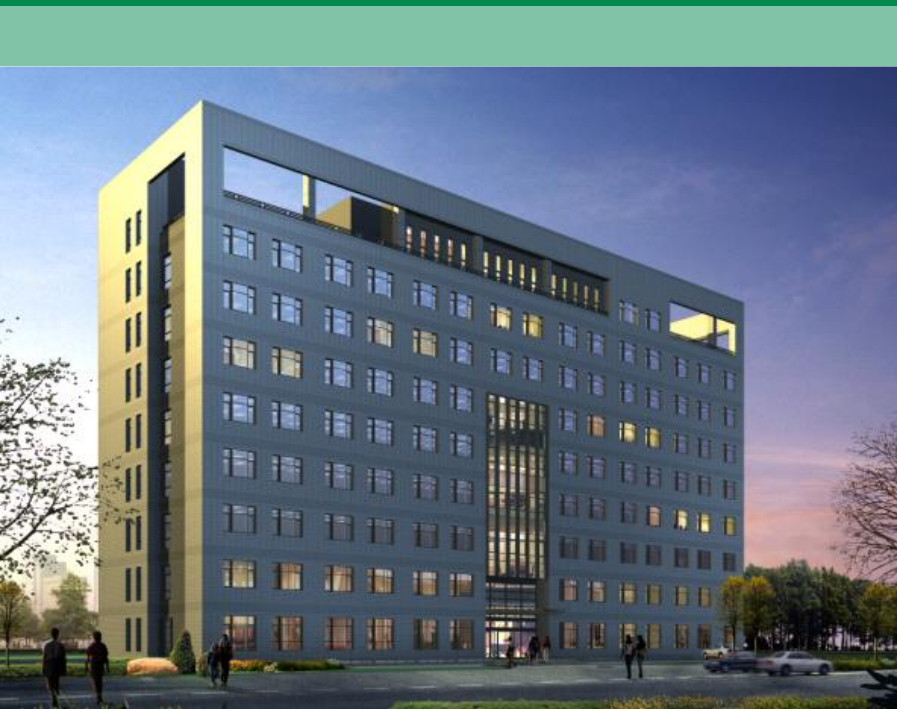
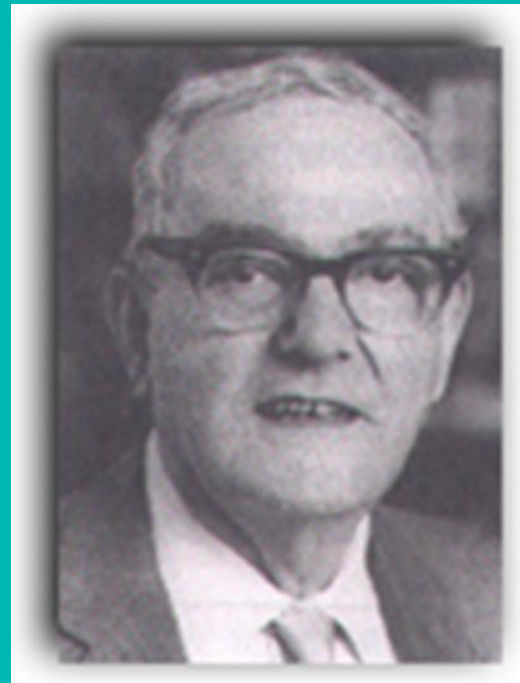


把握先进学术思想，促进人工智能发展

—— H. A. Simon 学术思想研讨会

# Simon与认知科学研究



傅小兰

脑与认知科学国家重点实验室

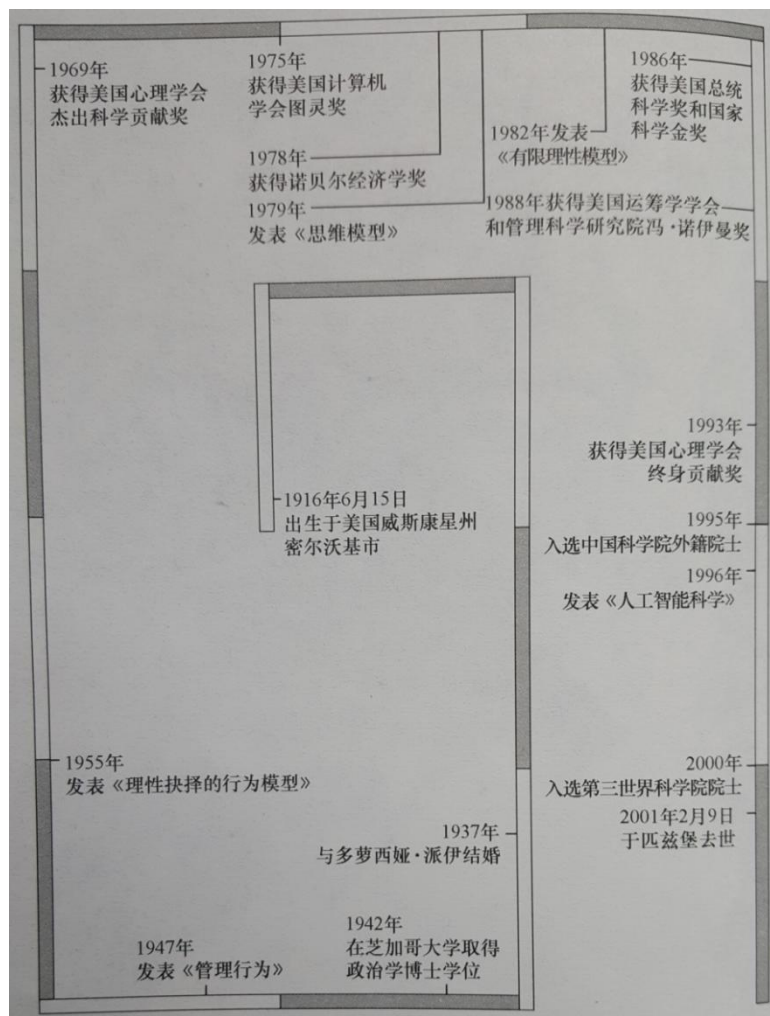
中国科学院心理研究所

2016年6月16日



# 赫伯特·塞蒙

(Herbert Alexander Simon, 1916—2001)





# Simon造诣深厚的博学人生

- ❖ 以求真的挑战力，为我们揭开了有限理性之美
- ❖ 以丰富的想象力，为我们演示了启发式搜索之美
- ❖ 以逻辑的思考力，为我们分析了物理符号系统之美
- ❖ 以精准的判断力，为我们构建了认知模型之美
- ❖ 以无穷的创造力，为我们展示了机器智能之美

《心·坐标》第一卷，郑秀丽



# 贡献一

- ❖ 1947年《管理行为：管理组织中的决策过程研究》
- ❖ 有限合理性理论(bounded rationality)，以“管理人”代替“经济人”
- ❖ 满意理论



