

中 国 科 学 院
认 知 科 学 和 智 能 研 究 中 心

第一次学术讨论会论文选集

1988 年 8 月
秦 皇 岛

中国科学院认知科学与智能研究中心

第一次学术讨论会论文选集

目 录

认知科学与智能研究当言.....	姚国正 汪云九 高 千 潘 峰	1
知识处理学进展.....	王树林	9
脉动阵列 — 专用巨型机.....	王士齐 戚余录	16
图形图象的结构描述.....	韦 穗 孔 兵	39
线画图形质地检测的一个神经网络模型.....		
.....	汪云九 李 锋 姚国正 潘 峰 吴新年	48
视觉感知的锥体结构.....	张大鹏	58
人类视觉系统超视锐度现象的神经网络数学模型研究		
.....	汪云九 程子习 姚国正 吴新年	66
智能空间数据库系统 ISDBS 的设计.....	吴健康	74
基于神经网络的第二代中医专家系统外壳 NNS.....	田 禾 戴汝为	86
关于可视程序调试系统 Visual Bug 的研究.....	刘方生 王 珏 戴汝为	94
基于属性的归纳知识获取系统 AIKAS.....	史忠植 韩建超	102
从经验中获取知识: 人工神经网络专家系统.....	杨一平 戴汝为	111
一种以传感为对象的诊断技术.....	方廷健 马丽丽	120
一种以音节为单位的汉语语音识别方案.....	宋剑鸣 俞铁城	125
一种基于多级矢量量化的全音节识别方法.....	赵 毅 黄泰翼	130
连续汉语的分段与识别.....	苑宝生 俞铁城	136
不认人单呼语音识别的研究.....	俞铁城 毕 宁	142
机器理解汉语的研究体会和设想.....	李家治	156
自然语言中的两个基础思想 — 概念运算与意象优选.....	李应潭	169
基于知识的汉语分层理解及其知识的表达		
.....	赵振南 龚育昌 李 凯 金铭原	174
CAM 中一类问题的 NP 完全性.....	王介生 李凤森	190
基于人工智能技术的 PCB 布线寻线.....	孙克玲	200
视知觉的功能层次 — 以似动力内循环的研究		
.....	何 生 张家杰 陈 霖 张达人	207

认知科学与智能研究刍言

姚国正 汪云九 高 千 潘 峰

(中国科学院生物物理所, 北京)

摘 要

本文从信息处理的角度出发, 扼要论述了认知科学与智能研究的面向计算的工作路线。在分析智能研究的历史和现状的基础上, 指出了视觉在该研究领域中的特殊意义, 并指出了视觉研究的策略。最后, 我们还阐述了生物系统信息自组织理论对了解脑的工作原理和智能本质、对智能机研制的意义。本文的目的, 是要提供认知科学与智能研究的发展趋势、应采取的技术路线和主要的研究内容。

一、迎接挑战

人类当前所面临的重大科学技术任务之一, 是要揭示大脑的工作原理和人类智能的本质, 以便制造出能模拟人的智能活动的智能机器, 开发智能应用技术。在过去的十年中, 一条通向理论大脑到底是怎样工作的行之有效的研究路线, 已越来越清楚地显现了出来: 我们不但必须研究脑的生物化学和生物物理机制, 研究脑的实际知觉行为, 而且还必须从理论层次上来研究脑, 也就是说, 我们需要研究脑实现其功能时所必须进行的计算(即信息处理)。事实上, 即使像“看”和“运动”这种看上去极简单、极容易解决的普通任务, 也必须进行复杂的信息处理才能够完成。因此, 正确理解脑怎样才能解决由视觉、运动控制等功能提出来的问题, 是极为重要的。自然, 理解脑还需要研究执行各种信息处理任务所使用的具体方法(算法), 研究神经硬件实现这些具体算法的方式(机制)。计算、算法和神经实现, 这是我们研究脑和认知问题的三个主要层次(D. Marr, 1982)。

关于脑到底怎样处理信息这个问题, 神经科学、心理学、计算机科学各自提出了一些很有价值的看法。为了在上述各主要层次上充分理解脑, 就有必要把这些不同的学科汇合起来, 制定共同的研究目标和工作计划。另一方面, 在人工智能、知识工程、机器视觉、机器人学等领域中, 当前正在发展一门包括视觉和运动控制在内的信息处理科学的基础。在这些研究中, 科学家是把人脑作为一台复杂而威力强大的信息处理机的活样板看待的。神经科学和心理学可以从这些理论进展中汲取营养, 因为这些理论有助于指导实验研究, 引导它们去探索脑的信息处理的实质性问题。反过来, 实验研究也一定会促进理论的发展。因此, 我们正面临着一个挑战, 这就是要面向计算, 把从事上述理论研究和实验研究的科学家联合起来。这种联合可能会导致脑和认知科学研究重点的策略性转移。

中国科学院认知科学及智能研究柔性中心的成立, 是迎接这一挑战所采取的一个重要部署。它体现了在神经科学、心理学、人工智能、计算机科学、工程学等领域前沿工

作的科学家利用交叉学科,研究脑的信息处理的共同目标和合作精神。中心的主要目标和任务将是:理论脑功能计算的神经实体,提出智能机的体系结构,开发智能应用技术,为发展我国的智能产业作出应有的贡献。

二、智能研究的历史和现状

从信息处理的角度出发研究脑和机器的智能,并不是今天才开始的。我国至少可以追溯到50年代认知心理学和人工智能的草创时期,更早可追溯到图灵的自动机理论。但是,把智能机研制作为一项科学技术的战略任务,则是近几年出现的一个新事物。

