



香山科学会议 年报 (1997)

赵生才 周春来 主编

科学出版社

香山科学会议年报

(1997)

赵生才 周春来 主编

科学出版社

1999

内 容 简 介

香山科学会议主要探讨重要的科学前沿及走向、科技发展趋势,特别是21世纪我国的科技发展战略。会议已对科技规划、重大科研项目遴选、基金申请和学科结构的调整等产生了积极作用,并在科研机构、大学和产业部门之间起了桥梁作用。本书收编了1997年23次香山科学会议的《简报》、《情况反映》,内容涉及生命科学、地球科学、化学、物理学、材料科学及重要技术领域等23个专题,概要介绍了会议讨论的主要论点,是广大科技工作者、科技管理干部和大专院校师生了解香山科学会议,以及科技前沿的一个窗口。

图书在版编目(CIP)数据

香山科学会议年报 1997/赵生才,周春来主编. -北京:科学出版社,1999.6

ISBN 7-03-007482-3

I. 香… II. ①赵…②周… III. 自然科学-学术会议-中国-1997-年报 IV. N272

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 10478 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

丽源印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999年6月第一版 开本:787×1092 1/16

1999年6月第一次印刷 印张:11 1/4

印数:1—2 000 字数:262 000

定价:16.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

香山科学会议组织机构

科学顾问

卢嘉锡 周光召 朱光亚 路甬祥
朱丽兰 惠永正 张存浩 陈能宽
唐有祺 许智宏 吴文俊 严东生
涂光炽 邹承鲁 师昌绪

组织委员会

主 任 张 焘

副 主 任 邵立勤 曹效业

委 员 (按姓氏笔画排列)

王玉民 邵立勤 张 焘 林 泉

郭传杰 袁海波 黄 黔 曹效业

韩存志 葛能全

EAG 2057 06

前 言

香山科学会议是由科技部发起,并在科技部和中国科学院大力支持下于1993年正式创立的。香山科学会议的宗旨是“创造环境,促进创新”。香山科学会议大力弘扬科学精神,倡导学术民主,面向科学前沿,面向科学未来,促进学科的交叉和综合,促进整体性研究,以促进科学创新。

香山科学会议以自由交流的学术环境,以评述报告、专题发言和深入讨论的活动方式,以面向科学前沿和科学未来的科学主题,吸引科学家把注意力和兴趣投向最重要的特别是学科交叉的前沿问题,促进科学思想创新,推动我国科学技术发展。在有关部委支持下,在广大科学家的积极参与和推动下,香山科学会议已成为国内学术界享有声誉的常设性高层次的学术会议组织。香山科学会议以其独具特色的运作方式和出色的科学活动,对有关部委制定科技政策和立项决策,对繁荣我国科技事业已产生重要影响。

香山科学会议1997年度共组织了23次学术讨论会,科学主题涉及复杂性科学、空间科学、脑科学、纳米化学、地史期古环境变化、火灾科学、信息科学、生命科学(生物进化论、生命早期化学演化)、技术科学(洁净核能系统、计算机模拟、DNA芯片)、可持续发展对科学的挑战(农业、绿色化学),以及中国科学政策问题等领域。1997年香山科学会议的科学主题从多个角度、多个侧面反映了我国科学家对当代科学前沿和发展趋势的关注。香山科学会议多学科学术交流与聚焦探讨,既有利于科学家加深对前沿性、前瞻性的科学问题、关键技术的理解并将认识升华到一个新的高度,也有利于他们在现有工作基础上,了解最新科学动态,吸纳最新科学信息,以最新思考把握未来的发展方向和发展机会。

香山科学会议首先十分重视每次学术讨论会的学术交流质量,同时,通过编辑《香山科学会议简报》及时客观翔实地反映每次讨论会的学术交流情况,编辑《香山科学会议情况反映》及时反映科学家对科学问题、科学政策等方面的重要主张、观点、呼吁和建议。香山科学会议还以《简报》和《情况反映》为主要内容,并收集有关香山科学会议的资料,不断编辑出版《香山科学会议年报》,提供给广大科技人员和科技管理部门,期望“资源共享”,并引起兴趣和讨论。《香山科学会议年报》也是香山科学会议活动的历史记录。《简报》是在每次学术讨论会筹备组工作人员的会议纪录整理基础上由本年报编者撰写的,简报内容的详细程度、容量和结构、表达方式,不尽相同。跨学科的前沿性、整体性、交叉性讨论等增加了简报编写的难度,因而对于会议丰富的内容和有启发性的新思想火花或创新思想,有可能反映得不够,甚至会有重要遗漏。

实践说明,按香山科学会议的宗旨和风格办好会议确非易事,非常需要学术界及社会的广泛关怀和有力支持,需要长期地不断地探索。香山科学会议作为一个新生事物,尚在不断探索、发展中。因此,希望《香山科学会议年报》能成为广大科技人员和各方面了解香山科学会议活动状况的窗口。我们衷心地希望科技界和全社会关心、爱护、帮助、支持香山科学会议,使它在不断的实践中探索前进,办出新水平,办出新风格,产生更大的影响,

为我国的科技发展、科技创新和人才培养做出贡献。

每期《简报》和《情况反映》的撰写与编辑中,韩军同志负责计算机文字处理工作,为《年报》的出版创造了很好基础。由于编辑经验不足,编辑工作难免有错误之处,敬请批评指正。

