

中国计算机学会青年计算机科技论坛  
YOCSEF

# 智能科学的挑战

史忠植

shizz@ics.ict.ac.cn

中国科学院计算技术研究所



中国科学院计算所  
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY

# 内容提要

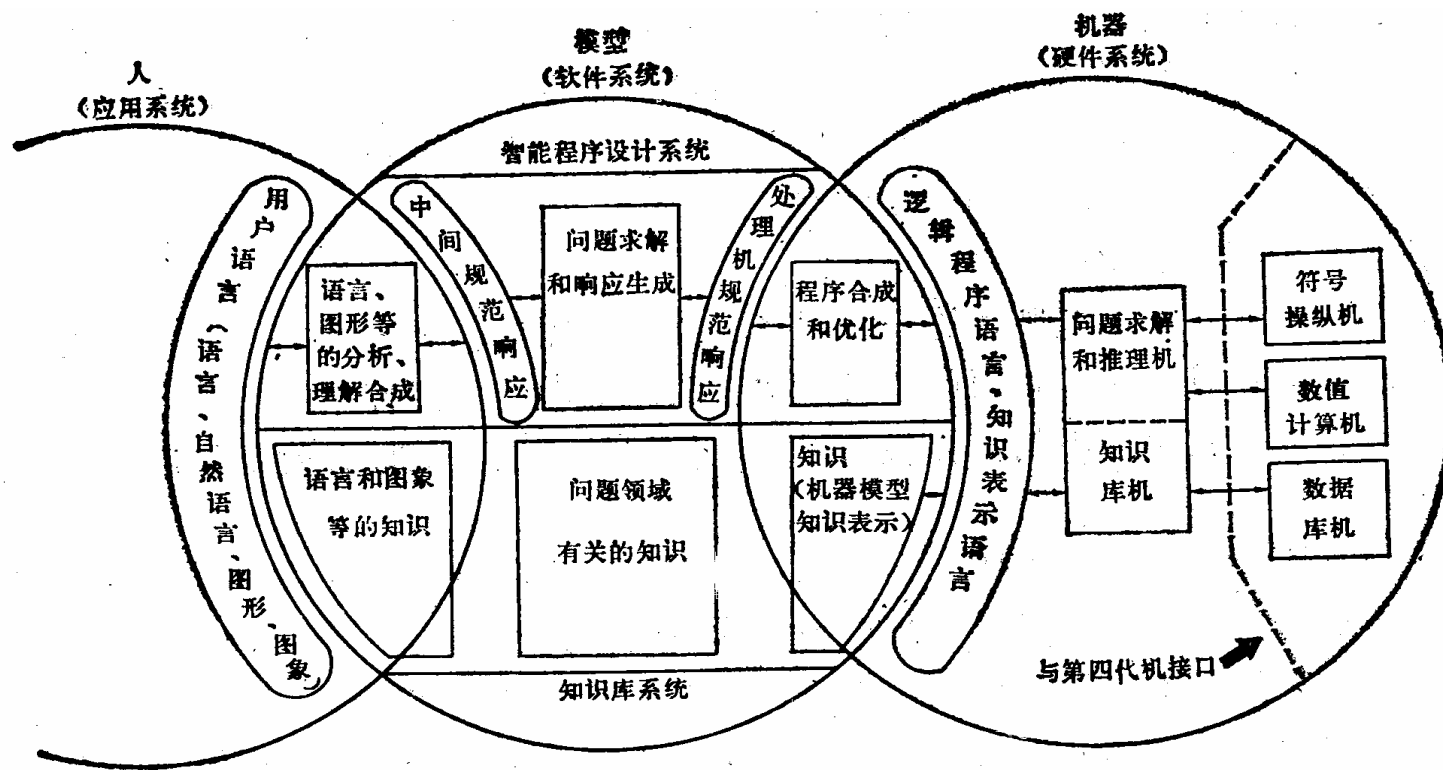
- 引言
- 重大科学问题
- 案例研究
- 展望

# 人工智能50年

- 图灵测试
- 物理符号假设
- 连接主义
- 行为主义
- 知识工程

# 人工智能50年

## 80年代日本大规模知识信息处理机-智能机



# 博物馆机器人向导



中科院计算所  
INSTITUTE OF COMPUTING  
TECHNOLOGY



**Rhino, 1997**



**Minerva, 1998**

# RoboCup Challenge

2050年机器人足球队打败明星队！



# 语音识别



中科院计算所  
INSTITUTE OF COMPUTING  
TECHNOLOGY

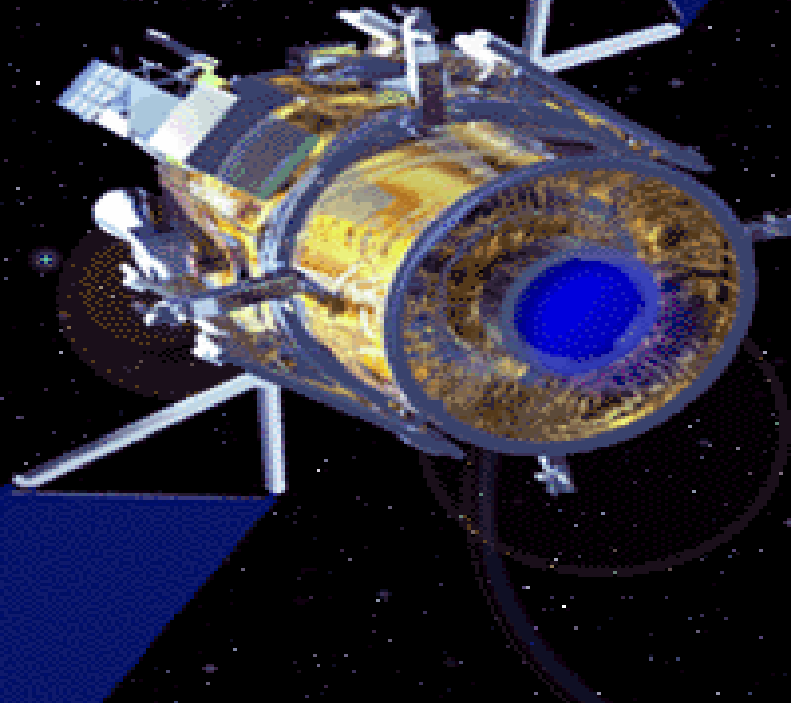


# 太空1号



中科院计算所  
INSTITUTE OF COMPUTING  
TECHNOLOGY

# Deep Space One



Started: January 1996  
Launch: October 15th, 1998

# 2004 & 2009



2006-6-24

史忠植 智能科学的研究

9

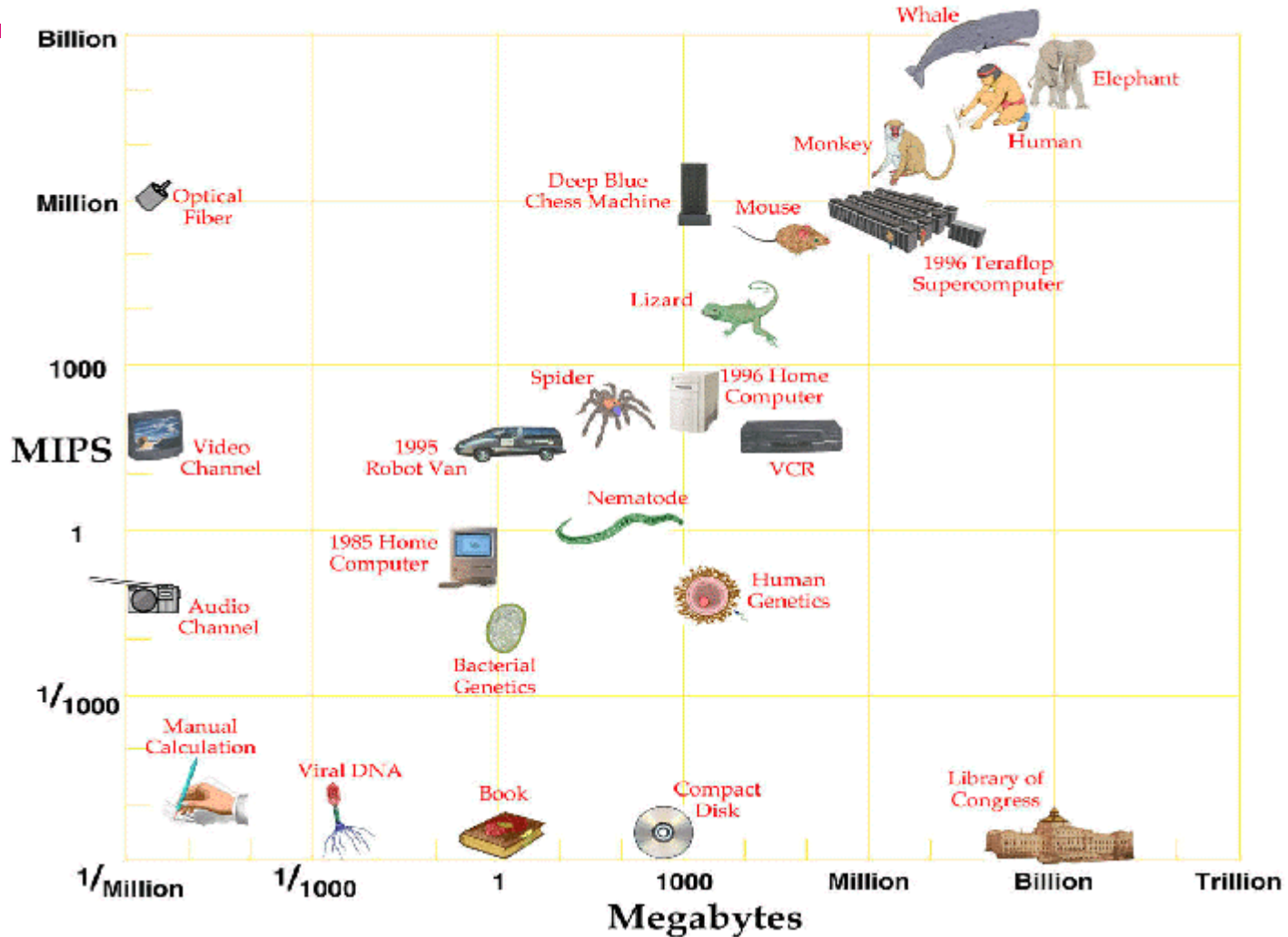
# Europa Mission ~ 2018



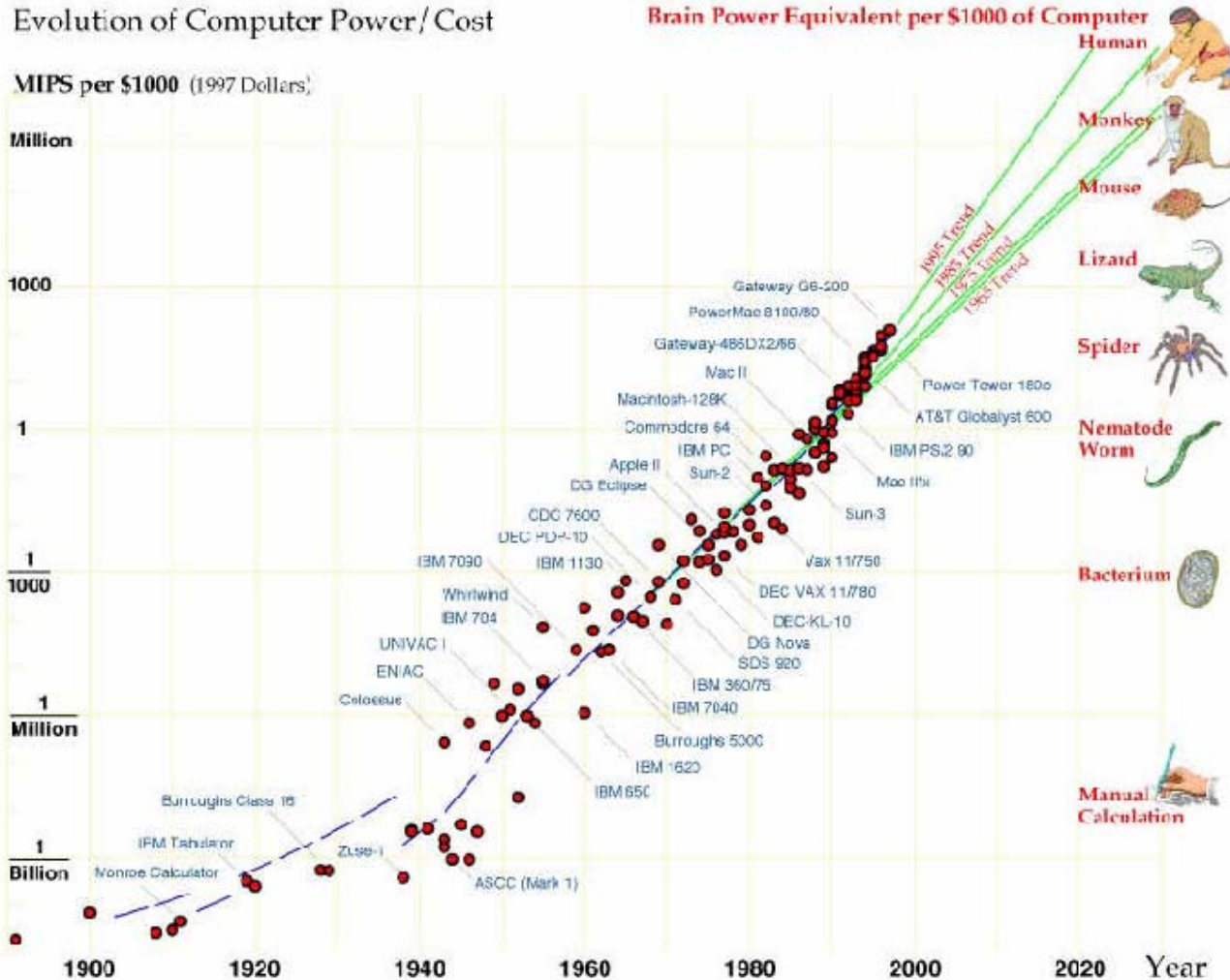
# Computer vs. Brain



All Things, Great and Small



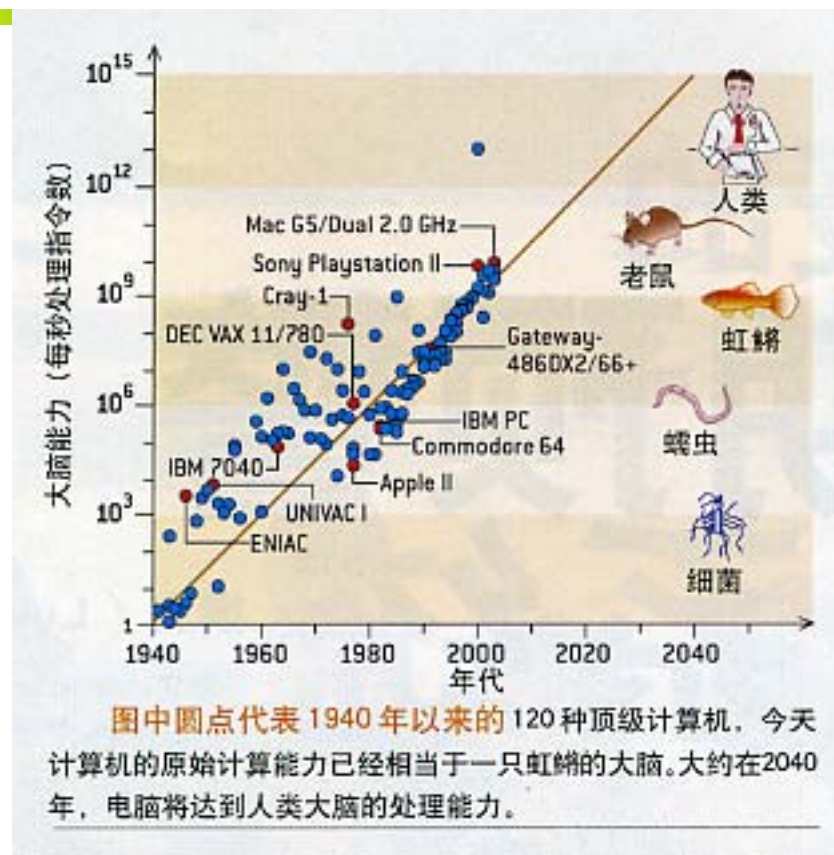
# Evolution of Computers



# 信息处理技术发展面临的挑战

计算机的处理方式与人脑的信息处理方式存在很大差距。

如何广泛地模拟人的智能对信息进行智能加工和利用，使机器能够认知环境、正确接收和理解人给予的指令是信息处理技术发展的挑战。



引自《科学美国人》，2005 (3)

# 智能科学研究

## 国内外现状

### 美国

纳米技术、生物技术、信息技术、认知科学四大汇聚 (NBIC)。

### 日本

“脑科学时代”计划，总预算200亿美元。

### 国际组织

“国际人类前沿科学计划”，100亿美元。

### 欧盟

第6次研究与技术发展框架

### 中国

国家中长期科学与技术发展规划-“以人为中心”的智能信息处理技术。

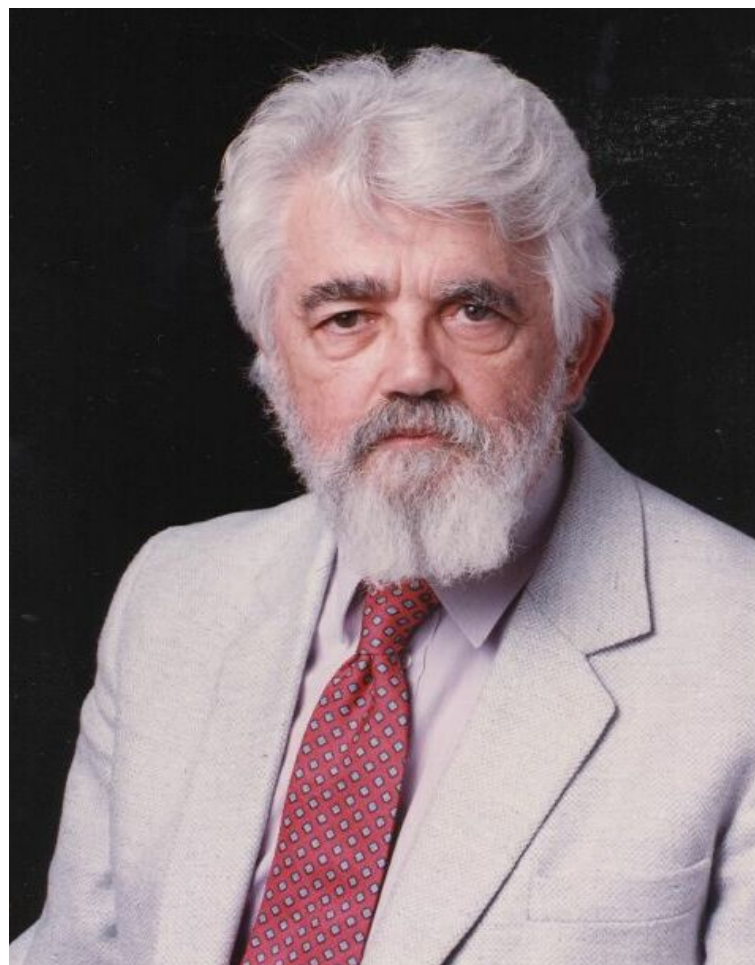


# 智能科学(Intelligence Science)

智能科学研究智能的基本理论和实现技术，是由脑科学、认知科学、人工智能等学科构成的交叉学科。21世纪智能科学的研究将会取得突破性进展，进一步揭示人类智能的本质，使信息社会实现智能化。

# 智能科学 (Intelligence Science)

人工智能  
的长期目标  
是人类水平  
的人工智能



# 内容提要

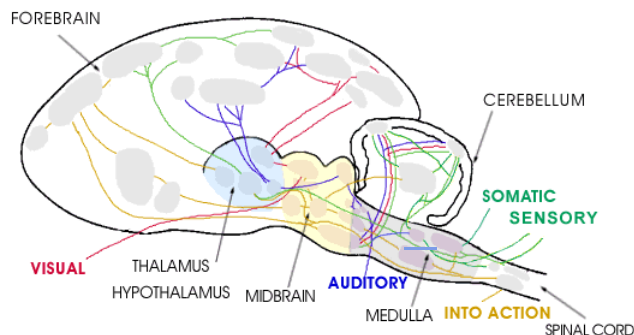
- 引言
- 重大科学问题
- 案例研究
- 展望

# 重大科学问题

- 心智模型
- 感知信息处理
- 语言认知
- 学习理论
- 记忆机理
- 意识

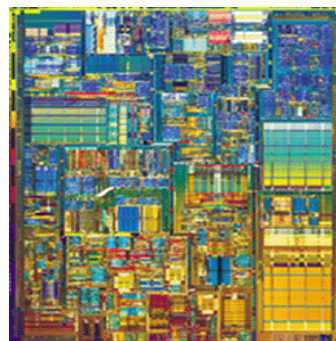
# 心智模型

神经系统是脑的硬件，  
心智可以看成脑的软件。



$10^{11}$  neurons  
 $10^{14}$  synapses  
cycle time:  $10^{-3}$  sec

$10^8$  transistors  
 $10^{10}$  bits of RAM  
cycle time:  $10^{-9}$  sec



