

国家科委科技政策局 编



软科学的崛起

——软科学研究方法

地震出版社

软科学的崛起

——软科学研究方法

国家科委科技政策局 编

地震出版社

1988

内 容 提 要

软科学的服务对象是各个层次的管理者、决策者和科技、教育工作者，它能为各级政府部门和各企、事业单位的决策科学化和管理现代化提供咨询和依据。掌握软科学的研究方法，对避免决策失误，提高效率，减少盲目性极有补益。本书共分七章，用74篇文章系统而又简明扼要地介绍了软科学的众多方法。既介绍了系统学、信息论、控制论、突变论、科学学、行为科学等一般方法，又介绍了规划与优化、预测与评价、管理与决策、仿真与计量经济等具体方法。本书是一部普及应用新学科入门读物。

——软科学研究方法

国家科委科技政策局 编

地震出版社出版

北京复兴路63号

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 19印张 2插页 503千字

1988年8月第一版 1988年8月第一次印刷

印数 0001—10000册

平装书号：ISBN 7-5028-0044-1/Z·6

(457) 定价：5.70元

前 言

吴明瑜

1986年7月，在国家科委于北京召开的全国软科学研究工作会议上，万里同志作了题为《决策民主化与科学化是政治体制改革的重要课题》的重要讲话。会议期间，来自国家机关和全国各研究机构、大专院校的300多名专家和负责同志认真交流了经验，共同探讨了软科学研究的地位、作用、意义与任务等问题。这次会议的召开是我国软科学研究广泛进入各级各类决策领域的重要里程碑，也标志着我国的软科学研究进入到一个新的发展阶段。

当代科学技术已经越来越广泛地深入到经济、社会、生活的各个领域，成为发展社会生产力的关键因素和建设精神文明的重要基石。在这样的历史条件下，作为自然科学、社会科学与工程技术等多种学科结合与交叉产物的软科学，迅速兴旺发达起来。它应用系统工程与计算机技术等现代先进的自然科学技术手段与方法，研究和论证科技、经济与社会协调发展中的有关战略、政策、规划、管理等各种重大问题，为各级各类决策的科学化与管理的现代化提供了可靠的依据。

近几年来，在党的改革、开放和搞活的方针指引下，随着我国社会主义现代化建设事业的蓬勃发展，软科学研究工作也有了很大发展。据初步统计，我国现在已有了一支15000多人的专门从事软科学研究的队伍，400多个软科学研究机构，几年来共取得了1700多项成果，并产生了巨大的社会效益与经济效益。全国软科学研究工作座谈会的召开，特别是万里同志在会议上发表的

重要讲话不仅激励着广大软科学研究工作者增强使命感和责任感，而且也引起了全社会对软科学研究工作的重视和关心，推动着软科学研究工作为现代化建设作出更大的贡献。

为了广泛宣传与普及软科学研究知识，也为了进一步促进软科学的健康发展，我们在全中国软科学研究工作座谈会的基础上，编写了《软科学的崛起》这套书。第一册《软科学研究与决策》收集了万里、宋健、钱学森等领导同志与专家的重要讲话与论文，论述了软科学研究的地位、作用和意义，已由人民日报出版社于1987年出版。第二册《软科学研究的实践》所记载的大量的具体事例，描绘出了我国近年来软科学研究实践的生动画面。第三册《软科学研究机构》（上下册），介绍了国内和国外部分重要的软科学研究机构。第四册《软科学研究方法》，则深入浅出地介绍了软科学研究中常用的方法，包括一些新兴的方法。后四本书将由地震出版社于陆续出版。