# 贡献二

- ❖ “物理符号系统”假设：人和计算机都是物理符号系统
- ❖ 物理符号系统具有6种功能
  - 输入符号
  - 输出符号
  - 存储符号
  - 复制符号
  - 建立符号结构
  - 条件性迁移
- ❖ 有6种功能就有智能，计算机能模拟人的思维，人工智能



- ❖ 1955年12月15日 Newell和Simon 写出 Logic Theorist 程序
  - 5分钟内证实了 Russell和Whitehead的 *Principia Mathematica* 中的数理逻辑定理
- ❖ 1957年预言：在10年内 “数字计算机将成为象棋的世界冠军”
  - 相继编出 BACON, DALTON, KEKADA 等程序
- ❖ 1960年 “General Problem Solver”
- ❖ 1964年 “EPAM”
- ❖ 1972年 《Human Problem Solving》



# 贡献三

- ❖ 启发式方法（Heuristics）
- ❖ 科学上的伟大发现往往是利用了极为简单的经验规则
- ❖ 经验式解决问题的方法和有限合理性原则，都是以有效而简捷的方法来达到目的
- ❖ 在人工智能中运用人类已有的经验是最有效的
- ❖ 即在极大的搜索空间内进行有限的，高度选择性的搜索
- ❖ 指向一定目标，逐步缩小范围，最后逼近答案





- ❖ 1960年，Simon做了一个有趣的心理学实验，表明人类解决问题的过程是一个搜索的过程，其效率取决于启发式函数(heuristic function)。
- ❖ 在这个实验的基础上，Simon和纽厄尔又一次成功地合作开发了“通用问题解决者”(General Problem Solver, 简称GPS)。GPS是根据人在解题中的共同思维规律编制而成的，可以解11种不同类型的问题，从而使启发式程序有了更普遍的意义。
- ❖ 1966年，Simon、纽厄尔和贝洛尔 (Baylor) 合作，开发了最早的下棋程序之一MATER
- ❖ 1968年，Simon被任命为总统科学顾问委员会委员
- ❖ 1969年，美国心理学会由于Simon在心理学上的贡献而授予他“杰出科学贡献奖”





# 中国学术界的老朋友

- ❖ 自1972年起，中国学术界与Simon（中文名字“司马贺”）有近30年的交往，与中国同行建立了亲密的关系
- ❖ 1983年，应中科院心理所邀请，到北京进行讲学和科研合作，在北京大学讲授现代认知心理学，共30讲，历时3个月
- ❖ 与中国同行联合发表30余篇文章
- ❖ Simon热爱中国，称中国为“我的中国”，称中国同行为“良师益友”

# 1980, 与美国心理学家代表团访华





# 1983年，访问中国科学院心理研究所



左起：潘菽，Simon，陈立，荆其诚，徐联仓



# 与荆其诚合作

- ❖ Simon坦言，荆其诚研究员是他在在中国活动全过程中最重要的良师益友和亲密的工作伙伴
- ❖ 他们共同进行过多项合作研究
  - 1985年发表于《心理学报》的“汉语语词的短时记忆广度”（喻柏林，荆其诚，Simon）
  - 在Simon获得诺贝尔奖后，前苏联科学院心理研究所所长B. LOMOV曾经向Simon邀稿，Simon因为苏联批判过认知科学，起初拒绝了邀请。后来苏美关系转好，Simon和荆其诚在由重庆到武汉游三峡的旅程中商量此事，共同草拟提纲，撰文《再认、思维和学习的信息过程》说明认知科学与马列主义（尤其是列宁的反映论）观点并不矛盾。这篇文章先在苏联发表，后用英文发表，最后也用中文发表。
  - Simon许多著作的中文版工作也都交给了荆其诚全权负责



# 给荆其诚的中文信

五月二十三日

老荆同志：

你好！

明天我回答你的五月七日信。  
今天我练习写的汉字和语法，以后我  
对你写短的信。春天在PITTSBURGH  
很美，但是今年来了不早。

每天我学习一、二小时中文。我的  
中文教科书是很好，又我有中文  
故事。我还有中文唱片。我听唱片  
和尝试懂。下月我请张学生他给  
我制造磁带录音从我的中文书。

因为我的词汇少，我不能写  
有意思信。我希望其次的信更好的。

祝  
健康

你的朋友

Herb

五月二十三日

老荆同志：

你好！

明天我回答你的五月七日信。

今天我练习写的汉字和语法，以后我  
对你写短的信。春天在PTTTSBURGH  
很美，但是今年来了不早。

今天我学习一二小时中文。我的  
中文教科书是很好，又我有中文  
故事。我还有中文唱片。我听唱片  
和尝试读。下月我请张学生他给  
我制造磁带录音从我的中文书。

因为我的词汇少，我不能写  
有意思信。我希望其次的信更好的。

祝

健康

你的朋友

Herb



# 培养学生

- ❖ Simon和荆其诚共同的学术兴趣和科学精神，也体现在对学生的培养上
- ❖ Simon接受了多名中国研究生到卡内基-梅隆大学学习
- ❖ Simon参加指导荆其诚的博士生傅小兰的学位论文的写作，对她的论文研究提出了很多宝贵的意见，并亲自参加了答辩会议



