

胡永宏 贺思辉 编著

全国文科数学教育研究会推荐教材

综合评价方法



科学出版社

综合评价方法

胡永宏 贺思辉 编著

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书介绍了确定性指标的综合评价方法,其中包括常规综合评价方法、综合评价的主成分分析与因子分析方法、综合评价的聚类分析与判别分析方法、距离综合评价法、灰色关联度评价法、数据包络分析法。同时也介绍了非确定性指标的综合评价方法,其中包括模糊综合评价方法、综合评价的多维标度法。

本书可供大专院校财经、管理类本科生和各领域的实际管理工作读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

综合评价方法/胡永宏,贺思辉编著. -北京:科学出版社, 2000

ISBN 7-03-008426-8

I. 综… II. ①胡…②贺… III. 综合评价-数理统计-高等学校-教材 IV. O212. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 06003 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2000 年 10 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

2000 年 10 月第一次印刷 印张: 8 1/8

印数: 1—3 000 字数: 213 000

定价: 17.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(杨中))

绪论 社会科学中的数学

现在，在社会科学中使用数学已被广泛接受了，只有少数顽固抵制的领域除外。原因不能从任何高深哲学的论战中去寻找，而是从许多简单的事实中就可明白。首先是社会科学的许多分支明显地在定量化，甚至可以说是被迫地定量化，人口统计学和经济学是这方面明显的例子。其次，社会科学的主题，关于复杂系统的理论是用文字表达的，而它们的分析与比较用数学形式来表示会有很大的帮助。第三，除非这些理论关系可以定量化，否则它们的应用就只能依然是很一般化的。第四，对于一些主题中比较模糊、甚至很难得到确切信息的概念，数学可以提供一种领会的手段。最后，社会科学关注的不只是描述发生了什么，它们之间是如何联系的，还在于隐藏在背后的有效、还是无效的决策。在很大程度上，这些决策过程可以数学地表述和分析，使得我们的决策可以较多地依赖于知识，较少地依赖于推测。

已经证实，一些到目前还未见诸文字的想法，用数学概念来表达的可能性是行的，这就极大地克服了用数学的抵触情绪，越来越多的学者在他们研究的社会科学分支中体现出应用数学方法的价值。就现在情况而言，成功的进展是不平衡的，还未达到人们预期那样的一致。然而数学的运用是普遍开展了，我们可以看到，许多不同领域的研究在下一代会积聚在一起，而现在还各自保持着差别的专业。

大约 75 年以前，当著名的美国经济学家欧文·费希尔撰写他的博士论文时，他认为那时在全世界大约只有 50 本关于数量经济的书和一些论文，称得上是名符其实的。现在的情况完全不同了：不仅在经济学中，而且在所有社会科学中，数学书籍和论文每年要数以千计地出现。

在社会科学中，特别是涉及实证分析的，要大量采用有限数学的方法，尤其是矩阵、矩阵代数与差分方程，因为这些明显地与大部分实证研究基础的离散观测资料相吻合。但这并不表示传统的工具如微积分，特别是微分方程就没有用处了，在一些纯理论的分析中是会涉及的。

对于这个大而复杂的问题，最好的处理是先把确定性条件下的决策与不确定性条件下的决策区分开，然后在这两个主类之内，把单个阶段的决策与多个阶段的决策分开。下面我们将论述一些对决策者有用的技术，是在规划论、博弈论、统计决策论等等不同的领域之内。这就再一次发现许多新的方法在很大程度上是使用有限数学的，虽然这许多决策问题，至少在理论上，正如我们将会看到的那样，与用过去的待定乘子法和变分法来解决的问题是属于同一类型的。

(1) 在确定条件下的单阶段决策。开始的一个好的例子就是消费者行为的理论，它是在 19 世纪末发展起来的。根据这个理论，消费者有一个明确的偏好系统，他从所购买的商品中得到的效用（或满足）是依赖于各种商品和各种服务的数量。他有一笔固定的钱，是他的收入，可供他花费，面对的是一组固定的各种价格。他的目标是在收入和价格体系的约束条件下，使效用达到最大值。

这是一个在约束条件下求极大值的问题，可以用待定乘子法来解，并有一个几何的解释。

然而还需细加说明：偏好是会系统地改变的。人们要花费时间来适应正在改变的环境，人们也受到别人做了些什么的影响。一种特别要注意的适应的方式是与新商品的介入相连的。对新商品的反应包含着一个适应的过程，在许多方面与时尚流行相似。接受的速度部分依赖于已拥有新商品的人数，部分依赖于还未拥有的人数。这个适应的过程能用一个正向偏态的曲线，如对数正态积分，来很好近似地描述。

