗模块。所述诊断模块可以被配置用于通过以下步骤生成所述诊断数据：(1) 接收对在多个问题之中的多个询问问题的多个答案，所述多个答案对应于与所述受试者的发育进展有关的所述受试者的临床特性，所述多个问题的多个剩余未询问问题包括最具预测性的下一问题，(2) 基于所述多个答案确定所述受试者的所述发育进展，以及(3) 响应于对所述受试者的所述发育进展的确定，识别所述多个剩余未询问问题之中的所述最具预测性的下一问题。

[0078] 在一些实施方式中，所述诊断模块包括预处理模块、训练模块和预测模块。所述数据处理模块可以从数据库或用户提取训练数据、应用变换以将所述训练书标准化，并且将所述标准化训练数据传递至所述训练模块。所述训练模块可以基于所述标准化训练数据构建评定模块。所述预测模块可以生成所述受试者的预测分类。

[0079] 在一些实施方式中，所述训练模块采用机器学习算法来构建和训练所述评定模型。

[0080] 在一些实施方式中，所述预测模块被配置用于通过将新数据拟合至所述评定模型来生成所述受试者的所述预测分类，所述新数据通过所述预处理模块标准化。所述预测模块可以检查所述新数据的拟合是否生成在超过阈值的置信区间(confidence interval)内的特定障碍的预测。

[0081] 在一些实施方式中，所述预测模块包括问题推荐模块。所述问题推荐模块可以被配置用于基于所述多个询问问题的所述多个答案来识别、选择或推荐要询问所述受试者的最具预测性的下一问题，以便缩短评定的长度。所述问题推荐模块可以选择供推荐的候选问题作为待呈递给所述受试者的下一问题。所述问题推荐模块可以评估每一个所述候选问题的预期特征重要性。所述问题推荐模块可以基于每一个所述候选问题的所述预期特征重要性从所述候选问题中选择最具预测性的下一问题。每一个所述候选问题的所述预期特征重要性可以通过预期特征重要性确定算法来确定。所述评定模块可以包括随机森林分类器。

[0082] 在一些实施方式中，所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。所述数字化治疗可以包括提供给所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0083] 在一些实施方式中，所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划被提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统。

[0084] 在一些实施方式中，所述诊断模块被配置用于响应于所述受试者的反馈数据而从所述受试者接收更新的受试者数据，并生成更新的诊断数据。所述治疗模块可以被配置用于接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据，所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0085] 在一些实施方式中，所述诊断模块包括选自机器学习、分类器、人工智能和基于受试者群体的统计建模组成的群组的指令以确定所述诊断数据。所述治疗模块可以包括选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的指令以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0086] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器。所述治疗模块可以包括在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器。所述诊断模块可以被配置成基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0087] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0088] 在一些实施方式中,所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组成的群组的风险。所述风险可以选自以下各项组成的群组:自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。

[0089] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为成年人来执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

[0090] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为看护人或家庭成员来执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0091] 本公开内容的方面提供了利用个人治疗性治疗计划治疗受试者的方法。示例性系统可以包括从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据的诊断过程和接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗过程。所述诊断过程可以包括通过以下步骤生成所述诊断数据:(1)接收对在多个问题之中的多个询问问题的多个答案,所述多个答案对应于与所述受试者的发育进展有关的所述受试者的临床特性,所述多个问题的多个剩余未询问问题包括最具预测性的下一问题,(2)基于所述多个答案确定所述受试者的所述发育进展,以及(3)响应于对所述受试者的所述发育进展的确定,识别所述多个剩余未询问问题之中的所述最具预测性的下一问题。

[0092] 在一些实施方式中,所述诊断过程包括预处理过程、训练过程和预测过程。所述数据处理过程可以从数据库或用户提取训练数据、应用一个或多个变换以将所述训练书标准化,并且将所述标准化训练数据传递至所述训练过程。所述训练过程可以基于所述标准化训练数据构建评定模块。所述预测过程可以生成所述受试者的预测分类。

[0093] 在一些实施方式中,所述训练过程采用机器学习算法来构建和训练所述评定模型。

[0094] 在一些实施方式中,所述预测过程通过将新数据拟合至所述评定模型来生成所述受试者的所述预测分类,所述新数据通过所述预处理过程标准化。所述预测过程可以检查所述新数据的拟合是否生成在超过阈值的置信区间内的一种或多种特定障碍的预测。

[0095] 在一些实施方式中,所述预测过程包括问题推荐过程。所述问题推荐过程可以基于所述多个询问问题的所述多个答案来识别、选择或推荐要询问所述受试者的最具预测性的下一问题,以便缩短评定的长度。所述问题推荐过程可以选择供推荐的一个或多个候选问题作为待呈递给所述受试者的下一问题。所述问题推荐过程可以评估每一个所述候选问题的预期特征重要性。所述问题推荐过程可以基于每一个所述候选问题的所述预期特征重要性从所述候选问题中选择最具预测性的下一问题。每一个所述候选问题的所述预期特征重要性可以通过预期特征重要性确定算法来确定。

[0096] 在一些实施方式中,所述评定过程包括随机森林分类器。

[0097] 在一些实施方式中,所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。所述数字化治疗包括提供给所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0098] 在一些实施方式中,所述方法还可以包括将所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统。

[0099] 在一些实施方式中,所述诊断模块过程可以包括响应于所述受试者的反馈数据而从所述受试者接收更新的受试者数据,并生成更新的诊断数据。所述治疗过程可以包括接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0100] 在一些实施方式中,所述诊断过程通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于受试者群体的统计建模的过程来执行以确定所述诊断数据。所述治疗过程可以通过选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的过程来执行以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0101] 在一些实施方式中,所述诊断过程通过在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器执行。所述治疗过程可以通过在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器执行。所述诊断过程可以包括基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0102] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0103] 在一些实施方式中,所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组成的群组的风险。所述风险可以选自以下各项组成的群组:自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。

[0104] 在一些实施方式中,通过成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据来执行所述诊断过程。

[0105] 在一些实施方式中,所述诊断过程使得看护人或家庭成员能够执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0106] 本公开内容的方面提供了利用个人治疗性治疗计划治疗患有两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的受试者的治疗系统。示例性系统可以包括包含软件指令的处理器,所述软件指令是针对用于从所述受试者接收数据和输出所述受试者的诊断数据的诊断模块和用于接收所述诊断数据和输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗模块。所述诊断模块可以被配置用于通过以下步骤生成所述诊断数据:(1)接收对多个问题之中的多个询问问题的多个答案,所述多个答案对应于与所述两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍有关的所述受试者的临床特性,所述多个问题中的多个剩余未询问问题包括最具预测性的下一问题,(2)基于所述多个答案,确定所述受试者处于所述两种或更多种行为障碍、神经障碍

或心理卫生障碍中的第一发育障碍的风险较大还是第二发育障碍的风险较大,以及(3)响应于确定所述受试者处于所述两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的第一发育障碍或第二发育障碍的风险较大,在所述多个剩余未询问问题中识别所述最具预测性的下一问题。

[0107] 在一些实施方式中,响应于将所述受试者确定为处于所述第一发育障碍的风险较大,将对所述第一发育障碍最具预测性的问题识别为所述最具预测性的下一问题。

[0108] 在一些实施方式中,响应于将所述受试者确定为处于所述第二发育障碍的风险较大,将对所述第二发育障碍最具预测性的问题识别为所述最具预测性的下一问题。

[0109] 在一些实施方式中,所述系统还包括具有存储在其上的评定模型的存储器。所述评定模型可以包括多个临床特性与所述两种或更多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的临床诊断之间的统计相关性。

[0110] 所述处理器还配置有用于响应于所述评定模型而确定所述受试者处于所述第一发育障碍的风险较大还是所述第二发育障碍的风险较大的指令。

[0111] 在一些实施方式中,所述处理器配置有用于显示所述问题和所述最具预测性的下一问题的指令。

[0112] 在一些实施方式中,所述处理器包括响应于与所述受试者的所述多个临床特性对应的所述多个答案而识别所述最具预测性的下一问题的指令。

[0113] 在一些实施方式中,所述处理器配置有响应于每个剩余问题的估计预测效用来识别所述最具预测性的下一问题的指令。

[0114] 所述处理器配置有足够的统计数据以识别对所述第一发育障碍最具预测性的所述最具预测性的下一问题。在一些实施方式中,所述处理器配置有响应于多个经临床评定的受试者群体而配置的机器学习算法的足够的统计数据,以便识别对所述第一发育障碍风险较大最具预测性的所述最具预测性的下一问题。

[0115] 在一些实施方式中,所述处理器配置有响应于关于所述两种或更多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种的所述最具预测性的下一问题的估计预测效用来识别所述最具预测性的下一问题的指令。

[0116] 在一些实施方式中,所述处理器被配置用于在选自至少85%的置信区间组成的群组以及至少85%的灵敏度和特异性的情况下将所述受试者确定为处于所述发育障碍的风险中。

[0117] 在一些实施方式中,所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。所述数字化治疗可以包括提供给所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0118] 在一些实施方式中,所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划被提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统。

[0119] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置用于响应于所述受试者的反馈数据而从所述受试者接收更新的受试者数据,并生成更新的诊断数据。所述治疗模块可以被配置用于接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0120] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括选自机器学习、分类器、人工智能或基于受试者群体的统计建模的指令以确定所述诊断数据。所述治疗模块可以包括选自机器学习、分类器、人工智能或基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模组成的群组的指令以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0121] 在一些实施方式中,所述诊断模块包括在受试者群体上训练的机器学习分类器。所述治疗模块可以包括在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器。所述诊断模块可以被配置成基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0122] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0123] 在一些实施方式中,所述受试者存在行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的风险。所述行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍可以包括自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍中的至少一种。

[0124] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为成年人来执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

[0125] 在一些实施方式中,所述诊断模块被配置为看护人或家庭成员来执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0126] 本公开内容的方面还提供了利用个人治疗性治疗计划治疗患有两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的受试者的方法。示例性方法可以包括从所述受试者接收数据并输出所述受试者的诊断数据的诊断过程和接收所述诊断数据并输出针对所述受试者的所述个人治疗性治疗计划的治疗过程。所述诊断数据可以通过以下步骤生成:(1)接收对多个问题之中的多个询问问题的多个答案,所述多个答案对应于与所述两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍有关的所述受试者的临床特性,所述多个问题中的多个剩余未询问问题包括最具预测性的下一问题,(2)基于所述多个答案,确定所述受试者处于所述两种或更多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的第一发育障碍的风险较大还是第二发育障碍的风险较大,以及(3)响应于确定所述受试者处于所述两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的第一发育障碍或第二发育障碍的风险较大,在所述多个剩余未询问问题中识别所述最具预测性的下一问题。

[0127] 在一些实施方式中,响应于将所述受试者确定为处于所述第一发育障碍的风险较大,将对所述第一发育障碍最具预测性的问题识别为所述最具预测性的下一问题。

[0128] 在一些实施方式中,响应于将所述受试者确定为处于所述第二发育障碍的风险较大,将对所述第二发育障碍最具预测性的问题识别为所述最具预测性的下一问题。

[0129] 在一些实施方式中,所述还可以包括存储过程的评定模型。所述评定模型可以包括多个临床特性与所述两种或更多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的临床诊断之间的统计相关性。

[0130] 在一些实施方式中,所述方法还包括响应于所述评定模型而确定所述受试者处于所述第一发育障碍的风险较大还是所述第二发育障碍的风险较大。

[0131] 在一些实施方式中,所述方法还包括显示所述问题和所述最具预测性的下一问题。

[0132] 在一些实施方式中,所述方法还包括响应于与所述受试者的所述多个临床特性对应的所述多个答案而识别所述最具预测性的下一问题。

[0133] 在一些实施方式中,所述方法还包括响应于每个剩余问题的估计预测效用来识别所述最具预测性的下一问题。

[0134] 在一些实施方式中,所述诊断过程包括提供足够的统计数据用于识别对所述第一发育障碍最具预测性的所述最具预测性的下一问题。

[0135] 在一些实施方式中,所述诊断过程包括提供响应于多个经临床评定的受试者群体而配置的机器学习算法的足够的统计数据,以便识别对所述第一发育障碍风险较大最具预测性的所述最具预测性的下一问题。

[0136] 在一些实施方式中,所述诊断过程包括响应于关于所述两种或更多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种的所述最具预测性的下一问题的估计预测效用来识别所述最具预测性的下一问题。

[0137] 在一些实施方式中,所述诊断过程包括在选自至少85%的置信区间组成的群组以及至少85%的灵敏度和特异性的情况下将所述受试者确定为处于所述发育障碍的风险中。

[0138] 在一些实施方式中,所述个人治疗性治疗计划包括数字化治疗。所述数字化治疗包括提供给所述受试者或看护人的指令、反馈、活动或交互。所述数字化治疗可以利用移动设备提供。

[0139] 在一些实施方式中,所述方法还包括将所述诊断数据和所述个人治疗性治疗计划提供至第三方系统。所述第三方系统可以包括医疗保健专业人员的计算机系统。

[0140] 在一些实施方式中,所述诊断模块过程包括响应于所述受试者的反馈数据而从所述受试者接收更新的受试者数据,并生成更新的诊断数据。所述治疗过程可以包括接收所述更新的诊断数据并且响应于所述诊断数据和所述更新的诊断数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。响应于反馈数据而接收所述更新的受试者数据,所述反馈数据识别所述个人治疗性治疗计划所产生的效力、顺应性和响应的相对水平。

[0141] 在一些实施方式中,所述诊断过程通过选自机器学习、分类器、人工智能和基于受试者群体的统计建模组成的群组的过程来执行以确定所述诊断数据。

[0142] 在一些实施方式中,所述治疗过程通过选自机器学习、分类器、人工智能和基于所述受试者群体的至少一部分的统计建模的过程来执行以确定所述受试者的所述个人治疗性治疗计划。

[0143] 在一些实施方式中,所述诊断过程通过在受试者群体上训练的诊断机器学习分类器执行。所述治疗过程可以通过在所述受试者群体的至少一部分上训练的治疗机器学习分类器执行。所述诊断过程可以包括基于所述个人治疗性治疗计划的表现向所述治疗模块提供反馈。

[0144] 在一些实施方式中,来自所述受试者的数据包括所述受试者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流中的至少一种。

[0145] 在一些实施方式中,所述受试者存在选自行为障碍、神经障碍和心理卫生障碍组

成的群组的风险。所述风险可以选自以下各项组成的群组：自闭症、自闭症谱系、注意力缺陷障碍、抑郁症、强迫症、精神分裂症、阿尔茨海默病、失智症、注意力缺陷与多动障碍以及言语和学习障碍。

[0146] 在一些实施方式中，通过成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据来执行所述诊断过程。

[0147] 在一些实施方式中，所述诊断过程使得看护人或家庭成员能够执行评定或提供用于评定所述受试者的数据。

[0148] 本公开内容的方面还可以提供配置有指令的有形介质，所述指令在被执行时致使处理器：响应于所述受试者的疗法而接收更新的受试者数据，以及响应于所述更新的受试者数据而输出针对所述受试者的更新的个人治疗计划。

[0149] 在一些实施方式中，所述诊断模块和所述治疗模块各自包括在不包括所述受试者的群体上训练的分类器。

[0150] 在一些实施方式中，所述处理器包括多个处理器。

[0151] 援引并入

[0152] 本说明书中提及的所有出版物、专利和专利申请通过引用而并入本文，程度如同具体地和单独地指出通过引用而并入每个单独的出版物、专利或专利申请。

附图说明

[0153] 本发明的新颖特征在随附权利要求中具体阐述。通过参考阐述了利用本发明原理的说明性实施方式的以下详细描述和附图，将会对本发明的特征和优点获得更好的理解，在附图中：

[0154] 图1A图示了数字个性化医学平台的示例性系统简图。

[0155] 图1B图示了示例性诊断模块的细节图。

[0156] 图1C图示了示例性治疗模块的简图。

[0157] 图2图示了在数字个性化医学平台中提供的示例性诊断和治疗方法。

[0158] 图3图示了示意性流程图，示出了对自闭症相关的发育迟缓的处理。

[0159] 图4图示了数字个性化医学系统的数据处理流程的总览，该数字个性化医学系统包括诊断模块和治疗模块，被配置用于整合来自多个来源的信息。

[0160] 图5A和图5B示出了使用如本文所述的诊断和治疗方法来诊断和治疗的一些示例性发育障碍。

[0161] 图6是用于提供如本文所述的诊断测试的示例性数据处理模块的示意图。

[0162] 图7是图示基于随机森林分类器的示例性评定模型的一部分的示意图。

[0163] 图8是如本文所述的预测模块的示例性操作流程。

[0164] 图9是如本文所述的特征推荐模块的示例性操作流程。

[0165] 图10是本文所述的特征推荐模块所执行的期望特征重要性确定算法的示例性操作流程。

[0166] 图11图示了如本文所述的施用诊断测试的方法。

[0167] 图12示出了适合并入有本文所述的方法和装置的示例性计算机系统。

[0168] 图13图示了具有反馈回路且测试减少的数字个性化医学平台的示例性系统简图。

[0169] 图14示出了映射如本文所述的示例性评定模型的灵敏度与误检的受试者操作特性(ROC)曲线。

[0170] 图15是图示了如本文所述的特征推荐模块的性能度量的散布图。

具体实施方式

[0171] 在一个方面,所述数字个性化医疗系统包括具有处理器和相关联的软件的数字化设备,所述数字化设备被配置用于:接收数据以评定和诊断患者;捕获交互和反馈数据,该交互和反馈数据识别治疗干预所产生的效力、顺应性和响应的相对水平;以及执行数据分析,包括机器学习、人工智能和统计模型中的至少一种,以便评定用户数据和用户简档以进一步个性化、改善或评定治疗干预的效力。

[0172] 在一些情况下,所述系统被配置成使用数字化诊断和数字化治疗。数字化诊断和数字化治疗可以包括系统或方法,该系统或方法包括收集数字化信息以及处理和分析所提供的的数据以改善个体的医学状态、心理状态或生理状态。数字化治疗系统可以将基于软件的学习应用于分析用户数据、监测,和改善由所述系统提供的诊断和治疗干预。

[0173] 所述系统中的数字化诊断可以包括从患者,或看护人,或与受评定的个体无关的一方收集的数据和元数据。在一些情况下,所收集的数据可以包括监控行为、观察、判断,或者可以由除了所述个体之外的一方进行评定。在更多情况下,评定可以包括成年人执行评定或提供用于评定儿童或青少年的数据。

[0174] 数据源可以包括经由诸如移动电话、视频捕捉器、音频捕捉器、活动监测器或可穿戴数字化监测器等中的一种或多种数字化设备获得的数字化格式的主动或被动来源。主动数据收集的示例包括用于追踪眼睛运动、记录身体或附肢运动、监测睡眠模式、记录语音模式的设备、系统或方法。在一些情况下,主动来源可以包括音频馈送数据源,诸如言语模式、词汇/句法模式(例如,词汇量的大小、代词的正确使用/不正确使用、正确/不正确的变形和动词的词形变化、诸如主动语态/被动语态等语法结构的使用,以及句子流畅性)、高阶语言模式(例如,连贯性、理解力、对话参与度和好奇心);触摸屏数据源(例如,精细运动功能、灵巧度、点击的精度和频率、滑动的精度和频率,以及焦点/注意力跨度);以及活动期间受试者面部的视频记录(例如,眼注视与眼跳的质量/数量、眼睛焦点在屏幕上的热图、焦点/注意力跨度、面部表情的可变性,以及响应于情绪刺激的质量)。被动数据收集可以包括用于使用从移动应用、具有嵌入传感器的玩具或记录单元得到的记录或测量值来从用户收集数据的设备、系统或方法。在一些情况下,被动来源可以包括嵌入智能玩具中的传感器(例如,精细运动功能、粗大运动功能、焦点/注意力跨度和解决问题的技能)和可穿戴设备(例如,活动水平、休息的数量/质量)。

[0175] 诊断和治疗中使用的数据可以来自多个来源,并且可以包括从一个设备(诸如与用户交互的移动设备)或者其他来源(诸如微生物组采样和受试者的基因取样)采集的被动数据收集和主动数据收集的组合。

