

智能信息处理

Intelligent Information Processing

引言

智能信息处理课程组

2014 Fall

- 1 • 智能信息处理简介
- 2 • 神经网络简介
- 3 • 人工智能简介

➤ 智能

➤ 智能信息处理

聪明是个体，智慧是个体与环境，智能是智慧和能力。

- 智能就是智慧和能力，是个体有目的的行为、合理的思维以及有效的适应环境的综合性能力。
- 经过数万年的演化，大自然中的各种生物均具有智能。
- 作为万物之灵的人，不仅具有智能，而且还能够智慧地制造各种工具来延伸和拓展自身的能力。

- 通过对人类智力活动奥秘的探索与记忆思维机理的研究，来开发人类智力活动的潜能、探讨用各种机器模拟人类智能的途径，使人类的智能得以物化与延伸，产生了一门学科，即所谓的人工智能。
- 人工智能（Artificial Intelligence, AI）
在20世纪90年代，人工智能的符号主义、连接主义和行为主义三种方法并存。
 - 连接主义：神经网络
 - 行为主义：仿生

- 近年来，借鉴仿生学思想，基于生物体系的生物进化、细胞免疫、神经网络等某些机制，用数学语言抽象描述的计算方法，来模仿生物体系和人类的智能机制，产生了所谓的计算智能
- **计算智能** (Computational Intelligence, CI)
 - 软计算** (Soft Computing, SC)
 - 自然计算** (Natural Computation, NC)
 - 神经网络 (Artificial Neural Network, ANN)
 - 模糊集理论 (Fuzzy Set, FS)
 - 进化计算 (Evolutionary Computation, EC)

有关智能的研究基础上出现了诸如：智能设计、智能制造、智能检测、智能监控、智能控制、智能交通等等应用智能的研究方向。

智能无处不在

I believe that understanding intelligence involves understanding how knowledge is acquired, represented, and stored; how intelligent behavior is generated and learned; how motives, and emotions, and priorities are developed and used; how sensory signals are transformed into symbols; how symbols are manipulated to perform logic, to reason about the past, and plan for the future; and how the mechanisms of intelligence produce the phenomena of illusion, belief, hope, fear, and dreams-and yes even kindness and love. To understand these functions at a fundamental level, **I believe, would be a scientific achievement on the scale of nuclear physics, relativity, and molecular genetics.**

— James Albus

智能信息处理

- 人类在不断地进步，社会在不断地发展，这一方面受人的**好奇心驱动**，人具有探索自然规律、了解未知世界、探索自身奥妙的内动力；另一方面人具有**生存和提高生活质量**的需求。

创新的原动力

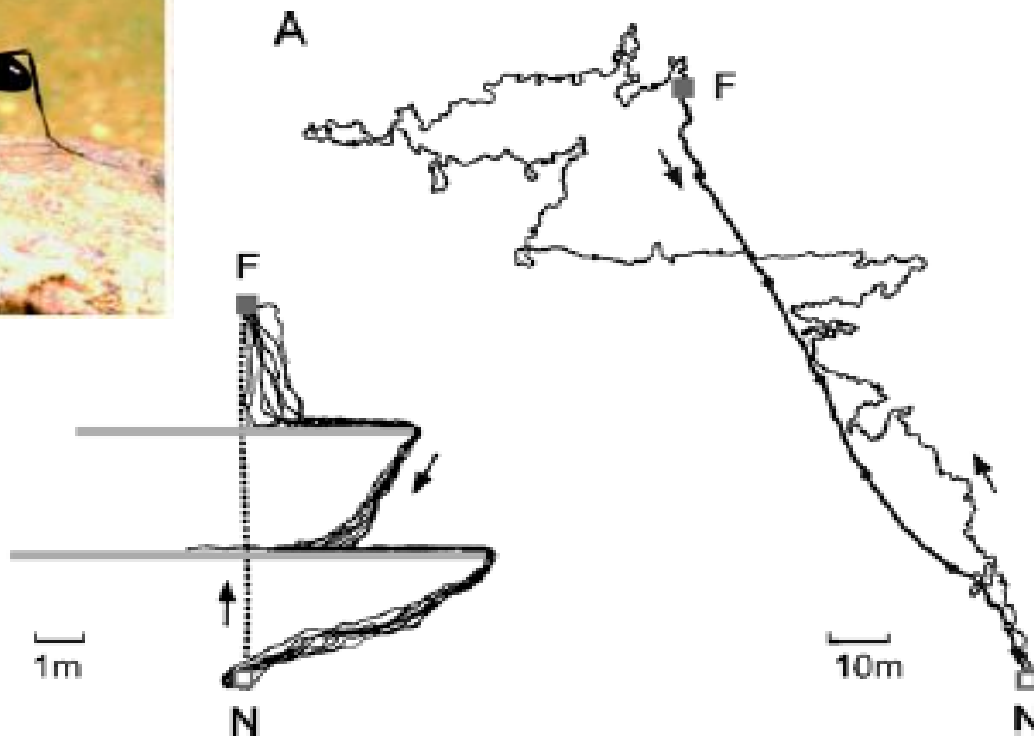
受这两方面原动力的驱动，人类不断地研究新的方法和技术，不断地研制各种工具、仪器和机器，来**延伸、拓展和增强自身的各种能力**。

- 人类所处的客观环境、所面对的客观世界是变化的、发展的，是浩瀚无垠的；
- 人类的知识虽然在不断丰富、不断更新，但是相对客观环境、客观世界，始终是不完全的、不可靠的、不精确的、不一致的和不确定的；
- 人类正是用这不精确的、不完美的知识，不断地、逐步地了解了客观世界，提高了生活质量