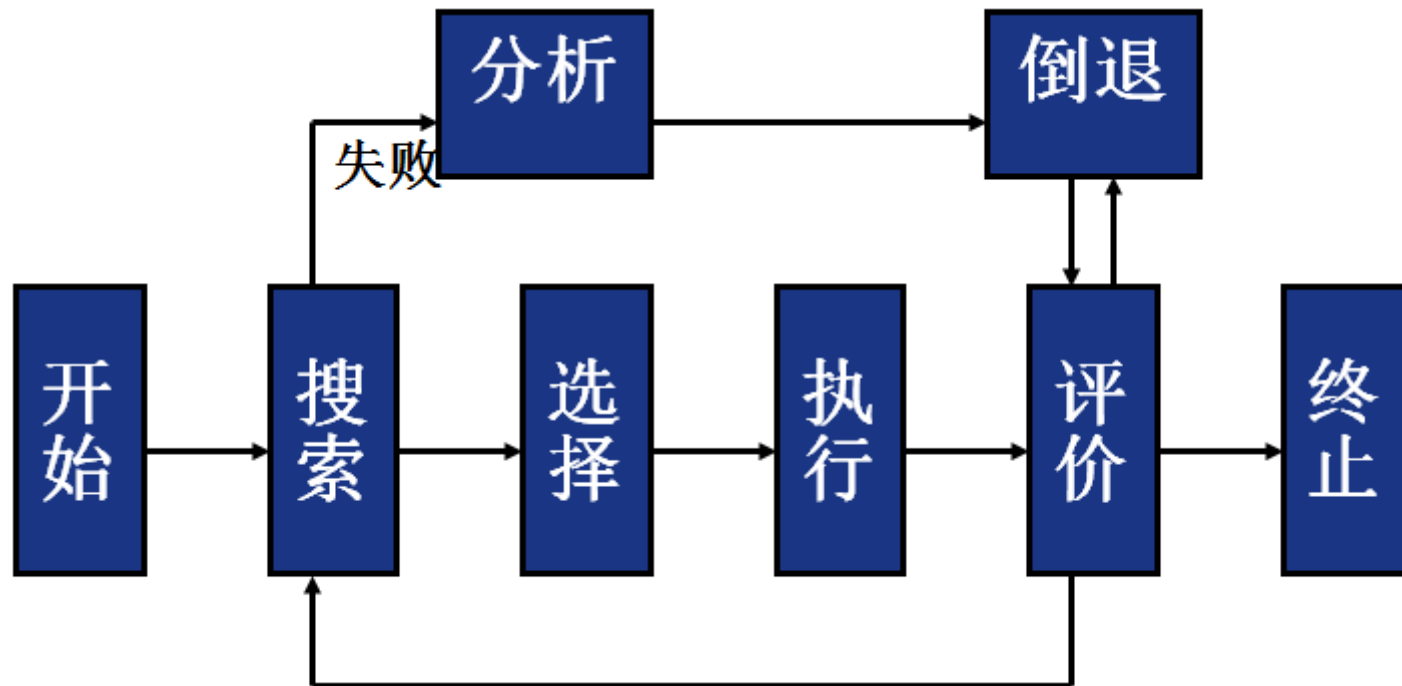
# 1990年8月，参加博士学位论文答辩会



李家治，Simon，荆其诚，傅小兰，王甦，徐联仓，张厚粲，朱新民，陈永明



# 基本认知操作过程的计算机模型



Fu, X. (1995). Problem representation and solution strategies in Solitaire Chess. *European Journal of Cognitive Psychology*, 7(3), 261-281



# 与李家治和陈永明合作

- ❖ 以李家治研究员为组长的“人工智能”研究课题组也是Simon访问期间重点指导和合作的对象之一
- ❖ “计算机理解古汉语”研究：以“郑人买履”等十个古汉语小故事作为计算机理解对象，Simon多次与李家治探讨研究基础、研究思路和不同阶段的工作。
- ❖ 对于李家治提出的“汉语与西方语言不同，无词形变化，不能从形态上判定名词属于什么格、动词属于什么时态、词序也灵活多变，人们理解古汉语，更多的是依靠语义、知识和推理”等的观点，Simon大加赞同。
- ❖ 向课题组研究人员介绍了“语义丰富”领域方面的研究，对研究的进展给出了很多具体的指导性建议。
- ❖ 在Simon的指导下，陈永明和Simon的学生G. Bradshaw博士一起工作，发表论文“计算机通过样例学习解二元一次联立方程”（心理学报，1986年第3期）。
- ❖ 合作研究工作“人工智能研究——语言理解、思维过程及计算机学习”，于1987年获得中国科学院科技进步二等奖。



# 与朱新民合作

- ❖ Simon与朱新民研究员也有过十几年的科研合作，十多年亲密无间的交往中，他们结下了深厚的友谊
- ❖ 朱新民帮助翻译过Simon的《认知的信息加工模型》
- ❖ 朱新民还曾应Simon之邀在匹兹堡进行过一年的访问和科研合作





# 与朱新民合作

- ❖ 从1983年起，基于自适应产生式系统框架，探讨了被试例中学（不是通过讲解，也不是一般的自学）可行性及认知过程
- ❖ Simon对专著写的序言
  - 大量实证性研究“表明了人是如何通过考察样例获取产生式的，以及为了促进产生式的获取，应如何编排例题”
  - 通过口语记录的分析，“揭示被试获取新知识的过程”
- ❖ “有两个领域值得重视。一是（机器）学习，系统如何学习基础长知识？如何通过例子进行学习？中科院心理所研究人员做到了用实例和问题求解的实践教中学的几何、代数。”（Simon 对李国杰等的谈话）
- ❖ “整个三年代数和几何课程的学习，可以通过样例和问题求解进行，不用讲解和教课书”；“这新方法比传统方式更有效”（Simon在世界五代机会上的报告）



# 其他合作

- ❖ Simon与中国科学院心理研究所进行过许多的科研合作。
  - 汉字的短时记忆
  - 问题解决和学习（包括人和计算机两方面）
  - 科学规律的再发现
  - .....
- ❖ 在Simon的专著《思维的模型》第二卷中收集的论文就有
  - 《中文字词在同时呈现条件下的短时记忆容量》（喻柏林，荆其诚，Simon）
  - 《在视听呈现条件下中文字词短语的短时记忆容量》（张武田，彭瑞祥，Simon）
  - 《通过示例和问题求解学习数学》（朱新民，Simon）



# 认知科学（Cognitive Science）

- ❖ 认知科学是在心理学、计算机科学（人工智能）、神经科学、科学语言学、科学哲学以及其他基础科学（如数学、理论物理学）共同感兴趣的交界面上，即理解人类的乃至机器的智能的共同兴趣上，涌现出来的高度跨学科的新兴科学。

顺序	认知科学理论	认知心理学	认知神经科学
1	物理符号论	信息加工学说	特征检测理论（检测器与功能柱理论）
2	联结理论	并行分布处理	群编码理论
3	模块论	多功能系统理论	多功能系统理论
4	生态现实理论	直接知觉理论	基于环境的脑认知功能理论