[0176] 本文公开的方法和装置非常适合于对认知和发育障碍、情绪和精神疾病以及神经退行性疾病的诊断和数字化治疗。认知和发育障碍的示例包括言语和学习障碍、智商(“IQ”)障碍、非言语IQ障碍和言语IQ障碍以及如本文所述的其他障碍。可能影响儿童和成人的情绪和精神疾病的示例包括行为障碍、情绪障碍、抑郁、注意力缺陷与多动障碍

(“ADHD”)、强迫症(“OCD”, Obsessive Compulsive Disorder)、精神分裂以及诸如饮食失调和药物滥用等物质障碍。神经退行性疾病的示例包括年龄相关的认知衰退、进展为阿尔茨海默病和衰老的认知损害、帕金森病和亨廷顿病,以及肌萎缩侧索硬化症(“ALS”)。本文公开的方法和装置能够数字地诊断和治疗儿童并持续治疗直到受试者成年,并且可以基于个性化简档提供终身治疗。

[0177] 如本文所述的数字诊断和治疗非常适合与生物或化学治疗处理相结合的行为干预。通过采集如本文所述的用户交互数据,可以为行为干预数据药物和生物治疗的组合提供反馈有效的疗法。

[0178] 如本文所述的移动设备可以包括用于收集受试者的数据的传感器,该数据可以用作反馈回路的一部分,以便改善结果并减少对用户输入的依赖。移动设备可以包括如本文所述的被动或主动传感器,以在治疗之后收集受试者的数据。相同的移动设备或第二移动设备(诸如iPad™或iPhone™或类似设备)可以包括软件应用程序,该软件应用程序与用户交互以定期(例如,每天、每小时等)告知用户该如何做以改善治疗。用户移动设备可以被配置为响应于治疗进展向用户发送通知。移动设备可以包括药物输送设备,该药物输送设备被配置用于监测输送给受试者的治疗剂的输送量。

[0179] 例如,本文公开的方法和装置非常适合于治疗父母和孩子。父母和孩子都可以接受单独的如本文所述的治疗。例如,可以监测和治疗父母的神经状况,同时监测和治疗儿童的发育进展。

[0180] 例如,用于获取受试者的数据的移动设备可以以多种方式配置,并且可以结合多个设备。睡眠模式可以例如与自闭症相关,并且获取睡眠数据并将其用作如本文所述的诊断和治疗模块的输入。移动设备可以包括用于儿童的睡眠监测的移动可穿戴设备,其可以被提供作为诊断和治疗的输入,并且可以包括如本文所述的反馈回路组件。

[0181] 许多类型的传感器、生物传感器和数据可用于采集受试者的数据并输入到受试者的诊断和治疗中。例如,与实施方式有关的工作表明,微生物组数据可用于诊断和治疗自闭症。微生物组数据可以以本领域普通技术人员已知的许多方式收集,并且可以包括选自粪便样品、肠道灌洗物或受试者肠道菌群的其他样品的数据。还可以获取遗传数据作为诊断和治疗模块的输入。遗传数据可以包括受试者的完整基因组测序、特定标记的测序和鉴定。

[0182] 如本文公开的诊断和治疗模块可以从多个来源接收数据,诸如获自以下各项组成的群组的数据:遗传数据、花卉数据、睡眠传感器、可穿戴脚镯睡眠监测器、用于监测睡眠的物品以及对受试者的眼动追踪。可以以许多方式执行眼动追踪以确定凝视的方向和持续时间。追踪可以通过眼镜、头盔或针对方向和注视持续时间的其他传感器实现。可以利用游戏、视频游戏、对受试者的捕获视频的任何组合来获取数据,并且这些数据可以用于确定受试者的面部表情和凝视。可以在治疗之前、期间和之后获取该数据并将其提供给如前文所述的治疗模块和诊断模块,以便最初诊断受试者、确定受试者的治疗、改变受试者的治疗,以及在治疗之后监测受试者。

[0183] 可以利用本领域普通技术人员已知的方法和装置获取视觉凝视、凝视持续时间和面部表情信息,并获得诊断和治疗模块的输入。可以利用包括可以下载的软件指令的app来获取数据。例如,Gloarai等人,“Autism and the development of face processing”, Clinical Neuroscience Research 6 (2006) 145-160中描述了面部处理。杜克大学(Duke

University)的自闭症研究小组一直在利用下载到移动设备上的软件app进行自闭症和超越研究的研究,如网页autismandbeyond.researchkit.duke.edu上所述。来自这些设备的数据特别适合于根据本公开内容的组合。面部识别数据和凝视数据可以输入到如本文所述的诊断和治疗模块中。

[0184] 如本文公开的分类器特别适合与该数据组合以提供改进的疗法和治疗。可以将数据分层并与如本文所述的反馈回路一起使用。例如,反馈数据可以与药物治疗组合使用,以确定差异响应并识别响应者和非响应者。替代地或组合地,反馈数据可以与非药物治疗如行为疗法组合。

[0185] 关于遗传学,最近的研究表明,有些人的遗传学可能使他们更易患自闭症。受试者的遗传组成可能使受试者更容易受到环境影响,这可能导致症状并可能影响症状的严重程度。例如,环境影响可以包括来自毒素、病毒或其他物质的损害。不受任何特定理论的束缚,这可能导致改变表达基因调节的机制。基因表达的变化可能与胃肠(“GI”)菌群的变化有关,菌群的这些变化可能影响与自闭症有关的症状。替代地或组合地,肠道微生物组的损害可导致受试者的微生物组的变化,导致受试者具有不太理想的体内平衡,这可能影响与自闭症有关的相关症状。发明人注意到,由Sarkis K.Mazmanian等人利用脆弱拟杆菌(*B.fragilis*)进行的初步研究表明,微生物的这种变化可能与自闭症和自闭症的发展有关(参见Melinda Wenner Moyer的“Gut Bacteria May Play a Role in Autism”, *Scientific American*, 2014年9月1日)。

[0186] 数字化诊断将由所述系统收集的关于患者的数据用于来自诸如机器学习、人工智能和统计建模等工具的分析以评定或诊断患者的病症,所述数据包括从数字化诊断外部捕获的补充诊断数据。数字化诊断还可以直接或间接地经由数据和元数据来评定患者的状态或表现的变化以向所述系统提供反馈,所述数据和元数据可以通过诸如机器学习、人工智能和统计建模等工具来分析,从而改善或改良诊断和潜在的治疗干预。

[0187] 数据评定和机器学习被配置用于为受试者识别新的诊断以及为患者和看护人识别新的治疗方案,所述数据评定和机器学习是对数字化诊断和对治疗干预的对应响应而进行的,或者,没有对治疗干预的对应响应。

[0188] 例如,由所述系统收集和采用的数据的类型可以包括患者和看护人的视频、音频、对问题或活动的响应,以及来自用户与所述系统的活动、游戏或软件特征的交互的主动或被动数据流。这样的数据还可以包括来自患者或看护人例如在执行推荐的活动时与所述系统的交互的元数据。具体的元数据示例包括用户与所述系统的设备或移动应用的交互的数据,所述设备或移动应用捕获用户的行为、简档、活动、与软件系统的交互、与游戏的交互、使用频率、会话时间、所选择的选项或特征、内容或活动偏好中的各个方面。数据还可以包括来自诸如活动监测器等各种第三方设备的数据和元数据、游戏或交互内容。

[0189] 如本文所述的数字化治疗可以包括由所述系统提供给所述患者或看护人的指令、反馈、活动或交互。示例包括建议的行为、活动、游戏或与系统软件和/或第三方设备(例如,如本领域普通技术人员所理解的启用物联网(“IoT”, Internet of Things)的治疗设备)的交互会话。

[0190] 图1A图示了用于提供与行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍相关的诊断和疗法的数字个性化医疗平台100的系统图。例如,平台100可以提供与发育迟缓相关的儿科认知和

行为病症的诊断和治疗。用户数字化设备110(例如,诸如智能电话的移动设备、活动监测器或可穿戴数字监测器)记录与患者相关的数据和元数据。可以基于患者与设备的交互以及基于与看护人和医疗保健专业人员的交互来收集数据。可以主动地收集数据,诸如通过施加测试、记录语音和/或视频,以及记录对诊断问题的响应。还可以被动地收集数据,诸如通过监测患者和看护人的在线行为,如记录所询问的问题以及与诊断的发育障碍相关的所研究的话题。

[0191] 数字化设备110被连接到计算机网络120,从而允许其与连接的计算机共享数据和从连接的计算机接收数据。特别地,该设备可以与个性化医疗系统130通信,个性化医疗系统130包括被配置用于通过计算机网络120与数字化设备110通信的服务器。个性化医疗系统130包括提供患者发育状态的初始诊断和逐步诊断的诊断模块132,以及响应于诊断模块132的诊断而提供个性化疗法建议的治疗模块134。

[0192] 诊断模块132和134中的每一个在治疗过程中与用户数字化设备110通信。诊断模块向数字化设备110提供诊断测试并从数字化设备110接收诊断反馈,并且使用该反馈来确定患者的诊断。例如,初始诊断可以基于一组全面的测试和问题进行,但可以使用较小的数据样本对诊断进行逐步更新。例如,诊断模块可以基于向看护人询问的问题和对患者施用的测试(诸如词汇或言语交流测试)来诊断与自闭症相关的言语迟缓。诊断可以指示语言能力的数月或数年迟缓。可以施用后续测试并且询问问题以更新该诊断,例如显示更小或更大程度的延迟。

[0193] 诊断模块将其诊断传送到数字化设备110以及治疗模块134,治疗模块134使用该诊断来建议要进行的疗法以治疗任何诊断的症状。治疗模块134将其推荐的疗法发送到数字化设备110,包括针对患者和看护人的在给定时间框架内执行推荐疗法的指令。在给定时间框架内执行疗法之后,看护人或患者可以指示推荐疗法的完成,并且可以从数字化设备110向治疗模块134发送报告。治疗模块134然后可以向诊断模块132指示最新一轮疗法已结束,需要新的诊断。然后,诊断模块132可以向数字化设备110提供新的诊断测试和问题,以及从治疗模块获取作为治疗的一部分提供的任何数据的输入,诸如与疗法或诊断的病症相关的学习会话的记录或者看护人或患者的浏览历史记录。然后,诊断模块132提供更新的诊断以重复该过程并提供下一步疗法。

[0194] 还可以从个性化医疗系统130向第三方系统140(诸如医疗保健专业人员的计算机系统)提供与诊断和疗法相关的信息。可以警告医疗保健专业人员或其他第三方与治疗日程的显著偏差,包括患者是否落后于预期的日程或者是否比预测更快地改善。然后,第三方可以基于所提供的该信息而采取适当的进一步动作。

[0195] 图1B图示了诊断模块132的详细图。诊断模块132包括测试管理模块142,测试管理模块142生成用于向受试者施加的测试和相应的指令。诊断模块132还包括受试者数据接收模块144,在受试者数据接收模块144中接收受试者数据,诸如测试结果;看护人反馈;患者和看护人与系统交互的元数据;以及例如与系统的视频、音频和游戏交互。受试者评定模块146基于来自受试者数据接收模块144的数据以及受试者和类似受试者的过去诊断来生成对受试者的诊断。机器学习模块148评定每个输入对诊断的相对灵敏度,以确定哪种类型的测量提供最多关于患者诊断的信息。测试管理模块142可以使用这些结果来提供最有效地告知诊断的测试,并且受试者评定模块146可以使用这些结果将权重应用于诊断数据,以便

提高诊断准确性和一致性。将与每个治疗患者相关的诊断数据存储于例如数据库中,以形成用于模式匹配和机器学习的诊断数据的库。大量(例如,10,000个或更多个)受试者简档可以同时存储在这样的数据库中。

[0196] 图1C图示了治疗模块134的详细图。治疗模块134包括治疗评定模块152,其基于疗法的有效性对疗法进行评分。基于诊断模块在疗法之前和之后提供的诊断来评估先前建议的疗法,并确定改善的程度。这种改善程度用于对疗法的有效性进行评分。该疗法的有效性可能具有与具体诊断类别相关;例如,疗法可以对于具有一种诊断类型的受试者而言被认为是有效的,但对于具有第二种诊断类型的受试者而言是无效的。还提供疗法匹配模块154,其将来自诊断模块132的受试者诊断与一系列疗法相比较,以便将已由疗法评定模块152确定的一组治疗确定为对治疗与受试者的诊断类似的诊断最为有效。然后,疗法推荐模块156生成推荐疗法(包括由疗法匹配模块154识别为有希望的一种或多种疗法),并通过施用推荐疗法的指令将该推荐发送给受试者。然后,疗法追踪模块158追踪推荐疗法的进展,并确定应何时由诊断模块132执行新诊断,或应何时继续给定治疗并进一步监测进展。将与所治疗的每个患者相关的治疗数据存储于例如数据库中,以形成用于模式匹配和机器学习的诊断数据的库。大量(例如10,000个或更多个)受试者简档可以同时存储在这样的数据库中。可以将治疗数据与诊断模块132的诊断数据相关联,以允许有效疗法与诊断的匹配。

[0197] 疗法可以包括数字化疗法。数字化疗法可以包括可由患者或看护人执行的单个或多个治疗活动或干预。数字化治疗可以包括与诸如传感器、计算机、医疗设备和治疗递送系统等第三方设备的规定交互。数字化疗法可以支持FDA批准的医疗津贴、一套诊断代码、单个诊断代码。

[0198] 图2图示了用于在数字个性化医疗平台中提供的诊断和疗法的方法200。数字个性化医疗平台与受试者通信以提供诊断和推荐疗法,受试者可以包括具有一个或多个看护人的患者。

[0199] 在步骤210中,诊断模块评定受试者以确定诊断,例如通过向受试者应用诊断测试。诊断测试可以针对于确定受试者的多个特征和对应的特征值。例如,测试可以包括呈现给受试者的多个问题,受试者的观察或分配给受试者的任务。测试还可以包括对受试者的间接测试,诸如来自看护人对患者表现与特定行为和/或重要事件的反馈;患者和看护人与系统交互的元数据;提供有关患者和看护人的行为和表现数据的与系统或第三方工具的视频、音频和游戏交互。对于初始测试,可以执行更全面的测试方案,旨在产生准确的初始诊断。用于更新先前诊断以追踪进展的后续测试可能涉及不太全面的测试,并且可能例如更多地依赖于间接测试,诸如行为追踪和治疗相关记录和元数据。

[0200] 在步骤212中,诊断模块从受试者接收新数据。新数据可以包括特定受试者的特征阵列和对应的特征值。如本文所述,特征可以包括呈现给受试者的多个问题、受试者的观察或分配给受试者的任务。特征值可以包括来自受试者的对应于受试者特性的输入数据,诸如受试者对所询问问题的答案,或受试者的响应。特征值还可以包括如上所述的记录的反馈、元数据和系统交互数据。

[0201] 在步骤214中,诊断模块可以从本地存储器和/或配置成存储模型的远程服务器加载先前保存的评定模型。或者,如果不存在针对患者的评定模型,则可以例如基于一个或多个初始诊断指示来加载默认模型。

[0202] 在步骤216中,将新数据拟合到评定模型以生成更新的评定模型。该评定模型可以包括对先前未治疗的受试者的初始诊断,或对先前经治疗的受试者的更新诊断。更新的诊断可以包括测量病症的一个或多个方面的进展,诸如记忆力、注意力和共同注意力、认知、行为响应、情绪响应、语言使用、语言技能、特定行为的频率、睡眠、社交、非言语交流,以及发育的重要事件。对用于确定进展和当前诊断的数据的分析可以包括自动分析,诸如用于词汇和语言分析的问题评分和语音识别。分析还可以包括通过分析审查视频、音频和文本数据进行的人类评分。

[0203] 在步骤218中,将更新的评定模型提供给治疗模块,该评定模型确定由于任何先前推荐的疗法而取得的进展。治疗模块基于评定模型中的进展量对疗法进行评分,其中较大的进展对应于较高的评分,使得成功的疗法和类似疗法更可能被推荐给将来具有类似评定的受试者。由此更新了可用的系列治疗,以反映与受试者诊断相关的新的有效性评定。

[0204] 在步骤220中,基于评定模型、先前疗法的成功程度(如果成功的话)以及基于这些疗法对受试者和具有类似评定的受试者的先前使用而分配给候选疗法集合的评分来推荐新疗法。推荐的疗法连同其应用的具体时间跨度的指令一起被发送给受试者以供施用。例如,疗法可以包括一周内每天为患者进行语言练习,每次练习都被记录在由看护人或患者使用的移动设备的音频文件中。

[0205] 在步骤222中,监测新疗法的进展以确定是否延长治疗期。该监测可以包括定期重新诊断,该定期重新诊断可以通过返回到步骤210来执行。或者,可以在没有完全重新诊断的情况下记录基本的重要事件,并且可以将进展与由治疗模块生成的预测进展日程进行比较。例如,如果疗法最初不成功,则治疗模块可以建议重复一次或多次,之后重新诊断并建议新疗法或建议医疗专业人员干预。

[0206] 图3图示了流程图300,示出了对疑似或确认的言语和语言迟缓的处理。

[0207] 在步骤302中,初始评定由诊断模块132确定。初始评定可以评定患者在一个或多个领域中的表现,诸如言语和语言使用,并评定沿着一些或多个方向的发育迟缓的程度和类型,如本文所公开的。评定可以进一步将受试者置于多个总体进展追踪的一个中;例如,受试者可以被评定为言语的或非言语的。

[0208] 如果如在步骤310中确定受试者是非语言的,治疗模块134可以推荐一种或多种非言语疗法312,诸如与做出选择、关注任务或者对名字或其他语句的响应有关的任务。还可以提供可能有助于进展的有用设备和产品的进一步建议,并且可以根据如由受试者的诊断和进展报告所指示的受试者需求来定制所有建议。

[0209] 在应用推荐的疗法时,在步骤314中监测进展以确定诊断是否以预测的速率改善。

[0210] 如果在步骤314中已经测量到改善,则系统在步骤316中确定受试者是否仍然是非语言的;如果是,则系统返回到步骤310并生成新的推荐疗法312以引起进一步的改善。

[0211] 如果在步骤314中没有测量到改善,则系统可以建议将疗法重复预定次数。该系统还可以建议尝试改变疗法以尝试和获得更好的结果。如果这样的重复和改变失败,则系统可以在步骤318中推荐治疗学家访视以更直接地解决阻碍发育的问题。

[0212] 一旦确定受试者是言语的,如步骤320所示,则可以由治疗模块134生成言语疗法322。例如,言语疗法322可以包括语言练习、发音训练以及表达请求或沟通中的一个或多个。还可以提供可能有助于进展的有用设备和产品的进一步建议,并且可以根据如由受试

者的诊断和进展报告所指示的受试者需求来定制所有建议。

[0213] 与在非言语追踪中一样,在步骤324中连续监测响应于言语疗法的进展,以确定诊断是否以预测的速率得到改善。

[0214] 如果在步骤324中已经测量到改善,则系统在步骤326中报告进展并生成新的推荐疗法322以引起进一步的改善。

[0215] 如果在步骤324中未检测到改善,则系统可以建议将疗法重复预定次数。该系统还可以建议尝试改变疗法以尝试和获得更好的结果。如果这样的重复和改变失败,则系统可以在步骤328中推荐治疗专家访视以更直接地解决阻碍发育的问题。

[0216] 非言语和言语治疗的步骤可以无限重复,直到刺激受试者持续学习和进展所需的程度,并且以便预防或延缓因丧失言语技能和能力而导致的退步。虽然图3中图示的特定治疗计划是针对儿科的语言和言语迟缓,但可以针对具有发育或认知问题的其他受试者生成类似计划,包括针对成人患者的计划。例如,可以使用选择为适合于这些病症的治疗,利用相似的诊断和治疗计划来治疗神经退行性病症和/或年龄相关的认知衰退。可通过本文公开的方法和系统在成人或儿科患者中治疗的其他病症包括情绪障碍,诸如抑郁症、OCD和精神分裂症;认知损害和衰退;睡眠障碍;成瘾行为;饮食失调;以及与行为有关的体重管理问题。

