

I 认知科学概论

Introduction to Cognitive Science

武秀波 苗霖 吴丽娟 张辉 著

内容翔实，深入浅出，通俗易懂 ◎

论述科学，强调基础，关注前沿 ◎

多个学科，交叉兼顾，视野开阔 ◎



科学出版社

www.sciencep.com

I 认知科学概论

Introduction to Cognitive Science

武秀波 苗霖 吴丽娟 张辉 著



科学出版社
www.sciencep.com

图书在版编目 (CIP) 数据

认知科学概论/武秀波等著. —北京: 科学出版社, 2006

ISBN 978-7-03-017969-2

I. 认... II. 武... III. 认知科学—概论 IV. B842.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 102474 号

责任编辑: 侯俊琳 李久进 沈晓晶/责任校对: 赵桂芬

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 福瑞来书装

编辑 E-mail: houjunlin@sohu.com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 2 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2007 年 2 月第一次印刷 印张: 15 1/2

印数: 1—2 500 字数: 303 000

定价: 32.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

[内容简介]

认知科学被称为21世纪智力革命的前沿，它的创立标志着以现代科学为基础，对人类自身特有的心理活动、脑和心智关系以及人工智能的研究已经进入了一个新阶段。

本书全面系统地介绍了作为认知科学核心组成部分的认知神经科学、认知心理学、认知语言学、认知的计算机模拟等主要内容、基本概念、基本原理及实际应用情况，阐述了各种认知过程的多方面的研究规律和研究成果，并将丰富的试验资料与理论分析相结合，促进了理论之间的比较和相关学科的交叉，使广大读者可以对认知科学有一个全面和系统的了解。

本书适合心理学、教育学、计算机科学、哲学、语言学等领域研究人员使用，同时可供相关专业教师和学生参考，也可以作为非专业读者了解认知科学的科普读物。

认知科学作为一门新兴的科学，是研究人、动物和机器智能的本质和规律的科学，是多种学科相互交叉、渗透与融合的产物。近年来，随着新方法和新技术日益广泛地应用，认知科学的研究正处于一个较快的发展时期，已成为科学百花园中耀眼的奇葩，对我国科学技术的进步和发展起着越来越重要的作用。

为了全面系统地反映当代认知科学的面貌及其进展，总结和挖掘认知科学已有和潜在的成果，展示当代认知科学的发展方向，给我国广大读者及相关领域的研究人员提供一本关于认知科学的通俗读物，我们经过一年的构思及精心写作，终于完成了这本著作。

本书具有以下三个特点：

第一是学术性和前沿性。按照科学性、实用性、先进性和系统性的原则进行编写，在书中比较详细地介绍了认知科学核心学科的基本概念、主要理论、研究方法及研究成果。既注意充分反映认知科学的传统理论和实践经验，突出认知科学的特点和规律，又注意吸收国内外最新研究成果，以保证本书具有前沿性。

第二是深入浅出，读者易于理解。本书以介绍认知科学基础知识为主，随着读者对理论知识掌握的逐渐深入，读者在阅读时能够比较容易地理解看似深奥的认知科学的基本理论和规律。我们在编写过程中，尽量减少数学和哲学形式的表述，并且配备了一定数量的图表，直观形象，便于理解，便于广大非专业读者的阅读和学习。在坚持学术性与基础性相统一的基础上，力求反映当代认知科学的新趋势、新动向，使读者可以对认知科学有一个全面、系统的了解和把握。

第三是综合性，对认知科学的各个分支学科进行系统地阐述，比较全面地涵盖了认知科学的主要组成部分，目前在国内还是首创。现有的国内外专著绝大多数是对认知科学的某个领域进行专门研究，也有的是对相关的某几个领域进行介绍，但目前还没有一本较全面反映认知科学全貌的著作。认知科学是以心理学、神经科学等多个学科为基础发展起来的学科，具有很强的交叉性和综合性。如果说认知科学是一棵大树，那么认知就是根，这些分支学科就是这棵树上的枝杈。这些枝杈吸取了根的营养而生长，也使认知科学这棵大树更加根深叶茂。

