

〔美〕司马贺 著

人类的认知

思维的信息加工理论

科学出版社

Bd 4

79

人类的认知

思维的信息加工理论

〔美〕司马贺 著

荆其诚 张厚粲 译



科学出版社

1986

内 容 简 介

本书作者司马贺 (Herbert A. Simon) 是美国著名的科学家、认知心理学和人工智能的创始人之一, 曾荣获 1978 年诺贝尔经济学奖和 1986 年美国总统科学奖。本书从理论上讲解了认知心理学的基本观点; 阐述了科学理论的层次和规律, 物理符号系统, 满意的原则等理论; 介绍了 EPAM 程序, 启发式搜索, 产生式系统, 手段-目的分析, 口语记录分析, 语义丰富领域的高级思维过程, 人工智能研究的最新成果, 关于创造发明的研究以及计算机进行创造发明的可能性等。此外, 还涉及科学哲学、一般自然科学、计算机科学、教育学等方面的丰富知识。

本书可供心理学、哲学、计算机科学、教育学等研究人员, 以及有关的大专院校的师生和中学教师参考。

2R3 103

人 类 的 认 知

思维的信息加工理论

〔美〕司马贺著

荆其诚 张厚粲译

责任编辑 张国益

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1986 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1986 年 11 月第一次印刷 印张: 6 3/8

印数: 稿 1— 1,600 插页: 精 2

平 1— 9,500 字数: 141,000

统一书号: 13031·3330

本社书号: 5134·13-11

定价: 布脊精装 2.15 元
平 装 1.55 元

序 言

认知心理学是最近二十余年来心理学研究的新方向。它的主要理论是信息加工理论,因此又可称为信息加工心理学。信息加工理论研究人如何注意和选择信息,对信息的认识和存储,利用信息制定决策、指导外部行为等。信息可能来自外在环境,也可能是身体内部的生理和心理状态。信息加工心理学借用计算机科学、语言学和信息论的概念来说明人的认识能力和适应行为,包括各种心理过程和智能行为。信息加工理论是现代实验心理学的主导方向,在知觉、记忆、注意、语言、思维、问题解决等方面都作出了贡献。

认知心理学受心理学史上行为主义和格式塔心理学的影响。认知心理学继承了行为主义的经验主义和操作主义的方法论。但是,行为主义的理论和方法在研究人的内部过程方面遇到了困难,必须用其它的理论方法对其加以补充。因而认知心理学又接受了格式塔心理学对内部过程的研究。它不仅把知觉、表象、记忆等基本内部过程作为研究的对象,而且把决策、策略、计划等高级心理活动也纳入自己的研究范围,特别是利用口语记录,对问题解决过程进行了研究。

认知心理学的产生也受到心理学以外的其它科学的影响。二十世纪通讯技术的迅速开展,要求通讯工程师描述通讯系统的特性和规律。心理学家看到信息通道的特性和人类认知过程的相似性,因而利用通讯技术和信息论的概念和规律来描述人类系统。Claude Shannon 等人把人的认识过程看成信息通道处理信息的过程,研究了有机体传递信息的过程

及其限制。从此,输入、输出、编码、译码、噪音、信息等概念就被移植到心理学中。另一方面, Noam Chomsky 的语言学和心理学结合起来, 形成了心理语言学。这一学说改变了传统的行为主义的语言学习理论, 提出语言的掌握不仅是一种积累的过程, 而且有某种先天的内在规律性; 语言的结构规则的内化是语言学习的基础, 在语言的理解和发生中深层结构起主要作用。认知心理学依据心理语言学的理论, 研究人的言语过程的心理结构和智力操作, 因而, 概念掌握、理解过程、语义知识等都属于认知心理学研究的范围。

对认知心理学诞生起更大作用的是计算机科学。本书著者司马贺(即 Herbert A. Simon——赫伯特 A. 西蒙)教授在计算机科学和心理学的结合方面作出了卓越的贡献。司马贺和 Alan Newell 提出的“物理符号系统”的假设开辟了一条新思路。这一系统把人类所具有的观念、概念、能力以及脑内加工的过程看做物理符号的事件, 这样就可以把人的心理事件置于物理事件的同样理论体系中来加以探讨。任何物理系统的事件、过程或操作, 只要能用符号的形式表示, 并能明确每时每刻的状态, 就能用计算机模拟出来。同样, 人类思维中的各种抽象概念和符号也可以象物理对象一样加以复制、转换、处理和相互连接。从此, 符号和符号处理不再是不可捉摸的抽象的东西, 而是可以客观描述和研究的具体过程了。