[0217] 图4图示了数字个性化医疗系统的数据处理流程的总览,该数字个性化医疗系统包括诊断模块和治疗模块,被配置用于整合来自多个源的信息。数据可以包括被动数据源(501),被动数据可以被配置用于提供更细粒度的信息,并且可以包括在更加自然的条件下在更长的时间段内获取的数据集。被动数据来源可以包括例如从可穿戴设备收集的数据、从视频馈送(例如,从启用视频的玩具、移动设备收集的视频馈送)收集的数据、来自视频镜头的眼动追踪数据、基于从三轴传感器或陀螺仪采集的信息(例如,嵌入在玩具或其他设备中的患者例如在家中或在医疗环境之外的正常条件下可能与之交互的传感器)的关于受试者灵活性的信息、测量以下的任一种或组合的智能设备:受试者的言语模式、动作、触摸响应时间、韵律、词汇分析、面部表情以及受试者所表现的其他特性。被动数据可以包括关于用户的一个或多个动作的数据,并且可以包括可能或者不可能被未经训练的个体容易地检测到的细微信息。在一些情况下,被动数据可以提供更具包容性的信息。

[0218] 被动收集的数据可以包括从各种环境连续收集的数据。被动收集的数据可以提供更完整的受试者景象,从而可以提高评定的质量。在一些情况下,例如,被动收集的数据可以包括在医疗环境之内和之外收集的数据。在医疗环境中采集的被动收集的数据可能与从医疗环境外采集的被动采集数据不同。因此,连续收集的被动数据可以包括受试者的一般行为和习惯的更完整的景象,因此可以包括医疗从业者以其他方式将无法访问的数据或信息。例如,在医疗环境中经历评估的受试者可以显示出代表受试者对医学环境的响应的症状、姿势或特征,因此可能无法提供受试者在医学环境之外的更熟悉条件下的行为的完整和准确的景象。由医学环境中的评定得出的一个或多个特征(例如,由诊断模块评定的特征)的相对重要性可以不同于在临床环境之外得出或评定的一个或多个特征的相对重要性。

[0219] 数据可以包括通过诊断测试、诊断问题或问卷收集的信息(505)。在一些情况下,来自诊断测试的数据(505)可以包括从第二观察者(例如,不是被分析的受试者的父母、监

护人或个人)收集的数据。数据可以包括主动数据来源(510),例如从配置用于追踪眼睛运动或者测量或分析语言模式的设备收集的数据。

[0220] 如图4所示,数据输入可以被馈送到诊断模块,该诊断模块可以包括使用例如分类器、算法(例如,机器学习算法)或统计模型进行的数据分析(515),以对受试者是否可能患有所测试的障碍(例如,自闭症谱系障碍)(520)或不太可能患有所测试的障碍(525)进行诊断。在受试者可能患有该障碍(520)的情况下,可以向第三方(例如,医疗从业者、父母、监护人或其他个体)呈现信息显示。信息显示可以提供该障碍的症状,该症状可以显示为描绘受试者所显示的症状与平均群体所显示的症状的协方差的图表。可以用置信度值、相关系数,或用于显示在受试者的表现与平均群体或由具有相似障碍的个体组成的群体之间的关系的其他手段来显示与具体诊断相关联的特征列表。

[0221] 如果数字个性化医疗系统预测用户可能患有可诊断的病症(例如,自闭症谱系障碍),则治疗模块可以提供行为治疗(530),该行为治疗可以包括行为干预;规定的活动或训练;在特定时期内或在特定时间或情况下利用医疗器械或其他疗法进行干预。当受试者经历疗法时,可以继续收集数据(例如,被动数据和诊断问题数据)以执行后续评估,从而确定例如疗法是否有效。收集的数据可以经历数据分析(540)(例如,使用机器学习、统计建模、分类任务、预测算法的分析)以确定关于给定受试者的适合性。生长曲线显示可用于显示受试者相对于基线(例如,相对于年龄匹配的群组)的进展。可以测量个体的表现或进展以追踪受试者的顺应性,其中由治疗模块预测的建议的行为疗法可以表示为生长曲线上的历史表现和预测表现。可以重复或反复进行(535)用于评定个体受试者的表现的程序,直到识别出适当的行为治疗。

[0222] 参考图1-图4描述的数字化治疗方法和装置特别适合与用于本文参考图5A-14所述的以较少问题评估受试者的方法和装置组合。例如,如本文所述的诊断模块132的组件可以被配置成利用包括如本文所述的最相关问题的减小的问题集来评定受试者,并且随后利用治疗模块134进行评估以随后利用包括如本文所述的用于监测治疗的最相关问题的后续问题集来评定受试者。

[0223] 图5A和图5B显示了可以使用如本文所述的诊断和治疗方法来诊断和治疗的一些示例性行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍。诊断测试可以被配置用于评估受试者患有一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍,诸如两种或更多种相关的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的风险。行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍可能在受试者的症状或特征中具有至少一些重叠。这样的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍可能包括广泛性发育障碍(PDD)、自闭症谱系障碍(ASD)、社会交往障碍、刻板重复行为、兴趣和活动(RRB)、自闭症(“经典自闭症”),阿斯伯格综合症(“高功能自闭症”)、未分类的PDD(PDD-NOS,“非典型自闭症”)、注意力缺陷与多动障碍(ADHD)、言语和语言迟缓、强迫症(OCD)、智力残疾、学习障碍或诸如《精神障碍诊断与统计手册(DSM)》任何版本中定义的障碍等任何其他相关的发育障碍。诊断测试可以被配置用于确定受试者患有多种障碍中的每一种的风险。诊断测试可以被配置用于将受试者确定为处于罹患多种障碍中的第一障碍或第二障碍的风险较大。诊断测试可以被配置用于将受试者确定为处于罹患具有共病的第一障碍和第二障碍的风险。诊断测试可以被配置用于预测受试者具有正常发育,或者具有患有该程序被配置用于筛选的任何障碍的风险低。诊断测试可以进一步被配置成具有高灵敏度和特异性以区分障碍的

不同严重程度等级；例如，该程序可以被配置用于预测受试者患有如第五版DSM (DSM-V) 中定义的1级ASD、2级ASD或3级ASD的风险。

[0224] 许多行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍可能具有相似或重叠的症状，因此使得评估受试者的发育障碍复杂化。本文所述的诊断测试可以被配置用于评估受试者的可能与一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍相关的多个特征。该程序可以包括已经使用大量临床验证数据集训练的评定模型，以了解受试者的特征与一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的临床诊断之间的统计关系。因此，当受试者参与诊断测试时，可以针对评定模型来查询每个评估特征的受试者特征值（例如，受试者对问题的回答），以识别受试者特征值与一种或多种筛选的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的统计相关性（如果有的话）。基于受试者提供的特征值以及这些值与由评定模型确定的一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的预测风险之间的关系，诊断测试可以动态地调整对在受试者身上待评估的下一特征的选择。基于将受试者确定为处于筛选出的多种障碍中特定障碍的风险，对待评估的下一特征的选择可以包括对下一最具预测性特征的识别。例如，如果在受试者已经回答了诊断测试的前五个问题之后，评定模型预测受试者身上患自闭症的风险低而患ADHD的风险相对较高，则诊断测试可以选择接下来在受试者身上评估与ADHD相关性较高的特征（例如，接下来可以将答案与临床诊断ADHD高度关联的问题呈现给受试者）。因此，本文所述的诊断测试可以针对特定受试者的风险简档动态地裁适，并且使得能够实现高水平粒度地评估受试者的障碍。

[0225] 图6是用于提供评定程序以供如本文所述筛选受试者的认知功能的示例性数据处理模块600的示意图，该认知功能包括多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍或病症中的一种或多种。例如，评定程序可以评估受试者的与认知功能相关的多种特征或特性，其中每种特征可以与受试者患上可通过该程序筛选的多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的至少一种的可能性相关。评定程序可以利用由计算设备提供的用户界面而施用至受试者或受试者的看护人。在一些示例中，评定程序施用至受试者可以耗时小于60分钟、45分钟、30分钟、20分钟、10分钟或更短。在一些示例中，数据处理模块可以是如本文所述的诊断模块的至少一部分。数据处理模块600通常包括预处理模块605、训练模块610和预测模块620。数据处理模块可以从数据库提取训练数据650，或者利用用户接口630接纳新数据655。预处理模块可以应用一个或多个变换来将训练数据或新数据标准化以供训练模块或预测模块。可以将经预处理的训练数据传递给训练模块，训练模块可以基于训练数据构建评定模型660。训练模块可以进一步包括验证模块615，验证模块615被配置用于使用任何适当的验证算法（例如，分层K-折交叉验证 (Stratified K-fold cross-validation)）来验证经训练的评定模型。经预处理的新数据可以传递给预测模块，预测模块可以通过将新数据拟合到在训练模块中构建的评定模型来输出对受试者的发育障碍的预测670。预测模块可以进一步包括特征推荐模块625，特征推荐模块625被配置用于基于先前提供的受试者的特征值来选择或推荐在受试者身上待评估的下一特征。

[0226] 由训练模块用来构建评定模型的训练数据650可以包括来自多个受试者的多个数据集，每个受试者的数据集包括特征阵列和对应的特征值，以及受试者发育障碍或病症的分类。如本文所述，可以通过向受试者询问的一个或多个问题、对受试者的观察或与受试者的结构化交互来评估受试者身上的特征。例如，特征值可以包括对问题的回答、诸如基于视

频图像的特性等对受试者的观察或者受试者对结构化交互的响应中的一个或多个。每个特征可能与识别一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍或病症相关,并且每个对应特征值可能指示特征在具体受试者身上的存在程度。例如,特征可以是受试者参加富于想象或假扮游戏的能力,并且特定受试者的特征值可以是0分、1分、2分、3分或8分的分数,其中每个分数对应于特征在受试者身上的存在程度(例如,0分=多种假扮游戏;1分=某一假扮游戏;2分=偶尔假扮或高度重复的假扮游戏;3=无假扮游戏;8=不可适用)。特征可以通过呈现给受试者或诸如父母等看护人的问题来在受试者身上进行评估,其中问题的答案包括特征值。备选地或组合地,例如可以利用受试者参加某种行为的视频来在受试者身上观察特征,并且可以通过观察识别出特征值。除了特征阵列和对应的特征值之外,训练数据集中的每个受试者的数据集还包括受试者的分类。例如,分类可以是孤独症、自闭症谱系障碍(ASD)或非谱系。优选地,分类包括临床诊断,由诸如有执照的临床心理学家等有资格的人员所赋予,以便改善所生成的评定模型的预测准确度。训练数据可以包括可从大的数据储存库获得的数据集,诸如可从自闭症遗传资源交换(AGRE)获得的自闭症诊断性采访-修订(ADI-R)数据和/或自闭症诊断观察计划(ADOS)数据,或者可从任何其他合适的数据储存库(例如,波士顿自闭症联盟(AC)、西蒙斯基金会、国家自闭症研究数据库等)获得的任何数据集。备选地或组合地,训练数据可以包括大的自我报告数据集,该数据集可以是用户众包的(例如,经由网站、移动应用等)。

[0227] 例如,预处理模块605可以被配置用于对提取的训练数据应用一个或多个变换以清洁和规范化数据。预处理模块可以被配置用于丢弃包含杂散元数据或包含极少观察量的特征。预处理模块可以被进一步配置用于标准化特征值的编码。取决于数据集的来源,不同的数据集常常可能具有以不同方式编码的相同特征值。例如,“900”、“900.0”、“904”、“904.0”、“-1”、“-1.0”、“None”和“NaN”都可以针对“缺失的”特征值进行编码。预处理模块可以被配置用于辨识相同特征值的编码变体,并且将数据集标准化以针对给定特征值具有统一的编码。因此预处理模块可以减少供训练模块和预测模块的输入数据中的不规则性,从而改善了训练模块和预测模块的稳健性。

[0228] 除了将数据标准化之外,预处理模块还可以被配置用于将一定特征值重新编码为不同的数据表示。在一些情况下,数据集的特征值的原始数据表示对于构建评定模型可能不甚理想。例如,对于其中对应的特征值被编码为从1到9的整数的分类特征,每个整数值可以具有与其他值无关的不同语义内容。例如,值“1”和值“9”都可以与具体分类高度关联,而值“5”不是。特征值的原始数据表示(其中特征值被编码为整数本身)可能不能够捕获每个值的独特语义内容,原因在于这些值以线性模型表示(例如,“5”的答案将会在单独考虑该特征时将受试者正好置于“1”与“9”之间;然而,在其中“1”和“9”与给定的分类高度关联而“5”不是的上述情况下,这样的解释是不正确的)。为了确保在评定模型的构建中捕获每个特征值的语义内容,预处理模块可以包括例如用来以“独热”方式重新编码诸如对应于分类特征的特征值等一定特征值的指令。在“独热”表示中,特征值可以表示为具有值0或1的比特阵列,比特数对应于特征的可能值的数目。只有受试者的特征值可以表示为“1”,而所有其他值表示为“0”。例如,如果受试者对可能的答案包括从1到9的整数的问题回答“4”,则原始数据表示可以是[4],并且独热表示可以是[0 0 0 1 0 0 0 0 0]。在这样的独热表示将会是必要的情况下,特征值这样的独热表示可以允许独立于其他可能值来考虑每个值。

因此通过使用针对每个特征的最适当的数据表示来重新编码训练数据,预处理模块可以改善使用训练数据构建的评定模型的准确度。

[0229] 预处理模块可以被进一步配置用于推算任何缺失的数据值,使得下游模块可以正确地处理该数据。例如,如果提供给训练模块的训练数据集包括缺失对其中一个问题的答案的数据,则预处理模块可以提供缺失值,使得由训练模块可以正确地处理该数据集。类似地,如果提供给预测模块的新数据集缺失一个或多个特征值(例如,正查询的数据集仅包括对待询问的一系列问题中的第一个问题的答案),则预处理模块可以提供缺失值,从而使得由预测模块能够实现对数据集的正确处理。对于具有分类特征值的特征(例如,一定行为在受试者身上的显示程度),可以将缺失值作为如此具体指定的适当的数据表示来提供。例如,如果分类特征如本文所述以独热表示进行编码,则预处理模块可以将缺失的分类特征值编码为“0”比特阵列。对于具有连续特征值(例如,受试者年龄)的特征,可以提供所有可能值的平均值来代替缺失值(例如,4岁年龄)。

[0230] 例如,训练模块610可以利用机器学习算法或其他算法来构建和训练要在诊断测试中使用的评定模型。可以构建评定模型,以基于训练数据来捕获给定特征值与待诊断测试筛选的具体发育障碍之间的统计关系(如果有的话)。例如,评定模型可以包括多个临床特性与一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的临床诊断之间的统计相关性。给定的特征值可以具有不同的预测效用,用于对诊断测试中要评估的多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种进行分类。例如,在包括受试者参加富于想像或假扮游戏的能力的特征的前述示例中,“3”或“无多种假扮游戏”的特征值会对自闭症进行分类具有高预测效用,而相同的特征值可能对ADHD进行分类具有低预测效用。因此,对于每个特征值,可以提取概率分布,该概率分布描述了用于预测要由诊断测试筛选的多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种的具体特征值的概率。可以使用机器学习算法来从训练数据中提取这些统计关系,并建立评定模型,当包括一个或多个特征值的数据集拟合到该评定模型时,该评定模型可以产生对发育障碍的准确预测。

[0231] 可以使用一种或多种机器学习算法来构建评定模型,诸如向后逐步部署特征选择的支持向量机和/或图形模型,支持向量机和图形模型两者都可以具有推断特征之间的相互作用的优点。例如,可以使用机器学习算法或其他统计学算法,诸如交替决策树(ADTree)、决策树桩、功能树(FT)、逻辑模型树(LMT)、逻辑回归、随机森林、线性分类器或本领域已知的任何机器学习算法。可以一起使用一种或多种算法来生成集成方法,其中可以使用诸如提升法(例如,AdaBoost、LPBoost、TotalBoost、BrownBoost、MadaBoost、LogitBoost等)等机器学习集成元算法来优化该集成方法以减少偏差和/或方差。一旦从训练数据得出评定模型,就可以将该模型用作预测工具来评定受试者患有一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的风险。例如,机器学习分析可以使用诸如R、Weka、Python和/或Matlab等本领域已知的许多编程语言和平台中的一个或多个来执行。

[0232] 随机森林分类器(其一般包括多个决策树,其中输出预测是单独树的预测分类的模式)可以有助于减少对训练数据的过度拟合。在每个分裂或决策节点可以使用随机的特征子集来构建决策树的集合。可以采用基尼(Gini)准则来选择最佳分区,其中选择计算的基尼不纯度指数最低的决策节点。在预测时,可以对所有决策树进行“投票”,并且可以将多数投票(或者预测分类的模式)输出为预测分类。

[0233] 图7是图示基于随机森林分类器的示例性评定模型660的一部分的示意图。评定模块可以包括诸如决策树765a和765b等多个单独决策树765,其中的每一个可以使用训练数据中的随机特征子集独立地生成。每个决策树可以包括诸如图7中所示的决策节点766和767等一个或多个决策节点,其中每个决策节点规定了谓词条件。例如,决策节点766断言了这样的条件——对于个体的给定数据集,对ADI-R问题#86(首次显见异常的年龄)的答案为4或更小。决策节点767断言了这样的条件——对于给定数据集,对ADI-R问题#52(显示和指示关注)的答案是8或更小。在每个决策节点处,可以基于附着于决策节点的谓词条件是否成立来对决策树进行分裂,从而导致预测节点(例如,766a、766b、767a、767b)。每个预测节点可以包括表示由评定模型评估的一个或多个分类或条件的“投票”的输出值(图7中的“值”)。例如,在图7中所示的预测节点中,输出值包括针对被分类为患有自闭症或非谱系的个体的投票。预测节点可以导致下游的一个或多个附加决策节点(图7中未示出),每个决策节点导致决策树中与具有对应输出值的对应预测节点相关联的附加分裂。基尼不纯度可以作为寻找信息性特征的准则,基于所述信息性特征可以构建每个决策树中的分裂。

[0234] 当正在评定模型中查询的数据集到达“叶子”或没有进一步下游分裂的最终预测节点时,该叶子的输出值可以作为特定决策树的投票输出。由于随机森林模型包括多个决策树,因此可以对森林中所有树的最终投票进行求和,以得出最终投票和受试者的对应分类。虽然在图7中仅示出了两个决策树,但该模型可以包括任何数目的决策树。大量的决策树可以通过减少每个单独决策树的方差来帮助减少评定模型对训练数据的过度拟合。例如,评定模型可以包括至少约10个决策树,例如至少约100个单独决策树或更多个。

[0235] 线性分类器的集合还可以适合用于得出如本文所述的评定模型。可以使用随机梯度下降来单独地训练每个线性分类器,而不需要“截距项”。缺少截距项可能会阻止分类器从缺失的特征值中得出任何显著性。例如,如果受试者没有回答问题使得与所述问题相对应的特征值被表示为受试者数据集中的“0”比特阵列,则在没有截距项的情况下训练的线性分类器将不会把任何显著性归于该“0”比特阵列。由此得到的评定模型因而可以避免建立受试者已经回答的特征或问题的选择与由该模型确定的受试者的最终分类之间的相关性。这样的算法可以帮助确保只有受试者提供的特征值或答案,而不是特征或问题,被计入到受试者的最终分类中。

[0236] 训练模块可以包括特征选择。可以使用一个或多个特征选择算法(诸如支持向量机、卷积神经网络)来选择能够区分具有和不具有某些行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的个体的特征。可以选择不同的特征集作为与识别不同障碍相关的特征。逐步向后算法可以与其他算法一起使用。特征选择程序可以包括确定最佳数目的特征。

[0237] 训练模块可以被配置用于评估得出的评定模型的性能。例如,可以评估该模型在对数据进行分类方面的准确度、灵敏度和特异性。评估可以用作选择合适的机器学习算法或其参数的指南。因此,训练模块可以更新和/或细化得出的评定模型以使灵敏度(真阳性率)相比特异性(真阴性率)最大化。当在训练数据中存在分类失衡或样本偏差时,这样的优化可能特别有帮助。

[0238] 在至少一些情况下,可用的训练数据可能偏向被诊断患有具体发育障碍的个体。在这样的情况下,训练数据可能产生反映出样本偏差的评定模型,使得该模型假定受试者处于该具体发育障碍的风险,除非存在强有力的论据来另外做出。并入了这样的特定样本

