

国家重点图书

刘应明 任平 著

模糊性

—— 精确性的另一半



书系

清华大学出版社
暨南大学出版社

刘应明 任平 著

模糊性

—— 精确性的另一半



清华大学出版社



暨南大学出版社

(京)新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

模糊性:精确性的另一半/刘应明著. —北京:清华大学出版社;广州:暨南大学出版社, 2000. 12

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-04206-3

I. 模… II. 刘… III. ① 模糊集-普及读物 ② 模糊逻辑-普及读物 IV. 0159

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83434 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦, 邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

暨南大学出版社(广州天河, 邮编 510630)

<http://www.jnu.edu.cn>

责任编辑: 蔡鸿程

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 **印张:** 5.5 **字数:** 108 千字

版 次: 2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04206-3/G·173

印 数: 0001~5000

定 价: 12.00 元

《院士科普书系》编委会(第二届)

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (两院各学部主任、副主任)

陈佳洱	杨 乐	闵乃本	陈建生	周 恒
王佛松	白春礼	刘元方	朱道本	何鸣元
梁栋材	卢永根	陈可冀	匡廷云	朱作言
孙 枢	安芷生	李廷栋	汪品先	陈 颢
王大中	戴汝为	周炳琨	刘广均	杨叔子
钟万勰	关 桥	吴有生	刘大响	顾国彪
陆建勋	龚惠兴	吴 澄	李大东	汪旭光
陆钟武	王思敬	朱建士	郑健超	胡见义
陈厚群	陈肇元	崔俊芝	张锦秋	刘鸿亮
方智远	旭日干	周国泰	王正国	赵 铠
钟南山	桑国卫			

编委会执行委员 郭传杰 常 平 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 周先路(中国科学院学部联合办公室)

白玉良(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 策 划 罗荣兴 周继武 蔡鸿程

总 责 任 编 辑 周继武 蔡鸿程 宋成斌

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有 6000 余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起,是人类文明的发源地。

15 世纪之前,以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期,中国的科学技术在世界上一直领先长达 14 个世纪以上。在那个时期,影响世界文明进程的重要发明中,相当部分是中华民族的贡献。

后来,中国逐渐落后了。中国为什么落后?近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答:中国落后,是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌,更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命,通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

治上层建筑,为解放和发展生产力开辟道路。于是,就有了 80 多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了 50 年前我们党领导的新民主主义革命的胜利,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在中国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里,再用 50 年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。

A handwritten signature in black ink, reading '江泽民' (Jiang Zemin), written in a cursive style.

1999 年 12 月 23 日

人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的

大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”,在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题，普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物，于科技知识中融入人文教育，不是一件容易的事。不少院士反映：写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中，科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题，科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言，指出科普是科教兴国的基础工程，勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，普及科学知识”，充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视，对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程，成熟一批出版一批；另一方面随着科学技术的进步和创新，不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此，《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

这一庞大的工程,不但需要院士们积极投入,还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议,帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量,使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面,我们也要以此为起点为开端,参与国际竞争与合作,勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日

前 言

著名控制论专家、美国加州大学教授 L. A. 扎德于 1965 年首先提出模糊集(Fuzzy set)的概念,奠定了模糊性理论的基础。这一理论由于在处理复杂系统特别是有人干预的系统方面的简捷与有力,某种程度上弥补了经典数学与统计数学的不足,迅速受到广泛重视。30 多年来,这个领域从理论到应用,从软技术到硬技术都取得丰硕成果,对相关领域和技术特别是一些高新技术的发展产生了日益显著的影响。

精确和模糊

有一个古老的希腊悖论,是这样说的:

“一粒种子肯定不叫一堆,两粒也不是,三粒也不是……另一方面,所有的人都同意,一亿粒种子肯定叫一堆。那么,适当的界限在哪里? 我们能不能说,123585 粒种子不叫一堆而 123586 粒就构成一堆?”