基于这样的认识，本书首先介绍了认知科学的性质、起源、发展历程、主要

特点和发展趋势，然后阐述了认知最重要的基本条件和载体、认知的脑结构与脑认知过程的神经基础以及认知神经科学的主要研究方法，阐明了行为和心理运动的神经机制，为物质活动如何产生精神活动这一重大课题提供了科学依据。在此基础上分别阐述了认知心理学、认知语言学、认知计算机模拟和认知的人工神经网络的研究现状、基本原理、研究方法及其应用。

通过本书的编著，我们更加强烈地认识到，认知科学的理论将会对人类语言教育的提升，发展下一代计算机系统的人工智能，调理有学习障碍和脑损伤患者，包括医治精神分裂症、抑郁症及由老年痴呆症引起的记忆丧失等有重要的影响。

当前认知科学研究基本上是沿着认知心理学、认知神经科学和机器模拟3个方向展开，未来的认知科学必将以对认知和智能的本质理解为基础，也必然基于各分支领域学科的进展，对认知科学的工作范式和基本理论进行不断修正和完善。

由于我们的水平有限，对于书中的不足之处，敬请专家和广大读者予以批评指正。

前言

第一章 绪论	1
第一节 认知科学的兴起	2
第二节 认知科学的发展	5
第三节 认知科学主要研究对象与发展趋势	10
参考文献	19
第二章 认知的脑结构	20
第一节 神经元的基本结构与机能	20
第二节 神经元的联结	25
第三节 神经运行的信息形式	28
第四节 大脑皮质与其他结构	37
参考文献	49
第三章 认知过程及其神经基础	51
第一节 语言认知的神经基础	51
第二节 记忆过程的脑机制	59
第三节 情绪和大脑	64
参考文献	72
第四章 认知神经科学常用的研究技术与方法	73
第一节 功能磁共振成像	73
第二节 事件相关电位	76
第三节 正电子放射断层扫描	80
第四节 脑功能成像方法的比较与整合	82
参考文献	84
第五章 认知心理学	85
第一节 认知心理学概述	85

第二节	知觉	95
第三节	注意	104
第四节	记忆	106
第五节	知识的表征与组织	119
第六节	思维、概念和推理	124
第七节	问题解决	132
	参考文献	144
第六章	认知语言学	146
第一节	认知语言学研究的内容和认知观	146
第二节	认知语言学的形成	153
第三节	认知语言学的研究现状	157
第四节	认知语言学的评价	168
	参考文献	176
第七章	认知的计算机模拟	178
第一节	计算机的特征	178
第二节	人工智能的兴起	181
第三节	人工智能的发展阶段	183
第四节	人工智能的原理及应用	185
第五节	人工智能的研究方法与途径	198
第六节	人工智能与人的智能	200
第七节	人工智能现状与展望	204
	参考文献	210
第八章	人工神经网络	212
第一节	人工神经网络概述	212
第二节	人工神经网络的发展史	218
第三节	人工神经网络的基本原理	225
第四节	人工神经网络模型及应用	227
第五节	人工神经网络的研究现状与展望	233
	参考文献	239
	后记	241

