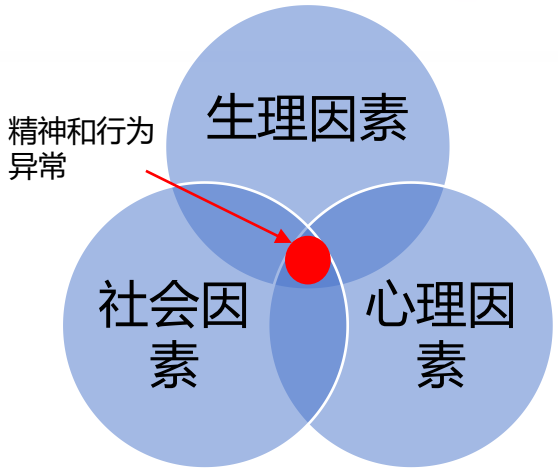
AI驱动的脑科学研究：数据共享、开放科学与数据安全的平衡

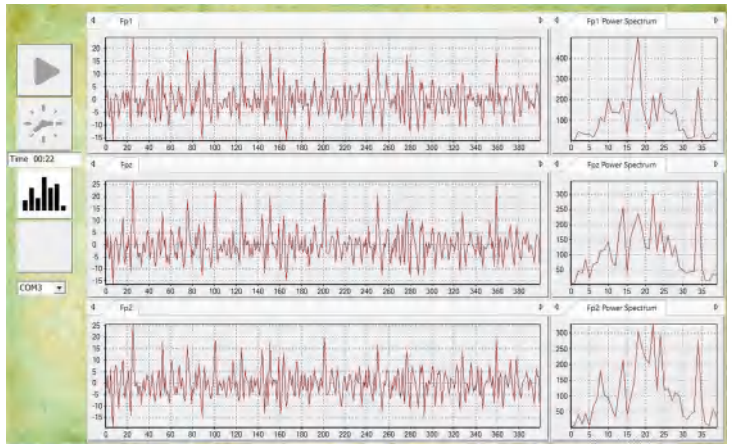
演讲人：王安宇　　单位名称：天桥脑科学研究院(TCCI)

01
AI驱动的脑科学研究

脑科学研究任重道远



WHO 报告 (2001)



精神健康：

精神疾病是一种改变一个人的**思想、情绪或行为**（或兼而有之）的健康状况。

抑郁症、精神分裂症、注意力缺陷多动障碍 (ADHD) 和自闭症谱系障碍 (ASD) 等多发。

全世界约有 **4.5 亿**人有精神健康问题。

诊疗难度：

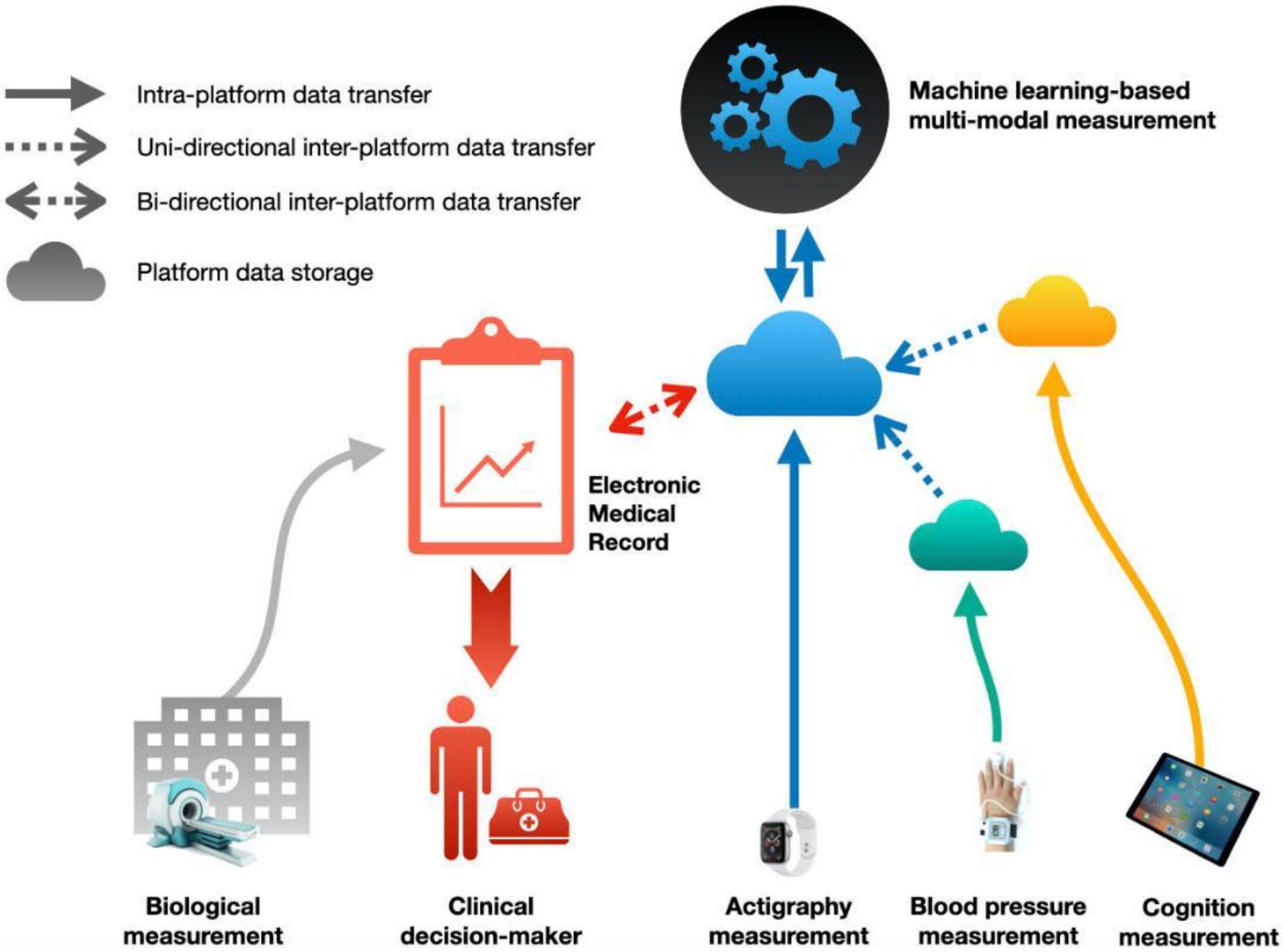
缺乏针对精神疾病的**生物标记**。无法依赖于医疗实验室测试和**指标判断**。精神疾病通常根据个人对特定问卷的自我报告进行诊断，这些问卷旨在检测特定的情绪模式或社交互动。

