“认知心理学”与“计算认知建模”

Cognitive Psychology and Computational Cognitive Modeling

资料搜集&整理 by Miner
http://groups.google.com/group/swarmagents_ai/
资料来源：web + 《认知心理学》（http://www.douban.com/subject/3854718/）

集智 AI（人工智能）讨论组第二期读书会的主题是“计算认知建模（或称计算心理学、计算认知科学）”。认知心理学是心理学的一个主流派别，也可以说是 AI 的基础理论。而计算认知建模是认知心理学的主要研究方法之一，是认知心理学中与 AI 关系最紧密的部分。为了方便以后讨论，这里简单总结一下心理学和认知心理学的背景知识。

一、 心理学

心理学是研究人和动物心理现象发生、发展和活动规律的一门科学，以人的心理现象为主要研究对象。

心理学一词来源于希腊文，意思是关于灵魂的科学。灵魂在希腊文中也有气体或呼吸的意思，因为古代人们认为生命依赖于呼吸，呼吸停止，生命就完结了。随着科学的发展，心理学的对象由灵魂改为心灵。

关于心理学是属于社会科学还是自然科学有很多争论，因为它本身具备两者的特点。有人将基础心理学归为自然科学范畴，应用心理学归类于社会科学范畴。

19 世纪前，心理学属于哲学范畴。

19 世纪中叶，开始引入实验作为心理学的研究方式，使得心理学成为一门独立的学科。德国的韦伯，研究出著名的韦伯定律（感觉阈限定律）。

1860 年，德国的费希纳开创心理物理学，德国的艾宾浩斯开创记忆的实验研究。

1879 年，德国的冯特在莱比锡大学建立心理研究实验室，标志着科学心理学的**诞生**。实证研究方法的运用是这一学科成为科学的转折点.其后的一百多年,心理学门派纷争及高度发展,学科体系也进一步完善.

19 世纪末，冯特的学生铁钦纳基于冯特的思想，创建了**构造主义学派**，其核心思想是用内省的方法把复杂的意识经验分析为感觉和感情等简单的元素，再用“创造的综合”将这些元素合成复杂的意识经验。

1900 年左右，奥地利的精神病医生弗洛伊德创建了**精神分析学派**，这一学派几乎与所有的传统心理学观点都没有什么瓜葛，既不继承已有的学派理论，也不批判已有的学派理论，完全是弗洛伊德在自己精神病治疗的具体实践中，通过长期探索研究而积累形成的。

19 世纪初，出现了两个重要的反构造主义的心理学派，一是德国的格式塔学派，一是美国的行为主义学派。

1912 年，魏特曼发表论文《关于运动知觉的实验研究》，标志着**格式塔学派**的诞生。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。

1913 年，华生发表了《行为主义者眼光中的心理学》，可以说是**行为主义学派**的宣言. 他认为，心理学只应研究有机体可观察的行为，反对构造主义的内省意识。由此，他还提出了“刺激一反应”（即 S－－R）公式，将一切行为都解释为是对刺激反应的结果。至于头脑是如何刺激转化为行为的那个中间过程可以不考虑。行为主义后来得到托尔曼、赫尔、斯金纳等继承与发展，成为西方心理学最大的派别之一。

表面上看，格式塔与行为主义都以反对构造主义为起始点，但二者截然不同：行为主义反对构造主义只研究意识，主张要研究客观的行为；格式塔则只反对构造主义把意识经验分析为心理元素，要求从心理行为整体的动力结构观点来研究心理现象。这就是说，格式塔与行为主义有着巨大的分歧：前者承认意识的价值，只是不赞成把意识分析为各个孤立的元素；而后者则完全拒绝研究意识，甚至不承认它。

格式塔心理学在哲学上受胡塞尔的现象学影响，主张心理学研究现象的经验，也就是非心非物的中立经验。在观察现象的经验时要保持现象的本来面目，不能将它分析为感觉元素，并认为现象的经验是整体的或完形的(格式塔)，所以称格式塔心理学。其主要实验研究包括：（1）似动现象：两个相距不远、相继出现的视觉刺激物，呈现的时间间隔如果在 1/10 秒到 1/30 秒之间，那么我们看到的不是两个物体，而是一个物体在移动；（2）整体与部分：整体不等于部分之和；（3）顿悟实验：如大猩猩“接竿问题”和“叠箱问题”实验。