编 者

1998 年 11 月

香山科学会议简报

——学术讨论会综述

开放的复杂巨系统的理论与实践

香山科学会议第 68 次学术讨论会于 1997 年 1 月 6~9 日在北京香山举行,会议主题为“开放的复杂巨系统的理论与实践”。会议由宋健和戴汝为两位院士担任执行主席。参加讨论会的有钱学森、许国志、曾庆存、陈能宽、周干峙、张钹、汪成为、赵玉芬等 10 位院士和来自系统科学、数学、物理、生物、化学、计算机、软科学、军事、经济、气象、石油、化工、建筑、材料、认知科学、人工智能、社会科学、哲学等领域的近 50 名专家学者,这是一次学科跨度很大的探讨 21 世纪科学发展的讨论会。

开放的复杂巨系统的概念是我国著名科学家钱学森院士于 80 年代末总结和提炼出来的。以钱学森、于景元、戴汝为三人署名的论文《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》在《自然杂志》1990 年第 1 期发表,首次向世人公布了这一新的科学领域及其基本观点:对于自然界和人类社会一些极其复杂的事物,从系统学的观点来看,可以用开放的复杂巨系统来描述。处理这种开放的复杂巨系统,在目前只能用从定性到定量的综合集成法。1992 年初,钱学森院士集他几十年来参加各种学术讨论会的经验,加上现代新的科技成果,提出建设从定性到定量综合集成研讨厅体系,这就使得综合集成法有了一个可操作的具体系统。1992 年底进一步提出“要把人的思维、思维的成果、人的知识、智慧以及各种情报、资料统统集成起来,可以叫大成智慧工程。中国有‘集大成’之说,集其大成,得智慧嘛。”

这次香山科学会议以“开放的复杂巨系统的理论和实践”为科学主题,旨在对复杂性科学的理论和方法的最新进展进行大视野、多角度、高层次的学科交叉和研究讨论,促进该领域的发展。

一、开放的复杂巨系统的一般理论及其方法论进展

开放的复杂巨系统的提出者与倡导者、著名的科学家钱学森院士,在他的书面发言中再次从科学方法论的高度论证了开放的复杂巨系统及其方法论的有效性,他说:

“关于开放的复杂巨系统,由于其开放性和复杂性,我们不能用还原论的办法来处理它,不能像经典统计物理,以及由此派生的处理开放的简单巨系统的方法那样来处理,我们必须用依靠宏观观察、只求解决一定时期的发展变化的方法。所以,任何一次解答都不可能是一劳永逸的,它只能管一定的时期。过一段时间,宏观情况变了,巨系统成员本身也会有其变化,具体的计算参量及其相互关系都会有变化。因此,对开放的复杂巨系统,只能作比较短期的预测计算,过了一定时期,要根据新的宏观观察,对方法作新的调整。

这样说来,开放的复杂巨系统理论及方法有其局限性,但这样认识是实事求是的,这种理论和方法也是有效的,因为它比那些脱离现实的所谓‘理论’更合乎实际。”

宋健院士作了题为“对系统科学的挑战”的综述报告,旁征博引,从自然科学和社会科学多方面阐述了系统的开放性、复杂性以及系统的规模大小对系统的性质所具有的巨大影响等极具挑战性的科学问题。

对于开放性,他从多个方面进行了阐述,指出在自然科学中,物理学、化学、生物学提供给我们一条基本的科学原理是:任何一个系统,只有在开放的环境下,不断地与外界交换能量、物质、信息,才能健康地发展壮大。相反,一个封闭的系统只能逐步走向衰亡。宋健讨论了中国古代数学的发展历程,认为科学的发展史也证明了开放性的重要作用。当今社会,经济、科技已是紧密联系的大系统,谁也不能置身世外,陶潜所梦想的“不知有汉,无论魏晋”的桃花源,本身就是幻想,现代更不可能存在。

接着,他从社会科学方面进一步论述了开放性的重要意义。他说开放性对于文明的延续和发展同样起着重要的作用。由于墨西哥玛雅文化的闭塞发展,导致了在西班牙人入侵时毫无抵抗能力,全民族遭迫害,玛雅文化从此衰微。中国自明末以来的闭关锁国政策,特别是中国的康熙皇帝,与比他小 20 岁的俄国彼得大帝采用了两种不同的政策,从而导致两种不同结果,说明 400 年的封闭,独居无友,孤陋寡闻,搞得中国贫穷落后,愚昧无知。他还以产业革命以来世界经济的发展状况,特别是亚洲的几个新兴工业国依靠开放迅速发展,以及十一届三中全会以来,中国的改革开放政策导致中国经济以及科学事业蓬勃发展的实例,进一步说明了开放的重要性,强调不管世界上发生了什么事情,从长远来看,都要坚持中国的开放性。这是中国科技事业得以持续前进,不断接近世界前沿,进而达到国际先进水平不可缺少的必要条件。十多万青年学者出国留学,很多人已回国效力并在各条战线担任重要职务,这是中国历史上最大的一次开放运动所取得的成就。

