

模糊多属性决策 理论 方法及其应用

● 孔 峰 著

中国农业科学技术出版社

模糊多属性决策理论、 方法及其应用

孔 峰 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

模糊多属性决策理论、方法及其应用 / 孔峰著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2008. 3
ISBN 978 - 7 - 80233 - 479 - 3

I. 模… II. 孔… III. 模糊集理论 - 应用 - 决策学 - 研
究 IV. C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 005027 号

责任编辑 李 华

责任校对 贾晓红 康苗苗

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 68919704 (发行部) (010) 62150979 (编辑室)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 62189012

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 新华书店北京发行所

印 刷 者 中煤涿州制图印刷厂

开 本 850 mm × 1 168 mm 1/32

印 张 6.25

字 数 200 千字

版 次 2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定 价 25.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

内容摘要

本书对模糊多属性决策理论的国内外研究现状进行了综述分析。在模糊集理论基础上,主要研究在考虑决策者主观不确定偏好特征条件下,且在模糊决策指标和确定型决策指标同时存在时的多属性决策理论、方法及其在技术经济决策分析中的应用。本书研究的主要内容有:

(1) 改进和提出了新的基于决策者理想点的模糊数决策指标的规范化方法。使用这种方法,使规范化后的决策指标不仅保留了原指标间的比例关系,并且不再随着其他指标的变化而变化。同时,这种规范化方法以决策者理想点为基准点,充分考虑了决策者的意图。

(2) 改进和提出了基于决策者主观不确定偏好特征的模糊数距离计算公式。这种新的模糊距离计算公式,不仅适用于模糊数之间的距离计算,而且适用于模糊数与确定数之间的距离计算,同时还充分考虑了决策者主观上对不确定性的偏好特征对模糊距离的影响。并在基于决策者主观不确定偏好特征的模糊数距离计算公式的基础上,提出了新的模糊数比较大小的新方法。这种方法同样也适用于模糊数与确定数之间的大小比较,这也是以往各种方法所不能达到的。同时这种新方法也充分考虑了决策者的主观不确定偏好特征对模糊数大小的影响。

(3) 改进和提出了基于决策者主观偏好的模糊主观权重、模糊客观权重以及模糊组合权重的确定方法,并研究了模糊主观权重确定方法之间的联系和转换关系。提出了模糊数决策指标之间的差异指标计算方法和基于模糊差异指标的客观权重确定方

法,如模糊熵的计算方法,及基于模糊熵的模糊客观权重的确定方法。在模糊主观权重和模糊客观权重的基础上,给出了模糊组合权重的确定方法。

(4) 在模糊多属性综合效用算法方面,改进和提出了新的模糊 TOPSIS 方法和新的模糊层次分析方法等,并通过具体算例验证了方法的有效性。

另外,本书还对一些传统多属性决策理论和方法进行了分析,并提出了一些改进的方法,如 AHP 法、投影法等。

目 录

第一章 绪论	(1)
一、模糊多属性决策问题的基本概念	(1)
二、模糊多属性决策问题的研究现状	(5)
三、模糊多属性决策问题的主要研究内容	(13)
第二章 模糊多属性决策的理论基础	(15)
一、模糊数的基本定义	(15)
二、模糊数的运算法则	(21)
三、模糊数的距离和贴近度	(22)
第三章 模糊指标的规范化方法	(31)
一、属性的选择和决策指标的分类	(31)
二、模糊决策指标的规范化方法	(34)
三、决策模糊数	(65)
四、应用算例	(65)
第四章 模糊数的比较和排序方法	(67)
一、传统的模糊数比较和排序方法	(67)
二、基于模糊距离的模糊数比较和排序方法	(73)
第五章 模糊权重确定方法	(75)
一、属性权重作用和分类	(75)
二、模糊主观权重确定方法研究	(78)