智能信息处理

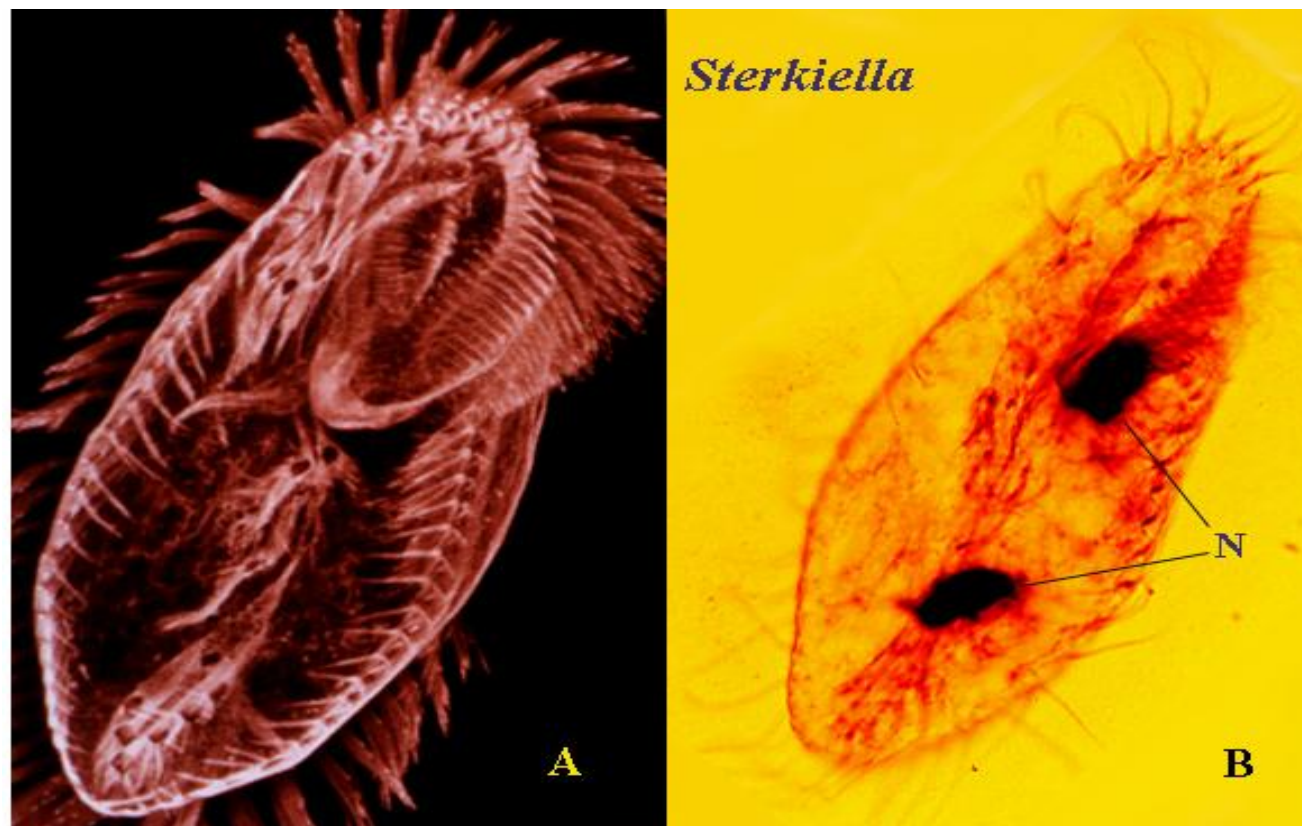
- 人工智能、人工神经网络、进化计算、模糊系统理论等等都是人类在对客观世界、人类自身现有认识的基础上所产生的新的方法和理论，是人类进一步探索自然规律、了解未知世界、探索自身奥妙，提高生活质量的各种工具。
- 智能信息处理就是将不完全的、不可靠的、不精确的、不一致的和不确定的知识和信息逐步、逐步变得完全、可靠、精确、一致和确定的过程和方法，就是利用对不精确性、不确定性的容忍来达到问题的可处理性和鲁棒性。
- 智能信息处理的对象及方法均具有多样性、复杂性和综合性的特点。智能信息处理涉及到信息科学的多个领域，是多学科理论和方法的综合应用。

- ✓ 经过数万年的演化，大自然中的各种生物均具有智能。
- ✓ 研究智能信息处理不能只研究人的智能。





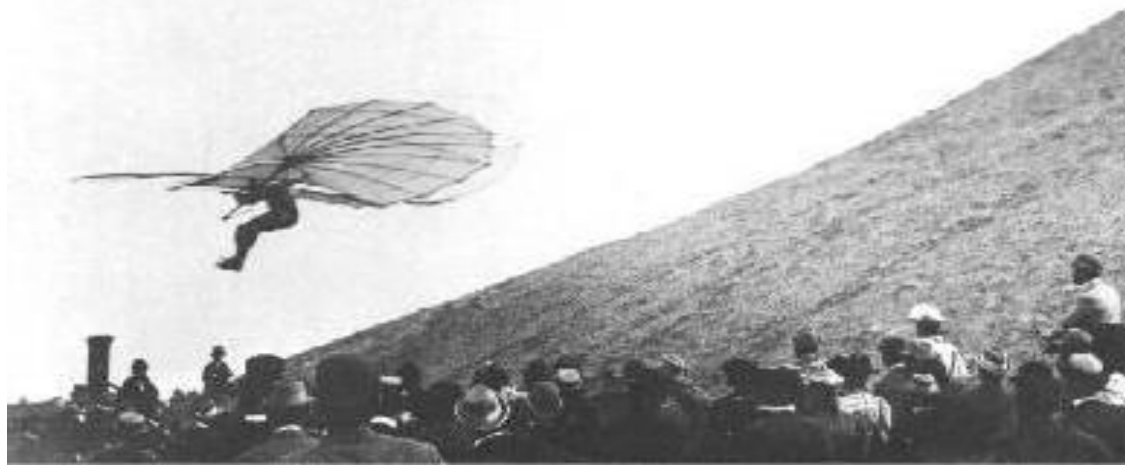
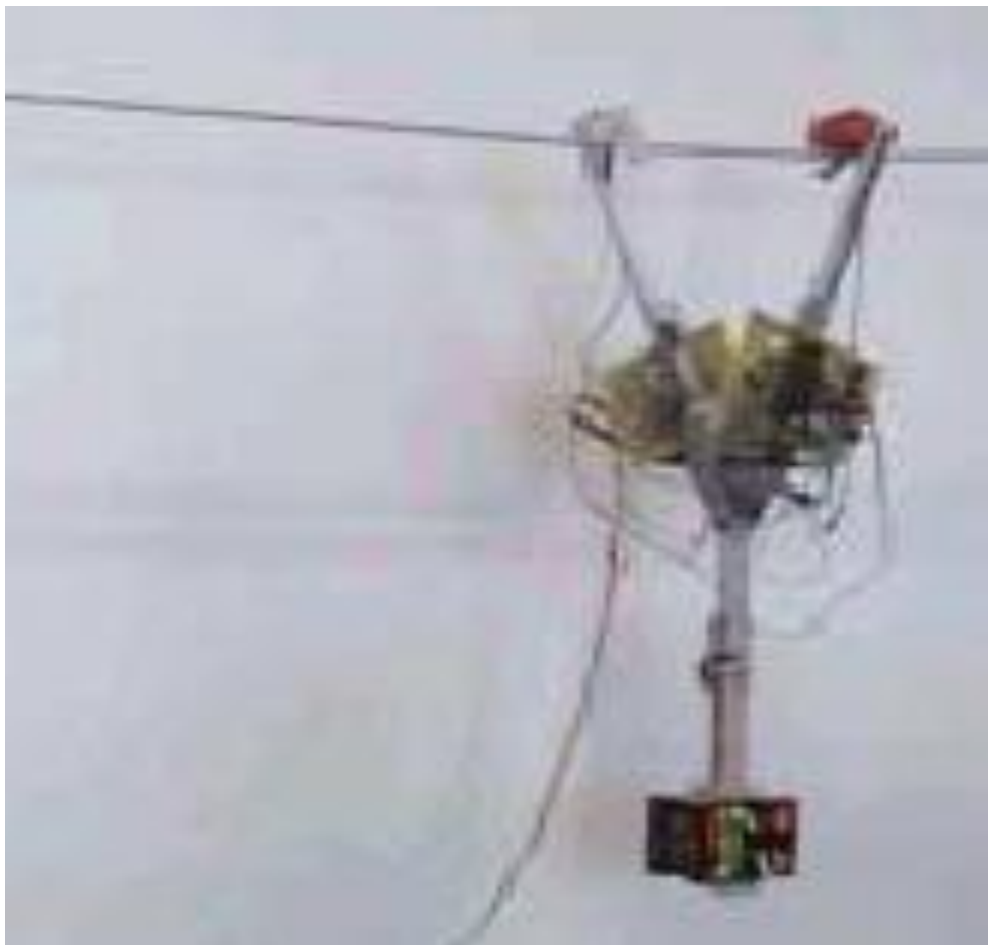
人类不能感受到红外线，但响尾蛇的红外探测器可以探测到几米外的老鼠