心智(mind)是脑的精神活动的总称，包括感觉、知觉、学习、记忆、注意、情感、意志、兴趣、性格、思维等大脑活动的一切方面。神经系统看成是脑的硬件，心智可以看成脑的软件。

心智以人类全部精神活动（包括情感、意志和感觉、知觉、表象、思维、直觉等）为研究对象，用现代科学方法来研究人类非理性心理与理性认知融合运作的形式、过程及规律。心智是一个庞大的学科群体，它涉及生物学、心理学、细胞学、脑科学、遗传学、语言学、逻辑学、认知科学、人工智能等多个领域。其目标在于探讨人类生命和精神方面的问题，例如，信息如何经由感官输入，如何处理、储存与运用，及与遗传、进化的关系等等。

人类学家认为，一切生物都有某种心智。心智的发展经历了简单反射、条件反射、工具使用、语言符号四个阶段。使用语言符号与外界进行交流，只有人类能做到，因此，人类心智的产生与发展是和人类所特有的符号语言分不开的。人类的符号语言以文字为载体，文字虽然产生很晚，但它对心智的发展和文明进步所起的作用是无以伦比的。250万年前人类意识出现，30万—10万年前人类开始使用符号语言，中国最早的文字甲骨文有3000多年的历史。在这个漫长的进化过程中，人类使用符号语言和符号文字不过是很短的一段时间，但人类心智的发展、人类文化和文明的进步却取得如此辉煌的成就，足见语言与心智研究具有何等密切的关系。

心智问题是一个非常复杂的非线性问题，我们必须借助现代科学的方法来研究心智世界。心智科学研究的是心理或心智过程，但它不是传统的心理科学，它必须寻找神经生物学和脑科学的证据，以便为心智问题提供确定性基础。心智世界与现代逻辑学和数学所描述的可能世界也有明显的区别：逻辑学和数学所描述的可能世界是一个无矛盾的世界，而心智世界则处处充满了矛盾；逻辑和数学对可能世界的认识和把握只能用演绎推理和分析方法，而人的心智对世界的把握则有演绎、归纳、类比、分析、综合、抽象、概括、联想和直觉等等多种手段。所以心智世界比数学和逻辑学所描述的可能世界要复杂广大得多。那么，我们应该如何从有穷的、无矛盾的、使用演绎法的、相对简单的可能世界进入无穷的、有矛盾的、使用多种逻辑和认知方法的、更为复杂的心智世界呢？这是心智研究要探索的基本问题之一。

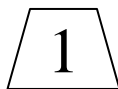
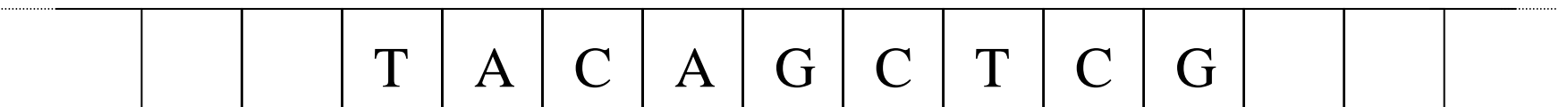
# 图灵



Alan Turing  
(1912-1954)

- *On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem* (1936)
- Church, Kleene, Post

# 图灵机



	-	A	C	G	T
0	HALT	HALT	HALT	HALT	HALT
1	-,<=,0	A,=>,1	C,=>,1	G,=>,2	T,=>,1
2	-,<=,0	A,=>,1	C,<=,3	G,=>,2	T,=>,1
3				T,=>,4	
4			A,=>,1		

# 物理符号假设



- 1976年纽威尔和司马贺提出了物理符号系统假设，说明物理符号系统的本质。主要假设内容如下：
- 物理符号系统假设，物理系统表现智能行为必要和充分的条件是它是一个物理符号系统。
- 必要性意味着表现智能的任何物理系统将是一个物理符号系统的例示。
- 充分性意味着任何物理符号系统都可以进一步组织表现智能行为。
- 智能行为就是人类所具有的那种智能：在某些物理限制下，实际上所发生的适合系统目的和适应环境要求的行为。

# 物理符号系统

● 我们把人看成一个信息加工系统，常称作物理符号系统。用物理符号系统主要是强调所研究的对象是一个具体的物质系统，如计算机的构造系统，人的神经系统、大脑神经元等。所谓符号就是模式；任何一个模式，只要它能和其它模式相区别，它就是一个符号。不同的英文字母就是不同的符号。对符号进行操作就是对符号进行比较，即找出哪个是相同的符号，哪几个是不同的符号。物理符号系统的基本任务和功能就是辨认相同的符号和区分不同的符号。符号既可以是物理的符号，也可以是头脑中的抽象的符号，可以是计算机中的电子运动模式，或可以是头脑中的神经元的某种运动方式。纸上的文字是物理符号系统，但这是一个不完善的物理符号系统，因为它的功能只是存储符号，即把字保留在纸上。一个完善的符号系统还应该有更多的功能。