三、模糊客观权重确定方法研究	(101)
四、组合权重确定方法	(107)
 第六章 模糊多属性决策方法及其应用	(112)
一、经典多属性决策问题的简介	(113)
二、模糊多属性决策问题的基本模型	(116)
三、模糊多属性决策的方法及其应用	(116)
 第七章 神经网络技术在模糊决策中的应用	(146)
一、模糊输入神经元	(148)
二、模糊 LMS 神经网络多属性决策模型	(149)
三、模糊 RBF 神经网络多属性决策模型	(153)
 第八章 模糊多属性决策问题的展望	(160)
一、模糊概率与模糊多属性决策方法	(160)
二、模糊群决策的发展	(160)
三、神经网络技术在模糊多属性决策问题中的应用	(161)
四、模糊决策科学与行为科学的有机结合	(162)
五、模糊集与粗糙集相结合的决策科学	(162)
六、计算机信息技术的应用	(162)
 参考文献	(163)
附录 AHP 法的算法缺陷分析与改进	(178)

第一章 绪 论

一、模糊多属性决策问题的基本概念

“管理就是决策。”——1978年诺贝尔经济学奖获得者、著名的管理学家西蒙曾经说过^[1]。

决策理论的发展伴随着人类的发展而产生，随着社会生产的发展而发展。中国古代历史，其中资治通鉴、孙子兵法十三篇等，都记载了人类的各种决策活动。如，诸葛亮的“隆中对”、田忌赛马、万里长城建设、都江堰工程等。无不体现了人类的伟大决策思想。虽然历史上国内外许多的决策活动是很有效的，其决策思想从现代科学的角度来分析也是很科学的，但是，历史上的这些决策活动在很大程度上只是依靠决策者的智慧、经验和个人的才能。虽然这些决策方法和决策思想有一定的普遍意义，对后人也有很大启发和指导意义，但是都缺乏规范性，没有科学规律的分析，没有形成完整的理论与方法体系。因此，一般称历史上的这些决策思想为经验决策。

随着人类科学技术的飞速发展，单纯依靠经验决策已经不能满足人类的发展需要。人们迫切需要经验决策活动向科学化的决策发展，从而形成一套具有完整体系的、便于他人学习和掌握并能运用的科学决策理论和方法。尤其是第二次世界大战以来，科学技术已经成为一个国家政治、经济和军事发展的根本性促进因素。我国现代化建设的总设计师——邓小平，提出了“科学技术是第一生产力”的伟大科学论断。科学技术发展越来越快、越来越复杂、规模越来越大，因此科学技术发展战略和管理决策

方面的要求越来越高。决策的失误不仅会造成大量的人力、物力的浪费，还会影响到一个国家的经济、政治的发展。如，美国的战略导弹发展规划、阿波罗登月计划、对越战争等，我国的抗美援朝、南水北调、西气东输、三峡水利工程等，无不直接影响着国计民生。在市场竞争非常激烈的今天，无论企业或个人都经常面临着复杂的决策问题，不仅需要快速作出决策，而且需要分析与解决复杂的决策问题中多种不确定性所带来的困难。好的决策可以使企业或个人的发展获得巨大的成功，坏的决策一定会使企业或个人面临失败。所以，决策分析的理论、方法及其应用研究，不仅对管理科学、技术经济理论与应用的发展具有重大的理论意义，而且对解决许多复杂的实际决策问题也有特别重要的现实意义。

现代科学理论的发展为决策理论的形成提供了可能。如，系统工程、信息论、优化理论、统计决策、组织行为学、心理学等，都对决策理论和方法的发展起着直接的推动作用。其中比较突出的就是随着西蒙的现代决策理论的提出，逐渐形成了现代科学决策理论体系。社会发展的实际需要吸引着广大管理学者和科学家去研究科学决策的理论与方法。

随着现代社会的复杂性不断增加，规模的不断扩大和经营的多元化，当今社会，各个组织、企业所面临的决策问题也越来越复杂，企业所面临的决策往往是要均衡地综合考虑多个相互矛盾、相互制约的多个因素或目标，而且不同因素或目标的比较准则（标准）是不同的。为此迫切需要一种新的决策模式来帮助企业家（决策者）处理日益复杂的决策问题。这正是过去 30 年多准则（属性）决策理论和方法迅速发展的原因。

根据决策空间的不同，经典的多准则决策（Multiple Criteria Decision Making——MCDM）可以划分为两个重要的领域：决策空间是离散的（备选方案的个数是有限的）称为多属性决策

(Multiple Attribute Decision Making——MADM), 决策空间是连续的(备选方案的个数是无限的)称为多目标决策(Multiple Objective Decision Making——MODM)^[2,7]。一般认为前者是研究已知方案的评价选择问题,后者是研究未知方案的规划设计问题。