编辑出版这样一套软科学研究系列书籍，这在我国还是第一次。这套书既可作为广大读者的自学读物，又可作为培训干部的教材。

我们希望通过这本书的出版发行，能使更多的人关心和了解软科学，研究和发展软科学，使软科学在我国现代化建设中发挥更大的作用。

万里同志非常重视软学研究工作的发展，他特意为本书题写了书名。在这套书的编辑过程中，我们还得到了许多领导和专家的大力支持，在此一并表示感谢。

选编说明

甘师俊

在本丛书的第一册《软科学研究与决策》中，不少作者对什么是软科学进行了探讨，各自的见解虽不完全一致，但有一些基本观点是相同的。如认为软科学是当代科学技术与经济、社会协调发展需求的产物，由一系列横断科学组成；软科学的服务对象是各个层次的管理和决策部门，它为政府、企业等提供各种形式的咨询服务；软科学研究借助于多种自然科学的方法，把定量分析与定性分析结合起来，揭示社会、经济系统中的种种问题，并提出解决问题的措施与建议等。在一定的意义上说，软科学研究最重要的特征表现于它研究问题的方法。而把这些方法送到广大读者手中，正是本书目的之所在。

正如软科学本身是由一系列的横断科学所组成的一样，所谓的软科学研究方法，也是来自各个不同的学科领域。包括定量分析法、定性分析法，以及半定量、半定性相结合的方法，为数之多，足可以开列一个长长的单子。本书只选择了其中的一小部分，着眼于实用，既不拘泥于理论的完备性，也不追求方法的系统性。

鉴于许多方法所依据的概念和使用的数学工具常不止一个，且互有交叉，本书原拟不分章节，后考虑到便于读者翻阅，分成了七章。事实上，每章之间并无严格的界线，读者可以把它理解为是一些特性比较接近的条目组合在一起的方法群。其中第一章是介绍构筑现代软科学的一般理论和基本思想，这一部分虽不是直接使用的方法，却是以下一系列具体方法的基础。

依次安排的六章，即系统学方法、规划与优化方法、预测与评价方法、管理与决策方法、仿真方法、计量经济和其他方法，所介绍的都是一些具体的方法，一共有65种。这些方法中，有一些已取得了很大的效益。如由我国已故著名数学家华罗庚先生积极倡导的统筹方法，从60年代中期开始就在大庆油田、黑龙江林业战线、太原铁路局、太原钢铁公司及一些省市的农村等取得了良好的经济效果，成为我国现代管理研究和实践的开端。与此同时，在我国著名科学家钱学森同志的大力推动下，系统的思想、系统分析和系统工程的方法在我国迅速发展。如在航天工业的研制部门建立的“总体设计部”，对我国卫星、导弹等尖端技术大规模的科技活动与社会劳动，利用系统工程的方法进行协调指挥，取得了辉煌的成就。正如钱学森同志所指出的：“总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种方法就是‘系统工程’，‘系统工程’是组织管理‘系统’的规划、研究、制造、试验和使用的科学方法。我国国防尖端技术的实践，已经证明了这一方法的科学性。”

本书所选择的这些方法，大都或多或少地对我国的经济建设，或管理决策作过贡献。而本书文章的作者们则大多数正是这些方法的实践者或有关方面的专家。有少数几种方法在我国应用的还不很多，但却是很重要的，如情景分析法，我们则根据出国考察的第一手资料整理出来供读者参阅。

如前所述，我们编选这本书的目的，是为我国正在兴起的软科学研究提供一些方法，它既不是一本科普读物，也不是一本学术著作，而是一种应用性的入门读物。在所选择的60多种方法中，多数是定量方法，但这并不意味着定量方法一定比定性方法更重要。软科学研究是为管理与决策服务的，事实上，管理与决策半是科学，半是艺术，既有定量的方面，更有定性的方面，既需要信息和咨询，更需要经验和智能。管理和决策者的作用，在任何时候都是至关重要的。在任何情况下，一个正确的管理和决策的

过程，都应是定量和定性分析相结合的动态过程，而决策指令的最后下达，又总是由决策者来完成的。我们应该十分重视定量分析的方法，但切不可作茧自缚，把定量分析方法强调到不恰当的程度。