宋健院士认为对复杂性现在还没有一致的、统一的定义,甚至在 Santa Fe Institute 不少人也怀疑能否建立复杂系统的统一理论,而且好像还陷入困惑当中。因此,如果能对复杂性作出明晰的界定,对这门学科的发展是有意義的。他还从生命系统和微分几何的领域进一步讨论了复杂性的问题。

最后,他引用 Haken 的一句话:“系统科学的概念是中国学者较早提出来的,这对理解和解决现代科学、推动它的发展方面是十分重要的。中国是充分认识到了系统科学巨大重要性的国家之一”,强调研究开放的复杂巨系统还需要创新,认为中国人在系统学的研究上应该能够作出贡献。

航天部 710 所于景元研究员作了题为“开放的复杂巨系统——一个正在发展的新领域”的评述报告,对开放复杂巨系统的内容作了系统的阐述,并对已有的一些结果作了介

绍。他说,开放的复杂巨系统及其方法论——从定性到定量的综合集成方法,是在钱学森院士倡导和指导下,从1986年开始的“系统学讨论班”上经过不断地抽象后提炼出来的。系统学是研究系统结构与功能,包括演化、协同与控制的一般规律的科学。钱老多次指出,要把控制的思想 and 概念引入到系统学之中。我们不仅要认识系统规律,还要利用这些规律去控制和管理系统,使系统具有我们希望的功能。钱老提出的系统分类方法,其核心思想是按系统复杂性的层次进行分类。根据组成系统的子系统、子系统种类多少将系统分为简单系统与巨系统;对于巨系统,根据它们之间关联关系的复杂程度,可分为简单巨系统、复杂巨系统以及特殊复杂巨系统。如果系统和它的环境有物质、能量、信息的交换,就称作开放的。开放的复杂巨系统在时间、空间以及功能上都存在层次结构。这些系统无论在结构、功能、行为和演化、进化方面都非常复杂,以致于今天还有大量的问题,我们并不清楚,需要进行探索和研究。但是,以往的自然科学和社会科学研究,往往处于分割状态,虽然想融合,但并没有真正连接起来研究。在有了简单系统、简单巨系统、复杂巨系统直到社会系统的分类以后,我们就可以把这根链条连接起来进行研究了。他认为,处理开放的复杂巨系统中的问题,需要从定性到定量的综合集成方法论。从定性到定量的综合集成法是指在研究和应用中,通常是科学理论、经验知识和专家判断力(专家知识、智慧和创新能力)相结合,提出经验性假设(判断、猜想、设想、方案等),然后在现代计算机技术以及基于计算机的人工智能和信息技术的帮助下,采用人机结合的方法,人机优势互补,实现以人为主知识的综合集成。这里包括了科学的和经验的的知识,定性的和定量的认识,理性的和感性的知识,通过人机交互,反复对比逐次逼近,实现从感性到理性,从定性到定量的转化,达到定量认识,从而对经验性假设的正确与否作出明确结论,这样的结论就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论。从定性到定量的综合集成方法的实质就是专家体系、数据和信息系统以及计算机体系的有机结合。最后,于景元介绍了航天部710所、中科院自动化所人工智能实验室等单位合作的有关宏观经济智能决策支持系统(MEIDSS),表明了从定向到定量的综合集成法已经付诸实际应用。

对于综合集成方法的重要性,专家学者以具体领域工作的经验交流了体会和见解。

葛家理教授认为,把开放的复杂巨系统的理论运用到具体问题中去是很实在的问题,因为当前最主要的竞争是决策竞争。李京文研究员认为,国家在对非常复杂的系统作出决定、制定政策时,如三峡工程,虽有各个领域专家参加,但是不许专家越界,只有各个部门的工作,而没有做综合集成的工作,实际上只是由一个写作班子汇总工作。他根据自己的工作体验认为,处理开放的复杂巨系统中的问题,由于其复杂性,具体问题要用具体的方法来解决。他联想到经济预测问题时说,经济预测很难,但1995年预测很好,误差只有0.1%;但是1992年则很差,因为谁也没有预测到南巡讲话。

如何认识以及处理开放的复杂巨系统,一些学者从多个角度提供了很有启发性的意见。

潘云鹤教授认为处理开放的复杂巨系统,应该注意到系统的开放性、分布性和交叉性。因此,要推动基本理论的发展,应考虑整体性操作。从CAD的角度来看待开放的复杂巨系统中的问题,认为CAD需要开放的复杂巨系统的理论,因为CAD现有的技术是面向绘图的,基于纯数学的,它不是面向创造的,现有的技术很成问题。国防科工委何新贵

研究员则从对系统的表示这样一个角度讨论了开放的复杂巨系统的具体应用问题,认为表示应该与模拟分开,表示只是主观对客观的一种模拟,而且表示应该可操作。对开放的复杂巨系统中的一些问题应该采用面向对象的语义网络来表示,因为复杂性是来源于很简单的相互连接。

提出从定性到定量的综合集成方法论是针对开放的复杂巨系统的具体特点而得出的结果。但是还原论的方法在过去的 200 年里为科学的发展作出了巨大的贡献,因此,在处理开放的复杂巨系统中的问题时,还原论与综合集成方法论之间的关系将是怎么样的呢?对此进行了热烈的讨论。

