

人工智能概述



Outline

- ❖ 什么是人工智能
- ❖ AI的基础及萌芽
- ❖ AI的创立及发展
- ❖ AI的类别和技术

人工智能的定义

❖ 人工智能（Artificial Intelligence, AI）

◆ 人工智能标准化白皮书（2018版）：人工智能是利用数字计算机或者数字计算机控制的机器模拟、延伸和扩展人的智能，感知环境、获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法、技术及应用系统。

➤ 用人工的方法在机器（计算机）上实现的智能，也称机器智能

“Getting real machines to behave like the ones in the movies.”

-- Russell Beale

《列子·汤问》

周穆王西巡狩，越昆仑，不至弇山。反还，未及中国，道有献工人名偃师。穆王荐之，问曰：“若有何能？”偃师曰：“臣唯命所试。然臣已有所造，愿王先观之。”穆王曰：“日以俱来，吾与若俱观之。”翌日偃师谒见王。王荐之，曰：“若与偕来者何人邪？”对曰：“臣之所造能倡者。”穆王惊视之，趋步俯仰，信人也。巧夫！领其颅，则歌合律；捧其手，则舞应节。千变万化，惟意所适。王以为实人也，与盛姬内御并观之。技将终，倡者瞬其目而招王之左右侍妾。王大怒，立欲诛偃师。偃师大慑，立剖散倡者以示王，皆傅会革、木、胶、漆、白、黑、丹、青之所为。王谛料之，内则肝胆、心肺、脾肾、肠胃，外则筋骨、支节、皮毛、齿发，皆假物也，而无不毕具者。合会复如初见。王试废其心，则口不能言；废其肝，则目不能视；废其肾，则足不能步。穆王始悦而叹曰：“人之巧乃可与造化者同功乎？”诏贰车载之以归。

Stuart Russell和Peter Norvig把当前有关AI的定义分成四类：

<p>Systems that <i>think</i> like humans.</p> <p>类人思维：认知模型方法</p>	<p>Systems that <i>think</i> rationally.</p> <p>理性地思考：“思维法则”方法</p>
<p>Systems that <i>act</i> like humans.</p> <p>类人行为：图灵测试方法</p>	<p>Systems that <i>act</i> rationally.</p> <p>理性地行动：理性Agent方法</p>

How to measure Machine Intelligence?

❖ Two views

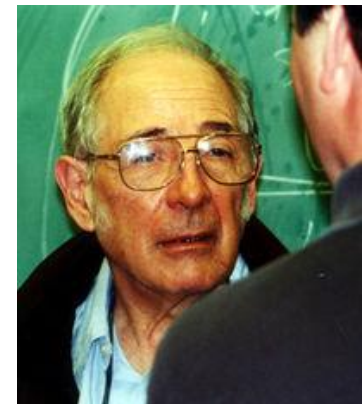
◆ Behavior/action (*weak AI*)

- Can the machine act intelligently?
- **Turing test**



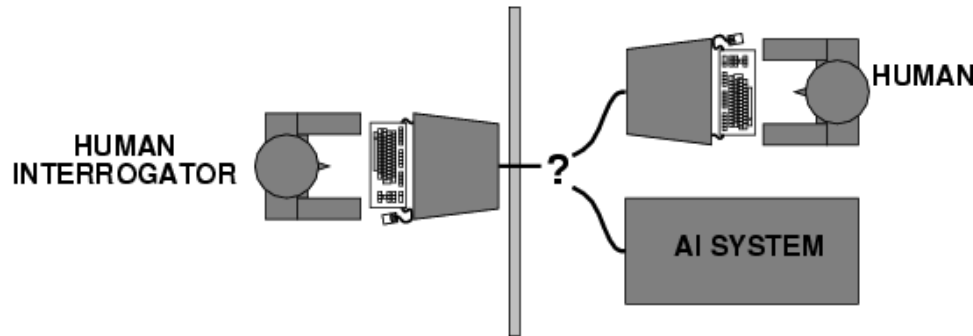
◆ Thought process/reasoning (*strong AI*)

- Are machines actually thinking?
- **Chinese Room of J. R. Searle**



Turing test

- ❖ When does a system behave intelligently?
 - ◆ Turing (1950) *Computing Machinery and Intelligence*
 - ◆ **Operational test of intelligence**: imitation game



- ◆ Requires the collaboration of major components of AI: knowledge, reasoning, language understanding, learning, ...