本书是集体的创作，文章的作者一共有58位，最后由顾基发、杨德庄、胡玉奎、余建华、许怀东同志和笔者负责总成稿。于景元、杜祥瑛和周政等同志对部分稿件提出了很好的意见，崔冠杰和朱岩同志做了大量的实际工作。虽然大家都付出了辛勤的劳动，但毕竟是一次初次的尝试，不论从哪一方面看，都还很粗糙。如果这本书能够对读者有所裨益，将是选编者和作者们最大的慰藉。

目 录

前言
选编说明

一 般 理 论

系统学.....	(1)
信息论.....	(7)
控制论.....	(13)
耗散结构理论.....	(18)
协同学.....	(25)
突变论.....	(32)
模糊数学.....	(40)
科学学.....	(56)
行为科学.....	(61)

系 统 学 方 法

系统动力学.....	(69)
大系统理论.....	(78)
灰色系统理论.....	(90)
系统辨识方法与建模.....	(103)
系统控制模型.....	(111)
最优控制方法.....	(118)
计算机创造工程学.....	(126)

规划与优化方法

线性规划·····	(133)
非线性规划·····	(146)
动态规划·····	(158)
整数规划·····	(165)
目标规划·····	(172)
随机规划·····	(180)
优选法·····	(187)
计划经济大范围最优化理论·····	(195)
爬山法·····	(202)
排队论·····	(207)
存贮理论与方法·····	(215)
更新理论·····	(224)
运输问题·····	(231)

预测与评价方法

特尔斐法·····	(240)
情景分析法·····	(249)
KJ法·····	(254)
趋势影响分析法(TIA)·····	(257)
交叉影响分析法·····	(262)
相关矩阵分析法·····	(270)
PATTERN法·····	(281)
经济效益评价法·····	(290)
技术评价方法·····	(298)
项目评价·····	(305)
QUEST模型·····	(315)
DARE模型·····	(320)

产品技术水平评定方法.....(327)

管理与决策方法

统筹方法.....(332)

PERT 方法.....(344)

GERTE 和 Q—GERT方法(352)

VERT 方法.....(361)

多目标决策.....(370)

可能满意度法.....(377)

层次分析法(AHP)(385)

决策树法.....(397)

模糊决策.....(404)

完全不确定型决策.....(409)

博弈论.....(415)

冲突分析方法.....(424)

仿 真 方 法

蒙特卡罗法.....(431)

GPSS 语言.....(438)

GASP语言.....(449)

DDSI语言(456)

SIMSCRIPT语言.....(477)

KSIM 模拟模型.....(484)

专家系统.....(494)

决策支持系统.....(500)

DIDASS系统.....(506)

微观分析模拟模型.....(512)

计量经济和其他方法

经济计量法	(518)
投入产出法	(522)
动态投入产出法	(529)
高速增长定理(大道定理)	(536)
以生产函数为基础的技术进步模型	(545)
可计算一般均衡模型CGE	(554)
回归分析	(562)
可行性分析	(576)
价值工程	(585)
生产规模指数法	(592)

系 统 学

顾基发

一、引 言

系统学是系统科学的基础科学。按照我国著名科学家钱学森的划分，现代科学技术体系结构可以从横向分成九大部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学。每一项科学技术又可纵向分成三个台阶：直接改造客观世界的工程技术；为工程技术提供理论的技术科学；认识客观世界规律的基本理论，即基础科学。作为这九个不同科学的最高台阶是马克思主义哲学。在马克思主义哲学到每门科学之间又有一个联系桥梁。而系统论是马克思主义哲学到系统科学的桥梁。在系统科学内部，工程技术台阶即各种具体的系统工程；技术科学则指运筹学、控制论、信息论和大系统理论等；系统学则是系统科学的基础科学。当然这样的划分本身也在发展。系统学本身所要研究的内容太新，本文就国内外谈到比较多的有关内容作一粗浅介绍。

二、一般系统论

早在本世纪20年代贝塔朗菲就开始对当时生物学采用的越来越细分的研究方法表示不满。他提出了有机体概念，强调要从系统的角度来看问题。首先他认为一切有机体都是一个整体——系统，