从脑和机器智能研究的历史来看,它主要是沿着不同的途径展开的:一条是人工智能(强调功能),另一条是神经网络(强调结构)。现在,我们面向计算,已有可能把脑的功能和结构统一起来加以研究,而且随着光学技术和电子学技术的迅速进步,制造智能机已成为一个相当现实的问题。

人工智能采用自上而下的方法,主要用计算机模拟人脑的思维功能。逻辑理论解程序(LT,A.Newell和H.A.Simon,1956),通用问题求解程序(GPS,1960),初级知觉和记忆程序(EPAM,E.A.Feigenbaum,1961),化合物结构解释系统(DENDRAL,1971),传染病辅助医疗系统(MYCIN,E.H.Shortliff,1976),等等,反映了人工智能研究的主要成果,体现了人工智能方法的主要特点。这些成果与方法,构成了日本五代机计划(1982)的基础。如上所述,人工智能着重研究的,是机器的思维问题;解决问题的关键则在于如何表达知识,如何使用知识。由于各种专家系统接连成功问世,看上去机器智能问题似乎已解决了,致使一些人误认为:把各种专家系统联合成大系统。就是认知科学和智能研究的主要方向。实际上,就算人工智能在机器思维方面是完全成功的,但它在机器翻译、机器视觉等方面还是接二连三地出了毛病。拿视觉来说,它的主要任务,是通过观看,认知外部世界中有什么东西,它们在什么地方。换言之,脑对外部世界中的时空客体的描述和识别,乃是认知的基础。认知问题的最终解决,将取决于对早期信息处理的研究和认识。因此,认知科学研究的重点是如何获取知识。这主要是一个归纳问题。要使传统的冯·诺依曼计算机具有人那样的视觉功能是难以想象的。另一方面,从方法上来说,人工智能是单一层次上的研究,即算法层次上的研究。事实上,算法是受计算问题和实现机制约束的。虽然人工智能提出过一些有益的建议,但它不可能全面地解决认知问题和机器智能化问题。当前,所谓智能模式识别研究,实质上都是在Marr的计算框架指导下展开的,是在三个层次上进行工作的。

神经网络采用自下而上的方法,它从结构出发,研究脑的功能。神经元的阈值元件模型(W.S.McCulloch和W.Pitts,1943),线性元件模型(H.K.Hartline,1965),神经记忆模型(E.R.Caianiello,1960),以及K.S.Lashley(1950)的记忆定位研究,D.O.Hebb(1949)的学习规律,乃至F.Rosenblatt(1962)的感知机,都可以认为是神经网络早期研究的代表。特别是阈值模型,它是最终导致诞生冯·诺依曼电子计算机的重要因素之一。当时人们的确是把它作为仿脑机器来看的。这种二进制串行机器的工作是由人(通过程序)操纵的,机器并不理解自身工作的意义。如前所述,这种机器不适用于处理感知(特别是视觉)信号的识别问题。神经网络研究的基础,是神经生理学、心理学、临床神经病

学、计算机科学。我们现在知道，缺乏高瞻远瞩的观点和理论指导，是导致机器感知研究失败的主要原因，而这正好为Marr开创视觉计算理论提供了机会。

Marr的视觉计算理论不但有力地促进了人工智能的新发展，而且对神经网络的研究具有重要的指导作用。计算视觉正在发展成为计算机神经科学。在70年代，福岛邦彦(1975)提出了认知机，T.Kohonen(1977)提出了联想记忆理论，但并未形成网络研究的高潮。80年代初，由J.Hopfield(1982,1985)提出的理解神经网络集体运算功能的理论框架，却引发了神经网络研究的第二次高潮。而这个框架，如Hopfield本人指出的那样，正是在Marr的理论指引下发展起来的。神经网络动力学和联接主义(J.A.Feldman和D.H.Ballard, 1982)相结合，构成了并行分布处理(D.E.Rumelhart和J.L.McClelland, 1986)的基础。并行分布处理的特点是：从微观结构出发研究认知算法，即通过由神经元和突触构成的神经网络模型研究，提出心理学算法。利用这种方法，美国已研制出一种并行处理机——玻尔兹曼机。

鉴于当今神经网络研制所取得的巨大进步，美国电气电子工程师协会于1987年6月在圣迭戈召开了首次国际神经网络学术会议，成立了国际神经网络协会(INNS)，出版了神经网络杂志(Neural Networks)。会议的主要论题包括：(1)神经计算领域正处于蓬勃发展的状态，(2)人工智能山穷水尽，网络计算欣欣向荣，(3)我们的目的是要制造一个脑，(4)下一步应该做哪些研究，(5)神经计算机能做什么工作。对于第(5)点，人们提出，神经计算机(即智能机)主要具有下述功能：

1. 能训练神经计算机做算术运算和各种逻辑运算，制定输入——输出映射一览表，实现巴甫洛夫条件反射；
2. 能识别二维时空模式。例如，印刷体或手写体数字和字母、人脸、船舶、飞机、光谱、色谱、声纳、心电图、语音、音乐等；
3. 能识别不完整的、大小不同和朝向变化的模式；
4. 是出色的专家系统；
5. 有快速检测数据库的能力，即使信息不完全也能完成检测任务；
6. 可用来研究神经生理学、心理学，认知科学；
7. 能解决串行机所不能解决的“硬”问题；
8. 能进行智能活动；

由此看来，面向计算的并行分布处理是研究智能的有力工具，是目前研究脑的工作原理和人类智能本质及智能产业的一个主要方向。

三、关于视觉研究

在论述人工智能和神经网络时，我们曾两次提到Marr的视觉计算理论的重要性，实际上，全面地研究视觉信息的接收、传递、加工、识别、利用，是揭示大脑奥秘的一个突破口。视觉信息加工是国家自然科学基金会确认的重点项目之一。因此谈认知科学和智能研究，就不能不提到视觉研究问题。