Chinese Room Objection

A man is in a room with a book of rules. Chinese sentences are passed under the door to him. The man looks up in his book of rules how to process the sentences. Eventually the rules tell him to copy some Chinese characters onto paper and pass the resulting Chinese sentences as a reply to the message he has received. The dialog continues. To follow these rules the man need not understand Chinese.



❖ **Therefore, Searle says (1980):**

- *no computer program can understand anything*
- *the idea of a non-biological machine being intelligent is incoherent*

Outline

- ❖ 什么是人工智能
- ❖ AI的基础及萌芽
- ❖ AI的创立及发展
- ❖ AI的类别和技术

AI的基础

- 哲学
意识、思维的理性部分的形式化
- 数学
逻辑、计算、概率
- 经济学
决策、博弈、运筹学
- 神经科学
简单细胞的集合能够导致思维、意识和行动
- 心理学
 - 如何思考和行动
 - 认知心理学：大脑当作信息处理装置
 - 实验心理学：1879年Wundt在莱比锡大学首创

AI的基础（续）

■ 计算机工程

- 电动机械式计算机**Heath Robinson**：1940年图灵研究组，用于破译德军情报
- 真空电子管通用机器**Colossus**：1943年图灵研究组
- 可编程计算机**Z-3**：1941年德国的Konrad Zuse
- 第一台电子计算机**ABC**：1940~1942年间，Atanasoff
- **ENIAC**：1946年，宾夕法尼亚大学

■ 控制论：1948年Wiener

■ 语言学：语言和思维如何联系。Skinner，乔姆斯基理论

AI的萌芽

❖ Aristotle (亚里士多德)

- ◆ 古希腊伟大的哲学家、思想家，Plato（柏拉图）的学生
- ◆ 代表作《工具论》
- ◆ 对AI的主要贡献：为**形式逻辑**奠定了基础，而形式逻辑是一切推理活动的最基本的出发点。



亚里士多德
(公元前384-322年)

AI的萌芽（续1）

❖ Aristotle对AI的主要贡献 (续)

- ◆ “三段论”
- ◆ “演绎法”
- ◆ “模态逻辑”
- ◆

三段论

以直言判断为其前提的一种演绎推理，它借助于一个共同项，把两个直言判断联系起来，从而得出结论。

例如：一切金属都是能够熔解的；铁是金属；所以，铁是能够熔解的。

AI的萌芽（续2）

❖ Bacon（培根）（1561—1626）

- ◆ 英国哲学家、自然科学家
- ◆ 著名口号：“知识就是力量”
- ◆ 代表作：《新工具》
- ◆ 对AI的主要贡献：系统地提出了“归纳法”，成为和Aristotle演绎法相辅相成的思维法则。
- ◆ 20世纪70年代，Stanford大学Feigenbaum提出专家系统时，以Bacon的口号为重要依据。
- ◆

AI的萌芽（续3）

❖ Leibnitz (莱布尼茨) （1646—1716）

- ◆ 德国数学家、哲学家
- ◆ 对AI的主要贡献：关于“**数理逻辑**”的思想，把**形式逻辑符号化**，从而能对人的思维进行运算和推理。
- ◆ 提出的计划：建立一种通用的符号语言，以及一种在此基础上进行推理的演算。
- ◆