常常会遇到一个决策问题，虽然与刚才提到的多少有些类

似，但用经典方法是没有解的，因为求极大值（或极小值）的函数是线性的。这方面的一个例子是费用最小的食谱问题，求解必须用线性规则的现代方法。这个问题可叙述如下。一个合适的食谱是按营养成分的最低含量来确定的，营养成分有：热量、蛋白质、维生素等等。含有这些营养成分的各种食品都是可用的，它们的含量和价格都是已知的、固定的。问题是：每种食品应该买多少既能达到营养的要求又使花费最少。这等于说，将这些食品的未知的购买量乘以他们的价格求和后达到最小，还需受一些不等式的限制。这些不等式中首先是所买的量要提供足够的每种营养成分，其次购买食品的量不能是负的。

(2) 在确定条件下的多阶段决策。采取决策时，常会考虑某一变量能有一个所要的随时间变化的路径该怎么办。这种情况要极大化（或极小化）的不是一个函数而是泛函。用于这种目的的经典方法是变分法。例如，让我们问这样的问题：一个社会最佳的储蓄是多少？若一个社会储蓄很少，相应地用于消费的就多些。于是短期内，可享受一种相对较高的生活水平；但长期看，资本设备增加很少，不能指望生活水平会有多大提高。因此我们必须问另一个问题：这个社会为了将来能得到更多，现在应该放弃多少？并且我们必须想到这个问题将持续到难以确定多长的未来。

(3) 不确定条件下的决策。让我们考虑以下几点：首先，所谓不确定是由于不可控的事件引起的；其次，不确定是由于在冲突情况下别人的行为引起的；第三是已讨论过的方法的确定性条件被不确定的所代替。

与前面的例子相比，不确定性的作用是把一个假设已知的量代之以一个量的分布，现在我们的问题是找出分布的特性并判断它应如何影响我们的决策。这类问题将我们引入概率和统计的领域。

还应考虑决策的另一面：避免一项大的损失比获得一项大的收益，个人可能会更在意些。于是某些商业为了不让顾客等

待，他愿意承担额外的费用来保持商品的库存。这并不是眼前的收益就能相抵，而是不想交货期弄得较长，最终会失去顾客。换句话说，正如决策者想对客观的概率有一个准确的估计一样，他也要对与他有关的主观评价有一个准确的估计。这就引向第二个内容，从冲突和联合中产生了不确定性。这个内容是另一种新的方法，博弈论的主题。

在一场博弈中，局中人不能确切地知道别的局中人将怎么办，而他的行动却依赖于他期望别人的反应而定的。至少在简单的情况下，我们可以制订出局中人可用的纯策略，并能给出任何特定的策略组合的结果如何。

虽然我们的特定模型是从社会生活中经济方面开始的，它以一种不可逆转的趋势蔓延开来。例如，在讨论生产商品和提供劳务中劳力、资本和创造性的作用时，就需要考虑另一方面，不同的技能，这将我们引向学习这些技能的教育和培训的系统。再一方面，研究和创新把我们引向社会心理学，最终我们将不得不面对社会——经济系统的全面分析。

目 录

绪论 社会科学中的数学	(i)
第一章 概 论	(1)
第一节 综合评价问题	(1)
第二节 综合评价方法的产生、发展和研究现状	(2)
第二章 常规综合评价方法	(5)
第一节 几个评价实例	(5)
第二节 评价指标的选取	(10)
第三节 无量纲化方法	(22)
第四节 权的确定	(39)
第五节 常见的综合方法	(45)
第三章 综合评价的主成分方法与因子分析法	(53)
第一节 主成分分析	(53)
第二节 主成分分析方法的统计依据	(57)
第三节 几个实例	(63)
第四节 因子分析法	(70)
第五节 因子分析的实例和计算方法	(72)
第四章 综合评价的聚类分析与判别分析方法	(79)
第一节 综合评价的系统聚类法	(79)
第二节 综合评价的动态聚类法	(89)
第三节 有序样本的综合评价聚类方法	(93)
第四节 综合评价的距离判别分析	(99)
第五节 贝叶斯 (Bayes) 判别	(106)
第六节 费歇判别	(111)
第七节 逐步判别	(116)
第五章 其他综合评价方法	(123)
第一节 距离综合评价方法	(123)
第二节 灰色关联度评价法	(129)