# 物理符号系统

- 它由记忆、一组操作、控制、输入和输出构成。它的输入是确定部位的客体；它的输出是确定部位的客体的修改或建立，后者部位常与输入是不同的。那么，它的外部行为就由输出组成，它们的产生是输入的函数。大的环境系统加上物理符号系统就形成封闭系统，因为输出客体变成后面的输入客体，或者影响后面的输入客体。物理符号系统的内部状态由它的记忆和控制的状态构成。它的内部行为是由这些内部状态全部变化构成。

# 物理符号系统

- 记忆是由一组符号结构  $\{E_1, E_2, \dots, E_m\}$  组成，在整个时间里它们在数量和内容上是变化的。符号结构的内部改变称作表达。为了定义符号结构给出一组抽象符号  $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 。每种符号结构都具有给定的类型和一些不同的作用  $\{R_1, R_2, \dots\}$ ，每种作用包括一个符号。采用显式表示可以写成 (Type: T R1: S1 R2: S2, ..., Rn: Sn) 若用隐式表示，则写成：  
 $(S_1 S_2, \dots S_n$

# 物理符号系统

纽威尔 (Allon Newell) 规定了10种操作符。每一个在图中表示一块。这10种操作符的功能如下：

- (1) 赋值符号 (Assign a symbol): 建立符号与项之间的基本关系。对项赋值，称之为存取。符号可以赋给项，而不能赋给表达式。存取一个操作符意味着存取它的输入、输出和唤醒机制。存取给定类型的作用意味着存取作用的符号，这种作用是给定的类型的表达式有关，并在那种作用写入新的符号。
- (2) 复制表达式 (Copy expression): 将表达式和符号加到系统里，新的表达式是输入表达式准确的复制，即在各种作用中具有完全相同的类型和符号。
- (3) 写表达式 (Write an expression): 建立任何规定内容的表达式。它并不建立任何新的表达式，而是修改它的输入表达式。
- (4) 写 (write): 在给定的作用建立一个符号。
- (5) 读 (Read): 在规定作用下读符号。

# 物理符号系统

- (6) 执行序列 (Do sequence): 使系统按规定的序列执行任何动作。
- (7) 条件退出和条件继续 (Exit-if and Continue—if): 系统行为有条件地继续执行一个序列, 或从中退出。
- (8) 引用符号 (Quote a symbol): 控制自动地解释被运行的表达式。
- (9) 外部行为 (Behve externally): 符号系统可控的外部行为的集合。
- (10) 环境输入 (Input from enuironment): 利用记忆中新建立的表达式将外部环境的输入录入到系统中。

# 物理符号系统

我们可以将物理符号系统的功能简化成6种，即：

(1) 输入符号。

(2) 输出符号。

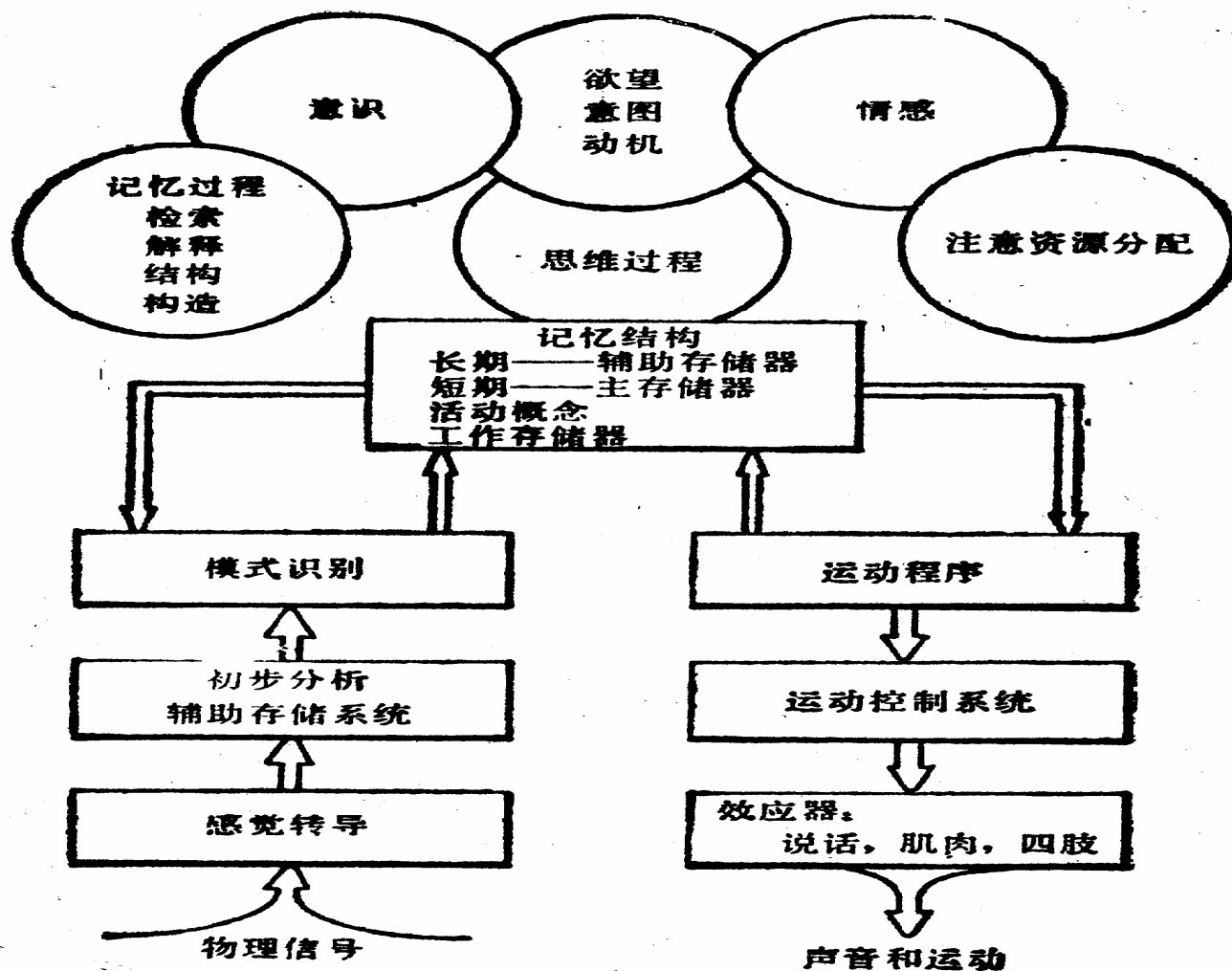
(3) 存储符号。

(4) 复制符号。

(5) 建立符号结构：通过找到各种符号之间的关系，在符号系统中形成符号结构。

(6) 条件转移：如果在记忆中已经有了一定的符号系统，再加上外界的输入，就可以继续完成行为。

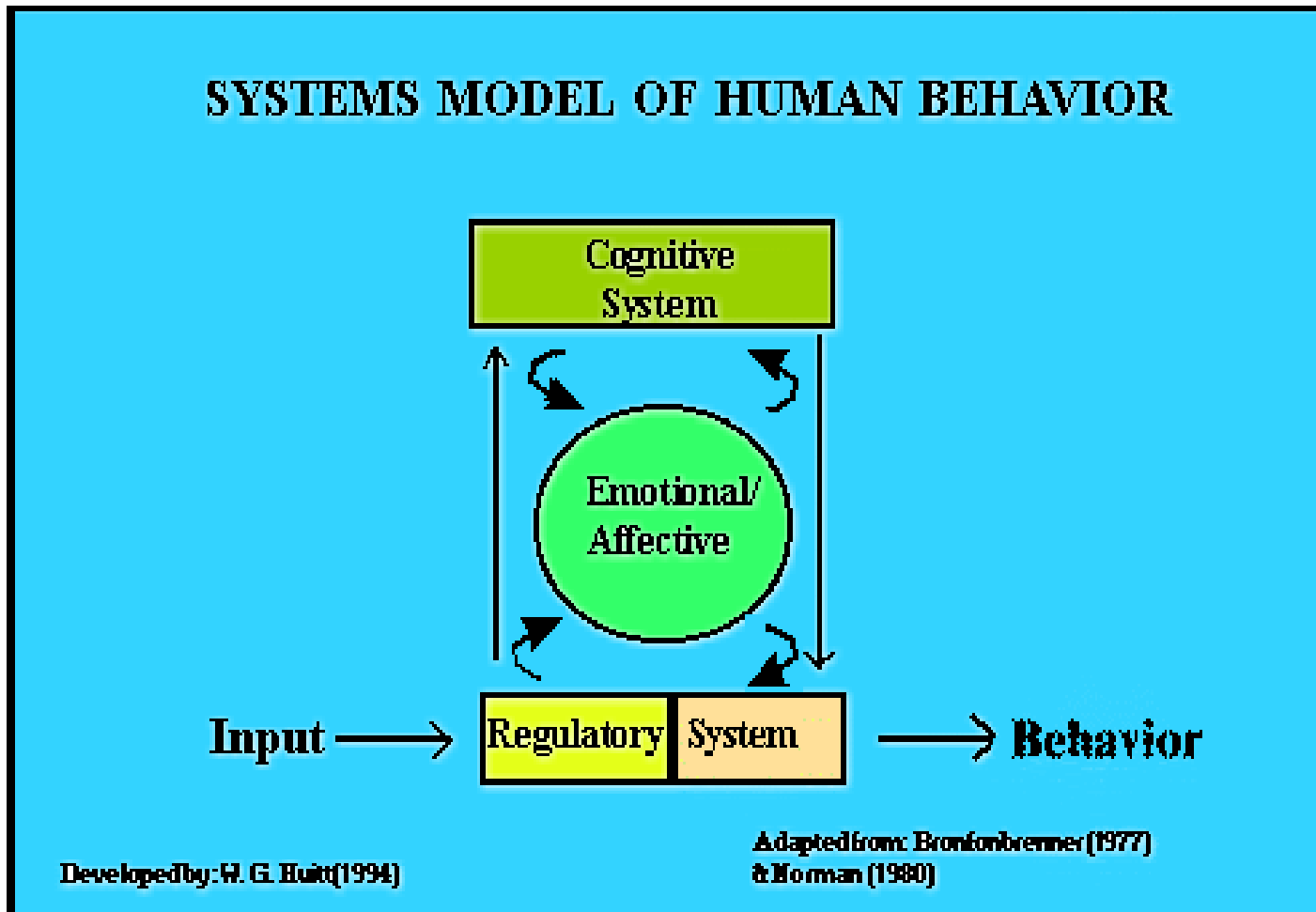
# 纯认知系统



# 诺尔曼模型

- 人的心理活动是一个整体，是认知因素（感知、表象、记忆、思维等）和非认知因素（情感、意志、动机、兴趣等）的辩证统一，因此必须考虑情感等因素对认知和行为的影响。诺尔曼在1979年提出诺尔曼模型。这个模型是以控制系统为中心，感觉输入和运动输出都直接与它相联。在控制系统和认知系统之间是情感系统，指出情感等因素的重要性。

# 诺尔曼模型



# 认知记忆模型

- 日本的小谷津孝明于1982年提出的认知——记忆信息处理模型
- 为了理解人的高级认知功能，仅仅是理解输入信息的分析过程是不充分的，必须要与长期记忆中已有的世界知识密切配合是非常必要的。那种不是信息单方向流动的结果，而是根据输入信息记忆内部状态的变化，把内部状态有关的变化作为整体形成一种认知活动，就是概念化的过程。这种类型的模型的开发，多数是与自然语言理解的研究有关，是以知识表示和利用为中心。

