

人工智能理论与应用

张文生 研究员/教授

中科院自动化研究所

2008年9月

- 课程的基础部分：

主要讨论人工智能三个基本问题---知识表示、推理与搜索

- 课程的高级部分：

主要讨论机器学习的若干问题，这取决于课程的时间

基本部分

- 符号逻辑、Herbrand定理、Resolution等
- 启发式搜索理论、推理模型等
- 知识表示，特别是结构化知识表示，例如：语义网络与Frame
- 专家系统原理

高级部分

- 主要涉及机器学习：
 - ID3与AQ11*
 - 人工神经网络*
 - 遗传算法*
 - *Rough Set 理论*
 - *统计机器学习理论*
 - *Reinforcement Learning*
 - *主曲线 与流形学习*

考试方法

- 开卷考试
 - 可以阅读任何材料，但是，必须独立完成
 - 考试时间三小时
 - 考试范围，包括本课程的基础部分，以及高级部分的前三部分

Reference Books

- Artificial Intelligence: a new synthesis
 - Nils J. Nilsson, 1998
- Principle of artificial intelligence, 1982
 - Morgan Kaufmann
- Artificial Intelligence: a modern approach
 - Russell, Norvig, 1995
 - Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Artificial Intelligence(second edition)
 - Rich, Knight, 1991
 - New York: McGraw-Hill

- 人工智能
 - Nilsson著, 郑扣根译, 2000
 - 机械工业出版社
- 人工智能(上下册)
 - 陆汝钤, 1989, 1995
 - 科学出版社
- 人工智能原理
 - 石纯一, 黄昌宁, 王家...
 - 清华大学出版社
- 人工智能导论
 - 林尧瑞, 马少平
 - 清华大学出版社

- 网上资源
 - 书
 - 讲义
 - BBS

课程安排

- 1.综述
- 自动定理证明:
 - 2.命题逻辑与一阶谓词逻辑
 - 3.Herbrand定理
 - 4.归结原理
- 搜索:
 - 5.产生式系统
 - 6.产生式系统的搜索(一)
 - 7.产生式系统的搜索(二)
 - 8.知识表示

- 机器学习:
 - 9. 综述, ID3与解释学习
 - 10. 神经网络
 - 11. 遗传算法
 - 12. Rough Sets理论
 - 13. 统计学习理论
 - 14. Reinforcement learning
 - 15. 主曲线
 - 16. 数据挖掘
- 17: 专家系统
- 18: 考试

联系方式

- Wensheng.zhang@ia.ac.cn

- 人工智能作为独立的学科(1956年) 已经有**50**多年的历史，最近发展尤为迅速
- 当代人工智能的两大支柱：知识表示、搜索技术
- 知识表示包括：
 - 演绎系统、产生式系统、框架结构、语义网络和过程性质使得表示等。
- 搜索技术：
 - 盲目搜索、启发式搜索、博弈树搜索、状态空间搜索、问题空间搜索等。

目的

- 近五十年来，人工智能的研究起起伏伏，新的研究结果不断出现，同时大量研究被摒弃
- 历史上，哪些研究至今还是重要的？判断哪类研究是没有意义的？
- 了解这些思想与研究，对今后的研究十分重要