人们认为，Marr的计算理论(1982)是迄今最完善的视觉理论。N.S.Sutherland(1982)提出：Marr所著《视觉》一书，可能是自亥姆霍兹发表《生理光学》以来关于本学

科的一部最重要的著作。它使神经科学研究第一次有了理论上的指导。Marr理论的要点是：

1. 该理论认为，视觉是一个复杂的信息处理任务，其主要目的，在于通过观看认知外部世界。因此视觉研究的核心是视觉的表象问题和处理问题。

2. 要完整地理解视觉，就必须在三个不同的层次上对它进行解释。这三个层次是：计算理论、表象和算法、硬件实现。

3. 从理论层次看，视觉任务是分阶段完成的，视觉信息处理必须用三级内部表象来描述。这三级表象是：图像表象、可见表面表象、三维模型表象。

4. 视觉是按功能模块的方式组织起来的。换言之，在图像中被编码的可见表面信息，是由一些几乎互相独立的处理过程分别实现解码任务的。

5. 在研究各处理过程、从图像恢复表面几何结构时，用公式表示计算理论的一个关键性步骤，就是要根据外部世界的一般性质，找出有关问题的约束条件，并把它们变成精密的假设。从而得到确凿的、经得起考验的结论。

因此，计算理论的一个重要特征，在于它使视觉研究变得十分严密，使视觉从描述的水平提高到分析的水平。应用数学物理方法对认知过程进行分层次的系统的描述，这是Marr的一个创举。它的威力是那么强大，以致视觉计算理论一出现，大批令人瞩目的新成果便蜂拥而至，构成了一幅光彩夺目的美丽图画。计算视觉不仅一跃而成为当今世界视觉研究的主流，而且揭开了计算神经科学的序幕，迎来了神经网络研究的第二次高潮，特别是神经网络集体运算性质的研究，向冯·诺依曼计算机提出了有力的挑战。揭示出能把大量神经元组装成具有高级功能的系统的设计原理，已成为当今智能研究的中心课题。神经计算机和视觉专家系统，则成了科学家们热烈讨论的话题。

由此可见，Marr的理论开创了视觉和神经科学研究的一代新风。他当时采取的研究路线是：计算理论→算法→实现机制。他之所以强调理论，是因为理论是一个新的解释层次，实际上在他之前并不存在什么视觉理论。但是，Marr本人曾明确提出：计算视觉的真正威力，在于理论、算法、硬件这三个层次上的综合研究。从算法的角度考虑，就必须强调上述三个层次之间的相互作用。因为算法不仅必须计算出理论所指定的功能，而且算法在硬件实现上必须是可能的。神经硬件本身也是一种约束条件。T. Poqio(1985)提出的视觉正则化理论，主要研究的是算法。他提倡的计算生物物理学研究路线是：理论→算法→实现机制。Poqio所强调的是实现算法的神经机制。因为非如此，就不可能了解脑的工作原理，而智能机的体系结构设计也将成为无本之木。

但是有一种见解认为，神经科学对研究智能机是无关宏旨的。显然，这把功能和结构割裂开来的看法，这种把智能机研制和基于神经网络的认知算法研究割裂开来的看法，是站不住脚的。当然，大脑是极其复杂的。大脑大约有150亿个神经元，神经元有200多种，而且每个神经元与其他神经元大约有1万个突触联系。正因为如此，才需要从各个不同的层次来研究脑。那么，怎么办呢？模拟大脑的结构，看来是不可能的，事实上也是不必要的。但在神经科学中，面向计算的认知算法研究是不可或缺的。事实已经表明，这一方法有助于揭示脑的工作原理，可以为智能机的设计提供生物学方面的依据。我们认为，在智能研究中，神经科学非常重要，麻省理工学院脑和认知科学系教学大纲

(1986), 加州理工学院制定的计算和神经系统研究计划(1986), 波士顿大学制定的认知和神经系统研究计划(1988), 日本提出的人类前沿科学研究计划(1986), 国际神经网络协会设立的中心课题(1987), 都可以说明这一点。

生物的功能和结构统一, 这是人们坚信不疑的一个观点, 我们要强调的, 只是使用功能的语言来描述结构, 以便了解、把握这种统一, 在视觉研究中, 有人已经证明, 神经网络是能够实现视觉功能的(例如视觉运动, C.Koch et al., 1986)。如果我们要在网络层次上了解视觉识别功能, 那么就应当:

1. 根据神经生理学和神经解剖学结果, 提出神经各级水平上感受野的合理数学模型;
2. 以模型神经元为基础, 建立具有初级视觉功能的神经网络模型, 并用心理学方法对模型的功能加以检验;
3. 研究神经网络的学习和联想记忆功能(以及神经网络的复杂行为, 例如极限环引子和混沌引子的计算意义);
4. 在上述研究基础上, 进一步建立能自识别视觉图像的多层次神经网络模型。

神经网络计算功能研究的主要技术途径是计算机实验和心理物理学实验。根据上述做法, 我们提出了视觉神经元的广义Gabor 函数模型(汪九云, 1985), 提出了立体视觉、纹理检测、运动方向检测、超视觉现象的计算模型。目前, 我们正在开展神经网络非线性和动态特性方面的工作。我们相信, 如果这项研究能贯彻到底, 就可能揭示网络层次上的视觉工作原理, 为智能模式识别机器的体系结构设计提供生物依据。

四、一个新动向——生物信息的自组织理论

自组织理论是研究脑的工作原理和人类智能本质、研制智能机和智能应用技术的另一条可行的途径。通常, 生物信息的自组织理论叫做新神经科学。清水博(1987)提出, 生物信息的自组织有以下特点:

从发生学的角度来看, 生物是能够产生信息的。因此, 在研究生物信息处理时, 不宜照搬物理学方法(例如热力学方法, 它把信息看成是负熵, 信息包含在熵中, 而系统的熵总是增大的)。由于生物物理学并不简单地等于生物学加物理学, 所以必须开创新的研究方法, 要勇于创新。从协同学(H.Haken, 1977)和耗散结构理论(I.Prigogine, 1977)这些新系统论出发, 生物所产生的信息, 实际上是系统自组织所产生的耗散结构。系统自组织的必要条件是: (1)系统是开放的; (2)系统远离平衡态; (3)系统中必须有非线性因素。不难证明, 生物系统是满足上述条件的。

系统自组织的一个典型例子, 是激光器发射出激光束。激光器的工作原理如图1所示。假定系统原先是稳定的, 它在原点处于稳定的平衡态。但是, 随着外界参数的变化, 稳定的平衡点就变得不稳定了, 并形成(一对)新的稳定点, 这就是“分叉现象”。分叉提供了产生新结构的可能性。在随机涨落的作用下, 系统从原有状态跃变到一个新的稳态, 出现“对称破缺”, 形成新的结构。这种结构就是系统自组织所产生的宏观有序的耗散结构。对物理系统, 当外界能量供应被切断时, 系统的耗散结构将彻底地消失。但在生物系统中形成的耗散结构则必须“固化”, 成为固定的结构。这种结构对组成系统的要素(例如肌肉中的肌浆球蛋白纤维, 视皮层中的超柱)具有制约作用。也就是说,

系统的这种“场信息”起着操作信息的作用。于是，系统就能在新的条件下进行自组织，产生出高层次的有序结构。可以认为，这种演化正是生物的发生过程，在大脑中形成信息长期记忆的过程。

除操作信息外，生物系统中还存在意义信息。光靠生物自身产生的操作信息，生物是不能认知外部世界信息的。生物是在严酷的环境中生存下去，不断进化的。因此，它必须不断地调节自己，必须正确地处理外界信息，从外部信息中自发地产生出信息。另一方面，不具备一定机能的生物是无法生存的。所以生物中的信息与生物的机能是有联系的。换言之，生物信息对生命系统的生存是有意义的，有价值的，生物中的信息必定是在意义论上的信息。对生物有意义的信息叫做自我意识（一般可分为知识、情绪、意志等三部分）。它的主要功能是区分自我与非自我。因为非如此生物就无从区分信息是从外部输入的还是由内部产生的，所以也就不可能感知外部信息。大脑的自我意识结构是作为自我而存在的一种意义系统，是自我的一切信息的整合体，即我们意识到的全部信息之间的一种内在关系。

例如，我们来考虑图形与背景分离的问题（参见图2）。在输入图像时，视觉感受器细胞兴奋，形成某种空间分布形式。这就是原始信息（不含什么意义的信息）。原始信息被并行地传入脑，在脑中进行并行处理。脑“合并”一部分原始信息，产生图形；“压缩”另一部分原始信息，构成背景。根据图形整体的意义，就能对组成图形的各个原始信息赋予要素的意义。很明显，这种信息的合并与压缩，只有在意义系统的约束下才能完成（否则，必然陷入演绎逻辑推理的解释学循环之中）。图形就是我们的知觉像，即自我意识所认识的有意义的信息。有线索说明，它正是视皮层神经元兴奋通过协同作用，自组织而产生的一种耗散结构。由是观之，人对外部世界的认识，乃是大脑在意义论上的信息自组织的一种结果。

根据上述认知机理制造出来的智能机至少具有这样两个特点：(1)它是自编程的（因为生物能自发地产生操作信息），(2)其计算结果将由机器自身予以解释，产生意义（因为生物能自发地产生自我意识，形成意义系统）。从这两点来看，智能机与传统的冯·诺依曼机是截然不同的。因此，生物信息自组织理论不但是我们理解脑的工作原理和智能本质的一种有用方法，而且也为我们研制智能机开辟了一条新的道路。

五、对认知科学与智能研究内容的建议

综上所述，我们认为：

1. 关于认知科学与智能研究，采取面向计算，利用交叉学科，在各个层次上探讨脑的工作原理和人类智能本质，研制智能机和开发智能应用技术，这是一条切实可行的路线。

2. 在该项目研究中，视觉研究具有特殊的意义。在视觉研究中应强调神经网络层次上的视觉功能研究，采取计算—算法—硬件机制这样一种研究策略。

3. 当前，我们还应当充分重视生物中信息自组织理论的研究。

4. 根据这种认识，认知科学和智能研究，应当由基础研究和智能技术两部分组成，主要的研究内容是：

(1) 基础研究

1.1 脑功能和结构的实验研究，包括神经生理学、心理学、神经心理学等；

1.2 理论研究，包括计算神经网络动力学、并行分布处理、生物信息的自组织等。

(2) 智能技术

2.1 智能机的研制（特别是智能机功能和体系结构的研究）；

2.2 智能应用技术，包括计算机智能辅助设计、软件生产自动化、计算机视觉、实时图像处理系统、自然语言理解、文字和书面语言的理解和机器翻译系统、知识工程、智能机器人等。