AI的萌芽（续4）

❖ Godel (哥德尔) （1906—1978）

- ◆ 美籍奥地利数理逻辑学家
- ◆ 对AI的主要贡献：研究数理逻辑中的一些根本性问题，即“**形式系统的完备性和可判定性**”。
- ◆ 1930年证明：**一阶谓词演算的完备性定理**。
- ◆ 1931年证明了**两条不完备性定理**：提出了把人的思维形式化和机械化的某些极限，在理论上证明了有些事情是做不到的。
- ◆

AI的萌芽（续5）

❖ **Turing (图灵)** (1912—1954)

◆ 英国数学家



Alan Mathison Turing

(1912.6.23—1954.6.7)



Alan Mathison Turing
(1912.6.23—1954.6.7)

- ✓ 计算机“之父”
- ✓ 图灵测试
- ✓ 图灵机模型
- ✓ 破解德国的著名密码系统

Enigma

- ◆ 机器能够思维吗？
(1956年)

图灵奖：计算机界最高奖

AI的萌芽（续6）

❖ Von Neumann (冯.诺依曼)

- ◆ 1946年研制成功世界上第一台电子计算机“**ENIAC**”
- ◆ 对AI的主要贡献： **为人工智能研究奠定了物质基础**
- ◆

AI的萌芽（续7）

❖ James, Hebb, McCulloch & Pitts

- ◆ James发现神经元是相互连接的
- ◆ McCulloch & Pitts发现神经元的工作方式可分为“兴奋”和“抑制”，并于1943年建立第一个“**神经元数学模型**”，从而开创**微观AI**——通过模拟人脑来实现智能
- ◆ Hebb学习律：神经元相互连接强度的变化

AI的萌芽（续8）

❖ Shannon (香农)

- ◆ 美国数学家
- ◆ 1948年创立“信息论”
- ◆ 对AI的主要贡献：信息论认为人的心理活动可通过信息的形式加以研究，并提出了描述人的心理活动的数学模型。
- ◆ 信息论和心理学的结合构成了AI研究的一个重要潮流——宏观人工智能研究
- ◆

Outline

- ❖ 什么是人工智能
- ❖ AI的基础及萌芽
- ❖ AI的创立及发展
- ❖ AI的类别和技术

AI的创立和发展

AI的诞生

- 1956年夏天

- Dartmouth(达特茅斯)学院

- McCarthy（美国AI之父）召集，与会人员：

数学家McCarthy、信息学家Shannon、心理学家和神经生理学家Rochester, Moore, Solomonff, 计算机科学家Simon, Newell, Samuel, Minsky, Selfridge等。

- McCarthy提议正式使用：*Artificial Intelligence*（简称AI），标志着“人工智能”作为一门独立学科正式诞生。



A Proposal for the
DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

June 17 - Aug. 16

We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves. We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer.

The following are some aspects of the artificial intelligence problem:

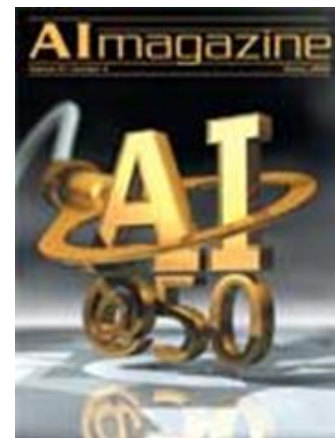
1) Automatic Computers

If a machine can do a job, then an automatic calculator can be programmed to simulate the machine. The speeds and memory capacities of present computers may be insufficient to simulate many of the higher functions of the human brain, but the major obstacle is not lack of machine capacity, but our inability to write programs taking full advantage of what we have.