许国志院士说,钱学森院士在 70 年代末期就与他讨论过还原与系统的问题。他认为并不是有了新的综合集成方法论,老的就不用了。本来该用还原论去解决的问题,还是用还原论去解决。他感到钱学森院士的书面发言令人很受启发。对于开放的复杂巨系统,钱先生讲“宏观观察”。天文、气象等学科就不能做实验,因此我们要学习观察的方法。开放的复杂巨系统虽然具有模糊性,但很有吸引力,大家应共同努力,在国内大力发展,形成“群龙飞舞”的生动局面。北京大学科学与社会研究中心孙小礼教授说,历史上证明是很好的方法不需要打倒,而是面对新问题时不够了,但老的还是有用的。几百年总结出来的简单性原则不能推翻,处理复杂问题还是要分析。处理问题,直觉很重要,抓住主要的东西就是要忽略掉某些次要的东西。北京大学力学系朱照宣教授非常简洁地澄清了一个认识,指出还原论与还原方法不一样,还原论指什么问题都用还原方法,它是一种哲学观点。

自从牛顿-莱布尼兹以来,数学由于它特有的魅力,在自然科学以及社会科学中起了举足轻重的作用,极大地促进了社会的发展。但是在面对开放的复杂巨系统中的问题时,数学的重要性和作用又将是如何呢?会上引发了激烈的争论。

许国志认为应该淡化数学,淡化逻辑思维。中国工程物理研究院陈能宽院士以自己的切身经验表示了赞同。孙小礼则认为领导要加强逻辑思维。戴汝为介绍说,SFI 讲的 crude look 与我们讲的形象思维是一致的,大家考虑的是相同的问题。正如 SFI 的诺贝尔奖得主 Gell-Mann 说的,解决复杂问题的关键在于如何猜测。中国的形象思维讲求的是只可意会不可言传,但是意会是通过比喻、通过立象以表意达到的。于景元引用胡适说的“大胆假设,小心求证”来表示同意。而国务院发展研究中心马宾研究员就不同意“淡化”二字,认为淡化数学不行,对于不足应该是批评错误。不管什么情况,淡化二字都有一种负面的影响。成思危研究员认为淡化指的是防止数学滥用。当解决新问题时,往往缺乏有效的数学工具,数学需要发展。许国志举例进一步阐述说,数学对自然科学贡献很多,对经济学也一样。但当 von Neumann 研究经济学时,并没有把数学中的其他东西都搬到经济学中去,而是从经济学中提取出 Game Theory,而这也是唯一从经济学中提取出来的数学理论。有关 rational behavior 的理论不能用到 irrational behavior 中去。

由于开放的复杂巨系统极其的复杂,那么在应用中如果发现了与以往的标准不同的、矛盾的事情时怎么办?

陈能宽讲述了几个物理学家因提出常温核聚变而被整个科学界抛弃的事例,认为作学问要讲民主。宋健认为在科学上,应该允许大家“胡思乱想”。

戴汝为作了题为“大成智慧工程(metasynthetic engineering)”的评述报告,从一个更

加宏大的范围、更加深刻的层次高度上论述了开放的复杂巨系统,以及从定性到定量的综合集成方法论。

他首先介绍了 SFI 与复杂性(complexity)的研究,将 SFI 的工作与国内对系统学的研究作了对比,认为双方的观点有不谋而合之处,双方都认识到:①还原论的局限性,而且需要有勇气从整体看问题;②在处理复杂问题时,crude looks 或直感(形象思维)的重要性。同时也指出, SFI 实际上是用处理简单巨系统的方法来处理开放的复杂巨系统,这就是 SFI 工作了十多年后,虽然取得了许多成绩,但尚未见到突破性进展的原因。根据钱学森院士对复杂性的定义:复杂性问题开放的复杂巨系统的动力学问题,或开放的复杂巨系统学的问题,那么,我们对复杂性的研究方向就有了清晰的把握,那就是要研究开放的复杂巨系统。

对复杂系统的描述可以采用计算机建模的方法,也就是说,复杂系统的模型可以是程序表达的模型,而不局限于简单系统那样采用数学的方法进行建模。在人工智能领域中,它的理论一般是以两种形式存在:一个是计算机程序表达的精确理论;另一个是定性结构定律(laws of qualitative structure)。这种理论的表达方式不仅仅是在 AI 中适用,而且在复杂系统中也是适用的。因为处理开放的复杂巨系统的方法论是从定性到定量的综合集成法,而建模是综合集成方法的关键性环节,建立什么样的模型,以及参数如何调节都是以人为主,计算机为辅,是人机结合的产物,它的直接表现就是计算机程序。