偏差的评定模型在生成新的或未分类的数据的预测中的性能可以不甚理想,原因在于新的数据可能来自可能不包括类似于训练数据中存在的样本偏差的受试者群体。为了减少使用偏斜训练数据构建评定模型时的样本偏差,可以在训练评定模型中应用样本加权。样本加权可以包括在模型训练过程期间对具体样本组赋予相对较大程度的显著性。例如,在模型训练期间,如果训练数据偏向于被诊断患有自闭症的个体,则可以把更高的显著性归于来自未被诊断患有自闭症的个体的数据(例如,是来自被诊断患有自闭症的个体的数据的显著性的多达50倍)。这样的样本加权技术可以基本上平衡了存在于训练数据中的样本偏差,由此产生了在现实世界中对数据进行分类时偏差降低且准确度得以改善的评定模型。为了进一步降低训练数据样本偏差对评定模型的生成的贡献,可以在训练过程期间实施提升技术。提升包括迭代过程,其中在一次训练迭代之后,更新每个样本数据点的权重。例如,迭代后错误分类的样本能够被更新成具有更高的显著性。继而可以利用训练数据的更新权重来重复该训练过程。

[0239] 训练模块可以进一步包括验证模块615,验证模块615被配置用于验证使用训练数据构建的评定模型。例如,验证模块可以被配置用于实施分层K-折交叉验证,其中k表示训练数据被分裂成用于交叉验证的分区数目。例如,k可以是大于1的任何整数,诸如3、4、5、6、7、8、9或10或者可能更高,这取决于将评定模型过度拟合至训练数据的风险。

[0240] 训练模块可以被配置用于将经训练的评定模型保存到本地存储器和/或远程服务器,使得可以检索该模型以供由训练模块进行修改或者由预测模块620生成预测。

[0241] 图8是如本文所述的预测模块620的方法的示例性操作流程800。预测模块620可以被配置用于通过将新数据拟合到训练模块中所构建的评定模型来生成给定受试者的预测分类(例如,发育障碍)。在步骤805,预测模块可以接收可能已经由预处理模块处理以使其标准化的新数据,例如通过如本文所述地丢掉杂散元数据、应用对特征值的统一编码、使用不同数据表示重新编码选定特征以及/或推算缺失数据点来使其标准化。新数据可以包括特定受试者的特征阵列和对应的特征值。如本文所述,特征可以包括呈现给受试者的多个问题、对受试者的观察或者指派给受试者的任务。特征值可以包括来自受试者的与受试者的特性相对应的输入数据,诸如受试者对询问问题的回答或受试者的响应。提供给预测模块的新数据可能有或可能没有与该数据相关联的已知分类或诊断;无论如何,预测模块可以在生成受试者的预测分类中不使用任何预先分配的分类信息。新数据可以包括先前收集的完整数据集,用于诊断或评估受试者患有多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的一种或多种的风险。备选地或组合地,新数据可以包括从受试者或受试者的看护人实时收集的数据,例如使用本文进一步详细描述的用户接口收集,因此完整数据集可以在相对于评定模型顺序地查询到受试者所提供的每个新特征值时而实时地填充。

[0242] 在步骤810,预测模块可以从本地存储器和/或被配置用于存储该模型的远程服务器加载先前保存的由训练模块构建的评定模型。在步骤815,将新数据拟合到评定模型以生成受试者的预测分类。在步骤820,该模块可以检查数据的拟合是否可以在超过阈值的置信区间内,例如在90%或更高的置信区间内,例如95%或以上的置信区间内生成对一种或多种具体障碍(例如,孤独症、ADHD等)的预测。如果是这样,如步骤825中所示,预测模块可以输出该一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍作为对受试者的诊断或者作为受试者处于风险的障碍。预测模块可以输出受试者被确定为处于超过设定阈值的风险的多种行

为障碍、神经障碍或心理卫生障碍,可选地以风险的次序呈现所述多个障碍。预测模块可以输出受试者被确定为处于最大风险的一种发育障碍。预测模块可以输出受试者被确定患有共病风险的两种或更多种发育障碍。预测模块可以输出在评定模型中确定的一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种的风险。如果预测模块无法将该数据拟合到置信区间内处于或超过指定阈值的任何具体发育障碍,则预测模块可在步骤830中确定是否存在可以查询到的任何附加特征。如果新数据包括先前收集的完整数据集,并且无法查询到受试者的任何附加特征值,则可以输出“无诊断”作为预测分类,如步骤840中所示。如果新数据包括在预测过程期间从受试者或看护人实时收集的数据,使得用提供给预测模块的每个新的输入数据值更新该数据集,并且将每个更新的数据集拟合到评定模型,则预测模块可能能够查询受试者以获得附加特征值。如果预测模块已经获得了包括在评估模块中的所有特征的数据,则预测模块可以输出“无诊断”作为受试者的预测分类,如步骤840中所示。如果存在尚未呈现给受试者的特征,如步骤835中所示,预测模块可以例如通过向受试者呈现附加问题来从受试者获得附加的输入数据值。继而可以将包括该附加输入数据的更新数据集再次拟合到评定模型(步骤815),并且循环可以继续直至预测模块可以生成输出。

[0243] 图9是作为非限制性示例的本文所述的特征推荐模块625的示例性操作流程900。预测模块可以包括特征推荐模块625,特征推荐模块625被配置用于基于先前提提供的受试者的特征值来识别、选择或推荐要在受试者身上评估的下一最具预测性特征或相关特征。例如,特征推荐模块可以是问题推荐模块,其中该模块可以基于对先前呈现的问题的回答来选择要呈现给受试者或看护人的最具预测性的下一问题。特征推荐模块可以被配置用于在对特定受试者的发育障碍进行分类时推荐具有最高预测效用的一个或多个下一问题或特征。因此,特征推荐模块可以帮助动态地裁适对受试者的评定程序,以便使得预测模块能够在评定长度减少且灵敏度和准确度得以改善的情况下产生预测。此外,特征推荐模块可以基于受试者先前提提供的特征值,通过选择要呈现给受试者的特征来帮助改善由预测模块生成的最终预测的特异性,所述特征在预测特定受试者最有可能罹患的一种或多种具体行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中是最相关的。

[0244] 在步骤905,特征推荐模块可以接收已经在评定程序中从受试者获得的数据作为输入。输入的受试者数据可以包括由受试者提供的特征阵列和对应的特征值。在步骤910,特征推荐模块可以选择一个或多个特征以考虑作为供推荐的“候选特征”,用于作为待呈现给受试者、看护人或临床医生中的一个或多个的(一个或多个)下一特征。可以从要考虑的候选特征组中排除已经呈现的特征。可选地,还可以从候选特征组中排除满足一定准则的附加特征,如本文进一步详细描述。

[0245] 在步骤915,特征推荐模块可以评估每个候选特征的“期望特征重要性”。可以针对候选特征的“期望特征重要性”或者每个候选特征在预测具体受试者的具体发育障碍中的估计效用来评估候选特征。特征推荐模块可利用基于以下各项的算法:(1)特定特征值在预测特定发育障碍中的重要性或相关性;以及(2)受试者可能提供具体特征值的概率。例如,如果ADOS问题B5的为“3”的答案与自闭症的分类高度关联,则可以将该答案视为预测自闭症具有高度效用的特征值。如果当前受试者对于所述问题B5回答“3”的概率高,则特征推荐模块可以确定该问题具有的期望特征重要性高。例如,参考图10进一步详细描述可以用于确定特征的期望特征重要性的算法。

[0246] 在步骤920,特征推荐模块可以基于步骤915中确定的特征的期望特征重要性,选择要接下来要呈现给受试者的一个或多个候选特征。例如,每个候选特征的期望特征重要性可以表示为分数或实数,继而可以将其与其他候选特征比较进行排名。可以选择具有希望排名的候选特征,例如排名前10、排名前5、排名前3、排名前2或排名最高,作为接下来呈现给受试者的特征。

[0247] 图10是本文所述的特征推荐模块625所执行的确定期望特征重要性确定算法627的方法的示例性操作流程1000。

[0248] 在步骤1005,该算法可以确定具体特征值在预测具体发育障碍中的重要性或相关性。可以根据使用训练数据构建的评定模型得出具体特征值在预测具体发育障碍中的重要性或相关性。这样的“特征值重要性”可以概念化为衡量给定特征值的角色(无论其应存在或不存在)在确定受试者的最终分类中的相关程度。例如,如果评定模型包含随机森林分类器,则具体特征值的重要性可以是该特征在随机森林分类器的分支中所位于的位置的函数。一般来说,如果特征在决策树中的平均位置相对较高,则该特征可以具有相对较高的特征重要性。给定具体评定模型的特征值的重要性可以通过特征推荐模块或通过训练模块高效地计算,其中训练模块可以将计算的统计数据传递给特征推荐模块。或者,具体特征值的重要性可以是如果所述特征值由受试者提供将会得到的实际预测置信度的函数。对于给定候选特征的每个可能的特征值,特征推荐模块可以被配置用于基于受试者先前提供的特征值和当前假定的特征值来计算用于预测一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍的实际预测置信度。

[0249] 每个特征值对于评定程序被设计用于筛选的每种发育障碍而言可以具有不同的重要性。因此,可以将每个特征值的重要性表示为概率分布,该概率分布描述特征值对正在评估的多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种产生准确预测的概率。

[0250] 在步骤1010,特征推荐模块可以确定受试者提供每个特征值的概率。可以使用任何适当的统计模型来计算受试者可能提供具体特征值的概率。例如,可以使用大率图形模型来找出表达式的值,表达式诸如为:

[0251] $\text{prob}(E=1|A=1,B=2,C=1)$

[0252] 其中A、B和C表示预测模块中的不同特征或问题,并且整数1和2表示特征的不同可能特征值(或者问题的可能答案)。继而可以使用贝叶斯规则计算受试者提供具体特征值的概率,其中表达式诸如为:

[0253] $\text{prob}(E=1|A=1,B=2,C=1) = \text{prob}(E=1,A=1,B=2,C=1) / \text{prob}(A=1,B=2,C=1)$

[0254] 就计算时间和所需的处理资源二者而言,这样的表达式在计算上可能是昂贵的。备选地或与明确使用贝叶斯规则计算概率相组合地,可以使用逻辑回归或其他统计估计器,其中使用从机器学习算法得出的参数来估计概率。例如,可以使用以下表达式来估计受试者可能提供具体特征值的概率:

[0255] $\text{prob}(E=1|A=1,B=2,C=1) \approx \text{sigmoid}(a_1*A+a_2*B+a_3*C+a_4)$, 其中 a_1 、 a_2 、 a_3 和 a_4 是经训练的评定模型确定的常数系数,是使用试图使该表达式最大限度地正确的优化算法得知的,并且其中sigmoid是使得该表达式能够转变为概率的非线性函数。这样的算法可以快速训练,并且可以在应用中,例如在评定程序的施用期间快速计算由此得到的表达式。

尽管参考了四个系数,但如本领域普通技术人员将认识到的那样,可以使用尽可能多有帮助的系数。

[0256] 在步骤1015,可以基于步骤1005和1010中计算的度量的组合来确定每个特征值的期望重要性。基于这两个因素,特征推荐模块可以确定具体特征值在预测具体发育障碍中的期望效用。尽管本文参考了经由乘法确定的期望重要性,但期望重要性例如可以通过以诸如使用查找表、逻辑或划分等许多方式对系数和参数进行组合来确定。

[0257] 在步骤1020,可以针对每个候选特征的每个可能特征值重复步骤1005-步骤1015。例如,如果特定问题有4个可能答案,则确定这4个可能答案中每一个的期望重要性。

[0258] 在步骤1025,可以确定每个候选特征的总期望重要性或期望特征重要性。如步骤1020中所确定的,每个特征的期望特征重要性可以通过对特征的每个可能特征值的特征值重要性进行求和来确定。因此通过对给定特征的所有可能特征值的期望效用求和,特征推荐模块可以响应于先前的答案来确定用于预测具体发育障碍的特征的总期望特征重要性。

[0259] 在步骤1030,可以针对特征推荐模块正在考虑的每个候选特征重复步骤1005-步骤1025。候选特征可以包括诸如问题等可能特征的子集。因此,可以生成每个候选特征的期望特征重要性分数,并且候选特征可以按照从最高到最低期望特征重要性的次序排名。

[0260] 可选地,除了步骤1005和步骤1010中确定的两个因素之外,还可以在确定每个特征值的重要性时考虑第三因素。基于受试者先前提提供的特征值,可以确定受试者患有多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的一种或多种的概率。这样的概率可以基于存储在评定模型中的概率分布来确定,其基于受试者提供的特征值指示出受试者患有多种筛选出的行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的每一种的概率。在选择要呈现给受试者的下一特征过程中,所述算法可以被配置用于给予对预测当前受试者最有可能患有的一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍最重要或最相关的特征值较大的权重。例如,如果受试者先前提提供的特征值指示该受试者具有比正在评估的任何其他行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍更高的概率患有智力残疾或言语和语言迟缓,则特征推荐模块可能倾向于对于预测智力残疾或言语和语言迟缓而言具有高重要性的特征值,而不是对于预测自闭症、ADHD或将评定设计来筛选的任何其他发育障碍而言具有高重要性的特征。因此,特征推荐模块可以使得预测模块能够针对当前受试者裁适预测过程,从而呈现与受试者的潜在发育障碍相关的更多特征以产生具有较高粒度和置信度的最终分类。

[0261] 尽管上文步骤示出了期望特征重要性确定算法627的示例性操作流程1000,但本领域普通技术人员将认识到基于本文所述的教导的许多变化。步骤可以按不同的次序完成。可以添加或删除步骤。一些步骤可以包括其他步骤的子步骤。每当用户需要时可以重复步骤中的许多步骤。

[0262] 现在描述特征推荐模块的示例性实施方式。受试者X已经在评定程序中提供了问题(特征)A、B和C的答案(特征值):

[0263] 受试者 $X = \{ 'A' : 1, 'B' : 2, 'C' : 1 \}$

[0264] 为了最大限度地增大可以达到最终分类或诊断的预测置信度,特征推荐模块可以确定接下来应当呈现问题D还是问题E。考虑到受试者X的先前答案,特征推荐模块确定受试者X对问题D和E中的每一个提供每个可能答案的概率如下:

[0265] $\text{prob}(E = 1 | A = 1, B = 2, C = 1) = 0.1$

[0266] $\text{prob}(E=2|A=1,B=2,C=1)=0.9$

[0267] $\text{prob}(D=1|A=1,B=2,C=1)=0.7$

[0268] $\text{prob}(D=2|A=1,B=2,C=1)=0.3$

[0269] 问题D和E中的每一个的每个可能答案的特征重要性可以基于所描述的评定模型来计算。或者,可以将问题D和E中的每一个的每个可能答案的特征重要性计算为如果受试者给出了具体答案将会得到的实际预测置信度。每个答案的重要性可以使用任何适当的数值刻度上的一系列值表示。例如:

[0270] 重要性(E=1)=1

[0271] 重要性(E=2)=3

[0272] 重要性(D=1)=2

[0273] 重要性(D=2)=4

[0274] 基于计算的概率和特征值重要性,特征推荐模块可以计算每个问题的期望特征重要性如下:

[0275] 期望[重要性(E)]= $(\text{prob}(E=1|A=1,B=2,C=1)*\text{重要性}(E=1))$

[0276] $+ (\text{prob}(E=2|A=1,B=2,C=1)*\text{重要性}(E=2))$

[0277] $=0.1*1+0.9*3$

[0278] $=2.8$

[0279] 期望[重要性(D)]= $(\text{prob}(D=1|A=1,B=2,C=1)*\text{重要性}(D=1))$

[0280] $+ (\text{prob}(D=2|A=1,B=2,C=1)*\text{重要性}(D=2))$

[0281] $=0.7*2+0.3*4$

[0282] $=2.6$

[0283] 因此,即使问题D的答案一般具有较高的特征重要性,但还将问题E的答案的期望特征重要性(也称为相关性)确定为高于问题D的答案的期望特征重要性。因而,特征推荐模块可以选择问题E作为要呈现给受试者X的下一问题。

[0284] 当选择要呈现给受试者的下一最佳特征时,特征推荐模块625可以进一步被配置用于如果一个或多个候选特征与已经呈现给受试者的特征具有高协方差,则从考虑中排除所述候选特征。可以基于训练数据确定不同特征的协方差,并且可以将其存储在由训练模块构建的评定模型中。如果候选特征与先前呈现的特征具有高协方差,则该候选特征可以添加相对较小的附加预测效用,并且因此可以在将来呈现给受试者时省略以便优化评定程序的效率。

[0285] 预测模块620可以使用用户接口630与参与评定程序的人(例如,受试者或受试者的看护人)进行交互。该用户接口可以提供有诸如任何计算设备的可以使得用户能够访问预测模块的显示器等用户接口,所述任何计算设备诸如为个人计算机、平板电脑或智能电话。计算设备可以包括处理器,该处理器包含用于例如以移动应用的形式提供用户接口的指令。用户接口可以被配置用于向用户显示来自预测模块的指令,和/或利用计算设备提供的输入方法从用户接收输入。因此,用户可以通过使用用户接口与预测模块交互来如本文所述地参与评定程序,例如通过响应于由预测模块呈现的问题(特征)而提供答案(特征值)来参与评定程序。用户接口可以被配置用于实时地施用评定程序,使得用户一次回答一个问题,并且预测模块可以基于由特征推荐模块做出的推荐来选择要询问的下一最佳问题。

备选地或组合地,用户接口可以被配置用于例如通过允许用户上传对应于一组特征的一组完整特征值来从用户接收一组完整新数据。

[0286] 如本文所述,可以采用许多方式在受试者身上评估与识别一种或多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍相关的感兴趣特征。例如,受试者或看护人或临床医生可能会被问到一系列问题,这些问题被设计用于评定受试者身上存在感兴趣特征的程度。所提供的答案继而可以表示受试者的对应特征值。用户接口可以被配置用于向受试者(或者代表受试者参与评定程序的任何人)呈现一系列问题,该一系列问题可以如本文所述地从一组候选问题中动态地选择。这样的基于问题与答案的评定程序完全可以通过机器施用,并且因此可以提供对受试者的(一种或多种)发育障碍的快速预测。

[0287] 备选地或组合地,可以通过观察受试者的行为(例如利用受试者的视频)来评估受试者身上的感兴趣特征。用户接口可以被配置用于允许受试者或受试者的看护人记录或上传受试者的一个或多个视频。视频片段随后可以由有资格的人员进行分析,以确定受试者针对感兴趣特征的特征值。备选地或组合地,用于确定特征值的视频分析可以由机器执行。例如,视频分析可以包括检测对象(例如,受试者、受试者的空间位置、面部、眼睛、嘴巴、手、四肢、手指、脚趾、脚等),随后追踪对象的移动。视频分析可以推断受试者的性别和/或受试者的(一种或多种)口头语言的熟练程度。视频分析可以在全球范围内识别面部或面部上的诸如鼻子、眼睛、嘴唇和嘴巴等具体标志物,以推断面部表情并且随着时间的推移追踪这些表情。视频分析可以检测眼睛、四肢、手指、脚趾、手、脚,并随着时间的推移追踪它们的移动以推断行为。在一些情况下,分析可以进一步推断行为的意图,例如,儿童因噪音或嘈杂的音乐而不安、参加自伤行为、模仿另一个人的动作等。还可以分析视频文件中记录的声音和/或语音。分析可以推断出受试者行为的背景。声音/语音分析可以推断出受试者的感觉。由人类和/或机器执行的对受试者视频的分析可以产生感兴趣特征的特征值,所述特征值继而可以适当地进行编码以便输入到预测模块中。继而可以基于受试者的特征值到使用训练数据构建的评定模型的拟合来生成对受试者的发育障碍的预测。

[0288] 备选地或组合地,可以通过与受试者的结构化交互来评估受试者身上的感兴趣特征。例如,可以要求受试者玩诸如计算机游戏等游戏,并且可以使用受试者在游戏上的表现来评估受试者的一个或多个特征。可以向受试者呈现一个或多个刺激(例如,经由显示器呈现给受试者的视觉刺激),并且可以使用受试者对刺激的响应来评估受试者的特征。可以要求受试者执行某个任务(例如,可以要求受试者用他或她的手指弹出气泡),并且可以使用受试者对该请求的响应或者受试者实施所请求的任务的能力来评估受试者的特征。