生物机体是在时间和空间上有限的具有复杂结构的一个自然整体。从一个生物体中分解出来的部分，同在整体中发挥功能的部分是截然不同的。例如人眼在人体上跟离开人体后其功能就大不一样，同时整体功能也不是各个部分的简单总和，而是一个有机的综合。系统是相互作用的诸部分的复合体，系统的性质不仅与各部分有关，而且与它们相互之间的作用与关系有关。其次，他把生命看成一个开放系统。一切生命现象本身都处于积极活动状态，活的东西的基本特征是组织。有机体之所以有组织地处于活动状态并保持其活动的生命运动，是由于系统与环境不断地进行物质与能量的交换，亦即形成一个开放的系统。人们应该从生物体与环境的相互作用中说明生命的本质。第三，他认为一切有机体都是按照严格的等级和层次组织起来的。例如生物界内生物圈—生态群—群体—个体—系统—器官—组织—细胞—细胞器—生物大分子等组成的多层次的系统。不同等级的要素如器官、组织、细胞等具有不同的功能。上面三个观点也是贝塔朗菲一般系统论的基本原则，其他还有些原则如有序性、目的性、同型性、中心化原理等这里就不再详述了。从研究方法而言，贝塔朗菲把数学方法很好地引进来了，他用一组微分方程定量地描述系统的概念，使系统定义在定量的基础上，能够从组成部分的行为推导出系统的特性，推出由于系统中某些要素的变化对系统产生的影响。贝塔朗菲在60年代末、70年代初又进一步完善了他的一般系统论，而且力图用到经济和社会等领域中。

三、系统学的发展

贝塔朗菲的系统论是从研究生命运动开始的，虽然提出了一些基本原理，但是毕竟定量化不够，例如有序性究竟在什么条件下实现。到60年代，一些其他领域的自然科学家开始投入系统学的研究中来，例如普里高津、哈肯和爱根等。如果说一般系统论

是关于系统一般原理的科学，则后面这些学者着重于系统的自组织理论。

1. 耗散结构理论 比利时物理学家兼化学家普里高津在1969年提出耗散结构理论，这是热力学和统计力学发展的结果。十九世纪物理界主要兴趣集中在平衡态和不可逆过程。普里高津认为一个开放系统可能有三种不同的存在方式：第一是热力学平衡态，由于流动、温度和浓度差别业已消失，熵增加到一个新的较大的值，从而达到平衡；第二是与平衡态只有一点微小差别的状态。它保持平衡、亦即系统趋于尽可能靠近分子完全无序的状态，因而不可能出现任何新的结构和组织；第三是在远离平衡时出现的稳定有序的动态结构，称之为耗散结构。耗散结构与平衡结构不同。平衡结构是一种“死”的结构，而稳定有序的耗散结构是一种“活”的结构。耗散结构的建立依赖于下面三个条件：第一，它需要不断地与外界进行物质与能量的交换，亦即它只能在开放系统中发生；第二，它只有在系统保持远离平衡和在系统的不同要素存在着非线性机制的条件下，才有可能出现；第三，远离平衡系统失稳以至形成新结构的又一条件是非线性涨落。这三个条件不仅是耗散结构存在的条件，而且又反映了它的基本特征。耗散结构解释了系统内部自行产生的自组织现象。普里高津认为他的理论不仅适用于一些物理、化学领域，而且适用于生物、社会等领域。耗散结构理论指出了由无序走向有序的一个新途径。普里高津运用李雅普诺夫稳定性理论、爱因斯坦涨落理论、分支数学理论和随机理论研究耗散结构的性质及其形成、稳定和演变的规律。普里高津由于对非平衡状态热力学，特别是耗散结构理论的研究获得了1977年度诺贝尔化学奖。

2. 协同学 西德物理学家哈肯在1977年创立了协同学。他在七十年代初期研究激光的过程中，发现其中呈现出丰富的合作现象，并从中得出了协同作用的重要概念。协同学与耗散结构理论一样，也是研究远离平衡态的开放系统，在保证外界有物