第三节	DEA 方法	(140)
第六章	模糊综合评价	(167)
第一节	模糊综合评价的基本程序	(167)
第二节	模糊单因素评价	(172)
第三节	单因素模糊评价的综合	(182)
第四节	模糊综合评价结果向量的分析	(185)
第五节	多级模糊综合评价	(196)
第七章	多维标度法	(208)
第一节	相似性度量	(208)
第二节	托格森 (Torgerson) 方法	(215)
第三节	K-L 方法	(225)
第四节	谢帕尔德方法	(228)
第五节	克拉斯卡尔方法	(234)
第六节	最小维数分析法 (MDA 方法)	(239)
第七节	综合评价方法优选探讨	(247)
参考文献		(250)
名词索引		(252)

第一章 概 论

第一节 综合评价问题

在日常生活、工作中,我们经常会遇到综合评价问题.设想你是一个消费者,需要购买一台电脑,你会怎样做?显然,你会先了解一下市场上出售的各种品牌、各种档次的电脑情况,比如,质量、价格等,然后再依据自身的经济状况和对电脑的使用要求从各种电脑中选择一种你认为总体上比较合适的电脑.又若你是一个大公司的总经理,你的公司有许多分公司,了解各分公司的经营状况是非常必要的.也许你还想在年末奖励一些经营好的公司,而对一些经营较差的公司进行改造,那么你的依据是什么?恐怕对各分公司的综合评价结果是唯一的依据.再若你有一大笔资金,有人为你提供了几种投资方案,你将如何决策?对各种方案的综合考虑与比较将有助于你的决策.你若是一名探矿者,在某个地方探测到了各方面的数据,那么,此处是否有矿?丰度如何?你必须对各方面情况进行综合分析,必要的时候与历史数据比较以作出判断等等.事实上,上面所要解决的问题在很大程度上都涉及到所谓的评价问题.综合评价作为专业名词其实具有较为通俗的含义,简单地说,就是对客观事物以不同侧面所得的数据作出总的评价.综合评价涉及到日常生活中的方方面面,小到商品,大到社会经济发展状况及卫星运行状况等.因此,对综合评价方法的研究具有很现实的意义.

综合评价的研究对象通常是自然、社会、经济等领域中的同类事物(横向)或同一事物在不同时期的表现(纵向).具体的综合评价一般表现为以下几类问题:

第一类问题是对所研究事物进行分类. 俗话讲,物以类聚,人

以群分,把多个事物中具有相同或相近属性的事物归为一类,有利于对客观事物进行科学的管理.比如依据经济发展状况对我国各地区分类,有利于国家制定有关政策,促进我国经济稳定协调发展.

第二类综合评价问题表现为对上述分类的序化,即在第一类问题基础上对各小类按优劣排出顺序.比如对我国各地区按经济状况分类后再进一步明确:哪些地区经济发展状况好,哪些地区经济发展状况不佳,等等,这将为客观经济管理提供信息.

第三类综合评价问题表现为对某一事物作出整体评价.当然也必须有参考系,否则无法作出评价.如果已经有一些同类事物的评价结果(即了解其综合表现情况),就称其为有训练的样本,这样,只需将所评对象与这些有训练样本进行比较,用训练样本的先验信息对该对象作出评价.这在地质勘探、天气预报等方面有较为广泛的应用.即使对于每一个评价对象,通过综合评价和比较,可以找到自身的差距,也便于及时采取措施,对症下药.

第二节 综合评价方法的产生、 发展和研究现状

综合评价的依据就是指标,而指标按不同的标志可分为实物指标和价值指标,相对指标和绝对指标,单项指标和综合指标等.

我们往往用最终结果来衡量事物发展的情况,而结果则用实物指标来反映,比如生产了多少吨粮食,多少台拖拉机,多少头牛等.这种衡量方式显然是非常粗略的,因为粮食有等级品种之分,牛有大小轻重之分,拖拉机有型号功率之分,并且由于度量单位不同而无法汇总相比.为了解决这样的问题,就产生了价值综合指标,通过引进价格这一共同度量因素解决不同实物指标的可综合问题.比如非常典型的总产值指标,用总产值进行评价,导致大家都盲目地追求高产值.随着社会经济的进一步发展,管理的重心从单纯的追求高产出而转向注重效益,即追求以尽量少的投入而得

