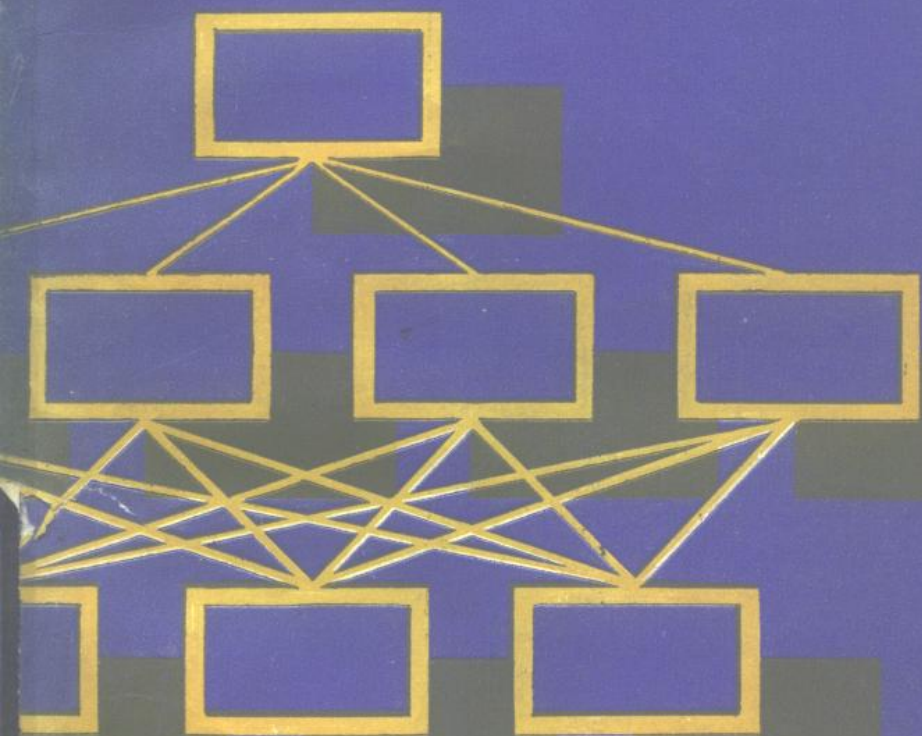


选择与判断

——AHP(层次分析法)决策

刘新宪 朱道立



上海科学普及出版社

选择与判断

——AHP(层次分析法)决策

刘新宪 朱道立

上海科学普及出版社

责任编辑 刘 洪

选择与判断

——AHP(层次分析法)决策

刘新亮 朱道立

上海科学普及出版社出版发行

(上海曹杨路500号)

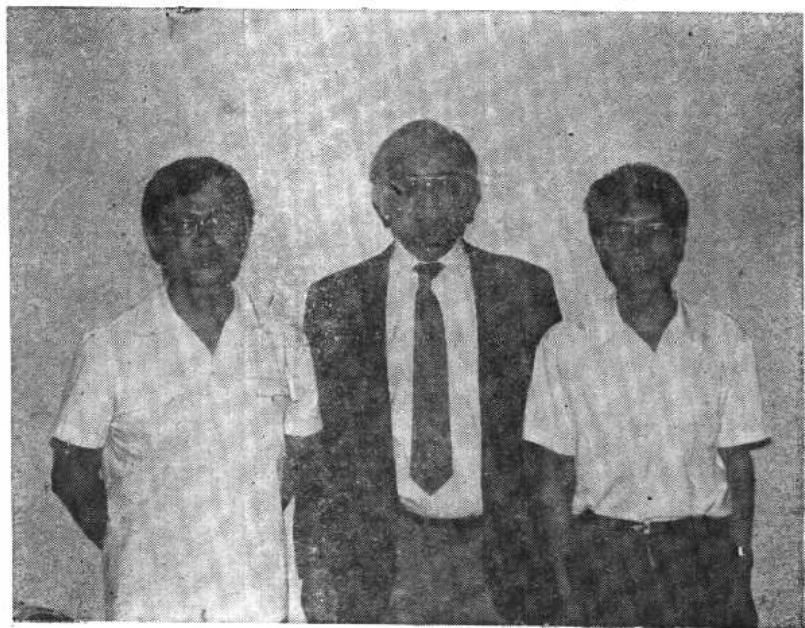
各地新华书店经销 上海长鹰印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张7.5 字数 166000