经典多属性决策问题可以描述为:给定一组可能的备选方案,对于每个方案,都需要从若干个属性(每个属性有不同的评价准则)去对其进行综合评价。我们的目的就是要从这一组备选方案中找到一个使决策者达到最满意的方案,或者对这一组方案进行综合评价排序,且排序结果能够反映决策者的意图。

多属性决策问题广泛地存在于社会、经济、管理等各个领域,如投资决策、项目评估、质量评估、方案优选、企业选址、资源分配、科研成果评价、人员考评、经济效益综合排序等。但是,目前关于多属性决策理论和方法的研究却远远不能满足需要。多属性决策是现代科学决策的核心内容之一。我国著名系统工程专家、博士生导师王众托教授认为:“多层次多目标多人决策问题是当前处理社会经济系统的规划与管理任务的有力工具,也是当今决策科学的热点课题。”

而且,随着实际工作的需要和管理科学技术的深入研究,人们对事物的认识越来越深刻。当对管理系统的考虑越来越全面时,受各种因素的影响,使得管理系统成为一个复杂系统,其中必然包含了大量的不确定性信息,如何处理和解决这些不确定性信息,也是当今决策理论的一个重点研究课题。不确定性决策理论与方法研究也是我国“十一五”自然科学基金重点资助项目之一。到目前为止,研究具有不确定信息的经济管理方法已经开始受到世界各国的重视,并在国内外,尤其是在国外取得了一定的成果。

所谓不确定性,是指所获得信息不能准确地反映事物的本质特性。随着科学的发展,社会的进步,人们对不确定性的认识越



来越深入,并且已经认识到,如果忽略了信息的不确定性,或不能对其进行科学的处理,将不能正确认识事物的本身,更不能科学地研究复杂系统问题,也就不能得到符合实际的解决问题的方法。不确定性是决策分析中普遍存在的一个现象。通常所说的不确定性一般有两种不同的表现形式,一种是事件是否发生的不确定性,即我们经常所说的随机性;另一种是事件本身的状态的不确定性,我们称为模糊性。

传统的决策理论在解决不确定性问题时,通常运用的工具只是概率统计分析方法,传统的不确定决策问题模型几乎建立的都是随机模型。这样处理的前提是,假设决策中的不确定事件都是随机因素影响的结果。但是随着科学技术的发展,人们逐渐认识到这种决策理论的不足,它不能够满足人们的需要。例如,由于人们主观判断的局限性以及对事物认识的不充分性,所以往往无法给出事物的精确信息或准确的概率分布特性。因此,迫切需要建立一种新的不确定决策理论和方法来解决上述问题。

基于上述情况,1965年著名的控制论专家,美国加利福尼亚大学教授 L. A. Zadeh 提出了模糊集 (Fuzzy sets) 的概念,由此奠定了模糊集理论的基础。这一理论在某种程度上弥补了概率统计的不足。40多年来,这一理论从理论到应用都取得了丰硕的成果。近年,模糊集理论与决策理论相结合,形成了模糊决策理论,成为当前最有发展前景的方法之一,也是运筹学、系统工程、决策科学、管理科学、技术经济理论、模糊系统理论等交叉学科的前沿研究领域。

当经典多属性决策问题中的各属性的决策指标值或各属性的权重表现为模糊数或模糊语言等不确定性信息时,则称为模糊多属性决策问题。

现实生活中的多属性决策的决策者往往不是一个人,由于各种社会经济决策问题越来越复杂,在许多情况下有必要集中多个

人(群体)的智慧来共同参与决策,根据群体的各个成员的意见和偏好来制定统一的决策是人类决策的普遍形式之一。因此,多属性决策的模型和方法常常与群决策的模型和方法相结合,形成一类新的多属性群决策问题(Multi-attribute Group Decision Making),并与模糊集理论结合在一起,就形成了模糊多属性群决策问题(Fuzzy Multi-attribute Group Decision Making)^[7]。

