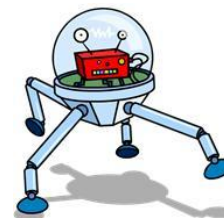


# 人工智能



# 放在前面

## • 教材及主要参考书:

- [1]蔡自兴、徐光佑. 人工智能及其应用.清华大学出版社,2004（第三版）,2010（第四版）
- [2]王永庆. 人工智能原理与方法. 西安交通大学出版社.2002
- [3]Nilsson. Artificial Intelligence--A New Synthesis机械工业出版社, 1999 (英文版) 2000（中文版）

## • 学习资料:

Web搜索、包括课件、文章等等。

IJCAI国际人工智能大会

Artificial Intelligence（期刊）

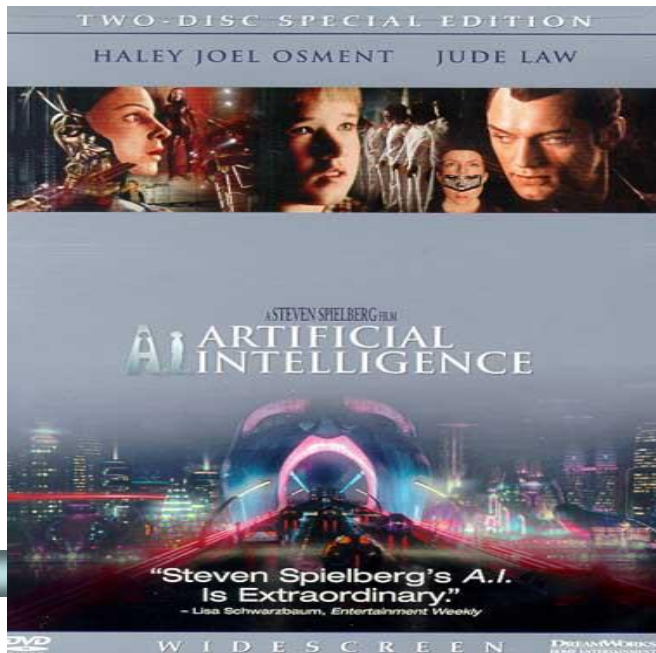
AAAI（美国人工智能联合会）

## • 考核

- 成绩评定方法：期末考试+大作业
- 考试方式：闭卷。
- 各教学环节占总分的比例：期末考试占考试成绩的80%，大作业占20%。

# Movies

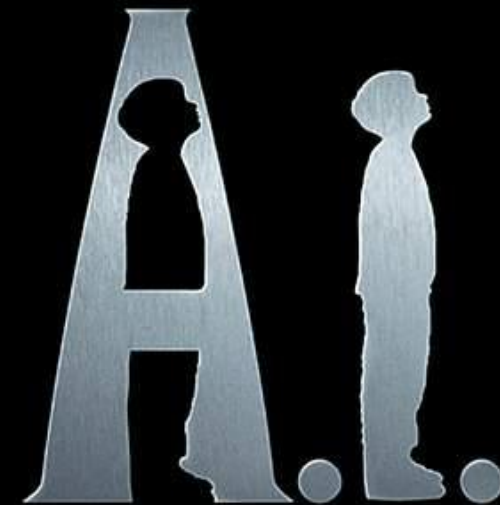
- 人工智能
- 导演：斯皮尔伯格
- 提示：电影从一个小孩子的眼光来诠释人与机器人的关系，并揭示了一个残酷的事实：机器人永远不能变成人类、他们不能有爱，即使有也只是一段程序。



David is 11 years old.  
He weighs 60 pounds.  
He is 4 feet, 6 inches tall.  
He has brown hair.

His love is real.

But he is not.



A STEVEN SPIELBERG FILM  
**ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

WARNER BROS. PICTURES and DREAMWORKS PICTURES present  
An AMBLIN/STANLEY KUBRICK Production A STEVEN SPIELBERG Film **A.I. ARTIFICIAL INTELLIGENCE** **HALEY JOEL OSMENT**  
**JUDE LAW** **FRANCES O'CONNOR** **BRENDAN GLEESON** and **WILLIAM HURT** Robot Characters Designed By **STAN WINSTON STUDIO**  
Special Visual Effects & Animation By **INDUSTRIAL LIGHT & MAGIC** Costume Designer **BOB RINGWOOD** Music By **JOHN WILLIAMS**  
Film Editor **MICHAEL KAHN, A.C.E.** Production Designer **RICK CARTER** Director of Photography **JANUSZ KAMINSKI, A.S.C.**  
Executive Producers **JAN HARLAN** **WALTER F. PARKES** Screenplay By **STEVEN SPIELBERG** Based on a Screen Story By **IAN WATSON**  
Based on the Short Story By **BRIAN ALDISS** Produced By **KATHLEEN KENNEDY** **STEVEN SPIELBERG** **BONNIE CURTIS**  
Directed By **STEVEN SPIELBERG**  
**DREAMWORKS PICTURES** **AMBLIN ENTERTAINMENT** **WARNER BROS. PICTURES**  
**SUMMER 2001**  
AOL Keyword: A.I. www.AImovie.com

# Movies

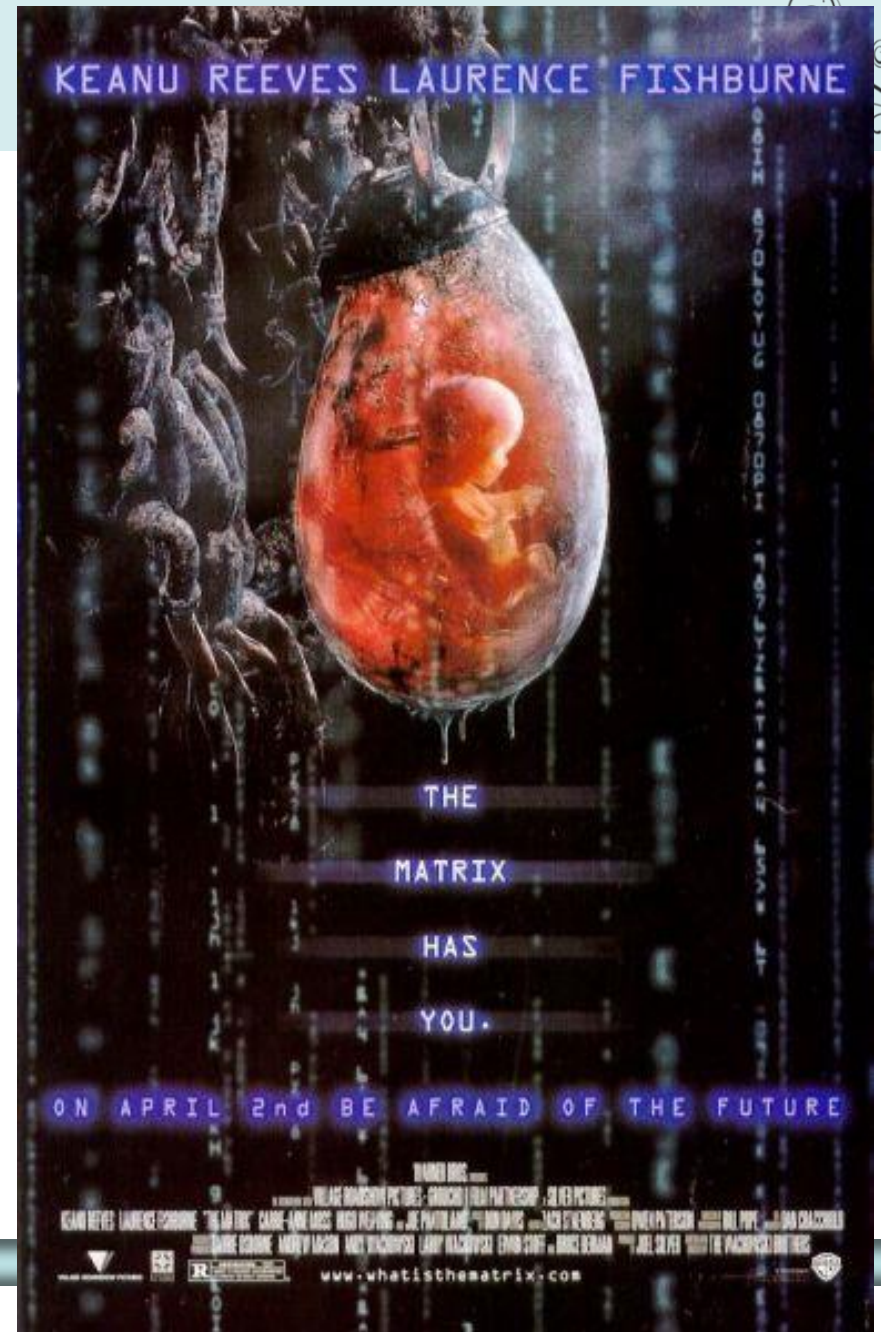
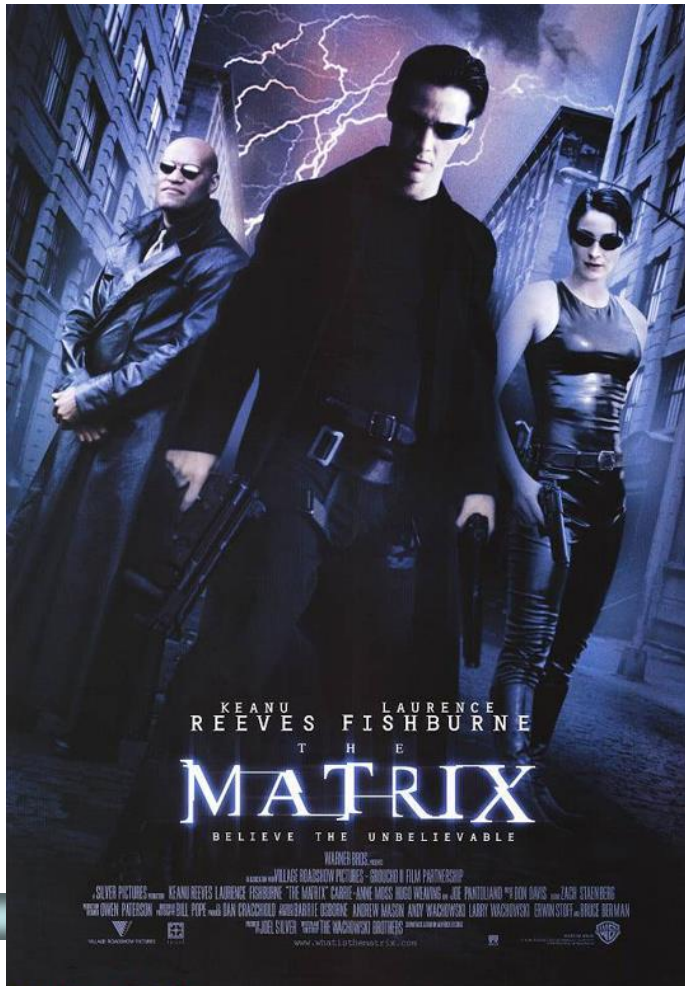
- 机械公敌 (I robot)
- 影片根据艾萨克·阿西莫夫经典科幻短篇小说集《我，机器人》改编。故事发生在2035年，科技已经发展到相当高的水准，尤其是智能机器人领域，他们已经完全融进了人类的各种生产和生活中。
- 机器人三大法则:机器人不得伤害人，或任人伤害而无所作为；机器人应服从人的一切命令，但命令与第一法则冲突时例外；机器人必须保护自身的安全，但不得与前两条法则抵触。





# Movies

- 黑客帝国 (MATRIX)



- Iron Man





What is AI?



# What is AI?

- 定义1 智能机器(intelligent machine)能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务的机器。
- 定义2 人工智能(学科)  
人工智能(学科)是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。它的近期主要目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些智力功能，并开发相关理论和技术。
- 定义3 人工智能(能力)  
人工智能(能力)是智能机器所执行的通常与人类智能有关的智能行为，如判断、推理、证明、识别、感知、理解、通信、设计、思考、规划、学习和问题求解等思维活动。





# 大师眼中的人工智能



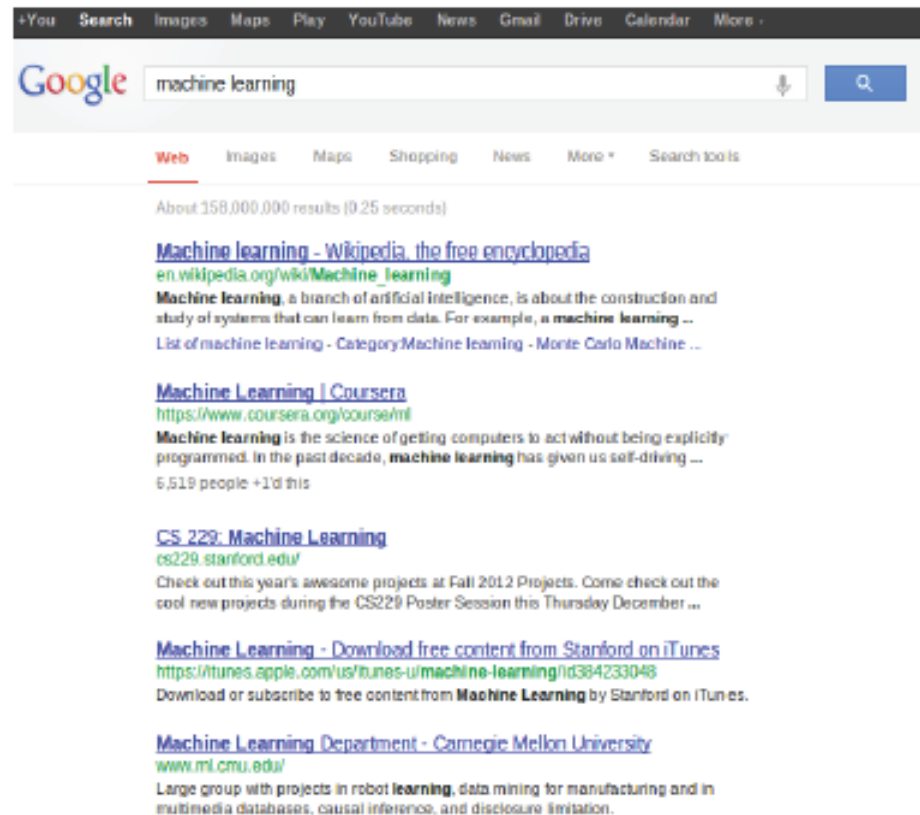
- Bellman, 1978: 人工智能是那些与人的思维、决策、问题求解和学习等有关活动的自动化进程。
- Haugeland, 1985: 人工智能是一种使计算机能够思维, 使机器具有智力的激动人心的新尝试。
- Charniak和McDermott, 1985: 人工智能是用计算模型研究智力行为。
- Kurzweil, 1990: 人工智能是一种能够执行, 需要人的智能的, 创造性机器的技术。



- Schalkoff, 1990: 人工智能是一门通过计算过程, 力图理解和模仿智能行为的学科。
- Rick和Knight, 1991: 人工智能研究如何使计算机做事, 而让人过得更好。
- Winston, 1992: 人工智能是研究那些使理解、推理和行为成为可能的计算。
- Luger和Stubblefield, 1993: 人工智能是计算机科学中, 与智能行为的自动化有关的一个分支。

# What can AI do for you?

## Web page ranking



The image shows a screenshot of a Google search results page for the query "machine learning". The page features the Google logo, a search bar with the text "machine learning", and a navigation bar with links to various Google services. Below the search bar, there are tabs for "Web", "Images", "Maps", "Shopping", "News", and "More". The search results are displayed below the tabs, showing about 158,000,000 results in 0.25 seconds. The first result is "Machine learning - Wikipedia, the free encyclopedia" with a link to "en.wikipedia.org/wiki/Machine\_learning". The second result is "Machine Learning | Coursera" with a link to "https://www.coursera.org/course/ml". The third result is "CS 229: Machine Learning" with a link to "cs229.stanford.edu/". The fourth result is "Machine Learning - Download free content from Stanford on iTunes" with a link to "https://itunes.apple.com/us/itunes-u/machine-learning/id384233048". The fifth result is "Machine Learning Department - Carnegie Mellon University" with a link to "www.ml.cmu.edu/".