在谈到“从控制系统与人工智能的发展看大成智慧工程”时,他分析了人工智能的发展历程,指出现在人工智能的发展已经从传统 AI 转向非传统 AI 的研究。现在考虑的问题一个是现场人工智能(Situated AI),即研究构造能够适应环境的系统;另一个问题是 Scaling-Up 问题,即从简单系统扩展到大型复杂系统,从开路系统扩展到闭路系统的研究。他引用钱学森先生的看法说,国内外人工智能的研究者应该认识到:①机器要认识工作对象;②机器要认识工作环境;③机器认识了工作对象和工作环境之后,对千变万化的情况要能作出判断;④机器在执行中要修正、反馈外部情况,也就是在人工智能的研究中引入了控制。他强调指出控制系统和人工智能的发展正在慢慢地融合,它们的未来是智能系统,要让机器像人那样感觉和思考!这时 AI 就是一项系统工程,要用多种学科来研究,它涉及整个现代科学技术体系。在此基础上,未来的人工智能研究将是人机结合的一项“大成智慧工程”,也就是通过综合集成法,把人的思维、知识、智慧以及各种情报、资源、信息统统集成起来,达到集大成,产生一个认识上的飞跃。它把人的“心智”(human mind)和机器的“智能”两者结合起来,这对系统和智能的研究来说,是一个带根本性的转折,从此进入“人机结合的大成智慧”的新时代。从计算机问世以来是人伺候计算机,经过第五次产业革命(信息革命)以后将是计算机伺候人。人机结合是信息革命的重要问题,计算机对数据信息、模式信息以及知识信息的处理应该像人一样灵活地处理,而人所关注的不仅仅是逻辑思维,而是形象思维以及两者结合的创造性思维,是性智与量智的结合问题。

要处理开放的复杂巨系统,要实现人机结合的大成智慧工程,多学科的交叉是关键性的。他引用控制论的提出者 Wiener 的一段话:“现在如果不加限定,很少有几个学者可以被称为数学家、物理学家或生物学家。他们只能被称为是拓扑学家、声学家或昆虫学家。

他们满嘴行话,而且对自己领域的文献和研究结果了如指掌并视为私人领地不容侵犯,而把相关领域认为是隔壁同事的领地。这样的结果是当一些结果在某个领域里成为经典时,在另一个领域里由于对此茫然无知而导致了重要工作的停滞”,特别强调了多学科交叉的重要性和迫切性。

在讨论中,曹培生认为在中国科学界应提倡合作精神,要解决开放的复杂巨系统中的问题,嫁接很重要。中国人民大学钱学敏教授认为应该从多角度来考虑问题,虽然在社会科学中也有它们处理问题的一方面,但是也应该使社会科学家了解其他的方法。孙小礼说,到现在为止,自然科学和社会科学的交叉还不够。1972年联合国发表的“只有一个地球”、1987年发表的“我们共同的未来”,以及最近的“纽约宣言”,都是由两方面的科学家合作而成的。一个国家要持续发展,必须“建立新的伙伴关系”,大家共同协作交叉。

二、开放的复杂巨系统研究在具体领域的实践

这次香山科学会议上,一些来自于各个不同领域的专家学者结合他们的具体工作,从不同的角度讨论了开放的复杂巨系统的问题。

1. 系统工程

顾基发研究员作了题为“系统工程的若干新趋向”的报告。当前在系统工程中,处理的问题已经从硬问题(problem)慢慢演化到软问题(issue),再到堆题(mess)。硬问题由于其良好结构,目标明确,因此,对它进行处理是在计算复杂性的范围内的优化过程;软问题由于它的半结构特性,或结构不良,问题具有不确定性,因此,它的处理过程是在一定满意性条件的限制下进行的学习过程;而堆题由于其完全无结构,要求自己找目标,具有开放性、易变性、不肯定性以及冲突性等特点,因此其处理过程应该是一个批判过程。顾基发还介绍了40多种处理这些问题的系统方法,并列举了多个实例。

2. 生命科学

生命科学是当前一个非常重要和活跃的领域,生命系统则是一个开放的复杂巨系统。生命科学的研究结果对处理其他开放的复杂巨系统极具有启发性。

赵玉芬院士作了题为“生命起源的有关问题”的报告。赵玉芬在分子水平上作了大量有关N-phosphoamnio酸自聚集(self-assembly)的实验后,提出了蛋白质和核酸的演化(co-evolution)模型。她提出生命系统进化要满足的四个条件是:一个是能自我长大;第二个是能自我复制;第三是能进行信息能量交换;第四是能自我完善。

赵玉芬讲述的生命起源问题引起热烈讨论。宋健与陈能宽对生命现象中能量是否守恒的问题很感兴趣,赵玉芬回答说是守恒的。宋健说赵玉芬院士的工作在国际上影响很大,对鸡生蛋、蛋生鸡的“蛋鸡悖论”问题给出了一个很好的解释。赵玉芬认为能够做出这些工作,是由于不同领域的科学家之间的讨论,因为他们对不同的东西十分敏感,而且数学家的思维有其独到的地方。中科院生物物理所郭爱克研究员介绍说,现在的研究认为,演化(co-evolution)+突发(emergent)是进化的普遍规律。陈能宽联想到在核爆炸中,当

处于超临界状态时,要有中子点火才能产生突变。于景元说,SFI 的研究人员把前苏联的解体就认为是如此。

周昌乐副教授作了关于“生物形态结构与非线性理论”的报告,认为生物形态结构的研究面临的基本问题是定量和模拟不够,只有如此才能发掘更深层次的规律,生物形态结构的研究没能成功定量化的重要原因是缺乏合适的数学工具。

汪云九研究员认为,人的知识有很多是计算机不能处理的,现在用神经网络来模拟人的大脑,其实只能处理实验室中很简单的情況。因为已有的网络模型很简单,而人的神经系统是多层次的,要跨层次地进行研究是很困难的。他主张要研究意识,应从人的短时记忆与注意这两方面来考虑。