1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

印数1—8,800册

ISBN 7-5427-0207-6/C·6 定价:3.00元



T. 萨蒂教授和本书作者在一起
(左:刘新宪,右:朱道立)

序

在伟大的国家中国,AHP 获得了不同层次的决策者们的极大关注,我对此感到十分高兴。使我尤感高兴的是,由刘新宪先生及朱道立教授撰写的《选择与判断》一书的出版。

人们每天都会遇到很多决策问题。AHP 则是在复杂环境中进行决策的一种有用的方法及强有力的工具。

AHP 方法在冲突性的决断中也是有用的,因为凭借于它,可以对有争议的问题进行测评并提供协调的方法。

本书涉及了 AHP 在很多领域中的应用,并能使读者提高对 AHP 方法的应用技能。本书还涉及到了相对与绝对测评的主要区别。对正一反向计划的思想也做了详尽的介绍。我希望本书能有助于 AHP 的理论研究及其应用在中国的推广。

最后,我谨向上海科学普及出版社致谢,并为作者们的杰出工作表示祝贺。

托马斯·L·萨蒂

美国·匹兹堡

1988年9月11日

前 言

层次分析法(AHP)是70年代开始兴起的一种新的决策科学方法。它以其深刻的数学基础,合理的决策手段,简单的应用方式引起了世界各国学者及决策者们的极大关注与重视。自它问世以来不到20年的时间里,它在理论研究及应用领域中都取得了巨大的进展,并于1988年9月在我国召开了第一届国际AHP研讨会。

AHP是在多目标、多准则的条件下,对多种方案进行选择与判断的一种简洁而有力的工具。也许正因为如此,它被广泛地应用于人们生活的各种宏观与微观决策中。随着AHP应用领域的日益增多,人们自然地要求了解和掌握AHP的应用技巧。如果缺乏必要的应用技巧,任何科学的理论都有可能导致不科学的结论,因为应用技巧是理论走向实践的桥梁。

本书宗旨正是要向读者提供AHP一些必要而易行的实用技巧。这些实用技巧来自于作者对国内外有关学者的工作的研究以及对自己从事过的AHP应用工作的总结。为了加深读者对AHP应用技巧的理解与掌握,本书还提供了若干具有代表性的案例介绍及有关软件程序。同时,对AHP的原理及其数学基础也作了一定的介绍,以适应各层次读者的需要。本书可作为大专院校管理专业的研究生、本科生的教材,也可作为各类、各层决策人员及工程技术人员的参考书。

本书的第二、三章及附录一由朱道立教授撰写,第一、四、

五章由刘新宪先生撰写,本书的附录二由侯锋、刘宇斌、李瑜同志提供。

在本书的写作过程中,AHP的创始人 T. L. Saaty 教授给予我们极大的支持与热心帮助,提供了大量极有价值的资料和计算机软件,并为本书撰写了序言。对此我们谨向 T.L. Saaty 教授致谢。同时,我们要向天津大学许树柏先生等一大批与此有关的国内外学者致谢,他们的工作为本书写作提供了不少富有建设性的提示。