+You Search Images Maps Play YouTube News Gmail Drive Calendar More

Google machine learning

Web Images Maps Shopping News More Search tools

About 158,000,000 results (0.25 seconds)

[Machine learning - Wikipedia, the free encyclopedia](#)  
[en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_learning](https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning)  
**Machine learning**, a branch of artificial intelligence, is about the construction and study of systems that can learn from data. For example, a **machine learning** ...  
[List of machine learning - Category:Machine learning - Monte Carlo Machine ...](#)

[Machine Learning | Coursera](#)  
<https://www.coursera.org/course/ml>  
**Machine learning** is the science of getting computers to act without being explicitly programmed. In the past decade, **machine learning** has given us self-driving ...  
6,519 people +1'd this

[CS 229: Machine Learning](#)  
[cs229.stanford.edu/](https://cs229.stanford.edu/)  
Check out this year's awesome projects at Fall 2012 Projects. Come check out the cool new projects during the CS229 Poster Session this Thursday December ...

[Machine Learning - Download free content from Stanford on iTunes](#)  
<https://itunes.apple.com/us/itunes-u/machine-learning/id384233048>  
Download or subscribe to free content from **Machine Learning** by Stanford on iTunes.

[Machine Learning Department - Carnegie Mellon University](#)  
[www.ml.cmu.edu/](https://www.ml.cmu.edu/)  
Large group with projects in robot **learning**, data mining for manufacturing and in multimedia databases, causal inference, and disclosure limitation.

# Handwriting recognition

John Doe  
123 Main St  
Anytown U.S. 10111

Date 01/01/2000

PAY TO THE ORDER OF The Sandwich Shop \$ 2,150

Eight and 15/100 DOLLARS

Your Bank  
456 Main St  
Anytown U.S. 10111

MEMO Lunch with friends John Doe

⑆ 63456789 ⑆ ⑆ 000000000 ⑆ ⑆ 1111 About.com

RANDALL PATRICK MUNROE 1053

DATE 2008-11-09

VERIZON COMMUNICATIONS \$ 0.002 + e^{10} + \sum\_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n}

BB&T

WHAT NOW, BITCHES?

Brayden

First National Bank  
Hollywood, Ca

Date April 1, 2002

Pay to the Order of Parisian Gown Shoppe \$ 750.00

Seven hundred Fifty DOLLARS

Lawrence Exeter, Jr.

Philadelphia, March 30th 1837

GIRARD, BANKER, No. 3d. St.

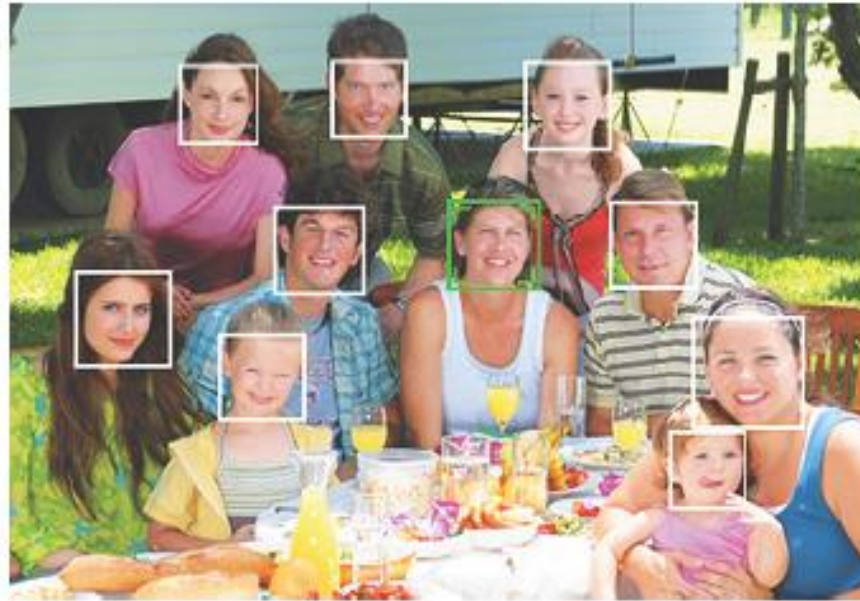
Pay to J. Mott & Co.

Five thousand five hundred Dollars

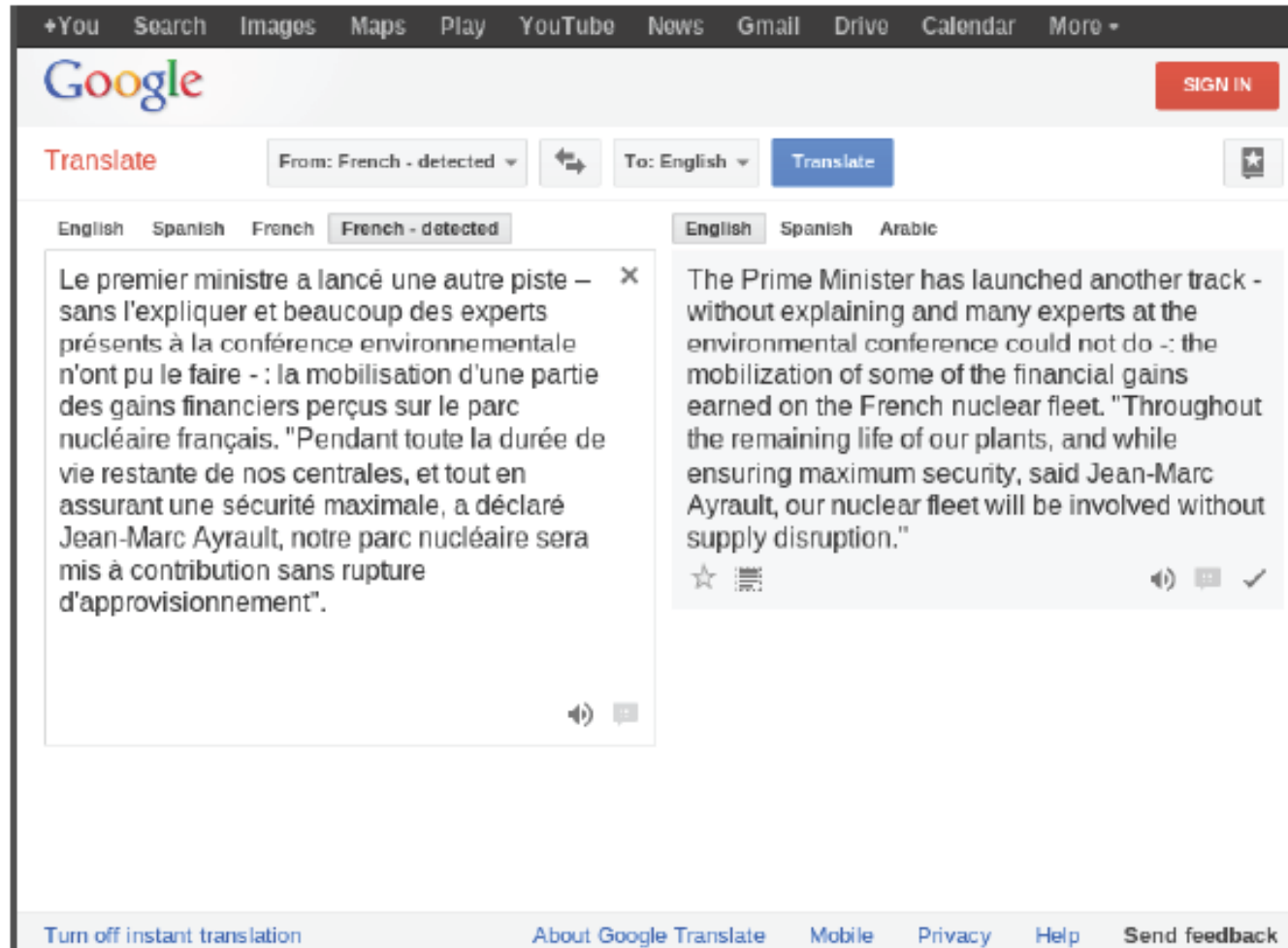
J. W. Mott J. Mott & Co.



# Face detection



# Machine translation



The screenshot displays the Google Translate web application. At the top, a navigation bar includes links for '+You', 'Search', 'Images', 'Maps', 'Play', 'YouTube', 'News', 'Gmail', 'Drive', 'Calendar', and 'More'. The Google logo is prominently displayed on the left, and a red 'SIGN IN' button is on the right. Below the navigation bar, the 'Translate' section is active. It features a 'From: French - detected' dropdown, a bidirectional arrow icon, a 'To: English' dropdown, and a blue 'Translate' button. A star icon in a box is also present. The main content area is split into two columns. The left column, labeled 'French - detected', contains the French text: 'Le premier ministre a lancé une autre piste – sans l'expliquer et beaucoup des experts présents à la conférence environnementale n'ont pu le faire - : la mobilisation d'une partie des gains financiers perçus sur le parc nucléaire français. "Pendant toute la durée de vie restante de nos centrales, et tout en assurant une sécurité maximale, a déclaré Jean-Marc Ayrault, notre parc nucléaire sera mis à contribution sans rupture d'approvisionnement".'. The right column, labeled 'English', shows the translated text: 'The Prime Minister has launched another track - without explaining and many experts at the environmental conference could not do -: the mobilization of some of the financial gains earned on the French nuclear fleet. "Throughout the remaining life of our plants, and while ensuring maximum security, said Jean-Marc Ayrault, our nuclear fleet will be involved without supply disruption."'. Both text boxes have a close 'X' icon in the top right corner and a speaker icon for audio playback in the bottom right corner. At the bottom of the interface, there is a footer with links: 'Turn off instant translation', 'About Google Translate', 'Mobile', 'Privacy', 'Help', and 'Send feedback'.

+You Search Images Maps Play YouTube News Gmail Drive Calendar More

Google

SIGN IN

Translate

From: French - detected To: English Translate

English Spanish French French - detected

English Spanish Arabic

Le premier ministre a lancé une autre piste – sans l'expliquer et beaucoup des experts présents à la conférence environnementale n'ont pu le faire - : la mobilisation d'une partie des gains financiers perçus sur le parc nucléaire français. "Pendant toute la durée de vie restante de nos centrales, et tout en assurant une sécurité maximale, a déclaré Jean-Marc Ayrault, notre parc nucléaire sera mis à contribution sans rupture d'approvisionnement".

The Prime Minister has launched another track - without explaining and many experts at the environmental conference could not do -: the mobilization of some of the financial gains earned on the French nuclear fleet. "Throughout the remaining life of our plants, and while ensuring maximum security, said Jean-Marc Ayrault, our nuclear fleet will be involved without supply disruption."

Turn off instant translation About Google Translate Mobile Privacy Help Send feedback

# Route planning



# Verification and monitoring





# Self-driving cars



# Personal assistants





# Many more applications...



...

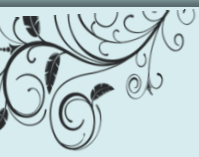
Web search  
Speech recognition  
Handwriting recognition  
Machine translation  
Information extraction  
Document summarization  
Question answering  
Spelling correction  
Image recognition  
3D scene reconstruction  
Human activity recognition  
Autonomous driving  
Music information retrieval  
Automatic composition  
Social network analysis

...

...

Product recommendation  
Advertisement placement  
Smart-grid energy optimization  
Household robotics  
Robotic surgery  
Robot exploration  
Spam filtering  
Fraud detection  
Fault diagnostics  
AI for video games  
Character animation  
Financial trading  
Protein folding  
Medical diagnosis  
Medical imaging

...




# 人工智能的基础




# 人工智能的基础

- 人工智能（**Artificial Intelligence**），英文缩写为 **AI**，是一门由计算机科学、控制论、信息论、语言学、神经生理学、心理学、数学、哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性新学科。自问世以来**AI**经过波波折折，终于作为一门边缘新学科得到世界的承认并且日益引起人们的兴趣和关注。



# AI的基础



- 哲学：标出了AI的大部分重要思想
- 数学：使AI成为一门规范科学 数学形式化
- 神经科学：网络，并行处理
- 心理学：认知理论
- 计算机工程：AI的“载体”
- 语言学：知识表示、语法

- 形式化规则能用来抽取合理的结论吗？
  - 亚里士多德（**Aristotle**）为形式逻辑奠定了基础，第一个把支配意识的理性部分法则形式化为精确的法则集合，典型代表就是三段论，即初始前提的条件下机械地推导出结论。
  - 17世纪，有人提出推理如同数字计算，帕斯卡写到：“算术机器产生的效果显然更接近思维，而不是动物的其他活动。”
- 结论：肯定的结论，即可以用一个规则集合描述意识的形式化部分



- 精神的意识是如何从物质的大脑产生出来？
  - **Descartes**(笛卡尔)给出了第一个关于意识和物质之间区别以及由此产生的清晰的讨论
  - 二元论
    - 意识（灵魂、精神）的一部分是超脱于自然之外的，不受物理定律的影响
    - 动物不具有这种属性，它们可以被当做机器对待
  - 唯物主义
    - 大脑依照物理定律运转而构成意识
    - 自由意志是对出现在选择过程中可能选择的感受方式
- 结论：两种选择：二元论和唯物主义





- 知识从哪里来？
  - 关于知识的来源：**Francis Bacon**(培根)《新工具论》开始了经验主义运动
  - **John Locke**(洛克)指出：“无物非先感而后知”
  - **Rudolf Carnap**(鲁道夫·卡尔纳普)发展了逻辑实证主义学说，认为
    - 所有的知识都可以用最终与（对应于传感器输入的）观察语句相联系的逻辑理论来刻画。
    - 科学哲学的任务之一是构造“形式的人工语言”以及系统理论，以便于我们更好地进行科学概念和科学陈述的重新构造。这种语言和自然语言不同，它不是世袭的，而是按照我们制定的规则构造出来的。
- 结论：知识来源于实践