2) How Can a Computer be Programmed to Use a Language

It may be speculated that a large part of human thought consists of manipulating words according to rules of reasoning

建议书（1955年）



提出proposal的四位学者

- ◆ ProJohn McCarthy (时任 Dartmouth数学系助理教授, 1971年度图灵奖获得者)
- ◆ Marvin Lee Minsky (时任哈佛大学数学系和神经学系Junior Fellow, 1969年度图灵奖获得者)
- ◆ Claude Shannon (Bell Lab, 信息理论之父)
- ◆ Nathaniel Rochester(IBM, 第一代通用计算机701主设计师)

人工智能的诞生

Proposal中列举的Artificial Intelligence关注的七个问题

- Automatic Computers
- How Can a Computer be Programmed to Use a Language
- Neuron Nets
 - ◆ set of (hypothetical) neurons be arranged so as to form concepts
- Theory of the Size of a Calculation
- Self-improvement: 自我学习与提高
- Abstractions: 归纳与演绎
- Randomness and Creativity

创始人

- ❖ 马文 明斯基(Marvin Lee Minsky), 1969年ACM(Association for Computing Machine)图灵奖获得者, “人工智能之父”, 框架理论创立者。2016年1月去世, “上帝着迷于人工智能, 所以请去了Marvin Minsky”。
- ❖ 约翰 麦卡锡 (John McCarthy, jmc@cs.stanford.edu), 1971年图灵奖获得者, “人工智能之父”, LISP语言的发明人。
- ❖ 纳撒尼尔 罗切思特和克劳德 香农 (信息科学的主要奠基人), 奥利弗 塞尔弗里奇、雷 所罗门诺夫、特伦查德 莫尔。
- ❖ 赫尔伯特 A 西蒙 (Herbert Alexander Simon) 1974年图灵奖获得者 (与艾伦·纽厄尔 (Allen Newel) 一起), 符号主义学派创始人。

2006年重聚达特茅斯



摩尔 麦卡锡 明斯基 赛弗里奇 所罗门诺夫

- ❖ 人工智能主要发源于麻省理工学院
- ❖ 认知科学主要发源于卡内基—梅隆大学
- ❖ 专家系统主要发源于斯坦福大学



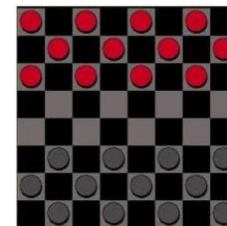
MIT的标志性建筑

AI曲折的发展历程

- ❖ 早期的热情、巨大的期望（1952-1969）
- ❖ 现实的困境（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）
- ❖ Intelligent Agent的出现（1995 – 现在）
- ❖ 极大数据集的可用性（2001 – 现在）
- ❖

1. 早期的热情，巨大的期望 (1952~1969)

- ❖ **自然语言的机器翻译。** 1954年IBM公司在701计算机上做俄译英的公开表演。此时，前苏联、中国也开展了机器翻译的研究。
- ❖ **利用计算机证明数学定理。** 1956年，Newell和Simon，用程序Logic Theorist证明《数学原理》第二章中的38条定理，1963年证明全部52条定理。
- ❖ 1956年，**Samuel**研制了**第一个跳棋程序**，具有学习功能，打败一个州冠军。



AI研究早期的热情（续1）

- ❖ 1956年，**Selfridge**研制第一个字符识别程序。1959年，又提出功能更强的模式识别。
- ❖ 1957年，**Newell, Shaw**和**Simon**研究不依赖具体领域的通用解题程序**GPS(General Problem Solving)**
- ❖ 1965年，**Robinson**提出消解法（即归结原理），掀起研究计算机定理证明的又一次高潮。

Overwhelming optimism...

- ❖ Machines will be capable, within twenty years, of doing any work a man can do.
- ❖ Within 10 years the problems of artificial intelligence will be substantially solved.
- ❖ I visualize a time when we will be to robots what dogs are to humans, and I'm rooting for the machines.

.....