# 认知科学面临的心智挑战

不揭开天灵盖，发现脑如何工作！







# 认知心理学的两种取向

## ❖ 信息加工取向 (information-processing approach)

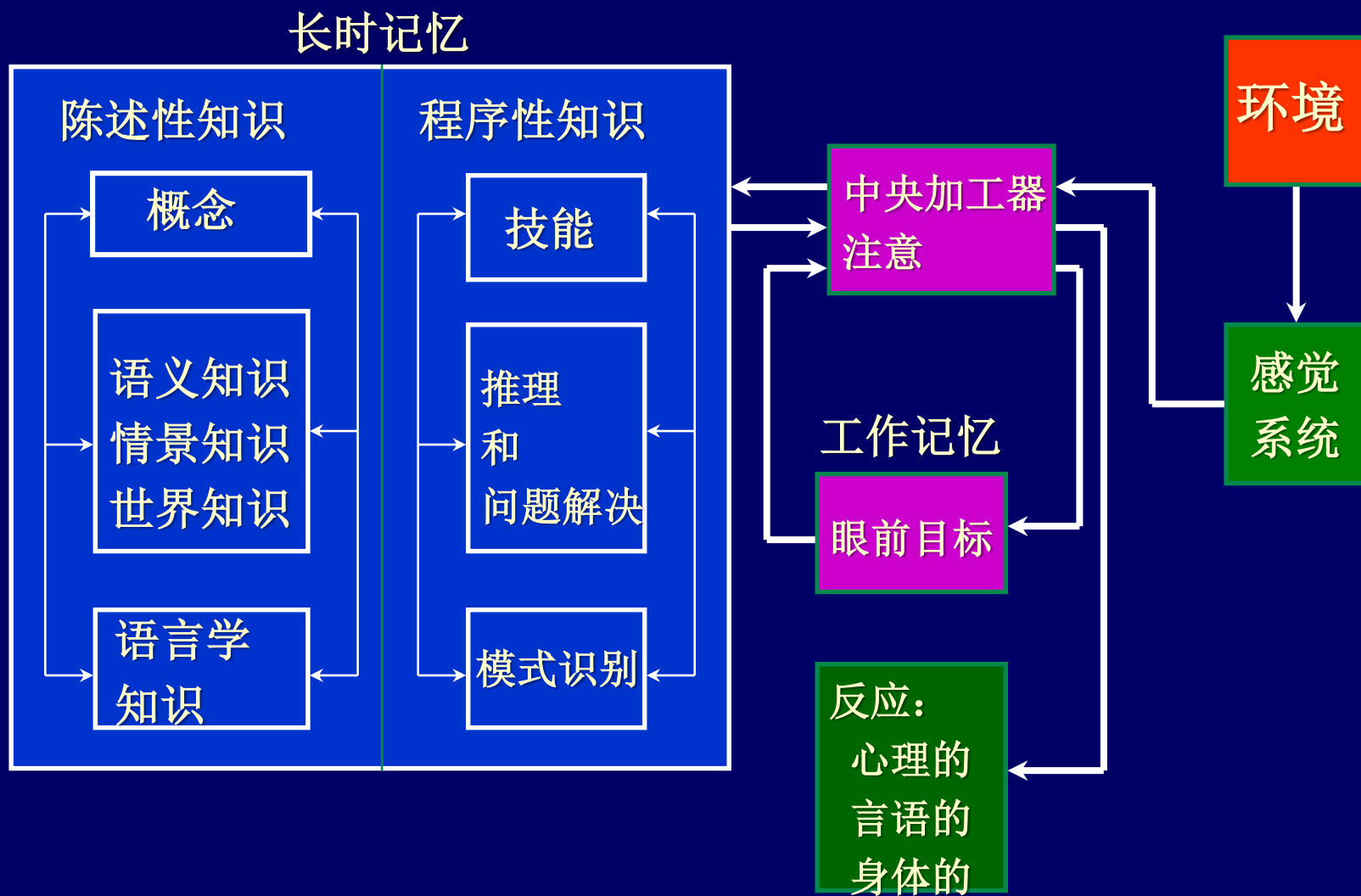
- 计算机隐喻 (computer metaphor) : 心智像计算机一样工作
- 强调认知过程的抽象的串行的分析
- 重视建立心理过程的计算机模型 (计算机程序)

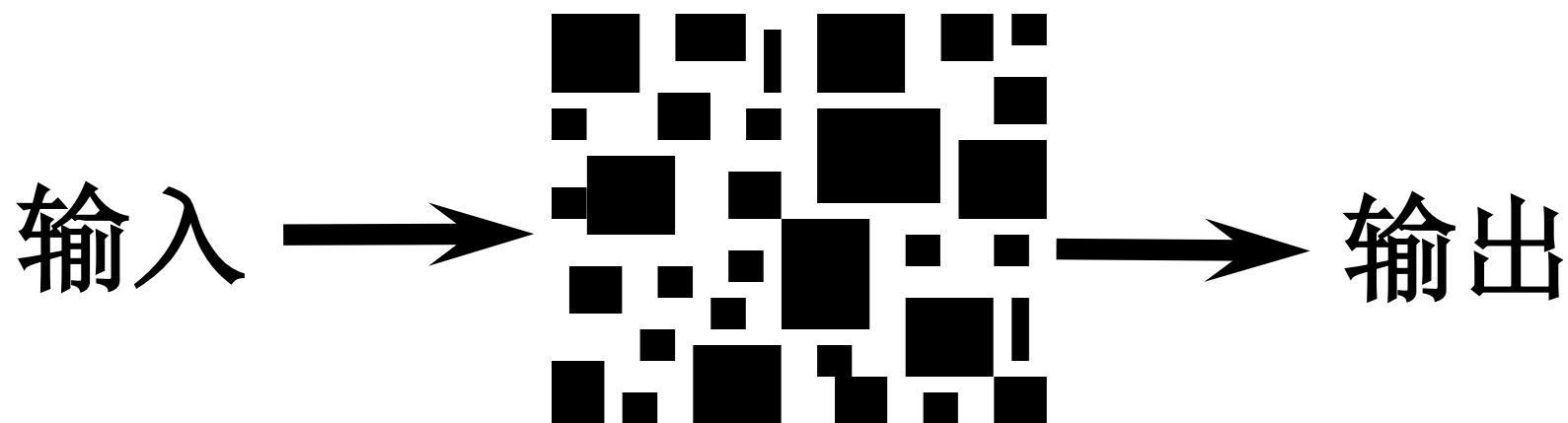
## ❖ 联结主义取向 (connectionist approach)

- 脑的隐喻 (brain metaphor) : 心智像脑一样工作
- 强调基于神经元的平行加工的观点
- 重视神经和数学基础



# 人类信息加工系统







个体心理的科学  
**(Science of individual minds)**



认知神经科学  
**(Cognitive Neuroscience)**



# 认知神经科学

(Cognitive Neuroscience)

- ❖ 认知神经科学关心的是“心智和大脑关系的问题” (mind and brain problem) 。
- ❖ 高分辨率等成像技术的结合使得人类在科学史上首次可以直接“看到”在某些认知活动时，整个大脑相应的结构和功能过程。
  - EEG/EP (脑电/诱发电)
  - fMRI (功能磁共振成像)
  - PET (正电子发射射线断层照相术)



在社会和自然情景中的认知活动  
(**Cognitive activity in social and physical settings**)



个体心理的科学  
(**Science of individual minds**)



认知神经科学  
(**Cognitive Neuroscience**)



# Simon的观点

- ❖ 任何科学理论的最有力的支柱就是对观察到的事实能够给予解释。
- ❖ 同时，任何科学理论也都必然会面临一种可能性，就是后来的人能够对这些事实给出更好的解释。
- ❖ 心理学同其他学科一样，它的理论只能够接近真理，而不可能达到绝对真理。

（《人类的认知》，1986，第15页）





# Simon的观点

- ❖ 在心理学中发现规律是很困难的，这主要是由于研究对象本身的复杂性，而不是由于缺乏某种仪器设备造成的。
- ❖ 其中一个困难，是我们所研究的人类机体总处于一定的环境之中，而且适应性又很强，人的行为既决定于机体本身，它同时又是适应环境的结果。
- ❖ 另一个困难，是人与人之间有个别差异，这就造成了研究结果的不确定性。