- 知识是如何导致行动的？
  - **Aristotle**: 行动是通过目标与关于行动结果的知识之间的逻辑联系来判定的。
  - 他进一步指出，要深思的不是结局而是手段，假设了结局并考虑如何以及通过什么手段得到结局，结局是否容易是否最好，手段在分析顺序中是最后一个，在生成顺序中是第一个
  - 这实际上就是回归规划系统，2300年后，1972年 **Newell&Simon** 研制了第一个能够拟人类问题解决的计算机程序——**GPS**程序（**General Problem Solver program**）当多个行动可以达到目标时或根本无法到达目标时，如何行事？
- 结论：通过目标和关于行动结果的知识之间的逻辑联系来判定



哲学家们标志出了AI的大部分思想，但实现成为一门规范科学的飞跃就要求在三个基础领域完成一定程度的数学形式化：逻辑、计算和概率。

- 什么是抽取合理结论的形式化规则？
  - **Boole**逻辑（接近命题逻辑）
  - **Frege**扩展了**Boole**逻辑，使其包含对象和关系，创建了一阶逻辑（当今最基本的知识表示系统）
- 结论：形式化规则=命题逻辑和一阶谓词逻辑

## 概率

- 概率起源于对赌博问题可能结果的描述，成为所有需要定量的科学的无价之宝，帮助对付不确定的测量和不完备的理论。（**Cardano**，16世纪）
- **Bayes**提出了根据新证据更新概率的法则（18世纪）
- **Bayes**分析形成了大多数AI系统中不确定推理的现代方法的基础
- 结论：使用贝叶斯理论进行不确定推理

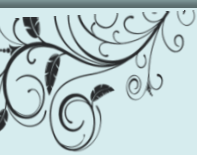


- 什么可以计算？

- 可以被计算，就要找到一个算法
- 算法本身的研究在**19**世纪晚期，把一般的数学推理形式化为逻辑演绎的努力
- **1900**年，**David Hilbert**(希尔伯特)著名的“**23**个问题”的最后一个问题是：是否存在一个算法可以判定任何涉及自然数的逻辑命题的真实性。/有效证明过程的能力是否有基础的局限性
- 这一问题被**Kurt Godel**(哥德尔)证明了，确实存在真实的局限（不完备性定理，**1931**）



- **1930年**，哥德尔提出，存在一个有效过程可以证明罗素和弗雷格的一阶逻辑中的任何真值语句，但是一阶逻辑不能捕捉到刻画自然数所需要的数学归纳法原则。
- **1931年**，哥德尔证明了不完备性定理，在任何表达能力足以描述自然数的语言中，在不能通过任何算法建立它们的真值意义下，存在不可判定的真值语句。
- 不完备性定理还可以表述为，整数的某些函数无法用算法表示，即不可计算。

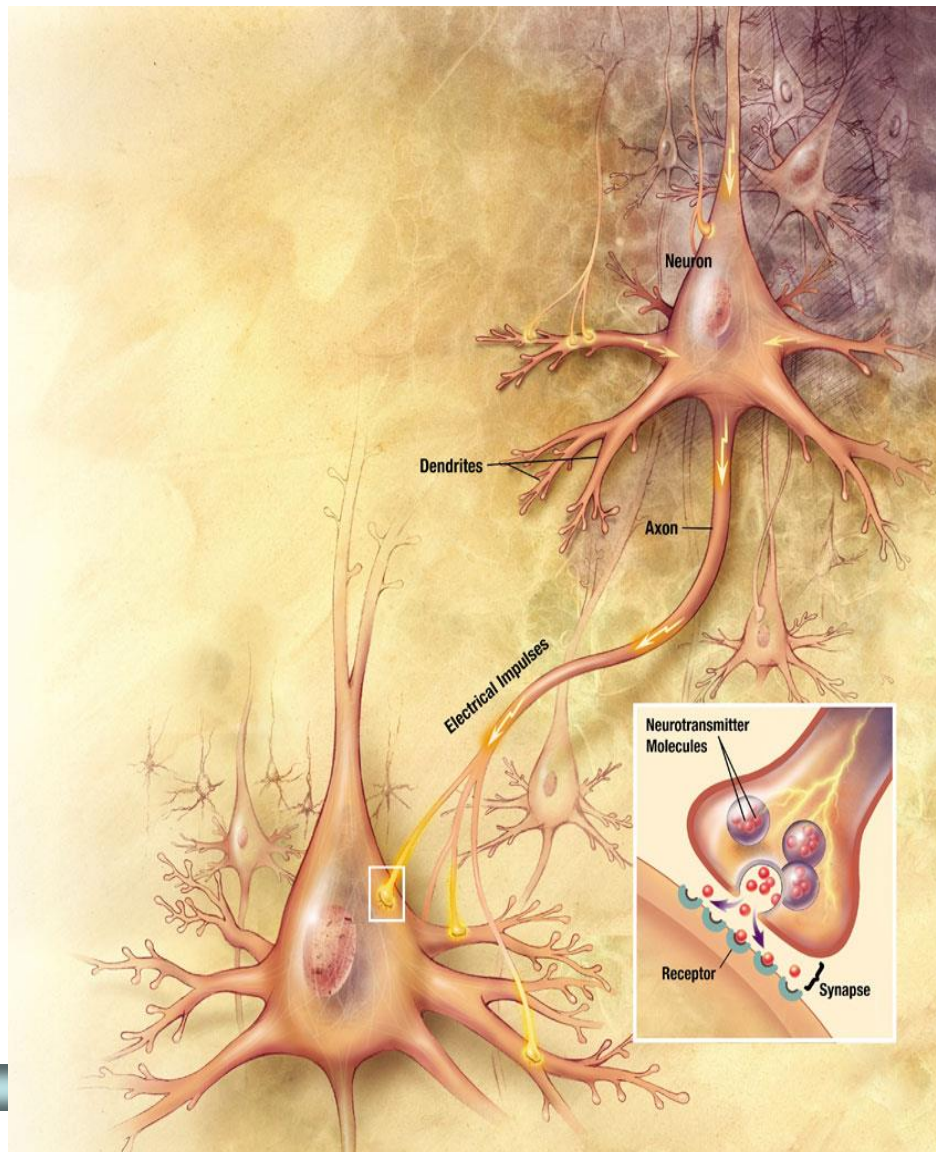


- **Turning**试图精确地刻画哪些函数是能够被计算的但，计算或有效过程的概念是无法给出形式化定义的。
- 图灵说明了一些函数没有对应的图灵机，没有通用的图灵机可以判定一个给定的程序，对于给定的输入能否返回答案或者永远运行下去。
- 在不可计算性以外，不可操作性具有更重要的影响，如果解决一个问题需要的计算时间随着实例规模成指数级增长，则该问题被称为不可操作的

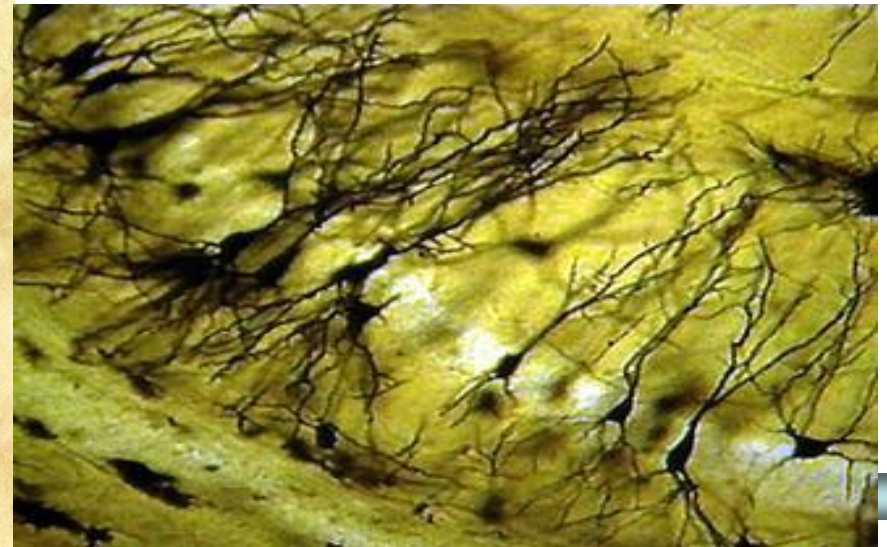


- 以**Steven Cook**和**Richard Carp**为代表的**NP-完全**理论为认识不可操作问题提供一种方法。
- **Cook**和**Carp**证明了大量各种类别的规范的组合搜索和推理问题属于**NP-完全**问题。
- 但任何**NP-完全**问题类可归约而成的问题类很可能是不可操作的
- 结论：有了可计算性可算法复杂性的理论的指导

# 神经科学：大脑是如何处理信息的？



在1943年沃伦·麦卡洛克（**Warrenc McCulloch**）和沃尔特·皮兹（**Walter Pitts**）的工作是这方面最早的尝试之一。他们表明，在原则上由非常简单的单元连接在一起组成的“网络”可以对任何逻辑和算术函数进行计算。因为网络的单元有些像大大简化的神经元，它现在常被称作“神经网络”。

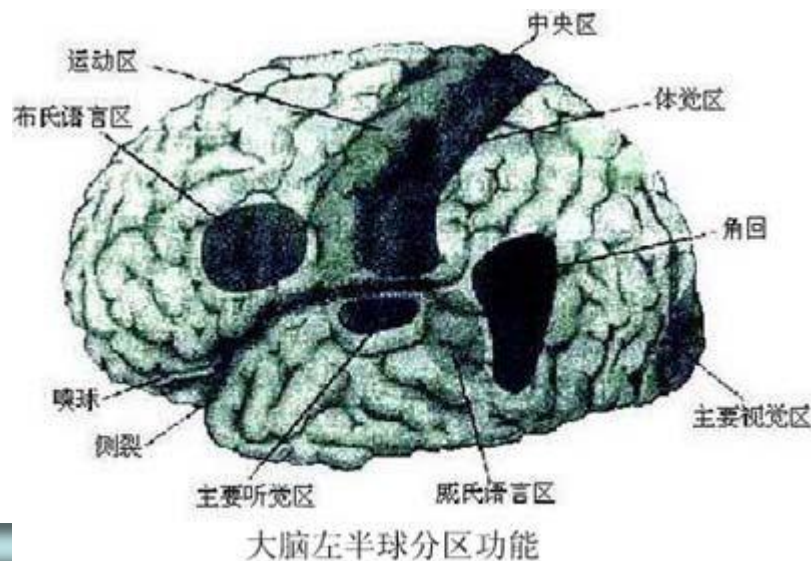


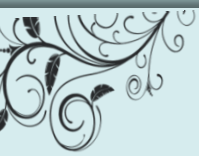




- 神经科学是研究神经系统特别是大脑的科学
  - 虽然几千年来人们一直赞同大脑以某种方式和思维相联系，因为证据表明头部受到重击会导致精神缺陷，但是直到**18**世纪中期人们才广泛地承认大脑是意识的居所。
  - **1861**年法国神经解剖家布鲁卡，对八名有语言障碍：能听懂而不能说的病人，进行研究时发现，由于大脑左侧额区的后部，一些组织受损所致。对这个区域命名为布鲁卡语言区。
  - **1874**年奥地利医生威尔尼克发现，与布鲁卡稍有区别的颞叶部分能控制、理解与记忆，因而命名此区域为威尔尼克语言区。

- 英国《自然》杂志刊登：中国人民解放军306医院“认知科学与学习”实验脑功能成像中心，与香港大学合作试验发现，使用华语和应用英语，人脑所司的语言区不同。讲华语因为是词根式语言，结构灵活，要多理解、多记忆，活动量大，所以，应用威尔尼克运动区。而说英语由于依靠语言的形态变化，须要多听、多说因此，使用布鲁卡的听力区。







- **1990**年核磁共振成像为神经科学家提供了关于大脑活动的细致图像，使得以某种方式与正在进行的认知过程相符合的测量成了可能。
- 真正令人震惊的结论是，简单细胞的集合能够导致思维、行动和意识，即使大脑产生意识
- 大脑活动过程对计算机工作过程有所启发

# 心理学：人类和动物是如何思考的？

- 机器的思考归根结底还是模仿人类的思维模式，正是“思考”这一人类的本质属性，使得人工智能和心理学从最初就紧密地联系在一起。
- **John Watson(沃森)**领导的行为主义认为，内省不能提供可靠的证据，拒绝任何涉及精神过程的理论，只研究动物的感知及其反应
- 认知心理学的主要特征是，把大脑当做信息处理装置，**Frederic Bartlett**（弗雷德里克·巴特莱特）领导的剑桥大学应用心理小组使得认知模型得以繁荣
- 心理学家普遍认为，认知理论就应该像计算机程序
- 结论：人类思考和活动应该是一个信息处理过程



# 计算机工程：如何制造能干的计算机？



- **AI**需要智能和人工制品，即计算机。
- **AI**对主流计算机科学的影响
  - 分时技术
  - 交互式翻译器
  - 使用窗口和鼠标的个人计算机
  - 面向对象的编程
  - ...

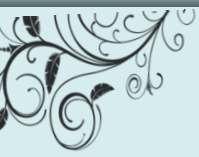


# 语言学：语言和思维是怎样联系起来的？

- 现代语言学的诞生：**Chomsky**（乔姆斯基）理论
  - 1957年《句法结构》出版，颠覆了行为主义，认为儿童怎么能理解和构造他们以前没有听到过的句子，而乔姆斯基关于语法模型的理论则能解释这个现象，并且足够形式化
  - 知识表示的许多早期工作和语言紧密联系

# 为什么AI有必要成为一个单独的领域？

- 和控制论、运筹学、决策理论的目标类似
- 为什么不是数学的一个分支？
- **AI**从一开始就承载着复制人的才能的思想
- 方法论的不同
  - **AI**属于计算机科学的分支
  - **AI**试图建造在复杂和变化的环境中自动发挥功能的*机器*



# 人工智能的发展



# 人工智能的发展



- 人工智能的萌芽（**1956**年以前）
- 人工智能的诞生（**1956-1961**年）
- 人工智能的发展（**1961**年后）

# 人工智能的萌芽阶段

- 亚里斯多德 (Aristotle 384-322 BC)，主要贡献为逻辑 (logic) 及形而上学 (metaphysics) 两方面的思想。
- 亚氏在逻辑主要成就包括主谓命题 (statement in subject-predicate form) 及关于此类命题的逻辑推理方法，特别是三段论证 (syllogism)。
- 所谓“命题”就是真 (true) 或假 (false) 的句子，例如“苏格拉底是人”，这是真的命题；至于问句“我的书在那里？”就不是命题了，它并没有真假的意義可言。

# 亚里斯多德与逻辑、推理

- 逻辑只讨论命题，因它有真假可言。亚氏认为命题基本是由主词(subject)与谓词(predicate)构成的，主词是命题所描述的事物或主题，谓词则是描述主词的词语。
- 亚氏提出四种比较复杂的主谓命题，它们都具有以下结构：量词—主词—系词—谓词。这里我们以符号S及P分别表示主词及谓词。
- 系词有两种：「是」或「不是」；量词亦有两种：「所有」(all)或「有」(some)。



# 亚里斯多德与逻辑、推理

- (A) 所有S是P (或 凡S是P)，例如「凡是动物」；
- (B) 凡S不是P，例如「凡猫不是狗」；
- (C) 有S是P，例如「有花是白的」；
- (D) 有S不是P，如有花不是白的。
- 所谓「逻辑推论」，即指由前提推导出结论的正确 (valid) 的方法，在这种正确推论中，若前提为真，则结论亦必然为真。