[0289] 本文所述的方法和装置能够以许多方式被配置用于确定下一最具预测性或最相关问题。如本文所述的软件指令的至少一部分可以被配置用于在本地设备上本地运行,以便提供用户接口并且呈现问题以及接收问题的答案。本地设备可以被配置有应用程序接口(API)的软件指令,以便针对最具预测性的下一问题而查询远程服务器。例如,API可以基于如本文所述的特征重要性而返回识别的问题。备选地或组合地,本地处理器可以被配置有用于响应于先前的答案来确定最具预测性的下一问题的指令。例如,预测模块620可以包含远程服务器的软件指令或本地处理器的软件指令,以及其组合。备选地或组合地,特征推荐模块625可以包含例如被配置用于确定最具预测性的下一问题的远程服务器的软件指令或本地处理器的软件指令,以及其组合。例如,可以利用如本文所述的一个或多个处理器来执

行如由本文所述的特征推荐模块625执行的确定期望特征重要性确定算法627的方法的示例性操作流程1000。

[0290] 图11图示了如本文所述的管理评定程序的方法1100。方法1100可以利用计算设备上所提供的用户接口来执行,计算设备包括显示器和用于响应于显示器上所提供的指令来接收用户输入的用户接口。参与评定程序的用户可以是受试者本人,或者代表受试者参与该程序的另一人,诸如受试者的看护人。在步骤1105,可以用显示器向用户呈现与第N特征有关的第N问题。在步骤1110,可以接收包含对应的第N特征值的受试者的答案。在步骤1115,可以更新当前受试者的数据集以包括为受试者提供的第N特征值。在步骤1120,可以将更新的数据集拟合到评定模型以生成预测分类。如本文所述,步骤1120可以由预测模块执行。在步骤1125,可以执行检查以确定对数据的拟合是否可以生成足够置信度(例如,在至少90%置信区间内)的对具体发育障碍(例如,孤独症、ADHD等)的预测。如果是这样,如在步骤1130所示,可以向用户显示预测的发育障碍。如果不是,则在步骤1135中,可执行检查以确定是否存在可以查询到的任何附加特征。如果是,如在步骤1140所示,特征推荐模块可以选择要呈现给用户的下一特征,并且可以重复步骤1105-步骤1125,直至可以将最终预测(例如,具体发育障碍或“无诊断”)显示给受试者。如果没有附加特征向受试者呈现,则可以向受试者显示“无诊断”,如在步骤1145所示。

[0291] 虽然上文步骤示出了施用评定程序的示例性方法1100,但是本领域普通技术人员基于本文所述的教导将会认识到许多变化。可以按不同的次序完成各步骤。可以添加或删除步骤。一些步骤可以包括其他步骤的子步骤。每当用户需要时可以重复步骤中的许多步骤。

[0292] 本公开内容提供了被编程用于实现本公开内容的方法的计算机控制系统。图12示出了适合并入有本文所述的方法和装置的计算机系统1201。计算机系统1201可以处理本公开内容的信息的各个方面,举例而言,诸如问题和答案、响应、统计分析。计算机系统1201可以是用户的电子设施或者是相对于该电子设备远程定位的计算机系统。电子设备可以是移动电子设备。

[0293] 计算机系统1201包括中央处理单元(CPU,本文中也称为“处理器”和“计算机处理器”)1205,其可以是单核或多核处理器或者用于并行处理的多个处理器。计算机系统1201还包括存储器或存储器位置1210(例如,随机存取存储器、只读存储器、快闪存储器),电子存储单元1215(例如,硬盘),用于与一个或多个其他系统进行通信的通信接口1220(例如,网络适配器),以及外围设备1225(诸如高速缓存、其他存储器、数据储存器和/或电子显示适配器)。存储器1210、存储单元1215、接口1220和外围设备1225通过诸如主板等通信总线(实线)与CPU 1205通信。存储单元1215可以是用于存储数据的数据存储单元(或数据存储库)。计算机系统1201可以借助于通信接口1220可操作地耦合至计算机网络(“网络”)1230。网络1230可以是互联网、因特网和/或外联网,或者内联网和/或与互联网进行通信的外联网。网络1230在一些情况下是电信和/或数据网络。网络1230可以包括一个或多个计算机服务器,所述计算机服务器可以支持诸如云计算等分布式计算。网络1230在一些情况下借助于计算机系统1201可以实现对等网络,对等网络可以使得耦合至计算机系统1201的设备能够充当客户端或服务器。

[0294] CPU 1205可以执行可以在程序或软件中体现的机器可读指令序列。指令可以存储

在诸如存储器1210等存储器位置中。可以将指令引导至CPU 1205,指令随后可以用程序指令或以其他方式对CPU 1205进行配置以实现本公开内容的方法。由CPU 1205执行的操作的示例可以包括取、解码、执行和回写。

[0295] CPU 1205可以是诸如集成电路等电路的一部分。可以将系统1201的一个或多个其他组件包括在该电路中。在一些情况下,电路是应用专用集成电路(ASIC)。

[0296] 存储单元1215可以存储诸如驱动程序、库和保存的程序等文件。存储单元1215可以存储用户数据,例如用户偏好和用户程序。计算机系统1201在一些情况下可以包括一个或多个附加数据存储单元,所述一个或多个附加数据存储单元是在计算机系统1201外部的,诸如位于通过内联网或因特网与计算机系统1201进行通信的远程服务器上。

[0297] 计算机系统1201可以通过网络1230与一个或多个远程计算机系统通信。例如,计算机系统1201可以与用户(例如,父母)的远程计算机系统通信。远程计算机系统和移动通信设备的示例包括个人计算机(例如,便携式PC)、板或平板PC(例如,Apple® iPad、Samsung® Galaxy Tab)、电话、智能电话(例如,Apple® iPhone、支持Android的设备、Blackberry®)、个人数字助理、可穿戴医疗设备如(例如,Fitbits)或医疗设备监测器(例如,癫痫监测器)。用户可以使用网络1230访问计算机系统1201。

[0298] 可以通过存储在计算机系统1201的电子存储位置上(举例而言,诸如存储器1210或电子存储单元1215上)的机器(例如,计算机处理器)可执行代码来实现如本文所述的方法。机器可执行代码或机器可读代码可以以软件的形式提供。在使用期间,代码可以由处理器1205执行。在一些情况下,代码可以从存储单元1215中检索并且存储在存储器1210上以供处理器1205迅速存取。在一些情况下,可以不包括电子存储单元1215,并且将机器可执行指令存储在存储器1210上。

[0299] 代码可以被预编译并配置用于与具有适于执行代码的处理器一起使用,或者可以在运行时间期间进行编译。代码能够采用可以选择以使得该代码能够以预编译或编译时的方式执行的编程语言来提供。

[0300] 本文提供的系统和方法的各方面,诸如计算机系统401,可以在编程方面体现。该技术的各个方面可被认为是以在某一类型的机器可读介质上携带或体现的机器(或处理器)可执行代码和/或关联数据的形式“产品”或“制品”。机器可执行代码可以存储在诸如存储器(例如,只读存储器、随机存取存储器、闪速存储器)或硬盘等电子存储单元上。“存储”类介质可以包括任何或所有的计算机有形存储器、处理器等,或其相关联的模块,诸如各种半导体存储器、磁带驱动器、磁盘驱动器等,其可以在任何时间为软件编程提供非暂时性存储。软件的全部或部分有时可以通过因特网或各种其他电信网络进行通信。这样的通信例如可以使得软件能够从一台计算机或处理器加载到另一台计算机或处理器中,例如,从管理服务器或主机计算机加载到应用服务器的计算机平台中。因此,可以承载软件元素的另一类介质包括诸如跨本地设备之间的物理接口、通过有线和光学陆上通信线网络以及通过各种空中链路所使用的光波、电波和电磁波。携带此类波的物理元件,诸如有线或无线链路、光学链路等,也可以视为是承载软件的介质。如本文所使用,除非限制于非暂时性有形“存储”介质,否则诸如计算机或机器“可读介质”等术语是指参与向处理器提供指令以供执行的任何介质。

[0301] 因此,诸如计算机可执行代码等机器可读介质可以采取许多种形式,包括但不限于有形存储介质、载波介质或物理传输介质。非易失性存储介质例如包括光盘或磁盘,诸如任何(一个或多个)计算机中的任何存储设备等,如附图中所示的可以用于实现数据库的那些等。易失性存储介质包括动态存储器,诸如这样的计算机平台的主存储器。有形传输介质包括同轴电缆;铜线和光纤,包括构成计算机系统内的总线的导线。载波传输介质可以采取电信号或电磁信号或者声波或光波(诸如射频(RF)和红外(IR)数据通信过程中产生的那些)的形式。因此,计算机可读介质的常见形式例如包括:软盘、柔性盘、硬盘、磁带、任何其他磁性介质、CD-ROM、DVD或DVD-ROM、任何其他光学介质、穿孔纸带、具有孔洞图案的任何其他物理存储介质、RAM、ROM、PROM和EPROM、FLASH-EPROM、任何其他存储器芯片或简匣、传送数据或指令的载波、传送这样的载波的电缆或链路,或者计算机可以从中读取编程代码和/或数据的任何其他介质。在将一个或多个指令的一个或多个序列载送到处理器以供执行的过程中可能涉及这些计算机可读介质形式中的许多形式。

[0302] 计算机系统1201可以包括电子显示器1235或与其通信,电子显示器1235包括用于提供例如问题和答案、分析结果、推荐的用户接口(UI) 1240。UI的示例包括但不限于图形用户接口(GUI)和基于网络的用户接口。

[0303] 本公开内容的方法和系统可以通过随如本文所公开的一个或多个处理器提供的一个或多个算法以及指令来实现。算法可以通过软件在由中央处理单元1205执行时的方式来实现。算法例如可以是随机森林、图形模型、支持向量机或其它。

[0304] 尽管上述步骤示出了根据示例的系统的方法,但本领域普通技术人员基于本文所述的教导将会认识到许多变化。可以按不同的次序完成各步骤。可以添加或删除步骤。一些步骤可以包括子步骤。每当有益于平台时就可以重复步骤中的许多步骤。

[0305] 如本文所述的每个示例可以与一个或多个其他示例组合。此外,一个或多个示例的一个或多个组件可以与其他示例组合。

[0306] 图13图示了具有反馈回路和简化测试的数字个性化医疗平台1300的示例性系统图。例如,平台1300可以提供与发育迟缓相关的儿科认知和行为病症的诊断和治疗。用户数字化设备110,例如诸如智能电话等移动设备、活动监测器或可穿戴数字化监测器,可以记录与患者相关的数据和元数据。如上文讨论的,可以基于患者与设备的交互以及基于与看护人和医疗保健专业人员的交互来收集数据。

[0307] 数字化设备110可以通过通信网络120与个性化医疗系统130通信。个性化医疗系统130可以包括用于提供患者发育状态的初始诊断和更新诊断的诊断模块132,以及用于响应于诊断模块132的诊断而提供个性化疗法推荐的治疗模块134。

[0308] 在一些情况下,诊断模块132可包括如本文所述的数据处理模块。数据处理模块可以使得诊断模块132能够以减少的测试问题书数目提供对受试者的评定。如本文所述,数据处理模块可以包括预处理模块、训练模块和预测模块。数据处理模块可以从数据库或用户提取训练数据、应用一个或多个变换以将训练数据标准化,以及将标准化训练数据传递给训练模块。训练模块可以采用机器学习算法或其他算法,基于标准化训练数据来构建和训练要在诊断测试中使用的评定模型。一旦从训练数据得出评定模型,该模型可以用作预测工具以评定受试者的认知功能(如发育进展)或一种或多种疾病(如行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍)的风险。训练数据可以包括在受试者不是其成员的群体上开发的数据。预测

模块可以被配置用于通过将新数据拟合到训练模块中构建的评定模型来生成给定受试者的认知功能(例如,发育障碍)的预测分类。如本文所讨论的,数据处理模块可以基于对多个问题的多个答案来识别最具预测性的下一问题,使得可以将人诊断或识别为处于风险中并且用较少的问题来处理。

[0309] 可以经由数字化设备110向患者或看护人提供如从诊断模块132生成的诊断测试(例如,一组测试和问题)。可以通过诊断模块132接收患者对诊断测试的答案。诊断模块132可以基于患者的答案生成初始诊断。例如,诊断模块可以基于向看护人询问的问题和对患者施用的测试(诸如词汇或言语沟通测试)来诊断与自闭症相关的语言迟缓。

[0310] 诊断模块可将其初始诊断传达给治疗模块134,治疗模块134使用初始诊断来建议要进行的初始疗法以治疗任何诊断出的症状。治疗模块134向数字化设备110发送其推荐的疗法,包括用于患者和看护人在给定时间框架内执行推荐疗法的指令。患者和看护人可以向诊断模块132提供反馈,然后诊断模块132可以指示数据处理模块向数字化设备110提供新的诊断测试和问题。诊断模块132然后向治疗模块134提供更新的诊断,治疗模块134建议患者和看护人执行更新的疗法作为下一步疗法。因此,可以形成患者与看护人、诊断模块与治疗模块之间的反馈回路,并且可以用较少的问题诊断患者。反馈可以识别治疗干预所产生的效力、顺应性和响应的相对水平,并允许纠正性改变以改善治疗。

[0311] 在一些情况下,治疗模块可以依赖于诊断模块,以便将受试者分类为具有不同病症或不同严重程度的病症。可选地,治疗模块可以具有其自己的独立预测模块或推荐模块,以便从系列选项中决定下一个最佳疗法或治疗。该决定可以考虑到来自诊断模块的评定,以及按性别/年龄/种族/等人口统计学分类的与某些患者响应某些治疗的历史概率相关的独立编译的统计数据。治疗模块可以使用简单的规则或复杂的机器学习技术来执行预测任务。在机器学习的情况下,将会发生将患者治疗结果连接回治疗模块的独立反馈回路。

[0312] 在一些情况下,可以将诸如医疗保健专业人员的计算机系统等第三方系统连接到通信网络120。可以向医疗保健专业人员或其他第三方警告与诊断模块所提供的诊断和/或由治疗模块基于减少的问题数目而建议的疗法的显著偏差。然后,第三方可以采取适当的进一步行动。例如,第三方系统可以审查和修改治疗模块建议的治疗。

[0313] 在一些情况下,患者可以响应于疗法而具有响应简档,并且治疗模块可以被配置用于基于受试者的初始响应对响应简档进行分类。例如,受试者可以具有指示治疗正在起作用的响应简档,或指示治疗不起作用的响应简档。这些初始响应简档可能是有点反直觉的。例如,症状的波动可能是治疗正在发挥作用的指标,即使这些波动可能包括症状相对于基线的增加和减少。对于一些治疗,症状改变的时间可能会延迟。

[0314] 用户(如患者和看护人)可以例如在数字化设备110上下载并安装包括软件指令的App。App可以使得用户能够从基于云的服务器接收用于诊断测试的指令、上传诊断测试的答案、从基于云的服务器接收治疗(例如,游戏或交互式内容)、提供反馈、定期接收新测试以确定治疗如何进展,以及接收更新的治疗。app可以安装在多个数字化设备上,诸如用于受试者接收数字化疗法的第一设备和用于看护人监测治疗进展的第二设备上。因此在用户与基于云的服务器(例如,个性化医疗系统130)之间创建了反馈回路,其中在开始疗法之后对受试者的评估被用于调整疗法以改善响应。

[0315] 实验数据

[0316] 在Python 2.7的Anaconda Distribution上建立如本文所述的数据处理模块。用于构建和培训评定模型的培训数据包括自闭症遗传资源交换 (AGRE) 所生成的数据, 自闭症遗传资源交换 (AGRE) 执行了家庭内评定来在其家中收集父母和子女的ADI-R和ADOS数据。ADI-R包括呈现总计93个问题的家长访谈, 并产生自闭症或无自闭症的诊断。ADOS包括对儿童进行的半结构化访谈, 该访谈产生自闭症、ASD或无诊断的诊断, 其中基于语言水平对儿童施用四个可能模块中之一, 每个模块包括约30个问题。数据包括源自评定的儿童临床诊断; 如果一个孩子的ADI-R与ADOS诊断有差异, 则由获得执照的临床心理学家针对所讨论的儿童的数据集指派共识性诊断。训练数据包含了总计3,449个数据点, 其中3315个病例 (自闭症或ASD) 和134个对照 (非谱系)。训练数据中评估的特征靶向3个关键领域: 语言、社交沟通和重复性行为。

[0317] 如本文所述, 使用提升的随机森林分类器来建立评定模型。在训练数据上训练评定模型之前, 对训练数据进行预处理以将该数据标准化, 并且如本文所述的以独热表示重新编码分类特征。由于训练数据偏向患有自闭症或ASD的个体, 因此应用样本加权以把与来自自闭症/ASD个体的数据相比, 多达50倍的显著性归于来自非谱系个体的数据。使用提升法迭代地训练评定模型, 在每次迭代之后更新数据点的权重以增大归于被错误分类的数据点的显著性, 并用更新的显著性进行重新训练。

[0318] 使用 $k=5$ 的分层 k -折交叉验证对训练的模型进行验证。交叉验证产生了约93-96%的准确度, 其中准确度定义为使用该模型在二元分类任务中正确分类的受试者的百分比 (自闭症/非谱系)。由于训练数据包含了样本偏差, 因此计算混淆矩阵以确定该模型将一个类别 (自闭症或非谱系) 与另一个类别混淆的频率。正确分类的自闭症个体的百分比约为95%, 而正确分类的非谱系个体的百分比约为76%。然而, 应当指出, 可以对该模型进行调整以相比另一个类别更紧密地拟合一个类别, 在该情况下, 每个类别的正确分类的百分比可以改变。图14示出了映射如本文所述的示例性评定模型的灵敏度与误检的受试者操作特性 (ROC) 曲线。将自闭症诊断的真阳性率 (灵敏度) 映射在y轴上, 作为x轴上映射的误检的假阳性率 (误检) 的函数。标记为“折份 (Fold) #0”、“折份#1”和“折份#2”的三条曲线中的每一条对应于交叉验证程序的不同“折份”, 其中对于每一折份, 将一部分训练数据拟合到评定模型, 同时改变将数据集分类为“自闭症”所必要的预测置信度阈限。在需要或适当时, 根据模型的ROC曲线, 可以调整该模型以增大灵敏度用来换取误检的一些增加, 或者降低灵敏度作为减少误检的交换。

[0319] 特征推荐模块如本文所述进行配置, 其中计算每个问题的期望特征重要性, 并且通过经由应用程序接口 (API) 调用服务器来对候选问题按照计算的重要性的次序进行排名。通过确定问题的推荐分数与从回答推荐问题获得的预测准确度的增加之间的相关性来评估特征推荐模块推荐信息性问题的能力。执行以下步骤来计算相关性度量: (1) 将数据分裂成各折份以供交叉验证; (2) 已经回答的问题从验证集中随机移除; (3) 为每个问题生成期望特征重要性 (问题推荐/分数); (4) 揭示步骤2中移除的问题其中之一, 并且测量后续预测准确度的相对改善; 以及 (5) 计算相对改善与期望特征重要性之间的相关性。计算的Pearson相关系数范围介于0.2和0.3之间, 从而表明期望特征重要性分数与相对改善之间的中度相关性。图15是示出了每个问题的期望特征重要性 (“预期信息性分数”) 与相对改善 (“相对分类改善”) 之间的相关性的散布图。该图示出了两个变量之间的中度线性关系, 例

证了特征推荐模块确实能够推荐将会提高预测准确度的问题。

[0320] 测量了使用所开发的预测模块和特征推荐模型来产生输出的时间长度。预测模块花费约46ms来预测个体患孤独症的风险。特征推荐模块花费约41ms来为个人生成问题推荐。尽管这些测量是通过经由API调用服务器进行的,但计算例如可以在本地执行。

[0321] 如本文所述,虽然构建和训练了关于图9-图10描述的数据处理模块的评定模型,来将受试者分类为患有自闭症或未患有自闭症,但是可以使用类似的方法来建立可以将受试者分类为患有多种行为障碍、神经障碍或心理卫生障碍中的一种或多种的评定模型。

[0322] 为了获得改善的结果,本领域普通技术人员可以生成并获得附加的数据集并且改善本文公开的方法和装置的灵敏度和特异性以及置信区间,而无需过度的实验。虽然这些测量是使用示例数据集进行的,但是所述方法和装置可以配置有如本文所述的附加数据集,并且在临床环境在80%的置信区间的情况下将受试者识别为处于风险,而无需过度实验。在临床环境中80%或更高的灵敏度和特异性可以同样地由本领域普通技术人员利用本文提供的教导无需过度实验地获得,例如利用附加数据集。