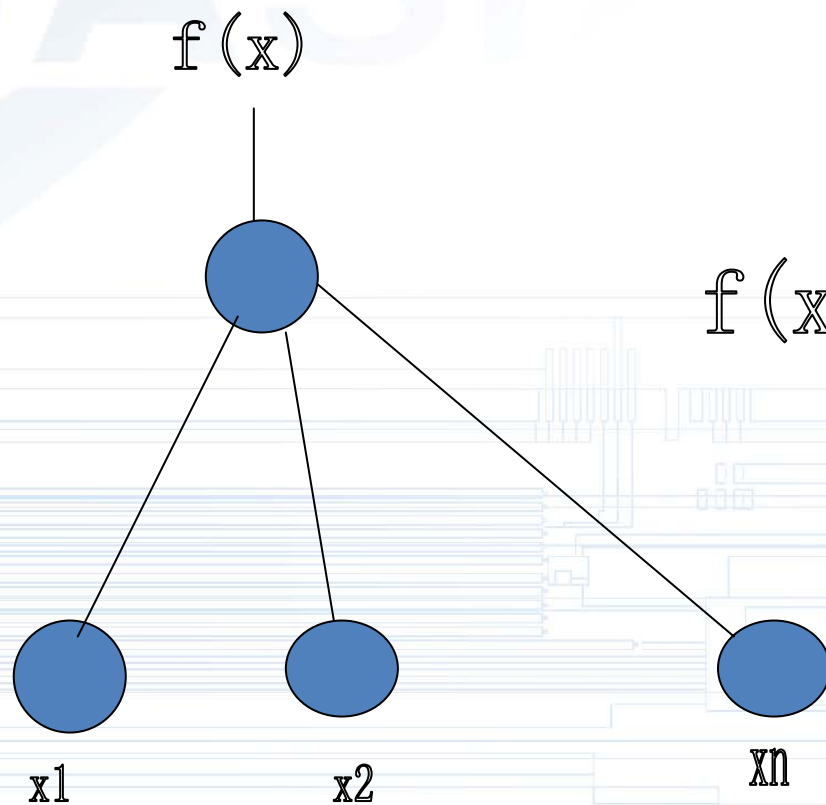
提 纲

- 人工智能之前的研究
- 人工智能的提出
- 重要事件
- 人工智能基础
- 目前的研究趋势

人工智能之前的研究(1)

- 十九世纪末**James**关于神经结构的研究，神经系统由神经元组成，神经元之间是相互连接的
- 二十世纪中叶**McCulloch**与**Pitts**对神经元工作方式的研究，神经元有兴奋与抑制两种状态

图解



$$f(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

神经元工作方式

神经网络结构

- **McCulloch与Pitts**的研究结果奠定了计算机科学与技术的基础

人工智能之前的研究(2)

- Turing的计算理论与Turing测试
- Wiener的控制论
- Shannon的信息论

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是人工智能之父

Searle的批评(汉语实验室)

- 一个不懂汉语的人A，一个充分详细的汉语问答手册
- 不计查手册的时间代价
- 给A一个使用汉语提出的问题，A通过汉语符号的比对使用手册，给出回答
- Searle问，如果A通过查手册做出的回答与懂汉语的人一样，A懂汉语吗？

“深蓝”下棋程序

- 1997年，IBM设计了这个程序
- 战胜卡斯帕罗夫！
- “深蓝”有智能吗？
- 媒体与大众认为“有”
- 科学家认为“没有”，理由恰恰是Searle汉语实验室

Wiener的控制论

- 反馈
- 对变化环境的适应性
- 控制的统计特性
- 计算

计算机科学与控制理论

- 计算机科学与控制理论有共同的理念祖先----控制论
- Von Neumann与Shannon将Turing的计算理论加入控制论，形成计算机科学
- Ashby将微分方程定性理论加入控制论，形成以稳定性为基础的控制理论
- 形成两个不同学科

“人工智能”提出

- 一般的说，人工智能这个术语来源于1956年（夏季的）一次关于“复杂信息处理”的 **Workshop**（达德茅斯大学，MaCarthy 提出Artificial Intelligence这一名词）
- 在这次会议上，J.MaCarthy建议将这类研究称为人工智能

复杂信息处理

- 在50年代，计算局限在数值处理，例如，计算弹道等
- 1950年，Shannon完成了第一个下棋程序。开创了非数值计算的先河
- Newell, Simon, MaCarthy and Minsky等均提出以符号为基础的计算

复杂信息处理的任务

- 将人的信息加工理解为一种计算
- 计算机的功能是计算，信息加工是计算，计算机似乎可以完成人类大脑完成的信息加工任务
- 符号加工、表示、推理、学习将代替数值计算，成为计算机的主要用途
- 复杂信息本质上就是非线性信息，解决非线性问题是主要任务

人工智能的任务

- 根据人类信息加工原理，设计计算系统，以使计算机完成更复杂的任务
- 使用计算系统研究人类的思维活动规律

重要事件

- 启发式搜索
- 感知机
- 基于符号的规则表示
 - 人工智能的主流
- 适应性
- 知识发现

重要事件---启发式搜索

- 1960年，Simon发表了重要的关于启发式搜索的报告
- 据此，Newell, Simon and Shaw发表了通用问题求解器---GPS (General Problem Solver)

启发式搜索

- 分析中学生解几何习题的口述报告，**Simon**认为人类信息加工过程，是在经验知识启示下，对解空间的搜索过程
- 经验知识多少，决定了问题求解的有效性，**启发式搜索**

科学意义

- 启发式搜索的意义：
 - 揭示了人类信息加工的本质
 - 暗示了一种问题求解的计算模型
 - 决策科学的基础
 - 可接受解代替最优解
 - 这是计算机科学中，对**NP**完全问题求解需要遵守的原则之一