# 亚里斯多德与逻辑、推理

- 关于推论，亚氏特别讨论三段论证，这是由两个前提推出结论的方法。

- 例如： (i) 凡孔子的后代是人  
(ii) 凡人皆会死

因此，凡孔子的后代会死。

若写成普遍的形式，则是： (i) 凡S是M；  
(ii) 凡M是P，因此凡S是P。这里 (i) 及 (ii) 是两个前提，若这两个前提为真，则以上推出的结论 (凡S是P) 亦必然地真，因此这个三段论证是正确的。

## 2. 培根与归纳法

• 培根 (Bacon), 英国哲学家和自然科学家。 1561 年培根出生在英国伦敦的一个贵族家庭, 父亲是女王的掌玺大臣, 母亲也是贵族出身。培根小时候身体很弱, 经常生病, 但他却很爱学习, 喜欢阅读比他的年龄应读的书更为高深的书籍, 13 岁时便进入英国著名的剑桥大学读书。培根只在剑桥住了 3 年。当时的剑桥受“经院哲学”的统治, 不重视科学研究, 而注重研究神学, 用繁琐的方法来证明宗教教条的正确。培根对此非常反感, 于是便离开了那里。

• 1620 年, 培根总结了她的哲学思想, 出版了《新工具》一书。在书中他响亮地提出了“知识就是力量”的观点。他指出, 要想控制自然, 利用自然, 就必须掌握科学知识。他认为真正的哲学必须研究自然, 研究科学。为此, 他十分重视科学实验, 认为只有经过实验才能获得真正的知识。



## 2. 培根与归纳法



- 培根的主要贡献是系统地提出了归纳法，成为和亚里士多德的演绎法相辅相成的思维法则。
- 这里所说的“归纳推理”是广义的，指一切扩展性推理，它们的结论所断定的超出了其前提所断定的范围，因而前提的真无法保证结论的真，整个推理因此缺乏必然性。
- 人类智能的本质特征和最高表现是创造。在人类创造的过程中，具有必然性的演绎推理固然起重要作用，但更为重要的是具有某种不确定性的归纳、类比推理以及模糊推理等。因此，计算机要成功地模拟人的智能，真正体现出人的智能品质，就必须对各种具有不确定性的推理模式进行研究。

### 3.Turing图灵与人工智能

- 艾伦·麦席森·图灵（Turing, 1912年6月23日 - 1954年6月7日），英国数学家，举世公认的“人工智能之父”。
- 3岁那年，他进行了在科学实验方面的首次尝试——把玩具木头人的胳膊掰下来种植到花园里，想让它们长成更多的木头人。8岁时，图灵尝试着写了一部科学著作，题名《关于一种显微镜》。



图灵

# 提出图灵机

- **1936年**，年仅**24岁**的图灵发表了著名的《论应用于决定问题的可计算数字》一文，作为阐明现代电脑原理的开山之作，被永远载入了计算机的发展史册。
- 这篇论文原本是为了解决一个基础性的数学问题：**是否只要给人以足够的时间演算，数学函数都能够通过有限次机械步骤求得解答？**传统数学家当然只会想到用公式推导证明它是否成立，可是图灵独辟蹊径地想出了一台冥冥之中的机器。







- 图灵把人在计算时所做的工作分解成简单的动作，与人的计算类似，机器需要：（1）存储器，用于贮存计算结果；（2）一种语言，表示运算和数字；（3）扫描；（4）计算意向，即在计算过程中下一步打算做什么；（5）执行下一步计算。
- 具体到一步计算，则分成：（1）改变数字的符号；（2）扫描区改变，如往左进位和往右添位等；（3）改变计算意向等。图灵还采用了二进位制。这样，他就把人的工作机械化了。这种理想中的机器被称为“图灵机”。图灵机是一种抽象计算模型，用来精确定义可计算函数。



- 图灵机被公认为现代计算机的原型，这台机器可以读入一系列的0和1，这些数字代表了解决某一问题所需要的步骤，按这个步骤走下去，就可以解决某一特定的问题。
- 在图灵看来，这台机器只用保留一些最简单的指令，一个复杂的工作只用把它分解为这几个最简单的操作就可以实现了，在当时他能够具有这样简单的思想确实是很了不起的。他相信有一个算法可以解决大部分问题，而困难的部分则是如何确定最简单的指令集，怎么样的指令集才是最少的，而且又能顶用，还有一个难点是如何将复杂问题分解为这些指令的问题。

# 破译恩尼格玛密码机

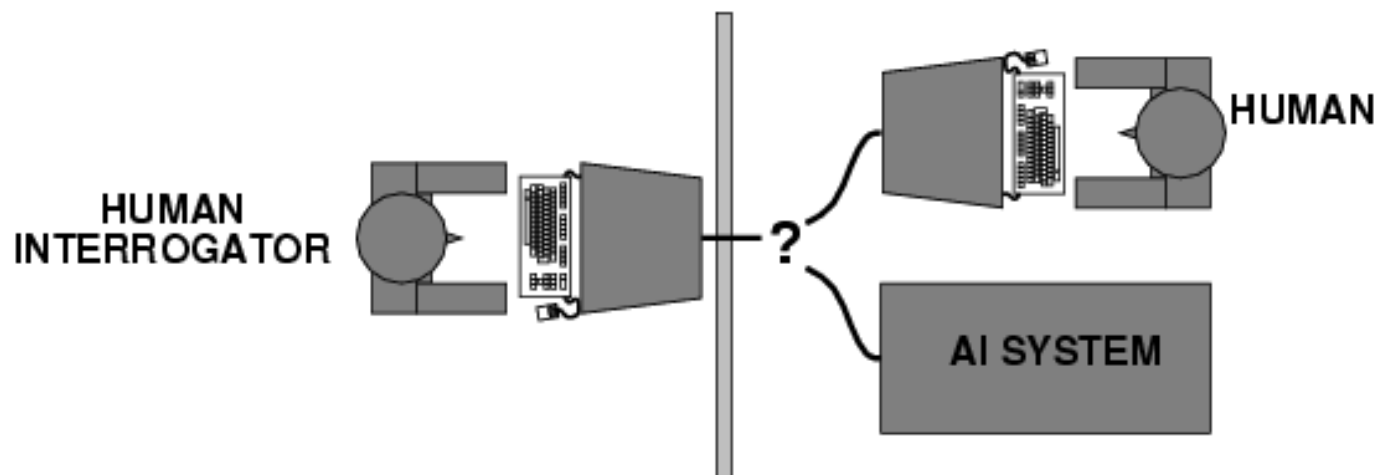
- 第二次世界大战期间，图灵应征入伍，在战时英国情报中心“布雷契莱庄园”（**Bletchley**）从事破译德军密码的工作，与战友们一起制作了第一台密码破译机。在图灵理论指导下，这个“庄园”后来还研制出破译密码的专用电子管计算机“巨人”（**Colossus**），在盟军诺曼底登陆等战役中立下了丰功伟绩，当时他才**27**岁。

- 
- 
- **1945年**，脱下军装的图灵，带着大英帝国授予的最高荣誉勋章，被录用为泰丁顿国家物理研究所高级研究员。由于有了布雷契莱的实践，他提交了一份“自动计算机”的设计方案，领导一批优秀的电子工程师，着手制造一种名叫**ACE**的电脑。**1950年**，**ACE**电脑样机公开表演，被认为是当时世界上最快最强有力的电子计算机之一。

# Can a machine think?

- **1950年**，图灵来到曼彻斯特大学任教，并被指定为该大学自动计算机项目的负责人。就在这年**10月**，他的又一篇划时代论文《计算机与智能》发表。这篇文章后来被改名为《机器能思维吗？》。它引来的惊雷，今天还在震撼着电脑的世纪。在“第一代电脑”占统治地位的时期，这篇论文甚至可以作为“第五代电脑”和“第六代电脑”的宣言书。
- 图灵写道：你无法制造一台替你思考的机器，这是人们一般会毫无疑问义接受下来的老生长谈。我的论点是：与人脑的活动方式极为相似的机器是可以制造出来的。
- 更有趣的是，图灵还设计了一个“图灵试验”，试图通过让机器模仿人回答某些问题，判断它是否具备智能。

# 图灵试验



图灵指出：“如果机器在某些现实的条件下，能够非常好地模仿人回答问题，以至提问者在相当长时间里误认它不是机器，那么机器就可以被认为是能够思维的。”





# 图灵测试对计算机的要求



- 自然语言处理
  - 知识表示
  - 自动推理
  - 机器学习
- 
- 从表面上看，要使机器回答按一定范围提出的问题似乎没有什么困难，可以通过编制特殊的程序来实现。然而，如果提问者并不遵循常规标准，编制回答的程序是极其困难的事情。

# 图灵试验

- 问：你会下国际象棋吗？
- 答：是的。
- 问：你会下国际象棋吗？
- 答：是的。
- 问：请再次回答，你会下国际象棋吗？
- 答：是的。

你多半会想到，面前的这位是一部笨机器。




# 图灵试验



- 问： 你会下国际象棋吗？
- 答： 是的。
- 问： 你会下国际象棋吗？
- 答： 是的， 我不是已经说过了吗？
- 问： 请再次回答， 你会下国际象棋吗？
- 答： 你烦不烦， 干嘛老提同样的问题。



# 图灵试验



上述两种对话的区别在于，第一种可明显地感到回答者是从知识库中提取简单的答案，第二种则具有分析综合的能力，回答者知道观察者在反复提出同样的问题。“图灵试验”没有规定问题的范围和提问的标准，如果想要制造出能通过试验的机器，以我们现在的技术水平，必须在电脑中储存人类所有可以想到的问题，储存对这些问题的所有合乎常理的回答，并且还需要理智地作出选择。



# 图灵预言



图灵曾预言，随着电脑科学和机器智能的发展，本世纪末将会出现这样的机器。在这点上，图灵也过于乐观。但是，“图灵试验”大胆地提出“机器思维”的概念，为人工智能确定了奋斗的目标，并指明了前进的方向。

遗憾的是，**1954年6月8**，图灵英年早逝！

直到现在，计算机界仍有个一年一度“图灵奖”，由美国计算机学会（**ACM**）颁发给世界上最优秀的电脑科学家，像科学界的诺贝尔奖金那样，是电脑领域的最高荣誉。

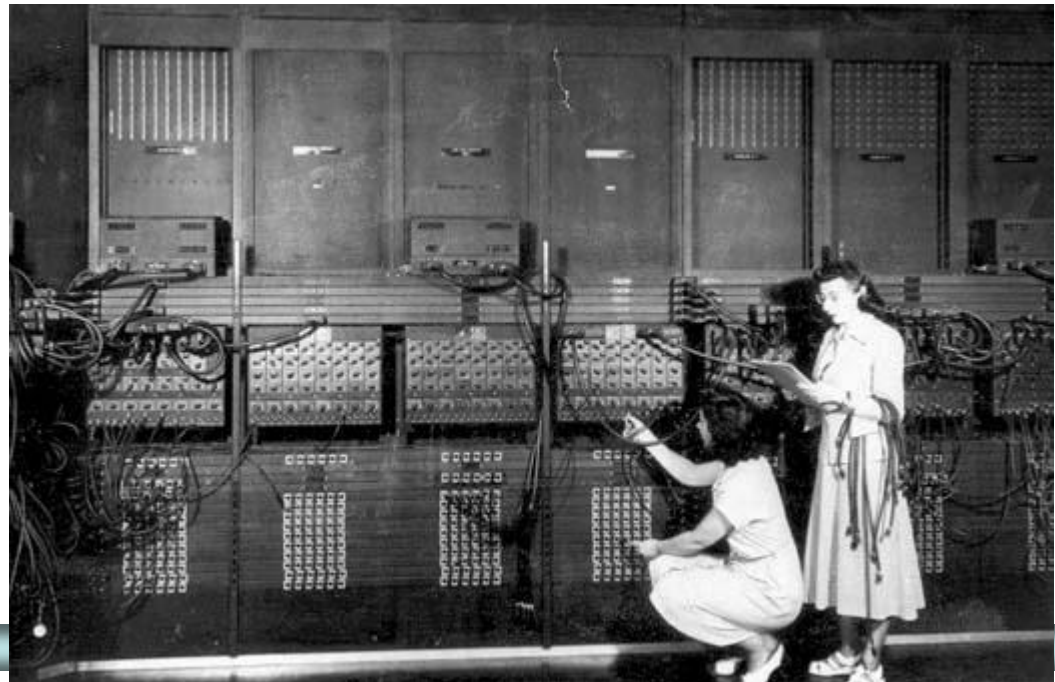
# ENIAC

宾夕法尼亚大学莫奇利Mauchly和埃克特 Eckert等研制成功**ENIAC**电子数字计算机，为人工智能研究奠定物质基础。  
缺点：

（1）没有存储器；（2）它用布线接板进行控制，甚至要搭接几天，计算速度也就被这一工作抵消了。



埃克特（右）和莫克利（左）





Von Neumann提出冯·诺依曼计算机模型。

- 熟悉计算机发展历史的人大都知道，美国科学家冯·诺依曼被誉为“计算机之父”，他是本世纪最伟大的发明家之一。



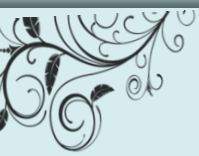
冯·诺依曼



- 数学史界却同样坚持认为，冯·诺依曼是本世纪最伟大的数学家之一，他在遍历理论、拓扑群理论等方面作出了开创性的工作，算子代数甚至被命名为“冯·诺依曼代数”。
- 物理学家说，冯·诺依曼在**30**年代撰写的《量子力学的数学基础》已经被证明对原子物理学的发展有极其重要的价值，
- 经济学家则反复强调，冯·诺依曼建立的经济增长横型体系，特别是**40**年代出版的著作《博弈论和经济行为》，使他在经济学和决策科学领域竖起了一块丰碑。



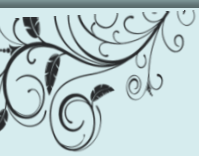
- **1931年匈牙利首都布达佩斯**，一位犹太银行家在报纸上刊登启事，要为他**11岁**的孩子招聘家庭教师，聘金超过常规**10倍**。布达佩斯人才济济，可一个多月过去，居然没有一人前往应聘。因为这个城市里，谁都听说过，银行家的长子**冯·诺依曼**聪慧过人，**3岁**就能背诵父亲帐本上的所有数字，**6岁**能够心算**8位数除8位数**的复杂算术题，**8岁**学会了微积分，其非凡的学习能力，使那些曾经教过他的教师惊诧不已。父亲无可奈何，只好把**冯·诺依曼**送进一所正规学校就读。不到一个学期，他班上的数学老师走进家门，告诉银行家自己的数学水平已远不能满足**冯·诺依曼**的需要。“假如不给创造这孩子深造的机会，将会耽误他的前途，”老师认真地说道，“我可以将他推荐给一位数学教授，您看如何？”银行家一听大喜过望，于是**冯·诺依曼**一面在学校跟班读书，一面由布达佩斯大学教授为他“开小灶”。