2. 现实的困境 (1966~1973)

- ❖ 消解法（归结原理）能力有限

例如：证明两个连续函数之和仍是连续函数，推了10万步还没有推出来。

- ❖ Samuel的下棋程序：1965年，世界冠军**Hellmann**获得四连胜。

- ❖ 机器翻译闹出不少笑话

有人挖苦说，美国花了2000万美元为机器翻译立了一块“墓碑”。

机器翻译闹出的笑话举例：

- ❖ “*The spirit is willing but the flesh is weak*” (心有余而力不足)
 - ◆ 机器翻译过程：英语 → 俄语 → 英语
 - ◆ 结果被译为：“*The vodka is good but the meat is spoiled*”，意思是“伏特加是好的，肉变质了”
 -
- ❖ “*Out of sight, out of mind*” (眼不见心不烦)
 - ◆ 将其翻译成俄语，竟成了：“又瞎又疯”

.....

2. 现实的困境 (续)

- ❖ 从神经生理学角度研究AI，存在不可逾越的困难。人脑有 10^{10} 以上个神经元，能否将 10^{10} 个机器组成一个联合运行的网络？
- ❖ 1973年，英国发表了 *Lighthill report*，认为AI的研究即使不是骗局，至少也是庸人自扰。终止了英国的AI研究。
- ❖ IBM公司也取消了本公司范围内的AI研究活动。

Implications of early era

❖ Problems:

- ◆ Limited computation: search space grew exponentially, outpacing hardware
- ◆ Limited information: complexity of AI problems (number of words, objects, concepts in the world)

❖ Useful contributions (John McCarthy):

- ◆ Lisp
- ◆ Garbage collection
- ◆ Time-sharing

3. KBS: 力量的钥匙? (1969 – 1979)

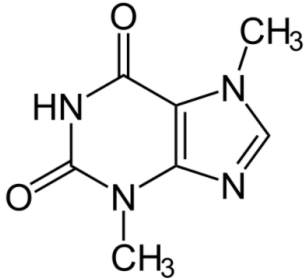


- ❖ Newell, Simon等老一辈AI专家，关心的是“通用的、万能的符号逻辑运算体系”——物理符号系统假设。
- ❖ Nilsson更进一步提出，物理符号体系的核心方法是逻辑演绎方法。他的口号——“命题主义”，主张一切AI研究应在一个类似逻辑的形式框架内进行。
- ❖ 1968年，Stanford年轻教授Feigenbaum主持的专家系统DENDRAL问世，开创了AI的一个重要应用领域，以知识为基础的专家咨询系统（KBS）。

Feigenbaum及其提出的KBS的主要贡献

- ❖ 在IJCAI-1977上，Feigenbaum提出知识工程、专家系统及其开发工具。
- ❖ Feigenbaum认为，万能的逻辑体系从根本上说是不可能的，其最大弱点就是缺乏知识，缺乏人类在几千年的文明史上积累起来的知识。
- ❖ Feigenbaum的主要贡献：
 - ◆ 知识工程是1977-1987AI中最有成就的分支之一
 - ◆ 在恢复和推进AI的社会形象方面起了很大作用

Knowledge-based systems (70-80s)



DENDRAL: infer molecular structure from mass spectrometry



MYCIN: diagnose blood infections, recommend antibiotics



XCON: convert customer orders into parts specification

Knowledge-based systems

❖ Wins:

- ◆ Knowledge helped both the information and computation gap
- ◆ First real application that impacted industry

❖ Problems:

- ◆ Deterministic rules couldn't handle the uncertainty of the real world
 - ◆ Rules quickly became too complex to create and maintain
- ❖ 1987: Collapse of Lisp machines and second AI winter

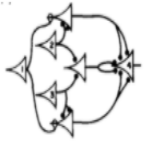
4. AI成为工业 (1980 – 现在)

- ❖ 专家系统及其开发工具
- ❖ 1981年，日本的“第五代计算机”计划
- ❖ 英国的Alvey Report建议恢复投资AI
提出“基于知识的智能系统” (Intelligent Knowledge Based System, IKBS)