（《人类的认知》，1986，第4页）



# Simon的观点

- ❖ 自然科学的中心任务是化令人惊异的事物为易于理解的常情：他要表明，如果正确地看待，复杂性不过是遮蔽着简单性的外表；它要发现隐藏在表面的混乱状况之后的规整模式。
- ❖ 一个人，若视作行为系统，是很简单的。他的行为随时间而表现出的表面复杂性主要是他所处环境的复杂性的反映。
- ❖ 一个思想着的人是一个适应系统；人的目标确定了他的内部环境与外部环境的界面。后者包括他的记忆库。由于他适应性很强，他的行为所反映的主要是外部环境（就他的目标而言）的特征，只揭示了一点点内部环境（使人能够思想的生理机制）的限制性。



# Simon的观点

- ❖ 人——或至少人的智力要素——也许是比较简单的，人的行为的复杂性也许大半来自人的环境，来自人对优秀设计的搜索，因此，“在相当大的程度上，要研究人类便要研究设计科学。它不仅是技术教育的专业要素，也是每个知书识字人的核心学科”。
- ❖ 一个组织或一个社会的成员（计划就是为他们做的）不是被动的工具，他们自身也是设计者，他们也要设法实现他们自己的目标。社会计划过程就是计划者和他们试图影响其行为的人们之间的博弈。计划者每走一步（如，实现其计划），受其影响的人就随之改变自己的行为，以在变化了的环境中实现自己的目标。
- ❖ 所以我们只描述机体本身是不够的，还需要研究机体与周围环境的关系。



# 心理、行为复杂的原因？

❖ 脑复杂？

❖ 环境复杂？

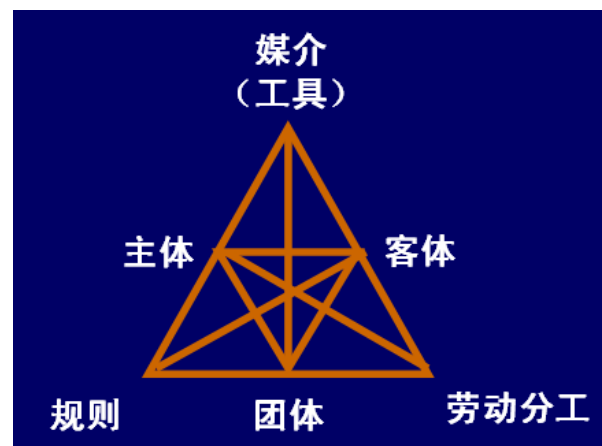




# 分布式认知

## (Distributed Cognition)

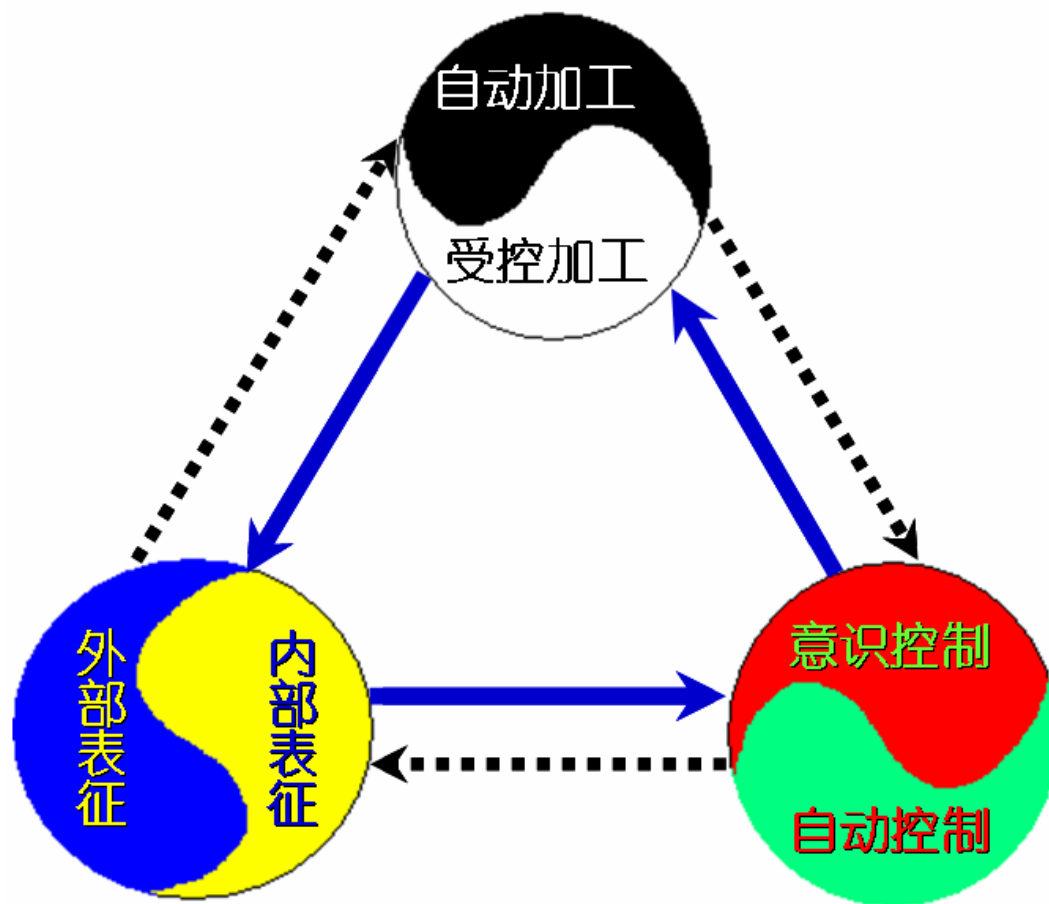
- ❖ 认知现象在认知主体和环境间分布的本质
  - 认知既分布于个体内与个体间，也分布于媒介、环境、文化、社会和时间等之中 (Cole & Engestrom, 1993)
- ❖ 核心思想
  - 人的内部认知系统的加工和表征一直延续到外部世界中的加工和表征
- ❖ 分布式认知的观点对理解认知活动的过程和结构是至关重要的