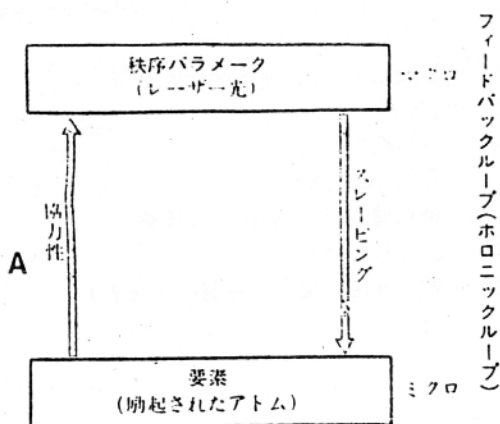
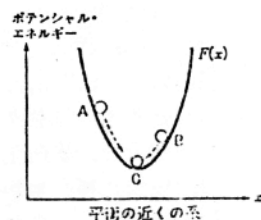


Fig 1



B

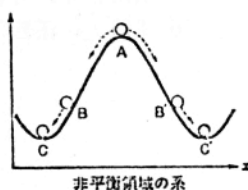


図68 平衡の近くの系と非平衡領域の系

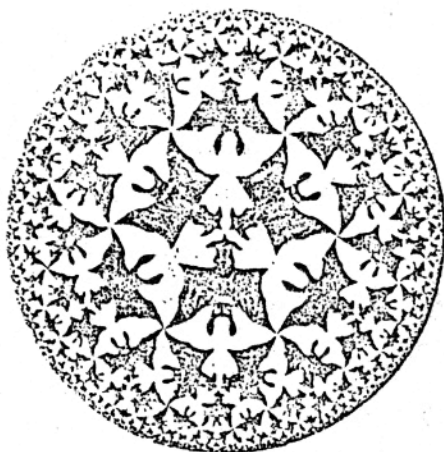


Fig 2

エッシャーの「天使と悪魔」 天使と悪魔はたがいに図と逆の関係にある。それらを同時に認識することはできない。

参 考 文 献

- [1] Feldman, J.A & Ballard, D.H, Cognitive Sci, No.6:205~254, 1982
- [2] 堀島邦彦, 神经回路と自己的组织化, 共立出版社(株式会社), 1979
- [3] Hopfield, J.J, Proc. Natl. Acad. Sci, U S A. 79:2254~57, 1982
- [4] Hopfield, J.J, et al, Biol. Cybern. 52:141~52, 1985
- [5] Kohonen, T. Associative Memory, Heiderg, Spring-Verlag, 1977
- [6] Marr, D. Vision, Freeman & Co, San Francisco 1982 (中译本: 视觉计算理论, 科学出版社, 1988, 姚国正, 刘磊, 汪云九译)
- [7] Poggio, T, Nature, 317(26):314~19, 1985
- [8] 清水博, 生命システムと情報, 1987
- [9] Rumelhart D.A. & Mc Clelland J.L(eds), Parallel Distributed Processing MIT Press, 1986
- [10] Winston, P.H, Artificial Intelligence Addison-Wooley, 1977
- [11] 汪云九, 自然杂志, 9(2):91-96, 1986
- [12] 汪云九, 姚国正, 自然杂志 10(11):813-817, 1987
- [13] 汪云九等, 生物物理学报, 1(2):123-33, 1985
- [14] 姚国正, 汪云九, 生命化学与生物物理进展, 15(2):94, 1988
- [15] 姚国正等, 信息与控制 13(5):42-52, 1984
- [16] 姚国正, 汪云九, 计算视觉与正则化理论, 信息与控制 (待发表)

知识处理学进展^{*1}

中国科学院计算技术研究所

王 树 林

我曾在1984年5月中美人工智能学术讨论会上提出：知识处理是将人类知识整体与计算机成就相结合的基础上，研究知识的结构、分类、预测、存取、获得、传输、表示、转换、管理、语言、利用、增殖、学习等问题有关的理论、方法、技术、工具和应用。

从工程实现的角度将知识处理分为三个层次：百科知识处理系统(EKPS)、知识处理系统(KPS)、专家系统(ES)，专家系统是作为知识处理工程实现的单元或细胞。

Feigenbaum 曾阐明知识工程的含义，他说：“‘知识工程’一词在日本人那里很吃香，因为在日本，工程技术人员有很高的地位，但是在英国，工程技术人员不享有这样的荣誉，在英国，人们主张使用‘专家系统’这个词。”，他还说“知识工程是人工智能的一种技术，它运用人工智能的原理和方法，为那些需要专家知识才能解决的应用课题提供求解的手段。”由此可见，知识工程就指专家系统。

用高级语言编写一个实用专家系统需要2-100人年，随着专家系统的发展，有必要加速研制专家系统的开发工具，专家系统工具正逐步走向实用化。

限于目前的工具、技术水平，描述一个领域知识，一般要相应几个或更多的专家系统实现，用一个专家系统实现专家日常工作的一个课题是可以做到的。因此，单纯地研究单个专家系统的技术已远远地不够了，必须研究由多个专家系统有机组成的知识处理系统。

由于知识获取课题尚没有突破性的进展，实现专家系统的最大难点在于领域专家知识的接口，由于专家系统工作者不熟悉该领域知识，在研制过程中要化费很大的力气。可想而知，研制知识处理系统会遇到更大的困难。除了专家系统本身问题之外，还要解决：多个专家系统的控制与管理；课题的分解；知识通讯、接口；在知识处理系统中的学习；以专家系统为处理对象的有关知识操作；知识处理的人机交互系统；维护问题等。

我们研制和实现了包含十多个专家系统及软件系统的“石油、天然气地震勘探资料解释知识处理系统”。

从知识处理学的观点来看，领域知识的划分与提出所要解决的问题划分有关，同时与运用科学方法力求将一些知识形成一门学科也有关。领域知识的划分是动态的，组成知识库的内容是可以组合的。在专家系统所组成的知识空间中，实现对不同的专家系统进行操作，可以重组、生成新的知识库，产生新的学科。用这种宏观的观点，对领域知识进行动态地分类，克服了传统的、僵化的分类法，在那里永远满足不了日益增长的新知识和新学科如何归类的问题。

