

Artificial Intelligence

人工智能

(Artificial Intelligence , A
I)

A

裴振奎

Tel:15345325828

计算机与通信工程学院计算机科学系

教材及参考书

- 人工智能导论(第4版), 王万良编著, 高等教育出版社
- 人工智能及其应用(第三版), 王万良编著, 高等教育出版社
- 人工智能, 史忠植编著, 机械工业出版社
- 人工智能及其应用(第5版), 蔡自兴等编著, 清华大学出版社
- 机器学习, 周志华著, 清华大学出版社
- 人工神经网络理论及其应用, 韩立群等编著, 机械工业出版社
- 深度学习、优化与识别, 焦李成等编著, 清华大学出版社
- 神经网络与机器学习(第3版)(英文影印版), **Simon Haykin** 著, 机械工业出版社(也有中文译文版)
- 人工智能:一种现代的方法(第3版)(英文版), **Stuart J. Russell** 著,

清华大学出版社。原出版社: **Prentice Hall**

原书名: **Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition)**

AlphaGo 与人工智能

在 2016 年 3 月 9 日这一天，AlphaGo 打败了拥有人类围棋最高水平的李世石。这一天有可能成为人类历史的一个转折点。

围棋是人类历史上最复杂的智力游戏，没有之一，随着 AI 的发展，人类在各种棋类运动上被机器人击败。但在此之前从来就没有机器人能够在围棋这一方面击败人类，这是人类十分引以为豪的事情，但这一切都被改变了。

AlphaGo 与人工智能

让我们通过数据来分析一下围棋的复杂程度，计算机总是通过枚举法来解决问题，但是对于围棋来说，如果要用枚举法来解决如何落子，那么计算量将会达到 10^{173} 次方。也许有人认为这个数字很平常，但我将会告诉你这个数字有多么庞大，庞大到可怕。宇宙中的所有的星球大约有 7×10^{22} 次方个，那么大约要 1.42×10^{151} 次方个宇宙的星球的数量才能达到这个数字；宇宙中的原子数目大约是 10^{70} 次方个，那么 10^{103} 次方个宇宙中的所有原子加起来才能达到这个数字。

AlphaGo 与人工智能

这么庞大的计算量，就算是倾尽人类所有的资源都远远不能能达到，那么 AlphaGo 是如何做到打败李世乭的呢？答案是它是会思考的，它是会学习的！

AlphaGo 与每一个围棋选手进行博弈，它就会记下每一步棋的走法，并且学习每一个棋手的战略和风格，然后并利用这些战略和风格去对付其他的棋手。也就是说，它与别人下棋越多，它学到的东西就越多，它的围棋水平就越高。AlphaGo 掌握了一定的学习能力，它就是在这样的学习中获得成长，进一步变得越来越强大。

我国 AI 发展

- 2017 年 7 月，国务院印发了《新一代人工智能发展规划》，规划提出了面向 2030 年我国新一代人工智能发展的指导思想、战略目标、重点任务
- 2017 年 12 月，工业和信息化部印发了《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》，以新一代人工智能技术的产业化和集成应用为重点，加快制造强国和网络强国建设
- 2018 年 4 月，教育部印发了《高等学校人工智能创新行动计划》，提出高校要不断推动人工智能与实体经济深度融合，鼓励建立人工智能学院 / 研究院，多种方式开展高层次人才培养。

我国 AI 发展（续 1）

- **10月26日**，十三届全国人大常委会举行第七讲专题讲座。中国科学院院士谭铁牛作了题为《人工智能的创新发展与社会影响》的讲座。
- **10月31日**下午就**人工智能发展现状和趋势**举行中共中央政治局第九次集体学习。北京大学教授、中国工程院院士高文就这个问题作了讲解，并谈了意见和建议。中共中央总书记习近平在主持学习时强调，人工智能是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量，加快发展新一代人工智能是事关我国能否抓住新一轮科技革命和产业变革机遇的战略问题。要深刻认识加快发展新一代人工智能的重大意义，加强领导，做好规划，明确任务，夯实基础，促进其同经济社会发展深度融合，推动我国新一代人工智能健康发展。

我国 AI 发展（续 2）

今年中国人工智能学会、中国计算机学会、中国自动化学会、中国电子学会等都举办了一些人工智能方面的学术活动。下面以**中国人工智能学会**的活动为例说明。

- 2018 GLOBAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY CONFERENCE (GAITC) , 2018 全球人工智能技术大会，于 **5月 19-20 日**在北京国家会议召开。
- 中国人工智能大会 (CCAI) , CCAI2018 于 2018 年 **7 月 28 日 -29 日**在深圳召开。
- 2018 年 **9月 14 日 -16 日**， 2018 第四届中国智能技术与大数据会议 (CITBD2018) 在重庆成功举办。

我国 AI 发展（续 3）

- 2018 世界人工智能大会于 **9月 17 至 19 日** 在上海拉开帷幕，本次大会以“人工智能赋能新时代”为主题，吸引了谷歌、微软、百度、阿里、腾讯、华为、科大讯飞等国内外行业领军企业出席。外媒报道称，2018 世界人工智能大会是人工智能领域规格最高、规模最大、影响力最强的盛会。**习近平主席致信祝贺 2018 世界人工智能大会开幕**
- 中国智能产业高峰论坛（CIIS2018）将于 **11月 17 日 -11 月 18 日** 在成都召开。大会设置了很多分论坛：

全国高校人工智能院长 / 系主任论坛、人工智能与安全专题论坛、深度学习专题论坛、女科技工作者专题论坛、智能交通与人工智能专题论坛、智能服务机器人专题论坛、智能创意与数字艺术专题论坛、模式识别与智能感知专题论坛、类脑智能专题论坛、机器人技术与创客教育分论坛、知识智能专题论坛、智慧能源专题论坛

我国 AI 发展（续 4）

- 目前是“互联网 +”的时代
- 正在进入“人工智能 +”的时代

过去未去，未来已来

第 1 章 绪论

人工智能课程的特点

- 没有专业限制：人工智能（**AI**）属于计算机科学的研究领域，但 **AI** 是研究机器智能，凡是运用人脑的地方都可以运用 **AI**，因此，**AI** 可应用于各专业领域。
- 永远不过时：**AI** 是研究机器智能，对人类智慧的不断逼近，但永远不会超过人类智慧，因此，**AI** 永远不会过时。
- 研究方法自然：**AI** 模拟人类解决问题，因此，**AI** 的研究方法非常自然，容易理解。

第1章 绪论

- 1956 年正式提出人工智能
(**artificial intelligence, AI**)

这个术语并把它作为一门新兴科学的名称。

- 20 世纪三大科学技术成就

:
空间技术
原子能技术



第1章 絮论

- 1.1 人工智能的基本概念
- 1.2 人工智能的发展简史
- 1.3 人工智能研究的基本内容
- 1.4 人工智能的主要研究领域

第1章 絮论

✓ 1.1 人工智能的基本概念

□ 1.2 人工智能的发展简史

□ 1.3 人工智能研究的基本内容

□ 1.4 人工智能的主要研究领域

1.1.1 智能的概念

- 自然界四大奥秘：物质的本质、宇宙的起源、生命的本质、智能的发生。
- 对智能还没有确切的定义，主要流派有：
 - (1) 思维理论：智能的核心是思维
 - (2) 知识阈值理论：智能取决于知识的数量及一般化程度
 - (3) 进化理论：用控制取代知识的表示
- 智能是~~知识~~ 知识是一切智能行为的基础
 - 获取知识并应用知识求解问题的能力

