

第一章 绪论

中科大 自动化系 郑志刚
2018.9

人工智能学科介绍

- Artificial Intelligence(AI)
- 1950年代中期兴起的一门边缘学科
- 上个世纪三大技术成就之一
 - AI,原子能,空间技术
- 本章内容
 - 1.1 基本概念
 - 1.2 AI的产生与发展简史
 - 1.3 学科范畴
 - 1.4 研究领域与应用

1.1.1 智能

智能是个体有目的的行为、合理的思维，以及有效地适应环境的综合能力。通俗地讲，智能是个体认识客观事物、客观世界和运用知识解决问题的能力。

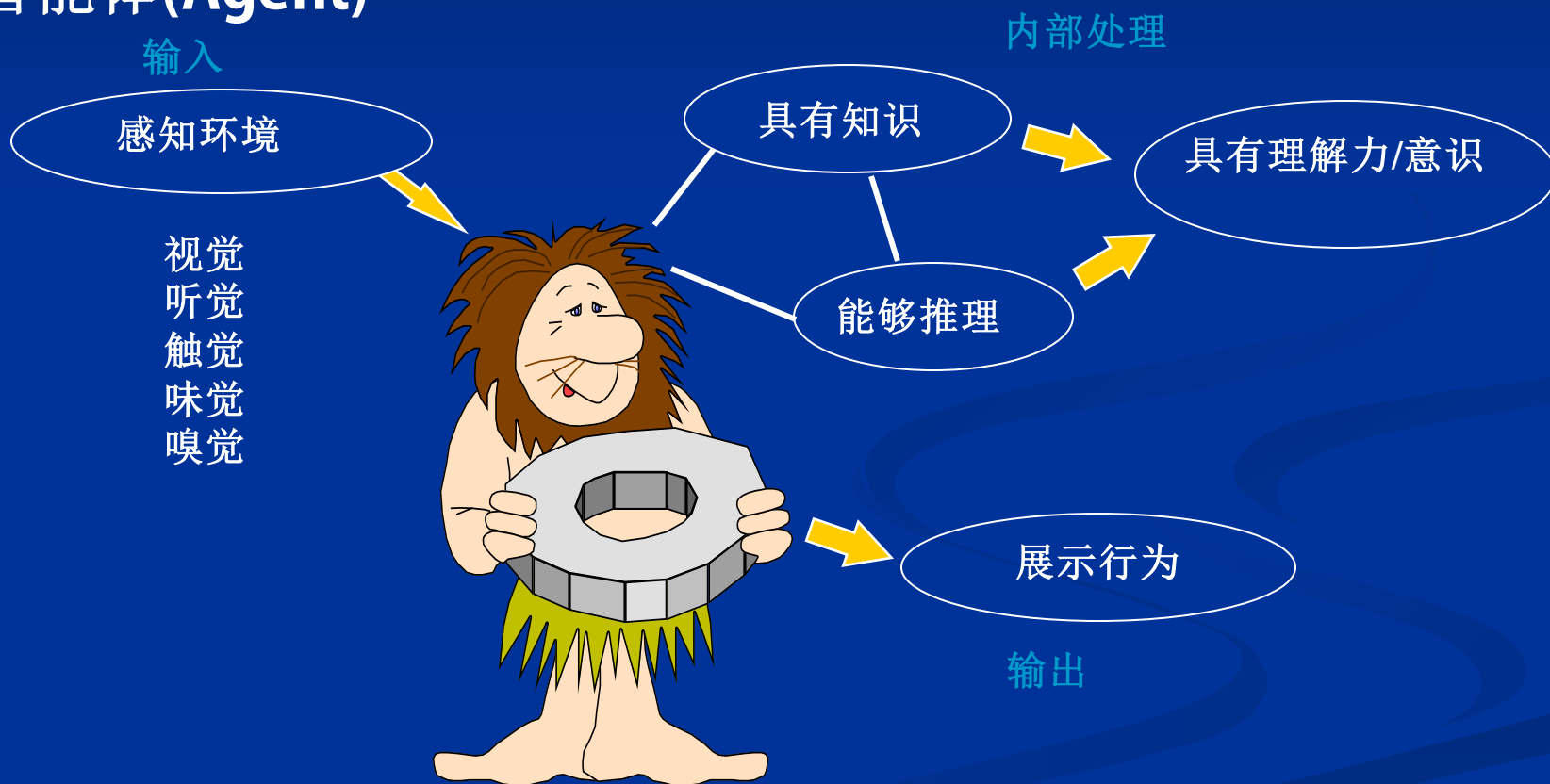
人类个体的智能是一种综合性能力。具体地讲，可包括：

- 1) 感知与认识事物、客观世界与自我的能力；
- 2) 通过学习取得经验、积累知识的能力；

- 3) 理解知识、运用知识和运用经验分析问题和解决问题的能力；
- 4) 联想、推理、判断、决策的能力；
- 5) 运用语言进行抽象、概括的能力；
- 6) 发现、发明、创造、创新的能力；
- 7) 实时地、迅速地、合理地应付复杂环境的能力；
- 8) 预测、洞察事物发展变化的能力；等。

注：智能是相对的、发展的。离开特定时间说智能是困难的、没有意义的。

智能体(Agent)



- 智能体(Agent)
- 我们一直在思考：我们，作为一个智能体，为什么能够思考？大脑这么一小堆东西怎么能够感知、理解、预测和应对一个远比自身庞大和复杂的世界？
- 人工智能(AI)走得更远：它不仅试图理解智能体，而且想建造智能体
- AI是新兴学科，也是激动人心的学科. Russell声称：不同于物理学，这里还有出现几个爱因斯坦的余地

1.1.2 人工智能

人工智能是相对人的自然智能而言，即用人工的方法和技术，研制智能机器或智能系统来模仿、延伸和扩展人的智能，实现智能行为和“机器思维”，解决需要人类专家才能处理的问题。

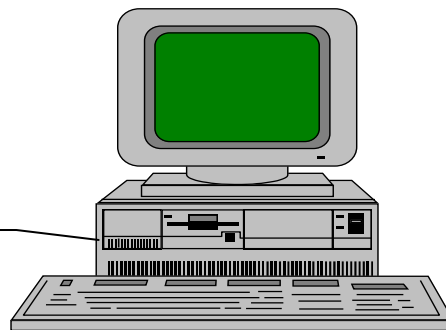
作为一门学科，人工智能研究智能行为的计算模型，研制具有感知、推理、学习、联想、决策等思维活动的计算系统，解决需要人类专家才能处理的复杂问题。

对AI的4种不同定义

像人一样思考的系统	理性地思考的系统
要使计算机能思考.....有头脑的机器(Haugeland, 1985) [使之自动化]与人类的思维相关的活动,诸如决策、问题求解、学习等活动(Bellman, 1978)	通过对计算模型的使用来进行心智能力的研究(Charniak & McDermott, 1985) 对使得知觉、推理和行动成为可能的计算的研究(Winston, 1992)
像人一样行动的系统	理性地行动的系统
创造机器来执行人需要智能才能完成的功能(Kurzweil, 1990) 研究如何让计算机能够做到那些目前人比计算机做得更好的事情(Rich & Knight, 1991)	计算智能是对设计智能化智能体的研究(Poole et al., 1998) AI关心的是人工制品中的智能行为(Nilsson, 1998)

4种不同定义的方法(1)

- 类人行为：图灵测试(1950)--智能测量
- 图灵建议：不是问“机器能否思考”，而是问“机器能否通过关于行为的智能测试”
- 测试过程：让一个程序与一个人进行5分钟对话 / 然后人猜测交谈对象是程序还是人？如果在30%测试中程序成功地欺骗了询问人，则通过了测试
- 图灵期待最迟2000年出现这样的程序，但是到目前为止，面对训练有素的鉴定人，没有一个程序达到标准



哪个是计算机?



Turing

4种不同定义的方法(2)

- 要想程序通过图灵测试，还需要做大量工作，这些技能包括：
 - 自然语言处理, 使机器可以用人类语言交流
 - 知识表示, 存储机器获得的各种信息
 - 自动推理, 运用知识来回答问题和提取新结论
 - 机器学习, 适应新环境并检测和推断新模式
 - 以及(为了完全图灵测试)
 - 计算机视觉, 机器感知物体
 - 机器人技术, 操纵和移动物体
- AI研究者并未花费很多精力来尝试通过测试，因为研究智能的根本原则远比复制样本重要。
- 如同空气动力学与模拟鸟类飞行之于飞机的产生

4种不同定义的方法(3)

- 类人思考: 认知模型方法
- 如何得知人类是如何思考的? 通过自省—捕捉人类思维过程和通过心理测试
- 这种方法不满足于让程序正确地解决问题, 更加关心对程序的推理步骤轨迹与人类个体求解同样问题的步骤轨迹进行比较
- 认知科学: 把来自AI的计算模型与来自心理学的实验技术相结合, 试图创立一种精确而且可检验的人类思维工作方式的理论
- 通常, 我们只关心程序实现了什么功能, 而不会比较AI技术和人类认知之间的异同

4种不同定义的方法(4)

- 理性地思考：“思维法则”方法
- 19世纪, 逻辑学家就发展出可以描述世界上一切事物及其彼此关系的精确的命题符号
- 1965年, 原则上, 已经有程序可以求解任何用逻辑符号描述的可解问题(消解法)
- AI领域传统的逻辑主义希望通过编制上述程序来创造智能系统
- 难点: 非形式化的知识难以用逻辑符号形式化 / “原则上”可以解决问题和实际解决问题二者之间存在巨大差异

4种不同定义的方法(5)

- 理性地行动: 理性智能体方法
- 计算机智能体应该有别于“简单的”程序: 具有诸如自主控制操作、感知环境、适应变化等
- 理性智能体: 要通过自己的行动获得最佳结果, 或者在不确定的情况下, 获得最佳期望结果
- 不仅要正确地推理, 还要正确地行动 / 正确推论是理性智能体的部分功能, 而不是理性的全部内容
- 图灵测试中需要的技能都是为了作出理性行为

4种不同定义的方法(6)

- 把AI研究视为理性智能体的设计过程
- 好处:
- 比“思维法则”法则方法(理性地思维)更通用 / 比建立在人类行为或者思维基础(类人方法)上的方法更经得起科学发展的检验, 因为理性的标准有着清楚且普遍的定义
- 正确的结果在不同条件下可以定义清楚
- 完美理性——总能做正确的事情 vs. 有限理性——在没有足够计算时间的前提下采取正确的行动
- 完美理性在复杂环境下是不可行的