纤毛虫没有“眼睛”但有视觉，具有趋光和避光的功能

解决问题的途径——
仿生！





仿生学为科学技术创新提供新思路，新原理和新理论

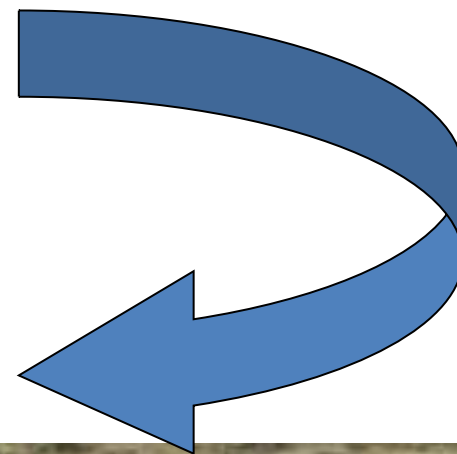
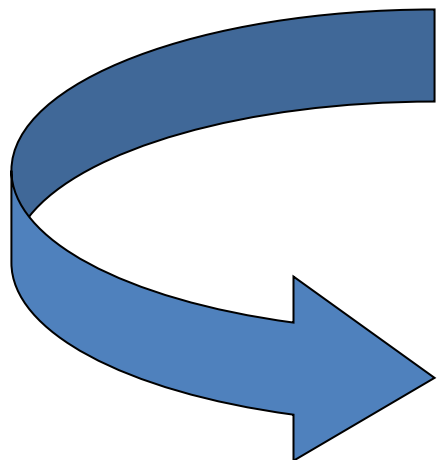
仿生学经历了四个层次：

- (1) 功能仿生；
- (2) 结构仿生；
- (3) 机理仿生；
- (4) 组织仿生。

“在经过了远古时代、工业时代、信息时代，知识时代的仿生科学正朝着微观、系统、智能、精细、洁净方向发展。”

**仿生正向着模仿生物体感知环境等
智能方向发展。**

“将思想的力量注入齿轮机械” ----信息简史



仿生



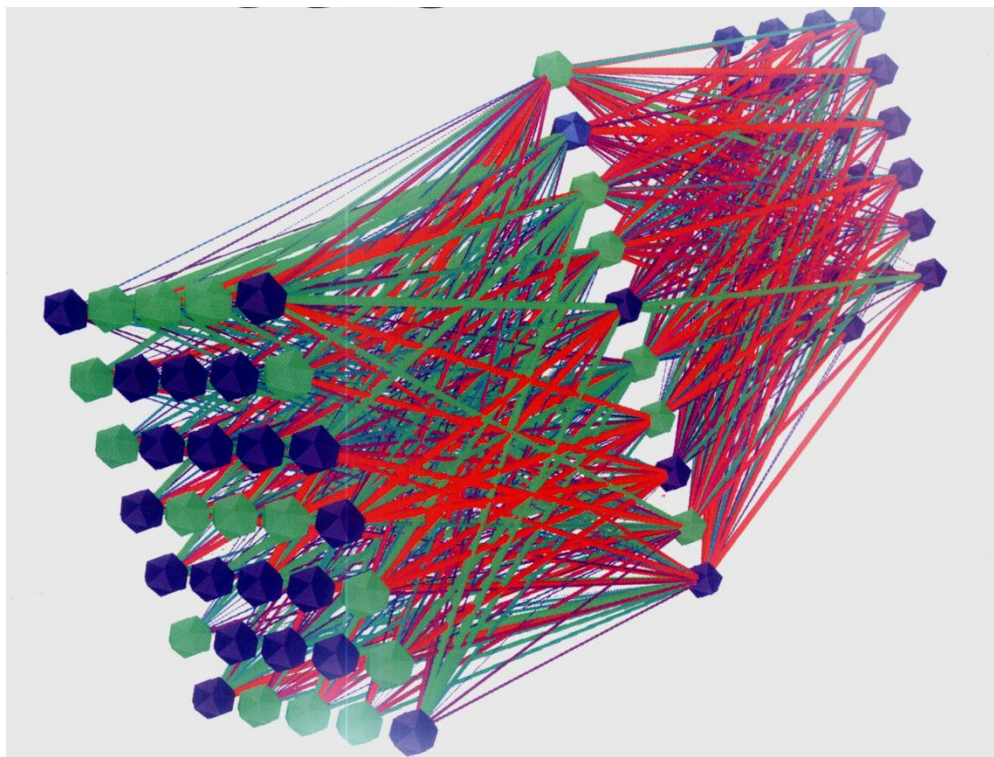
神经网络 (Neural Networks, NN)，是由大量处理单元（神经元 Neurons）广泛互连而成的网络，是对人脑的抽象、简化和模拟，反映人脑的基本特性。

从人脑的生理结构出发来研究人的智能行为，模拟人脑信息处理的功能。它是根植于神经科学、数学、统计学、物理学、计算机科学及工程等学科的一种技术。

由简单的处理单元所组成的大量并行分布的处理机，这种处理机具有存储和应用经验知识的自然特性，它与人脑的相似之处概括为两个方面：

- 一是通过学习过程利用神经网络从外部环境中获取知识；
- 二是内部神经元（突触权值）用来存储获取的知识信息。

神经网络 与 电子计算机



1931年进入剑桥大学King's College攻读数学，学位论文获“Smith Prize”。

1936年发表了著名论文“On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungs Problem”，提出了计算模型“图灵机”(Turing Machine)。

1938年获美国普林斯顿大学博士学位，博士论文“Systems of Logic Based on Ordinals”。

1939年在英国外交部科研机构工作，二战期间协助军方破解德国的著名密码系统Enigma。

战后到英国国家物理实验室(National Physical Lab., NPL)，设计和建造电子计算机(Automatic Computing Engine, ACE)。

1950年10月发表论文“Computing Machinery and Intelligence”认为计算机可以具有智能，并提出了一种用于判定机器是否具有智能的试验方法，即图灵试验(Turing Test)。

1951年当选英国皇家学会院士。

1966年美国计算机协会设立计算机界的第一奖项

“图灵奖”

被称为“计算机界的诺贝尔奖”