司马贺教授在研究具体事件的计算机科学和研究抽象事件的心理学之间架起了一座桥梁, 发展了不同学科之间的类比思想, 促进了科学发现。如果不同学科之间的类比是合理的, 那么, 从一个已知的系统, 就可以加深对一个不甚清楚的系统的理解。计算机是一部人工装置, 其运转特性是已知的。计算机输入符号, 进行编码, 与内部存储的模式进行匹配, 作出决定, 给出符号输出; 心理学家则利用计算机知识建立了人

的认知模型：接受信息、编码和存入记忆、利用记忆材料作出决定，指导外部行为。物理符号系统的假设说明了在人工系统或人脑系统中智能和知识的存在。这一假设是信息加工心理学的理论基础，心理学家根据这一假设来建立关于心理活动或脑的机制的理论。这一假设正在经受理论和实验的检验。另一方面，心理学的研究也扩展了计算机科学的研究范围。根据信息加工心理学的研究成果，可以设计计算机程序来模拟人的心理过程，特别是思维、问题解决等高级心理活动。认知心理学和计算机科学的结合，产生了人工智能的新学科。由于司马贺在这方面的开拓性研究，因而被认为是认知心理学和人工智能的创始人之一。

认知心理学在二十世纪八十年代初被介绍到中国来。1983年春天，司马贺教授应中国科学院的邀请，到中国科学院心理研究所进行科研合作，其间他又在北京大学系统地讲授了认知心理学。全部讲座共30讲，历时三个月。北京和外地的心理学、哲学、计算机等专业的科学工作者和研究生参加了听讲和讨论。在这次讲演中，司马贺教授从理论上讲解了认知科学的基本观点，介绍了一些实际应用的问题，阐述了科学理论的层次和规律、物理符号系统、满意的原则等理论问题，还介绍了EPAM程序、启发式搜索、产生式系统、手段-目的分析、口语记录分析等。在最后阶段，他又讨论了语义丰富领域的高级思维过程，如表征、概念的获得、问题解决等，并特别讲了人工智能研究中的最新成果、关于创造发明的研究以及计算机进行创造发明的可能性。司马贺教授所讲的许多内容是在别处没有发表过的，首次介绍给中国的听众。现在我们把这个讲座的内容整理成书，以介绍给更多的中国读者。

司马贺教授是中国学术界的老朋友，他一向致力于中美友好和促进中美学术交流。他是美中学术交流委员会（Com-

mittee on Scholarly Communication With People's Republic of China) 的主席。1972 年以来, 他作为美国计算机科学代表团、美国心理学代表团的成员, 以及应中国科学院的特邀, 先后五次来我国访问。他多次对中国心理学界、计算机科学界、管理科学界演讲, 与同行进行接触, 交流学术思想, 已为大家所熟悉。

司马贺教授曾荣获了 1978 年诺贝尔经济学奖, 他的贡献是对经济组织内的决策程序进行了开创性的研究, 他的思想已成为现代企业经济学和管理学研究的基础。决策理论是应用了运筹学、统计分析和计算机程序, 吸收了社会学和心理学等行为科学的思想而发展起来的。司马贺还荣获了 1975 年图灵奖。图灵 (Alan Turing) 是英国著名数学家, 他以首先设想人工智能计算机而著名于世。司马贺获得此奖是由于他把心理学、计算机科学和决策理论结合起来, 开创人工智能研究, 取得了卓越成就。司马贺 1958 年还获得了美国心理学会杰出贡献奖。司马贺除 1943 年获得芝加哥大学政治科学博士学位外, 还在世界各地十余所大学获得了名誉博士学位。司马贺教授现任美国卡内基-梅隆大学心理学和计算机科学教授。1985 年中国科学院心理研究所授予他名誉研究员职称。他是天津大学、中国科学院管理学院的名誉教授。他还是大约 20 个科学学会的会员。从司马贺的经历不难看出他的渊博知识背景, 以及在当代极为活跃的边缘科学前沿的创造性贡献。正是出自这个原因, 人们把他誉为当代最著名的博学家。今年他又获得了“1986 年美国总统科学奖”。

《人类的认知》这本书虽然是讲认知心理学的, 但它所涉及的知识面极广, 包括科学哲学、一般自然科学、计算机科学等。司马贺教授在北京大学讲演时由我们担任口译, 后来我们将之整理成书, 书稿最后由司马贺教授亲自审定。即便这