1.1.3 人工智能的研究目标

- 研究任务
 - 中心任务：研究如何使计算机去做那些过去只有依靠人的智能才能完成的工作
 - 近期（工程）目标：让计算机更有用，解决实际问题，研究用计算机软、硬件系统模拟人类某些智能行为的基本理论和技术
 - 远期（科学）目标：探讨智能的基本机理，研究如何利用各种自动机理论来模拟人的思维过程和智能行为

1.2 人工智能简史

- AI出现的必然性
 - 思想基础上讲，是人类长期以来探索能够进行计算、推理和其它思维活动智能机器的结果
 - 理论上讲，是由于控制论、信息论、系统论等多种学科相互渗透的结果
 - 物质基础上讲，是由于计算机的出现与广泛应用的结果
- AI学科发展的特点
 - 60年的历史，发展速度快，但不是一帆风顺

1.2 人工智能简史

- 按照Russell的观点, AI五十年的发展历史可以分为以下时期:
 - AI孕育期(1943~1955)
 - AI的诞生(1956)
 - 早期的热情, 巨大的期望(1952~1969)
 - 现实的困难(1966~1973)
 - 基于知识的系统: 力量的钥匙? (1969~1979)
 - AI成为工业(1980~现在)
 - 神经网络的回归(1986~现在)
 - AI成为科学(1987~现在) / 智能化智能体出现(1995~现在)

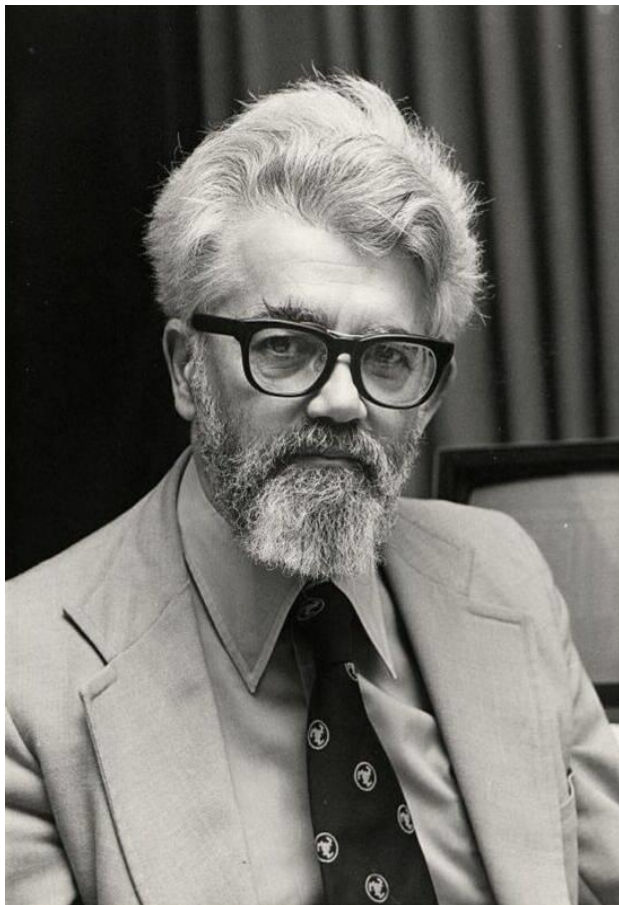
人工智能孕育期(1943~1955)

- 神经网络
 - 最早的AI工作是1943年Warren McCulloch和Walter Pitts人工神经元模型的研究, 他们证明任何可计算的函数都可以通过某种由神经元连接成的网络进行计算, 还提出适当的网络能够学习
 - 1951年, 普林斯顿大学数学系研究生Marvin Minsky(明斯基)和Dean Edmonds建造了第一台神经网络计算机
- 图灵1950年的论文第一个清晰地描绘出AI的完整图像(Computing Machinery and Intelligence)

人工智能的诞生(1956) [1]

- 1956年夏天, AI正式诞生于达特茅斯大学
 - John McCarthy(麦卡锡)自普林斯顿大学毕业以后去了达特茅斯大学, 他说服了另外2个人帮助召开了为期2个月的研讨会
 - 会议组织者4人: 麦卡锡、明斯基、Claude Shannon(香侬)、IBM的Nathaniel Rochester(罗切斯特), 参加者共10人
 - 其他6位是: 普林斯顿大学Trenchard More、IBM的Arthur Samuel(塞缪尔)、MIT的Ray Solomonoff和Oliver Selfridge、CMU的纽厄尔和西蒙
 - 会上, 纽厄尔和西蒙最为活跃, 介绍了他们的推理程序: 逻辑理论家

AI的创造者



Mccarthy



Minsky

人工智能的诞生(1956) [2]

- 尽管这次会议没有新突破,但聚集了AI的主要人物特别是AI领域的4位著名专家,他们后来所在的大学也成为了美国AI研究的3大基地:
 - MIT—明斯基
 - Stanford—麦卡锡(先在MIT后去了Stanford)
 - CMU—纽厄尔和西蒙
 - 此外,还有IBM
- 这次会议最为长久的贡献就是麦卡锡为该领域起的名字: 人工智能

人工智能的诞生(1956) [3]

- 为什么AI有必要成为一个新领域?
 - 目标不同：AI从一开始就承载着复制人的才能如创造性、自我修养、语言功能等思想，没有任何一个其他领域涉及这些问题
 - 方法论不同：是唯一一个明确属于计算机科学的分支，因而不是数学或者控制论或其他学科的分支
 - AI是唯一这样的领域：它试图建造在复杂和变化的环境中自动发挥功能的机器

早期的热情,巨大的期望

 (1952~1969) [1]

- 当时，主流的思想是“一台机器永远不能做X”（而不是考虑“看看计算机能不能做X？”）
- AI研究者们就演示一个接一个的X
 - CMU: 纽厄尔和西蒙完成通用问题求解器(GPS), 该系统及其后续程序的成功导致了他们提出著名的物理符号系统假设
 - IBM: 1959—Herbert Gelernter建造了几何定理证明机; 1952年起, 塞缪尔写了一系列西洋跳棋程序, 通过学习可达业余高手的级别
 - MIT: 1958年麦卡锡到了以后作出了三项重要贡献

早期的热情,巨大的期望

▶▶▶▶▶ (1952~1969) [2]

- 贡献1: 定义了LISP语言 / 贡献2: 与MIT其他人发明了分时技术 / 贡献3: 发表了题为《Program with Common Sense》的论文, 文中描述了“建议采纳者”程序. 该程序实现了知识表示和推理的中心原则: 具备对世界和智能体影响世界的形式化的、明确的知识表示, 并能通过演绎过程处理这些表示
- Stanford: 1963年麦卡锡启动了斯坦福的AI实验室, 着重研究逻辑推理的通用方法(后来如Robinson发现归结方法) / 以及机器人研究

早期的热情,巨大的期望

 (1952~1969) [3]

- MIT: 1958年明斯基也到了, 不过他对程序如何实现更感兴趣, 并最终发展出反逻辑的观点 / 指导了一系列学生, 选择那些显然需要智能才能解决的受限问题 / 贡献: **微世界模型**
- MIT: 最著名的微世界是积木世界, 在此基础上完成了许多研究工作如: 视觉项目、自然语言理解项目(Terry Winograd)、规划器等
- 神经网络: Frank Rosenblatt 1962年提出感知器, 证明了感知器收敛定理

现实的困难(1966~1973) [1]

- 早期AI研究者过于盲目的乐观态度, 10年预见, 而实际上至少40年
- 早期的AI系统在试图解决更宽范围和更难的问题时, 都悲惨地失败了 / 原因何在?
 - 第一类困难: 缺少主题知识(通用而非专门化)
 - 典型例子: 机器翻译(MT)
 - 最早对AI研究的发难始于机器翻译(1966ALPAC报告)
 - 时至今日, MT研究仍然不完善但是被广泛期待和实际使用于技术、商业、政府、互连网的文档处理工具

现实的困难(1966~1973) [2]

- 第二类困难: AI试图解决的很多问题是不可操作的(NP类)
- 在计算复杂性理论建立之前, 对“问题放大”(从玩具到现实)的认识局限于速度和存储容量
- 例子: 包含超过几十条事实的定理证明 / 早期遗传算法实验(1958~59)
- 无限计算能力的幻觉: 程序原则上能够找到解并不意味着程序实际上包含找到解的机制
- 1973年英国政府在Lighthill报告之后终止了除2所大学以外所有的AI研究资助

现实的困难(1966~1973) [3]

- 第三类困难：用于产生智能行为的基本结构存在某些限制
- 例子：1969年Minsky和Papert证明了感知器——简单的神经网络所能表示的东西很少(单层感知器对XOR函数)
- 神经网络研究由此沉寂了20年，直到80年代后期多层网络的反向传播算法出现引起了神经网络的复兴
- 这一算法首次发现恰恰是在1969年发现的(Bryson & Ho)

基于知识的系统: 力量的钥匙?

(1969~1979) [1]

- 早期研究中的通用搜索机制称为**弱方法**, 通用但不能扩展到大规模问题或困难问题
- 需要更强有力的、领域相关的知识
 - DENDRAL是第一个成功的知识密集型系统, 1969年在Stanford开发, 参与者包括Ed Feigenbaum等
 - 该系统根据质谱仪信息推断分子结构
 - 该系统改进后, 把知识和推理部分清楚地划分开——80年代专家系统的典型结构

基于知识的系统: 力量的钥匙?