社会影响：

根据耶鲁大学经济学家阿列赫·茨温斯基的一项新研究，精神疾病每年给美国经济造成 **2820 亿美元**的损失。

美国卫生部(NIH)指出，2019 年，美国患有 MDD （重度抑郁症）的成年人数量估计为 **1980 万**，造成的增量社会经济负担估计为 **3337 亿美元**。

数+智，在健康医疗中的应用愈加广泛

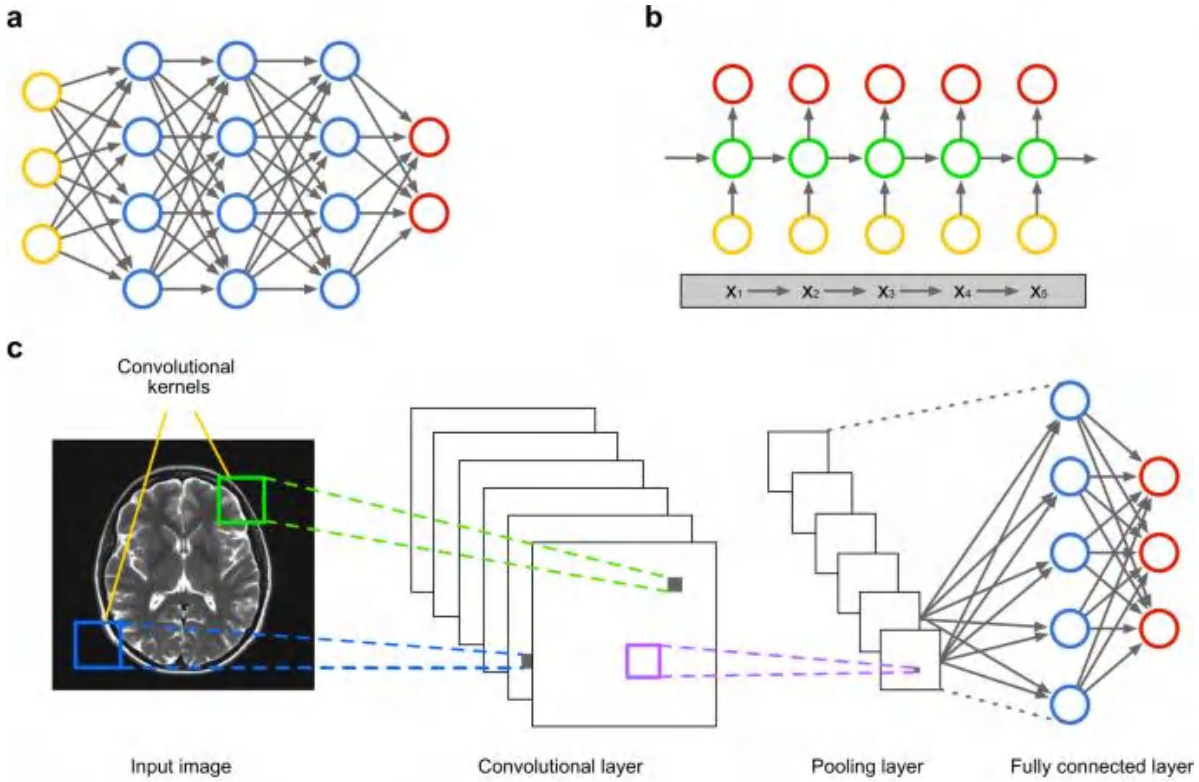


- 精准诊疗
- 疾病研究
- 数字医疗
- 数字健康

医疗领域人工智能的应用场景

ML 类型	概念	代表性方法	应用场景
监督学习	从标记数据中学习预测类别/临床指标	SVM、随机森林、稀疏学习、集成学习	疾病诊断、预后、治疗结果预测
无监督学习	从未标记的数据中学习以揭示结构并识别子组	层次聚类、K 均值、PCA、CCA	疾病亚型、规范建模、识别行为和神经生物学维度
半监督学习	从标记和未标记的数据中学习以执行监督或无监督的任务	多视角学习、拉普拉斯正则化、半监督聚类	多模态分析、联合疾病分型与诊断、不完整数据预测
深度学习	学习层次结构和特征的非线性映射以获得更高级别的表示，可以是监督的，也可以是无监督的	CNN、深度自动编码器、GCN、RNN、LSTM、GAN	一大类通用的学习问题
强化学习	解决时间信用分配问题、最优控制、反复试验学习	时间差分学习、Q 学习、演员-评论家模型、动态规划	在线控制、决策和选择行为建模

不同类型的“神经网络”