1.1.2 智能的特征

1. 感知能力：通过视觉、听觉、触觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力。

80% 以上信息通过视觉得到， 10% 信息通过听觉得到。

2. 记忆与思维能力

存储由感知器官感知到的外部信息以及由思维所产生的知识

对记忆的信息进行处理

1.1.2 智能的特征

(1) 逻辑思维（抽象思维）

- 依靠逻辑进行思维。
- 思维过程是串行的。
- 容易形式化。
- 思维过程具有严密性、可靠性。

(2) 形象思维（直感思维）

- 依据直觉。
- 思维过程是并行协同式的。
- 形式化困难。
- 在信息变形或缺少的情况下仍有可能得到比较满意的结果◦

1.1.2 智能的特征

(3) 顿悟思维（灵感思维）

- 不定期的突发性。
- 非线性的独创性及模糊性。
- 穿插于形象思维与逻辑思维之中。

3. 学习能力

学习既可能是自觉的、有意识的，也可能是不自觉的、无意识的；既可以是有教师指导的，也可以是通过自己实践的。

4. 行为能力（表达能力）

人们的感知能力：用于信息的输入。

行为能力：信息的输出。

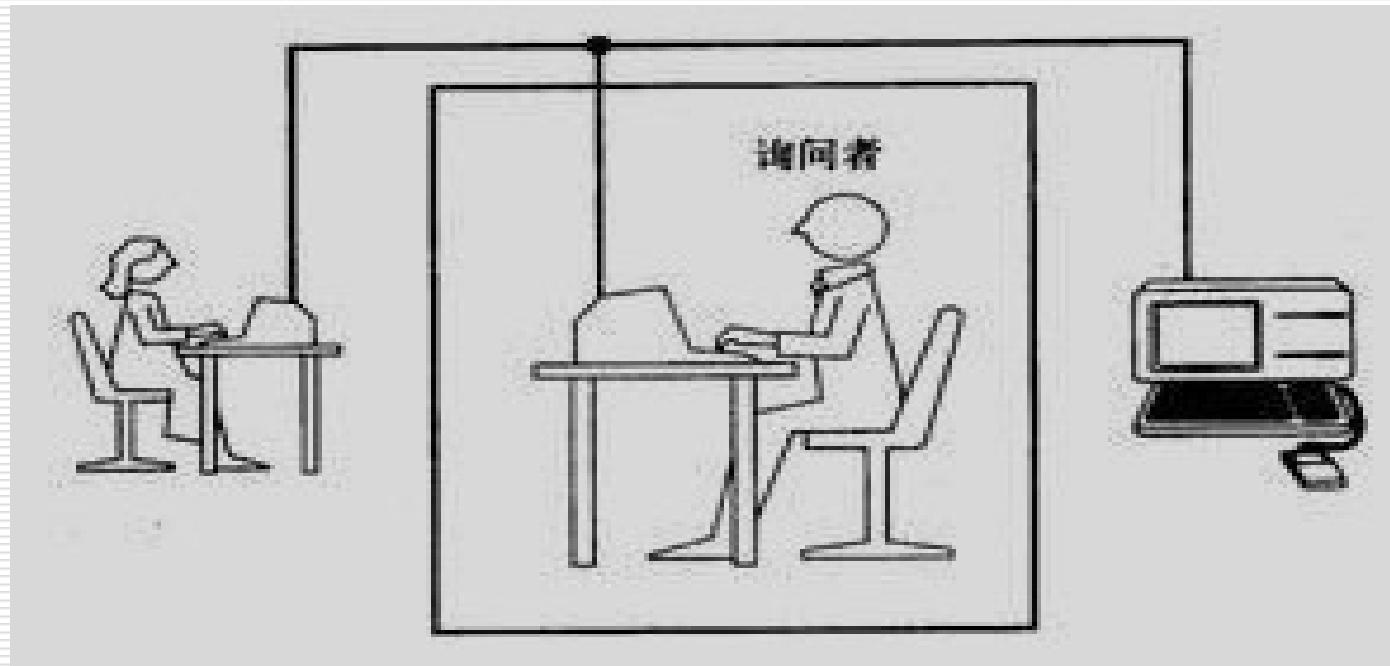
1.1.3 人工智能

- 人工智能：用人工的方法在机器（计算机）上实现的智能；或者说是人们使机器具有类似于人的智能。
- 人工智能学科：一门研究如何构造智能机器（智能计算机）或智能系统，使它能模拟、延伸、扩展人类智能的学科。
- 图灵测试：1950年图灵发表的《计算机与智能》中设计了一个测试，用以说明人工智能的概念。

Turing 测试 (1950)

- 测试者 A，被测试者 B 与 C。
- A 是人，B 与 C 一个是人，另一个是计算机。
- A 提出问题，B 与 C 分别回答。
- 如果 B 与 C 的回答，使得 A 无法区分是人的回答还是计算机的回答，则计算机具有了智能。
- Turing 测试第一次给出了检验计算机是否具有智能的哲学说法。
- Turing 是计算机之父。

1950 年，阿兰•图灵 (Alan Turing) 提出图灵测试，为智能提供一个满足可操作要求的定义。图灵测试用人类的表现来衡量假设的智能机器的表现，这无疑是评价智能行为的最好且唯一的标准。



一台机器要通过图灵测试，它需要有下面的能力：

1. 自然语言处理：实现用自然语言与计算机进行交流；
2. 知识表示：存储它知道的或听到的、看到的；
3. 自动推理：能根据存储的信息回答问题，并提出新的结论；
4. 机器学习：能适应新的环境，并能检测和推断新的模式；
5. 计算机视觉：可以感知物体；
6. 机器人技术：可以操纵和移动物体。

图灵测试的重要特征：

1. 它给出了一个客观的智能概念，也就是根据对一系列特定问题的反应来决定是否是智能体的行为。这为判断智能提供了一个标准，从而避免了有关部门智能：“真正”特征的必然争论。
2. 这项实验使我们免于受到诸如以下目前无法回答的问题的牵制：计算机使用的内部处理方法是否恰当或者机器是否是真的意识到其动作。
3. 通过使询问者只关注回答问题的内容，消除了有利于生物体的偏置。

第1章 絮论

- 1.1 人工智能的基本概念
- ✓ 1.2 人工智能的发展简史
- 1.3 人工智能研究的基本内容
- 1.4 人工智能的主要研究领域

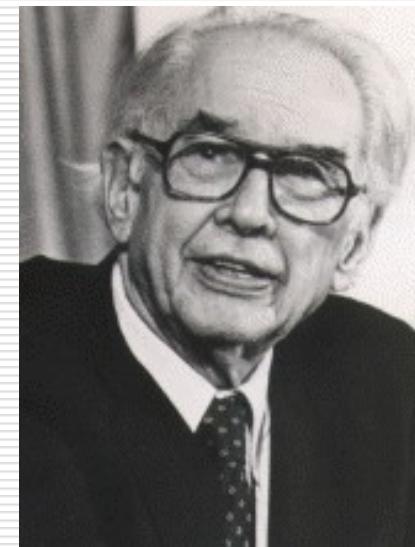
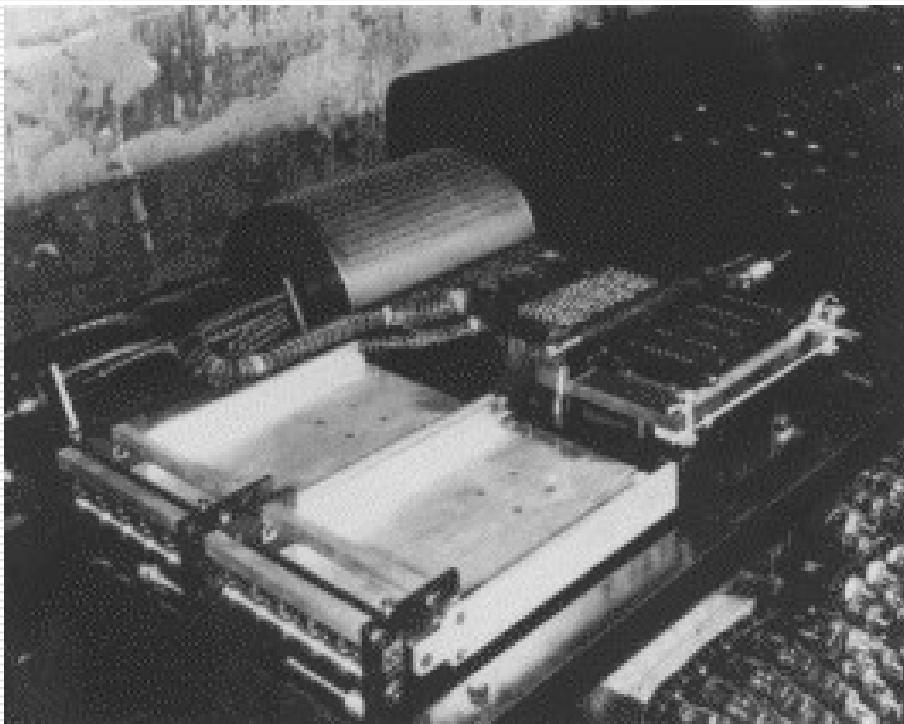
1.2 人工智能的发展简史

- **1.2.1 孕育（1956年之前）**
- 公元前，亚里斯多德（Aristotle）：三段论
- 培根（F. Bacon）：归纳法
- 莱布尼茨（G. W. Leibnitz）：万能符号、推理计算
- 布尔（G. Boole）：用符号语言描述思维活动的基本推理法则
- 1936年，图灵：图灵机
- 1943年，麦克洛奇（W. McCulloch）、匹兹（W. Pitts）：M – P 模型

1.2 人工智能的发展简史

● 1.2.1 孕育（1956年之前）

- 美国爱荷华州立大学的阿塔纳索夫教授和他的研究生贝瑞在1937年至1941年间开发的世界上第一台电子计算机“阿塔纳索夫—贝瑞计算机（Atanasoff-Berry Computer，ABC）”为人工智能的研究奠定了物质基础。



阿塔纳索夫



贝瑞

1.2.2 形成（1956年—1969年）

- 1956年夏，当时美国达特茅斯大学数学助教、现任斯坦福大学教授麦卡锡和哈佛大学数学和神经学家、现任**MIT**教授明斯基、**IBM**公司信息研究中心负责人洛切斯特、贝尔实验室信息部数学研究员香农共同发起，邀请普林斯顿大学莫尔和**IBM**公司塞缪尔、**MIT**的塞尔夫里奇和索罗莫夫以及兰德公司和卡内基—梅隆大学的纽厄尔、西蒙等**10**名年轻学者在达特茅斯大学召开了两个月的学术研讨会，讨论机器智能问题。
- 会上经麦卡锡提议正式采用“人工智能”这一术语，标志着人工智能学科正式诞生。麦卡锡因而被称为人工智能之父。
- 此后，美国形成了多个人工智能研究组织，如纽厄尔和西蒙的**Carnegie RAND**协作组，明斯基和麦卡锡的**MIT**研究组，塞缪尔的**IBM**工程研究组等。