然而，这种状况也没能维持几年，勤奋好学的中学生很快又超过了大学教授，他居然把学习的触角伸进了当时最新数学分支——集合论和泛函分析，同时还阅读了大量历史和文学方面的书籍，并且学会了七种外语。毕业前夕，冯·诺依曼与数学教授联名发表了他第一篇数学论文，那一年，他还不到17岁。



考大学前夕，匈牙利政局出现动荡，冯·诺依曼便浪迹欧洲各地，在柏林和瑞士一些著名的大学听课。**22**岁时，他获瑞士苏黎士联邦工业大学化学工程师文凭。一年之后，轻而易举摘取布达佩斯大学数学博士学位。在柏林当了几年无薪讲师后，他转而攻向物理学，为量子力学研究数学模型，又使自己在理论物理学领域占据了突出的地位。风华正茂的冯·诺依曼，靠着顽强的学习毅力，在科学殿堂里“横扫千军如卷席”，成为横跨“数、理、化”各门学科的超级全才。





**1928年**，美国数学泰斗、普林斯顿高级研究员维伯伦教授（**O.Veblen**）广罗天下之英才，一封烫金的大红聘书，寄给了柏林大学这位无薪讲师，请他去美国讲授“量子力学理论课”。冯·诺依曼预料到未来科学的发展中心即将西移，欣然同意赴美国任教。**1930年**，**27岁**的冯·诺依曼被提升为教授；**1933年**，他又与爱因斯坦一起，被聘为普林斯顿高等研究院第一批终身教授，而且是**6名**大师中最年轻的一名。



- 1944年仲夏的一个傍晚，戈德斯坦来到阿贝丁车站，等候去费城的火车，突然看见前面不远处，有个熟悉的身影向他走过来。来者正是闻名世界的大数学家冯·诺依曼。天赐良机，戈德斯坦感到绝不能放过这次偶然的邂逅，他把早已埋藏在心中的几个数学难题，一古脑儿倒出来，向数学大师讨教。数学家和蔼可亲，没有一点架子，耐心地为戈德斯坦排忧解难。听着听着，冯·诺依曼不觉流露出吃惊的神色，敏锐地从数学问题里，感到眼前这位青年身边正发生着什么不寻常的事情。他开始反过来向戈德斯坦发问，直问得年轻人“好像又经历了一次博士论文答辩”。最后，戈德斯坦毫不隐瞒地告诉他莫尔学院的电子计算机课题和目前的研究进展。

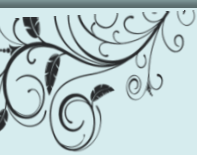


- 
- 
- 冯·诺依曼由**ENIAC**机研制组的戈尔德斯廷中尉介绍参加**ENIAC**机研制小组后，便带领这批富有创新精神的年轻科技人员，向着更高的目标进军。1945年，他们在共同讨论的基础上，发表了一个全新的“存储程序通用电子计算机方案”——**EDVAC**（**Electronic Discrete Variable Automatic Computer**的缩写）。在这过程中，冯·诺依曼显示出他雄厚的数理基础知识，充分发挥了他的顾问作用及探索问题和综合分析的能力。

-



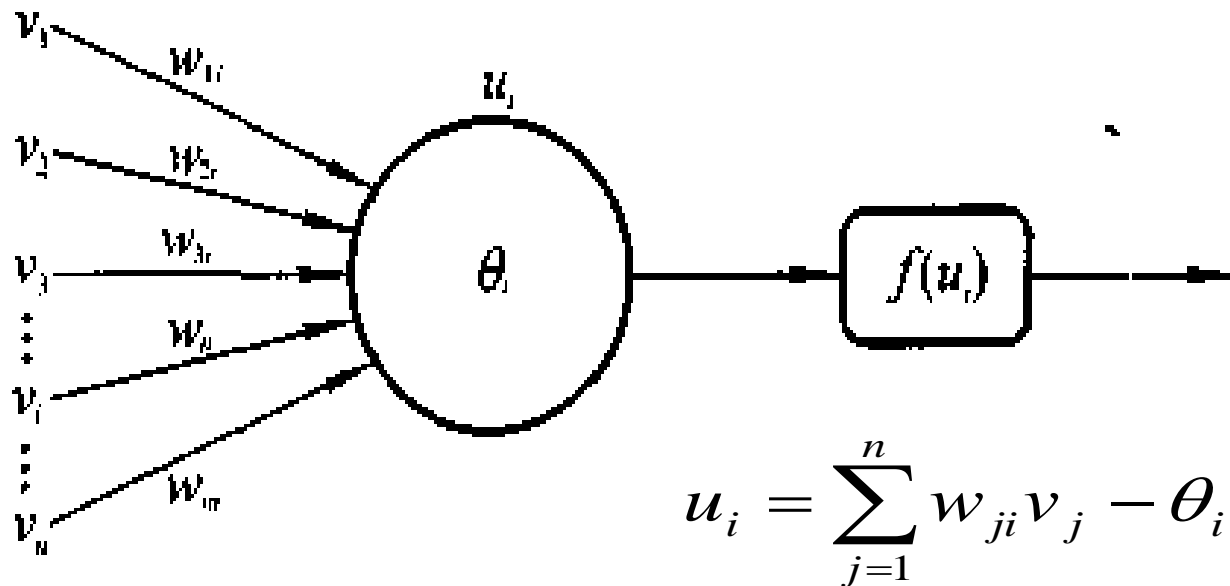
- **EDVAC**方案明确奠定了新机器由五个部分组成，包括：运算器、逻辑控制装置、存储器、输入和输出设备，并描述了这五部分的职能和相互关系。**EDVAC**机还有两个非常重大的改进，即：（1）采用了二进制，不但数据采用二进制，指令也采用二进制；（2）建立了存储程序，指令和数据便可一起放在存储器里，并作同样处理。简化了计算机的结构，大大提高了计算机的速度。
- 1946年7，8月间，冯·诺依曼和戈尔德斯廷、勃克斯在**EDVAC**方案的基础上，为普林斯顿大学高级研究所研制**IAS**计算机时，又提出了一个更加完善的设计报告《电子计算机逻辑设计初探》。以上两份既有理论又有具体设计的文件，首次在全世界掀起了一股“计算机热”，它们的综合设计思想，便是著名的“冯·诺依曼机”，其中心就是有存储程序。



- 他是美国国家科学院、秘鲁国立自然科学学院和意大利国立林且学院等院的院士。 **1954**年他任美国原子能委员会委员； **1951**年至**1953**年任美国数学会主席。
- **1954**年夏，冯·诺依曼被使现患有癌症， **1957**年**2**月**8**日，在华盛顿去世，终年**54**岁。

# 人工神经网络

McCulloch和Pitts建立神经网络数学模型，通过模拟人脑实现智能，开创人工神经网络研究。



$$u_i = \sum_{j=1}^n w_{ji} v_j - \theta_i$$

$$v_i = f(u_i)$$



$w_{ij}$  ——代表神经元i与神经元j之间的连接强度(模拟生物神经元之间突触连接强度)，称之为连接权；

$u_i$  ——代表神经元i的活跃值，即神经元状态；

$v_j$  ——代表神经元j的输出，即是神经元i的一个输入；

$\theta_i$  ——代表神经元i的阈值。

函数f表达了神经元的输入输出特性。在MP模型中，f定义为阶跃函数：

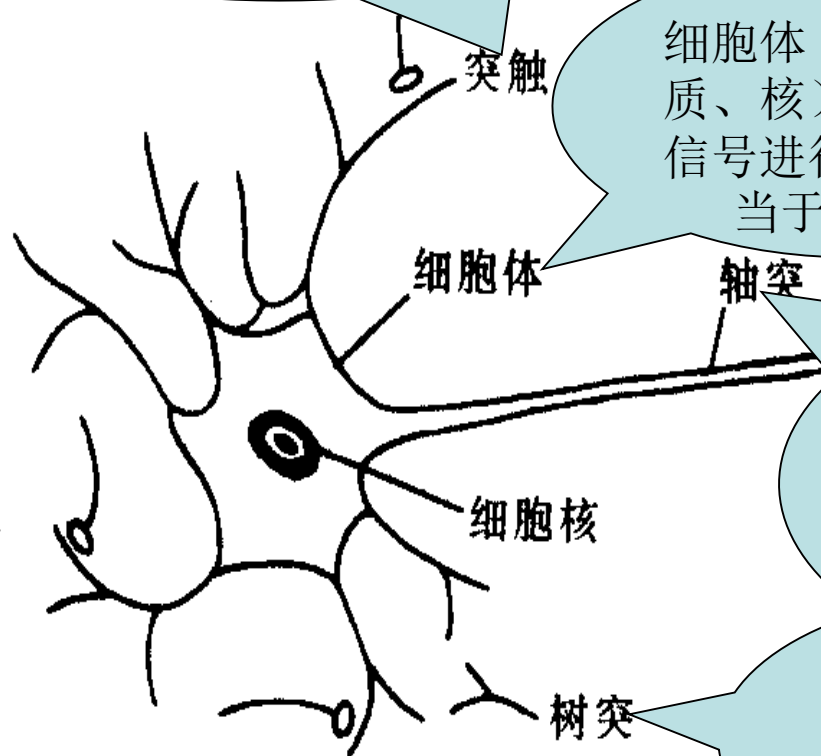
$$v_i = \begin{cases} 1, & u_i > 0 \\ 0, & u_i \leq 0 \end{cases}$$



各神经元间轴突和树突的接口，即神经末梢与树突相接触的交界面，每个细胞体大约有 $10^3$ — $10^4$ 个突触，有兴奋型和抑制型两种。

神经元轴突神经末梢

细胞体（细胞膜、质、核），对输入信号进行处理，相当于CPU。



本体向外伸出的最长的分支，即神经纤维，一根，长1cm—1m左右，通过轴突上的神经末梢将信号传给其它神经元，相当于本体的输出端。

本体的分支，多根，长1mm左右，本体的输入端。

树突

突触

细胞体

轴突

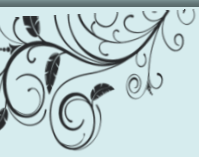
细胞核

突触



- **Wiener**创立控制论
- **Shannon**创立信息论
- 英国数学家、逻辑学家**Boole**实现了布莱尼茨的思维符号化和数学化的思想，提出了一种崭新的代数系统——布尔代数。布尔利用代数语言使逻辑推理更简洁清晰，从而建立起一种所谓逻辑科学，其方法不但使数学家耳目一新，也使哲学家大为叹服。他为逻辑代数化作出了决定性的贡献，他所建立的理论随着电子计算机的问世而得到迅速发展。





# 人工智能的诞生

# 人工智能的诞生

## 导因

人们对数据世界的需求发展到对知识世界的需求而产生的。

现实世界中相当多的问题求解是复杂的，常无算法可循，即使有计算方法，也是NP (Non-deterministic Polynomial，即多项式复杂程度的非确定性问题) 问题。人们为了寻求试探性的搜索，启发式的不精确的模糊的甚至允许出现错误的推理方法，以便符合人类的思维过程。比如采用启发式知识进行问题求解，把复杂的问题大大简化，可在浩瀚的搜索空间中迅速找到解答。运用专门领域的经验知识，经常会取得有关问题的满意解，而非数学上的最优解。



- 图灵开创了计算机科学的重要分支——人工智能，虽然他当时并没有明确使用这个术语。把“图灵奖”获奖者作一统计后就会发现，许多电脑科学家恰好是在人工智能领域作出的杰出贡献。例如，1969年“图灵奖”获得者是哈佛大学的明斯基（M. Minsky）；1971年“图灵奖”获得者是达特莫斯大学的麦卡锡（J. McCarthy）；1975年“图灵奖”则由卡内基—梅隆大学的纽厄尔（A. Newell）和赫伯特·西蒙（H. Simon）共同获得。正是这些人，把图林开创的事业演绎为意义深远的“达特莫斯会议”。

# 达特莫斯会议

1956年夏天，美国达特莫斯大学召开了一次影响深远的历史性会议。主要发起人是该校青年助教麦卡锡(71, 图灵奖)，此外会议发起者还有哈佛大学明斯基(69, 图灵奖)、贝尔实验室香农(E. Shannon)和IBM公司信息研究中心罗彻斯特(N. Locheater)，他们邀请了卡内基—梅隆大学纽厄尔和赫伯特·西蒙(75, 图灵奖)、麻省理工学院塞夫里奇(O. Selfridge)和索罗门夫R. Solomamff)，以及IBM公司塞缪尔(A. Samuel，跳棋机，56)和莫尔(T. More)。





# 达特莫斯会议

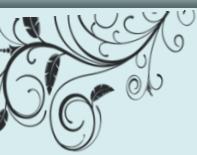


这些青年学者的研究专业包括数学、心理学、神经生理学、信息论和电脑科学，分别从不同的角度共同探讨人工智能的可能性。

达特莫斯会议历时长达两个多月，学者们在充分讨论的基础上，首次提出了“人工智能”（Artificial Intelligence）这一术语，标志着人工智能（AI）作为一门新兴学科正式诞生。



- 
- 
- 在美国开始形成了以人工智能为研究目标的几个研究组：如 Newell 和 Simon 的 Carnegie-RAND 协作组；塞缪尔（A. Samuel）和格兰特（Gelernter）的 IBM 公司工程课题研究组；明斯基（M. Minsky）和麦卡锡（J. McCarthy）的 MIT 研究组等，这一时期人工智能的研究工作主要在下述几个方面：

- 1957年Newell和Simon等人的心理学小组编制出一个称为逻辑理论机LT(The Logic Theory Machine)的数学定理证明程序，当时该程序证明了罗素（B. A. W. Russell）和怀特海（A. N. Whitehead）的“数学原理”一书第二章中的38个定理（1963年修订的程序在大机器上终于证完了该章中全部52个定理）。
- 1960年又编制了能解十种类型不同课题的通用问题求解程序GPS（General Problem Solving）。和这些工作有联系的Newell关于自适应象棋机的论文和Simon关于问题求解和决策过程中合理选择和环境行为理论的行为理论的论文，也是当时信息处理研究方面的巨大成就。



- 1956年Samuel研究的具有自学习、自组织、自适应能力的西洋跳棋程序是IBM小组有影响的工作，这个程序可以像一个优秀棋手那样，向前看几步来下棋。它还能学习棋谱，在分析大约175000幅不同棋局后，可猜测出书上所有推荐的走步，准确度达48%，这是机器模拟人类学习过程卓有成就的探索。1959年这个程序曾战胜设计者本人，1962年还击败了美国一个州的跳棋大师。
- 在MIT小组，1959年麦卡锡（J. McCarthy）发明的表（符号）处理语言LISP，成为人工智能程序设计的主要语言，至今仍被广泛采用。1958年McCarthy建立的行动计划咨询系统以及1960年Minsky的论文“走向人工智能的步骤”，对人工智能的发展都起了积极的作用。
- 1956年Chomsky的文法体系，1958年塞夫里奇（O. Selfridge）等人的模式识别系统程序等，都对人工智能的研究产生有益的影响。