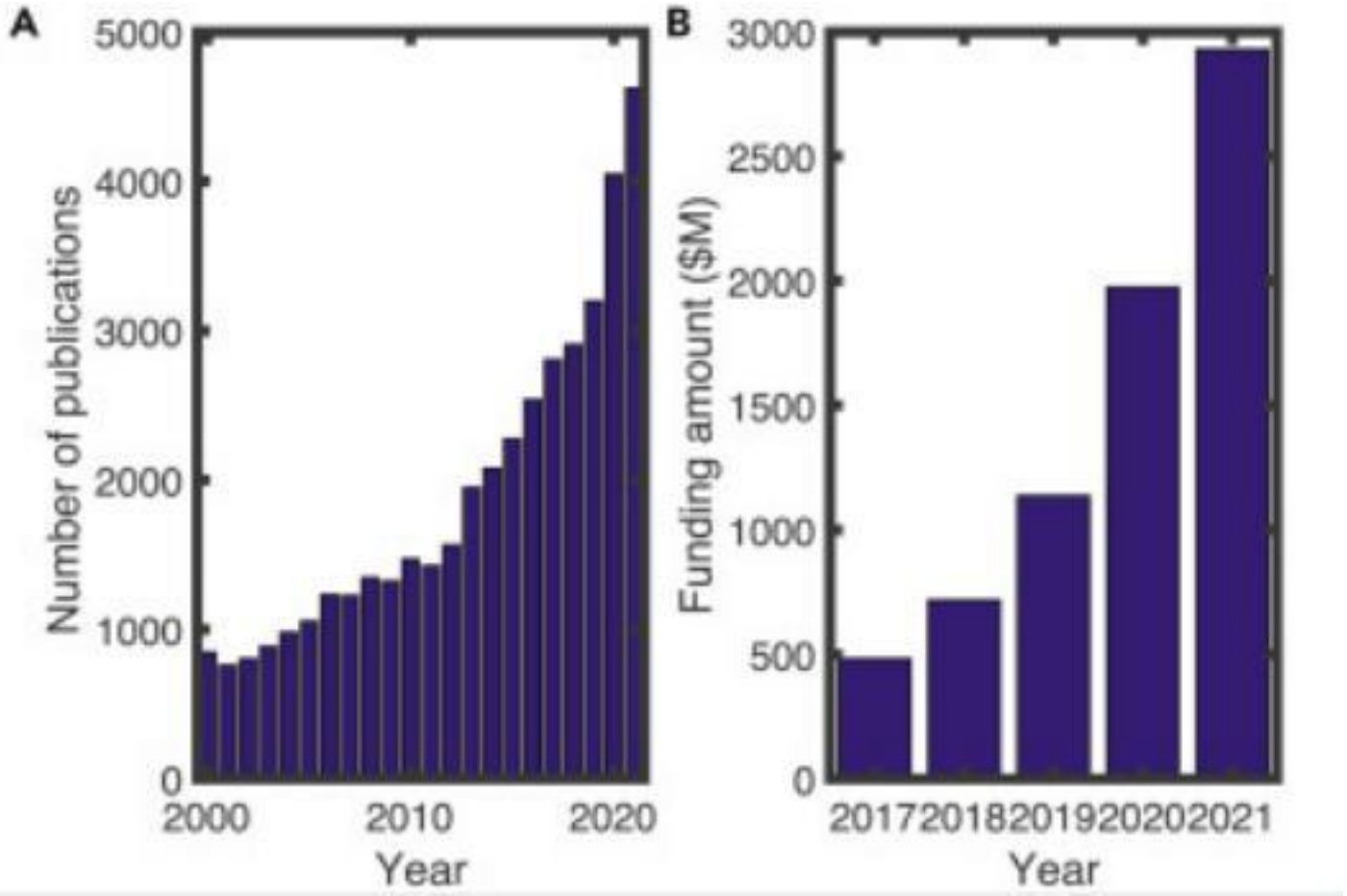
a 深度前馈神经网络 (DFNN)：DL 模型的基本设计。DFNN通常包含多个隐藏层。

b 循环神经网络 (RNN)：处理序列数据。对历史信息进行编码，每个循环神经元接收前一个神经元的输入元素和状态向量，并产生一个隐藏状态，馈送到后继神经元。

c 卷积神经网络 (CNN)：在输入层（例如，输入神经图像）和输出层之间， CNN通常包含三种类型的层：卷积层、池化层、全连接层。

d 自动编码器：由两个组件组成：编码器，它学习逐层将输入数据压缩为潜在表示；而解码器（与编码器相反）学习在输出层重建数据。

ML/AI 应用于精神病学的飞速发展



过去二十年，人们对将 ML/AI 应用于精神病学的兴趣稳步增长，这反映在 PubMed 出版物的数量上（图1 A）。

（B）美国市场心理健康科技资金增长（2017-2021 年；数据来源： https://www.cbinsights.com）。

AI 可应用于精神疾病诊疗的各个场景

风险评估	诊断	预后	治疗	[复发]
监测症状，提升对疾病的意识	临床上有效的疾病类型确定	疾病的可能进展分析与估计	针对控制疾病的迭代干预	症状的再现

抑郁症（MDD）示例

建立睡眠、活动的**基线模型**，并预测显著的**偏差**。	基于**DSM-5**，通过传感器**数据**、在线**行为**建模来预测抑郁症。	使用电子健康记录（**EHR**）和**语音数据**来建模疾病轨迹。	预测最有效的**疗法**和**药物**类型。	更新睡眠、活动的**基线模型**，并预测显著的**变化**。