3. 计算机互联网络——Internet

信息网络的发展正在改变着我们的工作、学习、生活等各个方面,但是快速发展的信息网络变得越来越复杂。如何看待信息网络,如何研究信息网络,以及如何利用信息网络就显得极其重要。

张钹院士作了题为“互联网——一个发展中的开放复杂巨系统”的报告。他指出互联网的特点是规模大,与环境交互,且有大量人参与。从人工智能的角度来看,他认为 Internet 是一个不动的机器人,而且通过在 Internet 上工作可能使人工智能研究得以复兴。随着 Internet 和人工智能的发展,现在面临着很多新概念和新问题。一个是新的体系结构,如从分层结构到 multiagent 体系结构、整体与局部的关系,以及子系统的智能化等;第二个是系统的安全问题,张钹提出在 Internet 上实施类似于人体的抗病毒以及免疫系统的概念;第三个是 Data Mining 的问题,Internet 提供了如此众多的信息,如何从中找出所需要的信息是一个很重要的问题。

人工智能实验室博士研究生李夏,在“Intranet 与复杂自适应系统和知识获取”的报告中,应用染色体的表示方法来表达 Intranet 的系统结构,然后采用 Santa Fe Institute 成员 John Holland 所提出的复杂自适应系统理论来考虑 Intranet 的系统设计。报告中讨论了在信息网络环境中如何获取有用信息的 Data Mining 和 Web Mining 研究状况以及未来趋势。

汪成为院士认为,21 世纪我们应该具有与世界接口的能力。但是计算机和网络都不太合理,它们有三个限制条件:①形式化;②有算法;③要在具体的计算机上算出来。强调应该承认它的不合理,但要突破这个现状。解决问题的办法是在限制条件下求最优值,一步一步地扩大,关键是人的方法空间与人的认识空间相匹配。今后技术的发展方向是:①面向对象的研究;②面向 Agent 的研究;③Data Fusion;④Active Data Processing;⑤从单维信息处理到多维信息处理;⑥虚拟现实,模糊处理技术。

4. 决策系统

在实际的管理规划工作、企业经营、战争决策中,面对的问题往往都是来自于开放的复杂巨系统,在这种情况下,如何作出决策极其困难,同时也极其重要。

成思危研究员在题为“论软科学研究中的综合集成方法”的报告中,探讨了综合集成

方法在决策中的应用。他以在美国长期访问期间所进行的软科学方面研究的心得体会认为,软科学研究中运用综合集成方法时应当努力做到以下三个结合:①软科学专家与领域专家及决策者相结合;②定性分析与定量分析相结合;③专家经验判断与计算机辅助决策相结合,要注意发挥专家群体的作用。综合集成方法应该贯彻到软科学研究的全过程,而且其中的关键技术包括:①定性变量及其相互关系的量化技术;②复杂巨系统的总体表达技术;③价值体系的建立及表达技术;④群体决策中的妥协技术。在应用中,还要注意以下几个问题:①应当使群体中的各成员充分了解该决策的价值体系及相关的各种信息;②妥协值的形成是群体中各成员间反复交换意见的结果,而不是各成员的意见简单的叠加;③尽量防止群体中各成员的影响力不同所造成的妥协值的漂移。总起来说,问题就是在通过群体决策实现综合集成时,如何具体贯彻“在集中指导下的民主,在民主基础上的集中”这一民主集中制的原则。

成思危的报告引起了热烈的讨论。陈能宽问,决策要有三个结合,如果有一个不存在时,比如在科学决策中决策者很难确定,如何决策?成思危回答是谁出钱,谁就是决策者。他进一步说,软科学专家本身就是研究小组的组织者和决策者。对于决策者的价值观如何诱导这一问题,许国志认为自己要先画个草图,用领导能看懂的语言表达出来。于景元说诱导价值观不仅仅是科学,还是艺术,决策是科学与艺术的结合。成思危认为决策要尊重领导而不迎合领导,尊重事实而不迁就事实。决策的科学化、民主化关键在于领导。

张焘研究员说 RAND 公司的做法很好,它不受别人影响,讲求的是符合客观规律,不能太软。成思危补充说,RAND 有一部分是政府的委托,但政府一般是选择三家,提交政府报告时,是对这些结果进行了综合。他认为,软科学要论据与论点统一,但有时非理性因素比价值观更重要,超出了硬科学领域,进入了政治领域。软科学讨论的是计算而不是算计。中科院大气物理所曾庆存院士认为,虽然决策讲三个结合,但是软科学专家或领域专家提供的东西还只能是参考,我们的任务是帮助领导决策。

周干峙院士以“寰宇处处皆系统,本性大小各不同。层层列列互牵引,永在发展变化中”这首即兴小诗为引言,作了题为“城市及其区域——一个开放的特殊复杂的巨系统”的报告。他认为,随着科学技术,特别是通讯和交通的发展,不断出现的高密集、高城市化地区的城镇之间产生了“强相互作用”,使得系统化程度很高,规模更大,更为开放,成为一个不可分割的开放的特殊复杂巨系统。这样一个系统具有如下的特点:①功能布局不一定就地平衡;②生产、生活的活动频率增加;③用地选择的自由度增加;④交通、通讯等基础设施趋向地区一体化;⑤中心城市疏散的出路增加。对于这样的情况,应采用如下一些规划的观念和做法:①必须突出以城市为中心的地域整体性;②规划的方法应当先地域后城市,而不是先城市后个别城镇,再连上交通网络,“堆砌”而组成的区域;③有可能出现某些高品质的地区;④对交通、通讯、能源等基础设施的依赖性更强;⑤环境、土地、农业等问题,可真正从一个地区得到平衡;⑥开放与滚动。