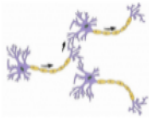
5. 神经网络的回归 (1986 – 现在)

- ❖ 1969年提出的反向传播算法以新形式示人
- ❖ 1986年，Rumelhart & McClelland: 主编论文集 — *Parallel Distributed Processing*
- “联接主义”方法，与“符号主义”方法形成互补

Artificial neural networks



1943: artificial neural networks, relate neural circuitry and mathematical logic (McCulloch/Pitts)



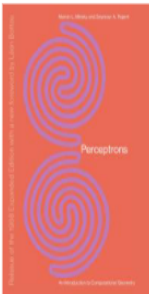
1949: "cells that fire together wire together" learning rule (Hebb)



1958: Perceptron algorithm for linear classifiers (Rosenblatt)

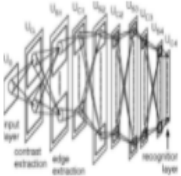


1959: ADALINE device for linear regression (Widrow/Hoff)



1969: Perceptrons book showed that linear models could not solve XOR, killed neural nets research (Minsky/Papert)

Revival of connectionism



1980: Neocognitron, a.k.a. convolutional neural networks for images (Fukushima)

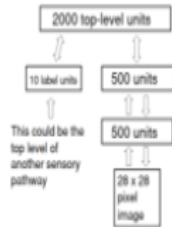


1986: popularization of backpropagation for training multi-layer networks (Rumelhardt, Hinton, Williams)



1989: applied convolutional neural networks to recognizing handwritten digits for USPS (LeCun)

Deep learning



2006: unsupervised layerwise pre-training of deep networks (Hinton et al.)



2012: AlexNet obtains huge gains in object recognition; transformed computer vision community overnight



2016: AlphaGo uses deep reinforcement learning, defeat world champion Lee Sedol in Go

6. AI成为科学（1987—现在）

- ❖ AI理论应建立在严密的**数学基础**上
- ❖ 严格的定理、确凿的实验证据，**不靠直觉**
- ❖ **与现实应用相关**，而不是与玩具样例相关
- ❖ 机器学习不应与**信息论**分离
- ❖ 不确定性推理不应与**随机模型**分离
- ❖ 搜索不应和**经典的优化及控制**分离
- ❖ 自动推理不应和**形式化方法**分离
- ❖ 在方法论上，AI已成为坚实的**科学方法**
- ❖ 利用Internet和共享测试数据库及代码，AI系统的**重复实验**成为可能

7. Intelligent Agent的出现（1995-现在）

- ❖ **Internet** : Intelligent Agent最重要的环境之一
- ❖ AI 成为搜索引擎、推荐系统、商务智能系统的基本工具
- ❖ “**Agent**的观点” : 将AI领域目前分离的子领域重新组织为一个有机整体
 - ◆ Russell & Norvig. AI: A Modern Approach
 - ◆ Pools *et al.* 1998
 - ◆ Nilsson, 1998
 - ◆