1.2.2 形成（1956年—1969年）

- 1956年以后，人工智能的研究在机器学习、定理证明、模式识别、问题求解、专家系统及人工智能语言等方面都取得了许多引人瞩目的成就。
- 1969年，成立了国际人工智能联合会（International Joint Conferences on Artificial Intelligence, IJCAI）。
- 1970年，创刊了国际性的人工智能杂志（Artificial Intelligence）。

1.2.3 发展（1970年—）

- 20世纪60年代末，人工智能研究遇到困难，如机器翻译。1966年美国顾问委员会的报告裁定：还不存在通用的科学文本机器翻译，也没有很近的实现前景。英国、美国中断了大部分机器翻译项目的资助。
- 1977年，费根鲍姆在第五届国际人工智能联合会议上提出了“知识工程”概念，推动了知识中心的研究。
- 1981年，日本宣布第五代计算机发展计划，并在1991年展出了研制的PSI-3智能工作站和由PSI-3构成的模型机系统。
- 我国自1978年开始把“智能模拟”作为国家科学技术发展规划的主要研究课题。1981年成立了中国人工智能学会。
- 现在，人工智能已经成为计算机、航空航天、军事装备、工业等众多领域的关键技术。

第1章 絮论

- 1.1 人工智能的基本概念
- 1.2 人工智能的发展简史
- ✓ 1.3 人工智能研究的基本内容
- 1.4 人工智能的主要研究领域

1.3 人工智能研究的基本内容

1. 知识表示

- 知识表示：将人类知识形式化或者模型化。
- 知识表示方法：符号表示法、连接机制表示法。
 - 符号表示法：用各种包含具体含义的符号，以各种不同的方式和顺序组合起来表示知识的一类方法。例如，一阶谓词逻辑、产生式等。
 - 连接机制表示法：把各种物理对象以不同的方式及顺序连接起来，并在其间互相传递及加工各种包含具体意义的信息，以此来表示相关的概念及知识。例如，神经网络等。

1.3 人工智能研究的基本内容

2. 机器感知

- 机器感知：使机器（计算机）具有类似于人的感知能力。以机器视觉 (machine vision) 与机器听觉为主。

3. 机器思维

- 机器思维：对通过感知得来的外部信息及机器内部的各种工作信息进行有目的的处理。

1.3 人工智能研究的基本内容

4. 机器学习

- 机器学习（machine learning）：研究如何使计算机具有类似于人的学习能力，使它能通过学习自动地获取知识。

1957 年，Rosenblatt 研制成功了感知机。

5. 机器行为

- 机器行为：计算机的表达能力，即“说”、“写”、“画”等能力。

第1章 絮论

- 1.1 人工智能的基本概念
- 1.2 人工智能的发展简史
- 1.3 人工智能研究的基本内容
- ✓ 1.4 人工智能的主要研究领域

1.4 人工智能的主要研究领域

自动定理证明

- 定理证明的实质是证明由前提 P 得到结论 Q 的永真性。
- 1958 年，王浩证明了有关命题演算的全部定理（220 条）、谓词演算中 150 条定理的 85% 。
- 1965 年鲁宾逊（Robinson）提出了归结原理，使机器定理证明成为现实。
- 我国著名数学家、中国科学院吴文俊院士把几何代数化，建立了一套机器证明方法，被称为“吴方法”。

1.4 人工智能的主要研究领域

博弈

- 下棋、打牌、战争等一类竞争性的智能活动。
- 1956 年，塞缪尔研制出跳棋程序。
- 1991 年 8 月， IBM 公司研制的 Deep Thought 2 计算机系统与澳大利亚象棋冠军约翰森（ D.Johansen ）举行了一场人机对抗赛，以 1 : 1 平局告终。
- 1996 年 2 月 10 日至 17 日， IBM 公司的“深蓝”计算机系统与卡斯帕罗夫进行了六局比赛，以 3.5 比 2.5 的总比分赢得这场世人瞩目的“人机大战”的胜利。

智能游戏

- 1996.2.10-17 , IBM 公司的“深蓝”计算机系统与卡斯帕罗夫进行了六局比赛，号称人脑与电脑的世纪决战。卡斯帕罗夫以 4 : 2 获胜。
- 1997.5.3-11 深蓝再次挑战卡斯帕罗夫。
- 1997 年 5 月 11 日凌晨 4 时许，美国纽约公平保险公司大厦，深蓝和卡斯帕罗夫“最后决战”正在进行，全球数以亿计的人正在通过电视、广播、 Internet 等紧张地关注着这场“人机世纪大战”。

智能游戏

- 终于在 4 时 50 分，美联社、路透社、共同社、新华社 ... 所有媒体把同一消息发往世界各地：
- 在世纪末国际象棋“人机大战”的最后一局对弈中，美国 **IBM** 公司的超级计算机“深蓝”仅用了一小时便轻松击败了国际象棋特级大师卡斯帕罗夫，从而以 **3.5 比 2.5** 的总比分赢得了最终的胜利！

智能游戏

- 围棋是最后一个人类顶尖高手能战胜 **AI** 的棋类游戏。
- 2016 年 2 月， Google DeepMind 团队宣布开发的 AlphaGo(阿尔法围棋) 的人工智能系统，在没有任何让子的情况下以 5 比 0 完胜欧洲围棋冠军、职业围棋二段樊麾。
- 樊麾出生在中国，现籍法国，是现任法国国家围棋队总教练。
- 这是人类历史上，围棋 **AI** 第一次在公平比赛中战胜职业选手。
- 2016 年 3 月， AlphaGo 将和韩国九段棋手李世石在首尔一战。李世石是最近 10 年中获得世界第一头衔最多的

1.4 人工智能的主要研究领域

模式识别

- 模式识别（**pattern recognition**）：研究对象描述和分类方法的学科。分析和识别的模式可以是信号、图象或者普通数据。
- 文字识别：邮政编码、车牌识别、汉字识别。
- 人脸识别：反恐、商业。
- 物体识别：导弹、机器人。

1.4 人工智能的主要研究领域

机器视觉

- 机器视觉 (**machine vision**) 或计算机视觉 (**computer vision**) 是用机器代替人眼睛进行测量和判断。
- 机器视觉应用在半导体及电子、汽车、冶金、制药、食品饮料、印刷、包装、零配件装配及制造质量检测等。
- 文字识别：邮政编码、车牌识别、手写体识别。**计算机、手机等输入。**
- 人脸识别：反恐、商业。
- 物体识别 显示、机器人。

1.4 人工智能的主要研究领域

自然语言理解

- 研究如何让计算机理解人类自然语言，包括回答问题、生成摘要、翻译等。
- 1957 年，在苏联人造卫星成功发射的刺激下，美国国家研究会大力支持对俄科技论文的计算机翻译。人们最初以为机器翻译只要将双向词典及一些词法知识放进计算机就行了。后来发现有时会出现十分荒谬的错误。

“The spirit is willing but the flesh is weak” 心有余而力不足。

↓
俄语
↓

“The wine is good but the meat is spoiled” 酒是好的但肉变质了。

1.4 人工智能的主要研究领域

“**Time flies like an arrow**” 光阴似箭

以前的机器翻译得到以下几种译文：

时间象箭一样飞驰（正确）

时间以箭运动的方式飞着（可笑，但不算错）

用测箭速的方法测量蝇速（没听过，但可能）

测量象箭似的苍蝇的速度（离奇）

一种“时间苍蝇”喜欢箭（在科幻小说里也许有）

1.4 人工智能的主要研究领域

- 自然语言理解
- 1966 年美国顾问委员会的报告裁定：还不存在通用的科学文本机器翻译，也没有很近的实现前景。英国、美国中断了大部分机器翻译项目的资助。
- 20 世纪 60 年代末，人工智能研究遇到困难。1977 年，费根鲍姆在第五届国际人工智能联合会议上提出了“知识工程”概念，推动了知识中心的研究。
- 1981 年，日本宣布第五代计算机发展计划，并在 1991 年展出了研制的 PSI — 3 智能工作站和由 PSI — 3 构成的模型机系统

1.4 人工智能的主要研究领域

- 现在，机器翻译已经实用化、商品化。
- 2012年11月**，微软在中国天津公开演示了全自动的同声传译系统：
讲演者用英文演讲，后台的计算机一气呵成自动完成语音识别、英中机器翻译，以及中文语音合成，效果非常流畅。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能信息检索

□ 智能信息检索系统的功能:

- (1) 能理解自然语言。
- (2) 具有推理能力。
- (3) 系统拥有一定的常识性知识。

数据挖掘与知识发现

□ 数据挖掘的目的是从数据库中找出有意义的模式（一组规则、聚类、决策树、依赖网络或其他方式表示的知识）。

□ 数据挖掘过程：数据预处理、建模、模型评估及模型应用。

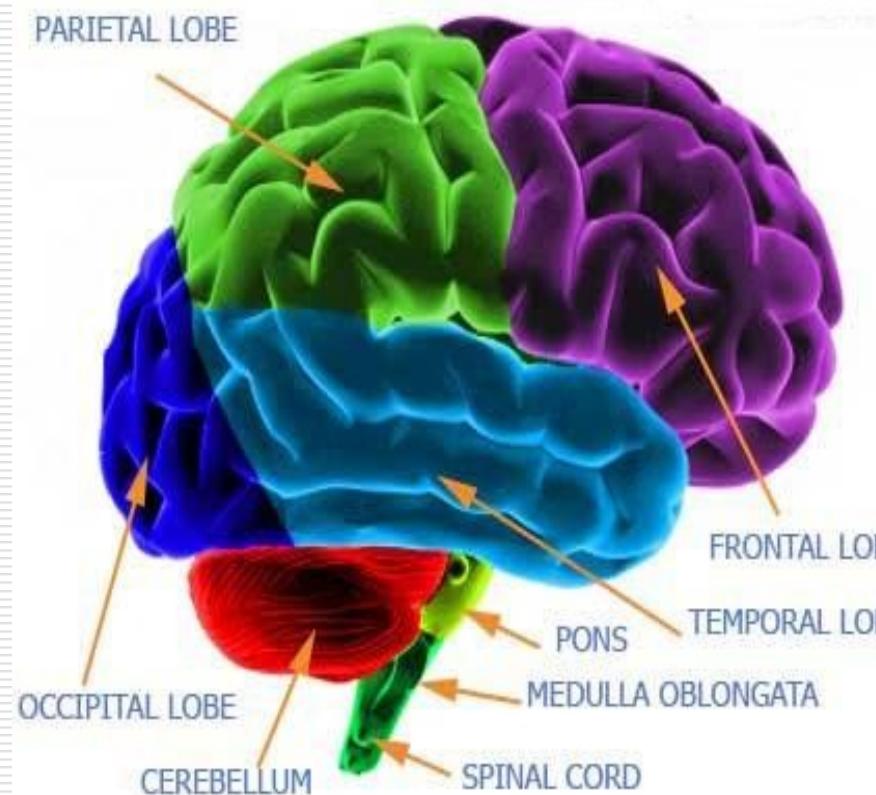
机器学习

- 深度学习：是当前研究与应用的热点。
- 深度学习包含构建能够模仿人类大脑行为的神经网络。这些多层次的神经网络像人类大脑一样，可以收集信息，并产生相应的行为
- **2013 年 4 月，《麻省理工学院技术评论》杂志将深度学习列为 2013 年十大突破性技术之首。**

机器学习

2012 年 6 月，《纽约时报》披露斯坦福大学 AI 实验室主任 Andrew Ng (吴恩达) 领导的人工智能领域目标最远大的项目 Google 大脑——Google Brain

。使用 **16000 台 CPU** 创造出 **10** 亿个连接的“神经网络”，让机器系统学会自动识别猫，成为国际深度学习领域广为人知的案例之一。



机器学习

- 驱使谷歌、IBM、微软、苹果、百度这些公司竞相开发高级机器学习技术的原因，正是其背后蕴藏的巨大商业潜力。
- 2013年1月，李彦宏宣布百度将建立公司历史上首个前沿科学研究院——深度学习研究院 (IDL)。前不久，百度在硅谷毗邻谷歌总部设立人工智能实验室，主要任务之一就是探索深度学习算法。

机器学习

2014年05月17日，百度宣布人工智能领域最权威的学者之一——吴恩达 (**Andrew Ng**) 正式加盟百度，担任百度首席科学家，全面负责百度研究院。



1.4 人工智能的主要研究领域

专家系统

- 专家系统模拟人类专家求解问题的思维过程求解领域内的各种问题，其水平可以达到甚至超过人类专家的水平。
- 1965 年费根鲍姆研究小组开始研制第一个专家系统——分析化合物分子结构的 DENDRAL， 1968 年完成并投入使用。
- 1971 年 MIT 开发成功求解一些数学问题的 MYCSYMA 专家系统。拉特格尔大学开发的清光眼诊断与治疗的专家系统 CASNET 。
- 1972 年斯坦福大学肖特里菲等人开始研制用于诊断和治疗感染性疾病的专家系统 MYCIN 。
- 1976 年 斯 坦 福 研 究 所 开 始 开 发 探 矿 专 家 系 统 PROSPECTOR， 1980 年首次实地分析华盛顿某山区地质资料，发现了一个钼矿。
- 1981 年斯坦福大学研制成功专家系统 AM 能模拟人类进行概

1.4 人工智能的主要研究领域

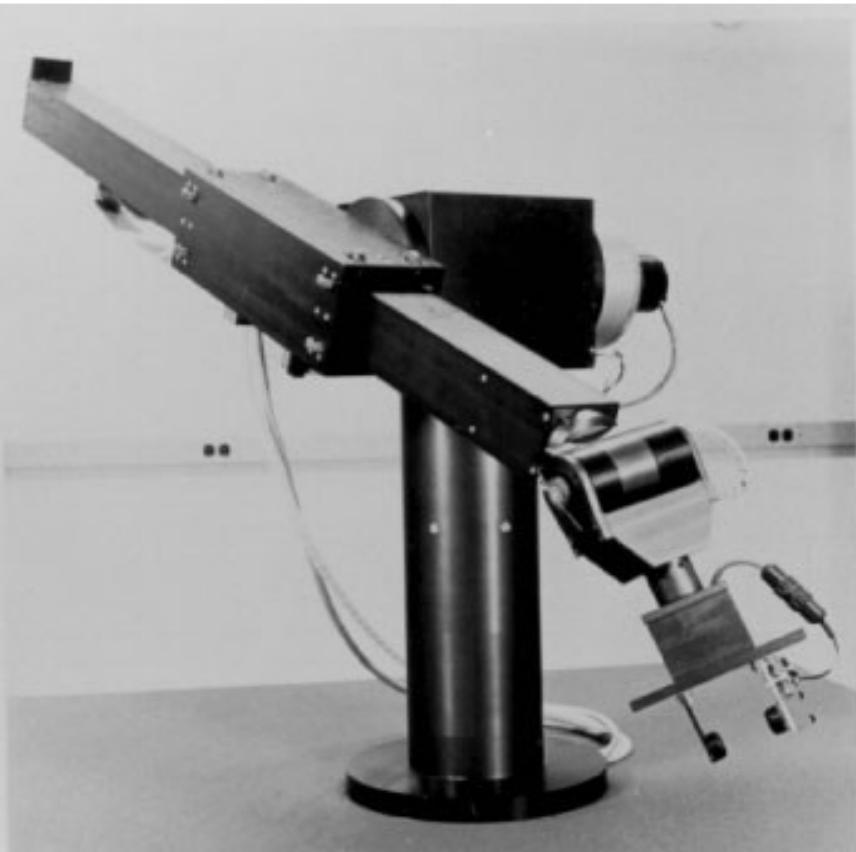
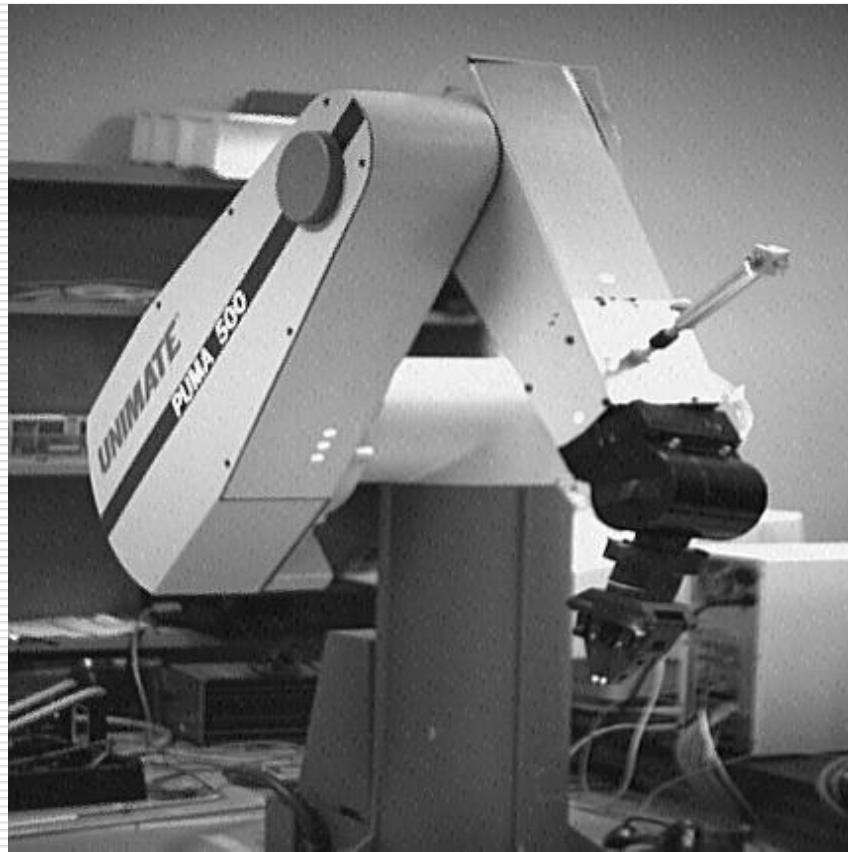
自动程序设计