(1969~1979) [2]

- 由DENDRAL系统开始的专家系统方法论又应用到其他需要人类专家知识的领域: MYCIN—检测血液感染的专家系统
 - MYCIN知识库的特点: 直接来自经验 / 反映出知识的不确定性
- 自然语言理解领域的专家系统:
 - 耶鲁大学Roger Schank和其学生们开发的一系列程序(1977~1983)

AI成为工业(1980~现在)

- 1982年, 第一个成功的商用专家系统R1在DEC公司开始运转, 到1986年为止每年为公司节省4千万美元
 - 美国主要公司都曾开发或使用专家系统
 - AI工业在1980年只是几百万美元, 1988年涨到数十亿美元
 - 但很快又进入了“AI的冬天”时期
- 在八十年代的AI研究热潮中, 1981年日本提出五代机计划, 目的是建造运行Prolog程序的智能机 / 美国则对应成立了MCC研究集团
- 其中的AI部分从未实现其野心勃勃的目标

神经网络的回归(1986~现在)

- 反向传播算法引起了神经网络研究的复兴
- Rumelhart和McClelland的文集《Parallel Distributed Processing》中给出的结果被广泛流传
- 连接主义方法崛起，被认为是Newell和Simon提出的符号模型和McCarthy主张的逻辑方法的直接竞争者
- 当前的观点是：连接主义和符号主义方法是互补的

AI成为科学(1987~现在)

- 近年来，AI研究在内容和方法论方面的特点：
 - 在已有的理论基础上进行研究而不是提出崭新理论
 - 理论建立在严格定理或者确凿实验证据基础上而不是靠直觉
 - 显示与现实世界应用的相关性而不是与玩具样例的相关性
 - 从对控制论和统计学的某种叛逆到开始接受这些领域的理论和方法
 - 通过互连网进行测试数据和程序代码的共享
 - 典型：语音识别中HMM模型应用 / 贝叶斯网络

AI成功的标志：IBM的“深蓝”和“小深”

“深蓝”

- 对弈情况：
- 时间：北京时间1997年5月12日凌晨4点50分
- 对手：IBM的“深蓝”超级计算机
- 国际象棋世界冠军卡斯派罗夫
- 结局：2胜1负3平，总比分3.5:2.5，“深蓝”获胜
- 技术指标
- 32个CPU，每个CPU有12个协处理器，每个CPU有256M内存，每个CPU的处理速度为200万步/秒。
- 对弈的实质机器智能与人类智能的较量

“小深”

- 对弈情况：
- 时间：北京时间203年1月26日至2月7日
- 对手：比“深蓝”功能强大的“小深”超级计算机
- 国际象棋世界冠军卡斯派罗夫
- 结局：1胜1负4平，平局
- 启示：计算机可以有智能；计算机要完全战胜人类象棋大师并非易事

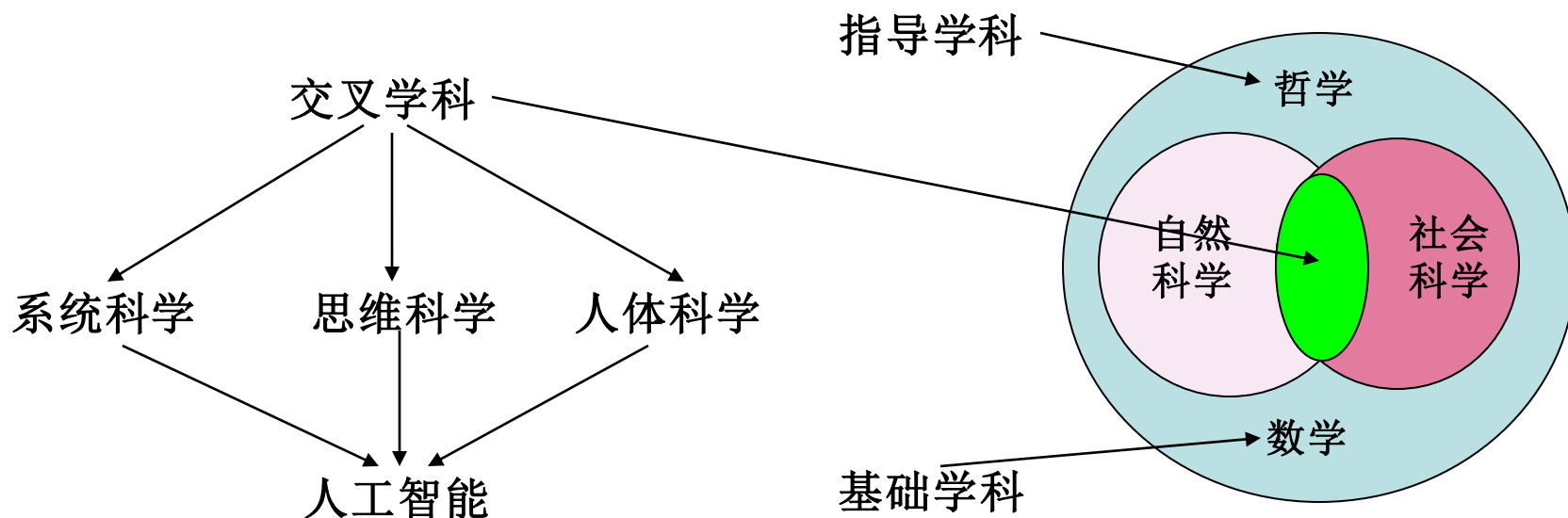
智能化智能体出现(1995~现在)

- 重新审视“完整智能体”：SOAR系统上的工作(1987~1990)
 - 环境约束：目标是理解嵌入真实环境的智能体的工作
 - 目前最重要的智能化智能体环境是Internet, AI技术成为Internet工具的基础如推荐系统/网站构建
- 为什么要采纳智能体观点？
 - AI目前分离的子领域需要重新组织起来，至少当它们的结果需要联系在一起的时候
 - AI与其他涉及智能体的领域的联系被拉近了(如控制论和经济学)



1.3.1 AI 的学科位置

- **AI**是一门新兴的边缘学科，是自然科学与社会科学的交叉学科
- **AI**的交叉包括：逻辑、思维、生理、心理、计算机、电子、语言、自动化、光、声等
- **AI**的核心是思维与智能，构成了自己独特的学科体系
- **AI**的基础学科包括：数学（离散、模糊）、思维科学（认知心理、逻辑思维学、形象思维学）和计算机（硬件、软件）等



1.3.2 与脑科学和认知科学的交叉研究

脑科学

- **脑科学：**又称神经科学，其目的是要认识脑、保护脑和创造脑。
- **美国神经科学学会的定义：**神经科学是为了了解神经系统内分子水平、细胞水平及细胞间的变化过程，以及这些过程在中枢的功能、控制系统内的整合作用所进行的研究。
- **脑的涵义：**从狭义方面，脑是指中枢神经系统，有时特指大脑；
- **从广义方面，**脑可泛指整个神经系统。人工智能是从广义角度来理解脑科学的，因此它涵盖了所有与认识脑和神经系统有关的研究。
- **人脑是自然界中最复杂、最高级的智能系统：**主要表现在人脑是由巨量神经元经其突触的广泛并行互联所形成的一个巨复杂系统。
- **现代脑科学的基本问题主要包括：**(1) 揭示神经元之间的连接形式，奠定行为的脑机制的结构基础；(2) 阐明神经活动的基本过程，说明在分子、细胞到行为等不同层次上神经信号的产生、传递、调制等基本过程；(3) 鉴别神经元的特殊细胞生物学特性；(4) 认识实现各种功能的神经回路基础；(5) 解释脑的高级功能机制等。
- **脑科学是人工智能的基础：**研究的任何进展，都将会对人工智能的研究起到积极的推动作用，因此人工智能应该加强与脑科学的交叉研究，以及人类智能与机器智能的集成研究。

1.3.2与脑科学和认知科学的交叉研究

认知科学

- **认知：**可一般地认为是和情感、动机、意志相对应的理智或认识过程，或者是为了了一定的目的，在一定的心理结构中进行的信息加工过程。美国心理学家浩斯顿(Houston)等人把认知归纳为以下5种主要类型：
 - (1) 认知是信息的处理过程；
 - (2) 认知是心理上的符号运算；
 - (3) 认知是问题求解；
 - (4) 认知是思维；
 - (5) 认知是一组相关的活动，如知觉、记忆、思维、判断、推理、问题求解、学习、想象、概念形成及语言使用等。
- **认知科学：**认知科学（亦称思维科学）是研究人类感知和思维信息处理过程的一门学科，其主要研究目的就是要说明和解释人类在完成认知活动时是如何进行信息加工的。
- 认知科学也是人工智能的重要理论基础，对人工智能发展起着根本性的作用。认知科学涉及的问题非常广泛，除了像浩斯顿提出的知觉、语言、学习、记忆、思维、问题求解、创造、注意、想象等相关联活动外，还会受到环境、社会、文化背景等方面的影响。
- 从认知观点看，AI应同时开展对逻辑思维、形象思维和灵感思维的研究

1.3.3 智能模拟的方法和技术研究(1/2)

- 机器感知
 - 就是要让计算机具有类似于人的感知能力，如视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉
 - 机器视觉（或叫计算机视觉）：就是给计算机配上能看的视觉器官，如摄像机等，使它可以识别并理解文字、图像、景物等
 - 机器听觉（或叫计算机听觉）：就是给计算机配上能听的听觉器官，如话筒等，使计算机能够识别并理解语言、声音等。
 - 机器感知相当于智能系统的输入部分。
 - 机器感知的专门的研究领域：计算机视觉、模式识别、自然语言理解
- 机器思维
 - 让计算机能够对感知到的外界信息和自己产生的内部信息进行思维性加工
 - 逻辑思维
 - 形象思维
 - 灵感思维

1.3.3 智能模拟的方法和技术研究(2/2)

- 机器学习
 - 让计算机能够像人那样自动地获取新知识，并在实践中不断地完善自我和增强能力。
 - 机器学习方法：机械学习、类比学习、归纳学习、发现学习、遗传学习和连接学习等
- 机器行为
 - 让计算机能够具有像人那样地行动和表达能力，如走、跑、拿、说、唱、写画等。
 - 相当于智能系统的输出部分。
- 智能系统与智能机器
 - 无论是人工智能的近期目标还是远期目标，都需要建立智能系统或构造智能机器
 - 需要开展对系统模型、构造技术、构造工具及语言环境等研究

1.3.4 AI研究中的不同学派

不同学派

- 符号主义学派（逻辑主义、心理学派）
 - 主要观点：AI起源于数理逻辑，人类认知的基元是符号，认知过程是符号表示上的一种运算
 - 代表性成果：厄尔和西蒙等人研制的称为逻辑理论机的数学定理证明程序LT
 - 代表人物：纽厄尔、肖、西蒙和尼尔逊(Nilsson)等
- 连接主义学派（仿生学派或心理学派）
 - 主要观点：AI起源于仿生学，特别是人脑模型，人类认知的基元是神经元，认知过程是神经元的连接活动过程
 - 代表性成果：由麦克洛奇和皮兹创立的脑模型，即MP模型
 - 代表人物：麦克洛奇和皮兹
- 行为主义学派（进化主义、控制论学派）
 - 主要观点：AI起源于控制论，智能取决于感知和行为，取决于对外界复杂环境的适应，而不是推理。
 - 代表性成果：Brooks教授研制的机器虫
 - 代表人物：Brooks教授