[0323] 如本文所述,可以从大型档案数据储存库获得附加数据集,诸如自闭症遗传资源交换(AGRE)、波士顿自闭症联盟(AC)、西蒙斯基金会、国家自闭症研究数据库等等。备选地或组合地,附加数据集可以包括使用各种模拟算法基于档案数据生成的数学模拟数据。备选地或组合地,可以经由众包来获得附加数据集,其中受试者自我施用如本文所述的评定程序并且贡献来自其评定的数据。除了来自自我施用的评定的数据之外,受试者还可以提供从有资格的临床医生获得的临床诊断,以便为评定程序提供比较标准。

[0324] 尽管具体实施方式包含许多细节,但这些细节不应被解释为限制本公开内容的范围,而仅仅是说明本公开内容的不同示例和方面。应当理解,本公开内容的范围包括上文未详细讨论的其他实施方式。在不脱离如本文所述的本发明的精神和范围的情况下,可以在本文提供的本公开内容的方法和装置的布置、操作和细节中做出对本领域技术人员而言将会显而易见的各种其他修改、改变和变化。例如,如本文所公开的每个示例的一个或多个方面、组件或方法都可以与如本文所述的其他示例组合,并且这些修改对于本领域普通技术人员而言将是显而易见的。对于本文公开的每种方法,本领域普通技术人员将基于本文所述的教导认识到许多变化。这些步骤可以以不同顺序完成。可以添加或删除步骤。一些步骤可以包括其他步骤的子步骤。可以根据需要经常重复许多步骤,并且可以将方法的步骤彼此组合。

[0325] 虽然本文已经示出和描述了本发明的优选实施方式,但对于本领域技术人员而言将会显而易见的是,这样的实施方式只是通过示例的方式提供的。在不偏离本发明的情况下,本领域技术人员将会想到众多变化、改变和替代。应当理解,在实践本发明的过程中可以采用本文所述的本发明实施方式的各种替代方案。本文旨在下列权利要求限定了本发明的范围并且从而覆盖这些权利要求的范围内的方法和结构及其等同项。