# 三要素相互作用模型

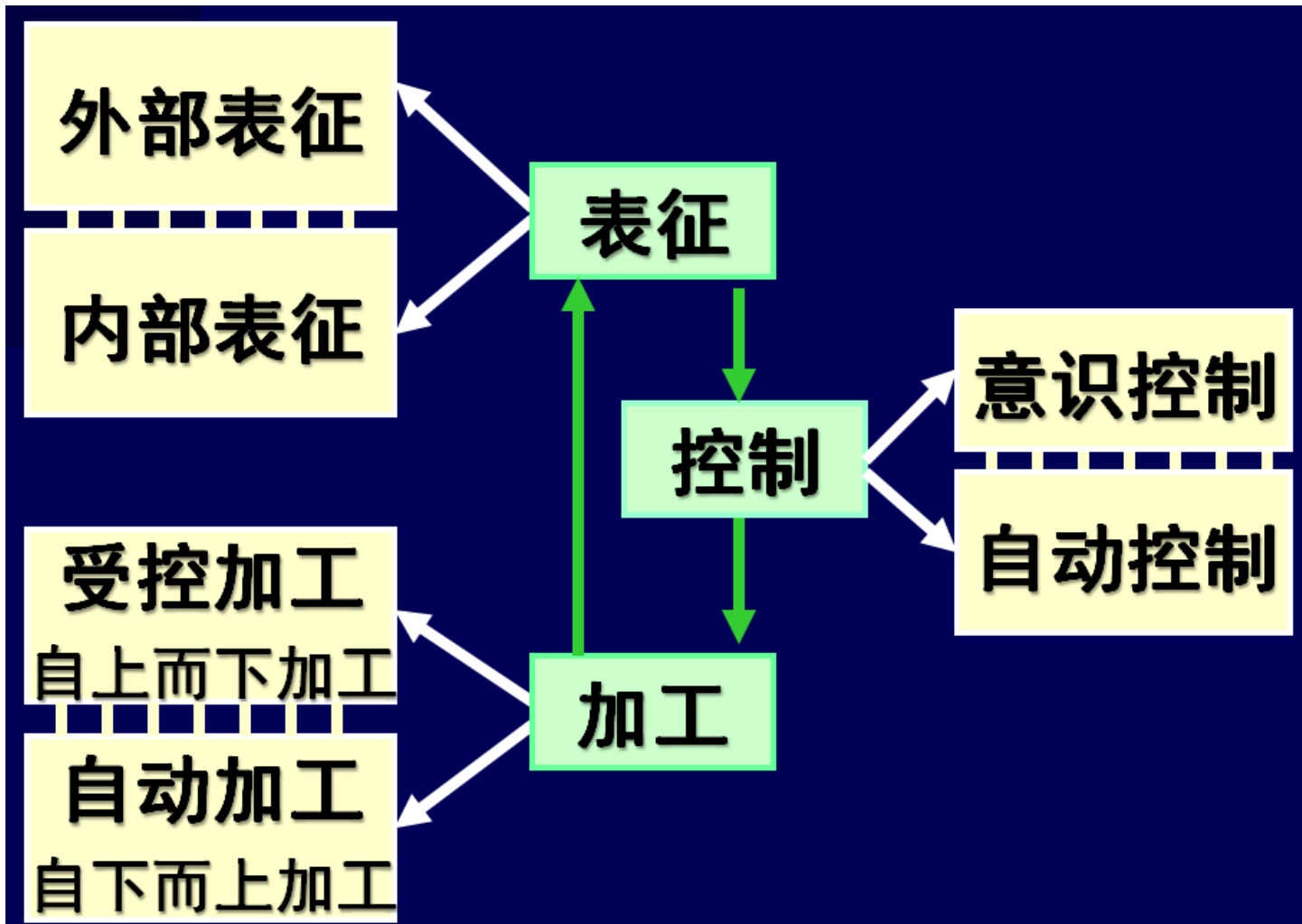
(three-element interaction model, 简称TIM)