- 
- 
- 人工智能的研究和其它事物的发展一样，出现过曲折，从一开始，人工智能工作者因过分乐观而受人指责。60年代出，人工智能的创始人Simon等就乐观的预言：
    - 1、十年内数字计算机将是世界象棋冠军。
    - 2、十年内计算机将证明一个未发现的重要的数学定理。
    - 3、十年内计算机将谱写具有相当美学价值的而为批评家所认可的乐曲
    - 4、十年内大多数心理学理论将采用计算机程序的形式
  - 这些预言至今还没有完全实现，甚至连一个3岁小孩也能轻而易举的从一幅图画中辨别出一棵树来，而功能最强大的计算机也只能在小孩认树方面达到中等水平。
  - 人工智能尚缺乏必要的理论，在一些关键技术方面，如机器学习、非单调推理、常识性知识表示、不确定推理等尚未取得突破性进展。人工智能对全局性判断模糊信息处理、多粒度视觉信息的处理是极为困难的。





# 生物智能



对低级动物来讲，它的生存、繁衍是一种智能。为了生存，它必须表现出某种适当的行为，如觅食、避免危险、占领一定的地域、吸引异性以及生育和照料后代。因此，从个体的角度看，生物智能是动物为达到某种目标而产生正确行为的生理机制。

自然界智能水平最高的生物就是人类自身，不但具有很强的生存能力，而且具有感受复杂环境、识别物体、表达和获取知识以及进行复杂的思维推理和判断的能力。



# 人类智能



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；



# 多元智能学说



语言



逻辑



空间



肢体运作



音乐



人际



内省




自然探索



# 人类智能与人工智能

- 人，是一种智能信息处理系统
- 物理符号系统的六种基本功能（Functions）：
  - 输入符号——Input;
  - 输出符号——Output;
  - 存储符号——Storage;
  - 复制符号——Copy;
  - 建立符号结构：通过找出各个符号之间的关系，在符号系统中形成一种结构，即：符号结构（Symbol Structure）；
  - 条件性迁移（Conditional transformation）：根据已有符号，完成活动过程，即某种形式的推理过程



# 物理符号系统的假设



- 任何一个系统，如果它能表现出智能，那么它就必定能够执行上述6种功能。反之，任何系统如果具有这6种功能，那么它就表现出智能；这种智能指的是人类所具有的那种智能。把这个假设称为物理符号系统的假设



# 物理符号系统的3个推论

- 推论一

既然人具有智能，那么他（她）一定是一个物理符号系统。

- 推论二

既然计算机是一个物理符号系统，它就一定能够表现出智能。

- 推论三

既然人是一个物理符号系统，计算机也是一个物理符号系统，那么就能够用计算机来模拟人的活动。

# 人类智能的计算机模拟

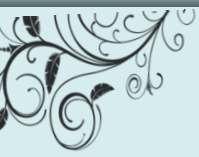
- 机器智能可以模拟人类智能

物理符号系统假设的推论一告诉我们，人有智能，所以他是一个物理符号系统；推论三指出，可以编写出计算机程序去模拟人类的思维活动。这就是说，人和计算机这两个物理符号系统所使用的物理符号是相同的，因而计算机可以模拟人类的智能活动过程。

- 智能计算机的功能

计算机的确能够很好执行许多智能功能，如下棋、证明定理、翻译语言文字和解决难题等。这些任务是通过编写执行模拟人类智能的计算机程序来完成，这些程序智能接近于人的行为，而不能与人的行为完全相同，同时这些程序所能模拟的智能问题，其水平还是很有限的。

- 迄今为止，几乎所有的计算机基本上没有摆脱冯诺依曼的机构只能一次对单个问题进行求解。神经计算机(neural computer)能够以类似人类的方式进行“思考”，它力图重建人脑的形象。一些国家对量子计算机的研究也已起步，希望通过对量子计算(quantum computing)的研究，产生量子计算机。



# 人工智能的主要学派

# 人工智能的主要学派

从50年代以来。人工智能经过发展，形成了许多学派。不同学派的研究方法、学术观点、研究重点有所不同。

**符号主义**是以知识的符号表达为基础，通过推理进行问题求解；**连接主义**以人工神经网络为代表；**行为主义**主张从行为方面模拟、延伸、扩展人的智能，认为“智能”可以不需要“知识”。

# 符号学派

认为人工智能源于数理逻辑。数理逻辑从**19**世纪末起就获迅速发展；到**20**世纪**30**年代开始用于描述智能行为。计算机出现后，又在计算机上实现了逻辑演绎系统正是这些符号主义者，后来又发展了启发式算法→专家系统→知识工程理论与技术，并在**80**年代取得很大发展。符号主义曾长期一枝独秀，为人工智能的发展作出重要贡献，这个学派的代表有纽厄尔、肖、西蒙和尼尔逊(Nilsson)。

# 连接学派

- 认为人工智能源于仿生学，研究非程序的、适应性的、大脑风格的信息处理的本质和能力。其研究重点侧重于模拟和实现人的认识过程中的感知过程、形象思维、分布式记忆和自学习自组织的过程。其研究重点侧重于模拟和实现人的认识过程中的感知过程、形象思维、分布式记忆和自学习自组织的过程。

# 行为学派

AI的研究大部分是建立在一些经过抽象的、过分简单的现实世界模型之上的，**Brooks**认为应走出这种抽象模型的象牙塔，而以复杂的现实世界为背景。


**Brooks**提出了无需知识表示的智能，无需推理的智能。他认为智能只是在与环境的交互作用中表现出来，其基本观点：




# 行为学派

- (1)到现场去;
- (2)物理实现;
- (3)初级智能;
- (4)行为产生智能。

以这些观点为基础，**Brooks**研制了一种机器虫，用一些相对独立的功能单元，分别实现避让、前进、平衡等功能，组成分层异步分布式网络，取得了一定程度的成功，特别对机器人的研究开创了一种新的方法。




# 人工智能的发展(1961年之后)



1. 机器证明
2. 专家系统
3. 第五代计算机
4. 模式识别
5. 人脑复制
6. 人脑与电脑连接
7. 苹果
8. 我国的发展情况



# 机器证明



- **1956年AI研究另外一个重大的突破，是赫伯特·西蒙等人合作编制的《逻辑理论机》，即数学定理证明程序，从而使机器迈出了逻辑推理的第一步。**

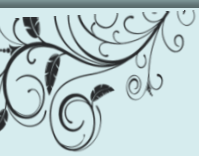
- **在卡内基—梅隆大学的计算机实验室，西蒙从分析人类解答数学题的技巧入手，让一些人对各种数学题作周密的思考，要求他们不仅写出求解的答案，而且说出自己推理的方法和步骤。**



- 经过反复的实验，纽厄尔和赫伯特·西蒙进一步认识到，人类证明数学定理也有类似的思维规律，通过“分解”（把一个复杂问题分解为几个简单的子问题）和“代入”（利用已知常量代入未知的变量）等方法，用已知的定理、公理或解题规则进行试探性推理，直到所有的子问题最终都变成已知的定理或公理，从而解决整个问题。人类求证数学定理也是一种启发式搜索，与电脑下棋的原理异曲同工。



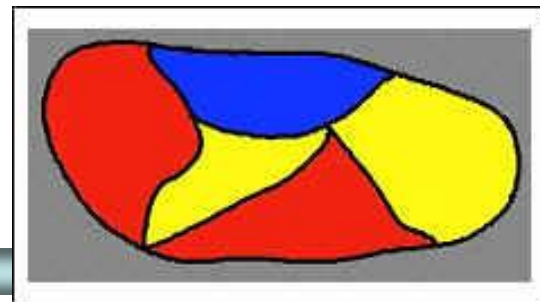
- 在实验结果的启发下，纽厄尔和赫伯特·西蒙便利用这个LT程序向数学定理发起了激动人心的冲击。电脑果然不孚众望，它一举证明了数学家罗素的数学名著《数学原理》第二章中的38个定理。1963年，经过改进的LT程序在一部更大的电脑上，最终完成了第二章全部52条数学定理的证明。




- 美籍华人学者、洛克菲勒大学教授王浩在“自动定理证明”上获得了更大的成就。1959年，王浩用他首创的“王氏算法”，在一台速度不高的IBM704电脑上再次向《数学原理》发起挑战。不到9 分钟，王浩的机器把这本数学史上视为里程碑的著作中全部（350条以上） 的定理，统统证明了一遍。

# 机器证明


- 人工智能定理证明研究最有说服力的例子，是机器证明了困扰数学界长达100余年之久的难题——“四色定理”。据说，“四色问题”最早是1852年由一位21岁的大学生提出来的数学难题：任何地图都可以用最多四种颜色着色，就能区分任何两相邻的国家或区域。这个看似简单的问题，就象“哥德巴赫猜想”一样，属于世界上最著名的数学难题之一。







# 机器证明



1976年6月，美国伊利诺斯大学的两位数学家沃尔夫冈·哈肯（W. Haken）和肯尼斯·阿佩尔（K. Appel）宣布，他们成功地证明了这一定理，使用的方法就是机器证明。

人工智能先驱们认真地研究下棋，研究机器定理证明，但效果仍不尽如人意。问题的症结在于，虽然机器能够解决一些大规模数字处理、严格的逻辑推理以及下棋等某些类型的问题。这些事情大多数人都没有它们完成得那么快、那么好。但是，面对常人能快速、不费气力就能完成的任务，如观察物体并理解其意义，即便是最现代的计算机也显得无能为力。

# 现实的困难

- 早期的程序很少包含或不包含关于它们的主题信息
- AI试图解决的许多问题不可操作
  - 在计算复杂性理论发展起来之前，广泛认为由“微问题”到“大问题”只是需要更快的硬件和更大容量的内存。
  - 但，程序原则上能找到解并不意味着它包含在实践中找到它的机制。
- 用于产生智能行为的基本结构有着一些基本的限制
  - 例子: A two-input perceptron couldn't be trained to recognize when its two inputs were different.



1960年代末，由于许多世界一流的人工智能学者过高地估计了智能电脑的能力，而现实却一再无情地打破了他们乐观的梦想，以致遭到越来越多的嘲笑和反对。AI研究曾一度堕入低谷，出现了所谓“黑暗时期”。

# 人工智能的复兴

1977年，曾是赫伯特·西蒙的研究生、斯坦福大学青年学者费根鲍姆（E. Feigenbaum），在第五届国际人工智能大会上提出了“知识工程”的概念，标志着AI研究从传统的以推理为中心，进入到以知识为中心的新阶段。人工智能重新获得人们的普遍重视，逐步跨进了复兴期。

# 专家系统

费根鲍姆他具体介绍了他们开发的第一个“专家系统”，并提出“知识库”、“知识表达”和“知识工程”等一系列全新的概念。


一个人要成为专家，至少必须掌握某一学科渊博的**知识**，具有丰富的**实践经验**，能解决一般人不能够解决的疑难问题。专家的数量和质量标志着一个国家、一个时代的科学水平。

# 专家系统

费根鲍姆构建的“专家系统”，就是要在机器智能与人类智慧集大成者——专家的知识经验之间建造桥梁。他解释说：专家系统“是一个已被赋予知识和才能的计算机程序，从而使这种程序所起到的作用达到专家的水平”




# 知识




人类专家的知识通常包括两大类。一类是书本知识，它可能是专家在学校读书求学时所获，也可能是专家从杂志、书籍里自学而来；然而，仅仅掌握了书本知识的学者还不配称为专家，专家最为宝贵的知识是他凭借多年的实践积累的经验知识，这是他头脑中最具魅力的知识瑰宝。在AI研究里，这类知识称之为“启发式知识”。





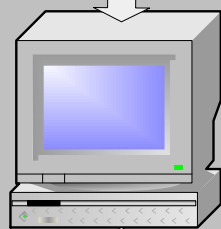
# 专家系统



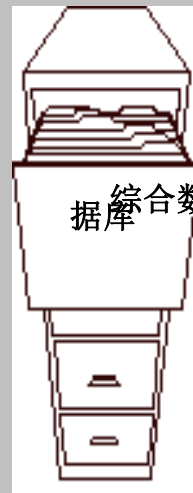
专家本人不一定了解电脑程序，**构建**专家系统还必须有所谓“知识工程师”参与，帮助领域专家从头脑中挖掘启发式知识，并设计知识库和知识推理程序。因此，**专家系统又被称为知识工程**，这两种不同的称谓在英国和日本泾渭分明：英国学界崇尚科学，成为专家是人们追逐的境界；而日本学界推崇技术，工程师是人们向往的职业，于是，才有了“专家系统”与“知识工程”两种同义的名称。



