

信息与电子工程导论

Introduction to Information Science and Electronic Engineering

5.3 计算与智能

章献民 主编

浙江大学出版社

2023年9月

知识图谱

- 2.1 时域和频域
- 2.2 模拟和数字
- 2.3 编码和调制
- 2.4 电磁场与波

2 信号与数据

场与波

信 号

数 据

信 息

1 信息与信息技术概述

- 1.1 信息
- 1.2 信息科学技术概述
- 1.3 知识图谱

3 电子器件与电路

- 3.1 电路模型和基本定律
- 3.2 晶体管 and 集成电路
- 3.3 集成运算放大器

器
件

电
路

处
理
器

计
算
机

网
络

4 逻辑与数字系统

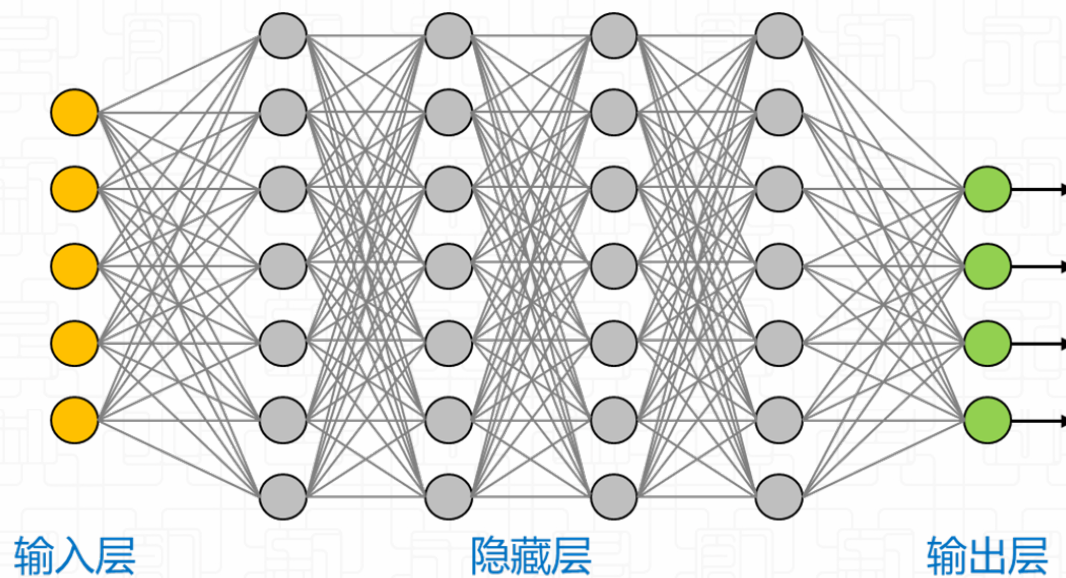
- 4.1 数字逻辑和电路
- 4.2 组合逻辑和时序逻辑
- 4.3 微处理器和计算机系统
- 4.4 嵌入式系统
- 4.5 EDA技术

5 互联与计算

- 5.1 通信与网络
- 5.2 物联与数联
- 5.3 计算与智能

内容提要

- ❖ 科学计算
- ❖ 人工智能
- ❖ 信息空间



计算思维

- ❖ 计算思维是一种**运用计算工具与方法求解问题的思维方式**，是信息时代的产物。它是人类三大科学思维方式之一，被认为是21世纪的基本技能之一。
- ❖ 1980年，麻省理工学院教授西摩·派珀特首次使用“**计算思维**”这一术语，指代学生通过计算机提升思维水平的模式。
- ❖ 2006年，卡内基·梅隆大学教授周以真首次将计算思维界定为一种普适性的态度与技能，即**运用计算机科学的基础概念和理论进行问题求解、系统设计以及人类行为理解等一系列思维活动**，用以回答计算机科学与人的关系。
- ❖ 计算思维的特点是**抽象、自动化、分析和创造**，可以帮助我们复杂的问题简化为可计算的问题，并利用计算机的强大运算能力来求解。

科学计算

- ❖ 1947 年，冯·诺依曼和赫尔曼·戈尔茨坦发表了题为《高阶矩阵的数值求逆》的著名论文，开启了现代计算数学的研究。
- ❖ 计算数学研究**可在计算机上运行的数值算法的构造及其数学理论**，包括算法的收敛性、精确性、稳定性和计算复杂性等。
- ❖ 科学计算依托先进的计算能力，探索 and 解决复杂的科学与工程问题，它**集建模、算法、软件研制和计算模拟于一体**，是计算机技术在高科技领域发挥作用的关键和工具。
- ❖ 高性能计算机进入了**千万亿次时代**。目前，基于通用 CPU 和 GPU 异构的10亿亿次计算机已有百万个处理器核心，这对并行算法和应用程序提出了新的要求和挑战。

科学计算

- ❖ 1947 年，冯·诺依曼和赫尔曼·戈尔茨坦发表了题为《高阶矩阵的数值求逆》的著名论文，开启了现代计算数学的研究。
- ❖ 计算数学研究**可在计算机上运行的数值算法的构造及其数学理论**，包括算法的收敛性、精确性、稳定性和计算复杂性等。
- ❖ 科学计算依托先进的计算能力，探索 and 解决复杂的科学与工程问题，它**集建模、算法、软件研制和计算模拟于一体**，是计算机技术在高科技领域发挥作用的关键和工具。
- ❖ 高性能计算机进入了**千万亿次时代**。目前，基于通用 CPU 和 GPU 异构的10亿亿次计算机已有百万个处理器核心，这对并行算法和应用程序提出了新的要求和挑战。

科学计算的过程

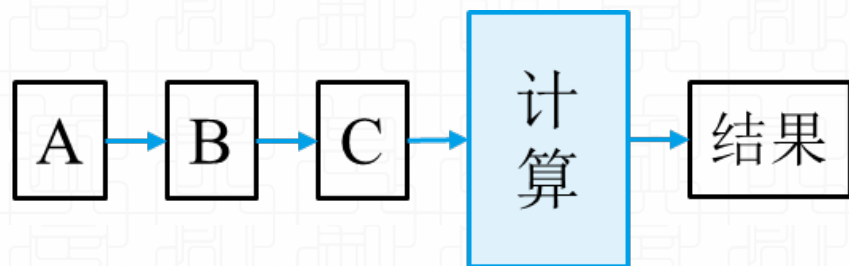
- ❖ 科学计算的核心在于**开发模型和模拟方法用于理解自然系统**，包括建立数学物理模型、研究计算方法、设计并行算法、研制应用程序、开展模拟计算和分析计算结果等过程。
- ❖ 概括起来，科学计算的计算过程可分为三个阶段，即**数学建模、算法设计和计算机实现**。
 - 数学建模是对实际问题的抽象和简化，**转化为计算问题**，这是科学计算的首要任务。自然科学规律通常用各种类型的数学方程式表达。
 - 计算方法是把数学方程或公式转化为可计算的步骤或公式，是科学计算的核心。研究用计算机求解各种数学问题的快速、有效的数值解法，让计算机的力量最大化地发挥出来。计算方法的三要素是：**收敛、稳定、高效**。
 - 计算机实现是指将计算方法用编程语言转化为**可执行的程序**，运行在计算机上，得到数值结果和可视化效果。如编程语言、数据结构、编程风格、调试技巧、性能分析、并行和分布式计算等。