ACM: Association for Computing Machinery

IEEE Computer Society

20世纪最杰出的数学家之一，于1945年提出了“程序内存式”计算机的设计思想，被誉为“**计算机之父**”。

1903年出生于匈牙利的布达佩斯。

不满30岁成为美国普林斯顿大学的第一批终身教授。

1944年参加原子弹的研制工作。

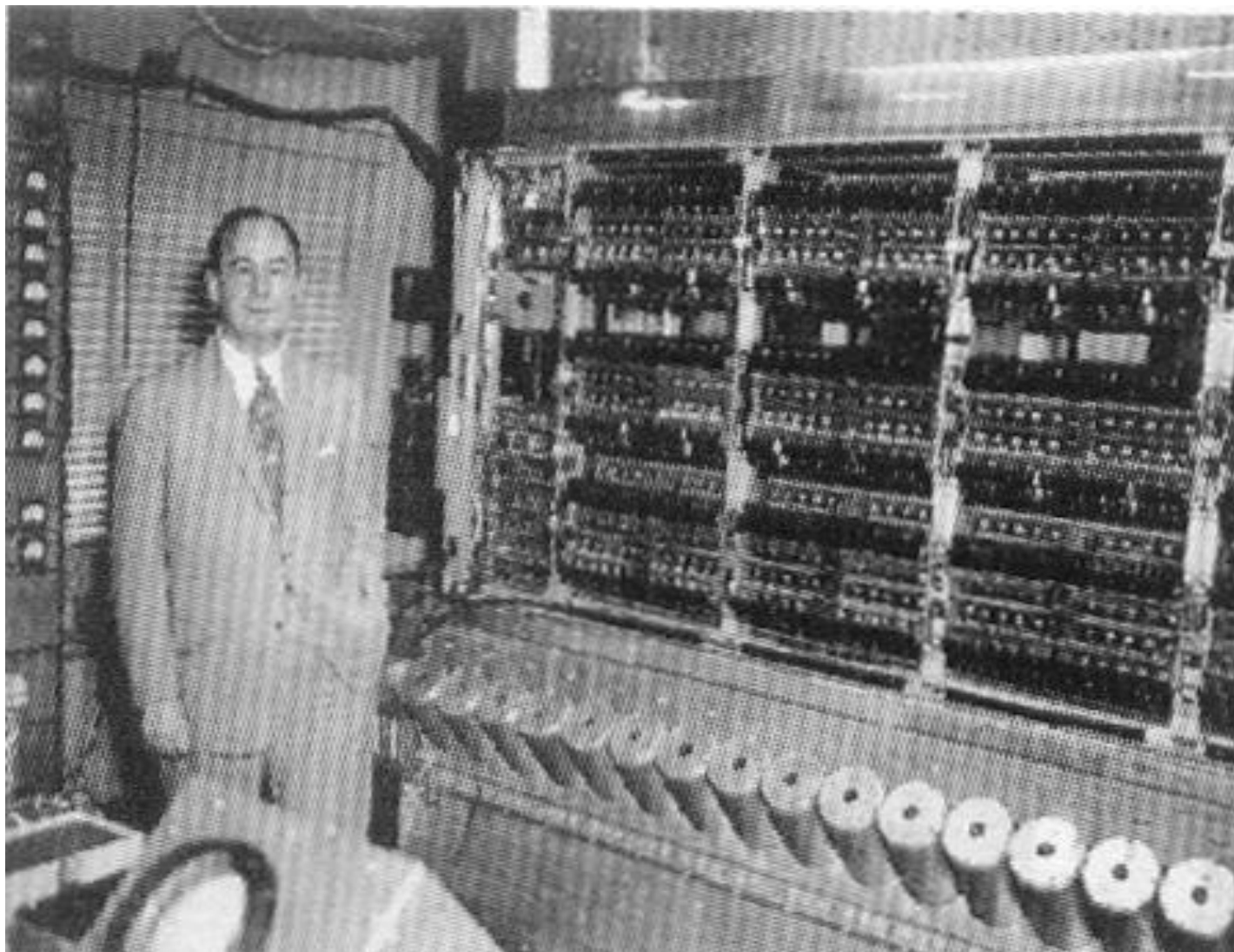
1944年8月加入莫尔计算机研制小组。

➤ **一个全新的存储程序通用电子计算机方案 EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)**

➤ **关于EDVAC的报告草案**

1954年6月，诺伊曼到美国普林斯顿高级研究所工作

➤ **IAS计算机研制**



诺伊曼与IAS

1949年，在Illinois大学四次讲座的第二次讲座中，阐述了McCulloch-Pitts正式的神经网络理论特点。

1955年，应邀去Yale大学进行Silliman讲座，直至1956年。

他未完成的Silliman讲座的手稿于1958年作为一本书被出版，书名为《The Computer and the Brain》。

1956年用约简的思想解决了一个在神经网络中特别令人关注的问题，如何用认为是不可靠的神经元来设计一个可靠的网络问题。

- 神经网络的信息存储与处理（计算）是合二为一的，即信息的存储体现在神经元互连的分布上；传统的计算机存储与计算是独立的，因而在存储与计算之间存在着瓶颈；
- 神经网络以大规模模拟计算为主；数字计算机是以串行离散符号处理为主；
- 神经网络具有很强的鲁棒性和容错性，善于联想、概括、类比和推广，任何局部的损伤不会影响整体结果；
- 神经网络具有很强的自学习能力，能为新的输入产生合理的输出，可在学习过程之中不断完善自己，具有创新特点；
- 神经网络是一大规模自适应非线性动力系统，具有集体运算的能力。这与本质上是线性系统的现代数字计算机迥然不同。

经历了兴起、萧条和兴盛三个时期。

兴起阶段

- 1943年，精神病学家和神经解剖学家McCulloch与数学家Pitts在数学生物物理学会刊《Bulletin of Mathematical Biophysics》上发表文章。总结了生物神经元的一些基本生理特征，提出了形式神经元的数学描述与结构，即**MP模型**。
- MP的提出兴起了的NN研究，同时产生了**人工智能**。

- 1948年，Wiener所著的著名的《Cybernetics》一书出版，Wiener提出了控制、通信和统计信号处理的重要概念，在学科之间抓住了统计方法的物理意义。



Norbert Wiener: “控制论之父”

- 1949年，生理学家D. O. Hebb出版了《The Organization of Behavior》一书。该书第一次提出了改变神经元连接强度的Hebb 规则，提出脑中互连信息随着感官学习任务的不同而不断变化。学习过程是在突触（Synapse）上发生的，突触的联系强度随其前后神经元的活动而变化。根据这一假设提出的**学习规则**为神经网络的学习算法奠定了基础。使神经网络的研究进入了一个重要的发展阶段。
- 1952年，Ashby所著的《Design for a Brain: The Origin of Adaptive Behavior》一书出版。论述了自适应行为不是天生的，而是学习的结果，而且通过学习会有更好的改变，本书还强调了类似机器的生物动态和相关的稳定性概念。

“人工智能之父”和框架理论(frame theory)的创立者.