# 认知记忆模型

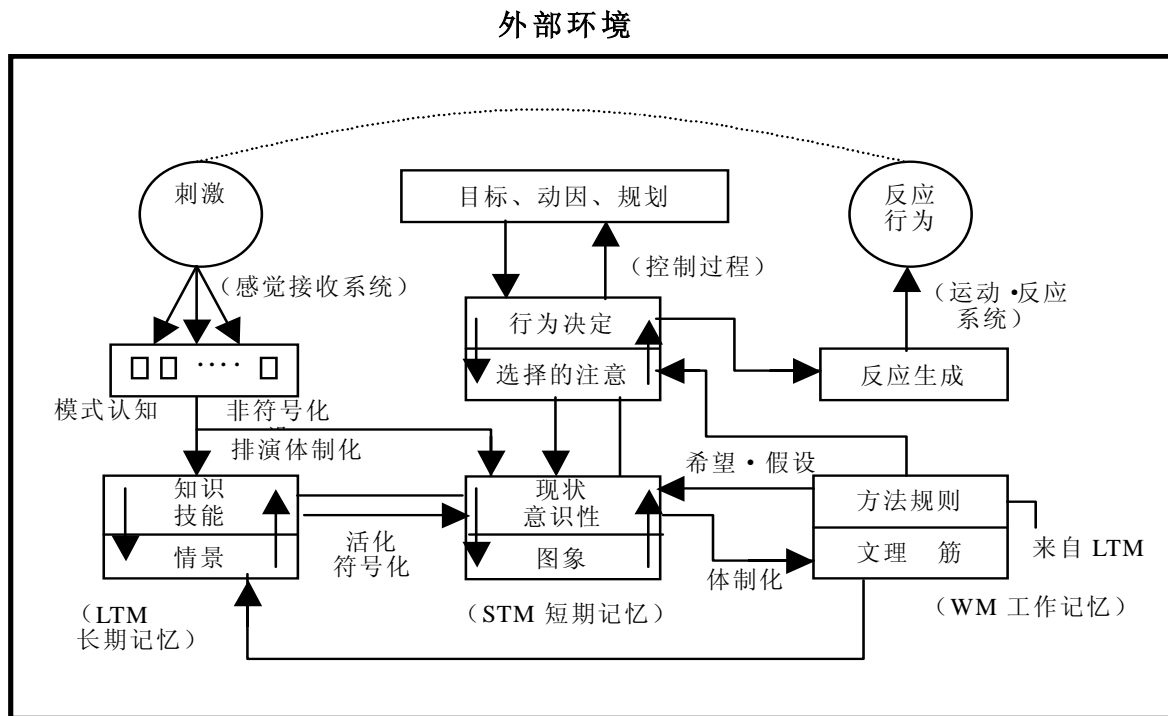
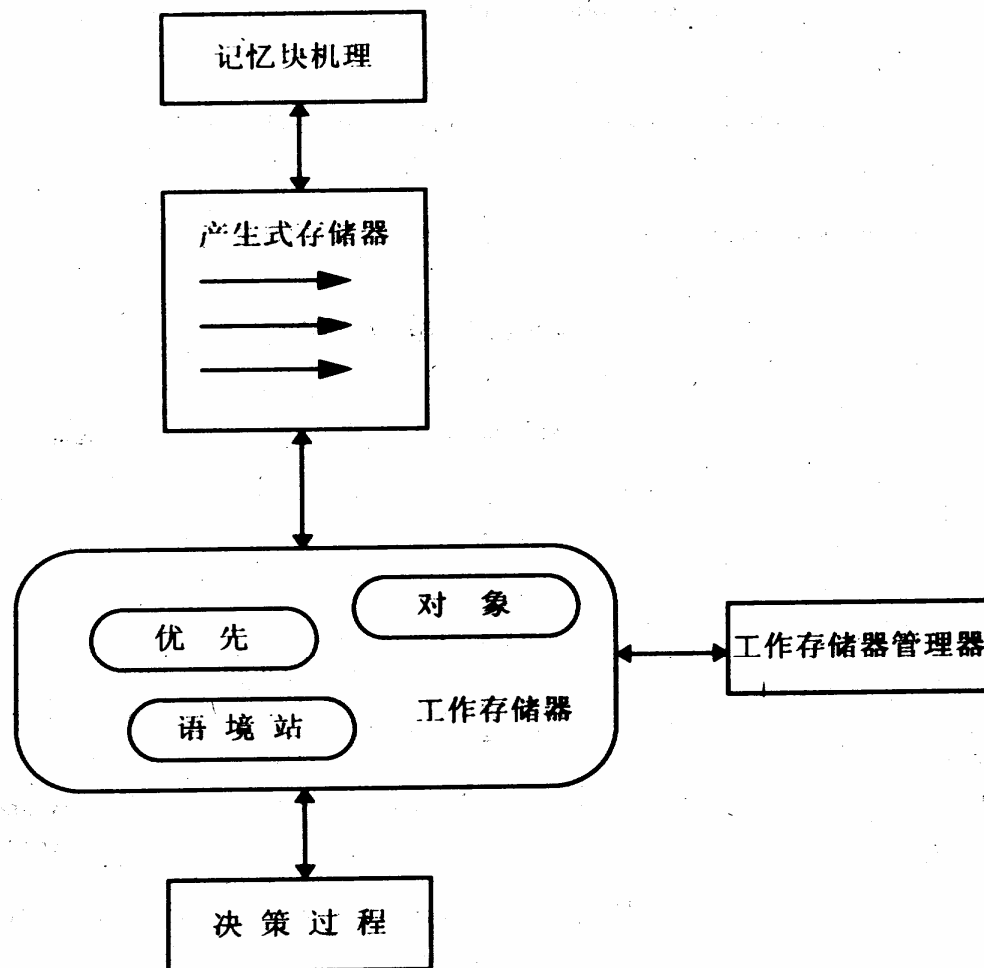


图 认知——记忆信息处理模型

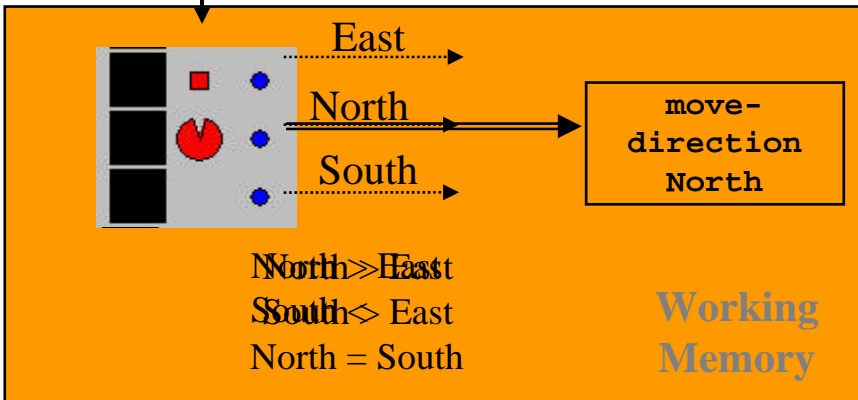
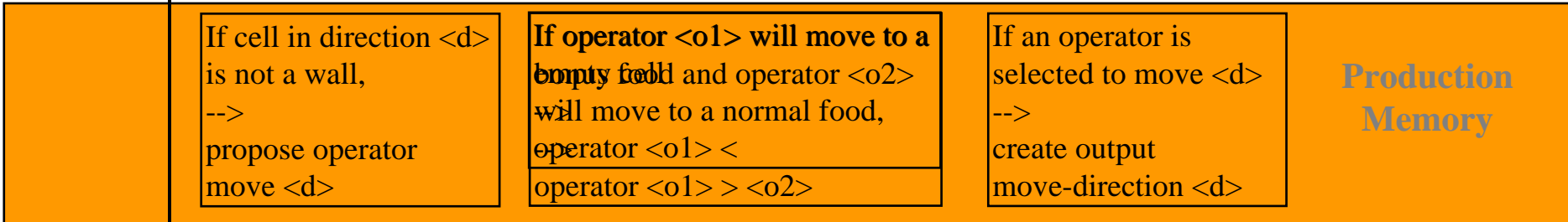
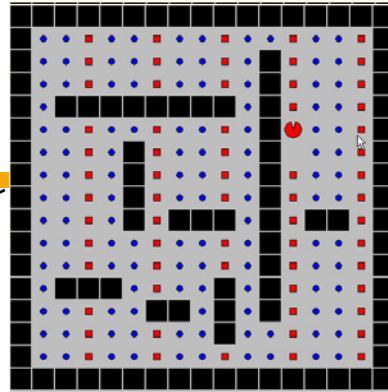
# SOAR

- 开发智能系统的统一架构

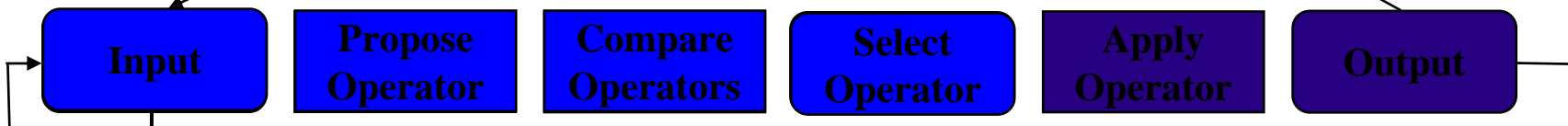
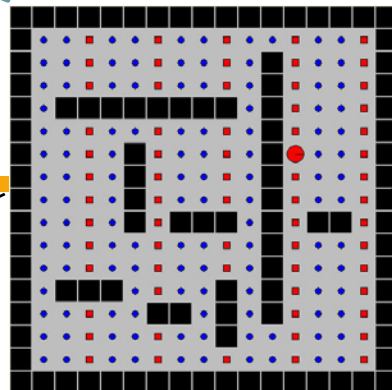


- 确立计算结构：
  - 编码知识Encode knowledge
  - 访问知识Access encodings
  - 产生动作Produce actions
  - 达到目标Achieve goals

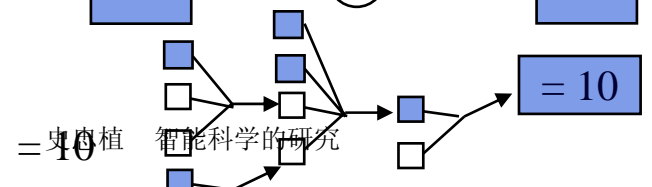
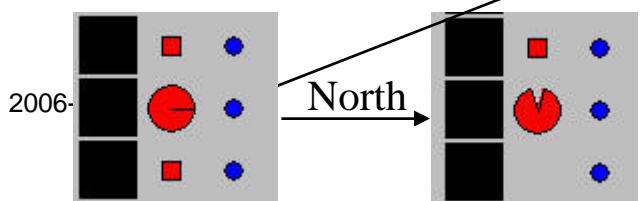
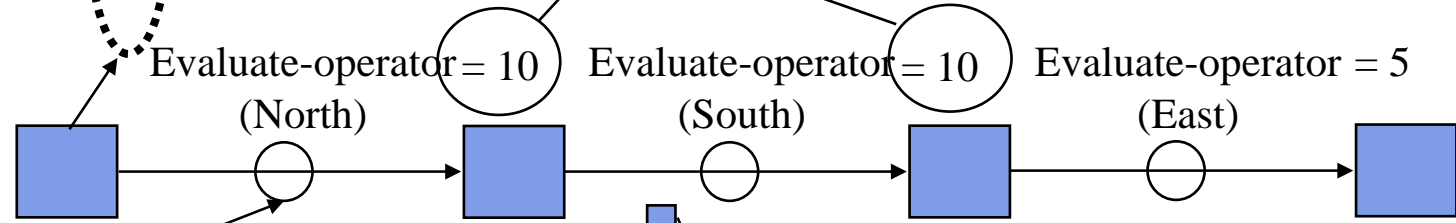
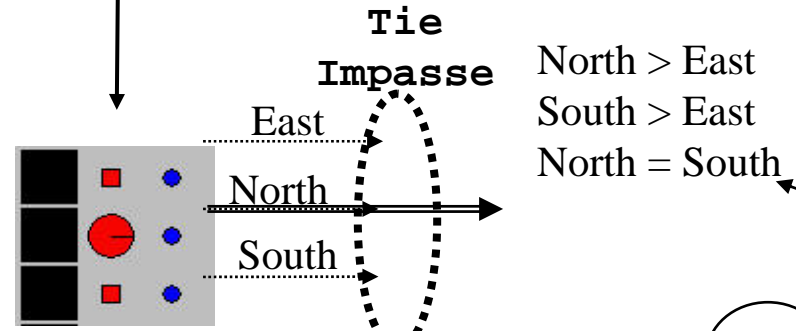
# 处理



# 处理: 子目标



Chunking creates rules that create preferences based on what was tested



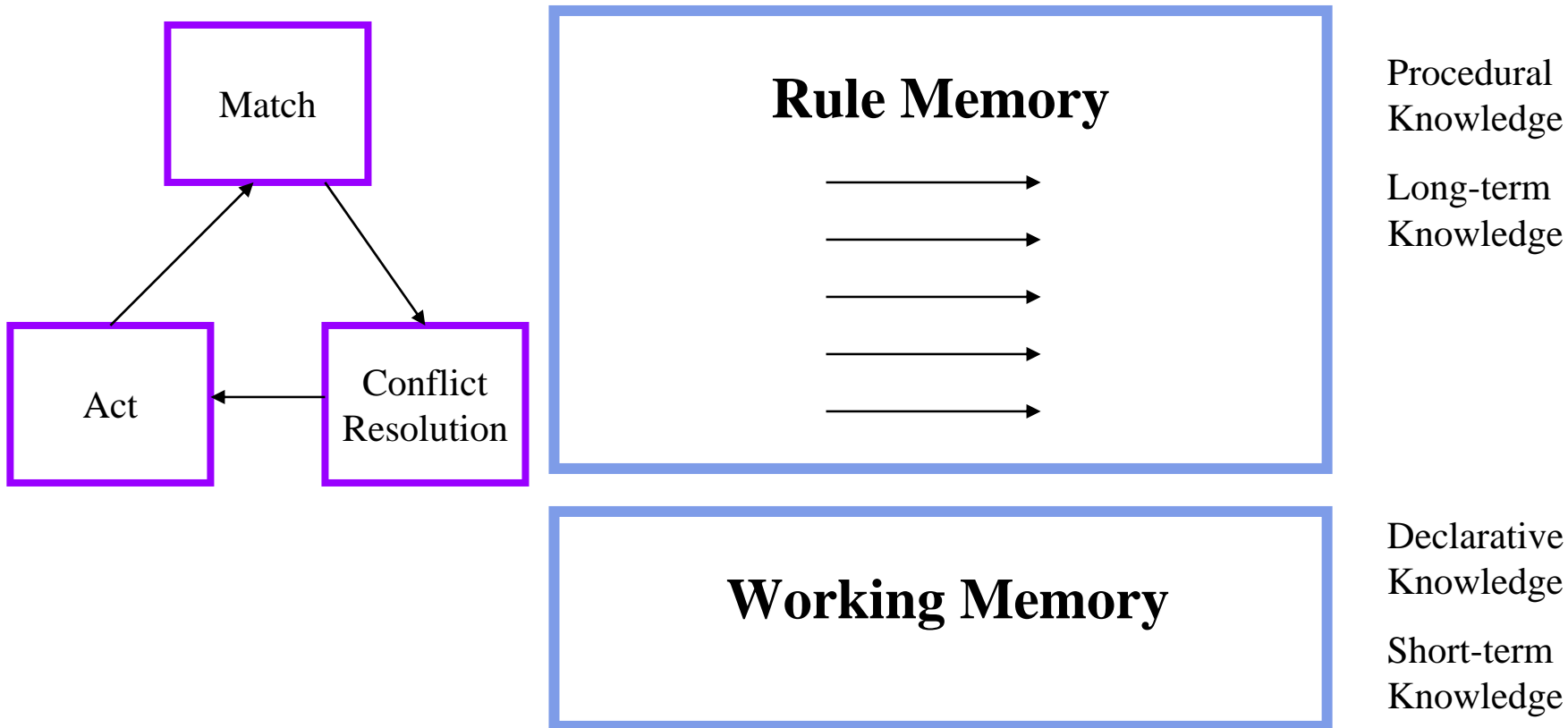
Chunking creates rule that applies evaluate-operator