社会计算

- ❖ 1994 年，美国莱斯大学道格拉斯·舒勒第一次提出了“社会计算”的概念。
- ❖ 社会计算是指支持收集、表示、处理、使用和传播在团队、社区、组织和市场等**社会集群中分布的信息系统**。
- ❖ 社会计算将人工社会和计算方法**系统地应用于社会经济问题的研究**，特别是社会经济系统的**量化动态建模和分析**。
- ❖ 随着社会计算理论和方法的深入研究，**计算社会科学**应运而生。由于社会计算所涉及的分支领域比较多，包括人口学、社会学、政治学、法学、经济学等不同领域，这些领域也相继涌现出比如计算人口学、计算社会学、计算政治学、计算法学、计算经济学等分支。

高性能计算 (High Performance Computing, HPC)

- ❖ 高性能计算是指运用有效的算法，快速完成科学研究、工程设计、金融、工业以及社会管理等领域内具有**数据密集型、计算密集型和I/O密集型的**计算。
- ❖ 高性能计算机能够通过聚合结构，使用多台计算机和存储设备，以极高速度处理大量数据，**提供比传统计算机和服务器更强大的计算性能**，帮助探索科学、工程及商业领域中的一些重大难题。



串行计算



并行计算

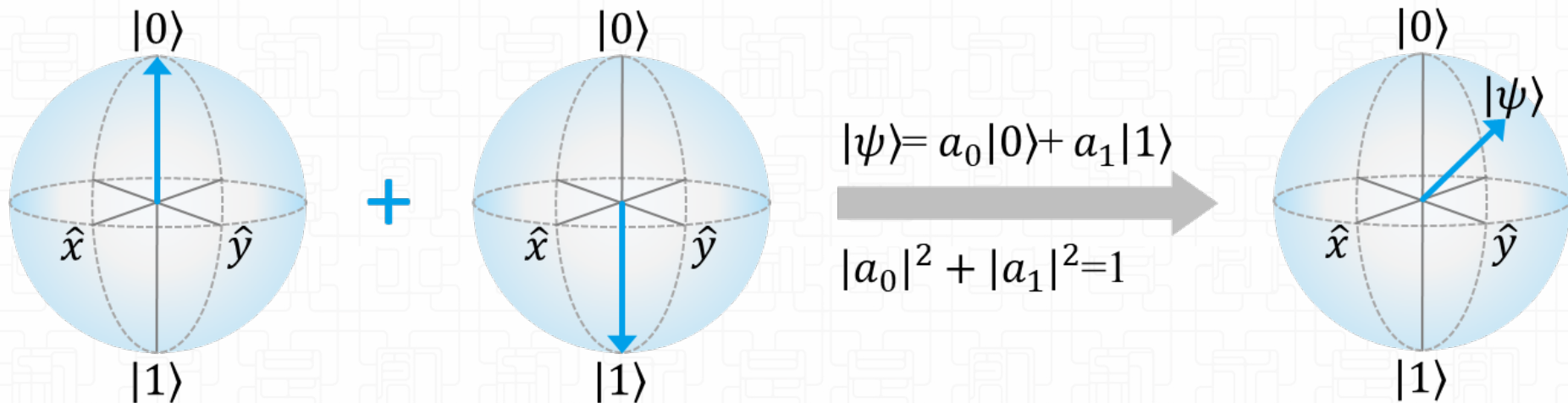
超级计算机

- ❖ 超级计算机代表着高性能计算系统最尖端的水平，单个超级计算集群可能包含数万个处理器。
- ❖ 突破超级计算的极限需要不同的系统架构。大多数高性能计算系统通过超高带宽将多个处理器和内存模块互连并聚合，从而实现并行处理。
- ❖ 一些高性能计算系统将 CPU 和 GPU 结合在一起，被称为异构计算。
- ❖ 计算机计算能力的度量单位被称为FLOPS (每秒浮点运算次数)。
- ❖ 2023年5月22日，全球超级计算机评比组织TOP500发布了第61期超算榜单
 - 美国橡树岭国家实验室的 Frontier 系统是唯一一台真正的E级超算，其HPL性能达到1.194 EFLOPS。
 - 中国在榜最高的计算机为神威·太湖之光，以 93 PFLOPS 位列第七。



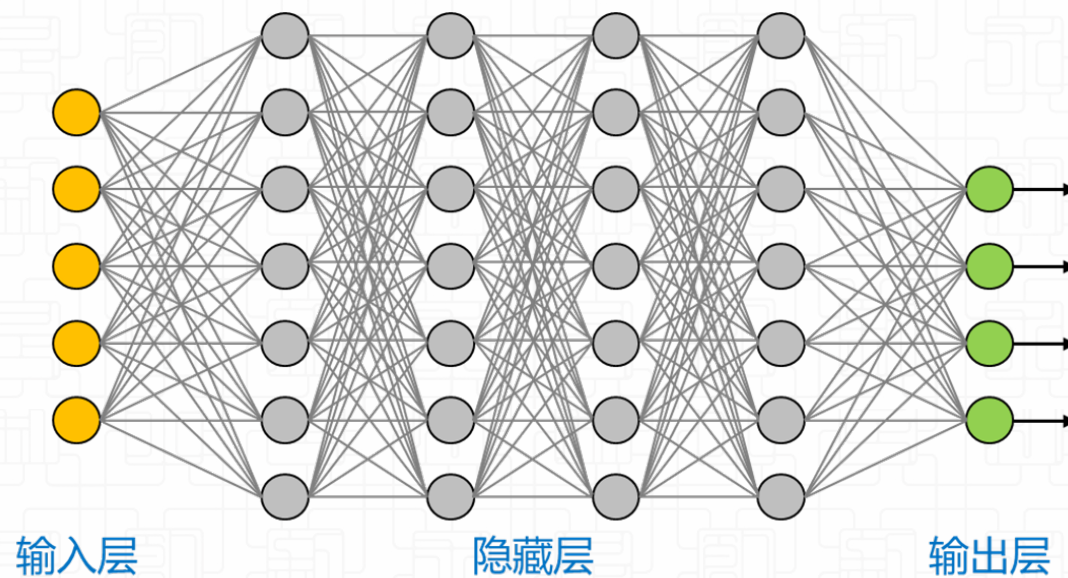
量子计算机

- ❖ 使用**量子比特 (qubit)** 作为信息的基本单位，而不是经典计算机的**二进制比特 (bit)**。
- ❖ 量子比特可以同时存在于0和1两种状态的叠加，这就是**量子叠加**。
- ❖ 量子比特之间还可以产生一种神奇的联系，使得它们的状态不可分割地相互影响，即使它们相隔很远，这就是**量子纠缠**。



内容提要

- ❖ 科学计算
- ❖ 人工智能
- ❖ 信息空间



从“万物互联”走向“万物智能”

❖ 智能=智慧+能力

- 一般把从感觉到记忆到思维这一过程，称为“智慧”，其结果是行为和语言；
- 将行为和语言的表达过程称为“能力”；
- 从感觉到行为的整个过程就称作“智能”过程。