- 程序综合：用户只需要告诉计算机要“做什么”，无须说明“怎么做”，计算机就可自动实现程序的设计。
- 程序正确性的验证：研究出一套理论和方法，通过运用这套理论和方法就可以证明程序的正确性。
- 2014 年 2 月新闻：麻省理工教授 Armando Solar-Lezama 开发的一种智能化编程语言“Sketch”，可以自动填补、修正代码内容，在几毫秒内修复代码，让程序员可以忽略许多繁琐的细节。

1.4 人工智能的主要研究领域

机器人

- 20世纪60年代初，研制出尤尼梅特和沃莎特兰两种机器人。
- 机器人发展：程序控制机器人（第一代）、自适应机器人（第二代）、智能机器人（现代）。



自动驾驶

- **2009** 年曝光的自动驾驶汽车雏形
- **2010 年 10 月 9 日**，谷歌在官方博客宣布开发自动驾驶汽车
- **2011 年 10 月**，谷歌在内华达州和加州的莫哈韦沙漠作为试验场对汽车进行测试。
- 美国内华达立法机关允许自动驾驶车辆上路，**2012 年 3 月 1 日**正式生效。
- **2012 年 5 月 7 日**，内华达州机动车辆管理局（**DMV**）批准了美国首个自动驾驶车辆许可证。

1.4 人工智能的主要研究领域

组合优化问题

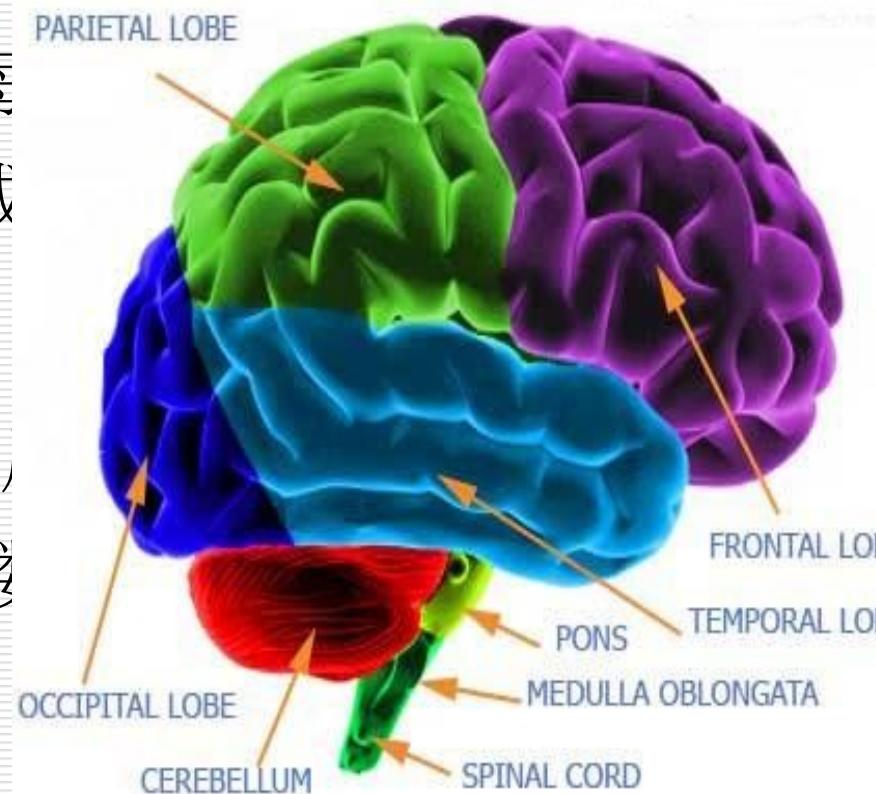
- 组合优化问题：旅行商问题、生产计划与调度、物流中的车辆调度、智能交通、通信中的路由调度、计算机网络信息调度等
- **NP** 完全问题：用目前知道的最好的方法求解，问题求解需要花费的时间是随问题规模增大以指数关系增长。

人工神经网络

- 传统人工智能的研究部分地显示了人脑的归纳、推理等智能。但对人类底层的智能，如视觉、听觉、触觉等方面，计算机信息处理能力还不如一个幼儿园的孩子。
- 神经网络模型模拟了人脑神经系统的特点：处理单元的广泛连接；并行分布式信息储存、处理；自适应学习能力等。
- 神经网络模式识别方法具有较强的容错能力、自适应学习能力、并行信息处理能力。

人工神经网络

- 人脑由一千多亿（**10¹¹**亿—**10¹⁴**亿）个神经细胞（神经元）交织在一起的网状结构组成，其中大脑皮层约**140**亿个神经元，小脑皮层约**1000**亿个神经元。
- 神经元约有**1000**种类型，每**10⁴**个其他神经元相连接，形成多变的神经网络。
- 人的智能行为就是由如此高浩瀚的宇宙中，也许只有包含生命的复杂性能够与大脑相比。



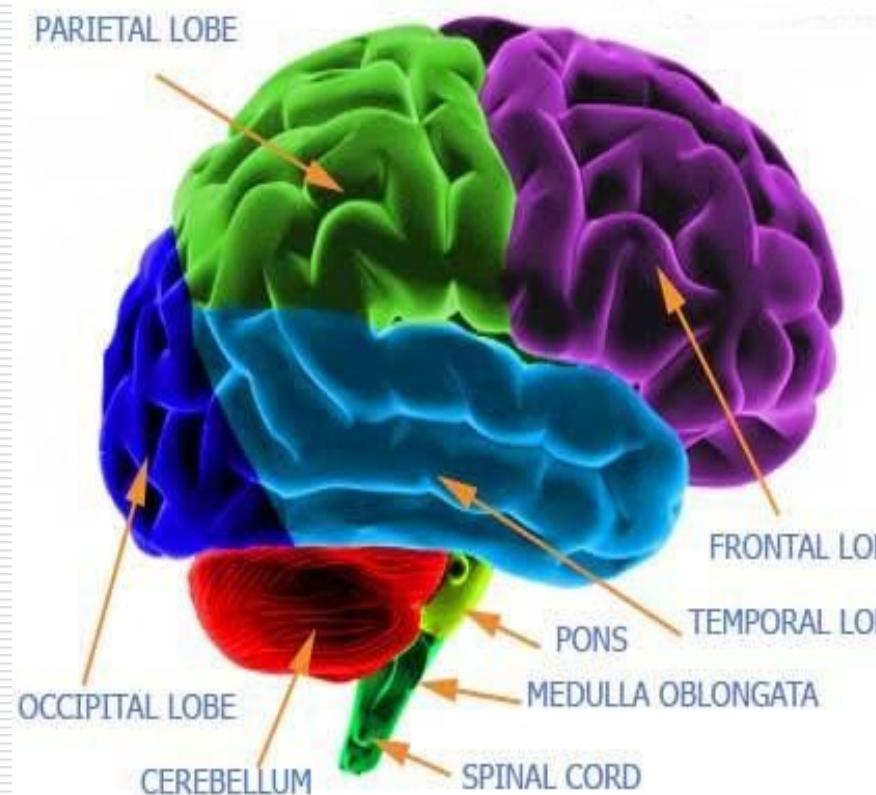
人工神经网络

- 深度神经网络：当前研究与应用的热点。
- 深度神经网络是多层次的神经网络。
- 深度神经网络像人类大脑一样，可以收集信息，并产生相应的行为，能够模仿人类大脑行为。
- 这些神经网络可以逐渐对事物的外形和声音进行感知和理解，也就是“认识”事物。

人工神经网络

2012 年 6 月，《纽约时报》披露斯坦福大学 AI 实验室主任 Andrew Ng (吴恩达) 领导的人工智能领域目标最远大的项目 **Google 大脑**——**Google Brain**

。使用 **16000 台 CPU** 创造出 **10** 亿个连接的“神经网络”，让机器系统学会自动识别猫，成为国际深度学习领域广为人知的案例之一。



1.4 人工智能的主要研究领域

分布式人工智能与多智能体

- 分布式人工智能系统以鲁棒性作为控制系统质量的标准，并具有互操作性，即不同的异构系统在快速变化的环境中，具有交换信息和协同工作的能力。
- 分布式问题求解：把一个具体的求解问题划分为多个相互合作和知识共享的模块或者结点。
- 多智能体系统：研究各智能体之间行为的协调。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能控制

□ 国际知名美籍华裔科学家傅京孙（K S. Fu）在 1965 年首先把人工智能的启发式推理规则用于学习控制系统。

□ 智能控制的两个显著特点：

第一，智能控制是同时具有知识表示的非数学广义世界模型和传统数学模型混合表示的控制过程。

第二，智能控制的核心在高层控制，其任务在于实际环境或过程进行组织，即决策与规划，以实现广义问题求解。

□ 智能控制的基本类型：

（1）专家智能控制 （2）模糊控制 （3）神经网络控制

1.4 人工智能的主要研究领域

智能仿真

- 智能仿真将 **AI** 引入仿真领域，建立智能仿真系统。
- 仿真对动态模型的实验，即行为产生器在规定的实验条件下驱动模型，从而产生模型行为。仿真是在描述性知识、目的性知识及处理知识的基础上产生结论性知识。
- 利用 **AI** 对整个仿真过程（建模、实验运行及结果分析）进行指导，在仿真模型中引进知识表示，改善仿真模型的描述能力，为研究面向目标的建模语言打下基础，提高仿真工具面向用户、面向问题的能力，使仿真更有效地用于决策，更好地用于分析、设计及评价知识库系统。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能 CAD