发展阶段	年份	标志事件
第一次浪潮 (1956-1974)	1956	达特茅斯会议，首次提出了“人工智能”的概念
	1957	Frank Rosenblatt 提出了“感知器（Perceptron）”，这是第一个用算法来精确定义两层的神经网络，是日后许多神经网络模型的始祖
	1965	Joseph Weizenbaum 开发了互动程序 ELIZA，是一个理解早期语言的计算机程序
	1964	Daniel Bobro 开发了自然语言理解程序“STUDENT”
第一次寒冬 (1974-1980)		
第二次浪潮 (1980-1987)	1980	CMU 为 DEC 公司研发了“专家系统”，帮助其每年节约了 4000 万美元的费用，受此鼓励很多国家再次投入巨资开发
	1986	用于人工神经网络的反向传播算法的提出，给机器学习带来了希望，掀起了基于统计模型的机器学习热潮
	1989	Yann LeCun 成功将反向传播算法应用于多层神经网络，可以识别邮编
第二次寒冬 (1987-1993)		
平稳发展 (1993-2010)	1997	IBM 研发的超级计算机 Deep Blue 击败人类象棋冠军
	2006	Geoffrey Hinton 提出利用预训练方法缓解了局部最优解问题，将隐含层推动到 7 层，由此揭开了深度学习的热潮
	2007	旨在帮助视觉对象识别软件进行研究的大型注释图像数据库 ImageNet 成立
	2009	谷歌开始研发无人驾驶汽车，2014 年谷歌在内华达州通过了自动驾驶测试
人工智能浪潮 席卷全球 (2010-)	2011	IBM 研发的 waston 系统在美国电视问答节目 Jeopardy 上击败了两名人类冠军选手
	2012	Jeff Dean 和吴恩达向神经网络展示 1000 万来自 YouTube 视频随机截取的图片，发现它能识别一只猫
	2012	深度神经网络在图像识别领域取得惊人的效果，在 ImageNet 评测上将错误率从 26%降低到 15%
	2015	微软 ResNet 获得了 ImageNet 的冠军，错误率仅为 3.5%
	2016	AlphaGo 战胜围棋世界冠军李世石，2017 年化身 Master，再次出战横扫棋坛

Outline

- ❖ 什么是人工智能
- ❖ AI的基础及萌芽
- ❖ AI的创立及发展
- ❖ AI的类别和技术



from 《人工智能与大数据技术》

从典型任务/应用对人工智能分类

（上世纪70年代以来）

- 机器定理证明（逻辑和推理），仿解题者
- 机器翻译（自然语言理解），仿译者
- 专家系统（问题求解和知识表达），仿专家如医生
- 博弈（树搜索），仿弈者
- 模式识别与机器学习（神经网络等），仿学习认知者
- 机器人和智能控制（感知和控制），仿生物者
- 形成了符号学派、连接学派、行为学派