样,由于我们知识水平的限制,译稿必有一些错误,甚至会有未能正确表达作者原意的地方。希望读者给予指正。在编译过程中得到北京师范大学心理系部分同志的帮助,司马贺教授审稿时得到了北京大学心理系张国骏同志的帮助,特在此致谢。我们相信,这本书能首次在我国用中文出版,对中国广大读者来说是值得庆幸的,读者将会从中得到裨益。

荆其诚 张厚粲

1986年6月于北京

作 者 致 谢

1983年春天我访问了中华人民共和国,在中国科学院心理研究所工作,并在北京大学讲授现代认知心理学,对此我感到非常高兴和满意。在我的讲演中,得到了我尊敬的两位同事——荆其诚教授和张厚粲教授的帮助,为我的讲演担任口译。后来他们又付出很多的劳动整理译文,使它能以这本书的形式出版。我衷心地感谢他们非常有益的合作。

我还要感谢他们和中国的许多同事和朋友们,使得我在中国的访问既愉快,又在学术上有所收获。我希望这本书能作为一个微小的纪念,以表示我对他们热情接待的感谢,表示我对中国人民的情谊,以及我对中国文化和社会的尊敬。

由于认知科学正在迅速发展和不断创新,这本书可能只是这一领域的不完整的反映。鉴于编译者的卓越能力,可以肯定地说书中的缺点应该是作者的责任,欢迎读者提出改进的意见。

司马贺 (Herbert A. Simon)

1985年8月于美国匹茨堡

目 录

序言	i
作者致谢	vi
第一章 绪论	1
一、科学理论的层次和规律	1
二、心理学的派别	4
三、认知心理学的任务和方法	6
四、物理符号系统	10
五、人类智能的计算机模拟	13
第二章 人类认知系统的结构	16
一、人脑的基本机能	16
二、注意分配机制	19
三、记忆系统	20
四、EPAM 系统	26
五、系列加工与平行加工	33
六、遗忘	35
第三章 问题解决	39
一、产生式系统	39
二、联想	43
三、问题空间	46
四、问题解决的途径	48
五、手段-目的分析	54
六、问题解决的策略	61
七、问题解决策略的产生式系统	70
第四章 口语记录分析	76
一、口语记录与内省	76

二、口语报告的用途	78
三、口语记录的分析技术	84
附录 I 解决河内塔问题的口语记录示例	90
附录 II 解决物理问题的口语记录示例	99
第五章 语义丰富领域	101
一、专家的知识	101
二、专家的直觉	109
三、心理表征的作用	112
四、物理直觉问题	124
五、对问题的理解	138
六、问题同型	142
七、结构不合理的问题	146
第六章 学习	151
一、学习的基本原理和分类	151
二、学习过程	154
第七章 概念的形成	159
一、概念的归纳	159
二、顺序模式	164
三、归纳推理和演绎推理	170
第八章 发现过程	175
一、材料驱动归纳	176
二、理论驱动归纳	180
结束语	185
一、信息加工心理学	185
二、认知的基本信息加工过程	187
三、心理学的理论及方法	188
四、认知心理学的应用	189
参考文献	192
本书中出现的一些非法定计量单位与法定计量单位换算表	193

第一章 绪 论

科学理论可以分为不同的层次、不同的水平,心理学的理论也是这样。心理学有不同的派别,认知心理学与这些派别都有关系。在第一章里我们先谈心理学的理论与派别,再谈心理学的规律和个别差异,以及用哪些规律把个别差异概括起来,最后谈谈学习的规律。

认知心理学的主要目的和兴趣在于解释人类的复杂行为。概念的形成、问题的解决以及语言等都是人类的复杂行为。人们要研究这些现象,总是先从研究简单的开始,进而研究复杂的。过去,巴甫洛夫(I. P. Pavlov)和华生(J. B. Watson)就是以反射为基础来研究复杂行为的。从简单走向复杂的研究方法是合理的研究方法,但不是唯一的方法。认知心理学是以远比简单条件反射复杂得多的方法去研究人类行为的。