□ 智能 **CAD** (简称 **ICAD**) 就是把人工智能技术引入计算机辅助设计领域，建立智能 **CAD** 系统。**AI** 几乎可以应用到 **CAD** 技术的各个方面。从目前发展的趋势来看，至少有下述四个方面：

(1) 设计自动化。

(2) 智能交互。

(3) 智能图形学。

(4) 自动数据采集。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能 CAI

- 智能 CAI 就是把 AI 引入计算机辅助教学领域。 ICAI 系统一般分成专门知识、教导策略和学生模型和自然语言的智能接口。
- ICAI 应具备下列智能特征：
 - (1) 自动生成各种问题与练习。
 - (2) 根据学生的学习情况自动选择与调整教学内容与进度。
 - (3) 在理解教学内容的基础上自动解决问题生成解答。
 - (4) 具有自然语言生成和理解能力。
 - (5) 对教学内容有理解咨询能力。
 - (6) 能诊断学生错误，分析原因并采取纠正措施。
 - (7) 能评价学生的学习行为。
 - (8) 能不断地在教学上改善教学策略

1.4 人工智能的主要研究领域

智能管理与智能决策

- 智能管理就是把人工智能技术引入管理领域，建立智能管理系统，研究如何提高计算机管理系统的智能水平，以及智能管理系统的工作理论、方法与实现技术。
- 智能决策就是把人工智能技术引入决策过程，建立智能决策支持系统。
- 智能决策支持系统是由传统决策支持系统再加上相应的智能部件就构成了智能决策支持系统。
- 智能部件可以是专家系统模式、知识库模式等。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能多媒体系统

- 多媒体计算机系统就是能综合处理文字、图形、图像和声音等多种媒体信息的计算机系统。
- 智能多媒体就是将人工智能技术引入多媒体系统，使其功能和性能得到进一步发展和提高。
- 多媒体技术与人工智能所研究的机器感知、机器理解等技术不谋而合。人工智能的计算机视听觉、语音识别与理解、语音对译、信息智能压缩等技术运用于多媒体系统，将会使现在的多媒体系统产生质的飞跃。

智能游戏

- 1996.2.10-17 , IBM 公司的“深蓝”计算机系统与卡斯帕罗夫进行了六局比赛，号称人脑与电脑的世纪决战。卡斯帕罗夫以 4 : 2 获胜。
- 1997.5.3-11 深蓝再次挑战卡斯帕罗夫。
- 1997 年 5 月 11 日凌晨 4 时许，美国纽约公平保险公司大厦，深蓝和卡斯帕罗夫“最后决战”正在进行，全球数以亿计的人正在通过电视、广播、 Internet 等紧张地关注着这场“人机世纪大战”。

智能游戏

- 终于在 4 时 50 分，美联社、路透社、共同社、新华社 ... 所有媒体把同一消息发往世界各地：
- 在世纪末国际象棋“人机大战”的最后一局对弈中，美国 **IBM** 公司的超级计算机“深蓝”仅用了一小时便轻松击败了国际象棋特级大师卡斯帕罗夫，从而以 **3.5 比 2.5** 的总比分赢得了最终的胜利！

智能游戏

- 围棋是最后一个人类顶尖高手能战胜 **AI** 的棋类游戏。
- 2016 年 2 月， Google DeepMind 团队宣布开发的 AlphaGo(阿尔法围棋) 的人工智能系统，在没有任何让子的情况下以 5 比 0 完胜欧洲围棋冠军、职业围棋二段樊麾。
- 樊麾出生在中国，现籍法国，是现任法国国家围棋队总教练。
- 这是人类历史上，围棋 **AI** 第一次在公平比赛中战胜职业选手。
- 2016 年 3 月， AlphaGo 将和韩国九段棋手李世石在首尔一战。李世石是最近 10 年中获得世界第一头衔最多的

1.4 人工智能的主要研究领域

智能操作系统

□ 智能操作系统的基本模型：以智能机为基础，能支撑外层的**AI**应用程序，实现多用户的知识处理和并行推理。

□ 智能操作系统三大特点：

并行性：支持多用户、多进程，同时进行逻辑推理等；

分布性：把计算机硬件和软件资源分散而又有联系地组织起来，能支持局域网和远程网处理；

智能性：一是操作系统处理的是知识对象，具有并行推理功能，支持智能应用程序运行；二是操作系统的绝大部分程序使用**AI**程序编制，充分利用硬件并行推理功能；三是具有较高智能程序的自动管理维护功能，如故障的监控分析等，帮助维护人员决策。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能计算机系统

- 智能计算机系统就是人们正在研制的新一代计算机系统。
- 智能计算机系统从基本元件到体系结构，从处理对象到编程语言，从使用方法到应用范围，同当前的诺依曼型计算机相比，都有质的飞跃和提高，它将全面支持智能应用开发，且自身就具有智能。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能通信

- 智能通信就是把人工智能技术引入通信领域，建立智能通信系统。
- 智能通信就是在通信系统的各个层次和环节上实现智能化。例如在通信网的构建、网管与网控、转接、信息传输与转换等环节，都可实现智能化。这样，网络就可运行在最佳状态，具有自适应、自组织、自学习、自修复等功能。

1.4 人工智能的主要研究领域

智能网络系统

- 智能网络系统就是将人工智能技术引入计算机网络系统。如在网络构建、网络管理与控制、信息检索与转换、人机接口等环节，运用 **AI** 的技术与成果。
- **AI** 的专家系统、模糊技术和神经网络技术可用于网络的连接接纳控制、业务量管制、业务量预测、资源动态分配、业务流量控制、动态路由选择、动态缓冲资源调度等许多方面。

1.4 人工智能的主要研究领域

人工生命

- 人工生命是以计算机为研究工具，模拟自然界的生命现象，生成表现自然生命系统行为特点的仿真系统。
- 主要研究进化的模式和方式、人工仿生学、进化博弈、分子进化、免疫系统进化、学习等；具有自治性、智能性、反应性、预动性和社会性的智能主体的形式化模型、通信方式、协作策略；研究生物感悟的机器人、自治和自适应机器人、进化机器人、人工脑。

1.4 人工智能的主要研究领域

□ **计算智能**（包括进化计算、人工神经网络、模糊逻辑），其中进化计算也叫自然计算或者仿生计算。进化计算包括大量的智能算法，比如：遗传算法、蚁群算法、粒子群算法、人工鱼群算法、蜂群优化算法、细菌觅食优化算法、生物地理优化算法、分布估计算法、思维进化算法、社会情感算法、拟态物理学优化算法、差分进化算法、Memetic 算法、模拟退火算法等。

我们要对当今的人工智能研究中最热门的领域 ----- **计算智能**做进一步的讨论！

计算智能方法

- 计算智能算法是人工智能的一个分支，是联结主义的典型代表，又称为仿生学派或生理学派。



计算智能方法

计算智能

随着技术的进步、工程实践问题变得越来越复杂，传统的计算方法面临着计算复杂度高、计算时间长等问题

计算智能方法采用启发式的随机搜索策略，在问题的全局空间中进行搜索寻优，能在可接受的时间内找到全局最优解或者可接受解

计算智能算法在处理优化问题的时候，对求解问题不需要严格的数学推导，而且有很好的全局搜索能力，具有普遍的适应性和求解的鲁棒性

计算智能方法

计算智能

计算智能是人工智能的重要领域，也是近几十年来研究的热点问题。计算智能的兴起和快速发展，为人工智能提供了新的出路

计算智能技术在国内得到了广泛的重视。由于这个领域的研究涉及到的硬件要求不高，国内的研究已经达到国际认可的水平

计算智能技术的进一步发展和完善，以及应用的进一步拓展，都将对计算机技术和各个相关的应用领域带来深刻的变革

计算智能的分类与理论



计算智能的分类与理论

计算智能主要研究方向及其特点

研究领域	主要特点
人工神经网络	模仿人脑的生理构造和信息处理的过程，模拟人类的智慧
模糊逻辑（模糊系统）	模仿人类语言和思维中的模糊性概念，模拟人类的智慧
进化计算	模仿生物进化过程和群体智能过程，模拟大自然的智慧

计算智能的分类与理论

计算智能有关理论基础

数学基础

- 马尔可夫过程
- 统计学习过程
- 随机过程
- 模式定理
- 稳定性
- 收敛性
-

生物学基础

- 优胜劣汰
- 适者生存
- 自然选择
- 生物进化
- 遗传规律
- 人脑模拟
- 生物觅食
-

群体智能

- 个体认识
- 群体智慧
- 个体竞争
- 群体协作
-

计算智能的研究与发展



20世纪
50-60年代

起步阶段

遗传算法 (GA)
Genetic Algorithm

1950s
美国学者 Holland

进化策略 (ES)
Evolution Strategy

1960s
德国人 Rechenberg
Schwefel

进化规划 (EP)
Evolutionary Programming

1960s
美国学者 Fogel

神经网络 (NN)
(感知器)