傅小兰. (2004). 中国大陆思维研究的现状与展望. 华人心理学报, 5(2), 133-142



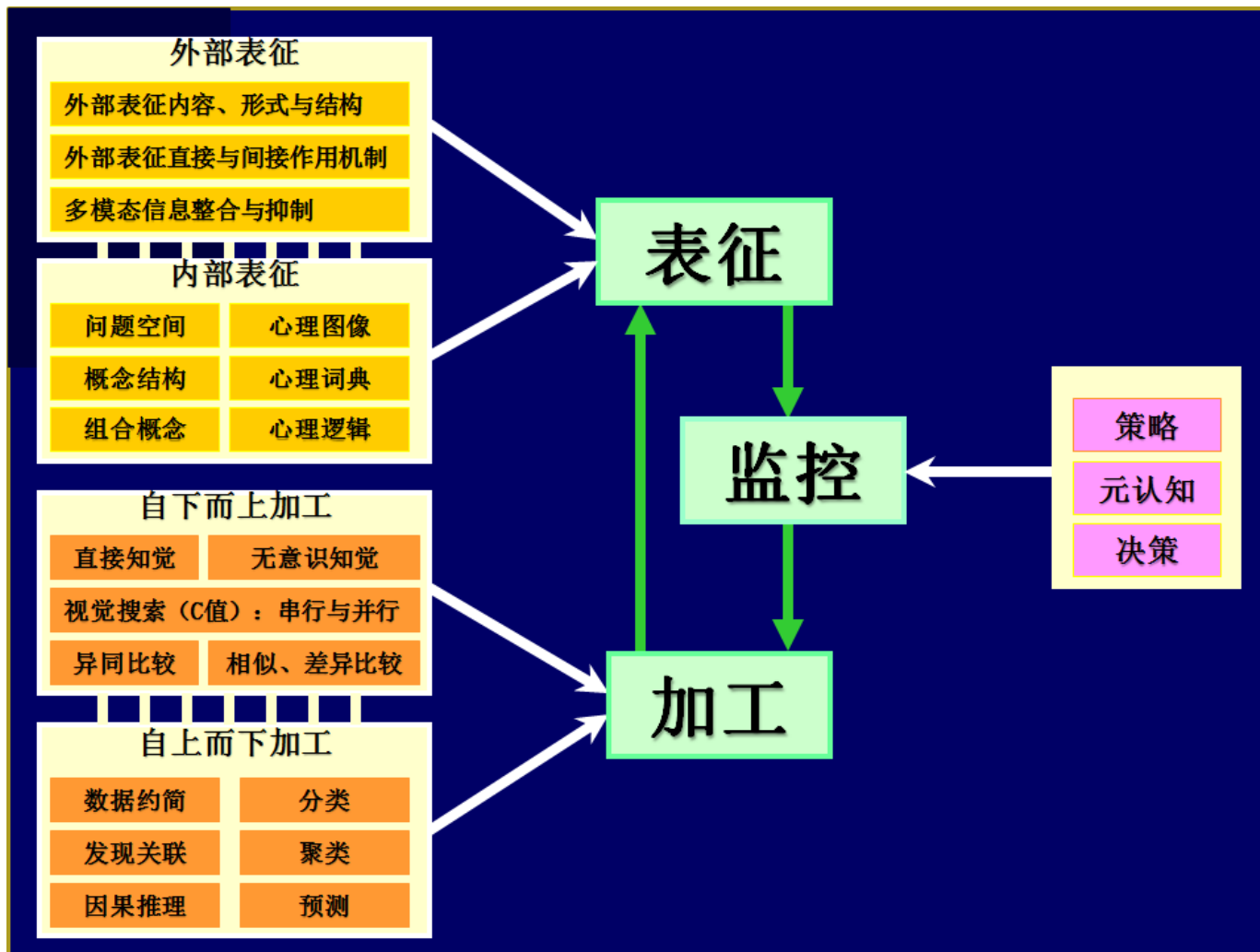
# 研究框架







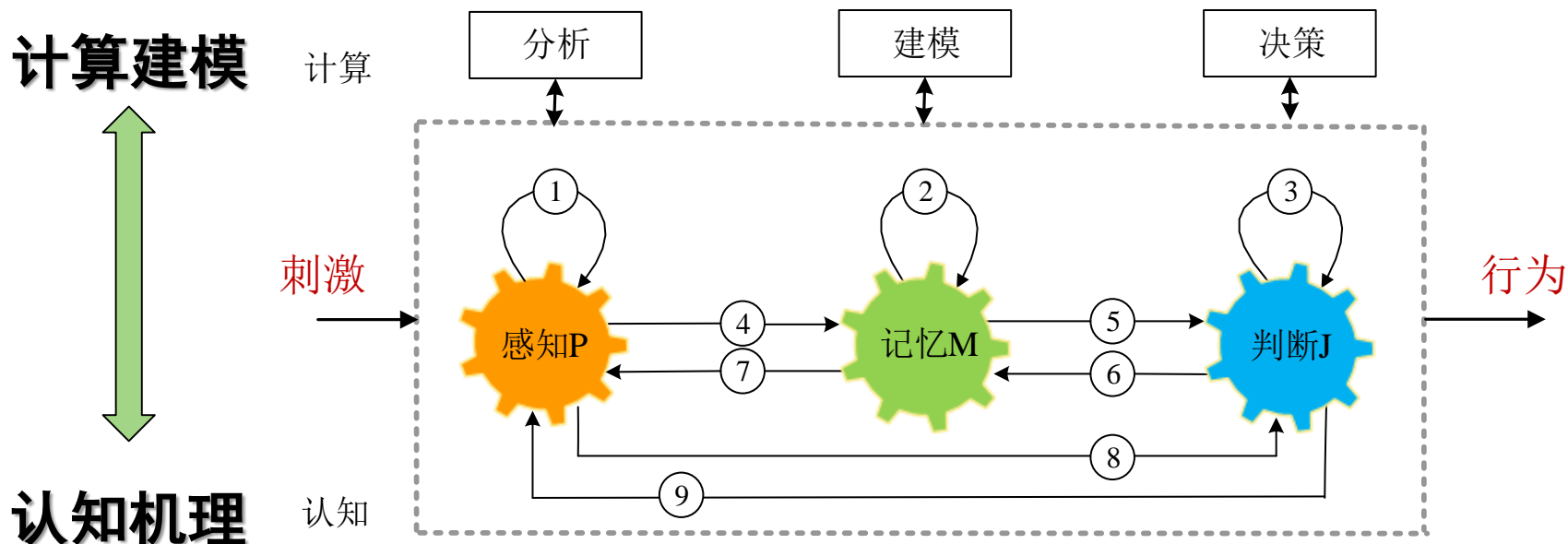
# 研究内容





# 感知、记忆和判断的认知计算模型

Computational Cognitive Model of Perception Memory and Judgment (CCM-PMJ)



◆ 模型：认知过程与计算流程相对应 (Twins-Model)

◆ 基本模块和通路

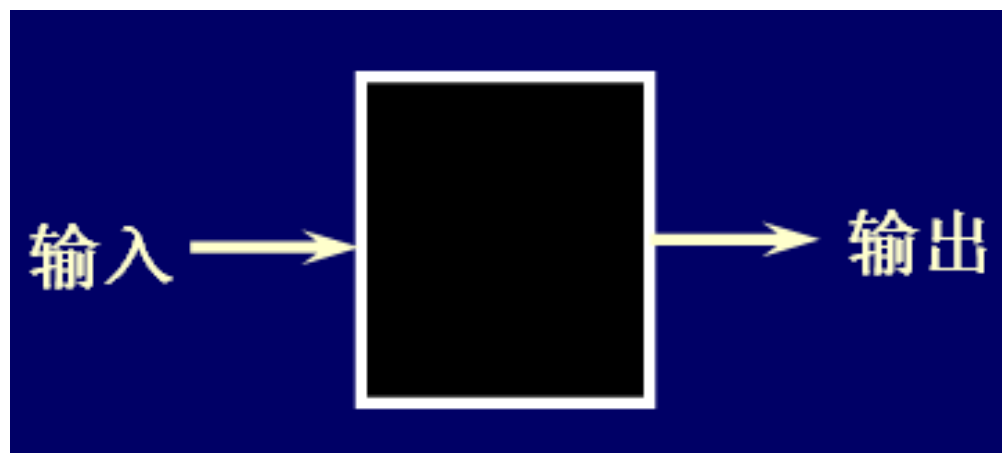
- 认知加工过程：感知、记忆、判断
- 认知加工通路：快速加工、精细加工、反馈加工

Fu, X., et al., Sci China Inf Sci., 2014



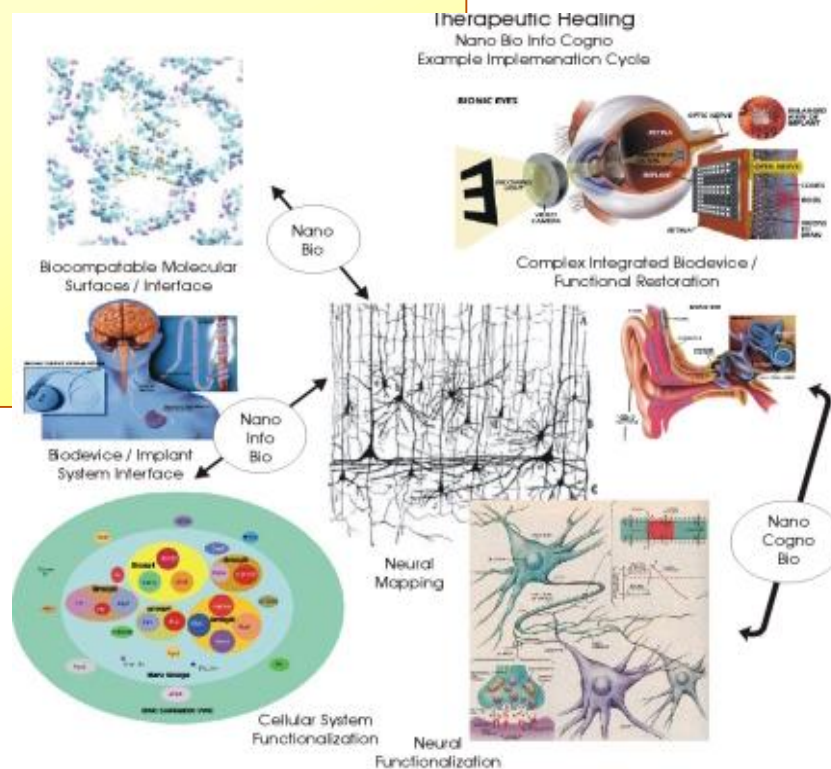
# 小结

- 从白箱看黑箱的各种努力
  - 乔姆斯基语言学
  - 认知心理学
  - 人工智能
  - 认知科学
  - 神经科学
  - 神经网络
  - 认知神经科学