1969年获ACM图灵奖;

1989年获MIT授予的Killian奖;

1990年获日本政府所设立的“日本奖”;

1995年获IEEE计算机先驱奖。

现在[MIT Media Lab](http://www.media.mit.edu) 任职。 minsky@media.mit.edu

- 1946年入哈佛大学主修物理后改为数学。1950年入普林斯顿大学攻读博士学位。
- 1951年提出了关于思维如何萌发并形成的一些基本理论，并建造了一台名为Snarc的学习机。
- 1954年，Minsky在Princeton大学完成了博士论文《Theory of Neural-Analog Reinforcement Systems and Its Application to the Brain-Model Problem》。
- 1961年，Minsky写了一篇关于早期AI的优秀论文，题为《Steps Toward Artificial Intelligence》，论文的后半部包含了当今神经网络的大部分内容；
- 1967年，Minsky的《Computation: Finite and Infinite Machines》一书出版，扩展了McCulloch和Pitts1943年的成果，并将其归入自动机和计算理论中；
- 1969年，Minsky和Papert所著的《Perceptron》一书出版。

- 1954年，通信理论的先驱和全息照相术的发明者Gabor提出了非线性自适应滤波思想。他希望与合作者一起发明一种机器，通过将一个随机过程的样本输入机器中，连同目标函数，实现机器学习。



- 1957年，Rosenblatt 提出感知机（Perceptron）。
- 1958年Rosenblatt基于对感知器的研究，提出了解决模式识别问题的新的监督学习方法，并证明了所谓的感知器收敛定理。**首次把神经网络的研究付诸工程实践。**
- 1960年，Widrow和Hoff引入了最小均方差（Least Mean-Square, LMS）算法，并用它系统阐明了自适应线性元件(Adaptive Linear Element)。
- 1962年Widrow和他的学生提出多学习机结构。
- 1965年，Nilsson所著的《Learning Machines》一书出版，至今这本书仍然是关于超平面中线性模型的一本佳作。
- 1967年，Amari用推测梯度方式进行自适应模式分类。

- 在感知器盛行的二十世纪六十年代，人们对神经网络的研究过于乐观，认为只要将这种NN互连成一个网络，就可以解决人脑思维的模拟问题。因此，当时有上百家实验室纷纷投入这项研究，美国军方也投入了巨额资金，当时NN在声纳信号识别等领域的应用取得了一定的成绩。

- 1969年，Minsky和Papert所著的《Perceptron》一书出版，该书从数学角度证明了关于单层感知器的计算具有根本的局限性，论述了单层感知器的所有局限性在多层感知器中是不可能被全部克服的。
- AI出现了转机，产生了以知识信息处理为基础的“知识工程” (Knowledge Engineering)， “专家系统” (Expert System, ES)， 给AI从实验室走向实用带来了希望。同时，微电子技术的进步，以及传统的Von Neumann型数字计算机发展，使整个学术界陶醉于数字计算机的成功之中，从而使NN的研究进入了萧条时期。

根据Cowan（1990）的观点，有三个原因导致了神经网络研究的十多年滞后。

- **原因之一**是技术上的——没有个人计算机和工作空间站进行实验，如Gabor发展了他的非线性学习滤波器，但却花费了额外的六年时间建造了含有类推装置的滤波器；
- **原因之二**一半是心理上的，即Minsky和Papert对感知器的悲观结论，一半是资金上的，即没有代理商资助。
- **原因之三**是神经网络和晶格旋转之间的类推还未成熟，直到1975年才由Sherrington和Kirkpatrick创建出旋转镜片模型。

- 1972年Teuvo Kohonen和James Anderson各自独立发展了用于记忆的新的神经网络。
- Amari独立提出了一个神经元的加性模型，并将其应用于研究随机联接类似于神经元元件的动态行为之中。
- Wilson和Cowan从含有兴奋和抑制神经元空间局部化模型的动态行为中获取非线性微分方程组。
- 1973年von der Malsburg完成了计算机模拟，第一次演示了自组织。

- 1975年Sherrington和Kirkpatrick发明了自旋玻璃网模型。
- 1975年描述了神经元激活或不激活的概率模型，并发展了短期记忆理论。
- 1976年Willshaw和von der Malsburg发表了第一篇受人脑拓扑次序映射启发，构筑自组织映射的论文。
- 1977年Anderson, Silverstein, Ritz和Jones提出了黑箱脑状态（Brain-State-in-a-Box, BSB）模型，其中包括含有非线性动力的一个简单联想网络。
- 1980年Grossberg在早期对竞争学习研究的基础上，创立了自组织新理论，被称为自适应性谐振理论（Adaptive Resonance Theory, ART）

- 20世纪80年代，神经网络有了迅猛发展，功能日渐强大的个人计算机和 workstation 开始被广泛的应用，此时也产生了神经网络研究的新观念。
 - **第一个**是利用统计机制解释循环网络的运行过程，这种机制可用于一个联想记忆，此观念是由物理学家 John Hopfield 在他的核心论文中提出的。
 - **第二个**核心发展是用于训练多层感知器的反向传播算法，此算法同时被几个学者所发现该算法是对60年代 Minsky 和 Papert 的一个有力的回答。

- 研究视、听觉的人工智能专家首先遇到挫折，计算机一般不能从现实世界的实例与现象中获取并总结出知识，也就是说计算机不具备学习能力。人们于是开始意识到了Von Neumann 体系结构的局限性，转而研究数据流机和并行计算机体系结构；
- 日本第五代计算机计划远未达到预想水平，使人们觉得有必要弄清人们习以为常的认知功能是如何进行的，这些认知功能包括视听觉感知、学习记忆、运行控制等，从而使人们认识到必须开拓新的思路，探索新的实现途径——与人脑的生理组织更为接近的NN模型自然成为理想的候选模型；

- 在人类智能行为研究方面，神经生理学家、心理学家和计算机科学家相互结合，认为人脑是一个功能十分强大、结构异常复杂的信息系统，但其基本仍是神经元及其之间的连接；
- NN的研究依靠众多学科的共同发展，是众学科的综合产物。而当时众学科都有了相应的发展，如普里高津(Prigogine)提出了**非平稳系统的自组织理论**，获诺贝尔奖；哈肯(Haken)研究了大量单元集团运动而产生的宏观效果，提出了“**协同学**”；非线性系统“**混沌**”态的提出及其研究等等，这些都是研究如何通过单元之间的相互连接作用建立复杂系统，类似于生物系统的自组织行为。

- 脑科学与神经科学的研究成果，迅速反映到神经网络的改进上，例如视觉研究中发现的侧抑制原理、感受野的概念，听觉通道上神经元的自组织排列等

生物的NN研究成果对ANN的研究起了重要的推动作用。

所有这些方面重新引起了人们对ANN的研究兴趣。

- 学术界公认，标志NN研究高潮的又一次到来是美国加州理工学院生物物理学家J. Hopfield教授于1982年和1984年发表在美国科学院院刊上的两篇文章以及1986年Rumelhart与McClelland的两册书。



- 1982年Hopfield用能量函数的思想形成了一种新的计算的方法。将其与统计物理的Ising模型相类推，为大量的物理学理论和许多的物理学家进入神经网络领域铺平了道路。Hopfield阐明了NN与动力学的关系，并用非线性动力学的方法来研究这种NN的特性，建立了NN稳定性判据，并指出信息存储在网络中NN之间的连接上，形成了Hopfield网络。
- 1984年，Hopfield设计与研制了他所提出的神经网络模型的电路，指出神经元可以用运算放大器来实现，所有神经元的连接可用电子线路来模拟，同时他也进行了神经网络应用研究，成功的解决了旅行商（TSP）计算难题（优化问题），令人震惊，使神经网络的研究步入了**兴盛时期**。