葛家理教授在“我国石油工业经营管理复杂系统理论及应用”的报告中说,由于我国石油生产进入了复杂油气田开发阶段,而且面对着国内挑战和国际竞争,因此处于一种艰难的境地。在这种情况下,通过把复杂性科学的理论应用于石油工业勘探开发,以及采用开放型复杂智能经营管理模式后,取得了很好的经济效益。

王寿云研究员作了一个“综合集成法用于国防系统分析的一些进展”的报告,介绍了他与汪成为院士在有关“从定性到定量的综合集成研讨厅体系”方面的一些工作,已安排在有关单位进行。这对大家是一个鼓舞,并进行了热烈讨论。

此外,云南大学数学系的赵晓华教授作了“广义哈密顿系统理论及分叉与混沌”的报告,引起与会者较大的兴趣。

三、开放的复杂巨系统研究的未来发展

如何推进开放的复杂巨系统的研究,今后的发展方向是什么?与会专家学者热烈讨论,从不同角度提出构想和建议。涂元季高工说,开放的复杂巨系统的理论,来源于实践,是从实践中提炼出来的。相互讨论是多学科的交叉,干也应该是多学科的联合。通过具体工作,才能理解和认识综合集成法的可操作性,才能去设法解决可操作性中的一些问题,如一些定性概念的量化问题等。

最后,执行主席戴汝为作了会议总结,概括了本次会议取得的积极成果。

通过大会报告和相关的讨论,大家对开放的复杂巨系统及其方法论、研讨厅体系、大成智慧工程等都有了进一步的理解和更深的认识,一致认为这是一个涉及基础理论、高新技术和有重大实际应用的新科学领域。讨论中,大家发表了许多好的构思,提出了许多好的建议,比如:关于系统的描述问题;关于定性与定量的关系;关于综合集成以及还原方法与从总体看问题相结合;关于定性概念的描述、量化问题;关于人与计算机的关系——“计算”与“算计”的问题;关于数学的作用问题;关于系统的组成部分可能是简单的,但其相互连接可能是复杂的等等。这对于进一步丰富和发展开放的复杂巨系统的理论、方法与应用开发有重要意义,将可以使这一理论和方法更加丰富多采。

我国对开放的复杂巨系统的研究是和整个世界的科学发展^[4]驾齐驱的。尽管开放的复杂巨系统这一门科学还要进一步发展和完善,但是正如宋健院士所说,提出这样一个科学思想是有远见卓识的,有重大战略意义的和具有中国自己特点的。美国新墨西哥州著名的 Santa Fe Institute,他们的目标是瞄准 21 世纪的科学——复杂性科学,进行交叉学科的研究,认为是在进行一场科学革命。虽然他们取得了许多成绩,但尚未见到突破性的进展。钱学森院士对“复杂性”进行了定义:复杂性问题是开放的复杂巨系统的动力学问题,或开放的复杂巨系统学的问题。他认为,所谓“复杂性”能脱离解决开放的复杂巨系统问题吗?所谓“复杂性”能泛泛讨论吗?人认识问题只能从具体事例入手,从解决一个个开放的复杂巨系统问题(诸如社会环境与地理环境、社会问题、人体问题、人脑问题等几大类)开始。每一个问题都要根据实践经验,通过具体的工作,用开放的复杂巨系统方法来认识,空谈“复杂性”是无用的。将来问题解决得好,有了丰富的对上述四大类问题的经验和认识,也许到我们概括讨论“复杂性”时候了。我们研究开放的复杂巨系统,不仅包括了对复杂性的研究,而且对复杂性的研究方向有了清晰的把握。我们提出的开放的复杂巨系统的科学概念及方法论,正在进行的工作,也是在进行一场科学革命,具有十分重要的意义。

对开放的复杂巨系统的研究,其核心部分之一是人机结合的大成智慧工程。大家认

为,关于开放的复杂巨系统的理论、结构、方法等诸多方面还需要进一步开展研究,综合集成过程中建模是一个重要问题,除了数学模型以外,用计算机和程序、软件形成一套对模型的系统描述是一种有效的途径。通过综合集成法,把人的思维、知识、智慧以及各种情报、资源、信息统统集成起来,达到集大成,产生一个认识上的飞跃,进而把人的“心智”(human mind)和机器的“智能”两者结合起来,这对系统和智能的研究来说是一个带根本性的转折,从此我们将进入“人机结合的大成智慧”的新时代。

为了推动今后开放的复杂巨系统问题的研究,除了进一步开展多学科的国内外学术交流以外,也希望有关领导部门能以科技改革的精神,将开放的复杂巨系统的研究作为一个范例,鼓励多学科的交叉与融合,并在计划安排中给予大力支持。