任何领域知识都有它的特殊的知识，但是，领域知识（尤其是科学技术领域）的发展过程（宏观的）有着惊人的相似的地方。初步可列有以下一些共性：

有序性、目的性、系统性、坚定性、增殖性、可表示性、随机性、模糊性、不完备

性、模拟性、优化、工程化、吸收其它领域知识的优点来发展自己、从外界世界而来，经过世界的描述与知识表示，又作用于外界世界、运用科学方法、与人交互（人的因素本身以及与人接口）等。其中有序性和坚定性是主要的。

知识的增长并不象有人说的“知识爆炸”，知识增长的速度仍然是缓慢的，而与知识相联系的信息量、数据量、知识的物化、知识的凝结物，则表现为多种多样的，数量的增加是惊人的。知识处理学的研究是建立在知识的基本特性—有序性及坚定性的基础上的，科学的发展是处在不断地发现新事物、新现象，提出新问题，不断地检验、修正已有的理论、观点、方法、经验中前进的，知识处理就是在宏观意义下，解决知识流程的速度问题，促进物质、能量的转化，满足人们所需要的各种形式的产品。

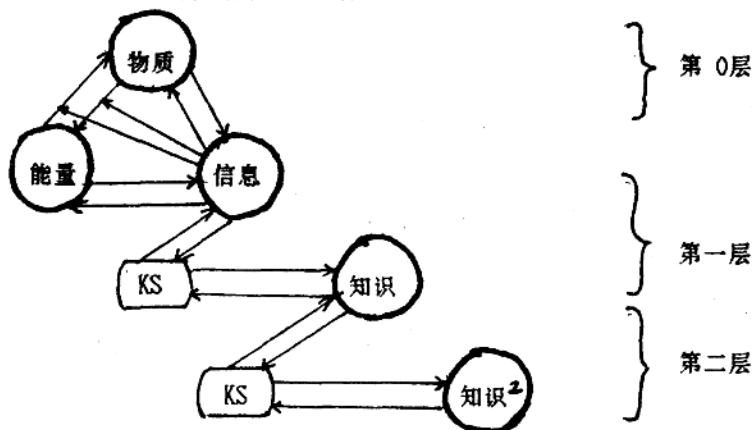
宏观知识流程即把宇宙看成是由物质、能量和信息组成的三元组。信息不是物质也不是能量的独立存在。物质、能量是信息的载体，知识是高级信息，是属于人类的，而信息是先于人类早就存在了。知识是人们对于可重复信息之间有联系的认识，信息（包括知识）不存在与物质或能量之间的转换问题（一种消失而转换成为另一种），信息能控制它们内部及它们中间的转换。人们的认识只有通过人们的感官接受信息，经过大脑对客观世界的信息进行加工，产生知识，人们不可能通过“超越信息”的途径来认识世界的。

信息分为自在的和自为的（有目的信息），只当信息的一部分或信息的抽象转化成为人类所能理解的形式时，才能成为人们的知识，知识是时代的产物。

在宏观知识流程的第0层中，信息对物质、能量本身及它们之间的转换起控制作用，人们关心物质、能量形式的变化及转换，生产各种产品。知识处理的任务在于将第0层与第1层联系起来，但产生的信息有利于向人们所规定的目的转化。信息本身是没有损耗的，任何多的信息也不能转化为能量或物质。

第1层的KS（知识系统）是由信息提炼成为知识，例如：BACON、AM及吴铁华机器发现的研究，把大量的数据通过智能系统得到这些数据所遵循的规律，一般的第一代专家系统也属于这个范畴。

在第2层中，将知识通过KS转化成为知识的知识。



人们大量的活动是探索具体领域的知识,经过观察、实验得到数据或发现新的事实、现象。综合学派学者所推崇的就是亲身实践然后加以科学总结,例如:医学、地学、化学知识,巴甫洛夫关于大脑两半球实验也属于这类。

关于知识的知识的研究,目前的成果还不多,专家系统中的元规则;科学方法论软件(在机器学习中应用)关于归纳、演绎、类比、知识组合、知识分解等操作属于这一类。一般来说,关于知识²是指总结出更高层次的知识控制知识。这一类的专家系统尚未出现。

研究宏观知识流程要与它们的结点、连接谓词联系起来,微观流程是指在结点内部,如知识处理系统、专家系统的内部以及连接谓词(可能用硬件或软件实现)中。研究的目的在于使从整体上加速知识的增殖、转换,使之在人们所感兴趣的物质、能量的转换和生产上发挥作用(以及在精神享受产品中起作用)。

知识处理学是研究关于一切领域知识的共性知识,因此,它与逻辑学、数学、方法论有密切的联系,相互促进,有新的发展,例如:模糊逻辑、非单调逻辑、概率逻辑、模糊数学、不确定推理;与以下学科也有密切的联系:系统论、耗散论、控制论、协同论、科学结构论、科学能力论、科学逻辑学等。另外与神经生理学、脑心理学、模拟神经网络功能及其实现、计算机与人的因素等。

由于知识处理学的发展,提出或促进以下课题的研究和发展:知识处理对科学方法论的影响;检验和发展人工智能的方法和技术;促进机器学习、机器发现的研究;发展知识表示论研究;知识工业;知识处理系统等。下面就我们研究的几个问题作一些简要的介绍。