重要事件---感知机

- Rosenblatt根据神经网络的工作方式提出了感知机理论。以此解决机器学习问题
- 这是一个线性学习理论

Minsky的批评

- 1969年，Minsky出版Perceptron一书
- 一方面，他批评感知机无法解决非线性问题，例如XOR问题
 - 复杂性信息处理应该以解决非线性问题为主
- 另一方面，几何方法应该代替分析方法作为主要数学手段

对人工智能研究的影响

- 在以后的二十年，感知机的研究方向被忽视
- 基于符号的知识表示成为主流，例如，规则等
- 基于逻辑的推理成为主要研究方向

重要事件---人工神经网络

- 直到1986年，Rumelhart发现了BP算法，才导致感知机之类的研究重新兴起
- 1988年，Minsky重版他的Perceptron，并指出，BP算法没有解决他在二十年前提出的问题
- 不幸被他言中了

NP-Hard

- BP算法是非线性优化算法
- 非线性优化算法是NP-Hard问题
- 这意味着，不可能存在一种改进，使得这类算法能够解决大量数据问题
- 除非改变算法本身

重要事件---SVM

- 1991年，前苏联数学家Vapnik到了西方，带来了他在1971年的一项研究，统计学习理论
- 人们重新认识了感知机与几何在算法设计中的作用

SVM原理

- 基于泛函分析原理，将样本从欧氏空间映射到Hilbert空间
- 在Hilbert空间定义划分，以使在欧式空间为非线性划分问题变换为在Hilbert空间为线性划分问题
- 从而回归到Rosenblatt的感知机

Vapnik的贡献

- 奠定了泛化的统计理论
- 根据泛函分析，提出了核函数的概念，由此，设计了**SVM**算法
- 尽管在理论上，**SVM**的划分是定义在**Hilbert**空间，但是，通过核函数，其计算仅仅依赖于定义在欧式空间上的样本
- 问题归结为核函数的选择