2006-

史志植 智能科学的研究

41

# 表示和方法论 Memories



# 霍金斯模型

2004年的10月，霍金斯(Jeff Hawkins)发表了《On Intelligence》一书，提出了对大脑新的理解。

霍金斯提出智能是大量群集的神经元涌现的行为，用基于记忆的世界模式产生连续不断的对未来事件的一系列预测。时间是  
大脑做什么和怎样做最至关重要部分。大脑的行为有三个至关重要的组成：大脑工作于输入的时间序列流，神经网络的许多反馈，真实网络的层次结构所具有的模式，对它们的功能十分重要。

- **吉布森生态学理论 Gibsonian Theory** 美国心理学家吉布森 (J. J. Gibson) 因其对知觉的研究而闻名于学术界。1950年他提出生态知觉理论。他认为知觉是直接的，没有任何推理步骤、中介变量或联想。生态学理论（刺激物说）与构造理论（假设考验说）相反，主张知觉只具有直接性质，否认已有知识经验的作用。

# 吉布森生态学理论

## Gibsonian Theory



- 吉布森(J. J. Gibson)认为,自然界的刺激是完整的,可以提供非常丰富的信息,人完全可以利用这些信息,直接产生与作用于感官的刺激相对应的知觉经验,根本不需要在过去经验基础上形成假设并进行考验。
- 知觉是和外部世界保持接触的过程,是刺激的直接作用。他把这种直接的刺激作用解释为感官对之作出反应的物理能量的类型和变量,构成光矩阵。
- 知觉是环境直接作用的产物这一观点,是和传统的知觉理论相背离的。
- 吉布森把表示一个人周围刺激的“刺激生态学”概念用公式来表示,它们包括倾斜的和反射的表面的关系,以及人们在走路、坐着和躺下时都感受到的引力。
- 他坚信知觉不变,因此当环境提供给活跃的有机体连续而稳定的信息流时,有机体能够对此作出反应。

# 构造理论

- 布鲁纳（**J.S. Bruner**）提出构造理论，认为所有感知都受到人们的经验和期望的影响。构造论者关于知觉的看法是把记忆的作用赋予极大的重要性。他们认为先前经验的记忆痕迹，加到此时此地被刺激诱导出来的感觉中去，因此就构造出一个知觉象。而且，构造论者主张有组织的知觉基础是从一个人的记忆中选择、分析并添加刺激信息的过程，而不是格式塔论者所主张的大脑组织的天生定律所引起的自然操作作用。

# 格式塔理论

格式塔（Gestalt）心理学诞生于1912年。它强调经验和行为的整体性，反对当时流行的构造主义元素学说和行为主义“刺激—反应”公式，认为整体不等于部分之和，意识不等于感觉元素的集合，行为不等于反射弧的循环。尽管格式塔原理不只是一种知觉的学说，但它却导源于对知觉的研究，而且一些重要的格式塔原理，大多是由知觉研究所提供的。

# 知觉组织法则

- Wertheimer等格式塔心理学家说明了人类知觉组织能归结为几个重要的法则：
  - 1) 邻近性。
  - 2) 相似性
  - 3) 好的连续性
  - 4) 封闭性
  - 5) 对称性
  - 6) COMMON FATE
  - 7) 常见的形状

# 马尔视觉理论

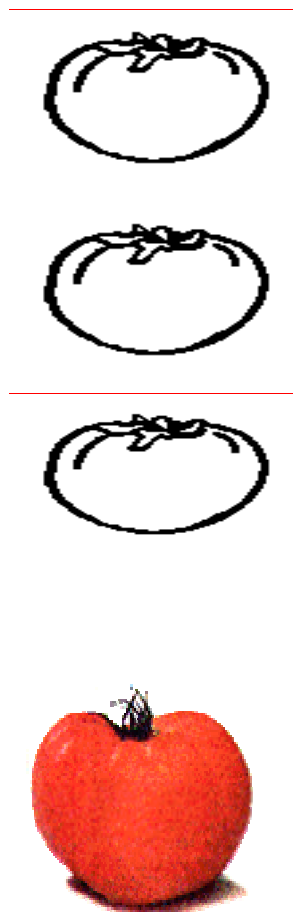
## Marr's theory of vision

Grey level description

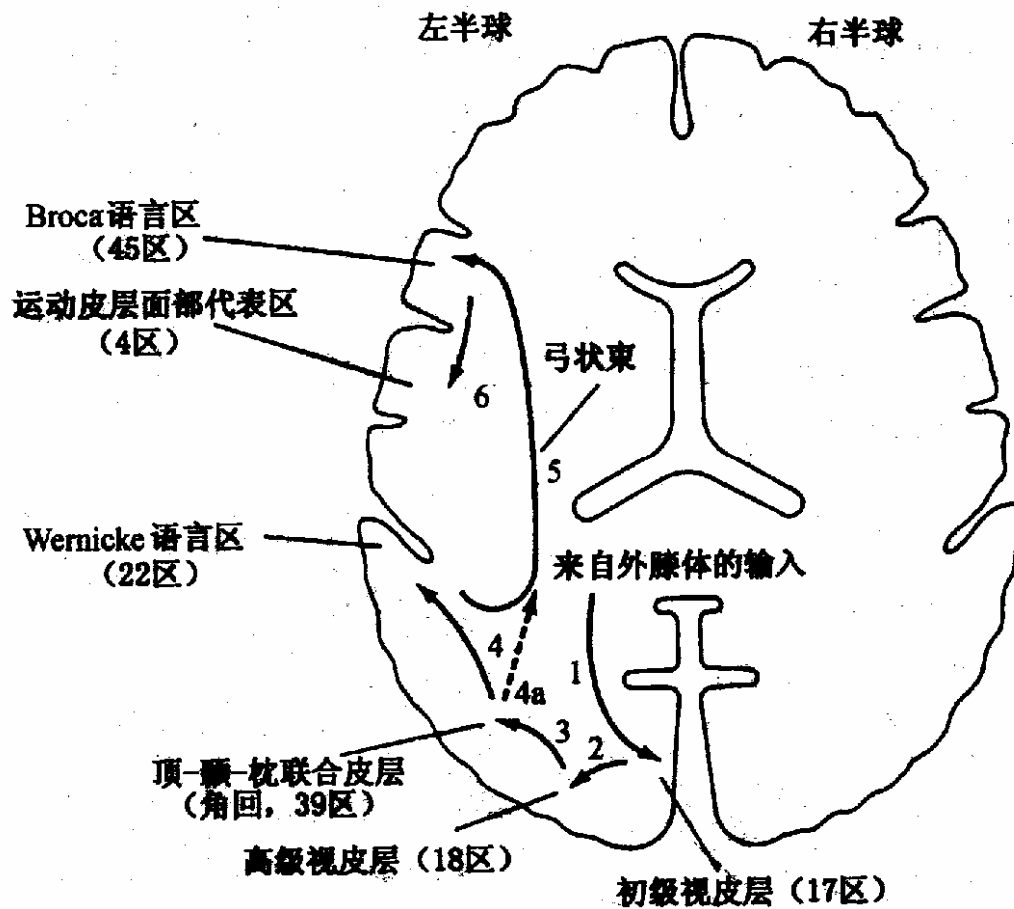
Primal sketch.