1. 知识工业²

不是传统的发展教育事业,培养和造就大批人才在各个领域发挥作用的概念,而是以知识处理学为基础,发展和研制各层次的知识系统,与人的作用相结合,自动或半自动生成专家系统、知识处理系统,与现存的工业联系起来,在不同的层次和领域促进物质、能量的转换,使知识成为产品,研制出不同领域知识库芯片。知识工业系统有关的理论、方法、技术是一个庞大的系统,需要专门的研究和讨论。其中的关键技术是知识处理和专家系统的工具,能够提供领域专家及一般科技工作者喜欢使用的工具,提供从自然记载知识到知识表示的转换。知识工业的建立有一个发展过程,许多方法、理论问题亦应有相应的发展。

2. 知识处理学在教育中的应用

传统的教育对逻辑、数学的严格训练极为重视,例如,欧氏几何的学习和练习花去不少的时间。由于欧氏几何在逻辑上的完备性及直观的几何形象,确实起到一定的作用。但给学生的印象是:知识是完备的、严谨的,缺乏展示知识是生动的、不完备的一面,波利亚³就注意启发式的教学。他更加注意培养青年启发式的思维方法,而把逻辑推理和证明放在适应的地位。归纳方法在推动科学进步,确实有其重要的作用。在知识处理中注重归纳方法及其软件实现。我们从来都重视演绎方法,把它作为发展知识,完善知识

统的推理系统^{#4}这类系统正在不断地改进成为实际生成专家系统的工具。建立以知识处理为设计思想的教学工具,将在教育中引起重大的变化。将学习知识与获取知识系统结合起来,使之更有效率、有针对性、富于趣味性,结合个人条件、心理因素,培养各类人才,适应各种职业教育和模拟训练,使设置教学课程符合人类知识增加的规律,围绕知识有序化为线索进行教学,培养掌握科学方法和探索精神,展示知识的发展趋势的生动过程,删去冗余的、死板无用的内容,在整个教育过程充分利用知识处理工具。

3. 知识处理系统是当代的智能机

历经数值处理阶段(以数值分析和高级语言为代表)和数据处理阶段(以数据库为代表)之后,当代进入了知识处理阶段(以专家系统、知识库为代表)。计算机的发展不可能跳过这个阶段而进入更高的阶段。

过去的以元件规划分的计算机“代”,并设有反映计算机应用及计算机总体设计随着“代”的变更而发生本质的变化,可以肯定,由于知识处理的研究将使计算机应用及总体会发生巨大的实质性的变化。由于专家系统的研究在世界范围掀起热潮,说明社会的需要和发展的必然。

自从50年代就有人提出非Von Neumann 机的设计,由于他们的研究目标不明确,实际上并没有提出非Von Neumann 机器。曾经有人把栈结构机、高级语言机、操作系统机、数据流机,显然,这些都不是非Von Neumann 机。

如果说智能机的设计反映当时人工智能方法和技术的水平的话,人工智能是在不断发展的。不能从人类智能的功能出发,要求智能机实现这些功能,而应实现当代迫切需要解决的智能问题。知识处理系统有广泛的应用基础,有推广应用价值,再则,从计算技术来看是可行的、现实的。

4. 知识处理、专家系统开发环境

研制知识处理、专家系统的开发工具和环境^{#5},有利于建立各个领域的知识处理系统和专家系统,开发环境不可能脱离实用专家系统而独立发展,一经建成这类开发环境,将有利于各个具体领域的应用,有利于跨学科的研究。

5. 促进程序设计自动化的发展

多年来程序设计工作者所追求的目标是:只告诉机器做什么而不必告诉它如何做。高级语言、软件工程学、结构程序设计朝着这个目标努力。希望解决“软件危机”的软件工程学仍然面临着挑战,一些软件专家承认软件危机仍存在,或说面临“新的软件危机”。

从知识处理学的观点看来,程序设计是一项智力活动,是一项特殊的,复杂的领域的专家系统。研究软件的研制,不能脱离软件的研制原理及专家的经验。用知识处理的方法研究程序自动化将会促进它的发展。

我们开展了一个具体的知识处理系统的研究,已经取得了阶段性的成果,取得了经验,这就是“石油、天然气地震勘探资料解释知识处理系统”^{#6},由以下一组专家系统及系统组成:

- 地震相解释专家系统SFAES
- 地质构造解释专家系统SIS
- 直接找油专家系统DFOGES
- 闭合解释专家系统CCS
- 确定井位专家系统OLEWES
- 拟自然语言接口
- 知识处理、专家系统开发环境ZHI
- 知识获取系统
- 知识处理系统MONITOR
- 决策管理专家系统
- 应用软件环境, 以及
- 面向知识处理的分布式智能工作站及其应用

以下仅就其中部分系统作一简介:

1. 地震相解释专家系统SFAES

SFAES 系统是解决石油、天然气地震勘探资料解释中的地震相分析问题。系统组织采用多级控制黑板结构, 这种控制结构能很好地适用于复杂的地震相知识组织与控制, 共分为 6 个层次: 剖面数据、子波、同相轴段、同相轴、剖面区域、地震相。通过 SFAES, 可以分析解释以下反射结构: 平行的、亚平行的、发散的、杂乱的、迭瓦的、S 型、斜交型、S-斜交复合型等^[8]。本系统已鉴定。

2. 地质构造解释专家系统SIS

SIS 系统采用黑板结构实现地震勘探资料中的地质构造解释问题, 根据数据处理之后的剖面数据作为输入, 对子波、同相轴段、同相轴进行识别、分析自动追踪确定层位, 对于断层难题给予部分解决, 对于某些油田的具体地质构造可以得到基本解决, 对于复杂的断层对于专家也是难题, 需要通过交互的方法与人交换信息。本系统已在 VAX 机上调试出正确的结果。