质、能量、信息交换的条件下，系统能自发地产生一定的有序结构和功能的一种理论。他以信息论、控制论和突变论为基础，又吸取了平衡相变理论中序参量的概念和绝热消去原理，形成一整套模型和方法，因此其观点和方法与耗散结构理论有所不同。哈肯比较早强调了合作系统的普遍适用的共同特性，他列举了物理系统、化学系统、生物系统、电子回路系统，^⑧以至于社会经济系统，它们的协同现象是有统一的概念和规律的。后来他把计算机系统也包括了进去，这就使他的理论与工程系统工作密切联系起来。系统的运动可以用一组微分方程表示，其瞬间状态可以用多维空间中一个点来表示。这个多维空间在统计力学中称为相空间。系统随时间的变化就是相空间中点的移动，如果系统自己要走向一种有序结构，那就是说代表那种系统有序结构的点是系统的目标，不管从空间中哪一点开始，终归要走到这个代表有序结构的点。更复杂的情况是有序结构不是固定的，不是随时间变的，而是一种往返重复的振荡，那就在相空间有一个封闭的环，这个环也是系统的目标。哈肯的贡献在于具体解释上述相空间的“目的点”或“目的环”是怎么出现的。系统只有在目的点或目的环上才是稳定的，离开了就不稳定，系统自己要拖到点或环上才罢休，这就是系统的自组织。哈肯提出了支配原理，可以使多维方程大大简化，可以有效地用于实际系统。

3. 超循环理论 70年代联邦德国生物物理学家爱根从生物学的背景上提出了超循环理论。他们观察到生命现象都包含许多由酶的催化作用所推动的各种循环，而基层的循环又组成更高一层次的环，即“超循环”，也可以出现更高层次的超循环。超循环中可以出现生命现象所据为特征的新陈代谢、繁殖和遗传变异。超循环是大分子集团自组织的一种理论。大分子集团依藉这种超循环组织，可以形成稳定的结构，并能进化变异。这种组织实际上是耗散结构的一种具体形式，只是在分子、大分子集团的层次上予以具体化了。超循环理论进一步论证了稳定、突变、自

组织等共同概念。爱根根据耗散结构理论,引进“选择价值”参数,把达尔文进化论和信息论统一起来,并由此定量地描述分子自组织过程。

4. 混沌现象 这是70年代末,80年代初所认识的一种现象,首先是由美国费根鲍姆在研究离散的非线性映射系统中发现的,然后很快地在许多实际系统中讨论,例如流体、激光、电子回路等。混沌是复杂系统中另一类有序的状态,完全不同于自组织的那种有序。它失去了稳定的结构和周期的特性,所以无法用描述自组织系统的语言去描述它。然而表面上看来是杂乱无章的混沌现象中,却存在着某种结构或序。在混沌现象中存在着一些普适常数,例如反映分岔序列性质的费根鲍姆常数,现在算到4.66920166091029909,下面还有数。各种有序到无序的转变与这个数字有关。KAM定理给出了近可积系统一些性质,当这个定理不适用时,也出现混沌现象。作为研究混沌现象的工具还有曼德尔伯拉特所推广的非整维几何,和用电子计算机技术模拟包括混沌现象在内的动力系统机制的元胞自动机理论,这些学科的共同特点是与用非线性微分方程式差分方程描述的动力系统的性质有关的。

除了上面介绍的那些理论外,就一般系统论而言还有乌叶莫夫的参量型一般系统论和数学的一般系统论。后者又分成三个流派:米沙洛维奇体系、惠莫体系和克利尔体系。就复杂系统而言,还有奇异的吸引子,就是有序的系统可以变成无序。还有1982年获诺贝尔奖的威尔逊在70年代初提出的临界态理论也是讲复杂系统,他提出了重整化群的理论方法。我国廖山涛所研究的微分动力系统也是研究复杂系统。

系统学的研究有定性研究和定量研究两个方面,最终总是用数学形式表现出来,但是数学不是唯一的工具。系统学从系统的内在机理或者从输入和输出反映出来的系统外部特性出发建立系统的抽象模型,并借助数学方法和计算机技术进行模拟、分析和