❖ 从“万物互联”走向“万物智能”时代，将改造我们熟悉的一切事物。

- 万物互联阶段：**感知和连接**。实现信息流在云、端、用户之间的呈现、传递、交互和展示。
- 万物智能阶段：**学习和决策**。机器在人工智能和智能交互技术的帮助下，将变得更加聪明，而且具有学习和决策能力。

人工智能是万物智能的核心

- ❖ 人类的智能使得人类能够主动理解、分析、解决问题，具备归纳推理能力和演绎推理能力，还能够自适应环境而生存发展。
- ❖ 人工智能则是通过研究和开发机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等，企图模拟、延伸和扩展这种人类的智能，赋予硬件学习能力，使其能够进行自主决策。
- ❖ 如果把智能硬件比作人的感官，那么人工智能就是人的大脑，是对上传到云端的数据进行一系列分析并产生决策的核心组织。
- ❖ 人工智能的本质是研究如何制造出人造的智能机器或系统，来模拟人类智能活动的能力，以延伸人们智能的科学。

人工智能的诞生

- ❖ 一般认为起源于美国1956年的一次夏季讨论会（**达特茅斯会议**）
- ❖ 四位发起人，提出了“人工智能”
 - **John McCarthy** (达特茅斯学院数学助理教授，1971年图灵奖获得者)、
 - **Marvin Lee Minsky** (哈佛大学数学与神经学初级研究员，1969年图灵奖得主)、
 - **Claude Elwood Shannon** (贝尔实验室数学家，信息论之父)
 - **Nathaniel Rochester** (IBM信息研究经理，IBM第一代通用计算机701主设计师)
- ❖ 让机器能像人那样认知、思考和学习，即用计算机模拟人的智能

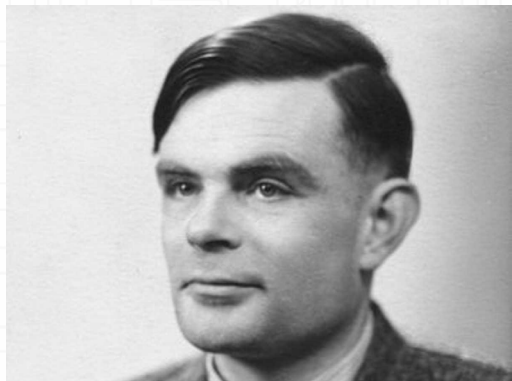


达特茅斯会议合影

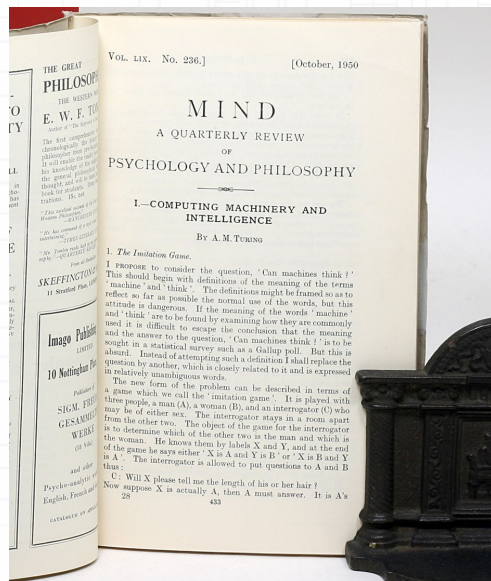


2006年，会议五十年后，当事人重聚达特茅斯。左起：摩尔，麦卡锡，明斯基，赛弗里奇，所罗门诺夫

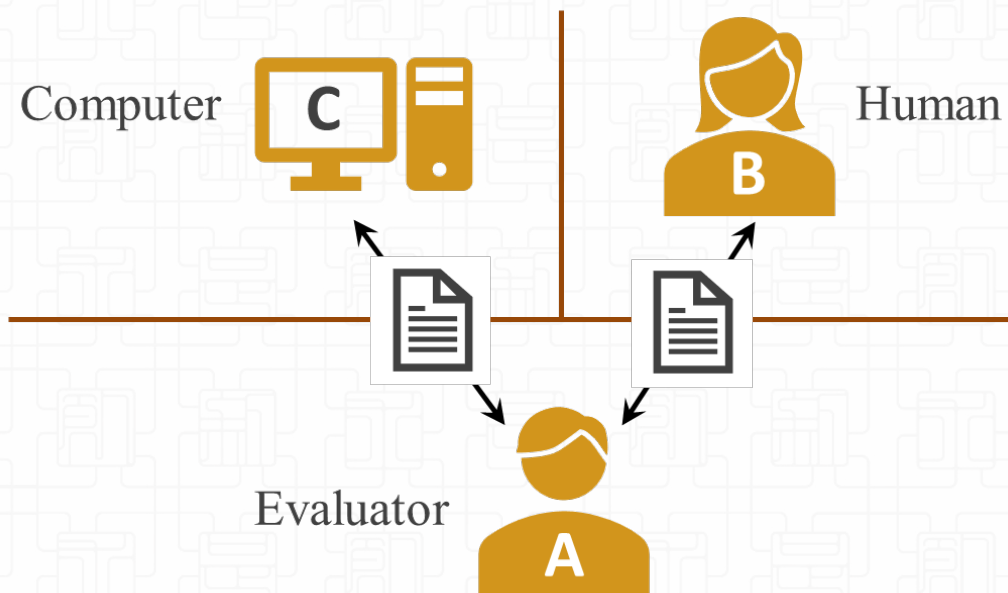
图灵测试 (Turing Test)



Alan Mathison Turing
Jun 23, 1912—Jun 7, 1954



如何知道一个系统是否具有智能?



- ❖ 1950年，计算机科学之父阿兰·图灵在《思想》(Mind)杂志上发表一篇题为“计算的机器和智能”的文章。提出了一种验证机器是否具有智能的方法，让人和机器进行交流。
- ❖ 图灵实验的本质就是让人在不看外型的情况下不能区别是机器的行为还是人的行为时，这个机器就是智慧的。

三次重要的发展浪潮

❖ AI思潮赋予机器逻辑推理能力

- 20世纪60年代，开启了人工智能的第一次发展浪潮。重点是提高机器的**逻辑推理能力**，在逻辑推理、自然语言处理和人机对话等领域，取得了一些突破性的成果。

❖ 专家系统使得人工智能实用化

- 20世纪80年代起，特定领域的**专家系统**被广泛的采纳。专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统，它根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验，进行推理和判断，模拟人类专家做决策。

❖ 深度学习助力感知智能步入成熟

- 2006年**深度学习算法**的出现，2012年AlexNet在ImageNet图像识别竞赛中的突破性表现，都引领了新一轮的人工智能热潮。2022年末ChatGPT成功面世，人工智能不断成为全球热点。

❖ 从“用计算机模拟人类的智能”拓展为“机器+人”、“机器+人+网络”、“机器+人+网络+物”