到较高的产出.用价值综合指标进行评价就不能满足这一要求.效益表现在多个方面,比如能耗,劳动生产率,资金使用效益,等等.为了从效益角度对事物进行综合评价,就产生了指标体系评价法,即用不同的指标对事物发展的多个方面分别予以反映.这种指标体系法虽能全面反映某一个事物的发展状况,但在不同事物间比较时又遇到了困难.因为各个指标的同时使用,经常会发生不同指标之间相互矛盾的情况,因而不能对被评价事物作时间和空间上的整体对比.比如在比较甲、乙两个企业同一时期经济效益的优劣时,往往会遇到这样的情况,甲企业有几项经济效益指标好于乙企业,同时,乙企业又有另外几项经济效益指标好于甲企业.这时就无法判断甲、乙两个企业的经济效益到底谁好谁差.同样在分析比较同一企业不同时期经济效益的发展变化时,也常常会遇到类似的情况.正是由于指标体系的这一不足,人们又发展了多指标综合评价方法,即把反映被评价事物的多个指标的信息综合起来,得到一个综合指标,由此来反映被评价事物的整体情况,并进行横向和纵向的比较.这样既有全面性,又有综合性.近年来,围绕着多指标综合评价,其他领域的相关知识不断渗入,使得多指标综合评价方法不断丰富,有关这方面的研究也不断深入.主要表现在以下几个方面:

第一,评价所用的指标是多种多样的,评价的问题也不是单一的,20世纪60年代产生的模糊数学在综合评价中得到了较为成功的应用,产生了特别适合于对主观或定性指标进行评价的模糊综合评价方法.

第二,多指标综合评价中比较难以解决的是综合时各指标间信息的重复问题,近几十年来迅速发展的多元统计分析为解决这一问题提供了可能性,因而产生了主成分、因子评价法,另外判别分析、聚类分析也为解决第一、第二类及第三类综合评价问题提供了较好的定量方法.

第三,由于评价对象的多样性及评价的决策作用,多目标决策方法也溶入到综合评价中来,比如功效系数法,AHP法等,开阔了

评价方法的思路.

第四,运筹学的新发展产生了将投入和产出指标分离开来评价部门间相对有效性的数据包络分析方法,在对非单纯盈利部门进行评价时取得了很好的效果.

第五,信息论,灰色系统理论等也渗透到综合评价中来,产生了熵值法、灰色关联度评价法等.

第六,多维标度分析及空间统计学的发展提高了统计分析技术上的整合能力,使多目标综合评价方法的应用更加深入.

到目前为止,已经出现了多种的综合评价方法,但这并不意味着综合评价方法和理论已十分完善,还有不少的问题正在不断研究和完善之中,或者还有待于进一步的解决.比如,综合评价方法很多,我们在实际中如何选用?针对同一问题,不同的方法会得到不同的结果,如何解释?如何辨别不同方法对不同问题的优劣?如何衡量综合评价结果的客观准确性?等等问题还需要我们进一步探索和研究,使综合评价方法和理论不断丰富、完善.

第二章 常规综合评价方法

常规方法是指不涉及模糊数学、运筹学、多元统计分析等其他学科的方法;另一方面,它也是在各类文献资料中经常见到的方法.

通过这一章的学习,可以了解综合评价的各类问题的共性与特性,常规方法的优点与不足.

第一节 几个评价实例

这一节就是介绍几个有代表性的例子.目的是引出综合评价的基本问题,然后分别给以讨论,了解综合评价的完整过程.

一、综合国力评价

从本世纪 60 年代开始,一些学者尝试对综合国力进行定量分析的研究. I. P. 考尔是第一个对综合国力进行定量测算的学者,他把度量国力状况的指标,选取为人口、国土面积、钢消费量、能源消费量、国民生产总值、总军事实力等六项(见表 2-1),将各国占世

表 2-1 综合国力评价指标和权数

序号 i	1	2	3	4	5	6
指标 x_i	人口	面积	钢消费量	能源消费量	国民生产总值	总军事实力
权数 w_i	200	200	100	100	200	200

界总数的比重作为处理对象,按事先确定的权数加权平均,其结果作为该国综合国力的总得分,由此来进行各国的比较.用公式可表

示为

$$y_j = \sum_{i=1}^6 w_i \frac{x_{ij}}{X_i} / \sum_{i=1}^6 w_i \quad (2-1)$$

$$(j = 1, 2, \dots, n)$$

式中符号含义为

n : 参评国家个数;

x_{ij} : 第 j 国第 i 项指标值;

X_i : 第 i 项指标世界总计值;

y_j : 第 j 国综合国力总得分.