最后,我们向为本书出版提供了国家教委青年教师优秀奖励基金的国家教委致谢。

我们希望,本书的出版能够促进和推动 AHP 在我国的发展,并恳望读者提出宝贵意见。

作 者

1988年12月3日于上海

目 录

第一章 绪论	1
§1-1 AHP 产生的背景	1
§1-2 AHP 的应用及特点	5
§1-3 全书一瞥	9
第二章 AHP 的基本原理	11
§2-1 引言	11
§2-2 递阶层次结构模型	12
§2-3 相对重要性的比例标度和判断矩阵	17
§2-4 单准则下的排序	21
§2-5 层次综合和层次一致性问题	27
§2-6 比较判别, 排序与合成的例子	30
§2-7 层次分析法的步骤	31
第三章 AHP 的计算问题	33
§3-1 AHP 计算中的幂乘法	33
§3-2 几何平均法	36
§3-3 规范列平均法	39
第四章 AHP 的实用技巧	44
§4-1 AHP 的群组评判	44
§4-2 确定型绝对测评方法	56

§4-3	模糊型绝对测评方法.....	59
§4-4	大规模 AHP 决策问题的 ABC 筛选法	66
§4-5	合理选择判断矩阵维数.....	77
§4-6	高维数判断矩阵的二阶段处理法.....	83
§4-7	层次结构合理性的判断及结构形式对评判的影响.....	85
§4-8	相对测评中排序颠倒与注意事项.....	91
§4-9	合理设计判断矩阵评分调查表.....	96
§4-10	残缺矩阵排序权数计算方法.....	104
<hr/>		
第五章	AHP 的应用介绍	107
<hr/>		
§5-1	AHP 与生活、工作决策	107
§5-2	AHP 与计划制订.....	117
§5-3	AHP 与价值工程.....	143
§5-4	AHP 与人事测评选拔.....	156
<hr/>		
附录一	AHP 的数学基础.....	187
<hr/>		
附录二	AHP 程序操作说明.....	197
<hr/>		
附录三	参考文献	227

第一章 绪 论

§1—1 AHP 产生的背景

决策就是人们对于行为的一种选择与判断。决策的科学化是保证社会、经济、科技等各方面顺利发展的重要因素。

决策自古有之，战略决策有诸葛亮的“隆中对”而三分天下。朱元璋采纳“广积粮、高筑墙、缓称王”的建议而创立明王朝；战术决策有孙臆为田忌赛马献策而胜齐威王等等。这些都是名传千古、脍炙人口的决策故事。但这些决策主要是凭借决策者个人的经验、知识、智慧进行的。以往的很多决策就本质而言是靠人的经验，叫做经验决策。这种决策方法是与小生产方式相适应的。

然而，人类社会经过漫长的演变与发展，它从农业社会步入了工业社会，又迅速地进入了信息社会，这种社会形态的飞跃给社会活动带来了一系列根本的变革。

首先，社会活动越来越复杂了。从本世纪30年代以来，出现了大社会、大科学、大工程、大企业。1961年美国组织的阿波罗登月计划，其发射火箭“土星—5号”有560万个零部件，飞船零部件达300万个。为了这项研究，前后参加人数多达400万人。最多时，一年动员了42万人参加。参加研制的单位有200家公司，120所大学，总共化去了300亿美元。1965年，人类终于第一次登上了月球。北欧电力网工程向北欧许多国家的2000万人口的地区及工业供电。其电力网中有火力、水力、原

子能等不同类型的电站。每个电站包括许多发电机组以及大量变电所和纵横数千里的输、配电线路。实力雄厚的“跨国公司”称雄鼎立。大科学、大工程、大企业的广博性、多结构性、多分支性和综合性，以及它们的规模之庞大，结构之复杂，功能之多样，因素之众多，活动规律之复杂是过去以自然经济为基础的小生产阶段所无法比拟的。这要求决策者在决策时必须充分考虑到宏观与微观、全局与局部、经济收益与社会效果等多方面的因素，高瞻远瞩，统筹兼顾。