第一章

绪

论

认知科学是20世纪70年代中期诞生并兴起的，是一门旨在研究人脑和心智的工作原理及其发展机制的交叉性和综合性学科。它涉及心理学、计算机科学、神经科学、语言学、人类学、哲学等学科，是这些学科交叉、渗透与聚合的产物。今天，这一领域汇集了一大批数学家、物理学家、计算机科学家、生物学家、心理学家、语言学家和哲学家，形成了相对独立的研究群体。最近20年，随着学科建制化步伐的加快，认知科学得到了越来越多的重视，西方发达国家已经把认知科学列入科学战略计划的重点项目，同时成立了认知科学研究机构，出版了认知科学杂志。麻省理工学院等还建立了世界上第一批认知科学系，1986年加利福尼亚大学圣地亚哥分校率先设立了认知科学博士学位。这些都标志着这一学科逐渐走向成熟。21世纪，人类有两大秘密将要被揭开，一是生命的奥秘，二是心智的奥秘。为此美国正在实施“人类基因组计划”，并积极建议实行“人类认知组计划”。各个国家的科研人员在认知科学领域积极探索，将逐步揭开一个又一个科学奥秘。在这种前提下，破解人类心智的奥秘将越来越多地引起人们的高度关注和重视。现在任何领域里的科学家和探求新知识、新生事物的有识之士，都不能回避和无视认知科学的存在。认知科学作为一门独立学科，已经逐渐形成了一套独特的研究纲领、工作范式和基础假设，可以说认知科学的兴起标志着对以人类为中心的认知和智能活动的研究已进入到新的阶段，认知科学的发展将为信息科学技术的进一步智能化做出巨大的贡献。认知科学的研究将使人类实现自我了解和自我控制，并把人的知识和智能提升到一个前所未有的高度。

本章从认知科学概念着手，较系统地介绍认知科学的兴起过程与发展阶段以及认知科学的主要学科构成，使读者对认知科学有一个总体的认识和把握。

第一节 认知科学的兴起

一、认知科学概述

认知科学 (cognitive science) 是研究人、动物和机器智能的本质和规律的科学, 研究内容包括知觉、学习、记忆、推理、语言理解、知识获得、注意、情感、意识和动作控制等高级心理现象。认知科学是在心理学、计算机科学、神经科学、语言学、人类学、哲学 6 个相关基础科学的交界面上发展起来的高度跨学科的新兴科学, 其中人工智能和认知神经科学是认知科学的主要学科。这些相关学科互相交叉, 又产生出众多的分支学科, 如控制论、神经语言学、神经心理学、认知过程仿真、计算机语言学、心理语言学、心理哲学、语言哲学、人类语言学、认知人类学、脑进化等。在认知科学形成和发展过程中, 华生 (Watson)、米勒 (Miller)、麦卡锡 (McCarthy)、明斯基 (Minsky)、纽维尔 (Newell)、西蒙 (Simon) 和萨伽德 (Thagard) 等是认知科学领域的奠基者与代表人物。认知科学的创立标志着以现代科学为基础的, 人类对自身特有的心理活动、脑和心智关系以及人工智能的研究已进入到一个新阶段。这是近半个世纪以来科学发展史上的重要事件之一。

认知科学兴起以后, 曾提出了许多创新性的理论。如在推理层次的纽维尔和西蒙的通用问题解决系统, 在记忆层次的考斯林 (Kosslyn) 的模拟式知识表征, 在注意层次的特雷斯曼 (Treisman) 的特征整合理论等。这些理论对认知的理解和人工智能的发展起到了强大的推动作用。

认知科学在发展历程中, 主要发展了四大理论体系:

(1) 物理符号论。这是人工智能的认知科学理论, 该理论把认知过程看作是对来自外部输入的离散物理符号的处理过程。西蒙说: “所谓符号就是模式 (pattern), 任何一个模式只要能和其他模式相区别, 它就是一个符号。”之所以要在符号系统前面加上“物理”二字是为了提醒读者, 它们并不是一种抽象的没有形体的东西, 而是作为实在世界的手段而存在。这种符号系统可像计算机那样由各种器件构成, 也可像人的大脑一样由血肉组成。任何物理符号系统作为一般的智能系统, 它的最终目标是要将符号转化为行为以适应和改变环境来适合自己的目的。因而就产生了从认知到意向和从意向到行为转化的因果链条。人们在认知中将输入的符号重新组织成关于外部世界的内在表达, 并通过这种意向的符号表达的指令而产生相应的行为。