# 现代科学技术发展趋势和影响

- 基于物理和化学的生命科学研究技术
- 干细胞科学与技术
- 脑与认知科学
- 会聚技术 (NBIC)
- 系统生物医学
- 转化型研究





# 脑与认知科学

- 脑科学是未来的重要生长点。其重要标志是人类从探索外部世界转向探索人类自身奥秘，从对物质世界的探索转向对精神世界的探索。
- 意识的产生是人类有别于其他动物的基本区别，脑科学的发展通过几代技术的改进，已经能够回答相当多有关意识的问题。但我们对大脑的认识还有巨大的潜力。



从基因—脑—行为—认知的角度，多学科、多层次的高度交叉和综合研究人脑高级认知功能及其神经机制，已经成为当代科学发展主流之一。多学科融合逐鹿“读脑时代”，将是脑时代的壮丽图景。



# 会聚技术（NBIC）

会聚技术的迅速发展有望提高人类行为和整个国家的科技发展水平

与个人相关的主要改进领域

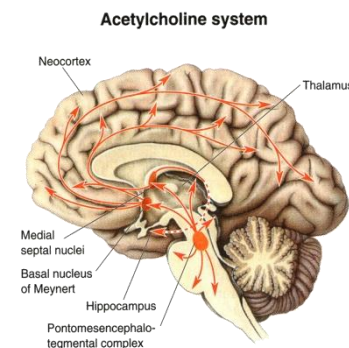
相对位置	改进领域
外部(体外), 环境	<b>新产品:</b> 材料学、设备与系统、农药与食品 <b>新方式:</b> 社会变革、组织、机器人、聊天机器人、动物 <b>新中介物:</b> 固定工具和人工制品 <b>新地点:</b> 真实、虚拟、混合
外部、集体	增强的团体交互作用和创造力 统一的科学教育与学习
外部、个体	<b>新中介物:</b> 移动 / 耐用的工具和人工制品
内部(体内), 临时	新型的可摄入药物和食物
内部、长期	<b>新器官:</b> 新的感受器和效应器, 可移动 <b>新技术:</b> 汇聚技术、原有的感受器和效应器的新使用 <b>新基因:</b> 新的遗传学、细胞





# 战略目标

- ❖ 将心理学重大基础研究与国家的重大需求结合起来，解决我国在21世纪从大国走向强国将面临的脑与认知、人口与健康、社会与经济发展中的各种难题和瓶颈
- 努力阐明智力与思维的脑机制
  - 延缓衰老和防治神经和精神性疾病
  - 发展脑风格的人工智能和神经计算系统
  - 应对人口增长以及社会老龄化所带来的儿童教育和老龄智力衰退,心理和精神健康等社会问题





# 中国脑计划

产业发展与国家安全

脑机智能技术

脑认知原理

技术平台  
与  
资源库

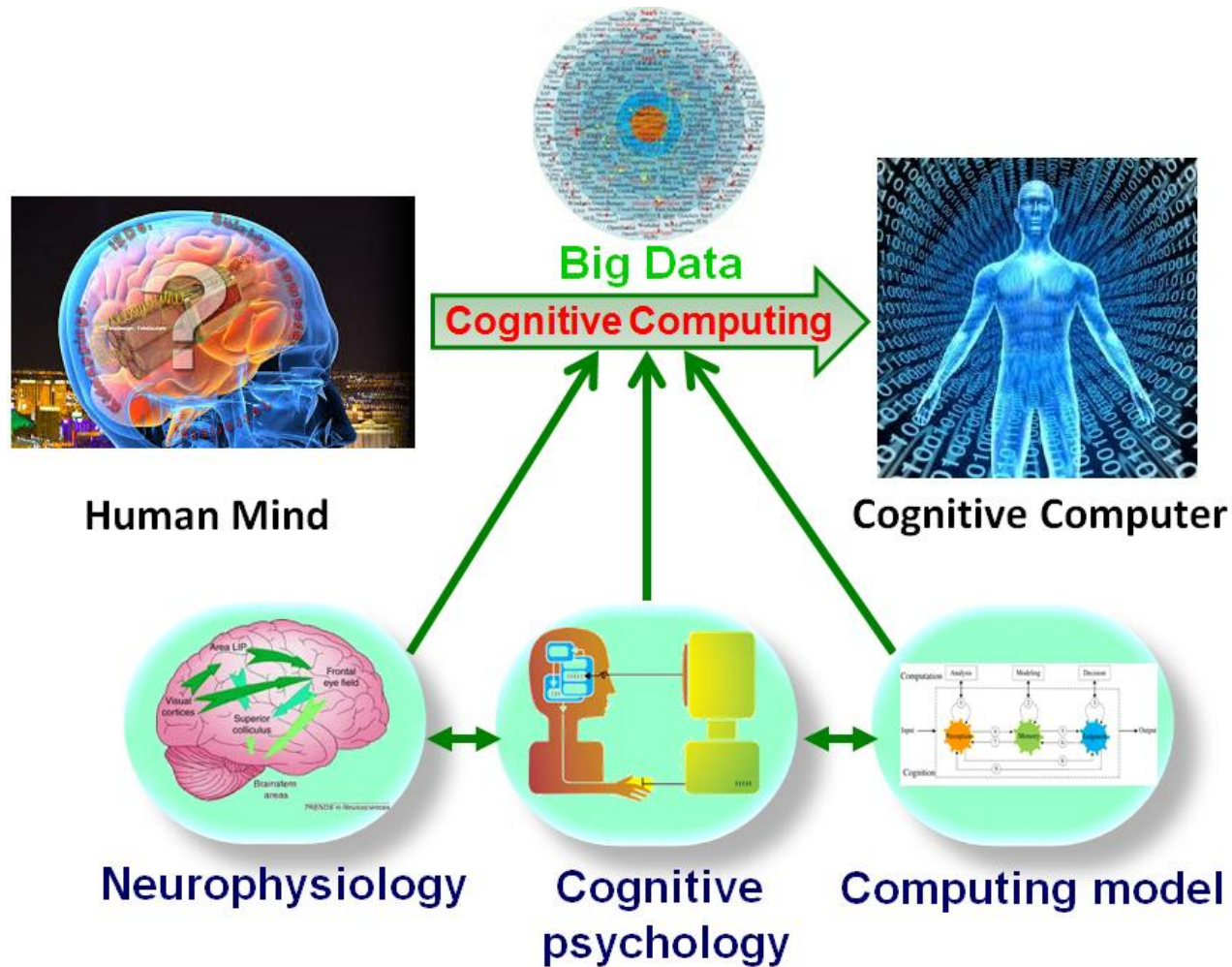
脑疾病诊断与治疗

人口健康与和谐社会





# Cognitive Computing





中国科学院心理研究所  
Institute of Psychology, CAS

请批评指正！



谢谢！