02
脑科学数据集建设

国际脑计划：超大型研究项目

Human Brain Project

10 Years of BRAIN
A Decade of Innovation

Brain/MINDS Beyond

欧盟：

2013~2023，总投资10亿欧元。

显著的成就包括领先的数字大脑图谱、跨尺度的先进大脑模拟平台、认知模型和个性化医疗的应用，以及神经形态计算、神经启发机器人和人工智能方面的显著进步。

美国：

2013年发起，截止2022年，总投资24亿美元。

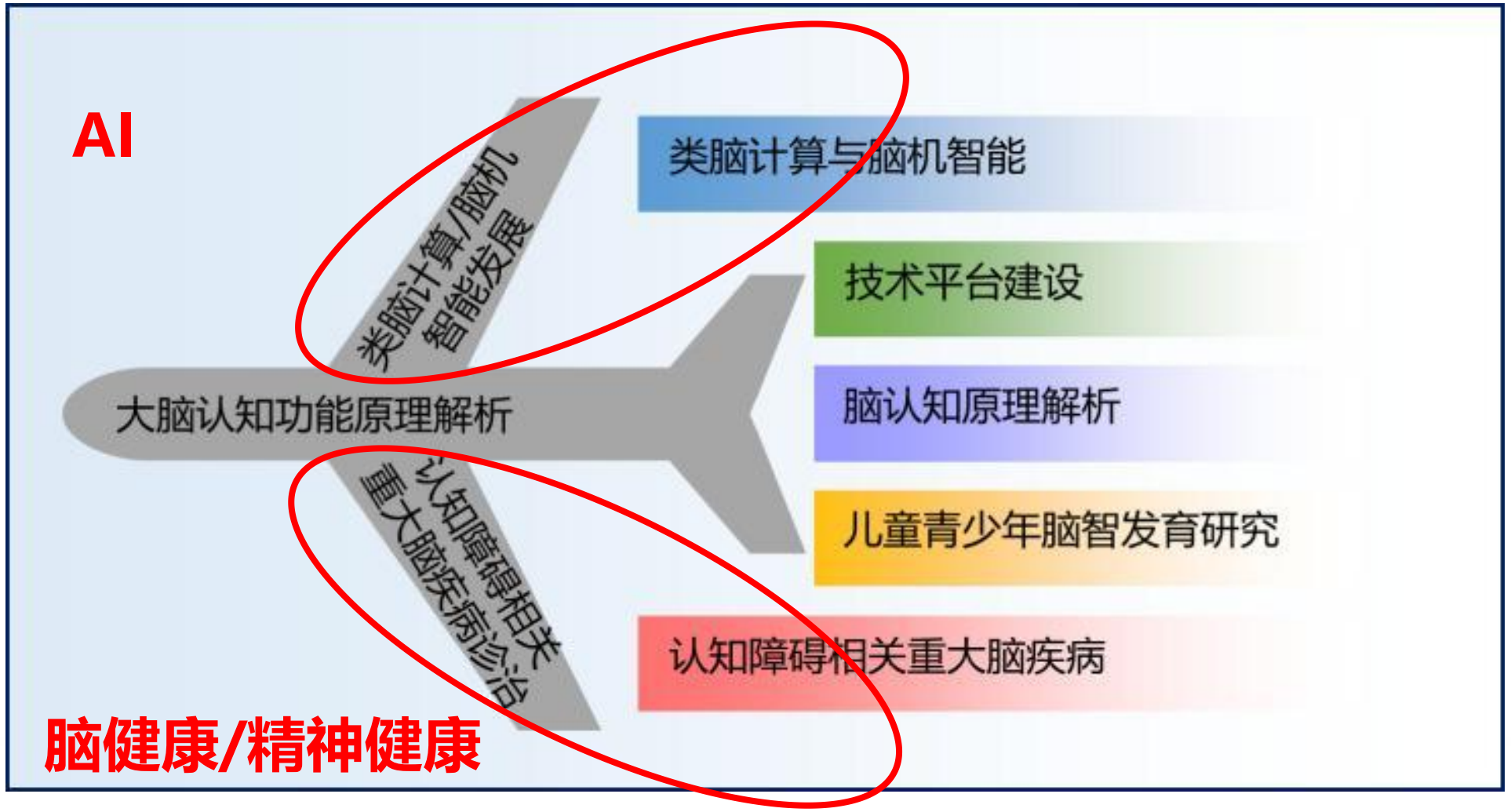
旨在解析860亿个神经细胞及其彼此间形成的数以万亿计的连接。已确定了小鼠、狨猴以及人类的主要运动皮质区的100多种细胞类型。

日本：

2018年启动。总投入3.65亿美元。

主要围绕5个方面开展工作：发现和干预初期的神经疾病、分析从健康状态到患病状态的大脑图像、开发基于AI 的脑科学技术、比较人类和灵长类动物的神经环路、划分脑结构功能区并开展同源性研究。