智能计算方法

❖ 逻辑推理

- 一种从已知的判断推出新判断的思维模拟方式，有归纳、演绎和因果等主流方法。

❖ 探寻搜索

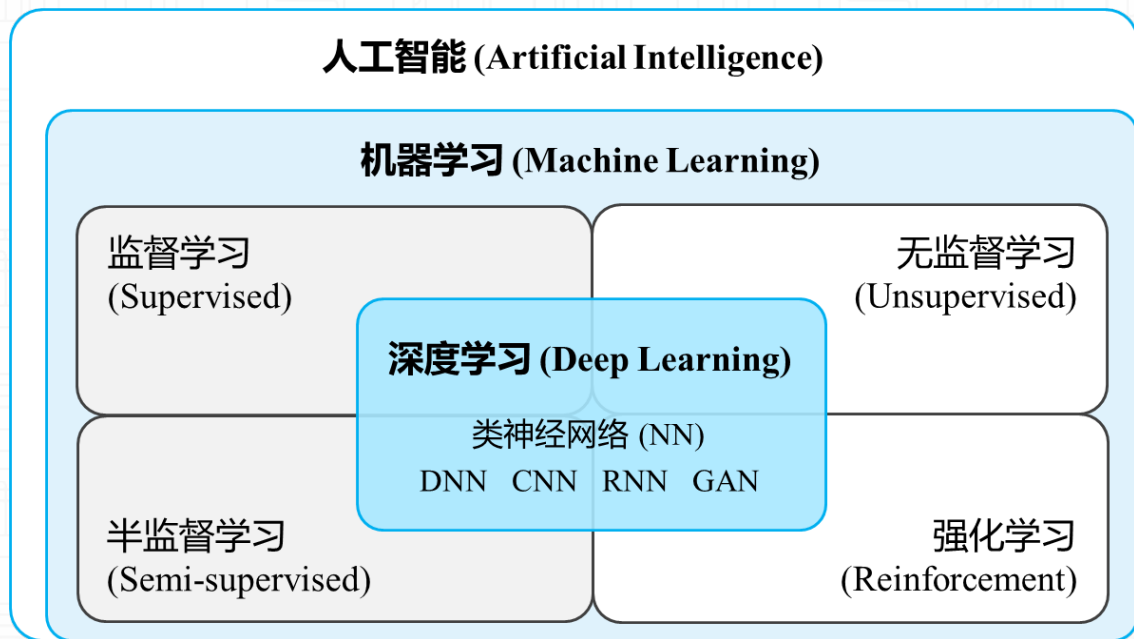
- 根据已有信息在搜索空间中寻找满足条件的答案，有无信息搜索、有信息搜索和对抗搜索等。

❖ 决策智能

- 博弈论与人工智能的结合。博弈论是研究多个竞争者如何做出最优对抗策略的经济学分支。

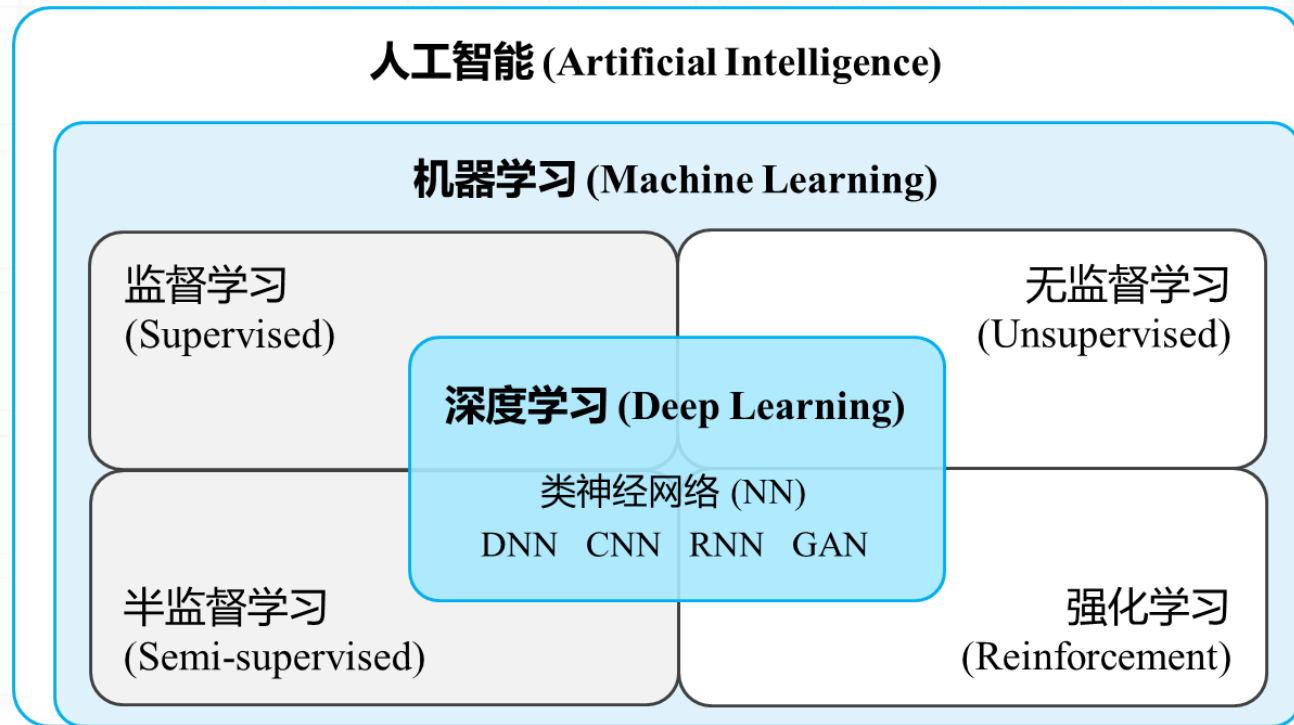
❖ 机器学习

- 监督学习、无监督学习、半监督学习、强化学习
- 深度学习 (实现机器学习的一种技术)



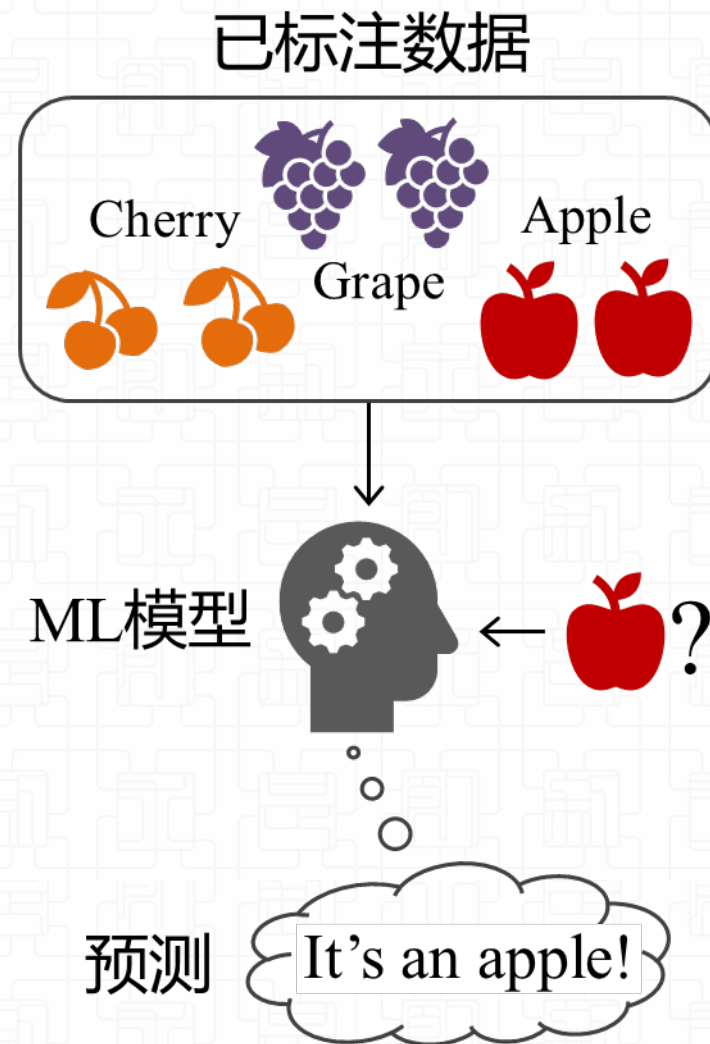
机器学习 (Machine Learning)