1.3.4 AI研究中的不同学派

不同学派的理论之争

- 符号主义
 - 智能的基础是知识，其核心是知识表示和知识推理；知识可用符号表示，也可用符号进行推理，因而可以建立基于知识的人类智能和机器智能的统一的理论体系。
- 连接主义
 - 思维的基元是神经元，而不是符号；思维过程是神经元的联结活动过程，而不是符号运算过程；反对符号主义关于物理符号系统的假设。
- 行为主义
 - 智能取决于感知和行动，提出了智能行为的“感知—动作”模型；智能不需要知识、不需要表示、不需要推理；人工智能可以像人类智能那样逐步进化

1.3.4 AI研究中的不同学派

不同学派的方法之争

- 符号主义
 - 功能模拟
 - 构造能够模拟大脑功能的智能系统。相当于“鸟飞”
- 连接主义
 - 结构模拟
 - 构造模拟大脑结构的神经网络系统。相当于“飞鸟”
- 行为主义
 - 行为模拟
 - 构造具有进化能力的智能系统。相当于“由猿到人”

1.3.5 人工智能的学科范畴

■ 核心问题

- 1974年，尼尔逊，AI的几个核心问题
 1. 知识的模型化表示
 2. 常识性推理、演绎与问题求解
 3. 启发式搜索
 4. AI系统与语言
- 广义的问题求解
- 知识工程的角度：AI是一个知识处理的系统

算法与启发式过程

■ 算法

- 定义：为了求解某类问题而规定的一个可以被机械执行的确定的有穷序列，相对于该类问题而言是必然终止的
- 性质：
 - 通用性：可求解该类全部问题
 - 确定性：算法中的任何状态和步骤都必须是精确的、唯一的，没有二义性
 - 完备性：对本类问题中的任何问题都是有效的
- 问题：
 - 不是所有的问题都有算法解（结构性和非结构性问题）
 - 随着问题复杂性的增加，时间代价呈指数性规律上涨

算法与启发式过程 cont.

■ 启发式

- AI中解决问题的路线：利用启发式去解决问题
- 启发式：不是依靠数学上的理论推导，而是利用策略、技巧、经验等来解决问题
- 启发式规则：将经验性的东西写成规则的形式
- 启发式过程的特点
 - 局部性：求解某类问题中的常见问题, 且不能保证求得最佳/准确解，只是满意解
 - 试探性：求解允许失误而改用其他方法
 - 针对性：仅仅为一个过程，可能不完备

1.4 AI的研究和应用领域

- 机器思维、机器感知、机器行为、计算智能、机器学习
- 分布智能、智能系统、人工心理与人工情感
- 人工生命、人工智能的典型应用

1.4.1 机器思维

- **机器思维：**就是让计算机模仿和实现人的思维能力，以对感知到的外界信息和自己产生的内部信息进行思维性加工。
- **包括：**推理、搜索、规划等方面的研究。

1.4.1 机器思维

推理

- **推理的概念：**推理是指按照某种策略从已知事实出发利用知识推出所需结论的过程。
- **推理的类型：**可根据所用知识的确定性，将其分为：
- **确定性推理，**指推理所使用的知识和推出的结论都是可以精确表示的，其真值要么为真、要么为假。
- **不确定性推理，**指推理所使用的知识和推出的结论可以是不确定的。所谓不确定性是对非精确性、模糊型和非完备性的统称。
- **推理的理论基础：**逻辑是一门研究人们思维规律的学科，数理逻辑则是用数学的方法去研究逻辑问题。
- **确定性推理**主要是基于一阶经典逻辑。它能解决的问题很有限。
- **不确定性推理**主要基于非经典逻辑和概率等。非一阶经典逻辑是泛指除一阶经典逻辑以外的其他各种逻辑，如多值逻辑、模糊逻辑、模态逻辑、概率逻辑、默认逻辑、次协调逻辑及泛逻辑等。
- **最常用的不确定性推理方法：**基于可信度的确定性理论，基于Bayes公式的主观Bayes方法，基于概率的证据理论和基于模糊逻辑的可能性理论等。

1.4.1 机器思维

搜索

- **搜索的概念：**是指为了达到某一目标，不断寻找推理线路，以引导和控制推理，使问题得以解决的过程。
- **搜索的类型：**可根据问题的表示方式将其分为状态空间搜索和与/或树搜索两大类型。
- **状态空间搜索**是一种用状态空间法求解问题时的搜索方法；
- **与/或树搜索**是一种用问题规约法求解问题时的搜索方法。
- **搜索的主要问题：**人工智能最关心的是如何利用搜索过程所得到的对尽快达到目标有用的信息来引导搜索过程，即启发式搜索方法。
- **状态空间的启发式搜索方法**
- **与/或树的启发式搜索方法**

1.4.1 机器思维

规划

- **规划的概念：**是指从某个特定问题状态出发，寻找并建立一个操作序列，直到求得目标状态为止的一个行动过程的描述。
- **规划的特点：**与一般问题求解技术相比，规划更侧重于问题求解过程，并且要解决的问题一般是真实世界的实际问题，而不是抽象的数学模型。例如，第2章的机器人移盒子、猴子摘香蕉等问题。
- **规划系统的例子：**斯坦福研究所问题求解系统（Stanford Research Institute Problem Solver, STRIPS），是一种基于状态空间和F规则的规划系统。它由以下3部分所组成：
 - **(1) 世界模型：**用一阶谓词公式表示，它包括问题的初始状态和目标状态。
 - **(2) 操作符（即F规则）：**它包括先决条件、删除表和添加表。
 - **(3) 操作方法：**它采用状态空间表示和中间----结局分析的方法。其中，状态空间包括初始状态、中间状态和目标状态；中间----结局分析的每一步都选择能够缩小当前状态与目标状态之间的差距的先决条件可以满足的F规则执行，直至到达目标为止。

1.4.2 机器感知

- 机器感知是机器获取外界信息的主要途径，也是机器智能的重要组成部分。
- 所谓机器感知，就是要让计算机具有类似于人的感知能力，如视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉。
- 下面主要介绍机器视觉、模式识别、自然语言理解。

1.4.2 机器感知

计算机视觉

- **概念：**用计算机来实现或模拟人类的视觉功能，其主要研究目标是使计算机具有通过二维图像认知三维环境信息的能力。
- **重要性：**在人类感知到的外界信息中，有80%以上是通过视觉得到的。
- **视觉系统：**人类视觉系统的功能是通过眼睛与大脑共同实现的。人们视野中的物体在可见光的照射下，先在眼睛的视网膜上形成图像，然后由感光细胞转换成神经脉冲信号，再经神经纤维传入大脑皮层，最后由大脑皮层对其进行处理与理解。
- **视觉，**不仅仅指对光信号的感受，它包括了对视觉信息的获取、传输、处理、存储与理解的全过程。

1.4.2 机器感知

模式识别

- 模式识别的概念
- 是指让计算机能够对给定的事务进行鉴别，并把它归入与其相同或相似的模式中。
- 被鉴别的事物可以是物理的、化学的、生理的，也可以是文字、图像、声音等。
- 模式识别的一般过程：
 - (1) 采集待识别事物的模式信息；
 - (2) 对其进行各种变换和预处理，从中抽出有意义的特征或基元，得到待识别事物的模式；
 - (3) 与机器中原有的各种标准模式进行比较，完成对待识别事物的分类识别；
 - (4) 输出识别结果。

1.4.2 机器感知

自然语言理处理

- 自然语言处理包括的主要内容
 - 机器翻译
 - 把一种自然语言翻译成另外一种自然语言
 - 自然语言理解
 - 概念：主要研究如何使计算机能够理解和生成自然语言。
 - 理解的语言类型：声音语言、书面语言。
 - 主要步骤：语音分析、词法分析、句法分析、语义分析、语用分析。
- 自然语言理解的意义
 - 该研究不仅对智能人机接口有着重要的实际意义，而且对不确定人工智能的研究也具有重大的理论价值。有学者指出：人工智能如果不能用自然语言作为其知识表示基础，建立起不确定人工智能的理论和方法，人工智能也就永远实现不了跨越的梦想。

1.4.3 机器行为

- 机器行为就是让计算机能够具有像人那样地行动和表达能力，如走、跑、拿、说、唱、画画等。
- 机器行为则可看作智能系统的输出部分。
- 下面主要讨论：智能控制、智能检索和智能机器人等。

1.4.3 机器行为

智能控制

- **智能控制的概念：**是指那种无需或需要尽可能少的人工干预就能独立的驱动智能机器实现其目标的控制过程。它是人工智能技术与传统自动控制技术相结合的产物。
- **智能控制系统：**是指那种能够实现某种控制任务，具有自学习、自适应和自组织功能的智能系统。从结构上，它由传感器、感知信息处理模块、认知模块、规划和控制模块、执行器和通信接口模块等主要部件所组成。
- **智能控制的主要应用领域：**智能机器人系统、计算机集成制造系统（CIMS）、复杂工业过程的控制系统、航空航天控制系统、社会经济管理系统、交通运输系统、环保及能源系统等。