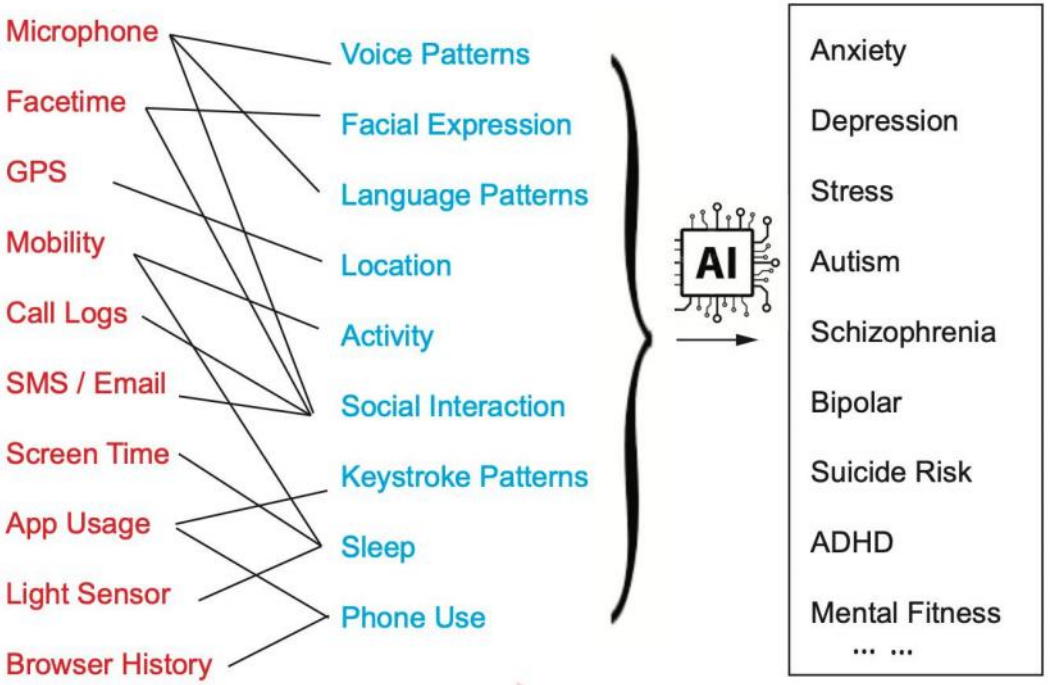
中国脑计划整体布局



2021年9月正式启动，国家拨款经费预算近32亿元。

中国脑计划以“**脑认知功能解析**”为核心，以“**理解脑、修复脑、模拟脑**”为目标，确定了“**一体两翼**”的发展战略。

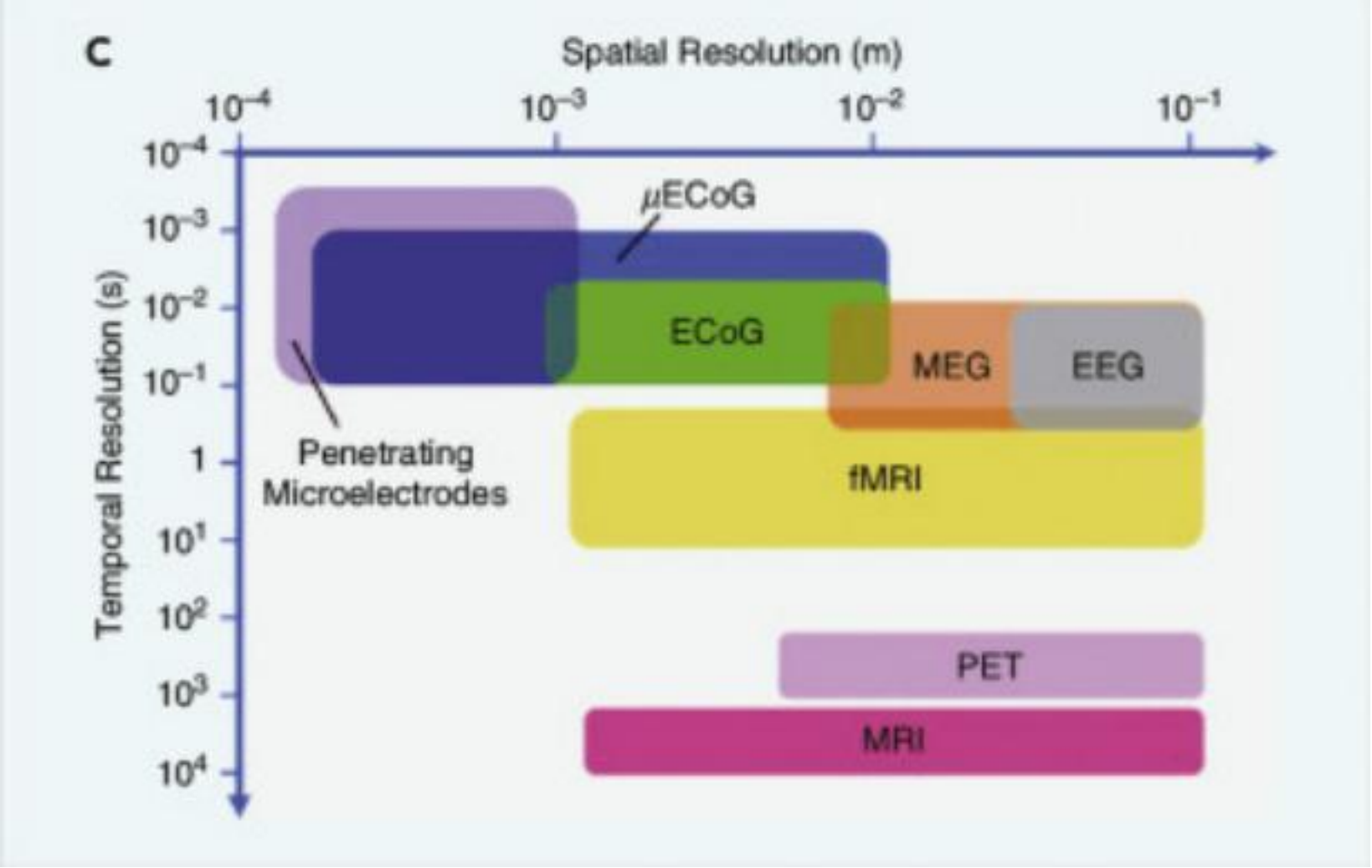
高质量数据集对实现精准医疗至关重要



被动监测	主动评估	个体自报告	生物测量
动作、睡眠、醒来	面部表情、语言、行为、认知	ePRO, 生态瞬时评估	神经成像，基因测序、EHR

多模态数据集的兴起：影像等生物学数据、可穿戴设备收集的生理数据、社交数据、行为数据。

不同的神经记录数据技术



- **电生理记录**（electrophysiological recording）：
  - 脑电图（**EEG**）
  - 皮层电图（**ECoG**）
- **光学成像：**
  - 双光子钙调蛋白成像
  - 电压敏感染料
- 功能性核磁共振成像（**fMRI**）
- 功能性近红外光谱（fNIRS）
- 脑磁图（**MEG**）
- 正电子发射型计算机断层显像（**PET**）
- 化学探针

各种神经记录技术，具备不同的**时间与空间分辨率。**

国际脑科学开放数据情况

Biobank

uk biobank

50万样本数据集（英国）

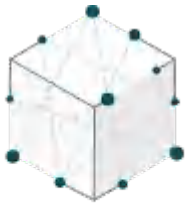
涵盖影像、基因、电子健康记录、生物标记、活动监测、问卷、生物样本。截止2023年12月，**9869**项论文已发表。