确实,“一粒”和“一堆”是有区别的两个概念。但是,它们的区别是逐渐的,而不是突变的,两者之间并不存在明确的界限。换句话说,“一堆”这个概念带有某种程度的模糊性。类似的概念,如年老、高个子、很大、很小、聪明、价廉物美等等,不胜枚举。

精确和模糊,是一对矛盾,根据不同情况有时要求精确,

有时要求模糊。比如打仗，指挥员下达命令：“拂晓发起总攻。”这就乱套了。这时，一定要求精确：“×月×日清晨六时正发起总攻。”我们在一些旧电影还能看到各个阵地的指挥员在接受命令前对对表的镜头，生怕出个半分十秒的误差。但是，物极必反。如果事事要求精确，人们就简直没有办法顺利地交流思想——两人见面，问：“你好吗？”可是，什么叫“好”，又有谁能给“好”下个精确的定义？

有些现象本质上就是模糊的，如果硬要使之精确，自然难以符合实际。例如，考核学生成绩，规定满60分为合格。但是，59分和60分之间究竟有多大差异，仅据一分之差来区别及格和不及格，其根据是很不充分的。

另一方面，有些现象是精确的，但是，适当地模糊化可能使问题得到简化，灵活性大为提高。例如，在地里摘玉米，若要找最大的，那很麻烦，而且近乎迂腐。我们必须把玉米地里所有的玉米都测量一下，再加以比较才能确定。它的工作量跟玉米地面积成正比。土地面积越大，工作越困难。然而，只要稍为改变一下问题的提法：不要求找最大的玉米，而是找比较大的，即按通常的说法，到地里摘个大玉米。这时，问题从精确变成了模糊，但同时也从不必要的复杂变成意外的简单，挑不多的几个就可以满足要求。工作量甚至跟土地面积无关。因此，过分的精确实际成了迂腐，适当的模糊反而灵活。

显然，玉米的大小，取决于它的长度、体积和重量。大小虽是模糊概念，但长度、体积、重量等在理论上都可以是精确的。然而，人们在实际判断玉米大小时，通常并不需要测定这些精确值。同样，模糊的“堆”的概念是建立在精确的“粒”

的基础上,而人们在判断眼前的东西叫不叫“一堆”时,从来不用去数“粒”。有时,人们把模糊性看成一种物理现象。近的东西看得清,远的东西看不清,一般地说,越远越模糊。但是,也有例外情况:站在海边,海岸线是模糊的;从高空向下眺望,海岸线却显得十分清晰。太高了,又模糊。精确与模糊,有本质区别,但又有内在联系,两者相互矛盾、相互依存也可相互转化。所以,精确性的另一半是模糊。

然而,习惯上,精确是被科学特别是数学所特别推崇的。不少受过数学科班训练的人对自己从事的学科大有真理在握之势,往往鄙视经验或半经验公式,认为传统数学的推演具有钢铁般的逻辑力量,每前进一步都是探索真理道路上实实在在的一步。不能认为这种良好的感觉没有道理。因为从欧氏几何的辉煌成就一直到爱因斯坦相对论的成功,以及最近的所谓超弦理论的建立,几千年科学的实践支持了这种信念。但是,凡事都有自己的另一面。当时,爱因斯坦是用了几十年前由数学家发现的非欧几何塑造了自己的相对论。与爱因斯坦不同,20世纪80年代,美国普林斯顿高等研究院的维登(E Witten)在建立超弦理论时,却是以其物理学的直觉提出了数学的艰深结果,并从而获得了1990年国际数学家大会颁发的菲尔兹(Fields)奖。这在数学界引发了“什么算数学定理”的争论。其间的是非曲直暂且不论,但所暴露出的“钢铁逻辑”力量在数学真理追求上的不足,却已是不争的事实。实际上,只要冷静地反思与回顾,可知所谓“精确”、“严格”等的局限性在科学发展长河中已被发现。以数学为例,在数理逻辑有著名的哥德尔非完全性定理。这个定理告诉人们,在任何公理系统都存在由系统中界定的概念形成的

命题,它既不能在系统中被证明为真,也不能被判定为假。注意,这并不是说还没有找到方法去肯定或否定这个命题,而是说在这个系统中不存在一种论证去肯定或否定这个命题。于是,由欧氏几何为起始的严格的公理化方法的局限性便显而可见。在物理学,20 世纪初海森伯(W K Heisenberg)发现了测不准关系,即微观粒子的坐标和动量不能同时具有确定值。粒子坐标的值愈确定,粒子动量的值便愈不确定。在微观世界中,要同时精密地确定粒子的坐标和动量是不可能的。同样要注意的是,这并不是由于测量仪器或方法的不完善所引起的,而是由微观粒子的波粒二象性所决定的。这说明大自然构造中对精确性存在着本质性的限制。换言之,精确是十分重要的,但有其局限,甚至是本质上的局限。