20 世纪 50~60 年代的美国，在社会物质文明快速发展的同时，也出现了各种社会问题，加之冷战的影响，在人们心理上造成了很大的压力。以罗杰斯（Rogers,C.R.）和马斯洛（Maslow,A.H.）为代表的**人本主义学派**心理学家认为，这一切不安的根源在于缺乏对人的内在价值的认识。因此提出，心理学家应该关心人的价值与尊严，研究对人类进步富有意义的问题。该学派反对传统心理学忽视对人的心理的有价值的东西的研究，反对贬低人性的生物还原论和机械决定论，反对精神分析只注重人的心理的黑暗方面和不健康方面的研究，强调研究最广大的健康正常人本身的一切最重要的最本质的最能体现 “人”的特征的那些积极的东西。

在美国，几乎与人本主义学派同时，诞生了**认知心理学派**。如果说以往那些学派的形成多为心理学家个人的卓绝努力的结果，那么，认知心理学的形成与之完全不同，它的产生主要是依赖于科学技术的发展，是在当时信息论、控制论、系统论等新的科学理论的影响、行为主义的衰退以及计算机科学的蓬勃发展的有力刺激下促使心理科学向前发展的一个必然结果。认知心理学继承了早期实验心理学的思想，研究那些不能直接观察的内部机制和过程，如注意、知觉、表象、记忆、思维和语言等，但采用了更为严谨细致的方法。

二、 认知心理学

以信息加工观点研究认知过程是现代认知心理学的主流，可以说认知心理学相当于信息加工心理学。它将人看作是一个信息加工的系统，认为认知就是信息加工，包括感觉输入的编码、贮存、加工和提取的全过程。由于认知心理学强调研究意识和心理机制，它被称作心理学中的“心理主义”，又由于它强调人的行为受其认知过程的制约，而被看作一种带有强烈的理性主义色彩的心理学理论。

很多心理学家认为 1956 年是认知心理学的起点，甚至有人主张是 1956 年 9 月 11 日这一天，这是在 MIT 的举行的关于信息论的会议的第二天：乔治 •米勒（George Armitage Miller，1920-）发表了《神奇的 7±2：我们加工信息的容量限制》（Miller，1956），这篇论文使记忆研究重新回到心理学中；乔姆斯基发表了他的语言学论文《Three models for the description of languag》，他提出的短语结构文法能够产生所有可被“图灵机”（Turing Machine）识别的语言；而西蒙(H.A.Simon)和纽厄尔(A.Newell)讨论了后来极富影响的“通用问题解决者（General Problem Solver）”。因此，米勒、西蒙和纽厄尔都建议将 1956 年 9 月 11 日作为认知科学的诞生日。同年还有许多重要的相关工作发表。

1967 年，美国心理学家奈瑟尔出版了《认知心理学》一书，这不仅是第一本冠名为《认知心理学》的教材，而且建立了一个新学科的内容范围，它在信息加工理论框架下，对前人在认知心理学方面的工作进行了历史性的总结，其突出的贡献就是发展了诸如运用反应时等间接测量方法来揭示人的内部心理活动。在奈瑟尔出版了他的著作之后，《认知心理学》杂

志和《认知科学》杂志分别从 1970 年和 1977 年开始出版发行，认知心理学成为心理学的一个主流研究方向。如果说 1956 年是认知心理学的起点还存在争议，1967 年奈瑟尔的《认知心理学》标志着现代认知心理学的形成，是毫无争议的。

认知心理学与其他心理学派的关系

认知心理学继承了早期实验心理学的传统。19 世纪赫尔姆霍茨和东德斯提出的“反应时研究法”，今天是认知心理学家广泛采用的方法，并已有了新的发展。早期实验心理学把主体的直接经验作为心理学的研究对象，提倡实验加内省的方法。认知心理学在批判和改造的基础上，继承了冯特的内省法，提出了“口语报告分析法”或“出声思考法”。

格式塔心理学对认知心理学的影响很明显。它以知觉和高级心理过程的研究著称，强调格式塔的组织、结构等原则，反对行为主义心理学把人看成是被动的刺激反应器。这些观点对认知心理学有重大影响。认知心理学强调研究的整体性和内部心理机制，强调对信息的破译、编码和整合，重视内部心理活动之间的相互联系，采用模拟的方法进行综合性研究，这与格式塔心理学的观点是一脉相承的。