ENIGMA

5万被试者数据集（国际）

成立于2009年，是一个世界范围的联盟组织。汇聚了来自35个国家的研究者。以多模态脑影像数据为主。

OpenNeuro



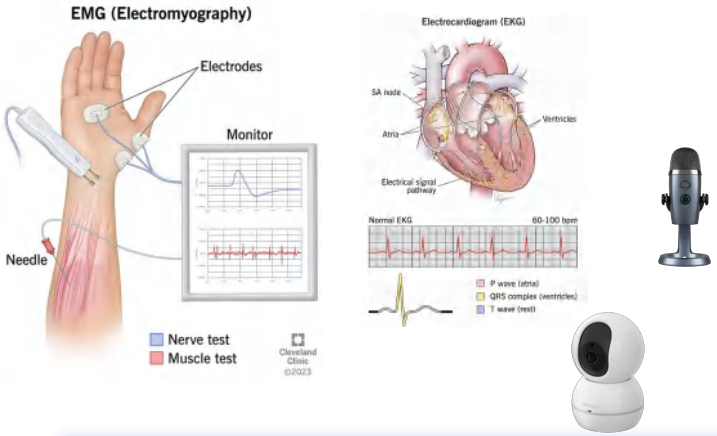
OpenNEURO

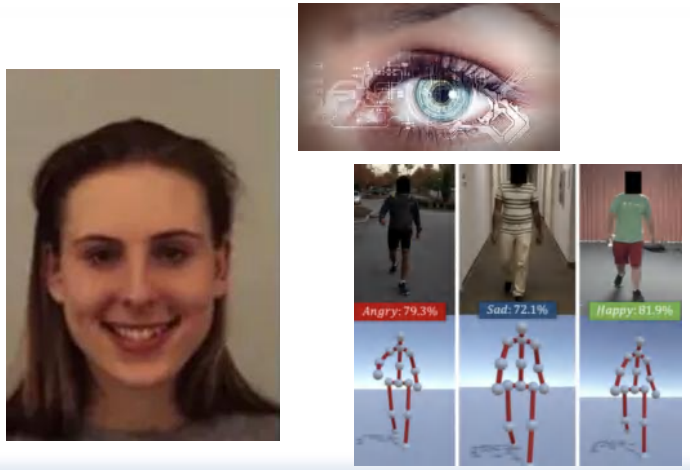
1210份公开数据集（美国为主）

由 OpenfMRI 项目演进。涵盖**50737**位参与者，BIDS兼容的 MRI, PET, MEG, EEG, iEEG 数据。

推动国际合作和数据开放 → **推动科学进步** → **有利于人类福祉**

国际专业领域数据集





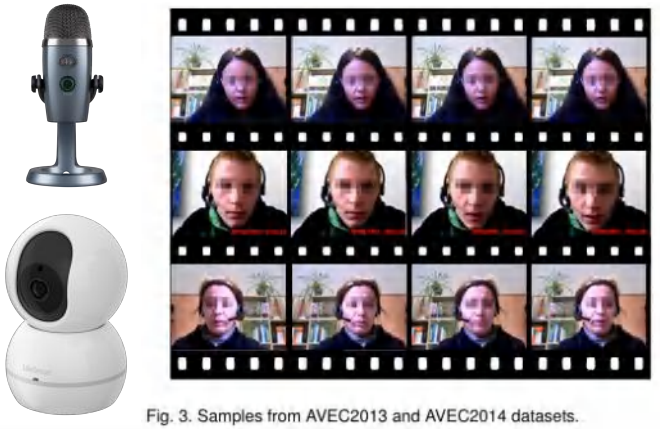


Fig. 3. Samples from AVEC2013 and AVEC2014 datasets.