2.5 Dimensional sketch.

3 Dimensional model  
sketch



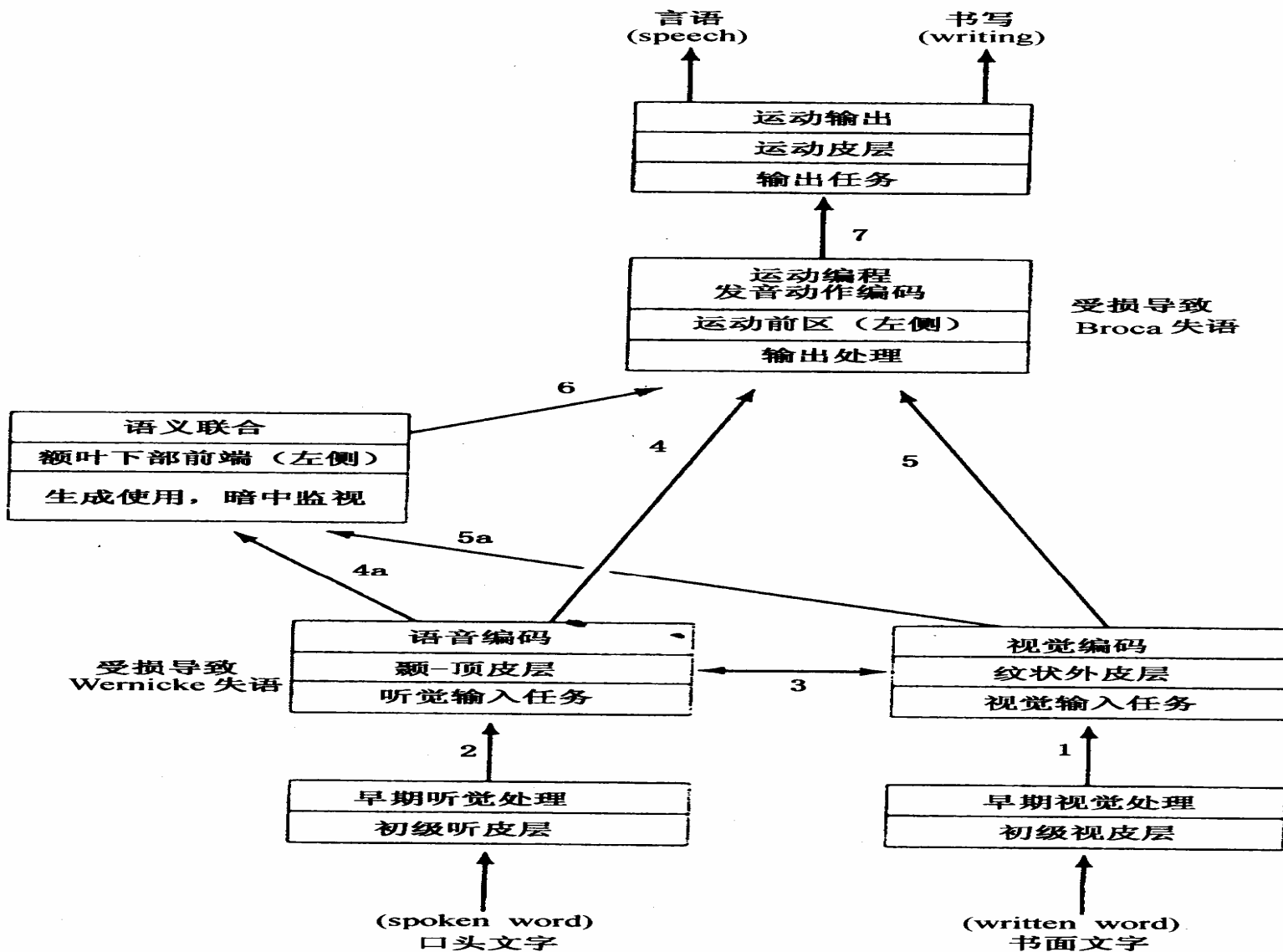
# 视觉信息处理



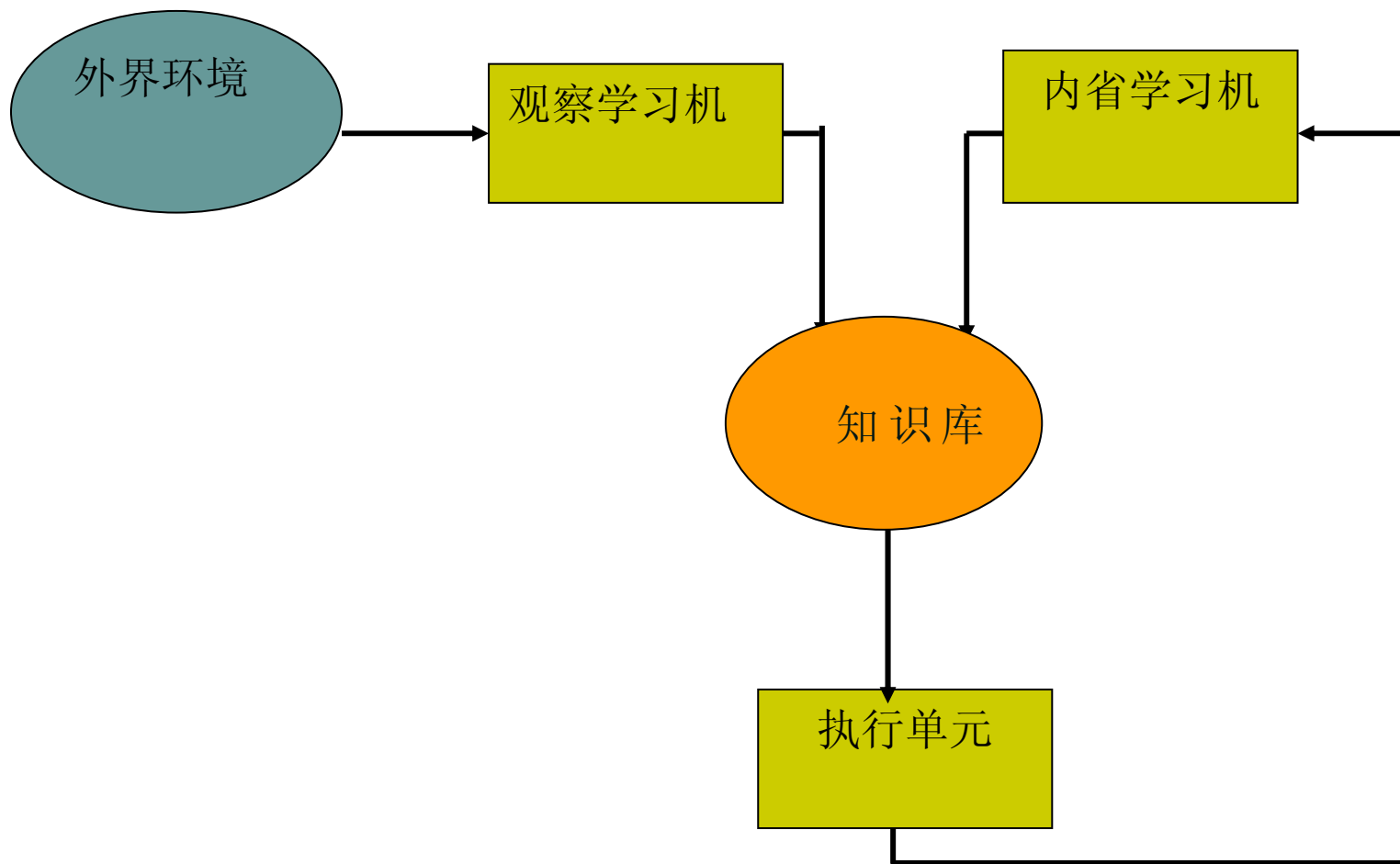
# 语言认知

人类进化过程中，语言的使用使大脑两半球功能分化。语言是最复杂、最有系统、而应用又最广的符号系统。语言符号不仅表示具体的事物、状态或动作，而且也表示抽象的概念。汉语以其独特的词法和句法体系、文字系统和语音声调系统而显著区别于印欧语言，具有音、形、义紧密结合的独特风格。从神经、认知和计算三个层次上研究汉语，给予我们开启智能之门极好的机遇。

# 语言认知



# 学习



# 认知学派学习理论

## 认知学派的代表性学说：

格式塔学派的学习理论

托尔曼的认知目的理论

皮亚杰的图式理论

维果斯基的内化论

布鲁纳的认知发现理论

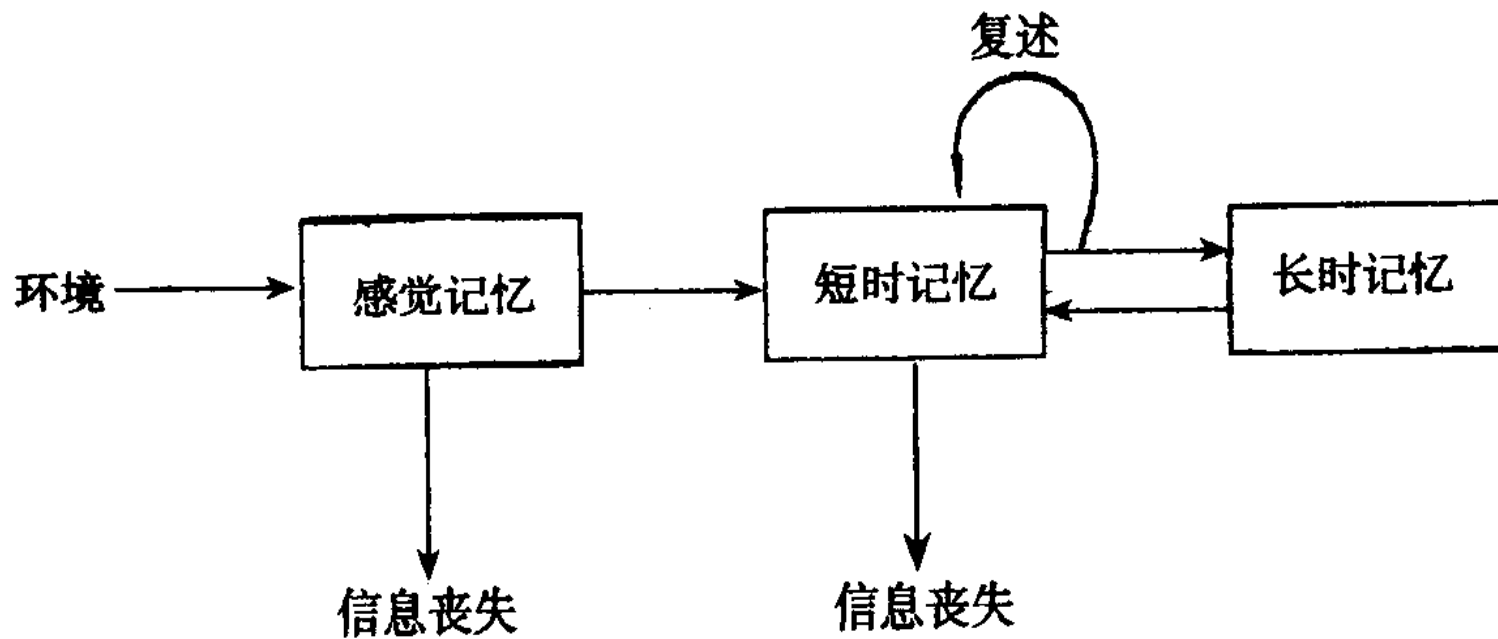
奥苏伯尔的有意义学习理论

加涅的信息加工学习理论

以及建构主义的学习理论

认知主义学习理论的代表人物是皮亚杰、纽厄尔等。

# 记忆



# 记忆过程

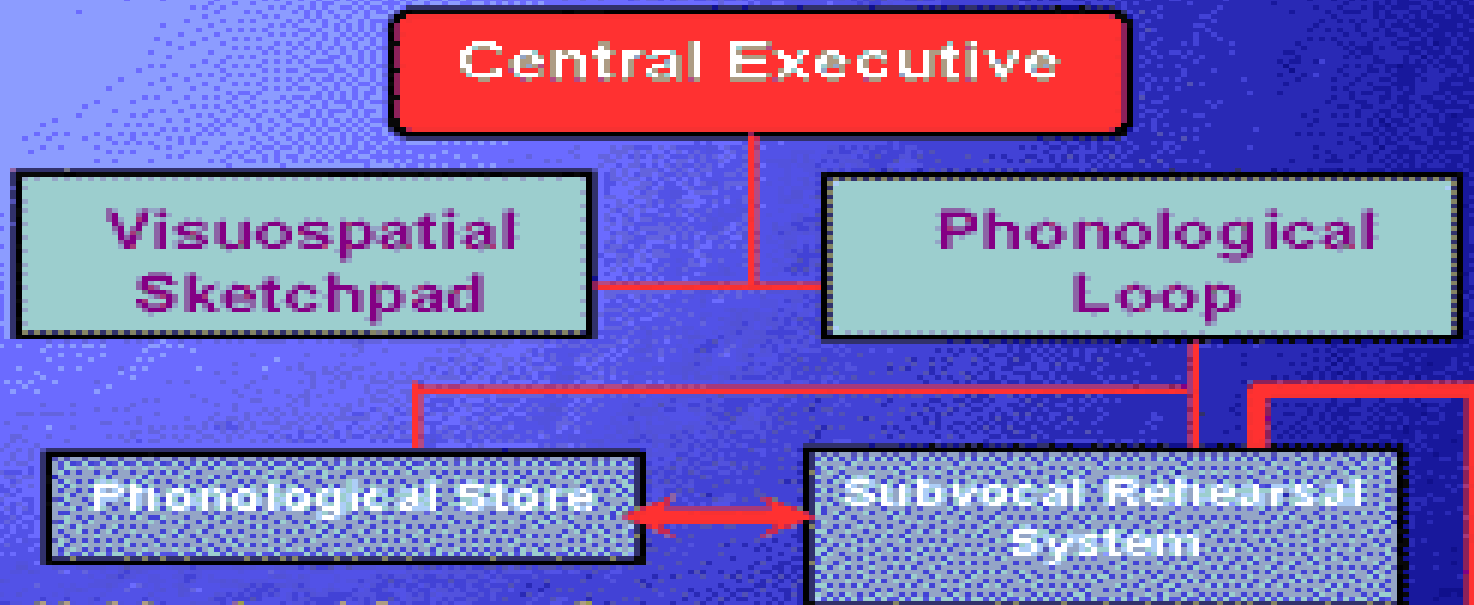
- 记忆过程通常包括三个相互有机联系的阶段：
  - 编码（encoding）
  - 存储（storage）
  - 提取（retrieval）

# 工作记忆

工作记忆系统能同时储存和加工信息，这和短时记忆概念仅强调储存功能是不同的。工作记忆分成三个子成分，分别是中枢执行系统、视空初步加工系统和语音环路。大量行为研究和神经心理学上的许多证据表明了三个子成分的存在，有关工作记忆的结构和作用形式的认识也在不断地丰富和完善。人们发现工作记忆与语言理解能力、注意及推理等联系紧密，工作记忆蕴藏智能的玄机。

# 工作记忆模型

A Diagram of Working Memory



- Holds about 2 sec. of phonological (acoustic) information

- the 'inner voice' speaking to the 'inner ear' refreshes phonological store

# 意识

意识的起源与本质是最重大的科学问题之一。在智能科学中，意识问题具有特别的挑战意义。存在如何决定意识，客观世界如何反映到主观世界中去，既是哲学研究的主题，也是当代自然科学研究的重要课题。意识涉及知觉、注意、记忆、表征、思维、语言等高级认知过程，其核心是觉知(awareness)。近年来，由于认知科学、神经科学和计算机科学的发展，特别是新的无损伤性实验技术的出现，意识的研究再度被提到日程上来，并且开始成为众多学科共同研究的热点。在21世纪，意识问题将是智能科学力图攻克的堡垒之一。