当今社会的发展速度之迅速也是历史上任何时期所无法比拟的。有人估计，近40年出现的科学技术成果远远超过了人类历史2000年科技成果的总和。这一切使得世界经济、政治、军事、社会乃至每个人的个人生活等各方面的环境条件都处于一种千变万化的状态。任何一个国家，一个地区，一个企业，甚至每一个人，要前进、要发展、要跟上时代的快节奏，总会不断遇到种种新问题。反应迟钝、优柔寡断必然导致坐失良机；冒然行事、粗枝大叶则会导致巨大损失。这种社会活动的多变性要求人们面对这千变万化的世界以及层出不穷的新问题审时度势，权衡利弊，迅速抓住千头万绪之关键，并进行科学的决策。单纯的经验决策在这里显得越来越苍白无力了。

在大社会环境里，大生产在人、财、物方面的投资规模往往是空前无比的。任何一个大规模的决策，其结果与整个社会的各方面都有着千丝万缕的联系，牵一发而动全身。往往一个正确的决策将使整个社会受益无穷，而一个错误的决策则会引起极其严重的后果，而更多的决策则是利弊共存。因此正确的选择与判断，科学的审度决策是万分重要的，否则会得不偿失。例如，埃及在70年代初竣工的阿斯旺水坝，它一方面给埃及人民带来了廉价的电力，在一定程度上控制了水灾旱灾。

另一方面却破坏了尼罗河流域的生态平衡，遭到了惨重的自然报复：尼罗河的泥沙和有机质沉积到水库底部，尼罗河两岸的土壤日趋盐渍化、贫瘠化；河口方向的州平原朝陆地退缩，沿海城市面临着落入地中海的危险；尼罗河下游的活水变成了“湖泊”，为血吸虫及疟蚊繁殖提供了条件，使这一代居民血吸虫发病率近达百分之百。

如此种种表明，决策科学化是当今社会发展的重要推动力量。随之而来的是决策科学的迅速发展。大批的专家学者加入了决策科学的行列中来。各种为解决复杂决策问题的数学模型及计算机决策支持系统也应运而生。其发展速度之快同样令人吃惊。这些决策科学理论与数学模型为决策科学化作出了大量贡献，诸如线性规划法、优选法、排队论、库存论、马尔可夫决策法，模糊数学决策法、计算机仿真、博弈论，以及决策理论等等。然而也有一部分学者为了寻求最优决策和分析的高度精确性，不惜构造包含着 10^6 以上变量的数学模型，其数学工具的形式之高深、之复杂使得大多数从事实际工作的决策工作者望而生畏，敬而远之。另外，现实生活中的大量决策问题是不能直接用某种量化的标度来提供信息的，大量的定性化的因素穿插交融在复杂的决策问题之中。这往往要求人们凭借经验、阅历、知识、智慧进行判断决策。而很多先进的决策科学方法却越来越趋向于对量化数据信息的依赖以及对决策者的经验与判断的排斥。这就使得很多决策科学的方法在理论上是“科学”的，在实用中是“脱节”的。社会对决策科学方法的迫切需求与决策科学工作者所提供的决策方法之间出现了一种畸形的“供需矛盾”。

面对千变万化、错综复杂的世界，人们需要一种有效的决策工具。它应当既能适应大社会、大科学、大工程、大系统的

规模的庞大性,状态的多变性,影响的广泛性,又能对定性问题及定量问题进行综合分析;在理论上要可靠、科学、合理,在具体使用方法上通俗、简便、易行。社会的急切需求,无疑是对人类的一种挑战,它要求人类正视它,解决它。AHP方法就是在这样一种环境背景下应运而生的。AHP的英文全称为Analytic Hierarchy Process,中文通常翻译为“层次分析法”。