多模态数据集：

生理指标（肌电图EMG、心电图ECG、皮肤电导率SC和呼吸变化RSP等），视频、音频等。

MIT-BIH, Aubt, SAVEE等公开数据集。

视频情感数据集：

面部视频、眼动数据、步态等行动姿态。

LIRIS-ACCEDE、DEAP、HUMAINE等公开数据集。

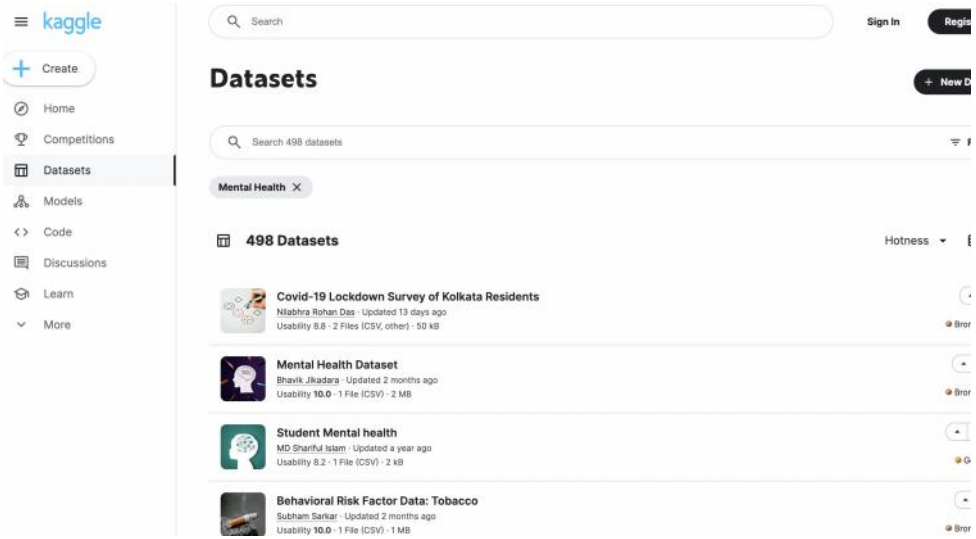
语音识别抑郁数据集：

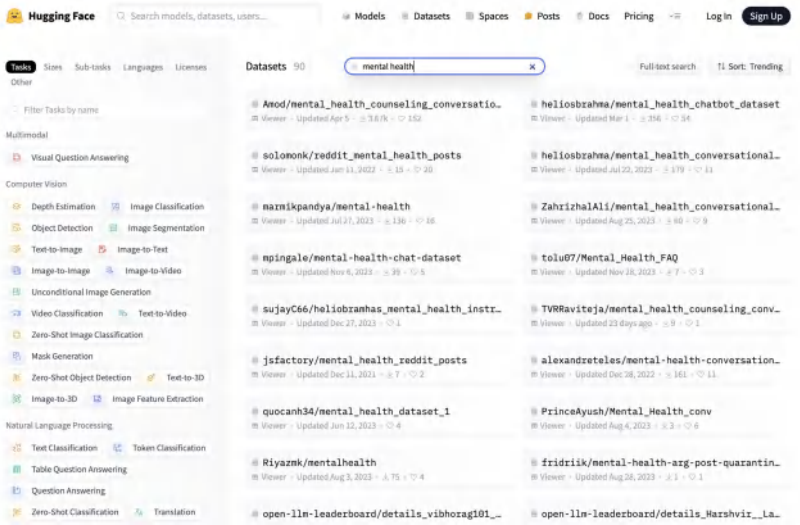
通过声音语调等信息进行抑郁与控制组的分类预测。

Mundt-35，AVEC-2013, AVEC-2014等公开数据集。

仍存在样本量小（几十到几百参与者），**使用频率不高、影响力不够大等不足。**

模型和数据集的开放，有利于科研合作

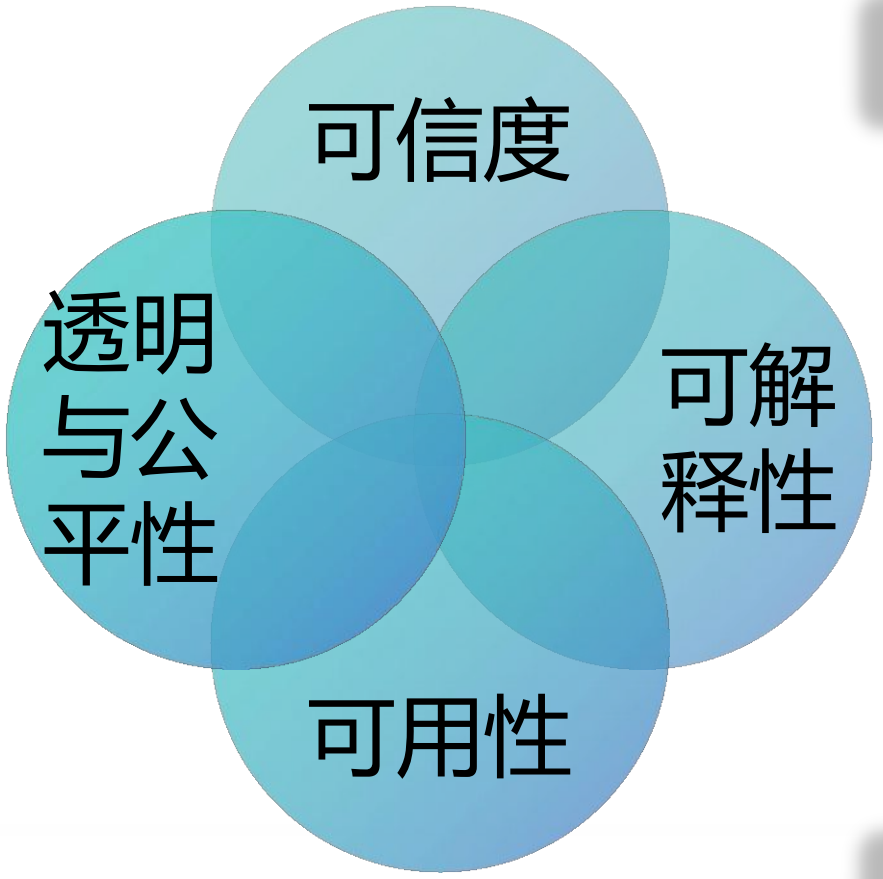




研究者共享数据、共享模型，通过比赛优化模型表现。

03
AI+脑科学的挑战与展望

医疗领域人工智能的挑战



《自然·NPJ 数字医学》2020-47。

可信度

评估 MI 得出的输出在不同输入和环境下的有效性和可靠性的能力。

可解释性

有权了解和理解数据集/输入的哪些方面可能会影响算法的输出（临床决策支持）。

透明度

以人类的视角理解和评估机器、算法或计算过程的内部机制的能力。

可用性

MI 系统在多种医疗环境中实现特定目标的有效性、效率和患者满意度的程度。

医疗领域人工智能的挑战：可信度

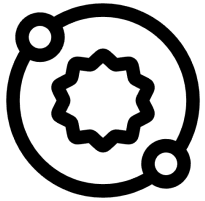
数据
- 数据集开放
- 数据集评分

系统
- 可复现性
- 稳健性

输出
- 第三方评估
- 系统输出可信

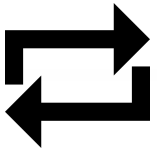
工作流
- 持续监控
- 反馈链路

对数据及其适合度/质量/相关性进行“**评分**”。第一步需要能够从**组成、出处、代表性和完整性**方面描述数据集。



MI 系统的技术和概念方面的**可重复性和稳健性**（例如，针对对抗性示例）。

附加系统（可以是人）必须评估 MI 系统**输出的可信度**。



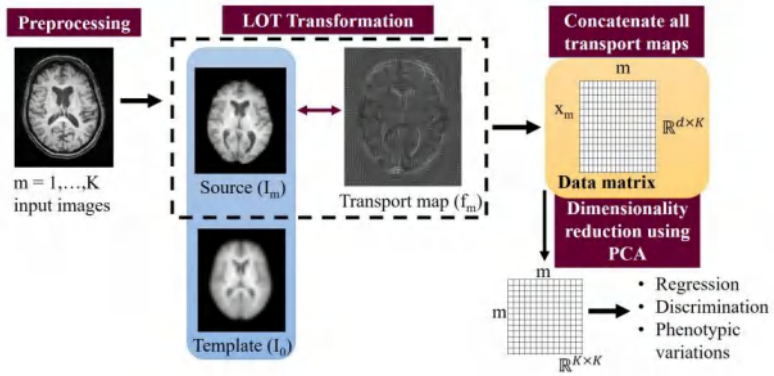
就像在其他行业一样，需要监控长期结果并建立结构化的**反馈链路**。

《自然·NPJ 数字医学》2020-47

医疗领域人工智能的挑战：可解释性

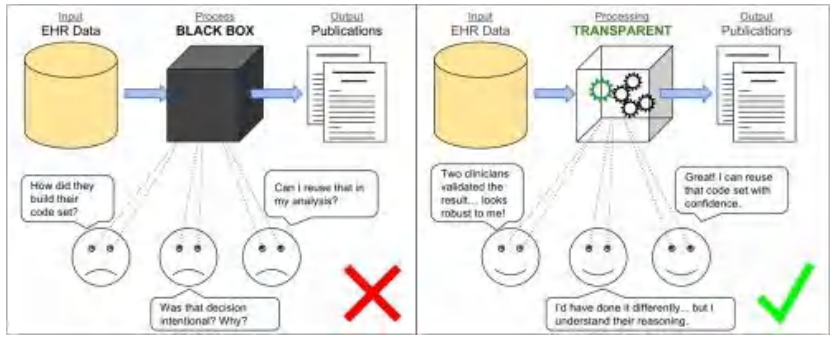
系统内部结构可解释

系统操作完整性



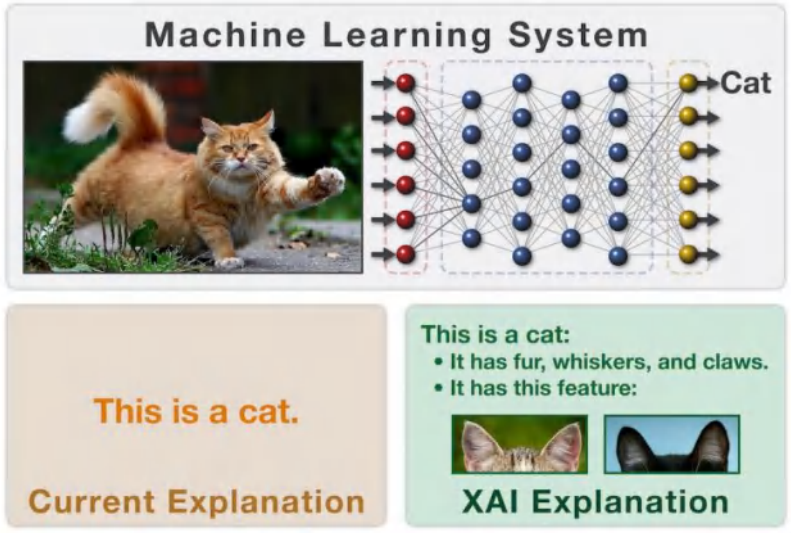
对数据处理的解释

示例包括生成图像变换、代理系统、遮挡可视化、显著图和类激活图。



提高输入的可见性

应用技术和最佳实践，表明系统如何确定输出。