- ❖ 机器学习是人工智能的分支，专门研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能，使之不断改善自身的性能。
- ❖ 机器学习是一种实现人工智能的方法，深度学习是一种实现机器学习的技术。



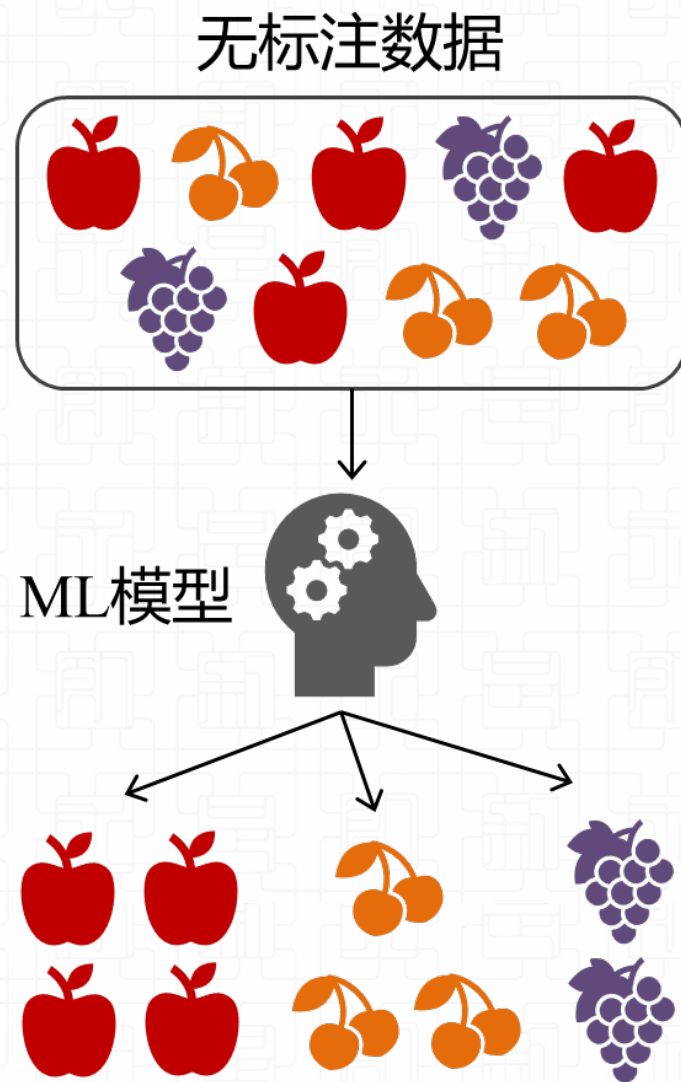
监督学习

- ❖ 监督学习是利用已经标注了类别或其他信息的数据来训练一个映射函数或概率模型，然后用这个函数或模型来对新的数据进行推断。
- ❖ 监督学习的典型应用有图像识别、文本分类、语音识别等。



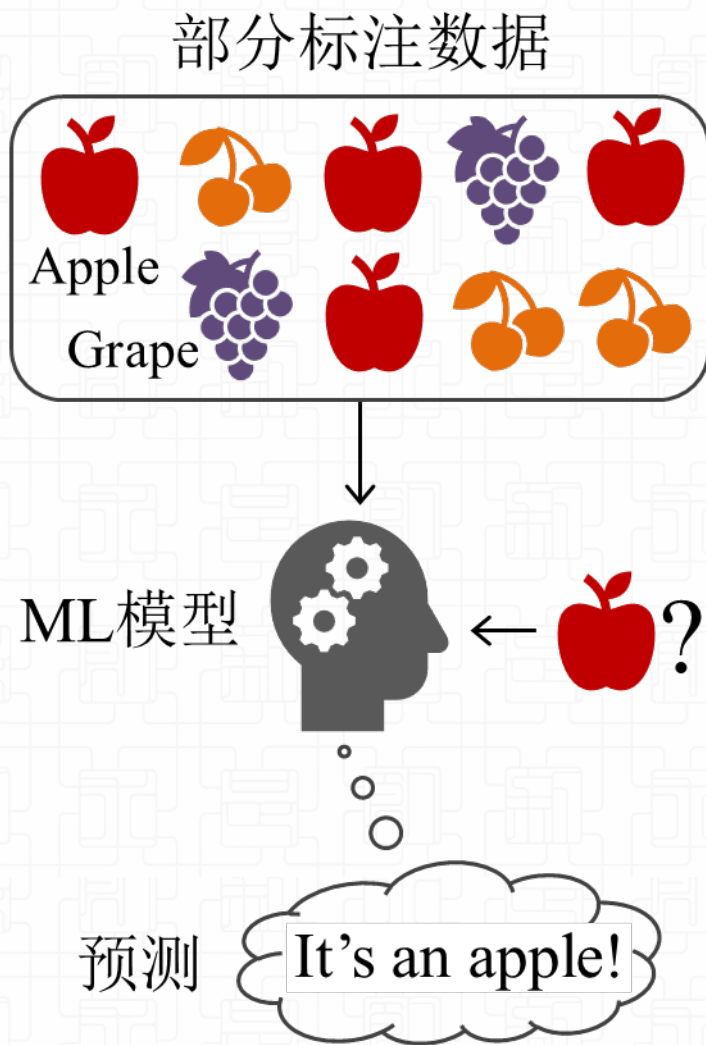
无监督学习

- ❖ 无监督学习是利用没有标注信息的数据来发现数据内部的结构或规律，从而实现对数据的聚类、降维或生成等任务。
- ❖ 无监督学习的典型应用有主题模型、异常检测、图像生成等。