1.4.3 机器行为

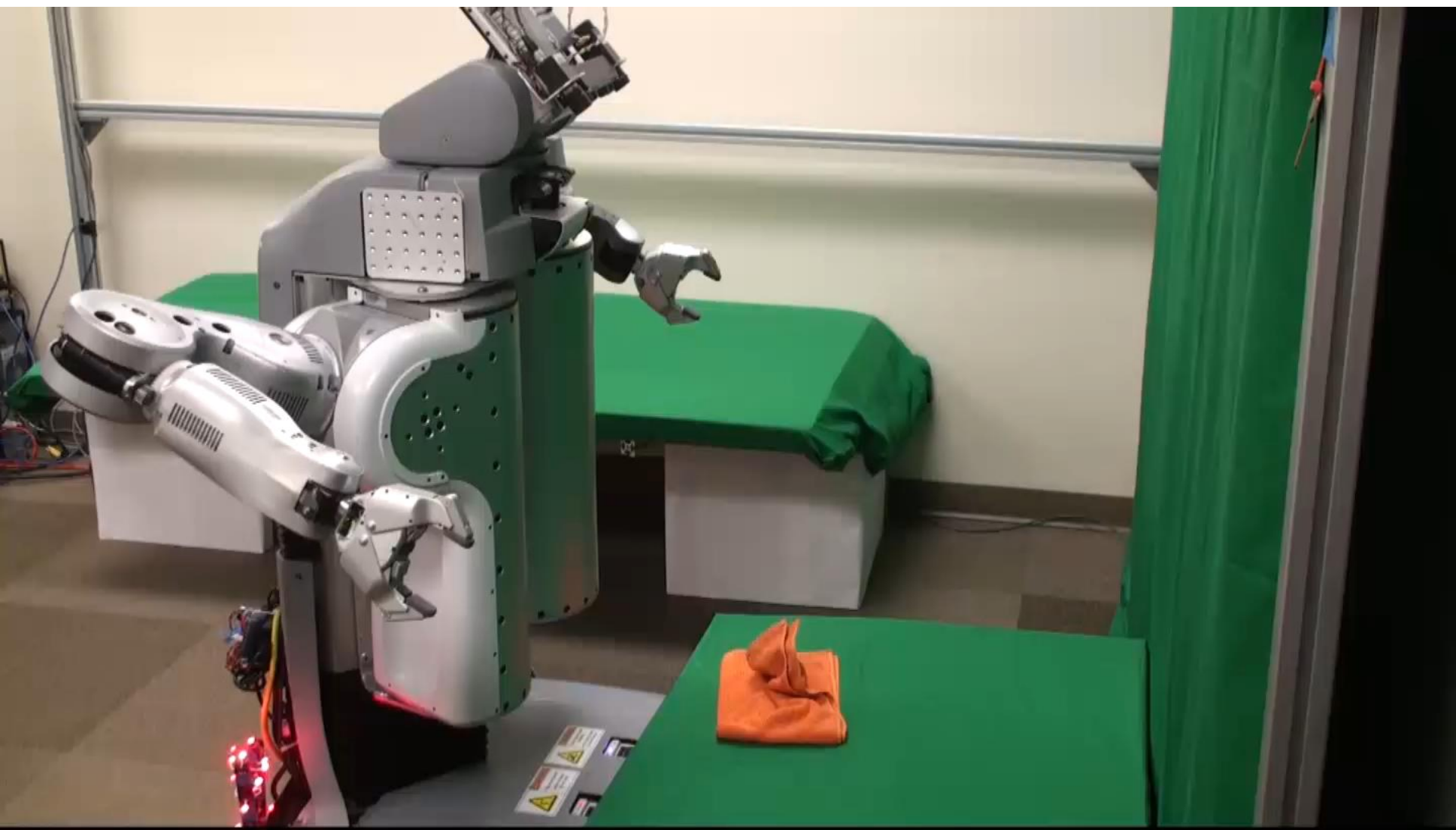
智能检索

- **智能检索的概念：**是指利用人工智能的方法从大量信息中尽快找到所需要的信息或知识。
- **智能检索的重要性：**目前，在各种数据库中，尤其是互联网上存放着大量的、甚至是海量的信息或知识。面对这种信息海洋，如果还用传统的人工方式进行检索，已很不现实。
- **智能检索系统须解决的主要问题：**
- **(1) 具有一定的自然语言理解能力，**能理解用自然语言提出的各种询问；
- **(2) 具有一定的推理能力，**能够根据已知的信息或知识，演绎出所需要的答案；
- **(3) 系统应拥有一定的常识性知识，**以补充学科范围的专业知识。系统根据这些常识，将能演绎出更一般询问的一些答案。

1.4.3 机器行为

智能机器人

- **机器人(Robots)和机器人学：**机器人(Robots)是一种可再编程的多功能操作装置。机器人学是在电子学、人工智能、控制论、系统工程、精密机械、信息传感、仿生学、以及心理学等多种学科或技术发展的基础上形成的一种综合性技术学科。
- **机器人研究的意义：**机器人既是人工智能的研究对象，同时又是人工智能的试验场地，人工智能的所有技术几乎都可以在这个领域得到应用。
- **机器人的发展过程：**经历了遥控、程序、自适应、智能机器人、情感机器人。人工智能的主要研究对象是智能机器人和情感机器人。
- **智能机器人具有的能力：**感知能力、思维能力和行为能力的机器人。这种机器人能够主动的适应外界环境变化，并能够通过学习丰富自己的知识、提高自己的工作能力。
- **情感机器人：**是一种具有情感（爱、恨...）和情绪(喜、怒、哀、乐...)功能新一代机器人。





1999

1.4.4 计算智能

- 计算智能（**Computational Intelligence, CI**）是借鉴仿生学的思想，基于人们对生物体智能机理的认识，采用数值计算的方法去模拟和实现人类的智能。
- 计算智能的三大基本领域包括神经计算、进化计算、模糊计算。

1.4.4 计算智能

神经计算

- **神经计算的概念**：亦称神经网络(Neural Network, NN)，它是通过对大量人工神经元的广泛并行互联所形成的一种人工网络系统，用于模拟生物神经系统的结构和功能。
- **主要研究内容**：包括人工神经元的结构和模型，人工神经网络的互连结构和系统模型，基于神经网络的联结学习机制等
- **人工神经元**：是指用人工方法构造单个神经元，它有抑制和兴奋两种工作状态，可以接受外界刺激，也可以向外界输出自身的状态，用于模拟生物神经元的结构和功能，是人工神经网络的基本处理单元。
- **人工神经网络的互连结构**（或称拓扑结构）是指单个神经元之间的连接模式，它是构造神经网络的基础。从互连结构的角度，神经网络可分为前馈网络和反馈网络两种主要类型。
- **网络模型**是对网络结构、连接权值和学习能力的总括。最常用的有传统的感知器模型，具有误差前向传播功能的前向传播网络模型，采用反馈连接方式的反馈网络模型等。
- **神经网络**具有自学习、自组织、自适应、联想、模糊推理等能力，在模仿生物神经计算方面有一定优势。目前，神经计算的研究和应用已渗透到许多领域，如机器学习、专家系统、智能控制、模式识别等。

1.4.4 计算智能

进化计算

- **进化计算的概念**：是一种模拟自然界生物进化过程与机制，进行问题求解的自组织、自适应的随机搜索技术。它以达尔文进化论的“物竞天择、适者生存”作为算法的进化规则，并结合孟德尔的遗传变异理论，将生物进化过程中的**繁殖、变异、竞争和选择**引入到了算法中，是一种对人类智能的演化模拟方法。
- **进化计算的主要分支**：遗传算法、进化策略、进化规划和遗传规划四大分支。其中，遗传算法是进化计算中最初形成的一种具有普遍影响的模拟进化优化算法。
- **遗传算法的基本思想**：(美国密执安大学霍兰德教授1962提出)是使用模拟生物和人类进化的方法来求解复杂问题。它从初始种群出发，采用**优胜略汰、适者生存**的自然法则**选择**个体，并通过**杂交、变异**产生新一代种群，如此逐代进化，直到满足目标为止。

1.4.4 计算智能

模糊计算

- **模糊计算**亦称模糊系统，是通过对人类处理模糊现象的认知能力的认识，用模糊集合和模糊逻辑去模拟人类的智能行为的。模糊集合与模糊逻辑是美国加州大学扎德(Zadeh)教授1965年提出的一种处理因模糊而引起的不确定性的有效方法。
- **模糊概念的定义**：通常，人们把那种因没有严格边界划分而无法精确刻画的现象称为模糊现象，并把反映模糊现象的各种概念称为模糊概念。例如，“大”、“小”、“多”、“少”等。
- **模糊概念的表示**：通常是用模糊集合来表示的，而模糊集合又是用隶属函数来刻画的。一个隶属函数描述一个模糊概念，其函数值为 $[0,1]$ 区间的实数，用来描述函数自变量所代表的模糊事件隶属于该模糊概念的程度。
- **模糊计算的争论**：一方面模糊逻辑存在一定缺陷；另一方面它在推理、控制、决策等方面得到了非常广泛的应用。

1.4.5 机器学习

- 机器学习就是让计算机能够像人那样自动地获取新知识，并在实践中不断地完善自我和增强能力。
- 机器学习是机器获取知识的根本途径，同时也是机器具有智能的重要标志。
- 机器学习有多种不同的分类方法，如果按照对人类学习的模拟方式，机器学习可分为符号学习和神经学习等

1.4.5 机器学习

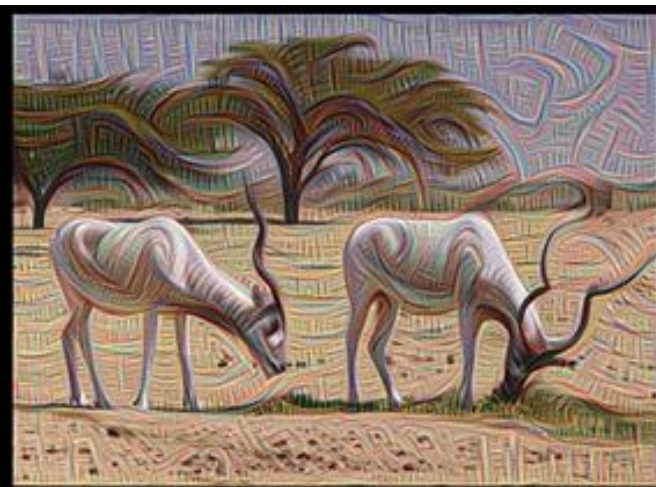
符号学习

- **符号学习的概念**：是指从功能上模拟人类学习能力的机器学习方法，它是一种基于符号主义学派的机器学习观点。
- **符号学习的类型**：可根据学习策略，即学习中所使用的推理方法，将其分为记忆学习、归纳学习、演绎学习等。
- **记忆学习**也叫死记硬背学习，它是一种最基本的学习方法，原因是任何学习系统都必须记住它们所获取的知识，以便将来使用。
- **归纳学习**是指以归纳推理为基础的学习，它是机器学习中研究得较多的一种学习类型，其任务是要从关于某个概念的一系列已知的正例和反例中归纳出一个一般的概念描述。例如，示例学习和决策树学习。
- **演绎学习**是指以演绎推理为基础的学习，解释学习是一种演绎学习方法，它是在领域知识的指导下，通过对单个问题求解例子的分析，构造出求解过程的因果解释结构，并对该解释结构进行概括化处理，得到一个可又来求解类似问题的一般性知识。