与会人员名单

姓 名	职 称	工作单位	姓 名	职 称	工作单位
宋 健	院 士	国家科委	杨家本	教 授	清华大学
戴汝为	院 士	中科院自动化所	赵作权	副 研	中科院政策局
秦世引	副教授	西安交通大学系统所	陈玉祥	教 授	中国 21 世纪议程管理中心
潘云鹤	教 授	浙江大学	李京文	研究员	中国社科院数量经济所
周昌乐	副教授	杭州大学	郭爱克	研究员	中科院生物物理所
周发强	教 授	华中理工大学	朱照宣	教 授	北京大学力学系
顾国庆	教 授	上海理工大学	冯国瑞	教 授	北京大学哲学系
谭 民	研究员	中科院自动化所	高世楫	副 研	体改委研究所
何新贵	研究员	国防科工委系统所	汪云九	研究员	中科院生物物理所
于景元	研究员	航天局 710 所	张 钹	院 士	清华大学
关士来	高 工	航天局 710 所	李 夏	博士生	中科院自动化所
钱学敏	教 授	中国人民大学	马 宾	研究员	国务院发展研究中心
涂元季	高 工	国防科工委	邵立勤	教 授	国家科委基础研究高技术司
姜 璐	教 授	北京师大系统科学系	成思危	研究员	化工部
孙小礼	教 授	北京大学科学与社会研究中心	王寿云	研究员	国防科工委科技委
葛家理	教 授	北京石油大学	汪成为	院 士	国防科工委科技委
周干峙	院 士	建设部	赵晓华	教 授	云南大学数学系
曾庆存	院 士	中国科学院大气物理所	张 飙	高级记者	科技日报
陈能宽	院 士	中国工程物理院	杨永田	主任记者	中国科学报
顾基发	研究员	中科院系统科学所	韩玉琪	主任记者	科技日报
许国志	院 士	中科院系统科学所	刘士焕	博 士	中科院自动所
郭 雷	研究员	中科院系统科学所	赵生才	高 工	香山科学会议
林 泉	研究员	国家科委	张 焘	研究员	香山科学会议
赵玉芬	院 士	清华大学化学系	周春来	工程师	香山科学会议

地球科学中非线性与复杂性问题

香山科学会议第 69 次学术讨论会于 1997 年 3 月 25~28 日在北京香山举行,会议中心议题为“地球科学中非线性与复杂性”。会议由周秀骥院士、丑纪范院士、朱照宣教授和张焘研究员担任执行主席。参加讨论会的有王仁、曾庆存、戴汝为、於崇文、叶大年、黄荣辉和徐端夫院士,以及来自中科院、中国气象科学研究院、地矿部、建设部、国家地震局和北京大学、中国科技大学、中国地质大学等部门的老中青三代专家学者近 40 人。

一、流体地球科学研究中的非线性与复杂性问题

曾庆存院士在综述报告中,回顾了非线性研究的历史,指出非线性在大气科学中无处不在,不仅是要研究的问题本身,而且在计算方法上都要遇到非线性。他列举了数值天气预报、大气波动力学、大气湍流、气候变化、大气环境以及云雾物理等研究中所面临的各种具体非线性、复杂性问题,并特别强调了以下四点:①大气、海洋、陆地和生态系统是一个复杂的非线性耦合系统,要研究它需要做大规模的科学计算,这中间有“计算非线性”问题,发展好的计算方法是研究非线性的重要方面;②大气科学的任务之一就是要寻找方程,在没有找到合适的方程之前,要好好地利用观测资料序列;③对现今存在的各种非线性理论、概念和方法不要盲从使用,地球科学工作者要敢于创造自己的数学方法,这方面历史上已有不少先例;④质与量是客观事物的两种属性,人在认识复杂自然现象的过程中,必须有机地结合这两个方面。定性与定量是在认识过程中反复交替的,不要为复杂而复杂,为非线性而非线性。曾庆存还指出,在大气和海洋研究中引用非线性科学理论,有用对的,也有用错的;“蝴蝶效应”只是一个比喻,现在用得滥了。

丑纪范院士以“大气科学中非线性与复杂性研究进展”为题,介绍了大气动力学中的许多非线性和复杂性问题,例如大气中一些天气类型会在隔一些年后重复出现(如 1961 年与 1978 年北半球出现相似的阻塞高压),以及海洋表层和深层的运动和变化对气候造成的不同时间尺度的影响等,深入讨论了大气运动的可预报性、时间序列分析、混沌中的有序等问题,并特别强调了非线性研究中区分尺度的重要性。他提出,既然大气对初值极其敏感,2~3 周后,其状态变得不确定,成了随机的,那么,超出确定性可预报期限之后,难道就杂乱无章了吗? 50 多年前,早期高空天气图分析发现了在固定地理区域内特定天气型的持续和再现。后来提出过指数循环、低频振荡的概念,前苏联学者则提出有自然天气周期和自然天气季节。这些表明 2~3 周以上的时间尺度的演变并非完全是无序的。对月、季乃至年的时间尺度的大气现象的非线性与复杂性研究集中在认识持续的天气型、探讨其维持机理和转换规律。换言之,对这个时间尺度而言,大气中除了有天气尺度的混沌分量之外,还有行星尺度的稳定分量,大气运动的复杂性就表现在混沌分量与稳定分量之间的非线性相互作用上。在研究大气运动时,首先要明确尺度,变化慢的量就取为常