一、科学理论的层次和规律

心理学可以象物理学那样,从不同的水平研究人类的行为。物理学有不同的层次,例如,对一个杯子,物体力学可以研究它的原子结构,也可以研究它与其它物体的相互关系,还可以研究它的离子运动。我们不必等待原子结构问题解决之后再去看整个物体力学;要研究一个杯子的下落,也不必同时去研究构成杯子的原子结构。在心理学中也有同样的情况,不一定非要对神经元、神经突触有清楚的了解才能提出生

理学理论；也不一定非要有生理学理论才能着手研究人类的高级复杂行为。在其它科学领域也是如此，例如电子计算机的研究，不一定要对硬件有清楚的了解才能研究软件，计算机程序该如何编写是可以单独进行研究的。这并不是说理论水平无相互关系，而是说可以从不同水平去研究，在研究中考虑它们之间的相互关系。自然界的规律都有不同的层次，所以科学研究也可以从不同的层次进行探讨，既可以从高级水平着手，也可以从低级水平着手。

这种不同层次的研究方法如何应用到心理学中，又怎样指导心理学的研究呢？心理学的研究有三种不同的途径，也就是有三种不同的层次和水平。第一级水平是研究复杂行为，例如研究问题解决、概念形成和语言现象；第二级水平是研究简单的信息加工过程，例如对光点的感觉、图形知觉的形成等都是简单的信息加工。当前世界上主要集中于研究简单信息加工过程，以反应时间、干扰时间为指标；第三级水平是生理水平，例如对中枢神经过程、神经结构的研究。这个领域最近很活跃，进展较快。当心理学研究越来越深入的时候，对这三种现象都有所了解，对它们之间的关系也就有了较深的认识。象化学一样，随着化学的发展，对复杂的化学反应与低级的物理过程的关系就有了进一步了解。在当前的心理学研究中，对复杂行为和简单信息加工的关系研究得比较多，对它们的生理过程也有所揭露，例如对汉字的识别及其神经生理过程，现在也都有了一定的认识。

心理学在本世纪的发展过程中，大多数研究者的工作长期集中于第二级水平，即简单信息加工过程的研究。实验心理学对这个领域作出了贡献。最近几十年来，在第一级的复杂水平和第三级的生理水平上的研究没有多大进展。如果考查一下这三级水平之间的关系，即复杂行为和简单信息加工

的关系、简单信息加工过程和生理过程的关系，就会发现，它们都是以较低级的水平为基础的。最近我们已经能够初步说明复杂行为是怎样通过简单信息加工进行的，但对简单信息加工过程与生理过程的关系还说不清楚。尽管简单信息加工的研究有了很大的成绩，但对简单信息加工过程的生理机制却了解得甚少。在计算机科学领域内，计算机能够按照程序完成复杂任务，它包括两个水平：一个水平是用计算机语言编写程序，这是计算机软件；另一个水平是计算机硬件，即它本身的电子结构和物理构造。我们在计算机研究领域里可以离开硬件而相对独立地研究软件，这方面的研究在最近几十年已有很大发展。不同程序和语言可以应用到不同的硬件上去。总之，这些都说明自然界的规律有不同的层次，人们可以从不同的层次去进行科学研究。

在物理学这门很成熟的学科里，有牛顿(I. Newton)的万有引力定律，这种定律是定量的分析，很有说服力。我们曾设想心理学要有这种规律才能成为真正的科学。但这种观点比较狭隘，而且不切实际。其它科学领域的规律也不一定都是定量的分析。化学、分子生物学、甚至物理学的一些规律就属于定性结构的规律。例如帕斯特的“疾病是由病菌造成的”这个规律并不是一个定量的规律，而且这个规律也不是很精确的，有些疾病并不是由病菌引起的。为什么人们要承认这个规律是基本规律呢？因为它对人们寻找疾病产生的原因起了指导性的作用，推动了医学的发展。又如，地球物体的相互摩擦运动也是定性理论，它能指导地质学家去寻找地质现象的原因，象陆地从海里出现、山脉的形成等等。这种定性理论推动了地球物理学的发展。目前，心理学所提出的一些一般化的定理还不能给出精确的定性描述，不属于定性结构的规律，所以心理学的规律只具有有限的合理性。例如“人类在问题解决

过程中受着短时记忆的限制,受到计算能力的限制”这个理论并不那么确切,正象“疾病是由病菌引起的”不那么确切一样。但它可以帮助我们分析^①问题,也具有一定的指导作用。

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。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。另一个困难,是同一个人^②在同样的环境中可以有不同的反应,即人与人之间有个别差异,这就造成了研究结果的不确定性。假若我们以考虑人类的一般行为为目的,设法忽略个别差异,那么我们会发现人类行为还是有明显的一般规律的,而且人与人之间的差别也不是很大的。