1.4.5 机器学习

神经学习

- **神经学习的概念：**神经学习也称为连接学习，它是一种基于人工神经网络的学习方法。现有研究表明，人脑的学习和记忆过程都是通过神经系统来完成的。在神经系统中，神经元既是学习的基本单位，同是也是记忆的基本单位。
- **神经学习的类型：**
- **感知器学习**实际上是一种基于纠错学习规则，采用迭代的思想对连接权值和阈值进行不断调整，直到满足结束条件为止的学习算法。
- **BP网络学习**是一种误差反向传播网络学习算法。这种学习算法的学习过程由输出模式的正向传播过程和误差的反向传播过程所组成。其中，误差的反向传播过程用于修改各层神经元的连接权值，以逐步减少误差信号，直至得到所期望的输出模式为止。
- **Hopfield网络学习**实际上是要寻求系统的稳定状态，即从网络的初始状态开始，逐渐向其稳定状态过渡，直至达到稳定状态为止。至于网络的稳定性，则是通过一个能量函数来描述的。



1.4.5 机器学习

数据挖掘和知识发现

- **概念：**知识发现和数据挖掘是在数据库的基础上实现的一种知识发现系统。它通过综合运用统计学、粗糙集、模糊数学、机器学习和专家系统等多种学习手段和方法，从数据库中提炼和抽取知识，从而可以揭示出蕴含在这些数据背后的客观世界的内在联系和本质原理，实现知识的自动获取。
- **与传统数据库技术的区别：**传统数据库技术仅限于对数据库的查询和检索，不能够从数据库中提取知识。知识发现和数据挖掘以数据库作为知识源去抽取知识，不仅可以提高数据库中数据的利用价值，同时也为各种智能系统的知识获取开辟了一条新的途径。
- **发展：**随着大规模数据库和互联网的迅速发展，知识发现和数据挖掘也从面向数据库的结构化信息的数据挖掘发展到面向数据仓库和互联网的海量、半结构化或非结构化信息的数据挖掘。

1.4.6 分布智能

- **分布智能的概念：** 分布智能主要研究在逻辑上或物理上分布的智能系统之间如何相互协调各自的智能行为，实现问题的并行求解。
- **分布智能的两个主要方向：**
- **分布式问题求解**主要研究如何在多个合作者之间进行任务划分和问题求解，它一般是针对某一问题去创建一个能够进行合作求解的协作群体；
- **多Agent系统**主要研究如何在一群自主的Agent之间进行智能行为的协调，它不限于单一目标，可创建一个能够共同处理单个目标或多个目标的智能群体。
- **多Agent系统的组成与工作：** 它由多个自主Agent所组成，其中的每个Agent都可以自主运行和自主交互，即当一个Agent需要与别的Agent合作时，就通过相应的通信机制去寻找可以合作并愿意合作的Agent，以共同解决问题。

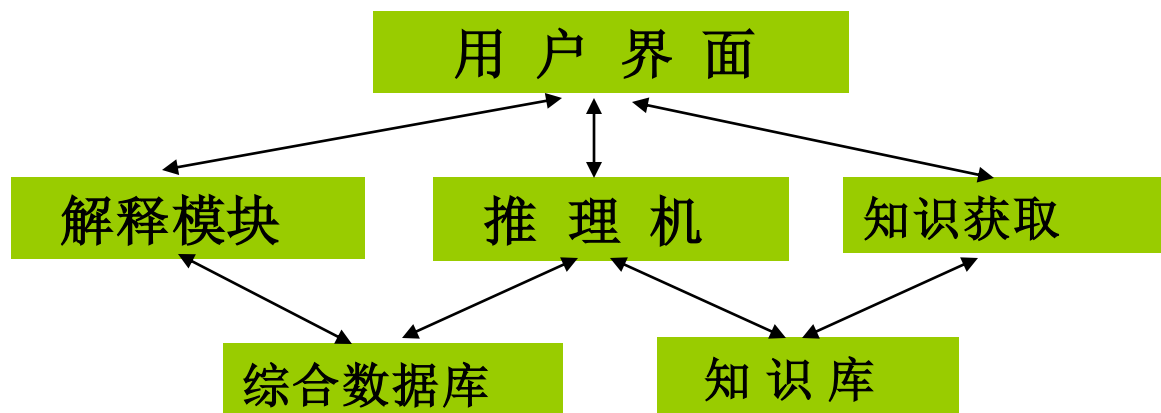
1.4.7 智能系统

- 智能系统可以泛指各种具有智能特征和功能的软硬件系统。从这种意义上讲，前面所讨论的不少研究内容都应以智能系统的形式来出现，例如智能控制系统、智能制造系统、智能检索系统等。这里主要介绍除前述研究内容以外的专家系统和智能决策支持系统。

1.4.7 智能系统

专家系统

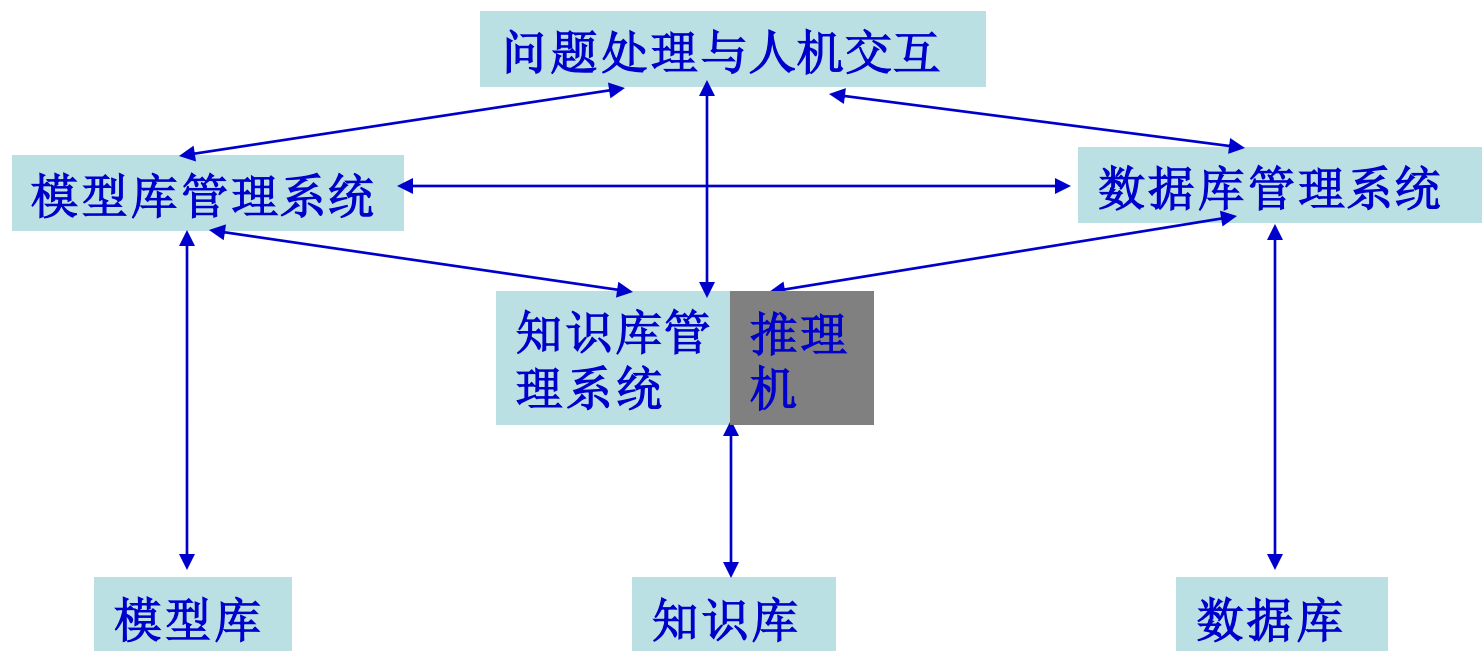
- **专家系统**是一种基于知识的智能系统，它将领域专家的经验用知识表示方法表示出来，并放入知识库中，供推理机使用。
- 随着计算网络、多**Agent**、计算智能等技术的发展，出现了模糊专家系统、神经网络专家系统、基于**Web**的专家系统、协同式专家系统和分布式专家系统等。



1.4.7 智能系统

智能决策支持系统

- 智能决策支持系统是指那种在传统决策支持系统中增加了相应的智能部件的决策支持系统。
- 智能决策支持系统是把人工智能技术，尤其是专家系统技术与决策支持系统相结合的产物，具有很宽的应用范围和很好的应用前景。



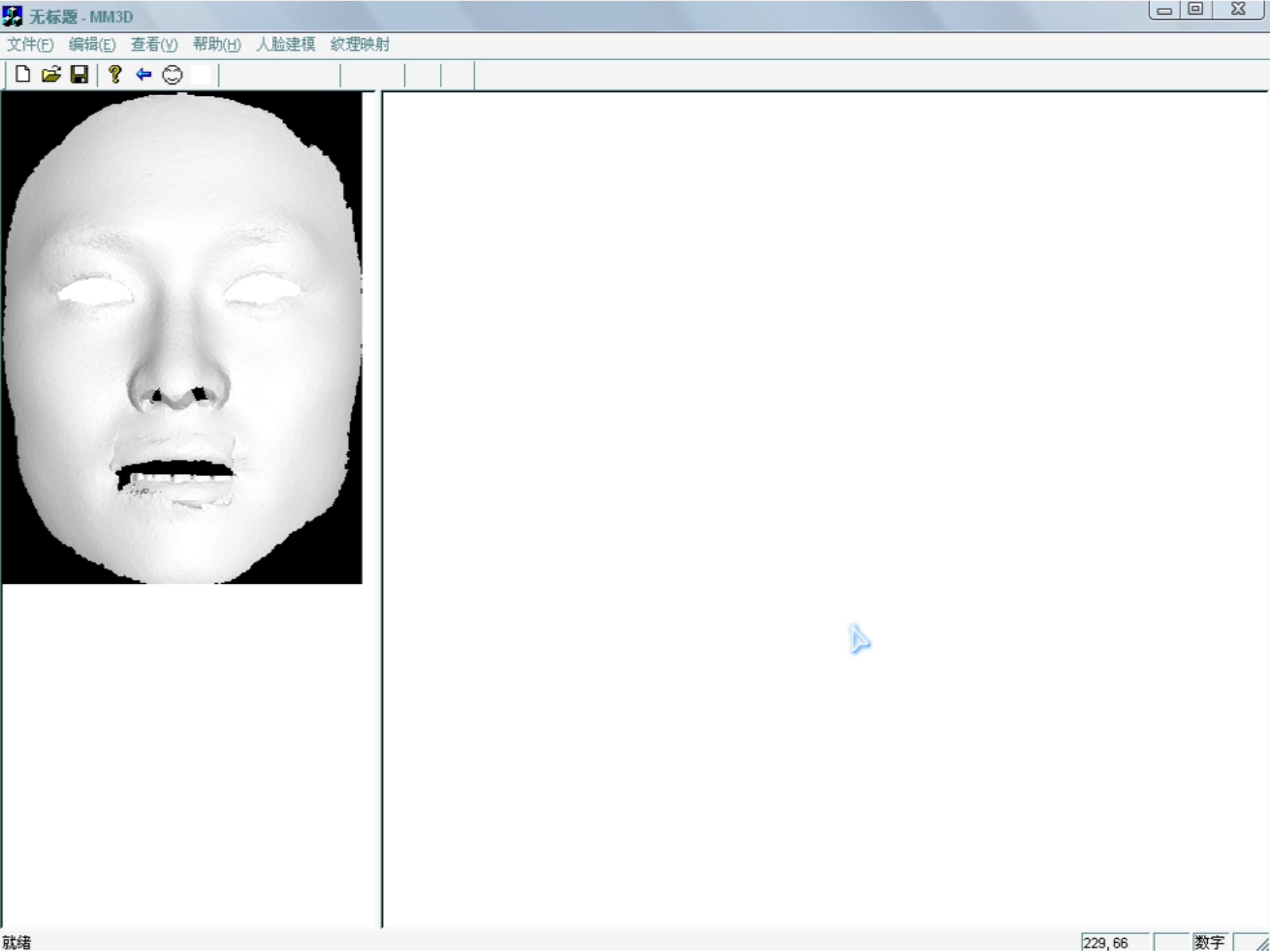
1.4.8 人工心理与人工情感(1/2)