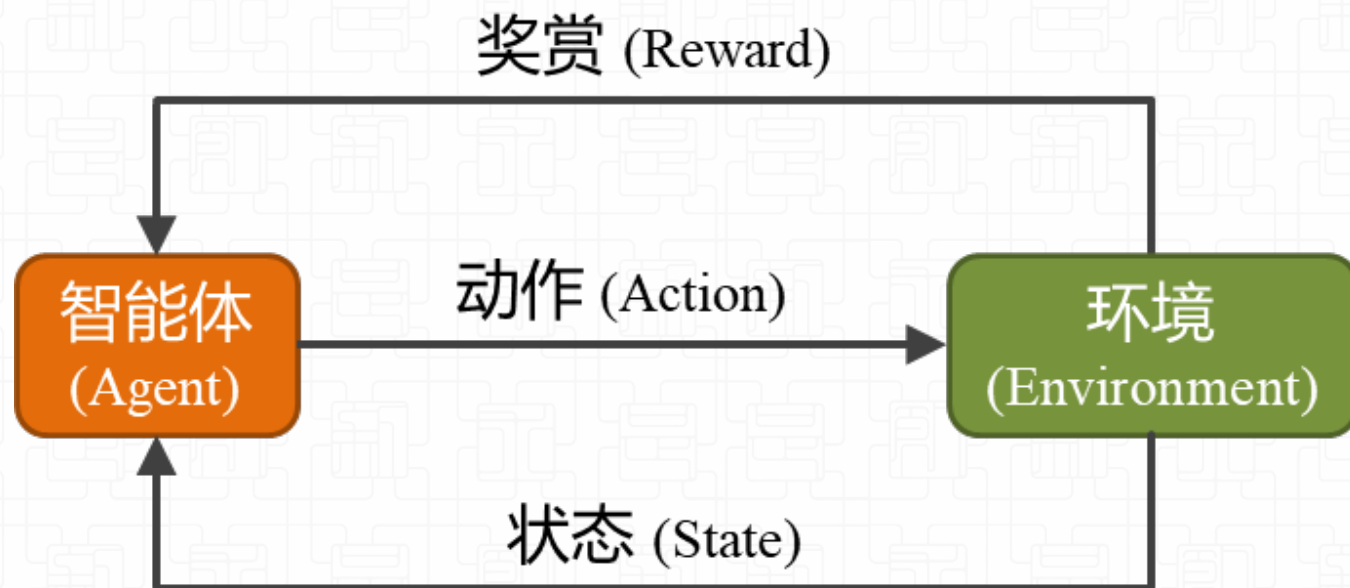


半监督学习

- ❖ 半监督学习是利用一部分有标注信息而一部分没有标注信息的数据来训练一个映射函数或概率模型，然后用这个函数或模型来对新的数据进行推断。
- ❖ 半监督学习的典型应用有自然语言处理、生物信息学、半监督图像识别等。



强化学习

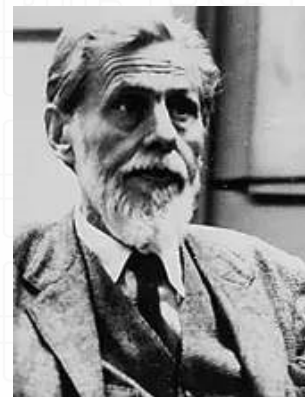


❖ 强化学习是指可以用来支持人们去做决策和规划的一个学习方式，它是对人的一些动作、行为产生奖励的回馈机制，通过这个回馈机制促进学习，这与人类的学习相似，所以强化学习是目前研究的重要方向之一。

深度学习 (Deep Learning)

- ❖ 深度学习是实现机器学习的一种技术。
- ❖ 学习的核心思想是通过**数据驱动**，自动地从原始数据中学习多层次、多维度、多语义的特征表示，从而实现高效的预测或决策。
- ❖ 深度学习基于**人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN)**，从信息处理角度对人脑神经元网络进行抽象，建立某种简单模型，按不同的连接方式组成不同的网络。