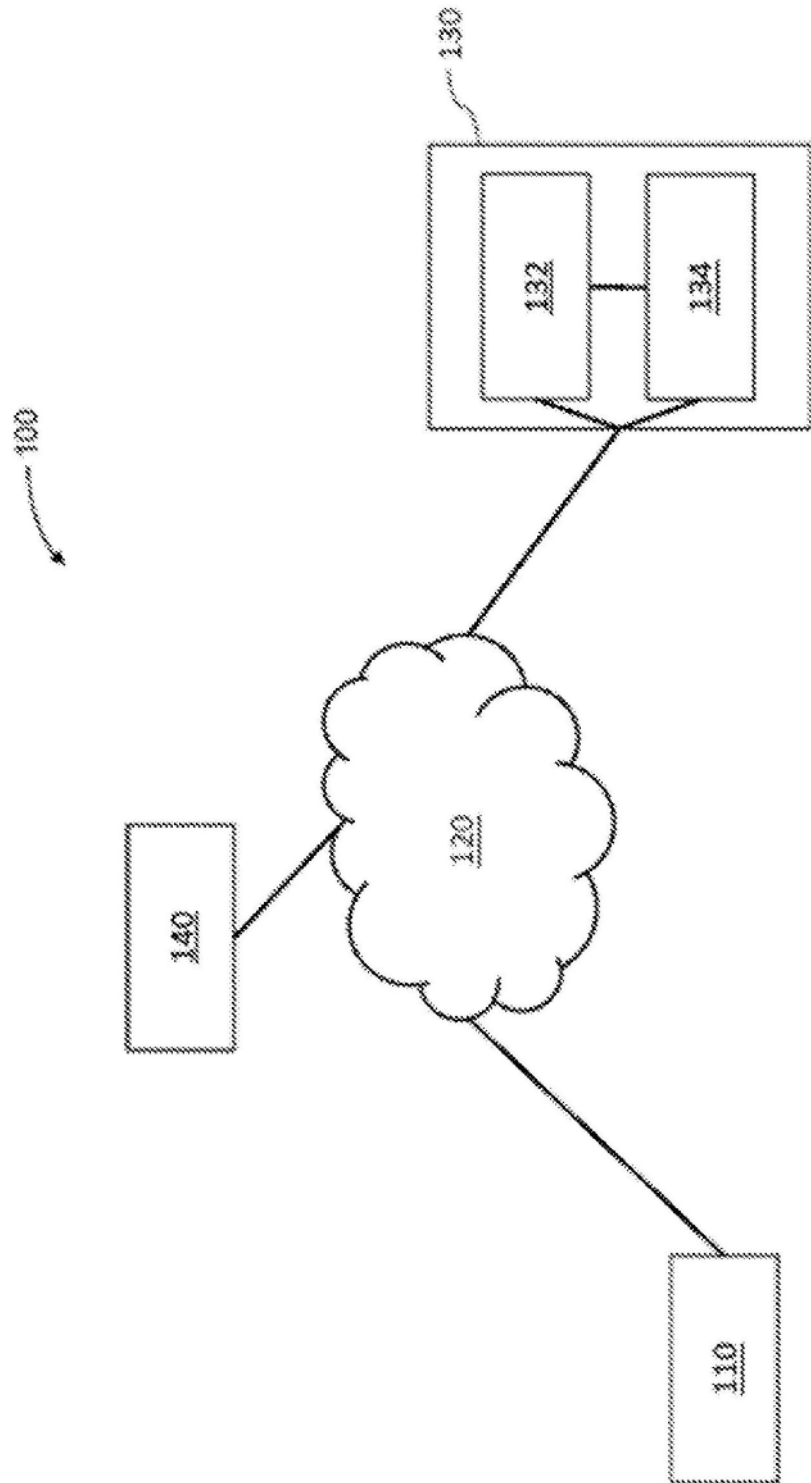


图1A

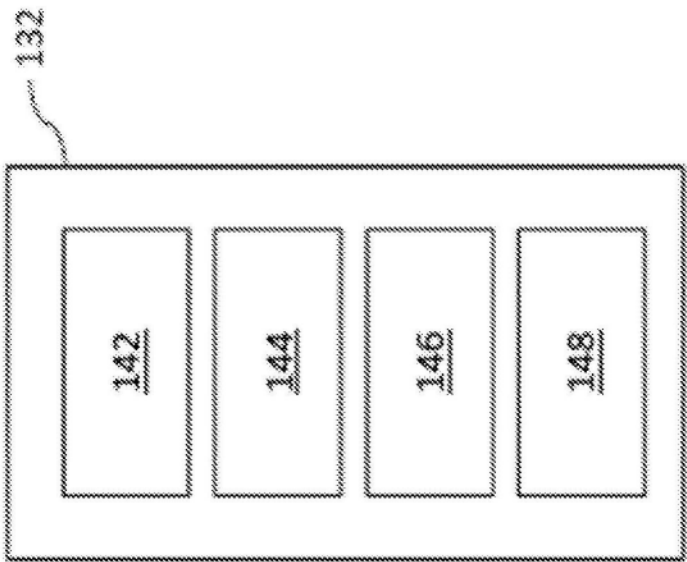


图1B

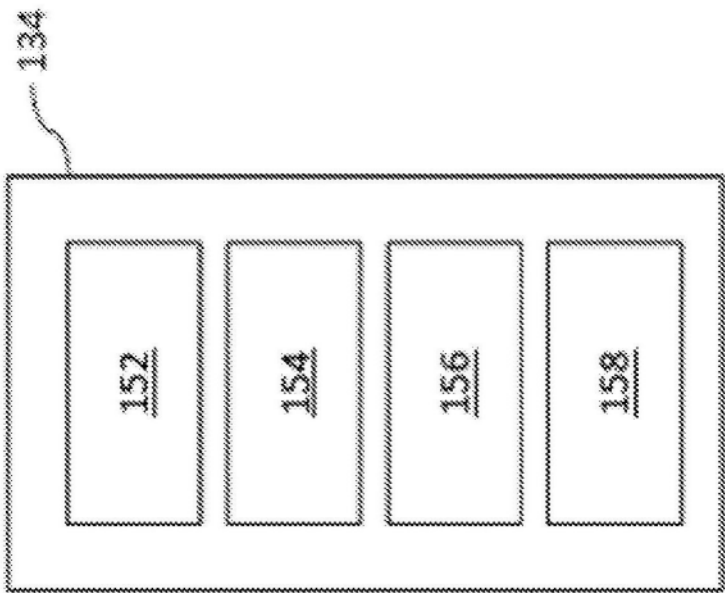


图1C

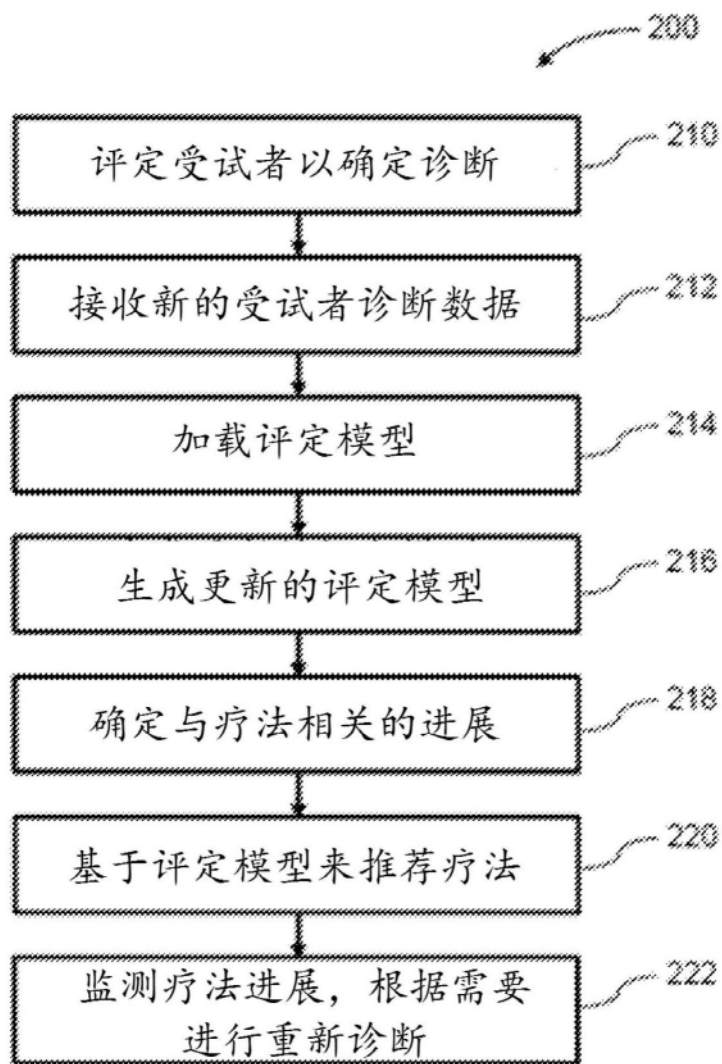


图2

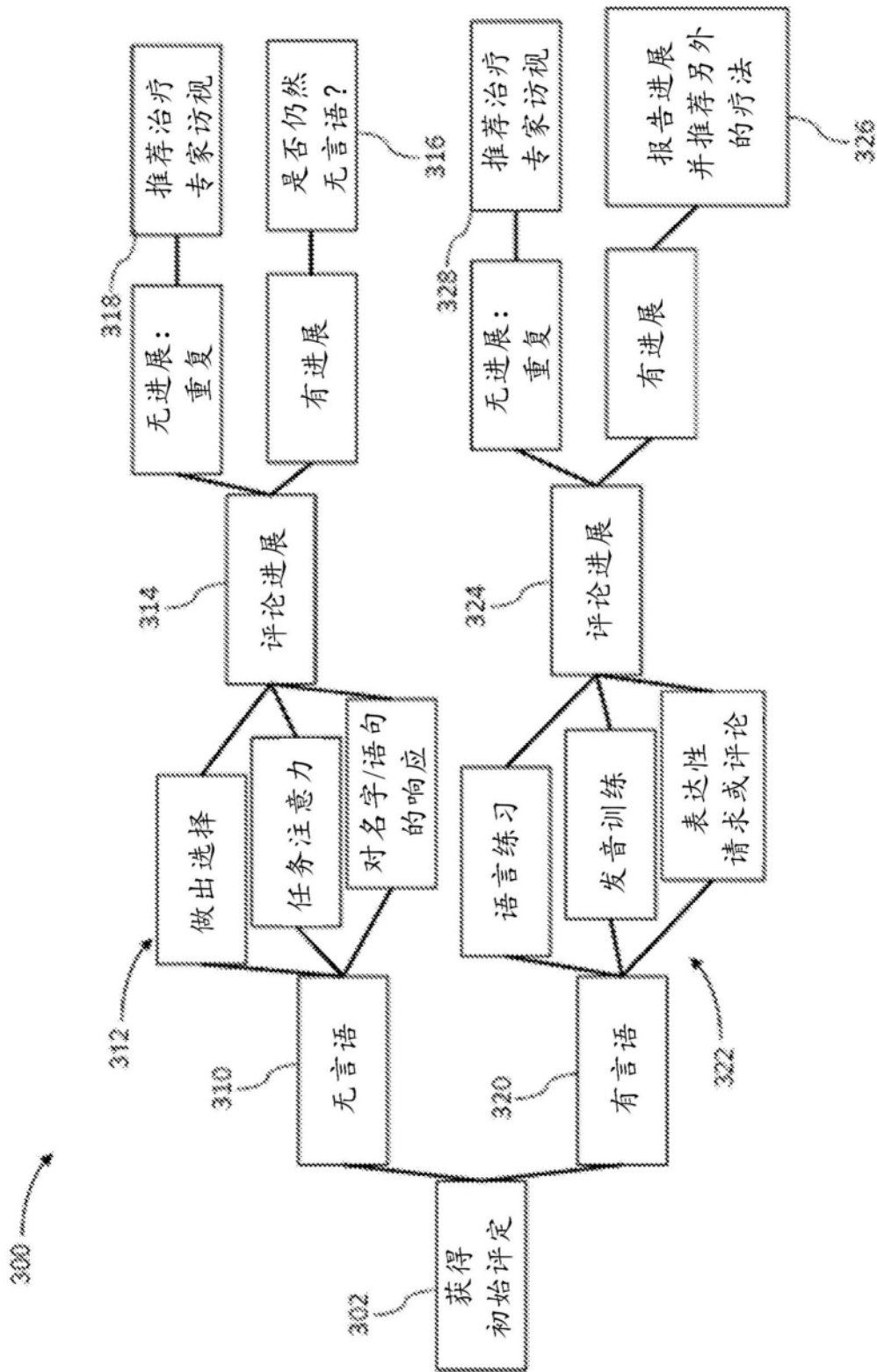


图3

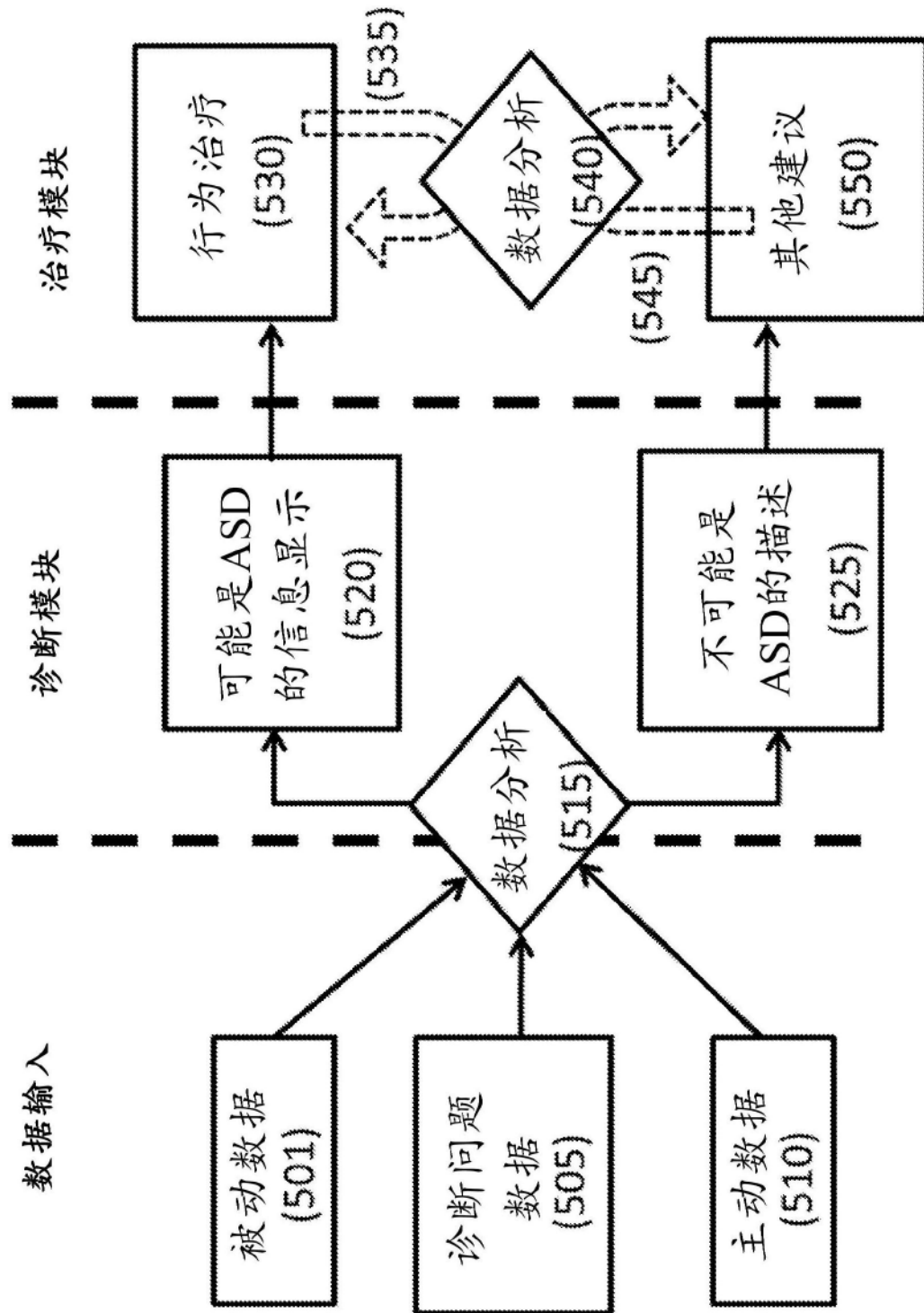


图4

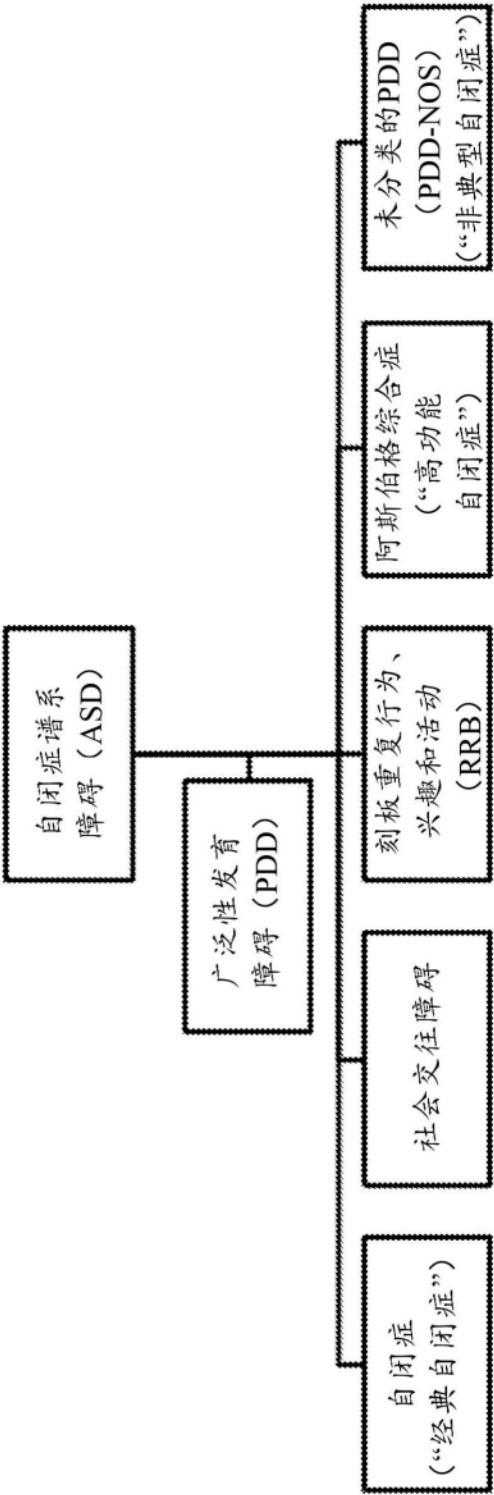


图5A

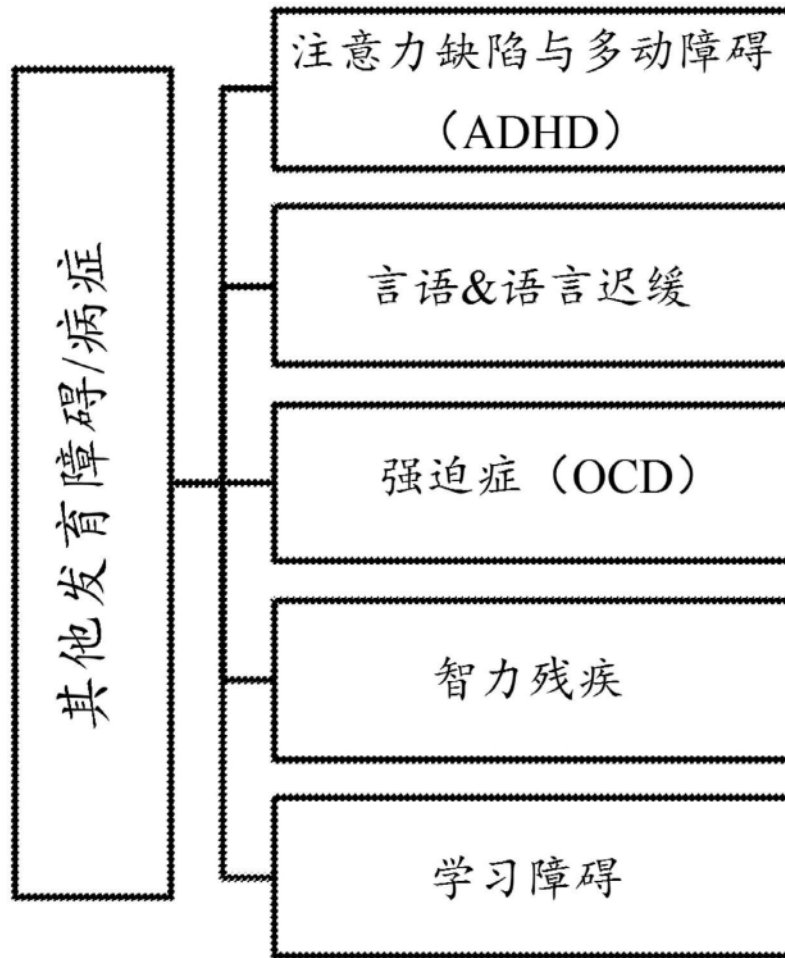


图5B

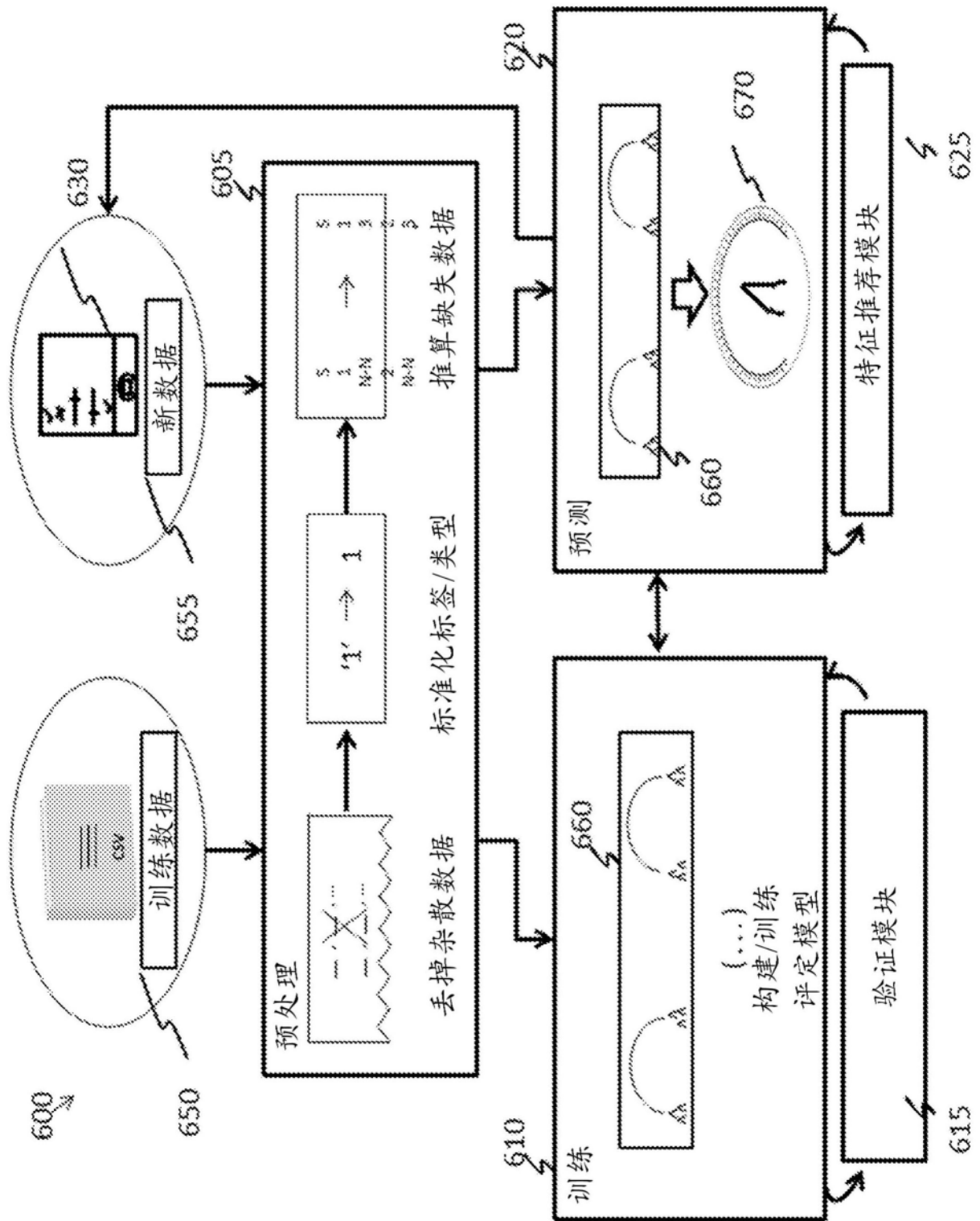


图6