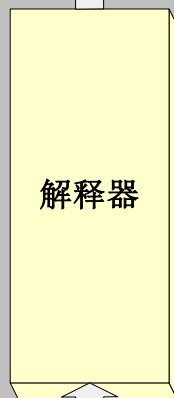
用户



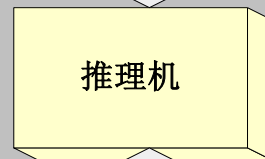
人机接口



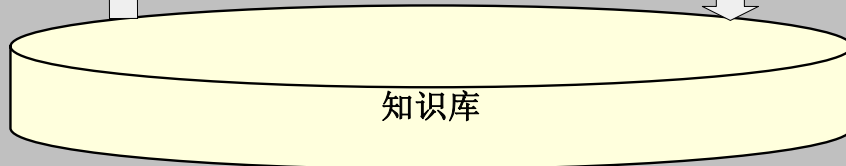
综合数据库



解释器



推理机



知识库

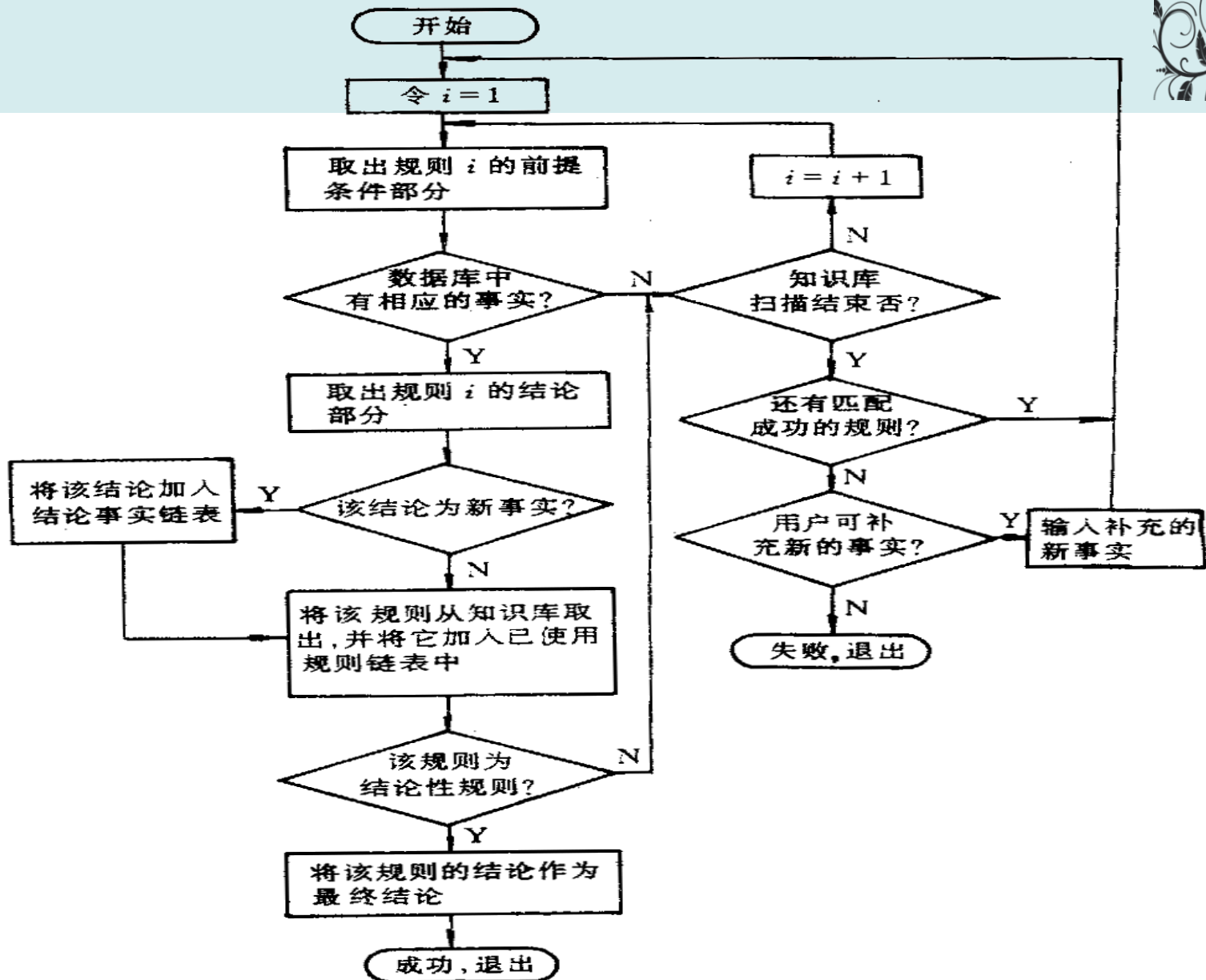
也称为用户界面，即用来接受用户输入的信息，输出推理的结论和解释的内容等的界面。

解释器是用来解释用户疑问的。例如，“该结论是如何（How）得出的？”、“专家系统为什么（Why）要这个问题？”等。

知识库是用来存放专家知识的。根据知识表达方式的不同，知识库中存储知识的方式也是各不相同的。例如，用if-then规则的形式来存储，或以状态空间的形式来表示等等。

动态数据库，也称推理相关的数据，也要存储用户输入的信息（也叫“事实”）、推理过程中产生的新结论等。系统运行建立综合数据库时，综合数据库就会被撤消。

推理机就是实现推理的程序，它是利用推理机控制着整个专家系统的工作过程和求解问题的策略，就像人一样，不断地使用知识来解决问题。



# 动物识别系统

## 附：规则（知识）

- $r_1$ : if 该动物有毛发 then 该动物是哺乳动物
- $r_2$ : if 该动物有奶 then 该动物是哺乳动物
- $r_3$ : if 该动物有羽毛 then 该动物是鸟
- $r_4$ : if 该动物会飞 and 会下蛋 then 该动物是鸟
- $r_5$ : if 该动物吃肉 then 该动物是食肉动物
- $r_6$ : if 该动物有犬齿 and 有爪 and 眼盯前方  
then 该动物是食肉动物
- $r_7$ : if 该动物是哺乳动物 and 有蹄  
then 该动物是有蹄类动物
- $r_8$ : if 该动物是哺乳动物 and 是嚼反刍类动物  
then 该动物是有蹄类动物



**r<sub>9</sub>:** if 该动物是哺乳动物    **and**    是食肉类动物  
   **and**    是黄褐色  
   **and**    身上有暗斑点  
                 **then** 该动物是金钱豹

**r<sub>10</sub>:** if 该动物是哺乳动物    **and**    是食肉类动物  
   **and**    是黄褐色  
   **and**    身上有黑色条纹  
                 **then** 该动物是虎

**r<sub>11</sub>:** if 该动物是有蹄类动物    **and**    有长脖子  
   **and**    有长腿  
   **and**    身上有暗斑点  
                 **then** 该动物是长颈鹿


**r<sub>12</sub>:** if 该动物是有蹄类动物    **and**    身上有黑色条纹  
                 **then** 该动物是斑马




**r<sub>13</sub>: if 该动物是鸟 and 有长脖子  
and 有长腿  
and 不会飞  
then 该动物是鸵鸟**

**r<sub>14</sub>: if 该动物是鸟 and 会游泳  
and 不会飞  
and 有黑白两色  
then 该动物是企鹅**

**r<sub>15</sub>: if 该动物是鸟 and 善飞  
then 该动物是信天翁**



# 专家系统实例之一



1965年，在斯坦福大学化学专家的配合下，费根鲍姆研制的第一个专家系统DENDRAL是化学领域的“专家”。在输入化学分子式和质谱图等信息后，它能够通过分析推理决定有机化合物的分子结构，其分析能力已经接近、甚至超过了有关化学专家的水平。该专家系统为AI的发展树立了典范，其意义远远超出了系统本身在实用上创造的价值。



# 专家系统实例之一

专家系统最成功的实例之一，是1976年美国斯坦福大学肖特列夫（Shortliff）开发的医学专家系统MYCIN，这个系统后来被知识工程师视为“专家系统的设计规范”。

在MYCIN的知识库里，大约存放着450条判别规则和1000条关于细菌感染方面的医学知识。它一边与用户进行对话，一边进行推理诊断。它的推理规则称为“产生式规则”，类似于：“IF（打喷嚏）OR（鼻塞）OR（咳嗽），THEN（有感冒症状）”这种医生诊断疾病的经验总结，最后显示出它“考虑”的可能性最高的病因，并以给出用药的建议而结束。

专家系统和知识工程成为符号主义人工智能发展的主流。

# 我国的研究应用

- 从七十年代开始，在国家的支持下，做了一些专家系统的研究，其中医医疗诊断系统最多。相对于美国很多探矿、化学等专家系统来说，我国的医疗诊断专家系统也是相当成功的，但是由于医疗风险等问题，投入实际使用的难度比较大。

# 诺依曼机

我们知道，从用电子管制作的ENIAC，直到用超大规模集成电路设计的微型电脑，都毫无例外遵循着40年代冯·诺依曼为它们确定的体系结构。

这种体系必须不折不扣地执行人们预先编制、并且已经储存的程序，不具备主动学习和自适应能力。所有的程序指令都必须调入CPU，一条接着一地顺序执行。人们把这种顺序执行（串行）已储存程序的电脑类型统称为“诺依曼机”。

# 第五代计算机

达特莫斯会议以来数十年间，除了在问题求解（包括机器博弈、定理证明等）、专家系统、模式识别等领域外，人工智能在自然语言理解、自动程序设计、机器人学、知识库的智能检索等各种不同的领域，都开拓出极其广阔的应用前景。

纵观人类科学技术发展历史，当一门科学技术的各组成部分，分别发展到一定阶段时，总是需要有人出来作综合工作，将分散的理论与实践成果集成成为系统。

谁也没有想到，勇敢地站出来，试图集人工智能研究成果之大成者，竟然是在这个领域并没有多少影响力的日本科学家。

# 第五代计算机

1982年夏天，日本“新一代计算机技术研究所”（ICOT），40位年轻人在**渊一博**带领开始了新一代计算机机的研究。

“新一代计算机”的主要目标之一是突破电脑所谓“冯·诺依曼瓶颈”。

渊一博和研究人员甚至不把他们研制的机器命名为计算机，而称作“知识信息处理系统”（KIPS）。



# 第五代计算机



日本人宣称这种机器将以Prolog(人工智能语言)为机器的语言，其应用程序将达到知识表达级，具有听觉、视觉甚至味觉功能，能够听懂人说话，自己也能说话，能认识不同的物体，看懂图形和文字。人们不再需要为它编写程序指令，只需要口述命令，它自动推理并完成工作任务。



# 第五代计算机



五代机计划定为10年完成，分为三个阶段实施。然而，“五代机”的命运是悲壮的。1992年，因最终没能突破关键性的技术难题，无法实现自然语言人机对话、程序自动生成等目标，导致了该计划最后阶段研究的流产，渊一博也不得不重返大学讲坛。



# 第五代计算机

“五代机”计划不能算作失败，它在前两个阶段基本上达到了预期目标。1992年6月，就在“五代机”计划实施整整10年之际，ICOT展示了它研制的五代机原型试制机，由64台处理器实现了并行处理，已初步具备类似人的[左脑](#)的先进功能，可以对蛋白质进行高精度分析，已经在基因研究中发挥了作用。

1992年，他重新开始实施“现实世界计算机”计划，接着研制具有类似于人的[右脑](#)功能的计算机。

# 视觉识别

一种可能的解决方案是：图象上的每一点都用一个神经细胞与之对应并逐一判别，最后综合为整体；但是，即使只描述图象局部的大致轮廓，神经元的数目仍不敷使用。另一种可能的方案更符合实际：大脑感知的不是图象上所有的点，而是其轮廓中最典型的特征，如线段、角度、弧度、反差、颜色等等，把它们从图象中抽取出来，然后结合头脑中过去的记忆和有关经验和知识分析判断。

# 语音识别技术

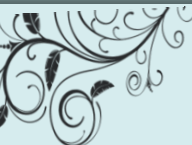
- 直到**1998年12月**，**IBM**公司发布第二代技术**ViaVoice98**，词库量是**ViaVoice4.0**的三倍，同时增加了语音导航功能；在普通话的基础上能适应广东、四川、上海三种口音，识别率提高了**20**个百分点以上，平常速度口音读一般文章的识别率达到了**85%~95%**，只需训练**5**个词、**3**句话，**5**分钟左右即可建立一个语音模型，使中文语音识别技术取得了实质性突破，语音识别终于走到了用户面前。




- 同样是在**1998**年，中文语音合成技术也取得了实质性的突破。**863**计划先后支持了清华大学、中科院声学所、中国科技大学等八家单位进行语音合成技术攻关。中国科技大学人机语音通信实验室，在十几年语音技术研究和积累的基础上，毅然抛弃了国际通行的算法，独创了以“人声道模拟技术”为基础的**KD—863**系统，一举突破了语音合成清晰度和自然度的制约瓶颈，将语音合成技术推进到应用的水平。

# 会看会听的机器

- **1997年12月**，美国微软公司比尔·盖茨第五次访问中国。当介绍到微软正在着手开发手写输入和语音识别软件时，比尔·盖茨当场为听众播放了一段电脑识别人体语言的录像，精彩的情节引起了与会者浓厚的兴趣。人们看到一台电脑正在分辨人用点头或摇头表示**YES**和**NO**的动作，还有电脑跟踪人眼的指向，在眼睛的指挥下，下了一盘“三子棋”。




# 人脑与电脑




长期以来，一个诱人的科学幻想主题经常涉及到人脑与电脑的关系。人类大脑有140多亿个脑神经细胞，每个细胞都与另外5万个其他细胞相互连结。比目前全球电话网还要复杂1500倍。


据前苏联学者阿诺克欣测算，一个普通的大脑拥有的神经突触连接和冲动传递途径的数目，是在1后面加上1000万公里长的、用标准打字机打出的那么多零！但是，由如此庞大数目元件构成的大脑，平均重量不足1400克，平均体积约为1.5立方分米，消耗的总功率只有10瓦。若采用半导体器件组装成相应的电脑装置，则必须做成一座高达40层的摩天大楼，所需功率要以百万千瓦计。




# 人脑与电脑



对于电脑来说，只要某一个部件出了毛病，就会导致整个机器瘫痪。但是，人的大脑细胞具有自行组合和分裂的活性，构成了高度可靠的“自适应系统”。在人的一生中，脑神经元大约每小时就有1000个发生故障，一年之内累计为800多万个。如果人活到100岁，将会有10亿个神经细胞功能失效，约占总数的1/10。即使在这种严重的故障面前，大脑仍然可以正常地运作。



# 人脑与电脑



从以上这些数字看，人类的大脑不啻于世界上最复杂、最高级、最有效、储存容量最大的超级计算机。除了运算速度比电脑略逊一筹外，人脑在结构、尺寸、性能、能耗等各方面都令最先进的电脑望尘莫及！





# 人脑复制



1988年，美国最负盛名的学术出版机构哈佛大学出版社，出版了一本《思维儿童》的专著（有人译作《换脑儿童》），作者是卡内基—梅隆大学活动机器人实验室主任汉斯·莫拉维克。

莫拉维克在书中生动地描述了人怎样把思维输入电脑，以及这一切怎样在未来50年之内变成现实。



# 人脑复制



按照莫拉维克等人的设想，一旦我们能够把思维转移到计算机或者储存介质中，即使原件（大脑）受到损伤或者衰老，仍然可以把它拷贝到新克隆出的大脑中，先FORMAT（格式化），再COPY（拷贝）。



# 电脑与人脑相连接



人工智能的泰斗明斯基教授想用另外的办法，即把微电脑嵌入人的大脑，以便使“我们能设计出我们的‘思维儿童’，他们思考问题的速度比我们现在快100万倍。”

将电脑植入人脑，用微型芯片配合脑神经细胞工作，只要求解决两者之间的接口问题。



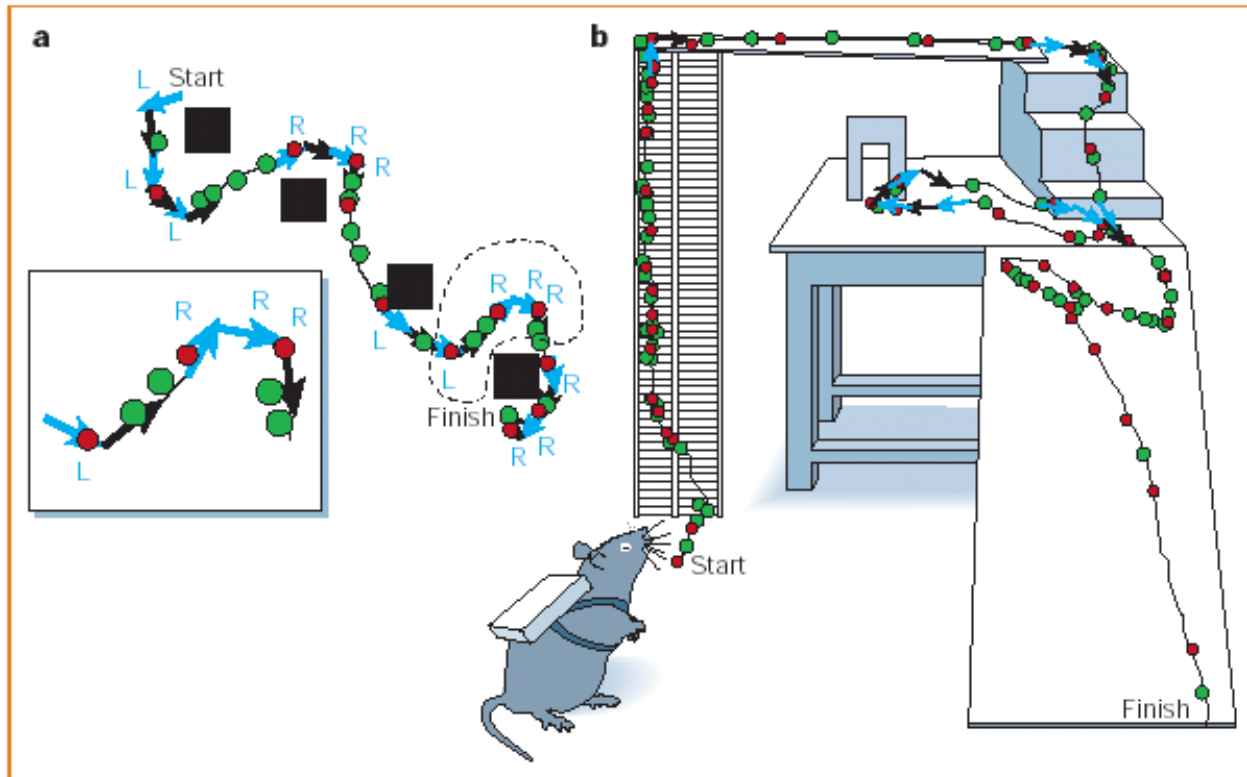
# 电脑与人脑相连接



德国科学家已经在硅芯片上培植成功一种与人类神经细胞极为相似的老鼠神经细胞，并且可以把神经细胞发出的电子脉冲信号传送到特制传感器上。由此看来，人机连“脑”不是梦，人脑与电脑相连能优势互补，可以弥补人类记忆和运算能力的不足，大大增强人脑的功能。