研究科学的、合理的、适用的模糊多属性决策理论、方法及其应用,是当今决策理论研究的一个重要核心问题,对人类社会、国民经济的发展有着重大的理论价值和实用价值。

二、模糊多属性决策问题的研究现状

模糊多属性决策问题的研究与经典多属性决策问题的研究内容相似,但是也有与经典多属性决策问题不一样的地方。到目前为止,在国内外,尤其是在国外,模糊多属性决策问题理论的研究取得了大量的成果。这些成果主要体现在以下几个方面:决策模糊指标的规范化方法、模糊数的比较和排序方法研究、模糊数的距离与贴近度的定义及其与模糊决策的关系、属性模糊权重的确定方法、模糊多属性决策方法、模糊多属性群决策方法以及模糊多属性决策理论和方法的应用。

(1) 模糊决策指标的规范化方法研究

在模糊多属性决策问题中,和经典多属性决策问题一样,需要将每个备选方案的多个属性指标值综合在一起考虑,形成备选方案的综合效用。但是各个属性的量纲、单位、数量级等一般是不同的,相应的评价标准一般情况下也是不同的。所以,不能简单地直接将各属性的指标值综合在一起,而是首先要将属性间的量纲、单位、数量级等方面存在的差异通过一定的规则(转换规则)消除掉,这个过程就是属性指标的规范化。属性指标规范化后的属性指标值应该保持原始属性指标间的比例特性,否则

规范化的指标将失去其意义。

目前,关于确定型指标的规范化研究的文献很多,文献[3]总结以往各种文献的研究结果,给出了常用的几种规范化方法,包括:极差变换法、线性变换法、向量变换法、功效系数法等。其中极差变换法是多数文献采用的规范化方法。此外,文献[4]、[5]、[6]等也提出了一些规范化方法,但也只是形式上不同于上述三种方法而已。

尽管关于确定型指标的规范化研究的文献很多,关于模糊指标的规范化的研究却很少。其中文献[7]提出了一种关于模糊数的规范化方法,这种方法也只是利用模糊数的运算规则,直接套用确定数的极值规范化方法而已,这种方法的问题是不能保证规范化属性指标的比例关系与原始指标的一致性,因而其应用范围也受到很大的限制。

(2) 模糊数的比较和排序方法研究

决策问题最终要反映成决策综合效用指标的比较和排序,模糊多属性决策问题的最终也将是多属性模糊决策综合指标的比较和排序。因此,模糊数的比较和排序方法(fuzzy numbers ranking method)也就成为模糊多属性决策问题的一个核心问题。

关于模糊数的比较和排序方法的研究文献有许多。如近30年,国内外提出了许多关于模糊数的比较和排序方法。但是,大多数方法都不能完全或不能直接适用于模糊决策问题,而且至今也没有一个令人完全满意的方法。李荣钧(2002)^[7]对模糊数的比较和排序方法的分类进行了归纳和总结,并介绍了几种不同的分类。其中,Bortolan和Degani将这些方法大致分为两大类:一类是采用某种函数将模糊数映射到实数轴上,从而得到一个以数字大小为基准的排序,另一类是利用隶属度发生的置信度来判断模糊数的大小;Nakamura的分类方法是:一类是间接方法,一类是直接方法;Li和Lee的分类方法是:一类是利用模糊数的隶

属函数曲线的交点的相对位置来判断模糊数的大小优劣,另一类是利用模糊数的隶属函数的覆盖面积来判断模糊数的大小优劣。

每种模糊数的比较和排序方法都有很多的倡导者。每种方法的适用范围也不一样。模糊决策问题中的模糊数比较和排序方法,不同于普通的模糊数的比较和排序方法,而是需要不仅能够适用于模糊数之间的比较和排序,同时还应适用于模糊数与确定数之间的比较和排序。因为在模糊多属性决策问题中,并不是所有方案的属性指标都是模糊数,也包括有确定数决策指标。但是,目前关于模糊数的比较和排序方法几乎都不能满足上述要求。另外,模糊数的不确定性给模糊数的比较和排序带来的影响也是一个重要的研究问题。我们知道一个保守型决策者(不确定厌恶者)与一名激进型决策者(不确定喜好者)的决策标准和决策结果是不同的。

目前,应用中比较有代表性的方法有如下几种。

①借助于模糊事件概率的排序方法,如, Li 和 Lee^[7]借助于模糊事件概率测度的概念,定义了模糊集的均值和标准差,并假定了模糊集的分布规律,给出了一种能够反映模糊集的均值和标准差(偏差)在决策者心目中的相对重要程度的排序方法。但是这种方法借助于概率的概念有些勉强,同时这种方法也只是适用于决策者为不确定厌恶者时的情况。类似的方法还有文献[8]、[9]等的方法。