解释接口

将输出定量打分并可视化。

Review

the beer was n't what i expected, and i'm not sure it's "true to style", but i thought it was delicious. **a very pleasant ruby red-amber color** with a relatively brilliant finish, but a limited amount of carbonation, from the look of it. aroma is what i think an amber ale should be - a nice blend of caramel and happiness bound together.

Ratings *Look:* 5 stars *Smell:* 4 stars

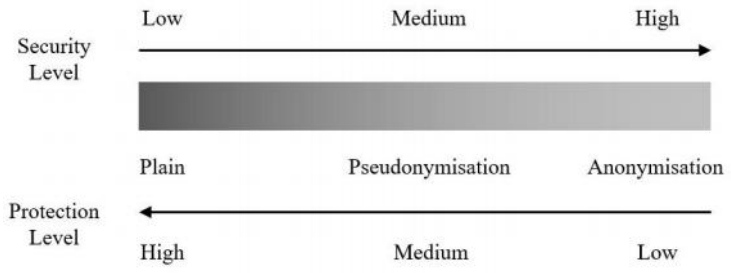
Figure 1: An example of a review with ranking in two categories. The rationale for Look prediction is shown in bold.

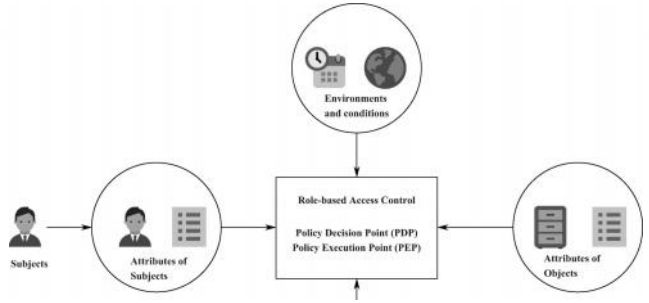
解释生成系统

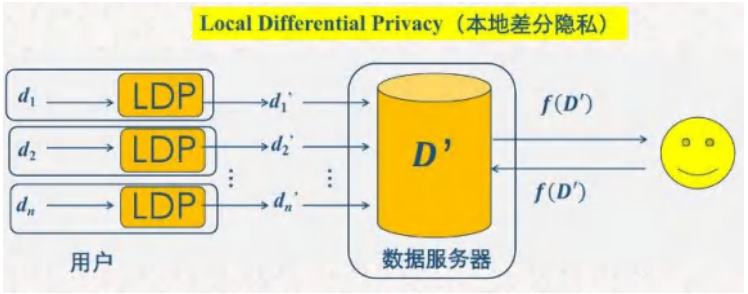
通过网络解剖、解缠表示或明确训练网络来创建解释生成系统以生成解释。

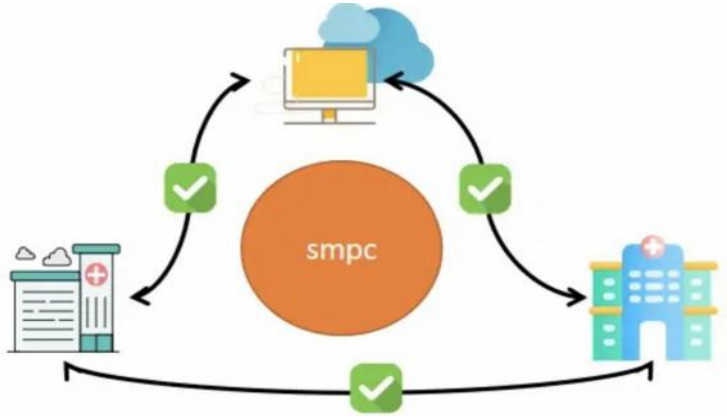
《自然·NPJ 数字医学》2020-47

数据共享、开放科学与数据安全的平衡









数据匿名化和差分隐私：

降低数据关联到个人的风险。

零信任和多方计算：

确保敏感数据的传输安全和使用安全。仅限于授权人员和授权实体使用。

透明度与伦理审查：

通过伦理委员会和透明度声明确保研究的正当性。

未来展望

开放科学的潮流

- ✓ 开放获取、开放数据、开放源代码、开放同行评审、开放实验
- ✓ 欧盟《开放科学政策》

跨境数据监管合作

- ✓ 脑科学数据共享
- ✓ 政策协调

增强公众信任

- ✓ 数据使用透明度
- ✓ 数据保护能力认同
- ✓ 数据使用效益认同

04
关于TCCI

全球最大的私人脑科学研究机构之一

天桥脑科学研究院（Tianqiao and Chrissy Chen Institute, TCCI）

由盛大网络创始人陈天桥、雒芊芊夫妇私人出资10亿美元组建

聚焦全球化、跨领域和青年科学家

研究院生态

AI驱动科学大奖

- 研究院与《科学》杂志共同发起“**AI驱动科学大奖**”，旨在推动AI技术在基础科研中的应用，以AI加速推动科学创新。

THANK YOU!