另外，认知心理学与格式塔心理学的研究领域比较接近。格式塔心理学集中于知觉、思维和学习等领域的研究，信息加工心理学主要是对信息的接收、编码、存储等过程的研究，涉及到表征、注意、记忆、问题解决和创造性思维等认知过程的研究。但格式塔心理学的组织原则主要局限于知觉领域，无法解决人的复杂的意向活动和认知活动。还有，格式塔心理学一方面强调内部完形的整体性，另一方面强调现场的直接观察经验，难以深入分析直接经验与内部心理结构的作用机制。

认知心理学是反对行为主义的，但也受到它的一定影响。认知心理学从行为主义那里接受了严格的实验方法、操作主义等。从方法上，认知心理学是对行为主义的深化。认知心理学也如行为主义尽可能地使心理过程的探讨保持操作性，以期体现出客观性。认知心理学在刺激-中间变量-反应模式的基础上提出了输入-内部信息加工-输出这样一个与计算机的操作相似的研究模式。当代的认知心理学已不只专注于内部心理过程的研究，也注意了行为的研究。一般认为，人们使用从环境得来的信息，结合记忆内存储的东西，指导未来的行为，并塑造生活环境。

总之，认知心理学的诞生首先是在行为主义统治下的美国心理学内部发生的，但也受到来自包括美国之外的多种心理学理论的影响。认知心理学目前已占据了心理学的主导地位，并且越来越多地影响到其他心理学领域，如社会心理学、发展心理学等等。

Newell 和 Simon 的物理符号系统假设和信息加工范式

西蒙和纽厄尔在 1956 年于麻省理工学院举行的信息论会议上震惊了出席会议的人。他们描述了自己的智力产品——“逻辑理论器”。这种程序在一座由真空管制造的原始大型机约尼阿克上首次运行，能够以逻辑形式证明一系列的公理，每个公理求证时间从不到 1-15 分钟不等。 “逻辑理论器”是第一个人工智能程序，它当时还不是非常智能化的。它只能证明逻辑公理——求证的速度跟一位普通的大学生所需的时 间差不多——而且，还必需以代数符号进行。可是，作为第一个能进行某种类似思维的活动的计算机程序，它的确是一种石破天惊的成就。

到第二年的末尾，即 1957 年，纽厄尔和西蒙以及一位大学生克利弗德·肖已经编写成了另一个聪明得多的程序，即 GPS（通用问题求解器），它合成了一系列宽泛的原理，与许多智力任务差不多，包括求证几何公理，解决密码算术问题和下国际象棋。GPS 会先走一步，或者首先探索，开始决定“问题空间”（在开始状态与预 期目标之间所含所有可能步骤的区域），察看结果，以确定这个步骤已离目标更近一些，调合接下来的可能步骤并加以测试，

看哪一个会使它向前更进一步接近目 标，如果一系列推理偏离了方向，则倒回到最后一个决定点，从另一个方向重新开始。GPS 早期能够很容易地解决的简单问题如下所示（问题不是以这些单词表现 出来的，因为 GPS 不理解，而是以数学符号表达出来的）：

一位长得很胖的父亲和两个年轻的儿子必须在森林里跨过一条湍急的河。他们找到了一条废弃的船可以划过，但如果过载就会沉没。每个孩子重 100 磅。两个孩子加起来的重量与父亲相等，这条船最多只能载重 200 磅。父亲和孩子如何过河呢？

答案虽然很简单，要求退一步才能前进。两个孩子上船过河，一个上岸，另一个划回去上岸；父亲划过去下船，另一边的孩子再划回来，把这边的孩子拉上去再一 起划过河。GPS 在设计和测试这个解时，在做与人类思维类似的事情。通过同一类的启发过程——广泛的探索及评估——它就可以解决类似但困难得多的问题。

GPS 的两个基本特征（及后来的人工智能程序）给认知心理学带来了深刻的变化，因为它们给了心理学家一些更为详细和可操作的心理过程概念化，这超过了他们以前所具有的一切，而且还有调查问题切实可行的办法。

特征之一是符号表示：即用符号代表其它符号或者现象。在 GPS 中，数字可代表词汇或者一些关系，而在由 GPS 进行操作的硬件中（即实际的计算机），成组的晶 体管通过二进制开关的开闭代表这些数字。通过类比，认知心理学家就可以把图象、词汇和其它一些存储在思维中的符号当作外部现象的代表，把大脑神经反应看作这些图象、符号和思想的代表。换句话说，一个代表对应于它所代表的东西而不需要完全与它相似。可这实际上是新瓶装旧酒；笛卡儿和费马很久以前就曾发现，代数等式可以通过图中的线条表现出来。