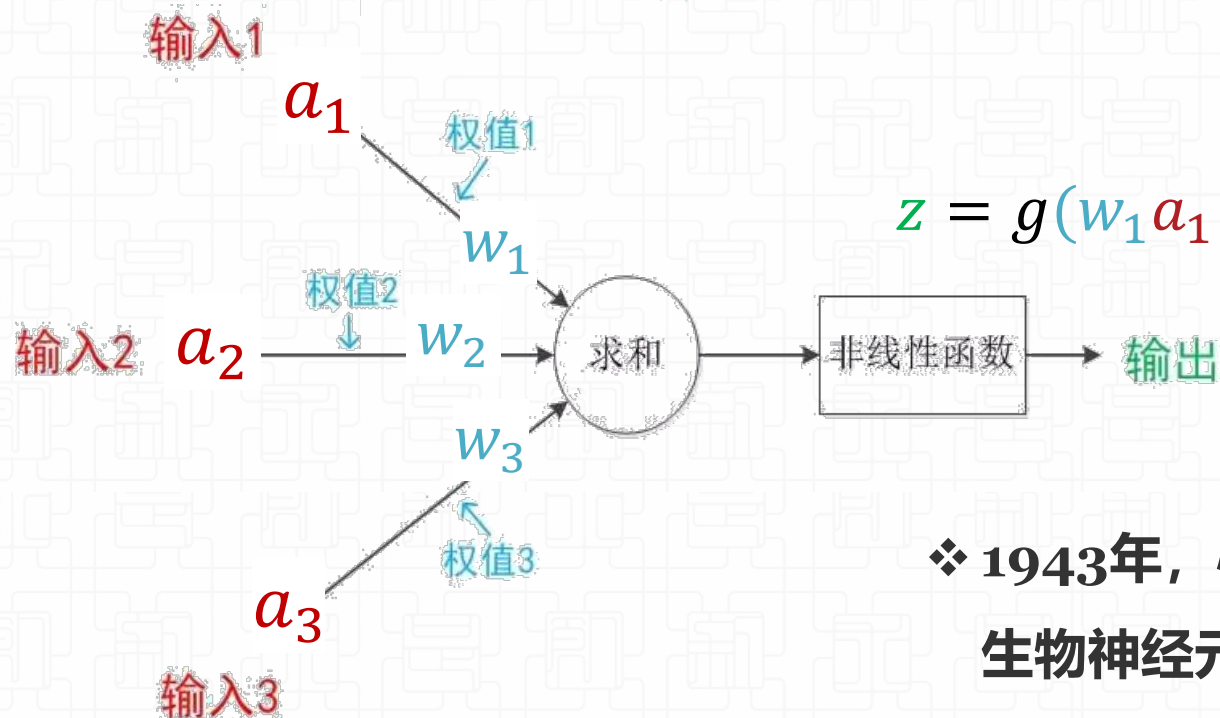
神经元



Warren Sturgis McCulloch
Nov 16, 1898 – Sept 24, 1969



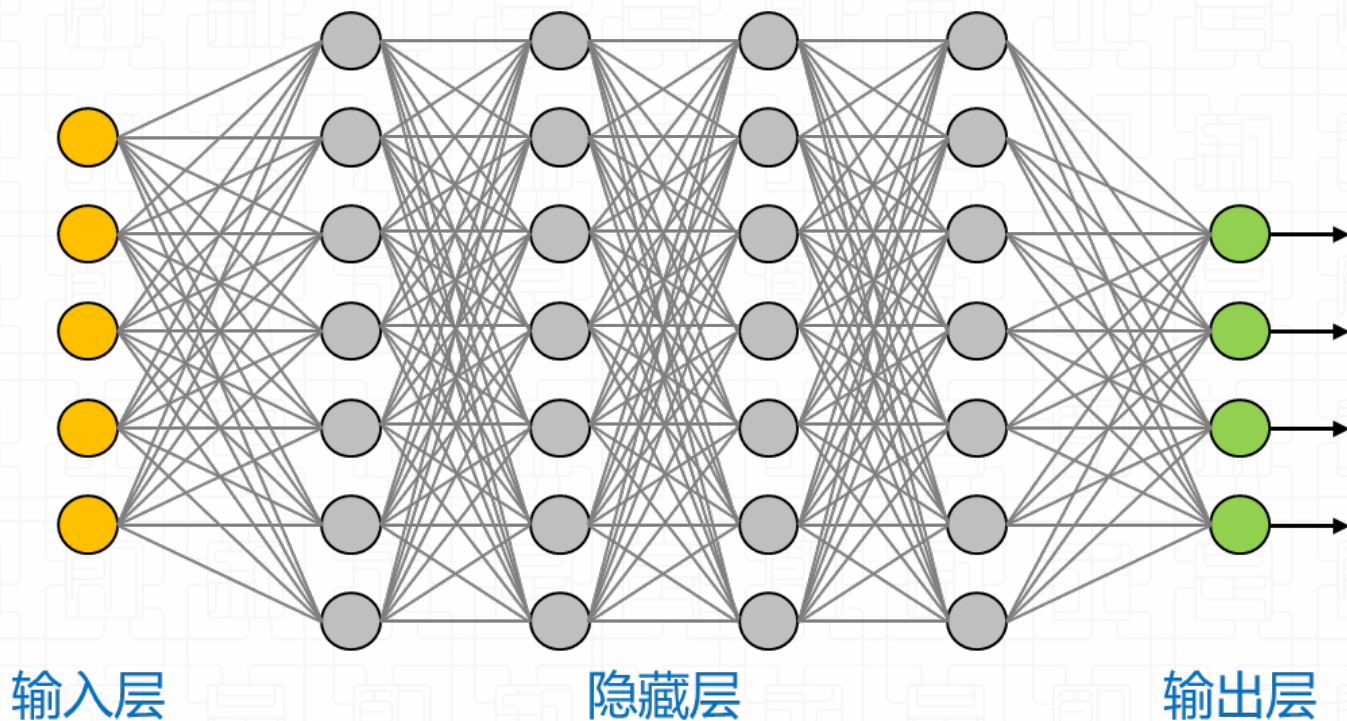
Walter Harry Pitts, Jr.
Apr 23, 1923 – May 14, 1969



$$z = g(w_1 a_1 + w_2 a_2 + w_3 a_3)$$

❖ 1943年，心理学家 McCulloch 和数学家 Pitts 参考了生物神经元的结构，发表了抽象的神经元模型MP。

人工神经网络

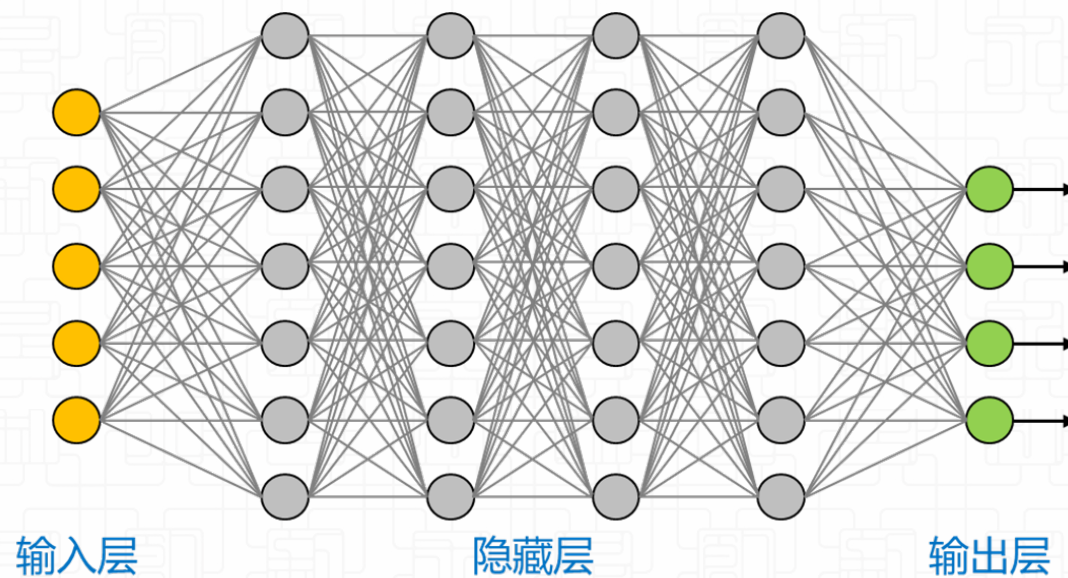


❖ 神经网络被组织为若干层神经元，每一级的每一个神经元的输出都会充当下一层每一个神经元的输入。

- “输入层”接收网络要处理的信息；“输出层”则提供结果。
- 在输入和输出层之间的是“隐藏层”，大部分活动都在这里发生。

内容提要

- ❖ 科学计算
- ❖ 人工智能
- ❖ 信息空间



三元空间

- ❖ 世界已从“物理世界—人类社会”二元空间演变为“物理世界—人类社会—信息空间”所构成的三元空间。三元空间彼此间的**关联与交互**作用决定了社会发展的信息化特征。
 - **感知**物理世界和人类社会的基本方式是**数字化**
 - **联结**人类社会与物理世界（通过信息空间）的基本方式是**网络化**
 - 信息空间**作用**于物理世界和人类社会的方式是**智能化**
- ❖ 数字化、网络化、智能化是新一轮科技革命的突出特征，也是新一代信息技术的聚焦点。
 - 数字化为社会信息化奠定基础，其发展趋势是**社会的全面数据化**
 - 网络化为信息传播提供物理载体，其发展趋势是**信息物理系统 (Cyber Physical System, CPS) 的广泛采用**
 - 智能化体现信息应用的层次与水平，其发展趋势是**新一代人工智能**

人工智能生成内容 (Artificial Intelligence Generated Content, AIGC)

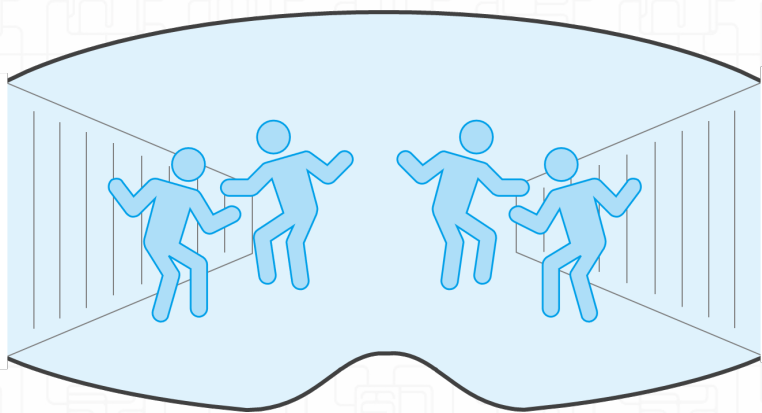
- ❖ 利用人工智能自动生成内容的生产方式，为**具有生成创造能力**的人工智能技术。
- ❖ **利用训练数据和生成算法模型**，自主地创造出新的文本、图像、音乐、视频、3D 交互内容等各种形式的内容和数据，甚至包括开创科学新领域、创造新的价值和意义等。
- ❖ AIGC的技术基础是**生成算法、预训练模型、多模态技术**等人工智能技术的汇聚发展。
- ❖ **ChatGPT**，全称聊天生成预训练转换器 (Chat Generative Pre-trained Transformer)，是 OpenAI 公司开发的人工智能聊天机器人程序，于 2022 年 11 月推出。
- ❖ 该程序使用基于 GPT-3.5、GPT-4 架构的大型语言模型并以强化学习训练。从 2018 年的 GPT 到 2023 年的 GPT-4，每一步都有技术的革新和技术的长进。