是包袱还是财富

对模糊性的讨论,可以追溯得很早。20 世纪的大哲学家罗素(B Russel)在 1923 年一篇题为《含糊性》(Vaguenes)的论文里专门论述过我们今天称之为“模糊性”的问题(严格地说,两者稍有区别),并且明确指出:“认为模糊知识必定是靠不住的,这种看法是大错特错的。”尽管罗素声名显赫,但这篇发表在南半球哲学杂志的文章并未引起当时学术界对模糊性或含糊性研究的很大兴趣。这并非是问题不重要,也不是因为文章写得不深刻,而是“时候未到”。罗素精辟的观点是超前的。长期以来,人们一直把模糊看成贬义词,只对精密与严格充满敬意。20 世纪初期社会的发展,特别是科

学技术的发展,还未对模糊性的研究有所要求。事实上,模糊性理论是电子计算机时代的产物。正是这种十分精密的机器的发明与广泛应用,使人们更深刻地理解了精密性的局限,促进了人们对其对立面或者说它的“另一半”——模糊性的研究。

电子计算机的发明,是 20 世纪最伟大的科学成就,它的问世才 50 多年,其影响所及已遍布世界各个角落,渗透人类生活中的一切重要领域。从卫星制导、巡航导弹、新型飞机设计直到电子邮件、网上购物,人脑加电脑,人类大步迈进了今日之信息社会。但是,到目前为止,最先进的计算机也还存在一个根本缺陷,即不具备人脑所特有的模糊推理、模糊决策的能力,不能像人那样在模糊环境下处理用自然语言表达的知识,不能像人那样灵活地做近似推理,也不能用自然语言与人对话。计算机虽能准确地控制飞船登月,却难以识别人的音容笑貌。在某种意义上说,其“智能”水平不及一个婴儿。事实上,把目前全世界所有的超大型计算机“动员”起来,也解决不了诸如婴儿识别母亲这样一些看起来十分简单的问题。解决这些问题,要求计算机具备处理模糊信息的能力,从而要求人们对模糊概念,模糊推理应有深入的了解。明确地认识到这一点并首先对它进行开创性研究,是扎德的功绩。

扎德(L. A Zadeh)1921 年 2 月生于苏联巴库,1942 年毕业于伊朗德黑兰大学电机工程系,获学士学位。1944 年获美国麻省理工学院(MIT)电机工程系硕士学位,1949 年获美国哥伦比亚大学博士学位,随后在哥伦比亚、普林斯顿等著名大学工作。从 1959 年起,在加利福尼亚大学伯克莱分

校电机工程、计算机科学系任教授至今。

扎德在 20 世纪 50 年代从事工程控制论的研究,在非线性滤波器的设计方面取得了一系列重要成果,已被该领域视为经典并广泛引用。60 年代初期,扎德转而研究多目标决策问题,提出了非劣解等重要概念。长期以来,围绕决策、控制及其有关的一系列重要问题的研究,从应用传统数学方法和现代电子计算机解决这类问题的成败得失中,使扎德逐步意识到传统数学方法的局限性。他指出:“在人类知识领域里,非模糊概念起主要作用的惟一部门只是古典数学”,“如果深入研究人类的认识过程,我们将发现人类能运用模糊概念是一个巨大的财富而不是包袱。这一点,是理解人类智能和机器智能之间深奥区别的关键。”精确的概念可以用通常的集合来描述。模糊概念应该用相应的模糊集合来描述。扎德抓住这一点,首先在模糊集的定量描述上取得突破,奠定了模糊性理论及其应用的基础。

世界数学年与排中律

1992 年,在巴西里约热内卢,联合国教科文组织(UNESCO)发起了“2000 世界数学年”(简记为 WMY2000)的倡议。里约热内卢宣言指出,“纯粹数学与应用数学都是了解世界及其发展的主要钥匙之一”,提出应当努力改善数学在当今“信息社会”中的“形象与仪态”,并把它作为 WMY2000 的目标之一。

于是,世界各国有关团体特别是数学家们纷纷通过各种手段去展示数学(确切地说,主要是传统数学)在信息社会是