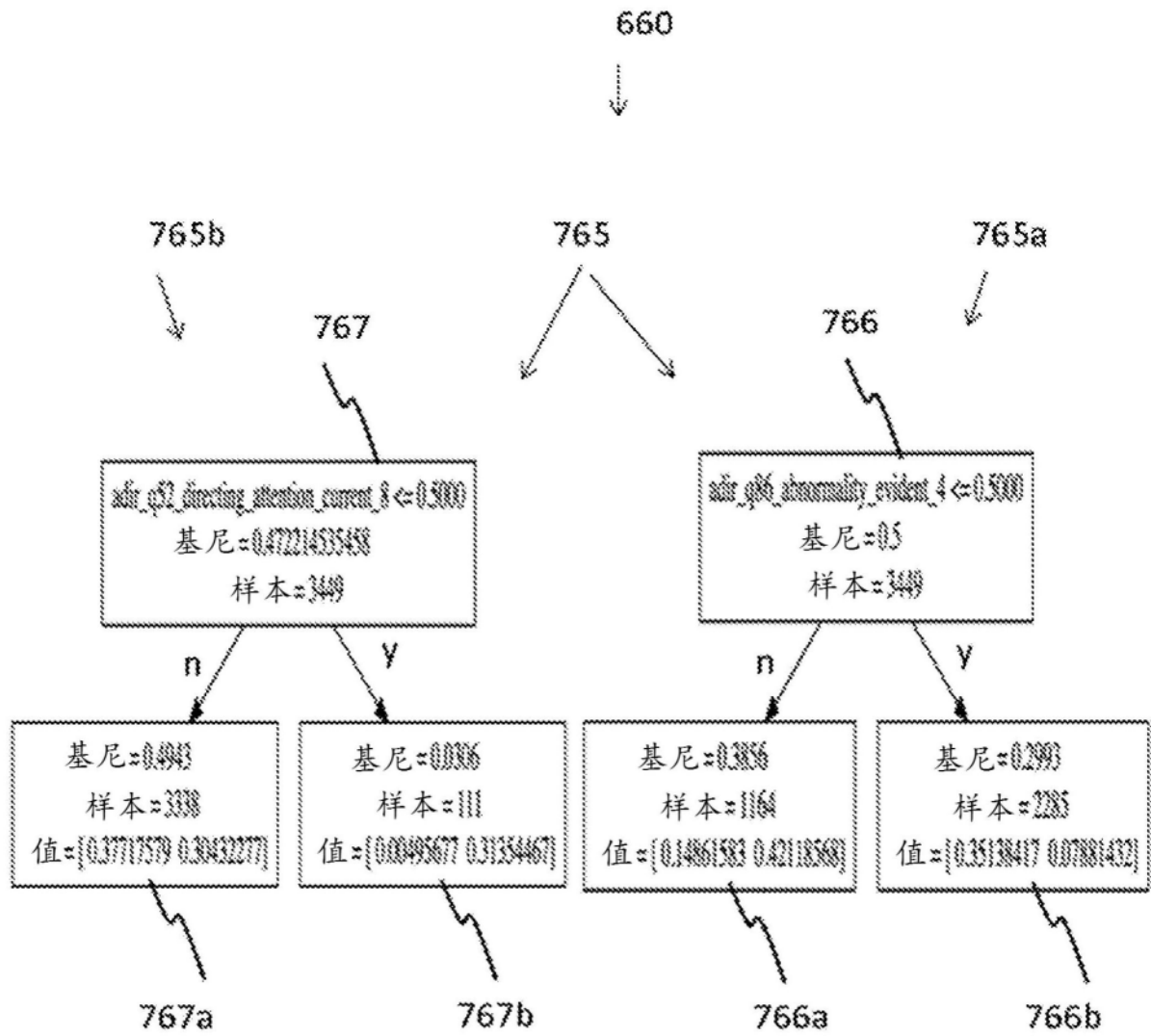


图7

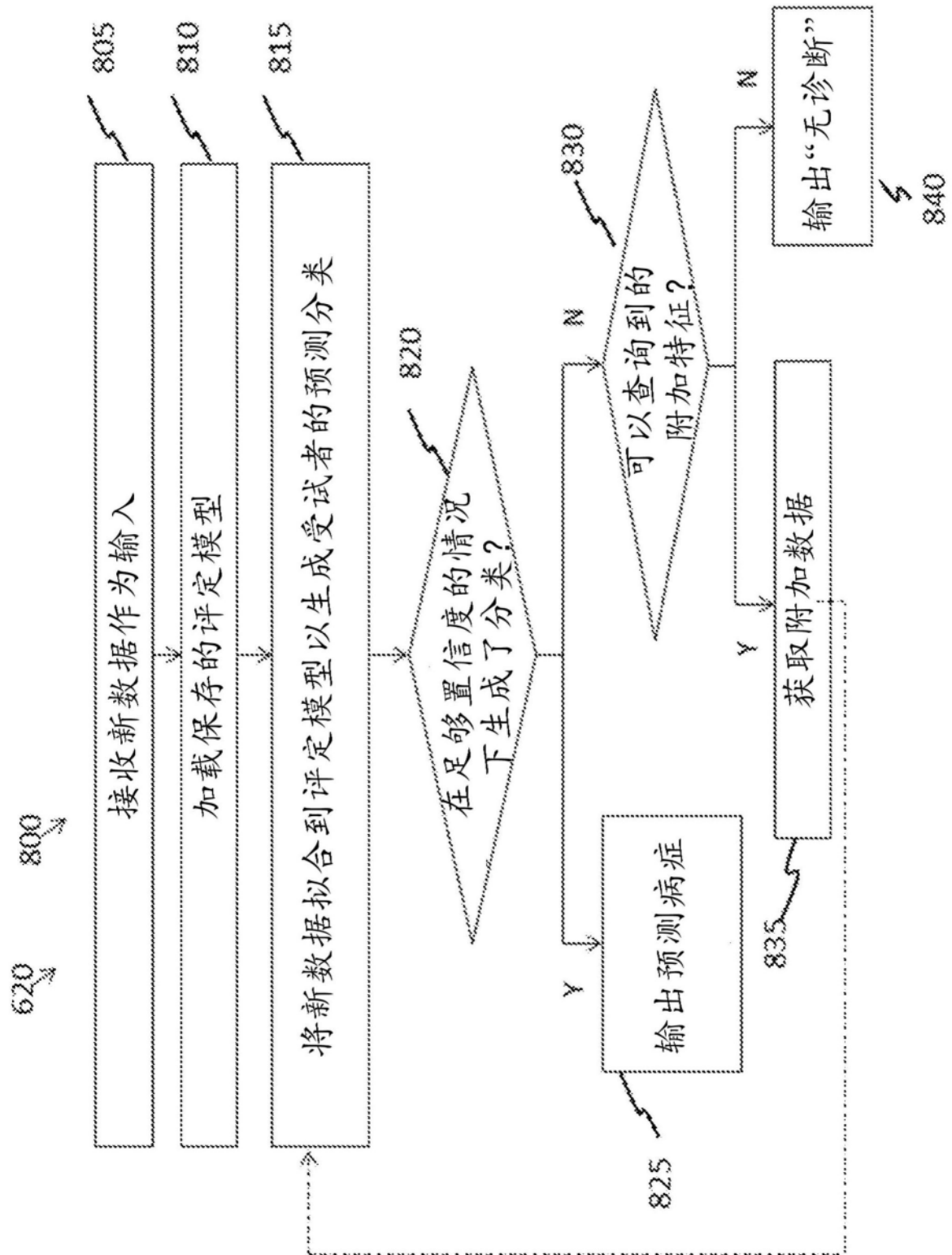


图8

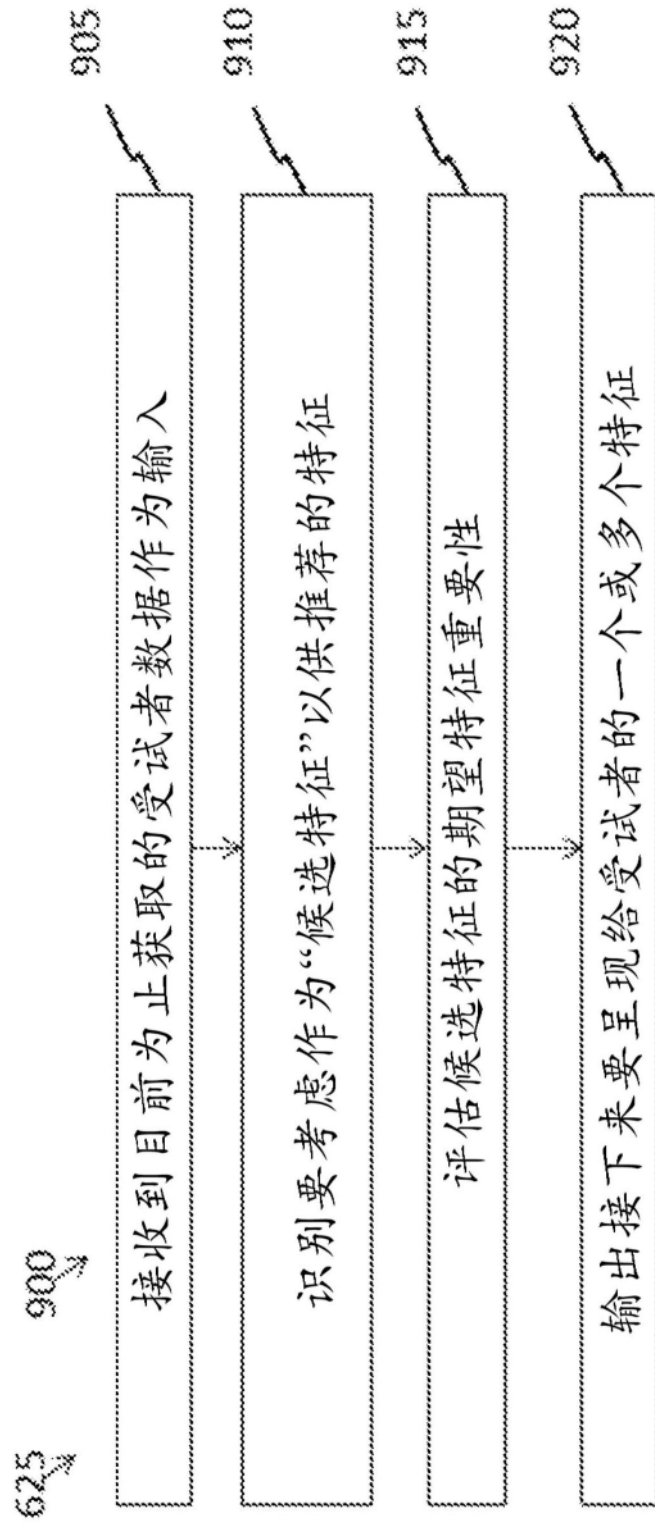


图9

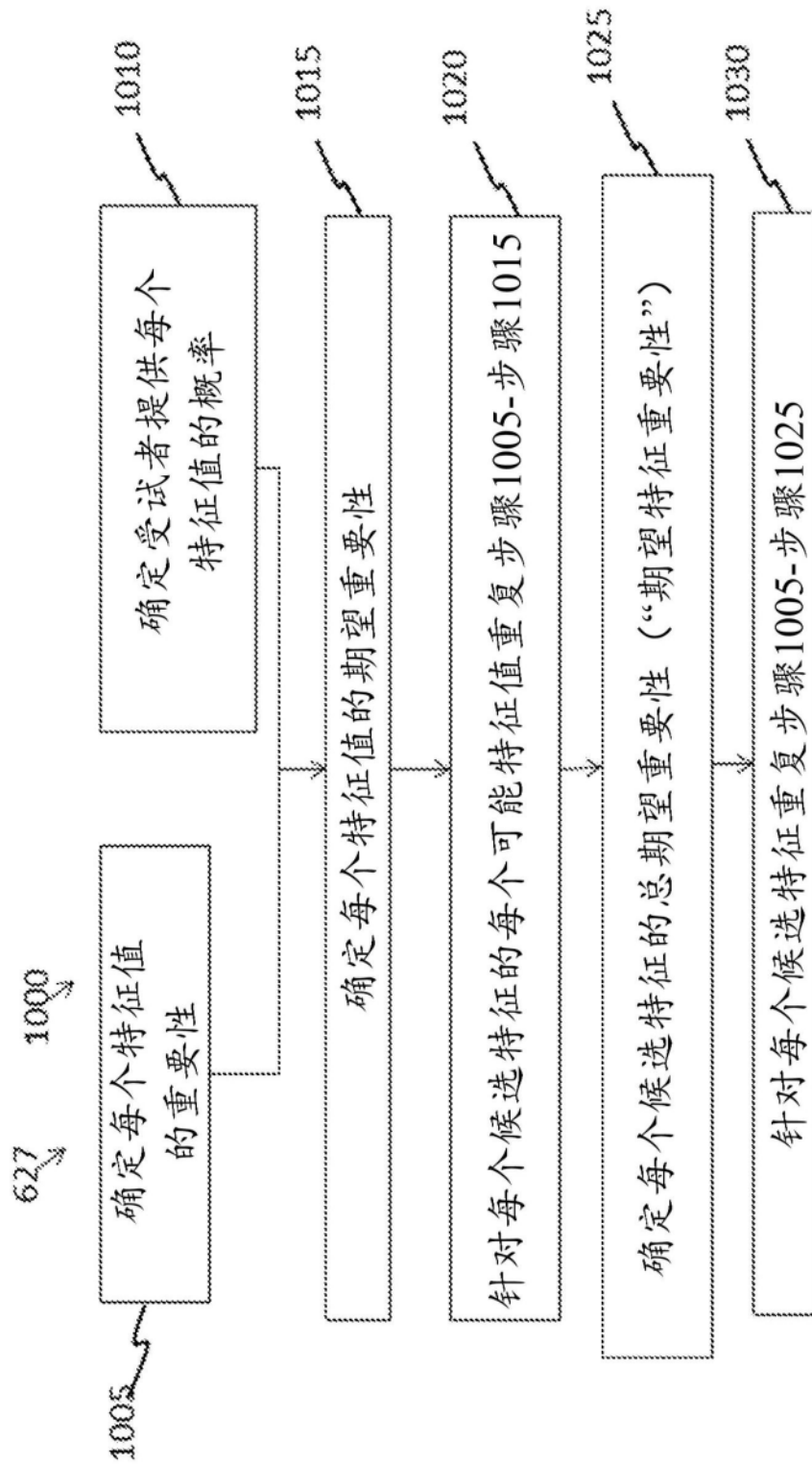


图10

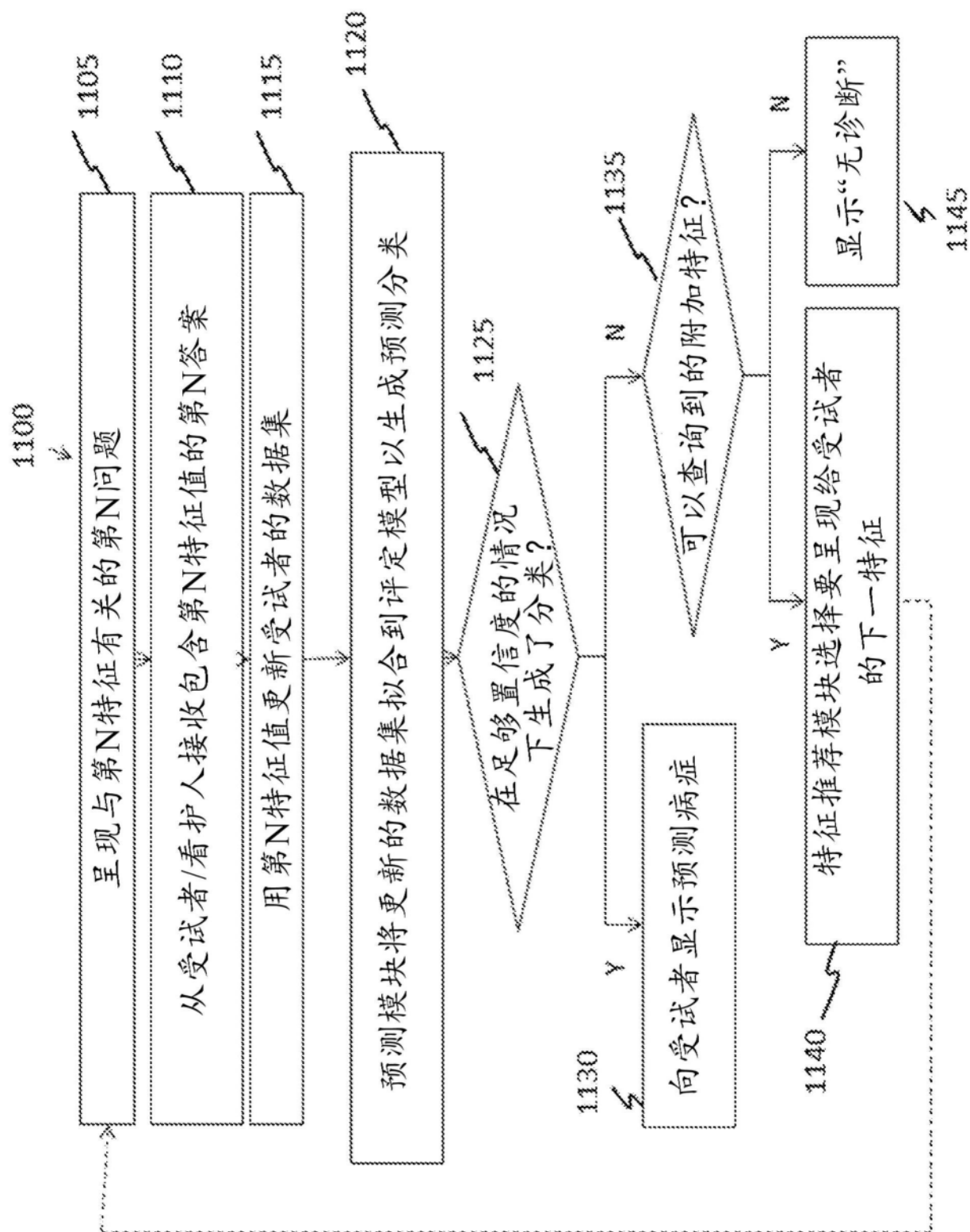


图11

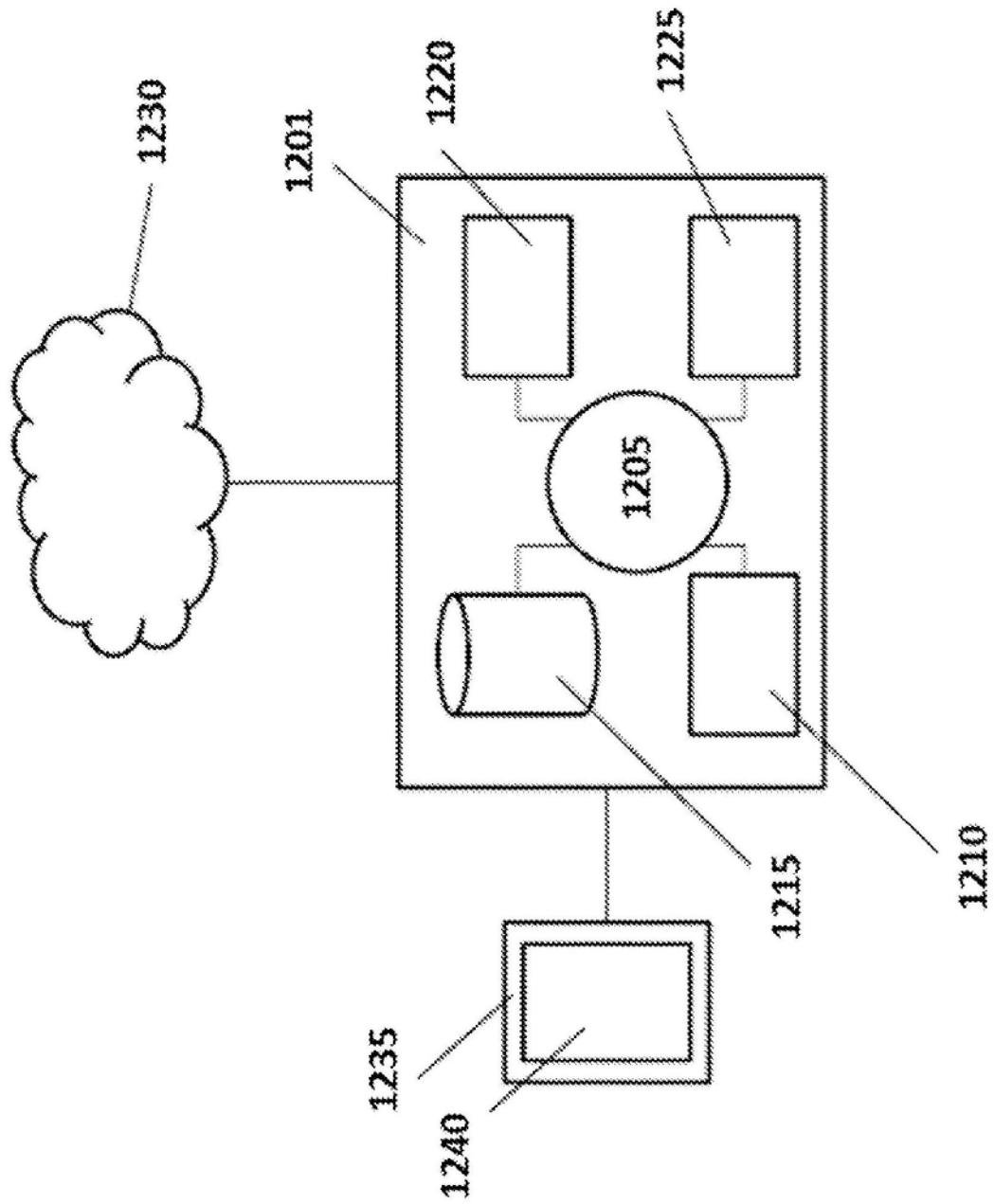


图12

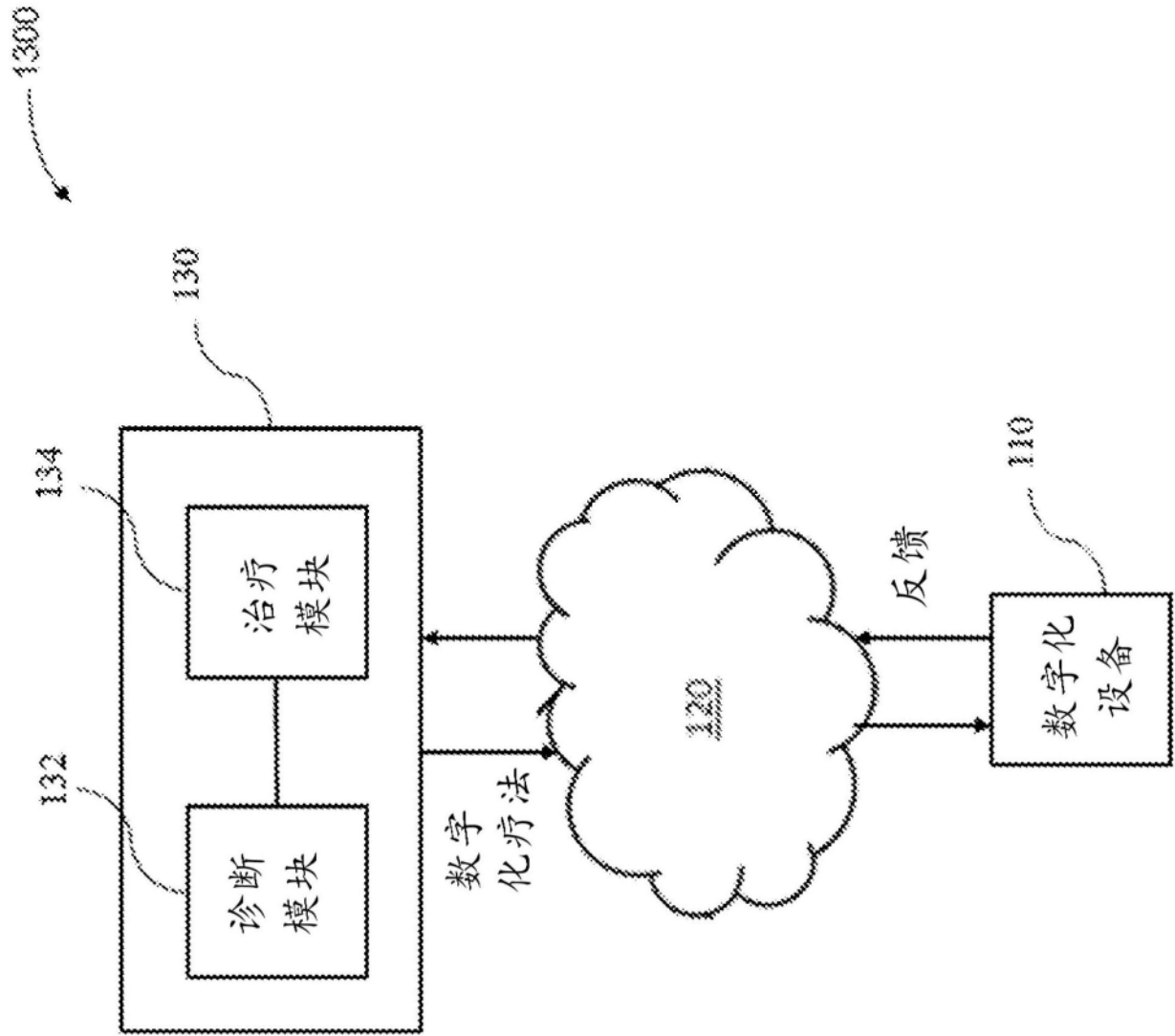


图13

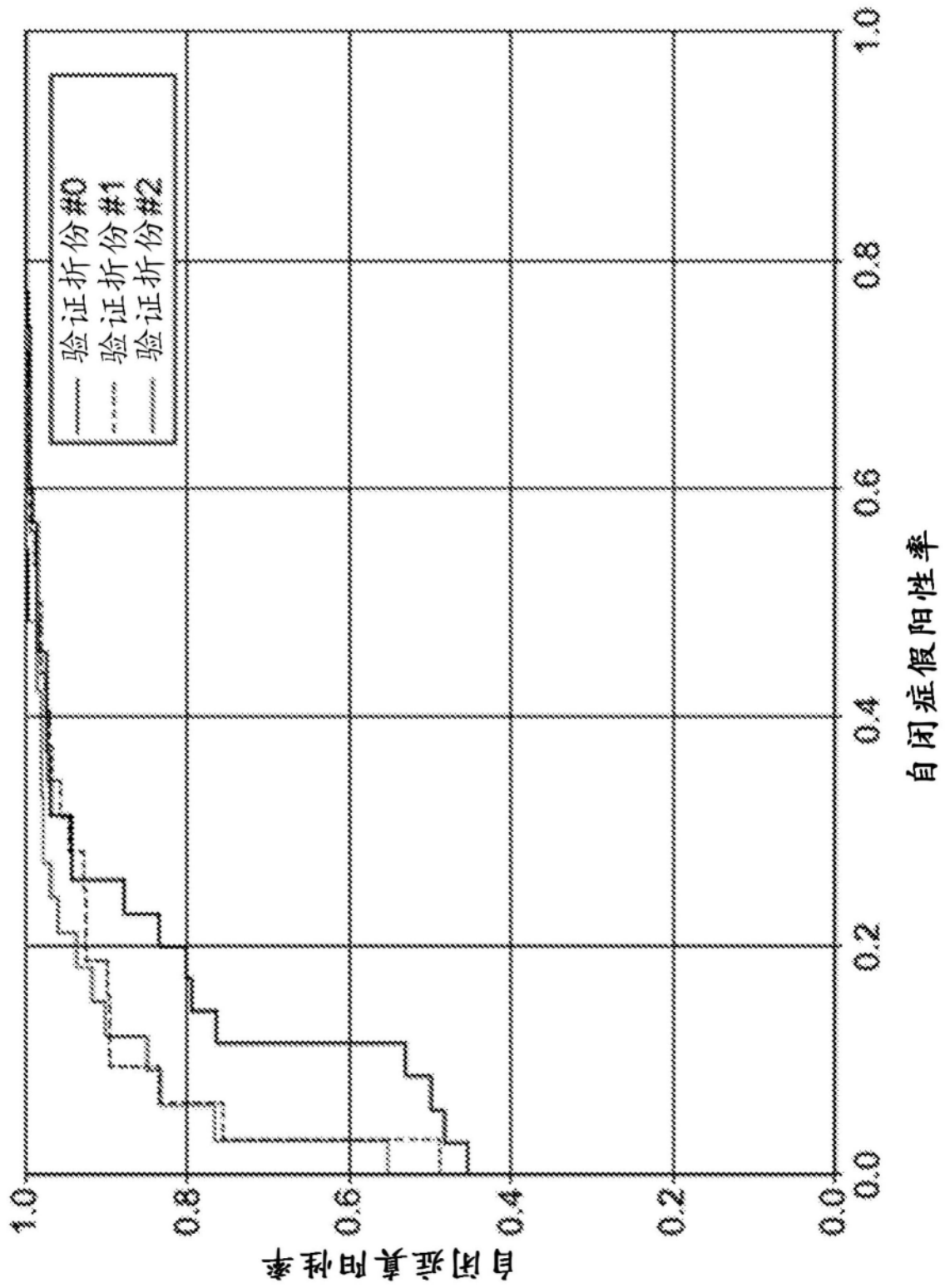


图14

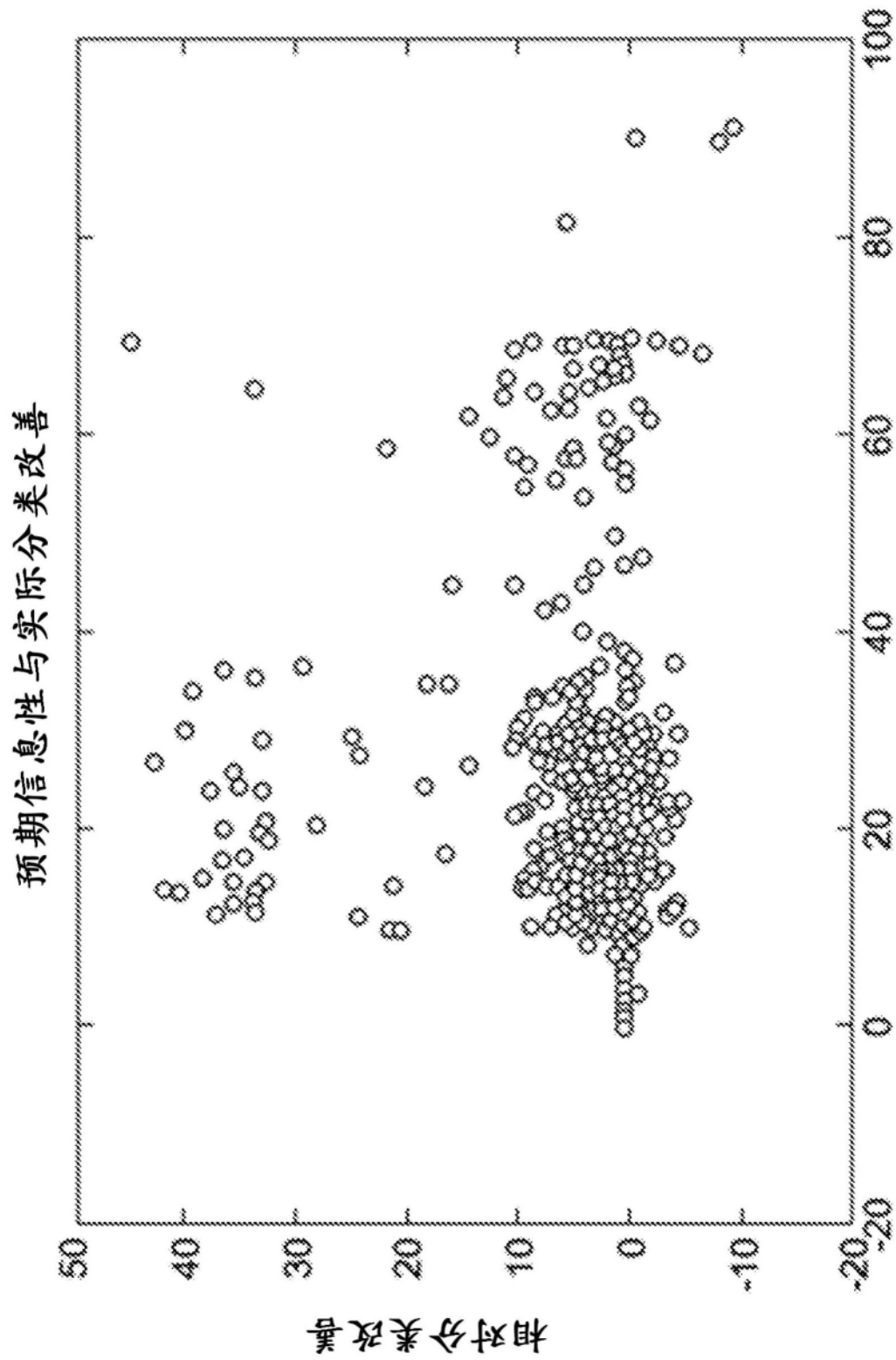


图15