第二个特征是信息处理：通过程序进行数据的变形和操纵以达到一个目标。在 GPS 情形中，进入的信息 ——即每个步骤的反馈——是以它导向什么地方进行评价的，用来确定下个步骤，存储在记忆中，需要时再调出来等等。通过类比，认知心理学家可以把思维看作一种信息处理程序，它可以将知觉和其它进入的数据变成心理代表，并一步步地评估，用它们确定达到目标途中的下一个步骤，把它们增加进记忆中，再在需要时重新调出来。

Newell 和 Simon 认为，包括人和计算机在内，信息加工系统都是由感受器（Receptor）、效应器（Effector）、记忆（Memory）和加工器（Processor）组成的。这些功能也可概括为输入、输出、储存、复制、建立符号结构和条件性迁移。凡是具有这些功能的系统必然表现出智能为，凡表现出智能行为的系统必然具有这些功能。这样，以符号操纵为基础的信息加工系统就具有对环境的适应能力，表现出目的性行为。

早期的信息加工范式主要考虑自下而上的“**序列加工**（serial processing）”，后来扩展到考虑自下而上和自上而下的综合，以及“**平行加工**（parallel processing）”。

认知心理学与 AI

Newell 和 Simon 不仅是认知心理学，也是 AI 的重要奠基人。一般认为，1956 年夏天召开的"Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence"标志着 AI 作为一门学科的诞生，几乎与认知心理学诞生同时。Newell 和 Simon 提出的 GPS（通用问题求解器）被看作是早期 AI 的巨大成就，Newell 和 Simon 也成为 AI 符号主义的代表人物。

Herbert Simon 说："AI can have two purposes. One is to use the power of computers to augment human thinking, just as we use motors to augment human or horse power. Robotics and expert systems are major branches of that. The other is to use a computer's artificial intelligence to understand how humans think. In a humanoid way. If you test your programs not merely by what they can accomplish, but how they accomplish it, then you're really doing cognitive science; you're using AI to understand the human mind."

人工智能哲学家 Margaret Boden 在 2006 出版了《Mind as Machine - A History of Cognitive

Science》，该书的一篇评论说"Psychology is the thematic heart of cognitive science, which aims to understand human (and animal) minds. But its core theoretical ideas are drawn from cybernetics and artificial intelligence, and many cognitive scientists try to build functioning models of how the mind works. In that sense, Margaret Boden suggests, its key insight is that mind is a (very special) machine. Because the mind has many different aspects, the field is highly interdisciplinary. It integrates psychology not only with cybernetics/AI, but also with neuroscience and clinical neurology; with the philosophy of mind, language, and logic; with linguistic work on grammar, semantics, and communication; with anthropological studies of cultures; and with biological (and A-Life) research on animal behaviour, evolution, and life itself. Each of these disciplines, in its own way, asks what the mind is, what it does, how it works, how it develops---and how it is even possible."

Jean-Pierre Dupuy 在 2009 年出版了《On the Origins of Cognitive Science》，Amazon 网站上对该书的描述为“The conceptual history of cognitive science remains for the most part unwritten. In this groundbreaking book, Jean-Pierre Dupuy—one of the principal architects of cognitive science in France—provides an important chapter: the legacy of cybernetics. Contrary to popular belief, Dupuy argues, cybernetics represented not the anthropomorphization of the machine but the mechanization of the human. The founding fathers of cybernetics—some of the greatest minds of the twentieth century, including John von Neumann, Norbert Wiener, Warren McCulloch, and Walter Pitts—intended to construct a materialist and mechanistic science of mental behavior that would make it possible at last to resolve the ancient philosophical problem of mind and matter. The importance of cybernetics to cognitive science, Dupuy argues, lies not in its daring conception of the human mind in terms of the functioning of a machine but in the way the strengths and weaknesses of the cybernetics approach can illuminate controversies that rage today—between cognitivists and connectionists, eliminative materialists and Wittgensteinians, functionalists and anti-reductionists.“

20 世纪 50 年代认知心理学（更广义的说，认知科学）和 AI 的诞生均可回溯到 40 年代的 Cybernetics 的产生，相关信息参见 Macy conferences (http://en.wikipedia.org/wiki/Macy_conferences)。