- 智能、情感和心理
- 智能：是指感知、记忆、思维、学习、自适应、行为等能力
- 情感：指人对客观现实的态度体验。
- 情绪(侧重于生理现象：喜、怒、哀、乐...)
- 情感（侧重于价值判断：爱、恨...）
- 情操（高级的情感现象：道德、理智、审美...）
- 心理：认知、情感、意志
- 认知：实践活动中对认知信息的接收、编码、存储、提取、使用；包括感知、思维、记忆等。
- 情感： ...
- 意志：自觉地确定目的，并根据目的调节支配自身的行动，克服困难，去实现预定目标

1.4.8人工心理与人工情感(2/2)

- 人工智能、人工情感和人工心理
- 人工智能：
- 人工情感：人工情感(Artificial Emotion)是利用信息科学的手段对人类情感过程进行模拟、识别和理解，使机器能够产生类人情感并与人类进行自然和谐地人机交互的研究领域
- 人工心理：人工心理(Artificial Psychology)就是利用信息科学的手段,对人的心理活动(着重是人的情感、意志、性格、创造)的更全面再一次人工机器(计算机、模型算法等)模拟，其目的在于从心理学广义层次上研究人工情感、情感与认知、动机与情感的人工机器实现问题





1.4.9 人工生命

- 人工生命（Artificial Life）是美国洛斯·阿拉莫斯（Los Alamos）非线性研究中心克里斯·兰顿（Chris Langton），在研究“混沌边沿”的细胞自动机中于1987年提出的一个概念。
- 他认为：人工生命就是要研究能够展示人类生命特征的人工系统。即研究以非碳水化合物为基础的、具有人类生命特征的人造生命系统。
- 人工生命的研究目标就是要创造出具有人类生命特征的人工生命。
- 人工生命研究并不关心十分关心已经知道的以碳水化合物为基础的生命特殊形式，即“生命之所知（Life as we know it）”，它主要是生物学的主题
- 人工生命最关心的是生命的存在形式，即“生命之所能（Life as it could be）”。生命之所能，是人工生命研究所关心的主要问题。
- 按照这种观点，如果能从具体的生命中抽象出控制生命的“存在形式”，并且这种存在形式可以在另外一种物质中实现，那么就可以创造出基于不同物质的另外一种生命----人工生命。
- 人工生命的主要研究内容主要包括计算机进程、细胞自动机、人工脑和进化机器人等。其中，进化机器人不同于传统意义上的机器人，它是一种利用计算机和非有机物质构造出来的具有人类生命特征的人工生命实体。

研究方向

- 机器思维
 - 推理、搜索、规划
- 机器感知
 - 机器视觉、模式识别、自然语言理解
- 机器行为
 - 智能控制、智能检索和智能机器人
- 计算智能
 - 神经计算、进化计算、模糊计算
- 机器学习
 - 符号学习、神经学习、统计学习

1.4.10 人工智能的典型应用

- 目前，人工智能的应用领域已非常广泛，从理论到技术，从产品到工程，从家庭到社会，从地下到太空，智能无处不在。例如，智能CAD、智能CAI、智能产品、智能家居、智能楼宇、智能社区、智能网络、智能电力、智能交通、智能控制、智能优化、智能空天技术等。下面简单介绍其中的几种典型应用。

1.4.10 人工智能的典型应用

博弈

- **博弈的概念：**是一个有关对策和斗智问题的研究领域。例如，下棋、打牌、战争等这一类竞争性智能活动都属于博弈问题。
- **博弈的例子：**国际上，人们对博弈的研究主要以下棋为对象，其个代表性成果是IBM公司研制的IBM超级计算机“深蓝”和“小深”。国内，2006.8.9在北京举办的首届中国象棋人机大赛中，计算机以3胜5和2负（比分11:9）的微弱优势战胜人类象棋大师。
- **研究博弈的目的：**不完全是为了让计算机与人下棋，而主要是为了给人工智能研究提供一个试验场地，同时也为了证明计算机具备有智能。试想，连国际象棋世界冠军都能被计算机战败或者平局，可见计算机所具备了何等的智能水平。

1.4.10 人工智能的典型应用

自动定理证明

- **自动定理证明的概念：**就是让计算机模拟人类证明定理的方法，自动实现像人类证明定理那样的非数值符号演算过程。它既是人工智能的一个重要研究领域，又是人工智能的一种实用方法。除数学定理外，还有很多非数学领域的任务如医疗诊断、难题求解等都可转化成定理证明问题。
- **自动定理证明的主要方法：**
- **自然演绎法：**其基本思想是依据推理规则，从前提和公理中推出一些定理，如果待证明的定理恰在其中，则定理得证。这种方法的突出代表是纽厄尔等人研制的**数学定理证明程序LT**等。
- **判定法：**其基本思想是对某一类问题找出一个统一的、可在计算机上实现的算法。其突出代表是我国数学家**吴文俊院士提出的证明初等几何定理的算法**。其基本思想是把几何问题代数化，即先通过引入坐标把几何定理中的假设和求证部分用一组代数方程表达出来，然后再利用代数几何中的代数簇理论求解代数方程，以证明定理的正确性。
- **定理证明器：**是一种研究一切可判定问题的证明方法。其典型代表是**1965年鲁宾逊提出的归结原理**。
- **人机交互定理证明：**是一种通过人机交互方式来证明定理的方法。它把计算机作为数学家的辅助工具，用计算机来帮助人完成手工证明中难以完成的那些计算、推理、穷举等。其典型代表是**四色定理证明**。

1.4.10 人工智能的典型应用

智能网络

- 研究智能网络的意义
- (1) 因特网在为人提供了方便快捷的信息交换手段，但基于因特网的万维网（WWW）却是一个杂乱无章、真假不分的信息海洋，它不区分问题领域，不考虑用户类型，不关心个人兴趣，不过滤信息内容。
- (2) 传统的搜索引擎在给人们提供方便的同时，大量的信息冗余也给人们带来了不少烦恼。因此，利用人工智能技术实现智能网络具有极大的理论意义和实际价值。
- 智能网络的两个重研究内容
- 智能搜索引擎是一种能够为用户提供相关度排序、角色登记、兴趣识别、内容的语义理解、智能化信息过滤和推送等人性化服务的搜索引擎。
- 智能网络是一种与物理结构和物理分布无关的网络环境，它能够实现各种资源的充分共享，能够为不同用户提供个性化的网服务。可以形象地把智能网络比作一个超级大脑，其中的各种计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源等，都像大脑的神经元细胞一样能够相互作用、传导和传递，实现资源的共享、融合和新生。

新的老大

- 2011年2月，美国智力竞赛节目《危险边缘》的人机对战中，IBM超级计算机系统沃森战胜了人类冠军



新的老大

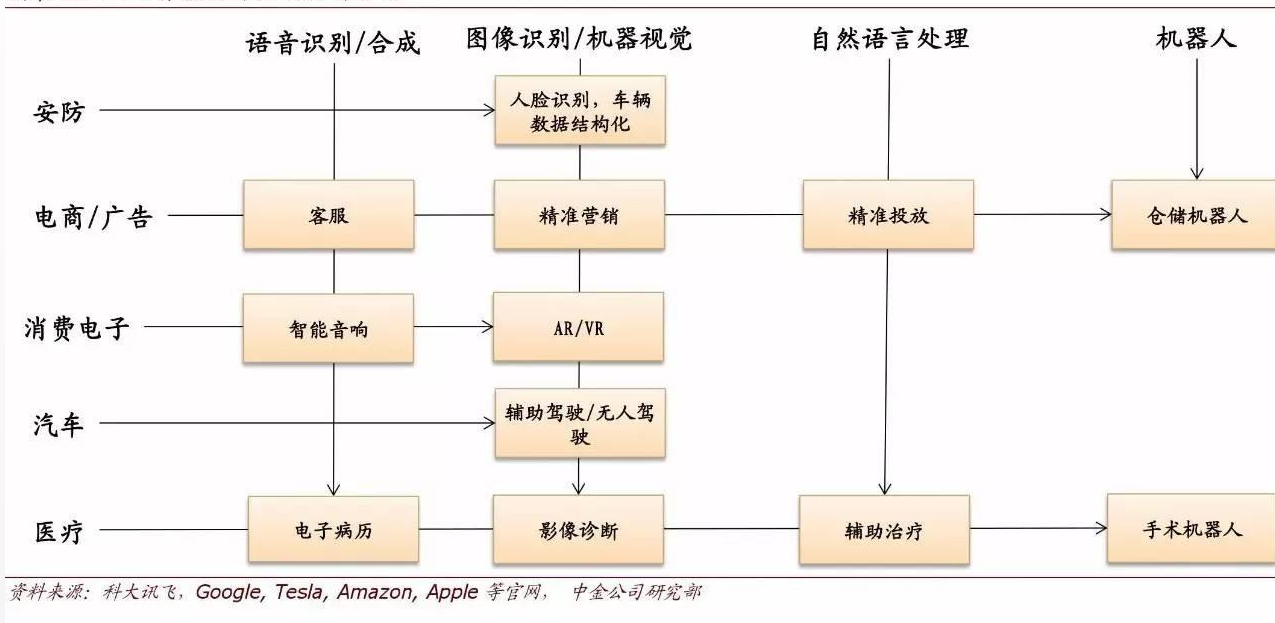
- 它通过 10 台由 IBM POWER7 系统组成的冰箱大小的机架提供动力，运行 Linux 操作系统，包含 15 TB 内存和 2880 个处理器内核，运行速度高达 80 Teraflops，即每秒执行 80 万亿次浮点计算。
- 沃森能够快速回答棘手的问题完全得益于采用了 IBM POWER 7 系统作为分析引擎。POWER7 系统经过专门的工作负载优化，能够同时处理大量信息并且运行数千个分析任务，以便跟上参赛者的速度，通过分析微妙的含义、讽刺口吻、谜语等理解线索并提供 准确的答案。
- 沃森能够在不到三秒钟的时间内研读存储在内存中的约 2 亿页自然语言内容(相当于100万本书)，并找到问题的确切答案。