(2) 联结理论。联结理论是探讨心智和智能的一种新的科学方法。该理论认为认知活动的本质是基于人脑中神经元之间的联结强度不断发生的各种动态变化，它对信息进行着平行分布式处理，体现出认知或智能是从大量单一处理单元的相互作用中产生的。这种联结与处理是连续变化的模拟计算，不同于人工智能中的离散物理符号的计算。

(3) 模块论。受计算机编程和硬件模块的启发，福多（Fodor）提出了认知功能的模块模型，认为人脑在结构和功能上都是由高度专门化并相对独立的模块组成，这些模块复杂而巧妙的结合，是实现复杂精细认知功能的基础。20世纪80年代末和90年代初，模块思想已经发展为多功能的系统理论，特别是在记忆研究中获得了较多学科发现和支持。

(4) 生态现实论。1993年，一批年轻的心理学家与人工智能大师西蒙在《认知科学》杂志上展开了一场关于环境作用论和物理符号论的大论战。环境作用（situation action）的观点认为认知决定了环境，发生在个体与环境的交互作用中，而不是简单发生在每个人的头脑之中。

由于认知科学的高度跨学科性质，不同学科从各自独特的研究角度对认知进行研究。总的来看，目前认知科学的研究视角主要有3个。第一，从认知心理学的角度，把人脑与计算机进行类比，将人脑看作是计算机的信息加工系统。采用自上而下的策略，先确认一种心理状态，再去搜索它所具有的计算结构。用计算机的一般特征来理解人类心理（例如，心理包含一个中央处理器和一个存储器）。但是，这种类比只能是机能性质的，也就是在行为水平上的类比，而不考虑作为其物质构成的生物细胞和电子元件的区别。第二，从人工神经网络的角度，把人脑看作是一种神经网络，采用自下而上的策略，先建立一个简单的神经网络模型，再考察这个模型所具有的认知功能。从最简单的模型入手，不断增加它的复杂性，就有可能模拟出真正的人脑神经网络，模拟出神经系统中某些行为的工作原理和机制，检验人脑是如何工作的，从而了解认知的真相。但这种神经网络模型是人工的，与真正的神经及突触连接并不相同。第三，认知神经科学的研究，也是采用自下而上的策略。但与人工神经网络不同，它是从真正的大脑工作方式入手，通过运用一些技术手段（如脑功能成像）研究大脑功能以理解人类认知。由于各种无损技术手法的出现，使研究者可以直接观察到大脑活动的功能区域、加工过程及特点。

二、认知科学的起源

在20世纪40年代到60年代，认知科学的基本论述最初分散在各自分离的学科体系之中。加拿大心理学家海勃（Hebb）用了20年时间与潘菲尔德

(Penfield)和莱施利(Lashley)等合作,终于在1949年出版了《行为的组织》一书,为现代认知科学奠定了基础。海勃进行了一系列关于早期环境对成人学习与智力影响的里程碑式的研究,并提出了“细胞集合”理论。这个理论预示了神经网络理论和一系列人工智能研究的出现,因而海勃成为脑与行为的关系方面的一个颇有影响的理论家,被誉为“认知心理生物学之父”。

认知科学的兴起与发展有赖于各门学科的相互渗透,是学科的分化过程与整体化过程的统一,是相互交织和彼此转化的。美国哲学家塞尔在论述计算机在认知科学发展中的作用时提出:“在认知科学史中,计算机是关键性的。事实上,如果没有数字计算机,就不会有认知科学。”