GPT到GPT-4的发展历程

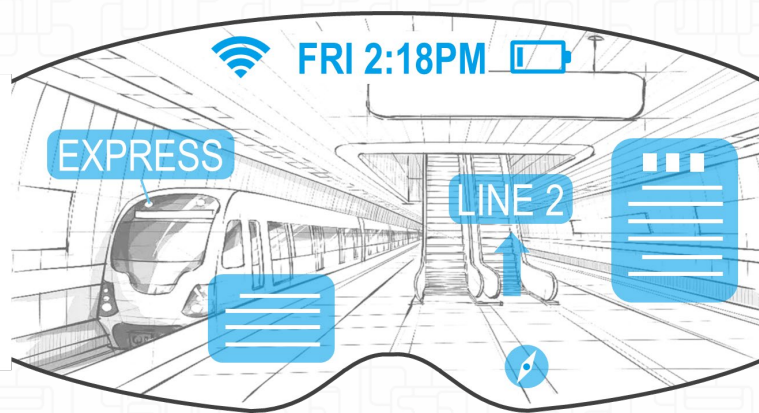
2018	GPT	基于 Transformer 的预训练模型，采用了单向 Transformer 架构，包含 12 层和 1.17 亿个参数，可以用于执行生成文本、问答和文本分类等任务
2019	GPT-2	采用更多的参数和更深的 Transformer 架构，包含 15 亿个参数，在执行生成文本、问答、翻译和摘要等任务上表现出色
2020	GPT-3	采用更大的规模和更多的技术创新，包含 1750 亿个参数，在执行生成文本、问答、翻译、摘要和对话等任务上都取得了非常好的表现
2022	ChatGPT	主要针对对话任务进行了优化，增加了对话历史的输入和输出，以及对话策略的控制，在对话任务上表现出色，可以与人类进行自然而流畅的对话
2023	GPT-4	比 ChatGPT 更可靠、更有创意，并且能够处理更细微的指令，同时 GPT-4 有很强的多模态能力，可以理解图片

扩展现实 (Extended Reality, XR)

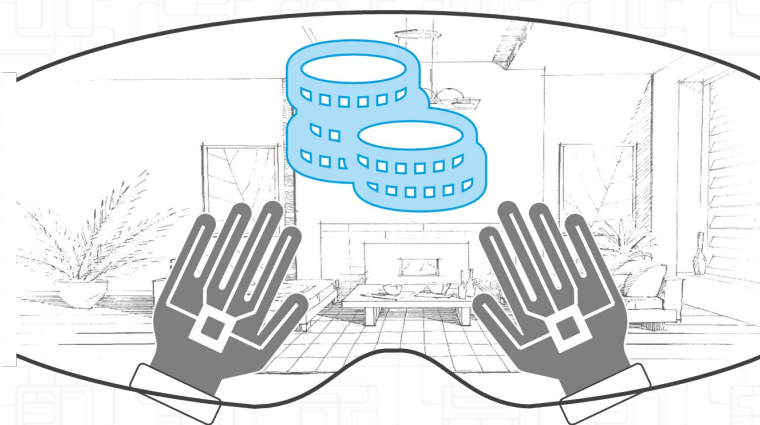
❖ 泛指所有能够通过数字化增强我们的感官来融合真实世界和虚拟世界的技术。



虚拟现实 (VR)



增强现实 (AR)



混合现实 (MR)

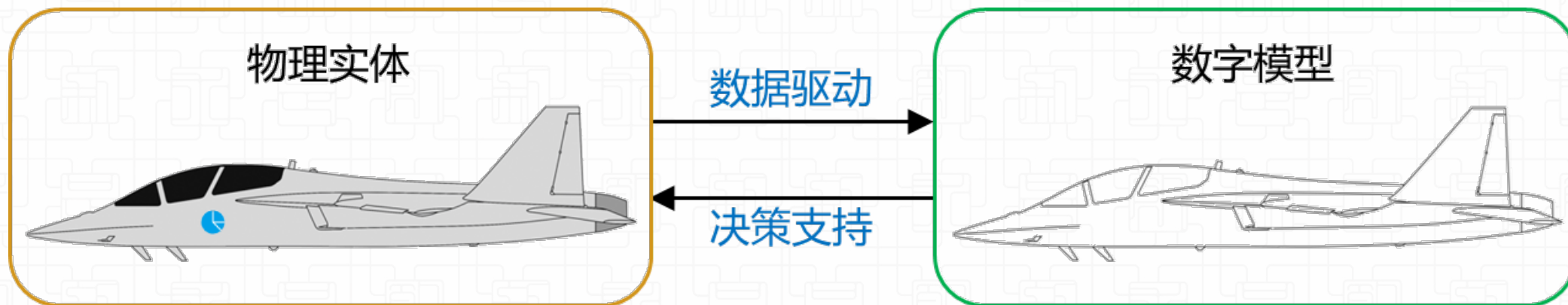
VR是通过计算机技术和特殊设备，为用户创建一个完全模拟的虚拟环境。

AR是将计算机生成的虚拟信息叠加在真实世界中，为用户提供一种混合的视觉体验。

MR是将真实世界和虚拟世界融合在一起，产生新的环境和可视化效果，其中物理对象和数字对象共存并进行实时交互

数字孪生 (Digital Twin)

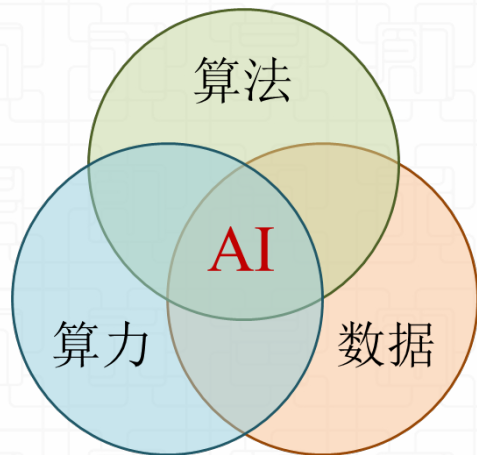
❖ 数字孪生是一种将真实世界中的物理对象或系统，通过数据和模拟，在虚拟空间中创建一个**动态的数字模型**的技术。



❖ 数字孪生通过建立数字模型并模拟其**全生命周期的过程**，为优化决策提供依据。

元宇宙 (Metaverse)

- ❖ 元宇宙的概念最早来自于美国作家**尼尔·斯蒂芬森**在1992年创作的科幻小说《**雪崩**》，小说中创造了一个**平行于现实世界的网络世界**，在现实世界中地理位置彼此隔离的人们通过各自的“化身”进行交流娱乐。
- ❖ 元宇宙是一个跨越多个学科和技术领域的**复杂巨系统**。
- ❖ 承载虚拟活动、进行虚实交融的平台，融合了XR、AI、云计算、区块链、5G等新一代信息技术，是**人类信息技术与交互方式演进的必然产物**。
- ❖ 元宇宙具有多技术集成与融合、数字化身、沉浸体验、用户共创、虚实联动、经济系统、高度文明性等主要特征，展示了数字化技术融合的魅力。



人工智能三要素

The End.



中国大学MOOC

章献民

zhangxm@zju.edu.cn