AHP的发展过程可以追溯到70年代初期。1971年,美国匹兹堡大学数学教授 T. L. Saaty 在为美国国防部研究“应急计划”中,充分注意到了当前社会的特点及很多决策科学方法的弱点。他开始寻求一种能综合进行定性与定量分析的决策方法,这种方法不仅能够保证模型的系统性、合理性,又能让决策人员充分运用其有价值的经验与判断能力。在此期间,Saaty开始逐步形成了AHP方法的核心思想:决策问题的关键往往就是对行为、方案、决策对象进行评价、选择,而这种评价选择总是要求把决策对象进行优劣排序,取优汰劣。在进行优劣评判排序中,人们需要建立完整的评价系统,而很多评价系统则可以简化为有序的递阶系统,即大指标下有小指标,小指标下还可以有子指标的系统。对于任何简洁的有序递阶系统,人们可以运用简单的二二比较方法对系统中各有关因素进行比较评判。通过对这种比较评判结果的综合计算处理,则可以得到关于决策对象、方案、行为的优劣排序,从而为决策者提供定量形式的决策依据。

1972年 Saaty 发表了“用于排序和计划的特征根分配模型”,1975年发表了“层次和排序——特征根分析”,1977年又发表了一系列关于AHP应用方面的文章,其中有“运输计划中的推论与排序:在苏丹的应用”以及“苏丹的运输研究”。这

项为苏丹政府提供决策依据的研究工作始于1973年, Saaty在工作中成功地应用了 AHP 方法, 并获得了瞩目的成果, Saaty 也因此获得了1977年美国管理研究院的最佳应用研究奖。同年, Saaty 在第一届国际数学建模会议上发表了“无结构决策问题的建模——层次分析理论”, 从此, AHP 方法开始受到人们的广泛注意、得到深入的研究和应用。1980年, Saaty 出版了《层次分析法》一书, 该书全面论述了 AHP 方法的原理、应用及数学基础。这本书可以称之为 AHP 方法的“经典著作”。此后, Saaty 又与其他学者合作, 陆续写出了注重 AHP 应用的三本著作:《排序的逻辑·商业、能源、健康及运输中的应用》(1981年)、《领导者的决策》(1982年)以及《计划的排序》(1985年)。到1986年, Saaty 完成了 AHP 的公理证明, 这使 AHP 方法获得了更加扎实坚厚的数学基础。

§1—2 AHP 的应用及特点

在 Saaty 教授开展 AHP 研究工作的同时, 大批专家学者也加入了 AHP 研究的行列, 其发展速度及成果的影响是人们起先所不能料及的。1986年, 美国著名的《社会——经济计划科学》杂志以及日本的《运筹学》杂志分别出版发行了关于 AHP 理论研究及应用研究的专辑。尤其值得一提的是, 《社会——经济计划科学》杂志发表了芬兰学者关于运用 AHP 方法解决能源资源规划的文章。芬兰学者及芬兰国会议员们运用 AHP 方法为是否要建造第五座核电站做出了令人信服的决策。这是一个争议多年、众说纷纭的大决策, 最后的结论是建造方案遭到否决。

AHP 的应用范围十分广泛, 其涉及面主要有以下几个方面:

1. 经济与计划,
2. 能源政策与资源分配,
3. 政治问题及冲突,
4. 人力资源管理,
5. 预测,
6. 项目评价,
7. 教育发展,
8. 环境工程,
9. 企业管理与生产经营决策,
10. 会计,
11. 医疗卫生,
12. 军事指挥,武器评价,
13. 法律。

以上种种只是给出一些总体范围,在每个范畴内,又有许多具体不同的应用。AHP 之所以能在如此短的时间里得到如此迅速的发展和如此广泛的应用,这是与它在理论上的合理及应用上的简便分不开的。可以对 AHP 方法的特点做一个大概的归纳:

1. **系统性** 系统分析是当今大科学、大工程、大社会背景下的一种必需的决策分析方法。系统分析的思想要求把分析对象看作为一个整体。大系统中的每个子系统乃至每个子元素都是与系统内其它部分相互关联、彼此影响的。尽管每个子系统、子元素具有自身特定的功能和特点,有时彼此间甚至是相互冲突的,但它们都要为大系统的整体功能服务。另外,系统分析思想要求把系统分清层次。任何复杂系统都具有一定的层次结构,下层因素受到上层因素的支配,反过来上层因素又要受到下层因素的影响。而 AHP 方法的思想基础与系