在第二次世界大战中,许多科学家参加了用于军事目的的科学研究。1948年,维纳(Wiener)和香农(Shannon)分别提出了控制论和信息论。一些生物学家看到了通信系统的信息传递原理可以用来说明人脑对外部刺激的加工过程。从此,信息处理问题的工作原理,被引用到有关人类认识的研究范围。从认知科学起源的角度来看,乔姆斯基(Chomsky)开创了心理语言学,并从语言习得的心理机制出发,从深层结构研究内部语言本质。他提出的关于语言受规则支配的性质有助于形成后来的符号处理模型,因为符号处理理论认为一切行为都是受“规则”支配的。心理语言学的出现,掀起了现代语言学的一场革命。与此同时,对认知科学有重大推动作用和深层影响的是计算机和人工智能的产生和发展。第二次世界大战前后,英国数学和逻辑学家图灵(Turing)等大胆设想制造能利用语言程序来进行思维和运算的机器,即所谓的图灵机。随着第一台电子计算机的诞生,人们不仅看到了通用图灵机的物理实现,更重要的是看到了这种物理装置如何神奇地表现出人类的某种智能。于是,认知科学领域的先驱者们似乎由此找到了建立人类认知与智能形式的有效工具,并认为人类认知与智能活动完全可以转换成计算程序进行模拟。

1956年,在美国达特茅斯学院召开的会议上,麦卡锡、明斯基、罗切斯特(Rochester)、香农等研究讨论人和计算机程序设计,让机器像人一样具有智能、能够思考和行动。这次人工智能研究计划的讨论标志着现代人工智能研究的开端,是计算机科学史上的一个里程碑。它使得“人工智能”作为计算机科学中一个独立的具有相当发展前景的地位得到了充分确定。可以说,从图灵的《计算机与智能》(1950)到麦卡洛克(Maculloch)和皮茨(Pitts)的《神经活动内在概念的逻辑演算》(1965),再到纽维尔和西蒙的《作为经验探索的计算机科学:符号和搜索》(1976),以“图灵机算法可计算”这一核心概念为基础,认知科学及发展领域已逐渐形成了“认知可算主义”的研究思想。1958年,西蒙等首次提出“物理符号系统”理论,认为人脑和计算机的运算都是利用符号的信息

加工过程——“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、大脑的神经元等”。有广泛影响的认知科学运动起源于美国，“认知科学”一词于1973年由朗盖特·希金斯开始使用，70年代后期才渐渐流行。在谈到认知科学起源时，塞尔说：“关于认知科学更多的有趣的东西是，它在美国理智生活中，在一定程度上是行为主义的对立面。它急切地表达了试图进入心智来研究认知过程，而取代仅仅研究对刺激的行为反应。它从认知心理学那里成长，但它需要比在心理学系可利用的资源还要多的来源。它需要来自计算机科学、语言学、哲学和人类学的源泉。正式的理念是，认知科学是关于心智研究的一种分支：它在行为主义失败的地方取得成功或试图取得成功，它试图研究心理过程内部的内容。”

可见，认知科学研究与发展的共同目标，就是要发现心智的表达和计算能力，以及它们在人脑的结构和功能表示。其实质就是要说明认知系统工作的内在机制和规律。

1975年，美国纽约市的斯隆基金会对认知科学的跨学科研究计划给予了大力支持，这对当时还处于起步阶段的一门新学科来说，起到了极其宝贵的作用。《认知科学》杂志在1977年的出版发行，使更多的人了解认知科学，同时有相当数量的教育和科研专家投身到认知科学的推广和研究之中。1979年召开的首届认知科学年会及随后在1981年《展望认知科学》一书的出版，正式向世界宣布认知科学从此作为一门新学科的诞生。此后，对认知科学的研究引起了各个国家的重视，并产生了大量的研究机构和学科设置。

第二节 认知科学的发展

科学史向人们表明，科学知识的形成和发展都要经过一系列曲折的发展过程。正像伽德纳在1988年所指出的：“认知科学作为一个概念或许已存在了40年，就是作为一门自我描述的广博学科亦已有十多年的历史。尽管这个领域存在的时间还不算长，但它已经历了一系列的发展阶段。”从认知科学的形成和发展来看，主要经历了3个时期：人工智能形成和发展时期、符号主义发展时期和联结主义发展时期。

一、人工智能形成和发展时期

人工智能从诞生发展到今天经历了一条漫长的路，许多科研人员都为此而不懈努力。人工智能可以追溯到电子学出现以前，像布尔及其他一些哲学家和数学

家建立的理论原则后来成为人工智能逻辑学的基础，而人工智能真正引起研究者的兴趣则是在计算机发明以后的事。技术的发展最终使得人们可以仿真人类的智能行为，至少看起来不太遥远。