# 意识理论

史忠植：智能科学：

15.3.1 法伯的意识观

15.3.2 心理学的意识观

15.3.3 还原论

15.3.4 剧场假设

15.3.5 意识的主动模式和感知模式

15.3.6 微管假说

15.3.7 量子意识观

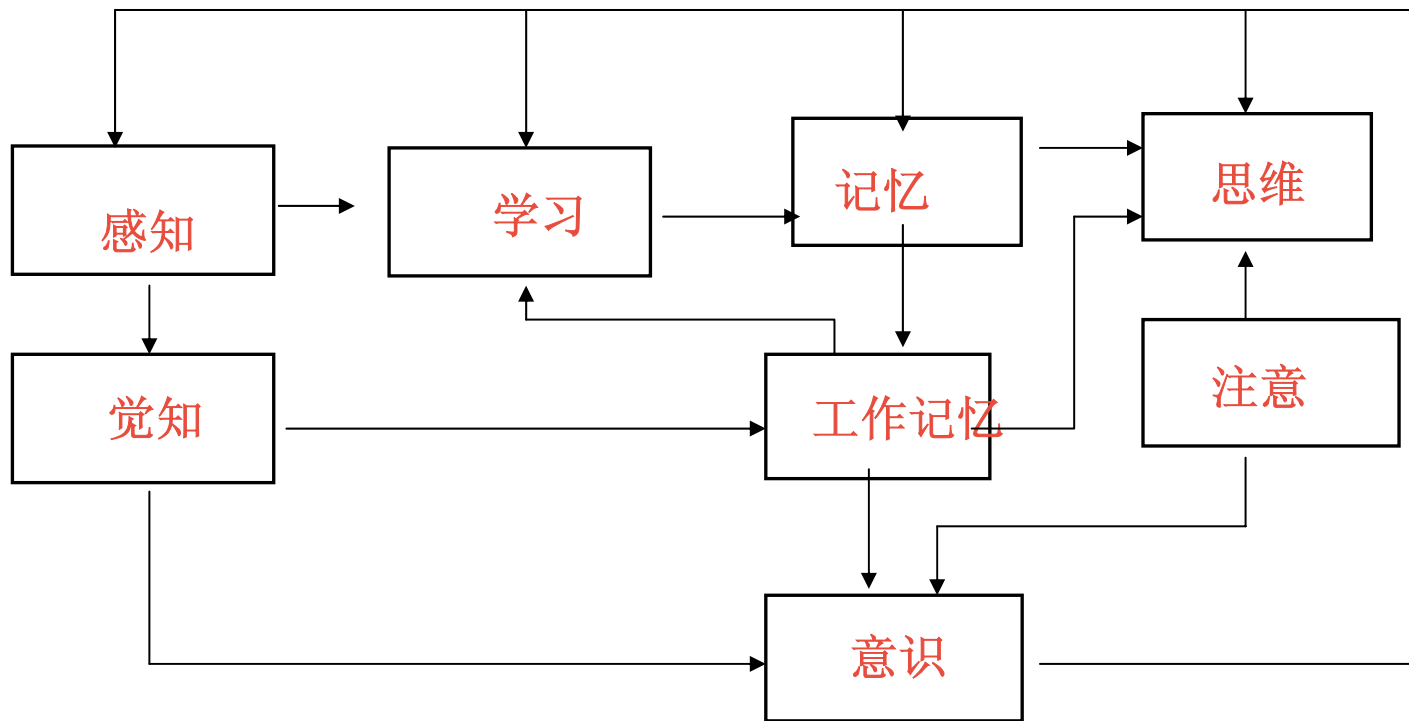
15.3.8 神经达尔文主义

15.3.9 建构理论

15.3.10 意识模型

# 意识

## 认知系统



## 意识系统

# 新书-----智能科学



第一章 绪论

第二章 生理基础

第三章 神经计算

第四章 心智模型

第五章 感知

第六章 视觉信息处理

第七章 听觉信息处理

第八章 语言信息处理

第九章 学习

第十章 记忆

第十一章 思维

第十二章 智能发育

第十三章 情感计算

第十四章 免疫系统

第十五章 意识

第十六章 符号计算

第十七章 机器证明

第十八章 展望

# 内容提要

- 引言
- 重大科学问题
- 案例研究
- 展望

# 案例研究

- 马尔视觉理论
- 心智社会
- 思维机理

# 视觉计算理论

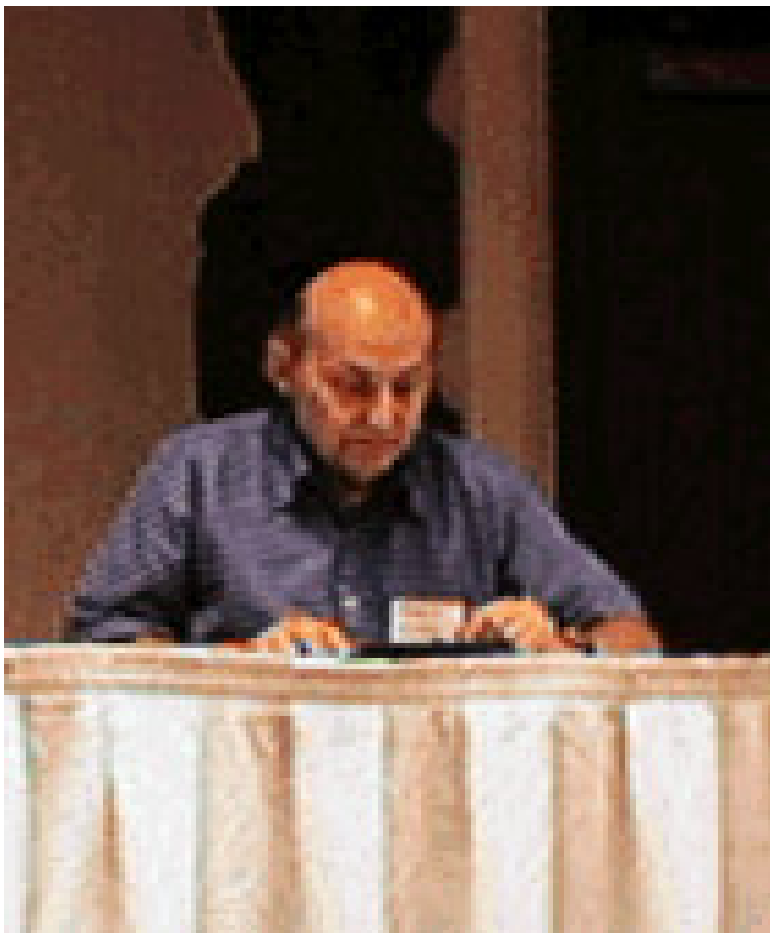
- 美国麻省理工学院人工智能实验室的马尔(**D. Marr**)教授在70年代末，80年代初创立了视觉的计算理论，使视觉的研究前进了一大步。马尔(**D. Marr**)的视觉计算理论立足于计算机科学，系统地概括了心理物理学、神经生理学、临床神经病理学等方面已取得的所有重要成果，是迄今为止最系统的视觉理论。**Marr**理论的出现对神经科学的发展和人工智能的研究产生了深远的影响。

# 视觉计算理论

马尔认为视觉是一个信息处理问题。它需要从三个层次来理解和解决：

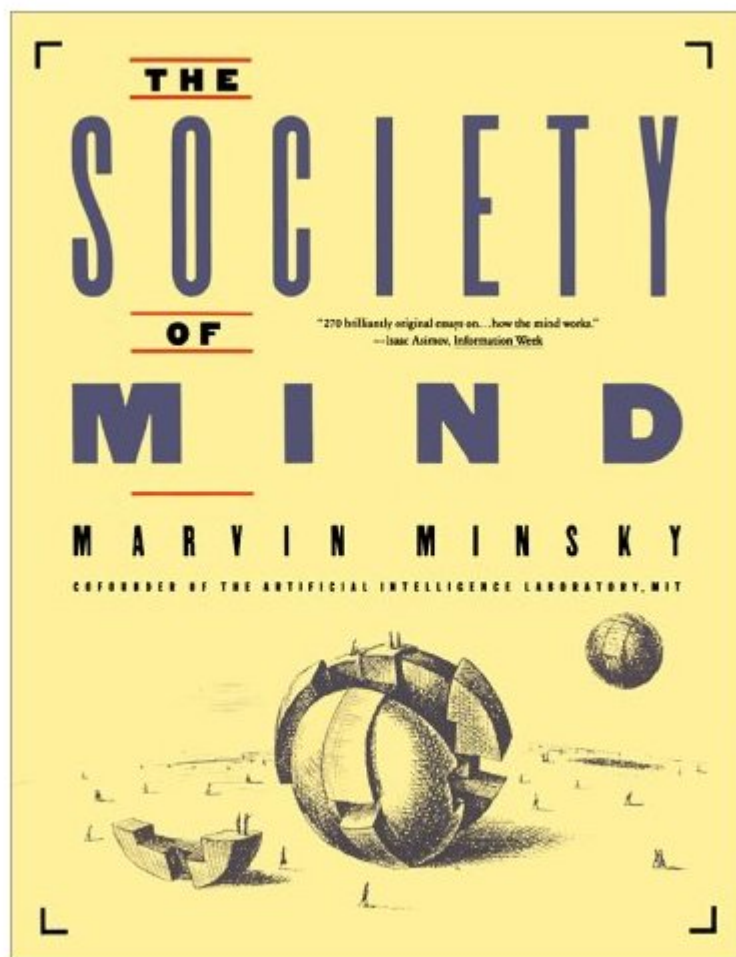
- 计算理论层次——研究对什么信息进行计算和为什么要进行这些计算。
- 表示和算法层次——实际计算由计算理论所规定的处理，输入输出如何表示好？以及将输入变换到输出的算法。
- 硬件实现——实现由表示和算法级所考虑的表示，实现执行算法，研究完成某一特定算法的具体机构。

# 心智社会



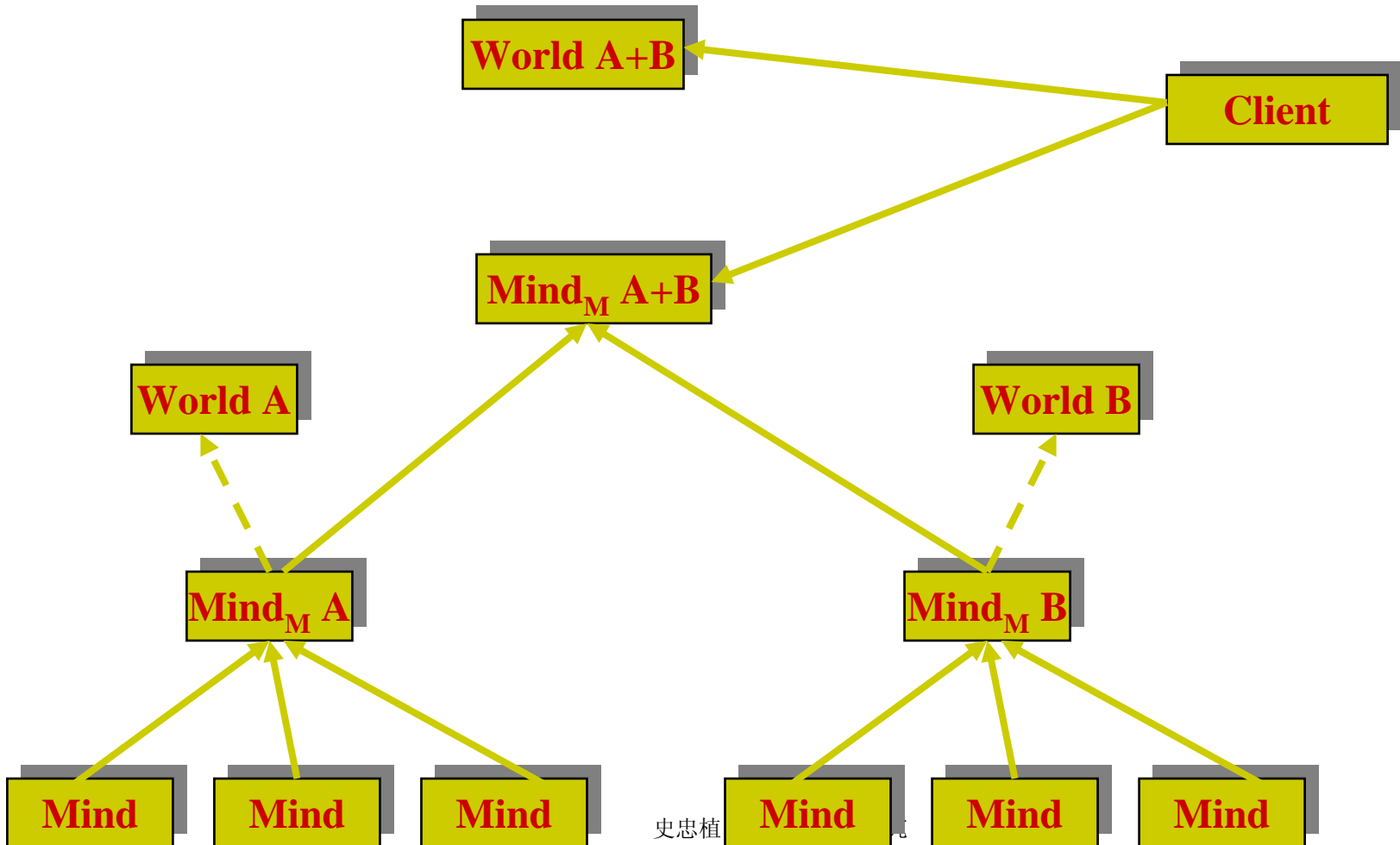
明斯基(M. Minsky)

# 心智社会



明斯基(M. Minsky)于1985年出版了《心智的社会》一书。他在这本书中指出，智能并非存在于中央处理器中，而是在许多具有专门用途、彼此紧密联结的机器的集体行为中产生的。明斯基指出：心智是由许多称作智能主体(agent)的小处理器组成；每个主体(agent)本身只能做简单的任务，他们并没有心智；当主体(agent)构成社会，就得到智能。