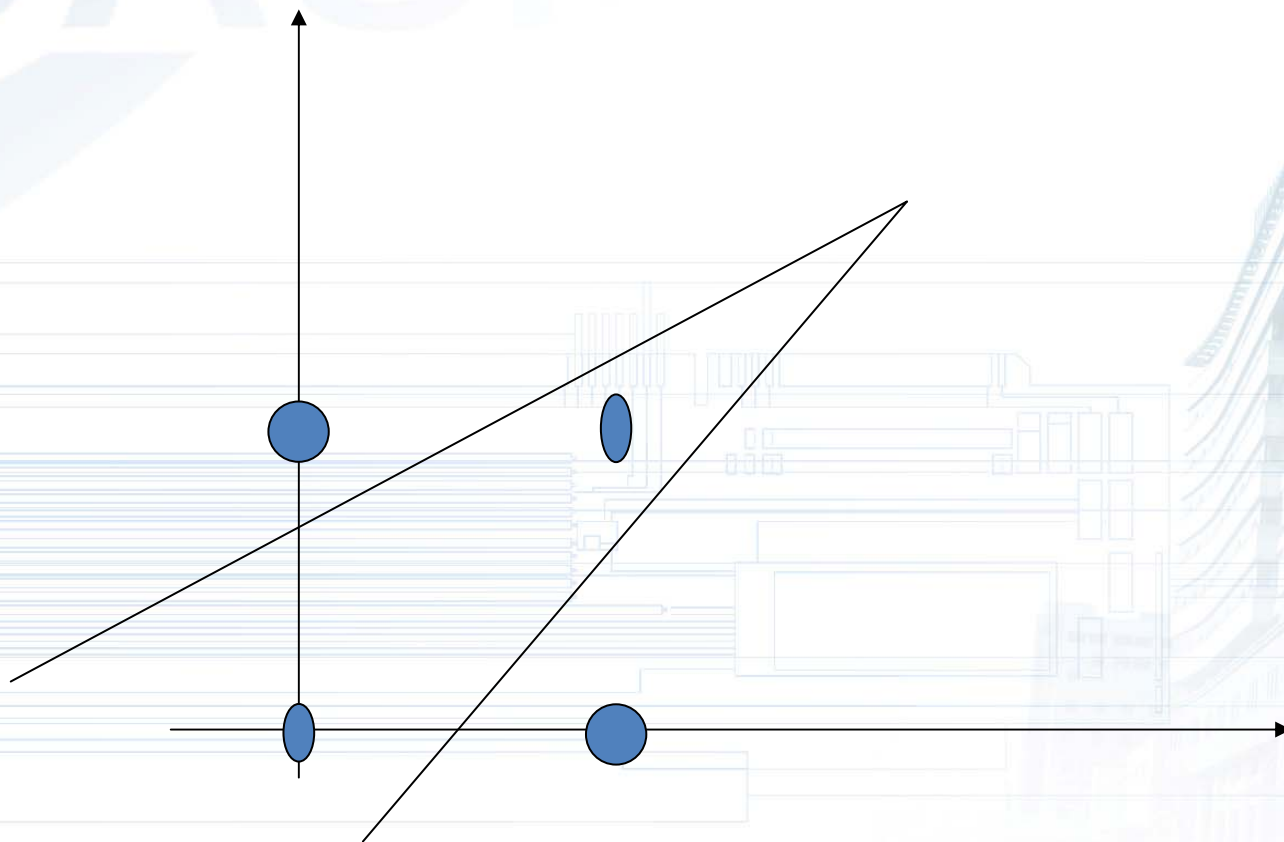
基于符号规则的表达

- Widrow的Madline模型
- Samuel的规则表示

Widrow的MADLINE

- 为了解决XOR问题，Widrow提出使用非光滑超平面代替连续光滑超平面对样本的划分
- 其划分对学习来说可能是平凡的
- 信息长度可能未减少

原理



重要事件---规则表示

- 尽管Widrow的研究没有获得成功，但是，却导致基于规则的知识表示的发展
- Samuel最先提出使用这种知识表示方法，并使用其设计了下棋程序
- 影响了二十年人工智能的发展

重要事件---A*算法

- 1971年，Nillson提出A*搜索算法
- 这是对启发式搜索理论的研究结果
- 这个算法第一次给出了启发式函数对搜索的定量描述
- 没有给出获得启发式知识的途径

启发式搜索

- 启发式知识是经验的
- 无需考虑对某个问题的完备性，这意味着，获得的解可能对给定目标不是最优的
- 但是，一定是次优的、可接受的

重要事件---Resolution原理

- 基于符号的表示使得基于逻辑的推理成为可能
- 1965年，Robinson根据30年代Herbrand证明的一个定理，提出了一种相对简单的定理证明的方法，称为Resolution

不确定推理

- 基于Fuzzy的推理
- 基于D-S的推理
- 非单调推理
- 基于常识的推理

重要事件---KRL

- **KRL**----Knowledge Representation Language
- 这个研究建立了语义网络、**Frame**等重要的知识表示的形式化方法
- 目前这已成为面向对象程序设计的主要理论基础之一

知识工程---专家系统

- 1977年，Feigenbuam提出了知识工程概念
- 在理念上，为专家系统的建立奠定了基础
- 专家系统已成为人工智能研究的应用

适应性

- 自从计算机科学与控制理论成为不同学科之后，两者进行分别研究
- 计算只是控制研究的工具
- 计算则完全抛弃了控制的精髓---反馈
- 近些年，反馈被计算所重视。但是，已不是基于实数域上的微分方程，而是更为复杂的定义在特定结构上的反馈

重要事件---Classifier系统

- 1975年，Holland提出了classfier系统
- 遗传算法
- 对变化环境的适应性(桶队算法)
- 进化计算
- 复杂性

重要事件--- Society of mind

- 1986年, Minsky提出了society of mind
- 其要点是Agent
- 智能行为来源于agents群体之间的合作与竞争
- Agents之间的相互作用是一种是相互的适应
- 与Nash的对经济行为的论述类似

重要事件---临场AI

- 1986年，Brooks提出了临场AI的考虑
- 关键是：智能行为来源于对变化的真实环境的适应
- 机器昆虫

重要事件--- Reinforcement学习

- 基于适应性的机器学习方法
- 建立在一类特殊Markov过程上
- 由此建立适应模型
- 还很初步

重要事件---知识发现

- 1979年，CMU发展了Bacon系统。试图从数据重新发现天文学知识
- 1981年，Stanford发展了AM系统，试图发现新的数学定理
- 这些研究成为近年来Data mining的原始思想

KDD and DM

- 任务：从数据集合中获得简洁、非平凡的解
- 预测
- 描述

预 测

- 与机器学习的原始目标是一致
- 给定数据集，根据黑箱原理，选择一个基函数，建立一个模型，以保证这个模型对这个领域的其他样本有较高的识别正确率，即模型有较高的泛化能力

数据描述

- 目的：使人理解数据
- 从给定数据集合，变换为一种简洁表示
- 这是最具特色的研究

重要事件---ID3

- 1986年，Quinlan提出了ID3