二、心理学的派别

最近几十年来,对复杂行为的理论主要有三个派别:新行为主义、格式塔心理学派和信息加工学派。这三个学派是从不同的方面研究行为的。

当一门科学发展到成熟阶段时,它对某一个问题的解释就不再会存在对立的派别,而会有一个一致的看法。例如,物理学就没有伽利略物理学、牛顿物理学和爱因斯坦物理学之分。心理学应当摆脱哲学的争论,对某一现象可以用不同的观点去解释,只要能解释清楚就是合理的。目前心理学已经发展到这样一个阶段,对问题不是在哲学的范畴内争辩了,而是通过一些大家都可以接受的实验加以证实。这对心理学的前进是很重要的。正如在物理学中一个一个新问题被提出

来，但这些问题的提出并不影响整个物理学体系的改变。现在的信息加工心理学既吸收了行为主义的看法，也吸收了格式塔学派的想法，其目的就是要解释人的复杂行为。

各派心理学都想更好地认识人类机体是如何活动的，它们之间的主要差别是在方法学上强调的重点不一致。行为主义强调客观的实验方法，要求对实验严格加以控制，它的方法是操作主义的，也就是说其结果能被别人重复。行为主义把复杂的心理现象化为各个简单的部分，并研究比较简单的初级的现象，也就是所谓的还原主义。行为主义心理学和认知心理学之间虽然有很大差别，但二者仍有共同之处。认知心理学也认为复杂的现象总要分解成最基本的部分才能进行研究。行为主义提出了 S-R 的公式，而不谈刺激和反应之间发生的过程，即不谈大脑中的活动。例如斯金纳 (B. F. Skinner) 就反对讨论意识问题。但是，行为主义也认为不能完全用刺激反应的关系去解释行为，需要考虑被试过去的经验。对于一道乘法算术题，如果你不知道被试过去是否做过这类题目，那么你就不能预料他对这道题目会作出什么反应。因此，行为主义必须承认，刺激和过去的经验这两方面共同决定产生什么反应。信息加工心理学认为，当给被试刺激时，他要依靠头脑中的经验才能决定做出什么反应。所谓经验，包括机体的状态和记忆存储的内容。因此，刺激和被试当前的心理状态这二者共同决定着被试作出什么反应(图 1-1)。这正如要知道行星的运行轨迹，就必须知道行星当前的运动状态和外力的作用力这两个方面一样。

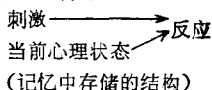


图 1-1 决定反应的因素

另一方面，格式塔心理学则强调研究复杂的心理现象，

而这些现象有时是很难用客观的术语和客观的方法加以描述的。考夫卡(K. Koffka)、柯勒(W. Köhler)等格式塔心理学家认为在问题解决的复杂过程中,不只靠简单的尝试错误,而且还要通过顿悟。格式塔心理学区分完好图形和不完好图形。所谓完好图形,就是一些很简单的、对称的,而且容易认出来的图形。但什么是完好图形,格式塔心理学并没有一个很精确的定义。格式塔心理学认为知觉的基本规律是机体生来就有的,它并不受经验的影响。格式塔心理学也不同意把复杂现象分解为刺激-反应之间的关系。认知心理学与格式塔心理学一样,目标是要解决复杂行为的问题。例如,在解释顿悟中的理解过程时,我们承认格式塔“完好图形”的概念,同时又试图把这个“完好图形”分解为最基本的过程,以了解“完好”究竟指的是什么。又例如,格式塔心理学认为学习有机械学习和理解学习之分,而机械学习和理解学习是不被行为主义所强调的。信息加工心理学则认为机械学习和理解学习很重要,应该研究二者的具体过程到底是什么,它们的区别又是什么。

总之,认知心理学是用信息加工过程来解释人的复杂行为的,它吸收了行为主义和格式塔心理学的有益成果。这一心理学是在前人的基础上进行研究的,并不是完全无视前人的工作,一切都重新开始。

三、认知心理学的任务和方法

我们看到,心理学问题可以从不同途径进行研究,心理活动也可以分为不同水平。心理活动的不同水平的关系可以和计算机相比。心理活动的最高级层次是思维策略,下面一级是初级信息加工过程,最下层是生理过程,即中枢神经系统、