AlphaGo

- 2016年3月9日，AlphaGo击败了李世石。

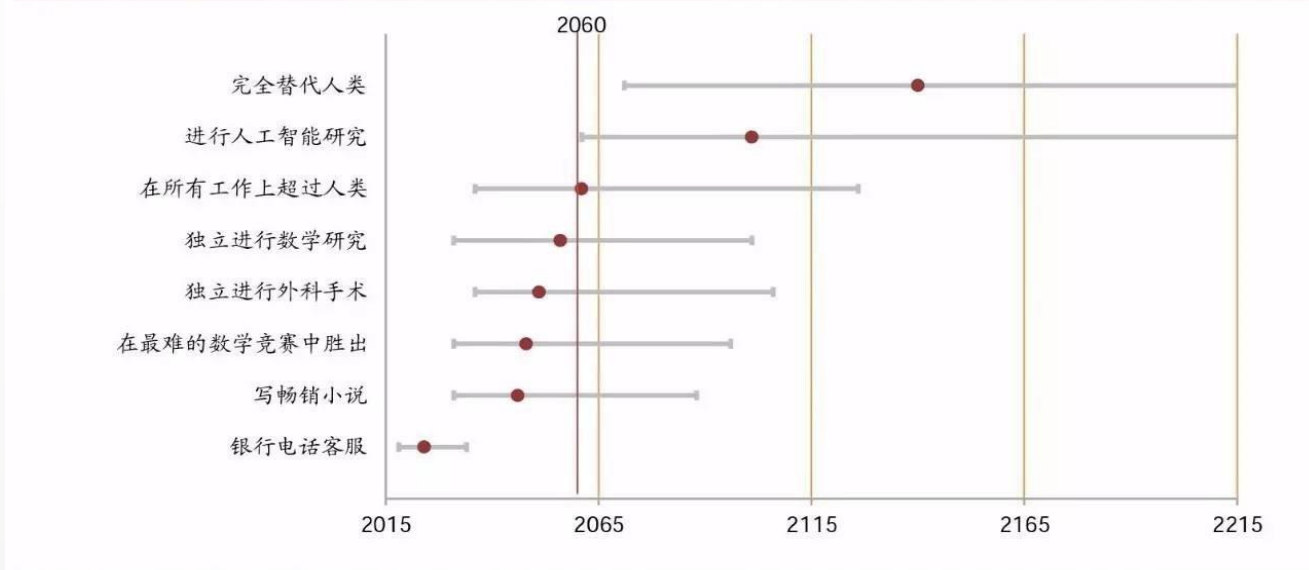


图表 2: 人工智能怎样改变各行各业



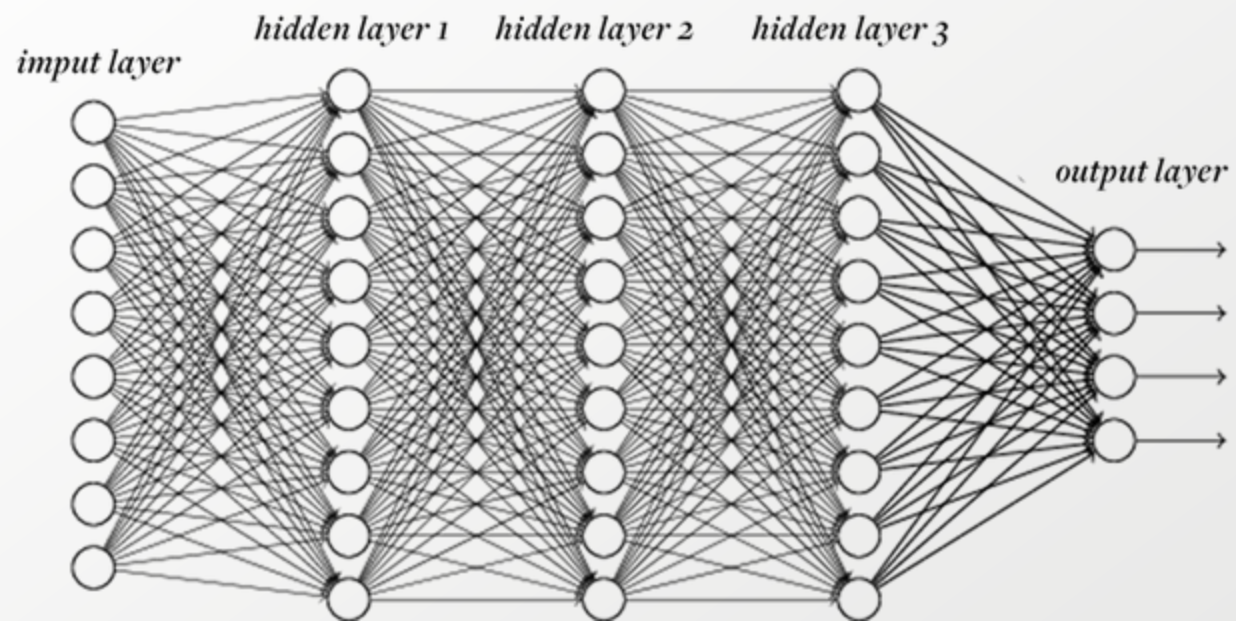
当前处于风口中的人工智能技术与行业, 四种人工智能技术(语音, 图像, 自然语言处理, 机器人)与五个行业(安防, 互联网电商/广告, 消费电子, 汽车, 医疗)(图表 2)。

图表 1: 人工智能何时超过人类

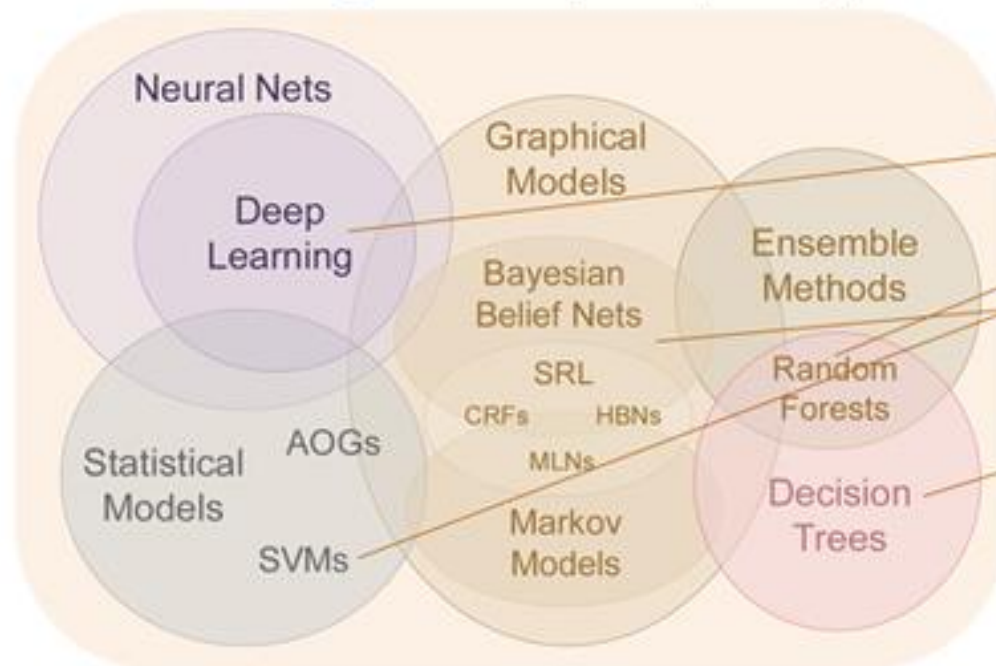


资料来源: Yale, Oxford、中金公司研究部

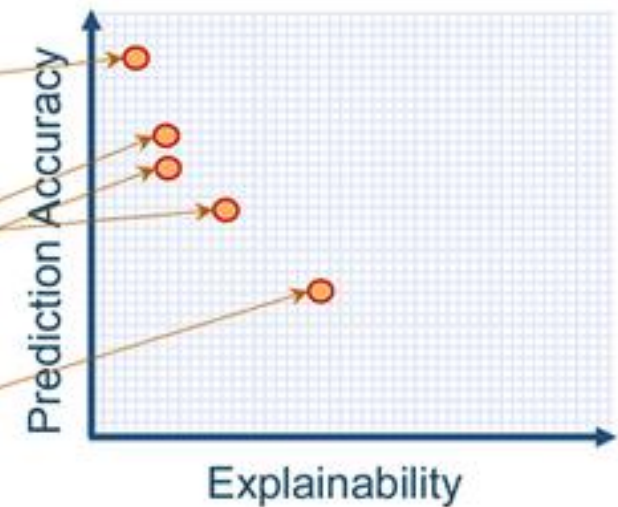
根据耶鲁大学和牛津大学的研究人员对 352 位人工智能专家进行了采访, 人工智能到2060 年前后有 50% 的概率完全超过人类。在这个过程中, 有着巨大的需求, 有个巨大的机遇。



Learning Techniques (today)



Explainability (notional)



谢谢大家！