# 心智社会



# 构建复杂心智联机系统

Constructing complex minds, online



Ciarán O'Leary  
Dublin Institute of Technology  
22nd May 2003

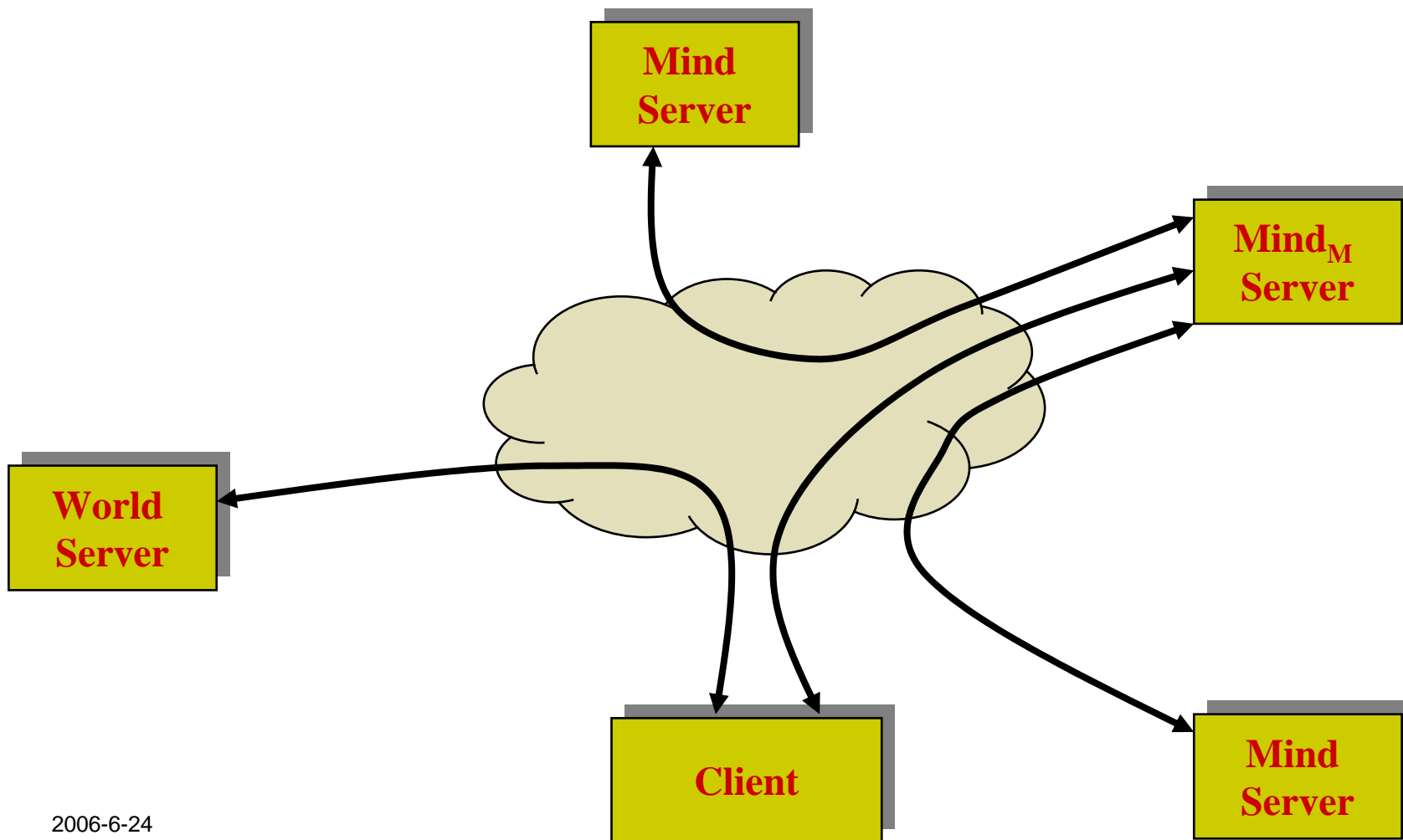
**Technology for automated assessment:  
The World-Wide-Mind**

# 构建复杂心智联机系统

Constructing complex minds, online



中科院计算所  
INSTITUTE OF COMPUTING  
TECHNOLOGY



# 技术要求

- Web Server space
- One of...
  - Java Servlets
  - ASP
  - JSP
  - PHP
  - CGI – C++/Perl/any language
- To write own client (or to integrate another mind), need to know how to connect to URL
  - Simple code in most languages

# Intelligence is *in* the I/O- Winston

## The Explanation

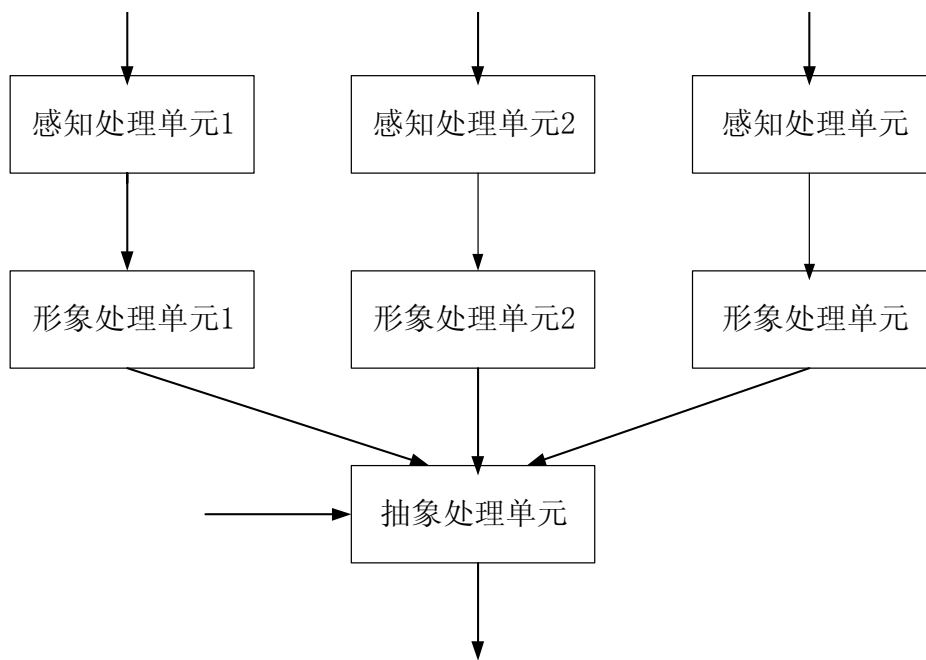
Linguistic  
Reasoner

Motor  
Reasoner

Visual  
Reasoner

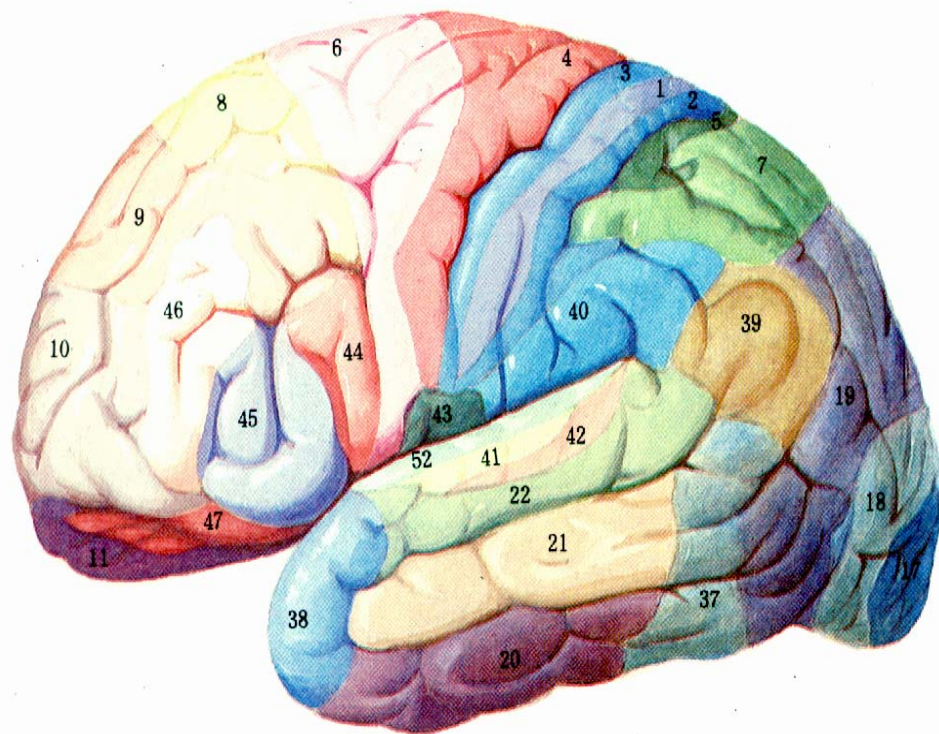
# 思维机理

思维是具有意识的人脑对于客观现实的本质属性、内部规律性的自觉的、间接的和概括的反映。思维的本质是具有意识的头脑对于客体的反映。



# 思维机理

- 左半脑与右半脑
- 前半脑与后半脑
- 搜索与连接
- 图灵机与???



# 前额叶

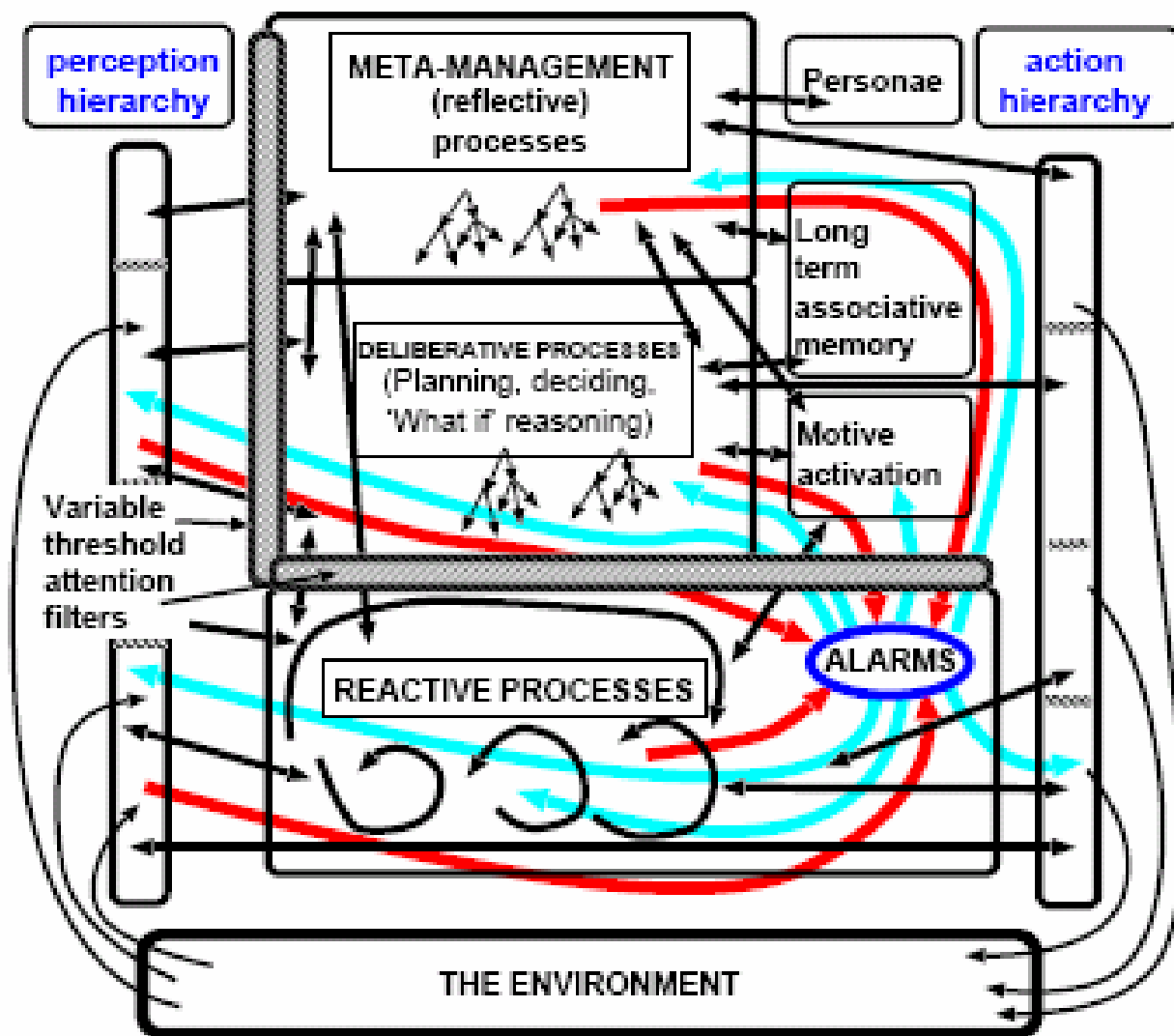
- **注意和抑制 (Attention and inhibition)**，即将注意力集中于相关的信息和加工过程，抑制无关的信息和过程；
- **任务管理 (Task management)**，即复杂的任务的切割和安排，在几个任务之间转换注意力；

# 前额叶

- **做计划 (Planning)**, 即为实现某一目标, 对一些子任务的完成做时间或空间上的安排;
- **监控 (Monitoring)**, 即更新和检查工作记忆中的内容, 以决定在序列任务中的下一步;
- **编码 (Coding in WM)**, 即在工作记忆中对事件出现的时间和地点进行编码组织。

# 认知机

A. Sloman的类  
人虚拟机基本  
机构  
(H-CogAff  
architecture  
)



# 展 望

智能科学将从机理上探索智能的基本理论和实现技术

- ➡ 新概念
- ➡ 新理论
- ➡ 新方法
- ➡ 新技术

必将在**21**世纪取得重大成就

# Thank You

Question!

Intelligence Science

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