1950s
Rosenblatt 等人

模糊逻辑理论 (FL)
Fuzzy Logic

1960s
美国学者 Zadeh

计算智能的研究与发展

发展阶段

20世纪
70-80年代

Hopfield 前馈型神经网络结构（1982年）
Rumelhart 后向传播学习算法（1986年）
的提出将神经网络的研究推向一个新的高潮

遗传算法、进化策略、进化规划
的理论基础不断完善（模式定理）
算法之间的区别越来越不明显

禁忌搜索算法（1986年）
模拟退火算法（1983年）
的提出提供了新的优化手段

计算智能的研究与发展

蚁群算法

1992年，Derigo等人提出了蚁群算法（ACO），为解决离散组合优化问题提供了重要的工具。

粒子群优化算法

1995年，由Eberhart和Kennedy提出的粒子群优化算法（PSO）在连续优化问题上得到了广泛的应用。

遗传算法

遗传算法（GA）、进化策略（ES）和进化规划（EP）算法也在不断地发展和完善。

继续发展

20世纪
90年代至今

进化计算

Evolutionary Computation

计算智能的特征与应用

主要特征	具体特点
智能性	包括算法的自适应性，自组织性，算法不依赖于问题本身的特点，具有通用性
并行性	算法基本上是群体协作的方式对问题进行优化求解，非常适合大规模并行处理
鲁棒性	算法具有很好的容错性，同时对初始条件不敏感，能在不同条件下寻找最优解

计算智能的特征与应用

计算智能的应用

国防

科技

经济

工业

农业

- 雷达天线设计
- 卫星轨道参数优化
- 战场模拟
- 军事物流优化
- 扰抑制
-

- 机器学习
- 数据挖掘
- 图像处理
- 模式识别
- 蛋白质结构预测
- 多目标优化
- 多播路由
-

- 金融数据分析
- 证券投资组合
- 企业现金流管理
- 企业财务分析与预警
-

- 功率电子电路优化
- 电磁过滤
- 输电网规划
- 工作流调度管理
- 车辆路由
- 交通控制
-

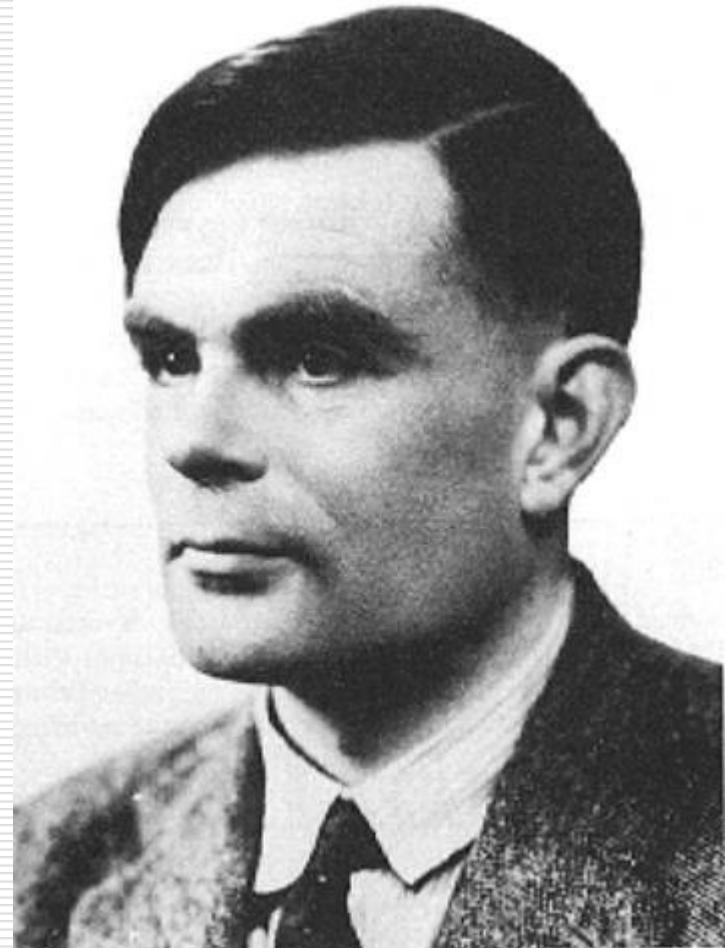
- 排灌工程
- 水利水电工程
- 农业用地结构优化
- 温室控制
- 水库防洪
- 农业工程
-

历史上的人工智能大师

- 下面介绍图灵和几位获得图灵奖的人工智能大师

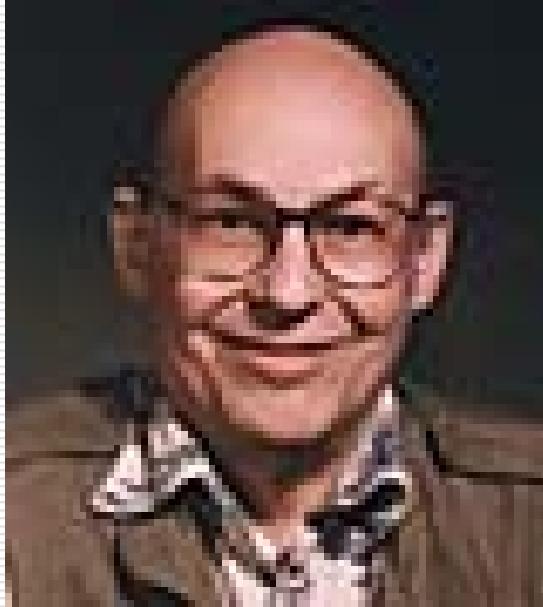
阿伦•图灵 (Alan Turin g)

计算机科学理论的创始
人 --- 计算机之父



阿伦•图灵 (Alan Turing)

- 1912 年出生于英国伦敦， 1954 年去世
- 1936 年发表论文“论可计算数及其在判定问题中的应用”，提出图灵机理论
- 1950 年发表论文“计算机与智能”，阐述了计算机可以具有智能的想法，提出图灵测试
- 1966 年为纪念图灵的杰出贡献， ACM 设立图灵奖



马文•明斯基
(Marvin Lee Minsk
y)

人工智能之父

框架理论的创立者

首位获得图灵奖的人工智能学者

(Marvin Lee Minsky)

- 1927 年出生于美国纽约
- 1951 年提出思维如何萌发并形成的基本理论
- 1956 年达特茅斯会议的发起人之一
- 1958 年在 MIT 创建世界上第一个 AI 实验室
- 1969 年获得图灵奖
- 1975 年首创框架理论



约翰•麦卡锡 (John McCarthy y)

- 人工智能之父
- LISP 语言的发明人
- 首次提出 AI 的概念

约翰•麦卡锡 (John McCarthy)

- 1927 年出生于美国波士顿
- 1956 年发起达特茅斯会议，并提出“人工智能”的概念
- 1958 年与明斯基一起创建世界上第一个人工智能实验室
- 发明 $\alpha - \beta$ 剪枝算法
- 1959 年开发 LISP 语言
- 开创逻辑程序研究，用于程序验证和自动程序设计
- 1971 年获得图灵奖



赫伯特•西蒙 (Herbert A. Simo n)

符号主义学派的创始人
爱好广泛的全能科学家
中国科学院外籍院士

赫伯特•西蒙 (Herbert A. Simon)

- 1916 年出生于美国的威斯康辛州
- 1943 年在匹兹堡大学获政治学博士学位
- 1969 年因心理学方面的贡献获得杰出科学贡献奖
- 1975 年和他的学生艾伦•纽厄尔共同获得图灵奖
- 1978 年获得诺贝尔经济学奖
- 1986 年因行为学方面的成就获得美国全国科学家奖章

赫伯特•西蒙 (Herbert A. Simon)

- 50 年代至 60 年代初开发了世界上最早的启发式程序“逻辑理论家” LT , 证明了《数学原理》第二章中的全部 52 个定理, 开创了机器定理证明这一新的学科领域
- 57 年开发了 IPL(Information Processing Language) 语言, 是最早的 AI 语言。
- 60 年开发了“通用问题求解系统” GPS
- 66 年开发了最早的下棋程序之一 MATER
- 70 年发展与完善了语义网络的概念和方法
- 70 年代提出了“物理符号系统假说”
- 70 年代提出决策过程模型, 成为 DSS 的核心内容



艾伦•纽厄尔 (Allen Newell)

- 符号主义学派的创始人之一
- 西蒙的学生与同事
- 1975 年与西蒙同获图灵奖



查理德•卡普
(Richard M. Kar
p)

发明“分枝界限法”的三栖学者

查理德•卡普 (Richard M. Karp)

- 1935 年出生于美国波士顿
- 是加州大学伯克利分校三个系的教授：
 - 电气工程和计算机系
 - 数学系
 - 工业工程和运筹学系
- 60 年代提出“分枝界限法”，成功求解含有 65 个城市的旅行商问题，创当时的记录
- 1985 年获得图灵奖

爱德华•费根鲍姆 (Edward A. Feigenbaum)