3. 直接找油专家系统DFOGES

本系统是在调查几个油田的实际情况及国内外成果的基础上设计而成, DFOGES在归纳、总结直接找油、气(HCI)的原理和方法, 并请教有关专家吸收他们的经验的基础上实现的。系统根据剖面(未经偏移、叠加的)拾取子波的振幅、频率、速度, 进行分析, 得出各种有关直接找油的若干特征曲线。本系统在“银河”机上调试出结果。

4. 地震剖面闭合解释专家系统CCS

这个系统是知识处理系统的一部分, 为了检验剖面解释是否正确、一致, 总结了剖面闭合的原理和方法, 设计了此诊断型专家系统。系统采用了松弛的图形表示描述地质构造形态, 利用模糊数学的隶属函数定量地描述地质特征。同时还解决了偏移剖面的闭合问题。

5. 确定井位专家系统

根据油田积累的各种参数信息、数据处理资料和剖面解释的成果、测井数据、有关地质资料, 总结物探专家的经验, 推断出有利于存储油气的地质构造, 并对构造、油气

规模及质量进行综合评价, 给出合适的钻井井位。

6. 应用软件环境

提供剖面输入管理软件、输出等值线图、输出彩色图象、数据库管理系统、文件系统、数模化板及鼠标器管理系统等。

7. 专家系统开发环境与工具

设计和实现了函数型及逻辑型人工智能、专家系统语言并提供了常用的知识表示如: 谓词演算、产生式系统、框架结构、语义网络等工具, 便于书写专家系统, 系统允许采用多种知识表示同时使用, 为改进、完善化系统, 使之达到生成专家系统的实用工具, 本系统基本部分已调出, 可以交付书写专家系统。

8. 拟自然语言接口

从语用观点出发, 设计出受限的自然语言集合, 适用于地震勘探有关专家、工作者习惯的表达格式, 自动地加工成为内部的表示形式, 使用户感到非常方便。

9. 知识获取系统

采用人一机对话的方法, 询问用户一些参数, 通过机器学习程序积累已解题的经验, 由用户确认所学到的知识是否正确, 如正确; 通过知识库管理员修改知识库, 否则, 将继续积累学习经验。知识获取系统与拟自然语言接口相连。

10. 知识处理系统MONITOR

本知识处理系统提供统一的知识表示形式, 提供专家系统之间关系的描述, 这些专家系统之间是平等的、分布式的, 利用黑板结构把它们之间的通讯、运行知识状态、数据、信息缓冲联系起来, 不受专家系统个数的限制, 便于扩充专家系统个数。

研究地震勘探知识处理系统的重要意义在于, 从实用的专家系统出发, 而不是想象的抽象的一组专家系统, 取得切实的、丰富的经验。这个知识处理系统具有很强的实用性, 同时具有代表性, 它是经验型专家系统集合, 问题极为复杂, 工程量非常大, 这个系统的实现将为解决地震勘探的自动化打下坚实的基础, 通过实践将成为一个实用系统。

通过这类知识处理系统的研究取得经验, 为实现一般的处理知识系统提供理论、方法和技术。

除了知识处理学、知识处理系统的研究工作, 我们还研制了若干专家系统及人工智能课题, 现介绍其中的几个:

1. 《有机物结构综合谱图解释专家系统》*9

本专家系统是一个典型的规则库专家系统, 规则库分为两级, 规则集及元规则集。系统根据碳谱、氢谱、质谱、红外谱综合解释确立有机物分子结构。此系统由以下子系统组成: 知识库管理系统、推理机制、解释子系统、定分子式、结构枚举生成、约束条件的利用排除不可能结构、生成有机物分子后选结构等。系统能胜任对烷、烯、炔、醇、酮、醛、醚、酸、芳香族等有机物的谱图解释及结构鉴定工作。

2. 自然语言翻译专家系统*10

本系统是第三代机器翻译系统, 将人工智能、专家系统方法运用到翻译中去, 建立翻译者知识库, 运用黑板控制结构, 将语法、语义规则及翻译者的经验写进知识库中,

总结过去的失败、成功的两方面的教训,实现了一个切实有效的方案。

3. 自动发现的研究*11

吴秩华提出归纳的方法解决从大量数据自动发现数据所遵循规律的课题,所得到的结果包括BACON所发现的公式,并且大大地超过了BACON的解题范围,已经取得成果。

此外,我们还在机器学习、创造工程学*12、智能教学专家系统、医疗诊断专家系统、自然语言处理*13、百科知识处理系统、跨学科研究*14、面向地震勘探智能工作站等课题做了大量的研究工作。

- *1 《知识处理学》 1988年出版 王树林
- *2 《知识工业的开拓》 轻工业出版社出版 王树林、李伶
- *3 波利亚:《数学与猜想》 科学出版社
- *4 《REST:一个基于规划的专家系统构造工具》 廖乐健、王树林
《基于框架知识表示的专家系统环境—FRES》 李伶、王树林
- *5 《综合型AI语言的研究与开发》 王卫、王树林
- *6 参加这项工作的有:王树林、吴秩华、徐越、徐华、袁曙涛、胡湘云、陆新、刘文革、刘宏、刘恒、王卫、李伶、廖乐健、彭六三
- *7 《The Interpretation on Seismic Facies Expert System:SFAES》 (Wang Shulin, Xu Yue), 11nd Conference on Computer & Applications. P.P.592-596
- *8 刘文革解释了更多的反射结构,并精化了 SFAES,研制了改进文本SFAES.2
- *9 参加本项研究的:王树林、袁志宏、付少华、陈康
- *10 参加本项研究工作的:王树林、林红、熊南燕、许金喜
- *11 A Practical Approach to Automated Discovery (Wa Yihua)1988.
- *12 王树林:《创造工程引论》 1984.12
- *13 王树林:《知识处理与自然语言处理》 1985.8
- *14 王树林:《知识处理研究笔记》 1984.