进化学派

类推学派

贝叶斯学派

模拟人的心智

符号学派

知识表示

模拟脑的结构

联结学派

神经网络

模拟人的行为

行为学派

机器人

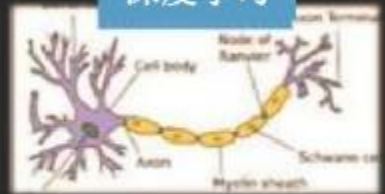


聪明的AI

感知
识别
判断



深度学习



有学识的AI

思考
语言
推理



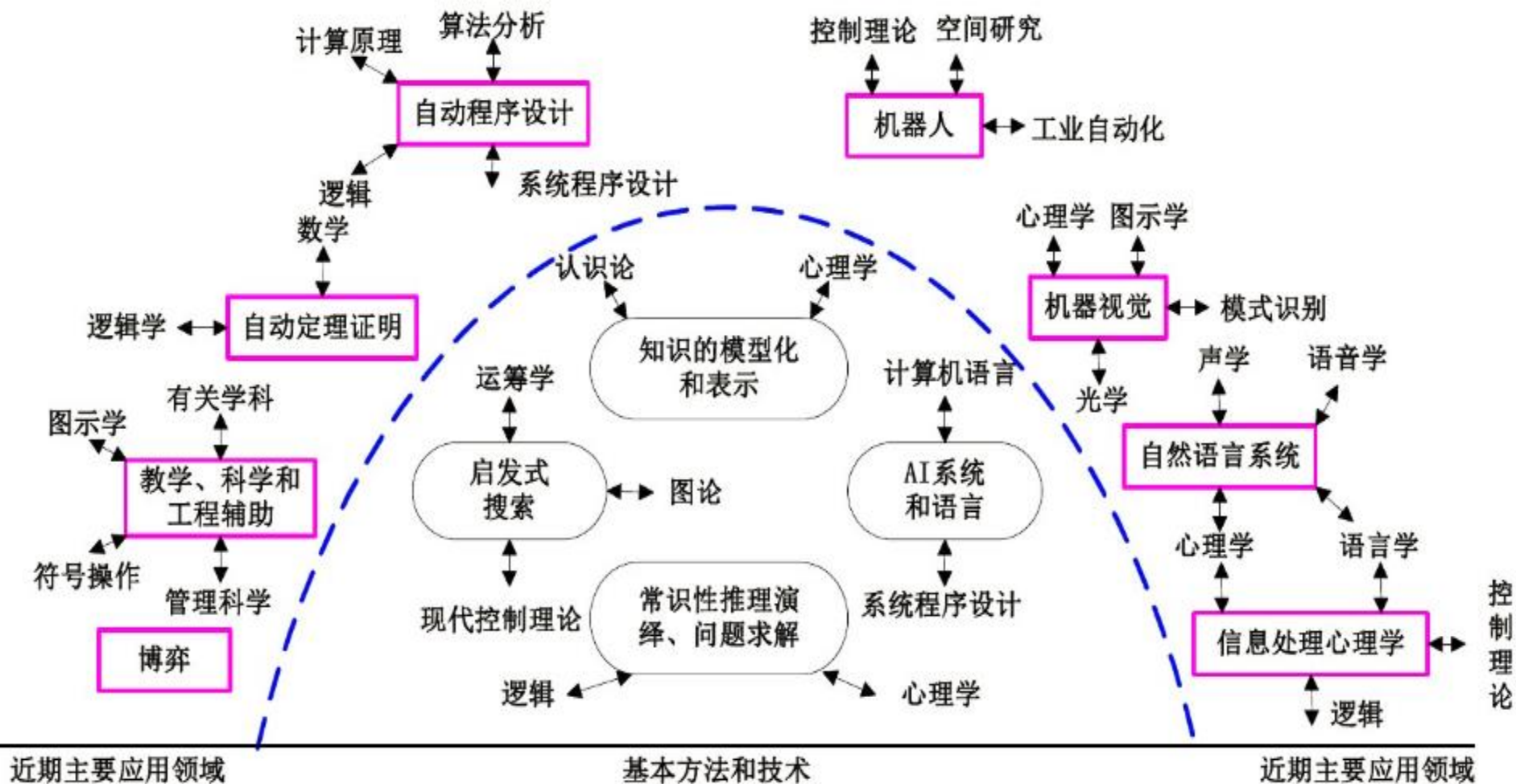
知识图谱



人工智能的基本技术

- ❖ 知识表示（Knowledge Representation）
状态空间法、问题归约法、谓词逻辑法、语义网络、产生式系统、框架结构...
- ❖ 搜索推理（Searching & Reasoning）
盲目搜索、启发式搜索、博弈树搜索、消解原理、确定性推理、不确定性推理...
- ❖ 机器学习&计算智能（Machine Learning & Computational Intelligence）
统计学习、神经网络...
模糊计算、神经计算、进化计算...
- ❖ 构成技术（系统与语言）
产生式系统、LISP语言、Prolog语言...

AI学科结构



从智能角度对人工智能的分类

- **领域人工智能**
- 依葫芦画瓢、任务导向，如Deep Blue和AlphaGo
- **通用人工智能或跨领域人工智能**
- 举一反三、从经验中学习，如“人类”智能

Traditional AI	Artificial General Intelligence (AGI)
Focus on having knowledge and skills	Focus on acquiring knowledge and skills
Action acquiring via programing	Ability acquiring via learning
domain-specific ability via rule-based and exemplar-based	general ability via abstraction (intuition) and context (common sense)
Learning by data and rules	Learning to learn

人工智能的发展

摘自美国国防高级研究计划局 (DARPA) 的观点与
《终极算法》(THE MASTER ALGORITHM)