认知心理学的主要研究方法

实验认知心理学（experimental cognitive psychology）：针对健康人群开展行为实验研究，尤其是实验室试验；

认知神经心理学（cognitive neuropsychology）：通过研究脑损伤患者的认知损害模式来为正常人的认知研究提供有价值的信息；

计算认知科学（computational cognitive science）：利用计算模型理解人类认知；

认知神经科学（cognitive neuroscience）：狭义的，运用各种脑成像技术研究与认知相关的大脑功能和结构特点；广义的，研究认知功能及其在行为和主观经验上的外在表现是怎样通过大脑活动产生的。随着各种研究大脑的新技术不断出现并日趋成熟，认知神经科学所代表的研究方法在整个认知心理学领域的影响越来越大。

每种方法都有各自的优缺点，一个趋势是使用以上方法的组合来进行认知研究，各种方法的结果可以整合、相互验证、互相弥补。

三、 计算认知建模

对于用计算模型理解人类认知这个研究领域，认为自己是从事心理学研究的称之为**计算**

心理学，认为自己是从事认知科学研究的称之为**计算认知科学**，认为这个领域还不够成熟不足以成为一个独立学科的称之为**计算认知建模**。

最基本的计算认知模型是基于符号逻辑的（如产生式系统）和基于连接主义的（如神经网络），可以看到，这两种模型分别对应于 AI 的两个主要派别 – 符号/逻辑主义和连接主义。近年来也发展出了一些新的模型，如我们这学期将要讨论的贝叶斯模型等等。

计算认知科学最宏大的目标是构建出一个能把认知心理学中各种零散的实验现象和理论综合起来的普适的统一认知理论，当前的进展离这个目标还很远，而且，这个目标看起来似乎与强 AI 的目标一样遥不可及。但无论怎样，在通往这个也许永远也不会到达的目标的探索路途上，我们总会对大脑和认知有着越来越深入的理解，也会对我们要探索的问题有越来越精确的认识。也许永远不可能实现强 AI，但总可以使弱 AI 越来越强大。

每种计算模型都有各自的缺陷和局限性，讨论已有模型的缺点不是为了否定这些模型，而是为了构建出更好的模型。很可能不存在一种单一计算模型能对所有认知活动建模，大脑的活动是很多不同模型同时运作相互影响的过程。

即使不能弄明白所有的认知活动，仅分析清楚单个认知活动也是有意义的，比如，如果能模拟人的记忆功能，对信息检索和搜索引擎将有无法估量的重大价值。

四、 《The Cambridge Handbook of Computational Psychology》

本次读书会的主要阅读内容是《The Cambridge Handbook of Computational Psychology》，该书 2008 年出版，由 Ron Sun（http://www.sts.rpi.edu/~rsun/）编辑，主要介绍当前计算心理学方面的研究进展，分四部分：

第一部分是 Ron Sun 写的介绍，感觉这一章缺乏总体概括性的描述，对背景不了解的话，不如读一下《认知心理学》的第一章“认知心理学研究方法”。

第二部分邀请了各领域的专家分别介绍一种主要的计算认知模型，分别是：

Ch.2 Connectionist models of cognition (Michael Thomas and James McClelland) ;

Ch.3 Bayesian models of cognition (Thomas Griffiths, Charles Kemp, and Joshua Tenenbaum);

Ch.4 Dynamical systems approaches to cognition (Gregor Schoener);

Ch.5 Declarative/ logic-based computational cognitive modeling (Selmer Bringsjord);

Ch.6 Constraints in cognitive architectures (Niels Taatgen and John Anderson);

这部分是我们后几次读书会主要讨论的内容。

第三部分是计算模型的应用实例，即运用计算模型对各种认知现象建模的研究。

第四部分邀请了两位哲学家做总结：

一位是 Margaret Boden，《人工智能哲学》（http://www.douban.com/subject/1881556/）一书的编者，她写了 Ch.25 An evaluation of computational modeling in cognitive science；

另一位是 Aaron Sloman （http://bham.academia.edu/AaronSloman），今年 newscientist 网站有篇文章提到了他的一些工作，译文在此 http://songshuhui.net/archives/12587.html 。他写了 Ch.26 Putting the pieces together again。在这一章里，Sloman 主要讨论了计算认知建模中未解决的问题及困难，有些讨论很有启发性。