20世纪40年代，由于战争对科学技术的要求，用计算机来模拟智能行为的研究适时兴起。维纳提出了控制论，这一学术思想在历史上可以认为是实现机器智能在哲学、理论及方法方面的一次全面探讨。控制论成为人们研制较简单（相对而言）的系统以及系统运行环境并不复杂情况下的一面旗帜。维纳理论所采用的基于连续动力学方程的方法对实际世界的描述是有益的。但由于技术条件的限制，并未能完全成为发展人工智能的基础。尽管如此，维纳在反馈理论上的研究最终让他提出了一个论断：所有人类智力的结果都是一种反馈的结果，通过不断地将结果反馈给机体而产生动作，进而产生了智能。比如，家里的抽水马桶就是一个十分好的例子，水之所以不会常流不断，正是因为有一个装置在检测水位的变化，如果水太多了，超过了规定的容量，水管就会自动关闭，这就实现了反馈，它是一种负反馈。维纳认为：如果连我们厕所里的装置都可以实现反馈了，那我们应该可以用一种机器实现反馈，进而实现人类智力的机器形式重现，这种观点和想法对于人工智能早期的理论有着重大的影响。

1956年，纽维尔与其他研究人员一起开发了“逻辑专家”（the Logic Theorist）程序。它采用树形结构，在程序运行时，寻找与可能答案最接近的树的分枝进行探索，以得到正确的答案。这个程序在人工智能的历史上有着相当重要的地位，给学术上和社会上带来了巨大的影响，我们现在所采用的思想方法，有许多还是来自这个20世纪50年代的程序。

1956年夏季，作为人工智能领域的另一位著名科学家麦卡锡在达特茅斯召集了一次会议，讨论人工智能未来的发展方向。会上麦卡锡和西蒙等倡议开展人类思维活动规律的研究，并给予“人工智能”的命名。由于提出来的目标简洁而又具有吸引力，很快便为科学界所接受。但由于方法论及追求的目标存在问题，为后来的研究者埋下了束缚思想的桎梏。尽管如此，这次会议给了人工智能奠基人相互交流的机会，并为未来人工智能的发展起到了铺垫的作用。此后，人工智能的研究重点开始转到以建立实用的能够自行解决问题的系统上来，并要求系统有学习能力。这次人工智能会议的召开标志着真正的人工智能领域正式形成，它是认知科学史上的一个里程碑。

1959年，纽维尔、西蒙等又开发了一个通用问题求解程序，称为“通用问题解决程序”（General Problem Solver, GPS），该程序使用“手段-目的”的分析法解决了一系列复杂程度较低的智能问题。它是对维纳的反馈理论在某些方面的扩展。与此同时，麦卡锡在人工智能领域做出一项重大贡献，他创建了表处理语

言 LISP。直到现在许多人工智能程序还在使用这种语言，它几乎成了人工智能的代名词。直到 21 世纪的今天，LISP 仍然在发展。

1963 年，美苏两个超级大国处于“冷战”时期，麻省理工学院得到了美国政府和国防部的支持，进行人工智能的专项研究。虽然它是为战略需要服务，但结果却使人工智能得到了巨大的发展。其后发展出的许多程序十分引人注目，STUDENT 系统可以解决代数问题，而 SIR 系统则开始理解简单的英文句子了，SIR 的出现导致了新学科——自然语言处理的出现。

1977 年，在第五届国际人工智能联合会会议上，费根鲍姆（Feigenbaum）在一篇题为《人工智能的艺术：知识工程课题及实例研究》的论文中系统地阐述了专家系统的思想，并提出了“知识工程”的概念。专家系统成就了一个巨大的进步，它第一次让人知道，计算机可以代替人类专家进行一些工作。这表明了“知识就是力量”的老命题在智能研究中又一次得到了确认。知识被看作是对决策过程直接产生影响，并关系到其成效或功能的信息，在智能系统中具有举足轻重的地位。