统分析的原则是一致的。它要求决策者在对问题进行决策分析时，首先要将分析对象的诸因素建立起彼此相关的层次递阶系统结构。这种层次递阶的系统结构可以清晰地反映出诸相关因素(目标、准则、对象)的彼此关系。这可以使决策者在进行决策分析时，把复杂问题自千头万绪之中顺理成章。

2. 综合性 在目前大量的决策问题中，决策者所要考虑的很多因素是属于定性化因素，这些因素不能以某种定量的标度进行表现。诸如芬兰人在制订能源规划时，不仅要考虑经济收益、投资成本，还要考虑到政治影响、环境污染、与它国的关系、公众的反应等大量的定性因素。Saaty 在用 AHP 方法分析如何处理伊朗人质危机问题中所面临的问题也属于定性化问题。事实上，人们在日常生活决策中所遇到的问题，多半属于定性化分析判断问题，如家具的造型，房屋的构造乃至配偶的选择等等。AHP 方法在对事物进行决策分析时，能对定性问题与定量问题进行综合分析处理，并能得到明确的定量化结论，以优劣排序的形式表现出来。这有助于决策者作出判别。孰取孰舍，泾渭分明。这也正是 AHP 决策分析法区别于其它很多决策优化方法的一个重要特征。

3. 简便性 由于世界的千变万化，社会的迅速发展，这使得从事实际工作的决策者们对决策方法的简便性有很高要求。因为世界对决策反应的速度要求越来越快，而一些繁复的决策方法耗时、耗人、耗资金，在很多场合不具有令人满意的实用价值。而 AHP 方法对事物的评判决策过程十分简便，一个只要具有高中文化程度的人就不难掌握其运算方法，辅之于学生用计算器便能完成全部的决策分析过程。若有计算机及有关程序，则整个计算就更方便、更迅速了。

4. 准确性 近代决策更多的是追求“满意的决策”，而不

是“最优的决策”。AHP的准确性表现在它可以为人们提供“满意的决策”或“最优”的决策。AHP的丰富的数学原理为该方法的准确性提供了可信的基础。同时,AHP方法还能吸取决策者个人或集团的阅历、经验、智慧、判断能力,从而使得决策建立在更扎实的基础上。

从以上所介绍的特点来看,人们不难理解,为什么AHP能在很短的时间里获得如此广泛的应用。

AHP的理论及应用研究在我国的发展速度也是很快的。在1982年11月召开的中美能源、资源、环境学术会议上,美国Moorhead州立大学能源研究所所长H.Cholamnezhad教授向中国学者介绍了AHP方法在能源、资源、环境工程中的应用,引起了与会的中国学者的强烈兴趣。在其后不久举行的中国未来研究会第一届学术会议上,许树柏等人发表了国内第一篇介绍AHP的文章“层次分析法——决策的一种实用方法”。以后,更多的中国学者开始了对这门新的决策科学的研究。这几年来,我国学者无论在AHP理论研究或是实际应用中,都取得了很大的成果。尤其在应用方面,我国学者的涉及面十分广泛,其中包括经济分析与计划、交通运输、城市规划、能源与资源政策分析、科研管理、质量管理、价值工程、预测、旅游、医疗卫生、工程项目评价、人力资源管理、企业管理、劳动负荷测量等等。

当然,AHP作为一种新兴的决策科学,正处在发展成熟的过程之中。它不可避免地会存在一些不足之处,比如决策者的主观因素的影响,对一些定量分析的精度要求很高的决策问题的确还不能令人十分满意。还有一些理论问题有待于进一步研究探讨,这些都要求AHP研究工作者展开更加深入细致的研究。