- 1982年Kohonen的关于自组织图的论文发表，其中用到了一个一维或二维的晶体结构，这种模型已成为衡量在此领域中价值创新的基准。
- 1983年，Kirkpatrick, Gelatt 和 Vecchi 提出了模拟退火 (Simulated Annealing, SA) 的新方法，该方法以统计理论为基础，用于解决组合最优问题。
- 1983年，Barto, Sutton 和 Anderson 发表了关于强化学习 (Reinforcement Learning, RL) 的论文，论文将强化学习应用于实际，验证了其应用的具有可行性，对强化学习的发展及应用产生了重要的影响。

- 1985年，Ackley, Hinton和Sejnowski 以模拟退火思想为基础，对Hopfield模型引入了随机机制，提出了Boltzmann机。第一次成功实现了多层神经网络的功能，打破了人们心理上的局限，证明了Minsky和Papert（1969）的推测根据是不正确的。
- 1986年，Rumelhart,Hinton和Williams发展了反向传播算法(Back-Propagation algorithm, BP)。同年，Rumelhart和McClelland编写的名为《Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition》出版。BP已成为大多数多层感知器训练所采用的流行学习算法。该算法解决了多层NN的学习问题，证明了多层神经网络的计算能力并不象Minsky等人所预料的那样弱，相反他可以完成许多学习任务，解决许多实际问题。

- 1988年，Linsker在感知器网络上提出了一种新的自组织理论，在Shanno信息论的基础上，形成了最大互信息理论。Linsker的论文重新点燃了基于神经网络的信息应用理论的光芒，尤其对Bell和Sejnowski提出的盲源分离问题(Blind Source Separation Problem)的信息应用理论产生了影响，同时激起许多学者去探索用其他信息理论模型去解决各自广泛领域中的问题，该方法称为盲反卷积(Blind Deconvolution)。
- 1989年，Mead的《Analog VLSI and Neural System》一书出版，这本书将生物神经和集成电路结合在一起，给出了硅视网膜和硅耳蜗。

- 二十世纪九十年代初期，Vapnik和合作者们发明了一类计算功能强大的有导师学习网络，用于解决模式识别、回归及密度估测问题，这种网络被称为**支持向量机(Support Vector Machines, SVM)**，以有限样本学习理论的结论为基础。支持向量机的新特征在于Vapnik-Chervonenkis (VC) 维特征蕴含在向量机的设计中，VC维数为衡量神经网络样本学习能力提供了一种有效的量度。
- **深度学习**

- 1987年6月，在美国加州举行了第一届NN国际会议，有一千多名学者参加，并成立了国际NN学会，以后每年召开两次国际联合NN大会（IJCNN），其他国际学术会议也都列有NN主题。较有影响的国际学术刊物有：
 - 《IEEE Transaction on Neural Network》
 - 《Neural Network》

- 美国IBM、AT&T、贝尔实验室、神经计算机公司、各高校、美国政府制定了“神经、信息、行为科学（NIBS）”计划，投资5.5亿美元作为第六代计算机的基础研究；美国科学基金会（NSF）、海军研究局（ONR）和空军科学研究部（AFOSR）三家投资一千万美元；美国国防部DARPA认为NN“看来是解决机器智能的唯一希望”“这是一项比原子弹工程更重要的技术”投资四亿美元。
- 主要研究目标：目标识别与跟踪，连续语音识别，声纳信号辨别。

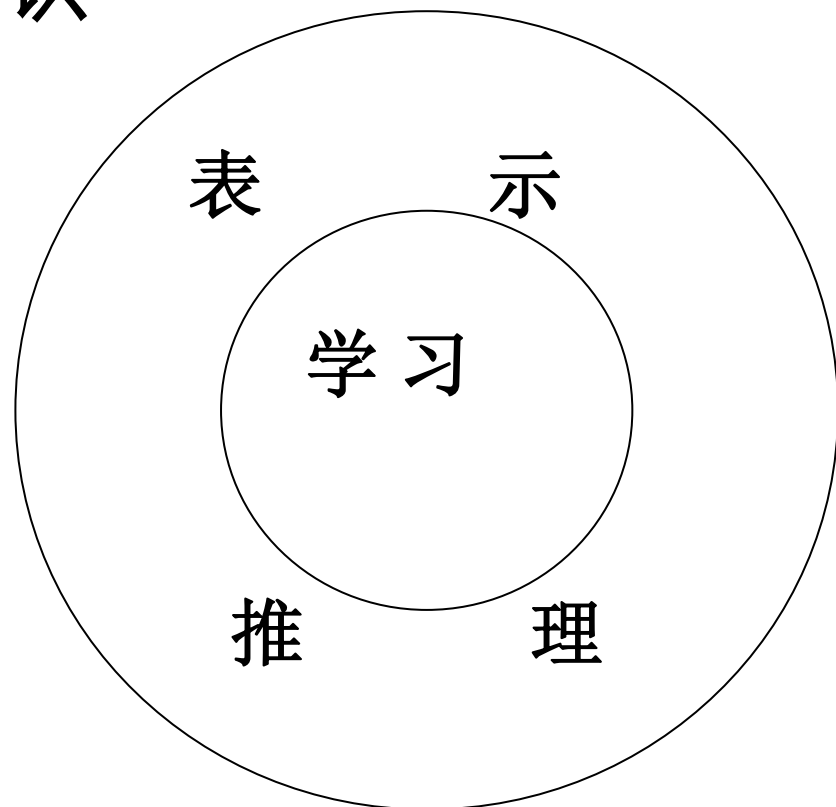
- 日本的富士通、日本电气、日立、三菱、东芝急起直追。1988年日本提出了所谓的人类尖端科学计划(Human Frontier Science Program)，即第六代计算机研究计划。
- 法国提出了“尤里卡”计划
- 德国的“欧洲防御”
- 苏联的“高技术发展”

- 我国于1989年在北京召开了一个非正式的NN会议；1990年12月在北京召开了中国NN大会；1991年在南京成立了中国NN学会，由国内十五个一级学会共同发起“**携手探智能，联盟攻大关**”
- 863高技术研究计划；自然科学基金、国防科技预研基金也都列入了NN研究内容。

- 人工智能简介
- 人工智能的发展简史
- 人工智能与人工神经网络

- 人工智能是用计算机模型模拟思维功能的科学。AI是计算机科学的一个重要分支，是跨学科的前沿科学，涉及到心理学、脑生理学、计算机科学、哲学等学科。
- 广义人工智能的定义为：通过对人类智力活动奥秘的探索与记忆思维机理的研究，以实现两方面的目的：
 - (1) 开发人类智力活动的潜能；
 - (2) 探讨用各种（电气的、光学的、生物的甚至机械的）机器模拟人类智能的途径，使人类的智能得以物化与延伸。

- (1) **表示**：知识存储
- (2) **推理**：用存储知识解决问题
- (3) **学习**：通过经验获取新知识



- 1946年第一台通用电子数字计算机ENIAC诞生。1948年N. Wiener所著的《Cybernetics》一书出版；C. E. Shannon创立了信息论。
- 1950年A. Turing明确提出机器能思维的观点，并设计了“图灵测验”。
- 1951年M. L. Minsky提出了关于思维如何萌发和形成的一些基本理论，并建造了一台学习机Snarc。
- 1956年初C. E. Shannon和J. McCarthy收集了关于“思维”机器研究的13篇论文，汇编成《Automata Studies》一书出版。这一切先驱性的开创工作为人工智能的产生奠定了基础。