20 世纪 70 年代以后，随着数字信息技术、控制论的迅速发展，电子计算机及人工智能以其独特的功能进入各个领域，标志着一个计算机时代的来临。20 世纪 80 年代以来，由于智能机器人和第五代计算机研制计划的产生，使人工智能的研究进入了一个前所未有的阶段，而人工智能也在新世纪里引领着计算机发展的方向。

二、符号主义发展时期

符号主义，又称为逻辑主义、心理学派或计算机学派。其原理主要为物理符号系统（即符号操作系统）假设和有限合理性原理。由于符号是信息的载体，认知科学把智能系统看作是信息加工系统，实质上是一种符号操作系统。把智能归结为符号操作的思想可以追溯到怀特海（Wyndham）。他在 1927 年出版的《符号主义》一书中提出：“人的心智是符号在进行活动，即经验的某些成分发出意识、信念和情感，而这种活动关联着经验的另外成分。这些成分的前一个集合就是‘符号’，后一个集合则构成了符号的‘意义’。这种符号转化为意义的有机功能称为‘符号的所指’。”这种思想对符号主义的影响是非常明显的。符号主义学派认为人工智能源于数学逻辑，数学逻辑从 19 世纪末就获得了迅速发展，到 20 世纪开始用于描述智能行为，计算机出现以后，又在计算机上实现了逻辑演绎系统。

20 世纪 50 年代初，纽维尔和西蒙就指出，由计算机操作的二进制数串能够表达包括现实世界的任何东西，大脑和心灵与计算机一样，都不外是一种物理符号系统，无论它们在结构和动力机制上有多大不同，在计算机理层次上都具有产生、操作和处理抽象符号的能力。由西蒙、纽维尔和肖尔（Shor）发明的通用问

题解决器，到1956年已经能成功地解决简单的智力测验、命题演算定理的证明、机器编程等问题。纽维尔和西蒙指出：“计算机本身的活动在某些方面类似于认知过程。计算机接收信息、处理符号，在记忆中存储一件件事，再检索它们、分类输入、识别模式等。它们是否像人一样地做这些事并不重要，重要的是它们完全做到了。计算机的出现提供了必要的证据，证明认知过程是实在的……一些理论学家甚至坚持认为所有心理学都应该以计算机程序清楚地写出来。”西蒙进一步断言，直觉、顿悟和学习不再是人类专有，任何大型高速计算机都可以通过编程表现出这些能力。

从1956年在达特茅斯召开人工智能会议后，人工智能这一领域得到了飞速发展。相继发展了启发式算法、专家系统、知识工程理论与技术等，并在80年代取得很大的成就。符号主义曾长期一枝独秀，对人工智能的发展做出了重要贡献，尤其是“专家系统”的成功开发与应用，对人工智能走向工程应用具有特别重要的意义。为此，西蒙在1980年宣称：“在过去的25年里，就我们对人类思维过程的理解方式而言，任何社会科学的发展都比不上这次革命（即所谓信息处理革命）那么激进。”在其他学术流派出现以后，符号主义仍然是人工智能的主要流派。