当然该方法有它的历史局限性. 80 年代初美国乔治敦大学战略与国际研究中心主任 R. S. 克莱茵提出了测算综合国力的“国力方程”, 80 年代中期日本经济企划厅综合计划局提出了用综合国力指数表示综合国力的大小, 虽在一些方面作了改进, 但基本的思路是相似的, 即: 综合国力 → 构成要素分解 → 指标选择 → 指标值转换 → 权数确定 → 多指标综合 → 比较结果排序.

二、经济效益综合评价

经济效益评价历来是人们关注的问题, 也是现代经济管理中一个比较重要的研究课题. 这方面的文献介绍了不少评价方法.

1. 综合经济效益指数法

该方法是 1983 年刘亮等在第三次全国统计科学讨论会上提出来的. 综合经济效益指数法, 是在制定一套合理的经济效益指标体系的基础上, 把某一年限各项经济效益的数值 (或者是几年的平均值) 作为统一的基数, 然后把报告期各参评单位的每一项指标实际值与该指标的基数值作比较, 计算出该指标的指数值, 最后将各单位各项经济效益指数值加权平均就可求得各单位的综合经济效益指数. 用公式表示如下:

$$y_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^p w_i} \left(\frac{x_{1j}}{X_1} w_1 + \dots + \frac{x_{pj}}{X_p} w_p \right) \quad (2-2)$$

$$(j = 1, 2, \dots, n)$$

式中符号含义为

- n : 参评单位个数,
- x_{ij} : 第 j 个参评单位第 i 项指标值,
- X_i : 第 i 项指标的基数值,
- w_i : 第 i 项指标的权数,
- y_j : 第 j 个参评单位的综合经济效益指数.

得到各单位综合经济效益指数后,就可以由此来评价各单位经济效益水平的高低.刘亮等用全国的数据进行了计算,以1979年各项指标的实际值为基数,测算了1980,1981,1982年的综合经济效益指数.后来国家计委“关于建立和完善计划指标综合体系的暂行规定”中,采用了这种方法,计算了国民经济和社会发展综合指标的各年综合分,计算中,以1980年为基期,1985年综合分为108分,2000年综合分为190分.

下面我们用实例来说明,为了便于看清方法,我们采用简单的数据,表2-2是三个地区经济效益的各项指标实际值.假设各指标的基数值分别如表2-3中所示,由该基数值求得的各指标的指数值也列于表2-3中.

表 2-2 三地区经济效益指标值(虚拟)

指标 x_i	i	单 位	指标实际值 x_{ij}		
			甲地区 $j=1$	乙地区 $j=2$	丙地区 $j=3$
产品销售率	1	%	75	85	60
百元产值实现利税	2	元	25	28	13
可比产品成本降低率	3	%	3	2	-1
全员劳动生产率	4	千元/人	9	12	6
万元产值能耗	5	吨	45	25	18

表 2-3 三地区经济效益指标指数值

指 标	基 数 值	指标的指数值		
		甲	乙	丙
x_1	80	0.94	1.06	0.75
x_2	25	1	1.12	0.52
x_3	5	0.6	0.4	-0.2
x_4	10	0.9	1.2	0.6
x_5'	5	0.44	0.8	1.11

由于第 5 个指标(万元产值能耗)的大小与经济效益呈反方向,所以将该指标取倒数变为每吨能耗的产值(单位:百元),记为 x_5' ,甲、乙、丙三个地区的指标值分别为 2.22,4,5.55,分别除以基数值 5 就可得到 x_5' 的指数值,如表 2-3 中最后一行所示。

设 5 个指标权数分别为 2,3,1,2,2,则由公式(2-2)可得三地区的综合经济效益指数分别为

甲地区

$$y_1 = \frac{0.94 \times 2 + 1 \times 3 + 0.6 \times 1 + 0.9 \times 2 + 0.44 \times 2}{2 + 3 + 1 + 2 + 2} = 0.816$$

乙地区

$$y_2 = \frac{1.06 \times 2 + 1.12 \times 3 + 0.4 \times 1 + 1.2 \times 2 + 0.8 \times 2}{2 + 3 + 1 + 2 + 2} = 0.988$$

丙地区

$$y_3 = \frac{0.75 \times 2 + 0.52 \times 3 + (-0.2) \times 1 + 0.6 \times 2 + 1.11 \times 2}{2 + 3 + 1 + 2 + 2} = 0.628$$

可以看出,乙地区经济效益最好,甲地区次之,丙地区最差。

2. 改进的功效系数法

在 1982 年我国的经济效益问题大讨论中,庞皓、谢胜智等提出用“改进的功效系数法”来计算综合经济效果。基本思想是:先确定反映经济效益的几种指标,然后将异度量的各指标值分别转化