- 1956年夏季，作为东道主的J. McCarthy联合哈佛大学的M. L. Minsky、Bell实验室的C. E. Shannon、IBM公司的N. Rochester，并邀请了IBM公司的T. More、A. L. Samuel、MIT的O. Selfridge、R. Solomonoff、Carnegie理工大学的A. Newell和H. A. Simon在Dartmouth大学召开了关于用机器模拟人类智能问题的研讨会。在这次会上第一次正式使用了人工智能这一术语，标志着人工智能学科的诞生。

- 1956年Newell、Shaw和Simon编写了名为《Logic Theorist》（简称LP）的程序，它可以证明命题逻辑中的定理，用该程序证明了由编写的A. N. Whitehead和B. A. W. Russel合著的数学名著《数学原理》一书第2章中52个定理的38个定理，受到了高度的评价，认为它是用计算机探讨人类智力活动的第一个真正的成果，也是图灵关于机器可以具有智能这一论断的第一个实际的证明。

- 1956年A. L. Samuel研制成功具有自学习、自组织和自适应能力的跳棋程序，该程序和LP的程序都是第一次在计算机上运行的启发式程序。并发表了著名的关于机器学习的论文“Some Studies in Machine Learning Using Game of Checkers”，后人将A. L. Samuel称为“机器学习之父”。
- 同年N. Chomsky提出了一种文法的数学模型，开创了形式语言的研究。

- 1958年J. McCarthy到MIT任职，与M. L. Missky组建了世界上第一个人工智能实验室。J. McCarthy建议，在他称之为“意见采纳者”的系统中，采用谓词演算这种语言来表示和运用知识。从此，谓词演算和一些它的变形构成了人工智能知识表示的基础。
- 1959年J. McCarthy基于A. Church的 λ -演算和H. A. Simon和A. Newell首创的“表结构”，开发了著名的LISP语言(LISP Processing language)，它不仅能进行数值处理，更能方便地处理符号，成为人工智能界第一个广为流行的语言。

- 1960年Newell、Shaw和Simon等人通过心理学实验，发现了人在解题时的思维过程。基于这一发现，他们编制了通用问题求解的程序（General Problem Solving, GPS）。该程序可以解11种不同类型的课题，使启发式程序有了较大的普适性。
- 1961年M. L. Missky发表了著名的“走向人工智能的步骤”论文，极大地推动了人工智能的发展。

- 1968年Standfort大学的E. Feigenbaum教授领导的课题组研制成功了一个化学质谱分析的专家系统DENDRAL，它可以根据所提供的化学分子式和质谱分析图来预测有机物分子的结构。DENDRAL系统的成功，为AI开拓了一个新的研究领域——“专家系统”（Expert System, ES）。
- ES是一个具有大量的专门知识，并能够利用这些知识解决特定领域中需要由专家才能解决的那些问题的计算机程序。ES实现了AI从理论研究走向实际应用。

- 从通用问题求解的程序（General Problem Solving, GPS）诞生到专家系统的不断出现，表明以逻辑为基础的符号计算(处理)方法，无论在智能模拟上，还是在智能系统的建造上都同样能取得成功。
- 20世纪70年代其他“专家系统”相继出现，包括医疗诊断专家系统、计算机结构设计专家系统、符号积分与定理证明专家系统、钻井数据分析专家系统和电话电缆维护专家系统等等。这些系统的性能与同类专家的智能不相上下。

- 1969年，由国际上许多学术团体共同发起成立了国际人工智能联合会议（International Joint Conferences on Artificial Intelligence, IJCAI），并决定以后每两年召开一次国际人工智能学术会议。这标志着人工智能作为一门独立学科已经得到国际学术界的认可。
- 1970年国际性的人工智能专业杂志《Artificial Intelligence》创刊，这是由IJCAI主办的双月刊。这一切对开展人工智能国际学术活动、促进人工智能的研究和发展起到了重大的积极作用。

- 1973年由A. Colmerauer领导的研究小组在法国马塞大学研制成功了世界上第一个Prolog系统，它是继LISP之后最主要的人工智能语言，在人工智能领域有着广泛的应用，后被日本的第五代计算机选为核心语言。
- 1974年M. L. Missky提出了框架理论。其核心是以框架这种形式来表示知识。
- 1975年E. H. Shortliffe提出了确定性理论。

- 1976年A. Newell和H. A. Simon提出了物理符号系统假设，认为物理系统表现智能行为的充要条件是它是一个物理符号系统。创立了人工智能的“符号主义学派”。
- 1976年Standfort大学国际人工智能中心的R. D. Duda提出了主观贝叶斯理论，并将其应用于所研制的地质勘探专家系统PROSPECTOR中。

- 1977年在第五届国际人工智能联合会议上E. Feigenbaum正式提出了**知识工程**（Knowledge Engineering, KE）的概念，并预言20世纪80年代是专家系统发展的黄金时期。这一思想成功地指导了许多智能系统的研制，并被广泛应用于各个领域，也被称为“**专家系统与知识工程之父**”。
- 在开发专家系统的过程中，许多研究者获得共识，即人工智能系统是一个知识处理系统，而知识表示、知识利用和知识获取则成为人工智能系统的三个基本问题。

- 1978年L. A. Zadeh提出了可能性理论。
- 1980年在MIT召开了 “The Workshop on Distributed Artificial Intelligence”，提出了分布式人工智能（Distributed Artificial Intelligence, DAI）的概念，就是要创建大粒度的协作群体共同工作以对某一问题进行求解。
- 分布式人工智能分为：分布式问题求解（Distributed Problem Solving, DPS）和多主体系统（Multi-Agent System, MAS）。

- 1981年J. A. Barnett引入专家系统的证据理论。
- 1984年A. Bundy提出了发生率计算以及假设推理、定性推理和证据空间理论。
- 1984年，IBM 360系列计算机的总设计师和总指挥、时任美国国防科学委员会AI攻关领导小组成员的F. B. Brooks提出了面向现实环境的、无需表示和推理的“行为人工智能”，认为研制可适应环境的“机器虫”比空想智能机器人要好，主张从智能体与环境的交互即现场中研究智能现象，以解决人工智能中的难题。

- 20世纪80年代初，美国、欧洲和日本都先后制订了一批针对AI的大型计划，其目的是为了实现对AI的进一步突破。其中最典型的是以PROLOG语言为核心的并行智能推理机——日本第五代计算机计划，它所追求的是推理执行速度，另外还有美国的陆地自主车（Autonomous Land Vehicle, ALV）计划、CYC计算机大百科全书计划等。但这些计划中的多数执行到80年代中期就开始面临重重困难，看不出有能达到预想目标的可能。进一步分析便发现，这些困难不只是个别项目的问题，而是涉及AI研究的根本性问题。