三、联结主义发展时期

联结主义又称为仿生学派或生理学派、人工神经网络，其原理主要是神经网络及神经网络间的连接机制与学习算法。

联结主义的发展至今已走过半个多世纪的历程，纵观联结主义的发展历史，其发展过程大致可划分为3个阶段。

第一阶段——启蒙时期。这是神经网络研究的奠基阶段，大约是在20世纪的40年代至60年代初。1943年，美国神经生物学家沃伦·麦克劳奇（Warren McCulloch）和青年数学家瓦特·佩特兹（Walter Pitts）合作，发表了关于神经元如何工作的开拓性文章，提出了第一个人工神经元模型，并在此基础上抽象出神经元的数理模型，即著名的MP模型，开创了用电子装置模仿人脑结构和功能的新途径，拉开了人工神经网络研究的序幕，从而开辟了一条人工智能的发展道路。在此基础上，1949年神经生物学家多纳勒·海勃（Donald Hebb）从心理学与生理学之间的联系与沟通的角度入手，提出了神经元学习的一般规则，指出脑细胞间的通路每当参与某种活动时将被加强，这就是后来所称的Hebb学习法则。这一法则告诉人们：神经元之间突触的联系强度是可变的，这种可变性是学习和记忆的基础。Hebb法则为构造有学习功能的神经网络模型奠定了基础，至今仍为许多学习算法所采用。1957年，计算机科学家弗兰克·罗森布拉特（Frank Rosenblatt）发展了MP模型，首次引进了感知器（perceptron）概念。它由阈值

性神经元组成，试图模拟动物和人脑的感知和学习能力。感知器模型被认为是最早的神经网络模型，后来的一大类神经网络都是它的变形。他的成功之举大大激发了众多学者对神经网络的兴趣，并积极地参与到人工神经网络研究这个新的领域之中。从此，对神经网络的研究迎来了第一次高潮。

1960年，两位电机工程师伯纳德·威德鲁（Bernard Widrow）和马西恩·哈佛（Marcian Haff）又开发出自适应线性元（ADALINE）的网络模型，它是连续取值的线性网络，主要用于自适应系统。这与当时以顺序符号推理为基本特征的人工智能大相径庭，在学术界引起了很大的争议。

第二阶段——低潮时期。时间为整个20世纪70年代。正当一些科学工作者怀着极大的热情追求神经网络那遥远但并非不可及的目标时，人工智能的创始人之一明斯基和西摩尔·帕伯特（Seymour Papert）对以感知器为代表的网络系统的功能及其局限性从数学上做了深入地研究，并于1969年发表了颇有影响的《感知机》（*Perceptron*）一书。这本书认为单层的感知器只能作线性划分，并断言多层感知器不可能给出一种学习算法，因而也无科学价值可言。这一论断给当时人工神经网络的研究带来了沉重打击，而且由于当时数字计算机的研究正处于全盛时期，许多系统的问题和局限尚未显现，因此这个观点很快被不少人所接受。很多国家的一些研究机构纷纷停止对神经网络的研究资助，许多科研人员不得不转向其他领域。由此导致了神经网络发展史上长达10年的低潮期。

第三阶段——复兴时期。时间为20世纪80年代，这是神经网络理论研究的主要发展时期。1982年和1984年，美国物理学家霍普菲尔德（Hopfield）分别提出了Hopfield神经网络。他利用非线性动力学系统理论中的能量函数方法研究反馈人工神经网络的稳定性，并利用此方法建立求解优化计算机问题的系统方程式。基本的Hopfield神经网络是一个由非线性元件构成的全连接型单层反馈系统。它的电子电路的实现为神经计算机的研究奠定了基础，同时开拓了神经网络用于联想记忆和优化计算的新途径。在Hopfield神经网络理论的影响下，大量的研究人员又重新回到了神经网络的研究领域，很快在世界上又掀起了各学科关心神经网络的研究高潮。

1986年，由鲁梅尔哈特（Rumelhart）和麦克查肯德（McClelland）主编的有16位作者参加撰写的《并行分布处理：认知的微观结构探索》一书出版，在该书中他们提出人工神经网络研究就是力图体现大脑的分布式并行计算和非线性等特征。所建构的人工神经网络是一种具有大量连接的并行分布式处理器，具有通过学习获取知识并解决问题的能力，且知识是分布存储在与大脑神经元突触相类似的连接的权重中。因此，通过人工神经网络，联结主义者看到机器体现的思维如何从连接的各种模式中以一种“涌现”的方式产生。鲁梅尔哈特等提出多层网络中的反向传播（BP）算法，并行分布处理理论把人工神经网络的研究推