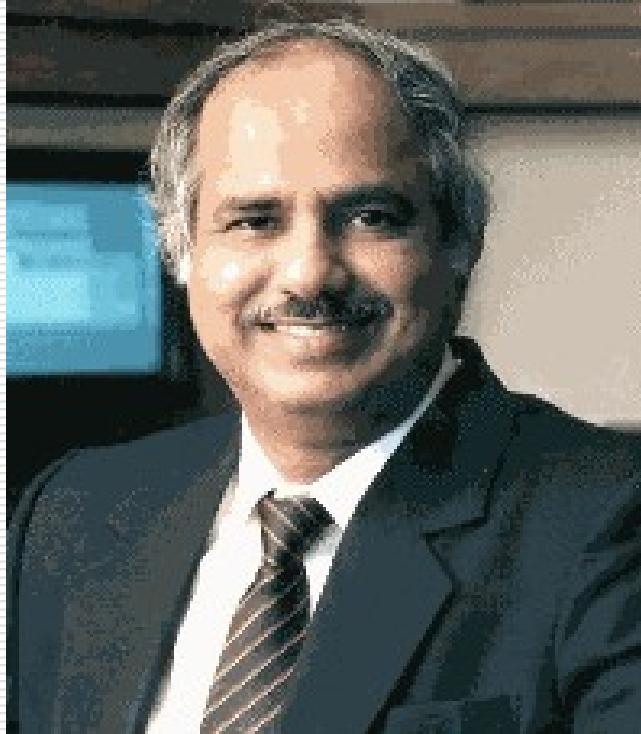
知识工程的提出者
大型人工智能系统
的开拓者



爱德华•费根鲍姆 (Edward A. Feigenbaum)

- 1936 年出生于美国的新泽西州
- 通过实验和研究，证明了实现智能行为的主要手段是知识
- 1977 年提出知识工程，使人工智能从理论转向应用
- 名言：知识蕴藏着力量
- 1994 年和劳伊•雷迪共同获得图灵奖

- 1963 年主编了《计算机与思想》一书，被认为 是世界上第一本有关人工智能的经典性专著
- 1965 年开发出世界上第一个专家系统
- 开发出著名的专家系统 MYCIN
- 80 年代合著了四卷本的《人工智能手册》
- 开设 Teknowledge 和 IntelliGenetics 两个公司，是世界上第一家以开发和将专家系统商品化的公司



劳伊•雷迪 (Raj Reddy)

大型人工智能系统的开拓者

劳伊•雷迪（Raj Reddy）

- 37 年出生于印度， 66 年在美国获得博士
- 1994 年与费根鲍姆共同获得图灵奖
- 主持过一系列大型 AI 系统的开发
 - Navlab 能在道路行驶的自动车辆项目
 - LISTEN 用于扫盲的语音识别系统
 - 以诗人但丁命名的火山探测机器人项目
 - 自动机工厂项目，提出“白领机器人学”

中国人工智能奖和计算机奖

- 中国人工智能的最高奖是：吴文俊奖
- 中国计算机的最高奖是：王选奖

美国《未来学家》2006年3-4号预测：

- 2008 年 因特网 60% 由移动设备接入；
- 2020 年 发达国家机器人比人多，战场上机器人比士兵多；
- 2040 年 出现人造大脑；
- 2050 年 类人机器人战胜英格兰足球队
-

人工智能相关网站介绍

美国人工智能协会 <http://www.aaai.org>

人工智能教育知识库

<http://www.cs.cofc.edu/~manaris/ai-education-repository/index.html>

专家系统 expertise2go 网

<http://www.expertise2go.com>

人工智能语言 Visual Prolog

<http://www.visual-prolog.com>

人工智能研究者俱乐部

<http://www.souwu.com/bitfarmer/default.asp>

智能科学与人工智能网站

<http://www.intsci.ac.cn/index.html>

人工智能相关网站介绍

IEEE 计算智能协会, <http://www.ewh.ieee.org>

国际神经网络协会, <http://www.inns.org>

国际人工智能联合会, <http://www.ijcai.org>

欧洲人工智能联合会, <http://www.eccai.org>

斯里兰卡国际人工智能中心, <http://www.ai.sri.com>

美国伯克利大学人工智能网站,

<http://aima.cs.berkeley.edu/ai.html>

美国加里福尼大学机器学习研究

<http://www.cse.ucsc.edu/research/ml/>

中国人工智能网 <http://www.chinaai.org>

北京大学人工智能实验室 <http://ailab.pku.edu.cn>

人工智能相关的期刊和会议

- ❑ Automated Reasoning
- ❑ Case-based Reasoning
- ❑ Cognitive Modelling
- ❑ Constraint Satisfaction
- ❑ Distributed AI
- ❑ Computer Game Playing
- ❑ Knowledge-based Applications
- ❑ Machine Learning
- ❑ Natural Language Processing
- ❑ Planning and Scheduling
- ❑ Qualitative Reasoning and Diagnosis

人工智能相关的期刊和会议

- ❑ Robotics and Perception
- ❑ Search
- ❑ Software Agents
- ❑ Temporal Reasoning
- ❑ Uncertainty and Probabilistic Reasoning
- ❑ Neural Networks
- ❑ Genetic Algorithms
- ❑ Fuzzy Logic
- ❑ Philosophy of AI
- ❑ Knowledge Representation
- ❑ Knowledge Acquisition and Expert Systems

IEEE Transactions on Evolutionary Computation

IEEE Transactions on Fuzzy Sets

IEEE Transactions on Neural Networks

IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics

IEEE Transactions on

Machine Learning

Evolutionary Computation

Complex Systems

Artificial Intelligence

.....

IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI)

IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)

IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)

ACM Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)

International Conference on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence (ANTS)

International Conference on Simulated Evolution And Learning (SEAL)

.....

小结

- 本章我们首先讨论了什么是人工智能智能的问题。人工智能是研究可以理性地进行思考和执行动作的计算模型的学科，它是人类智能在计算机上的模拟。
- 人工智能作为一门学科，经历了孕育、形成、发展等几个阶段，并且还在不断的发展。尽管人工智能也创造出了一些实用系统，但我们不得不承认这些远未达到人类的智能水平。

- 知识表示、推理、学习、智能搜索和数据与知识的不确定性处理是人工智能基本的研究领域，人工智能的典型应用领域包括专家系统、数据挖掘、自然语言处理、智能机器人、模式识别、分布式人工智能、互联网智能和博弈等。
- 人工智能的研究途径主要有以符号处理为核心的方法，以网络连接为主的连接机制方法，以及以感知和动作为主的行为主义方法等，这些方法的集成和综合已经成为当今人工智能研究的一个趋势。

展望

- 进入 21 世纪，互联网的普及和大数据的兴起又一次将人工智能推向新的高峰。基于大数据、赛博空间（cyberspace）的知识自动化将开拓人类向人工世界进军，深度开发大数据和智力资源，深化农业和工业的智能革命。脑科学、认知科学、人工智能等学科交叉研究的智能科学将指引类脑计算的发展，实现人类水平的人工智能。

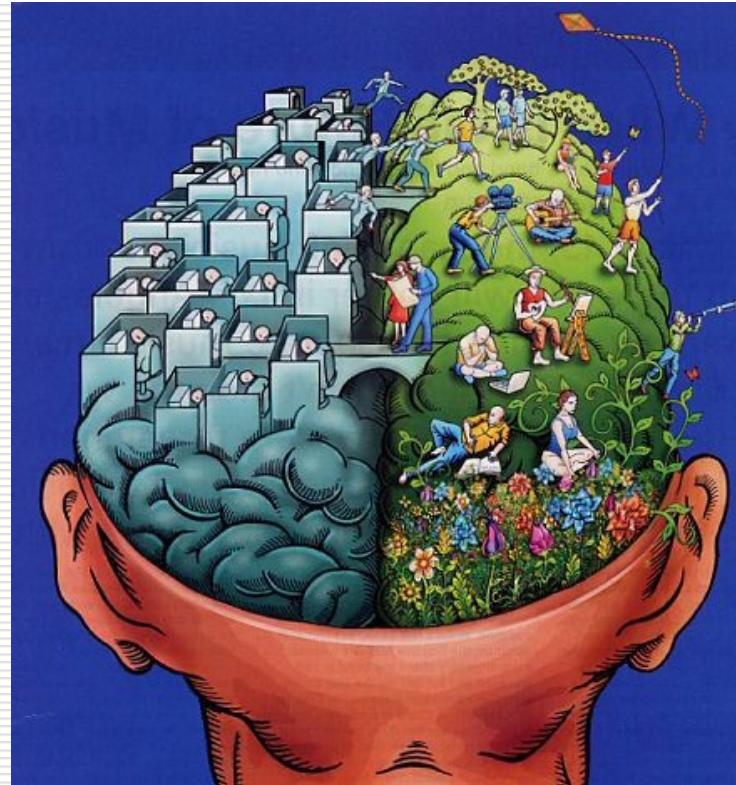
思考题

- 1. 人工智能课程的特点有哪些？
- 2. 什么是智能？什么是人工智能？
- 3. 智能的特征有哪些？
- 4. 人工智能研究的基本内容包括哪些？
- 5. 人工智能研究的主要领域有哪些？
- 6. 计算智能主要包括哪些研究领域？它们有些什么特点？
- 7. 通过查阅相关文献资料，了解人工智能及计算智能在自己感兴趣领域的应用情况。

填空

1. 思维可分为_____、_____以及_____等。
2. 人工智能的发展历史可归结为_____、_____和_____三个阶段。
3. 自然界的四大奥秘_____、_____、_____、_____。
4. 智能是_____与_____的总和。
5. 二十世纪三大科学技术成就_____、_____、_____。

Thank You !



THE END