- 总的来讲是两个问题：一是所谓的交互(Interaction)问题，即传统方法只能模拟人类深思熟虑的行为，而不包括人与环境的交互行为；另一个问题是扩展(Scaling Up)问题，即所谓的大规模的问题，传统的人工智能方法只适合于建造领域狭窄的专家系统，不能把这种方法简单地推广到规模更大、领域更宽的复杂系统中去。
- 20世纪80年代是人工智能研究的困难时期，却是人工神经网络研究的兴盛时期。
- 人工神经网络确实解决了一些符号方法难以解决的问题。被人们寄予新的希望，称之为人工智能的“**连接主义**”。

- 在20世纪90年代，人工智能的**符号主义**、**连接主义**和**行为主义**三种方法并存。1991年D. Kirsh在《Artificial Intelligence》杂志发表了人工智能基础专辑，指出了人工智能研究的趋势。
- 1997年5月，一个名为“深蓝”的IBM程序在六局比赛中以3.5比2.5的总比分战胜了国际象棋的世界冠军Garry Kasparov。这一成功极大地提高了人工智能研究者的研究热情。
- 随着Internet的迅速发展和普及，给人工智能学科的发展带来了新机遇和挑战人工智能研究又出现了诸如：从数据库发现知识（Knowledge Discovery in Databases, KDD）、数据挖掘（Data Mining）、多主体系统（Multi-Agent System, MAS）和人工免疫系统（Artificial Immune System, AIS）等研究热点。
- **云计算、大数据**

- 从1956年AI正式诞生以来，AI研究走过了一条艰难曲折的道路，20世纪60~70年代，以诸多专家系统的产生为标志。AI的研究出现了高潮。80年代初，许多大型研究项目夭折，人们发现AI早期研究者的设想很难实现，AI的研究陷入了低谷。人们回顾AI和ANN艰难的发展历程，对智能、机器智能有了较为冷静而清醒的认识，形成了较为正确的世界观。

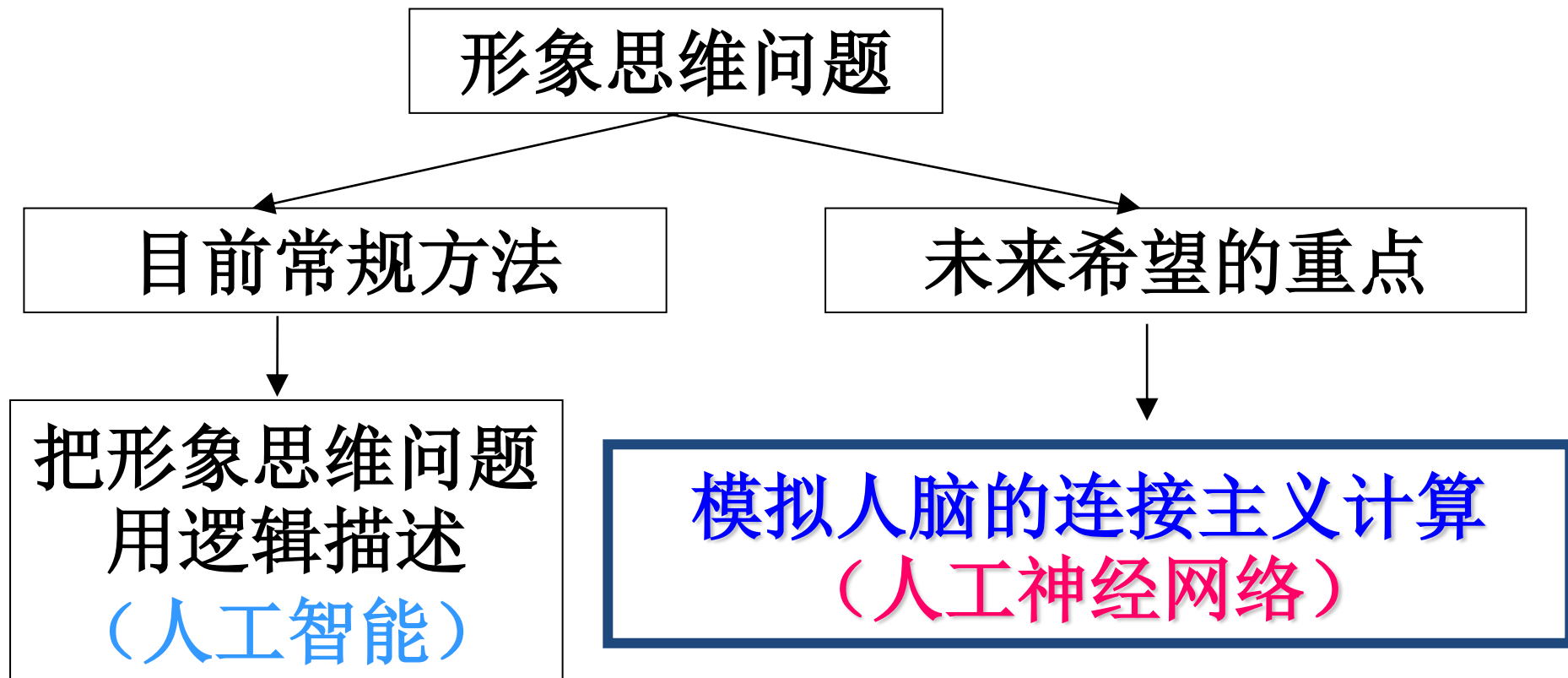
- 解释级别 (Level of Explanation)
- 处理方式 (Processing Style)
- 表示结构 (Representational Structure)

- 在传统的人工智能中，用符号表示某些事物。从认知的观点来看，人工智能认为智能表示方法是存在的，并且建立了由符号表示的顺序处理的认知模型。
- 人工神经网络强调并行分布处理（Parallel Distributed Processing, PDP）模型，这种模型认为通过大量神经元的相互作用产生信息处理，每一个神经元在网络中将兴奋或抑制信号传送给其他神经元。神经网络特别强调对认知现象的神经生物解释。

- 传统AI中，处理是顺序的，类似于典型的计算机编程，甚至当没有预定次序（如专家系统中对事实和规则的扫描）时，其处理操作仍然一步一步执行。
- 相比之下，并行性不仅对神经网络中的信息处理至关重要，而且是适应性之源，庞大的并行度是（成千上万个神经元）赋予神经网络鲁棒性这一重要特征。计算在众多网络神经元中传播，网络对含有噪声或不完整的输入仍然可以进行识别；一个被损坏的网络仍然可以满意运行，而且其学习无需太好。

- 符号表示含有一个准语言结构，同自然语言的表达一样，经典AI的表达通常非常复杂，它建立于简单符号的系统结构之上。给定一有限符号集，有意义的新表达通常由下列部分组成：符号表达成分、句法结构与语义的模拟。
- 而结构和天然表示是神经网络的一个至关重要的问题，在1998年3月定期举行的认知会议上，Fodor和Pylyshys含蓄的批判了神经网络处理认知和语言方面的计算复杂度，他们就神经网络在认知的两个基本过程，即思维表示和思维处理中存在哪些误解产生了分歧。

1. 逻辑思维问题与串行思维方法
(计算机比人脑快)
2. 形象思维问题和并行思维方法
(人脑远比计算机强)



智能信息处理