# 人工智能动物

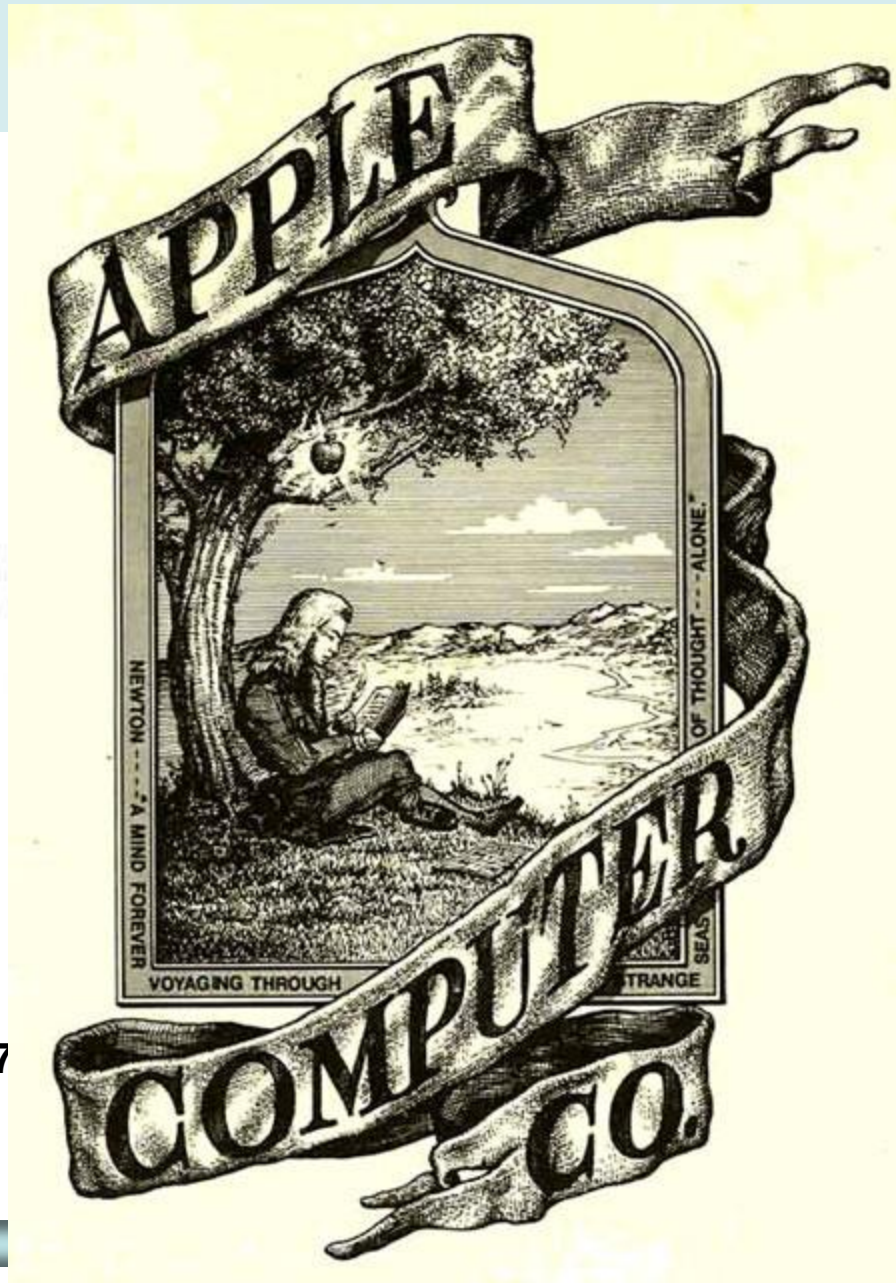
-- Nature, 417:37-38,2002.



动物的脑是可以和电脑结合在一起，按人类的意志来控制动物的行为的。这样，在新的世纪里，有可能出现一种这样的产物，它是生物机体和电子电路结合的产物，我们可以称呼它为 **“人工智能动物”**





从左到右依次是（1977  
中）、（2012-03-18，



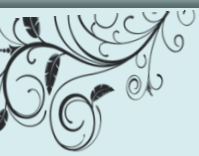
7至今，目前使用



- 
- 
- **2007年，在美国成立了一家专业公司，名字叫 Siri（Speech Interpretation and Recognition Interface），服务于黑莓、谷歌与苹果等企业的智能产品。根据有关资料记载，——**

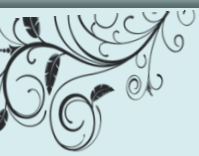
**“Siri is a spin-out（延伸） from the SRI（斯坦福研究院） International Artificial Intelligence Center, and is an offshoot（分支机构） of the DARPA（美国国防高级研究计划局） funded CALO（Cognitive Assistant that Learns and Organizes） project.**





- 2010年4月28日，苹果乔布斯决定全资购进Siri公司，同时，对外宣布：停止（Cancelled）原Siri公司对黑莓与谷歌Android手机的支持服务。
- 2011年10月4日，融合Siri技术成就的iPhone 4S终于问世了，乔布斯卧床微笑观看了iPhone 4S的产品发布会，次日，一代伟人乔布斯先生就与世长辞了。





- “我认为展望未来**50至100**年，如果我们真能开发出一款设备，它可以捕捉潜在精神，或者一套潜在的原则，或者是潜在的看待世界的方式，这样当下一个亚里士多德出现的时候……”  
乔布斯说，“也许他可以随身携带这款设备，将所有东西都输入其中。这样当这个人死后，我们就可以问这款设备‘喂，对此亚里士多德会怎么说？’，我们得到的答案或许是错误的，或许是正确。但是想到此我就已经很激动了”


# Google Now

Verizon 10:04 AM 91%

## Google

**Before leaving for work**

**21 minutes** to Google  
Normal traffic on US-101 S



[Get directions](#)

Previous Next

Verizon 10:04 AM 91%

## Google

**When leaving for vacation**

Virgin America Flight 29  
On time - arrives in 1 hour and 59 minutes

SFO → JFK

Departed San Francisco International Airp...

Time	Terminal	Gate
12:04 PM	4	A3


Arrives John F. Kennedy International Airp...

Time	Terminal	Gate
4:04 PM	A	28

Previous Next


Verizon 10:11 AM 90%

← who is Barack Obama × ^



**Barack Obama**  
**Born:** August 4, 1961 (age 51), Honolulu  
**Parents:** Barack Obama Sr., Ann Dunham  
**Siblings:** Maya Soetoro-Ng, George ...

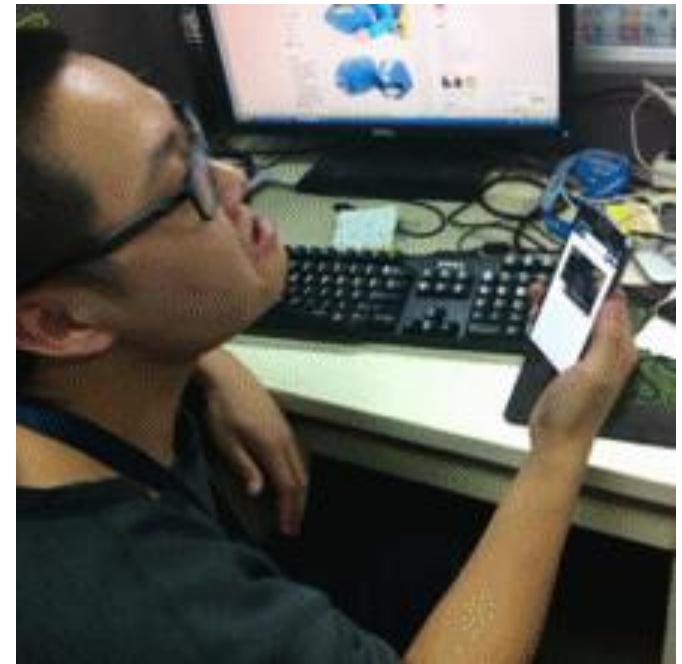
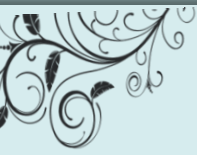
**News for who is Barack Obama**




**Barack Obama** spends double the time playing golf than on the ...  
...  
[Telegraph.co.uk](#) - 1 hour ago  
President **Barack Obama** has spent double the time playing golf and on holiday than ...


Tap to mute this response

i 🔊 >





# 重要会议



1969年第一届国际人工智能联合会议（International Joint Conference on AI）召开，此后每两年开一次，成为人工智能界最高级别的学术盛会。

1979年成立美国人工智能联合会（American Association for Artificial Intelligence），到2006年已经召开了第21届全国性会议，

# 国内重要会议

- 1981年成立中国人工智能学会（CAAI），2005年10月召开了第11届全国人工智能学术年会（CAAI—11）。
- 1989年首次召开中国人工智能控制联合会议（CJCAI），至今也已召开7次。



# 重要刊物



1970 年 起 ， IJCAI 定 期 出 版 ： 《  
International Journal of AI》

1979年起，AAAI定期出版：  
《AI Magazine》，

# 人工智能网站

MIT Artificial Intelligence Lab: [www.ai.mit.edu](http://www.ai.mit.edu)

PCAI: <http://www.primenet.com/pcai/>

AI on the web: <http://www.cs.berkeley.edu/~russell/ai.html>

IIT on the NRC: [http://www.iit.nrc.ca/ai\\_point.html](http://www.iit.nrc.ca/ai_point.html)

AI Magazine: <http://www.aaai.org/Magazine/magazine.html>

Game AI: [www.gameai.com](http://www.gameai.com)



# NP问题

什么是非确定性问题呢？有些计算问题是确定性的，比如加减乘除之类，你只要按照公式推导，按部就班一步步来，就可以得到结果。但是，有些问题是无法按部就班直接地计算出来。比如，找大质数的问题。有没有一个公式，你一套公式，就可以一步步推算出来，下一个质数应该是多少呢？这样的公式是没有的。再比如，大的合数分解质因数的问题，有没有一个公式，把合数代进去，就直接可以算出，它的因子各自是多少？也没有这样的公式。这种问题的答案，是无法直接计算得到的，只能通过间接的“猜算”来得到结果。这也就是**非确定性问题**。

而这些问题的通常有个算法，它不能直接告诉你答案是什么，但可以告诉你，某个可能的结果是正确的答案还是错误的。这个可以告诉你“猜算”的答案正确与否的算法，假如可以在多项式时间内算出来，就叫做**多项式非确定性问题**。而如果这个问题的所有可能答案，都是可以在多项式时间内进行正确与否的验算的话，就叫完全多项式非确定问题。



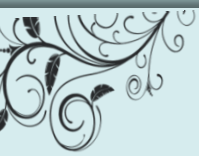
# 脑功能

- 左脑的功能是抽象概括思维，这种思维必须借助于语言和其他符号系统，主管“说话”、“写字”、“计算”、“分析”等。
- 右脑的功能是感性直观思维，这种思维不需要语言的参加，比如掌管“音乐”、“美术”、“立体感觉”等。
- 而形象思维、知觉、预感、创意这些人类右脑的功能，迄今计算机尚丝毫难以企及。右脑的功能不可替代，只能靠人自己培养和发挥。

返回

# 仿生学

- 仿生学是指模仿生物建造技术装置的科学，它是在本世纪中期才出现的一门新的边缘科学。仿生学研究生物体的结构、功能和工作原理，并将这些原理移植于工程技术之中，发明性能优越的仪器、装置和机器，创造新技术。
- 从仿生学的诞生、发展，到现在短短几十年的时间内，它的研究成果已经非常可观。仿生学的问世开辟了独特的技术发展道路，这就是向生物界索取蓝图的道路，它大大开阔了人们的眼界，显示了极强的生命力。



- 有些动物的体温，是随环境温度的变化而变化的，这类动物叫冷血动物；有些动物的体温不大受环境的影响，体温保持相对恒定，叫恒温动物。体温是决定活机体内化学反应速率的一个主要因素，体温升高一度时，基础代谢强度增加7%。大多数高等动物的体温是恒定的，其调节体温不是控制产热，而是调节散热机能。恒温动物的散热主要是以红外线辐射的形式进行，又因为红外线辐射携带大量的信息，于是一些动物（特别是夜行动物）进化出了能接收红外线信息的器官，例如蛇就是利用红外探测器在夜间捕食小鸟的。

# 动物的体外感受器

- 人们发现，蟒蛇科的蛇的唇口和响尾蛇亚科的蛇的颊窝红外感觉器的效率超过了它的视觉，其方向性和选择性比人造红外线探测器精确很多。因此，瞎眼睛的蛇也能根据红外线辐射来追踪和捕获猎物。蛇还能在来自太阳、热石头等干扰场中，识别活的动物，对死鼠则不予理会。可见，生物界的红外装置抗干扰和识别能力是很高的。
- 感受红外辐射的还有深水乌贼。深水乌贼的热视眼分布在乌贼尾部的整个下表面。当热视眼接收到红外线信息后，引发视觉神经产生脉冲，脉冲信号被送入神经中枢加工、处理。此外，蚂蚁、蚊子也对红外辐射很敏感。研究生物界的红外探测器，探索生物界利用红外感受器接收、加工处理红外线信息的秘密，将有助于研究、设计和制造新型的红外装置，增强人类认识和改造自然的能力。

# 恩尼格玛（Enigma）密码机

- **1918年德国发明家亚瑟·谢尔比乌斯（Arthur Scherbius）和理查德·里特（Richard Ritter）发明一种用于加密与解密文件的密码机——恩尼格玛（德语：Enigma，又译哑谜机，或谜）。**

恩尼格玛在**1920年代**

早期开始被用于商业，也被一些国家的军队与政府采用过，在这些国家中，最著名的是第二次世界大战时的纳粹德国。