②利用三角模糊数的上、下界值来判断模糊数的优劣。如,文献[10]给出了一种既适用于决策者具有不确定厌恶特性,又适用于决策者为不确定喜好时的三角模糊数比较和排序方法。但是其方法对于一般意义上的模糊数不适用。

③基于模糊空间距离的排序方法。如文献[7]、[11],先是定义了模糊数之间的距离公式,并以此作为模糊数的优劣排序标准。但是这种方法不适用于确定数与模糊数的比较和排序。

④基于模糊数隶属函数覆盖面积的比较和排序方法。如,文献[12]的基于“面积补偿”特性的排序方法,文献[7]、[13]中介绍的可能质量型方法等。

所有这些方法基本只适用于模糊数间的优劣比较,却不适用于模糊数与确定数间比较和排序,这是不能满足模糊决策问题要求的。

(3) 属性的权重确定方法研究

在多属性决策问题中,属性权重的大小反映了各属性的相对重要程度,属性越重要,其权重应该越大,反之则越小。所以属性的权重的确定正确与否在多属性决策中具有举足轻重的作用。对于模糊多属性决策问题也是如此,属性权重的确定方法研究也是模糊多属性决策问题的核心问题之一。

属性权重的确定方法根据确定方法依据的数据不同,可以将这些方法主要分为三大类:第一类是主观赋权法,这类方法依据的数据是由决策者主观决定,而与属性的决策指标无关;第二类是客观赋权法,这类方法依据的数据是完全由属性的决策指标获得,而与决策者的主观偏好无关;第三类方法是主、客观综合赋权法(组合赋权法),它是前面两种方法的综合,既依据决策者的主观偏好又考虑决策客观指标数据。

①主观赋权法

主观赋权法是人们研究较早、较为成熟的一种权重。其主要依据决策者的主观意图来确定。常用的主观赋权法有:专家会议法、专家调查法(Delphi法)^[3,7]、层次分析法(AHP)^[2,7,18]、相邻指标比较法^[15]、模糊层次分析法^[16]、集值迭代法^[17]等。其中,层次分析法是比较常用的一种主观赋权法。另外,文献[13]、[15]还提出了以上各种方法的组合主观赋权法。

但是,目前国内外关于研究模糊主观权重的方法却不多。文献[19]给出了一种关于区间模糊数主观权重的确定方法,但

对于一般模糊数却不适用。

②客观赋权法

客观赋权法是出现较晚的一种赋权法,这种方法不具有主观随意性,不考虑决策者的主观偏好,使得权重指标完全取决于决策指标值和数学理论方法的应用,决策者的可参与性较差(只选择一定的数学方法),但是计算量一般较大。

根据其所依据的数据不同或所起的作用不同,客观权重又可以分为三种。

一是反映在决策过程中,某个属性的指标值的分布,在决策中起的作用大小的客观权重,即计算属性为决策提供信息多少。因此这类权重也叫做信息权重。决策指标在各方案之间的分布差异程度,即指标差异性,越大,则此属性在决策中的作用越大,权重也应该越大;反之越小。这种权重的作用是为了提高各方案之间的分辨率。这种权重的赋权法有:离差赋权法^[20]、标准差赋权法^[21,22]、熵技术赋权法^[2,7]、多目标规划赋权法^[20]等。其中熵技术赋权法用的较多。另外李柏年(2002)提出了一种利用偏差矩阵^[23],基于投影夹角余弦的客观权重确定方法,但是其定义含义模糊,因此应用很少。

另外的一种客观权重没有上述作用,而只是根据历史同类型(或者已经获得的)方案属性的数据以及其评价结果获得,如神经网络方法建立的赋权法^[25,26,38]等。这种权重的原理是基于预测技术的,它根据已知的方案属性指标和评价结果,利用一定的算法去拟合已知方案的评价结果。但是,这类方法使用的已知方案评价结果并不一定是准确、客观的,其中通常包含了决策者的大量主观信息或环境因素的影响,因此这类权重的使用受到很大的限制,如决策者的决策目标不同于已有的方案,或者决策环境发生了变化,导致属性间的关系和重要程度发生了变化,等等,都可能使得这种技术失去其应用价值。

还有一种客观权重,主要是消除各属性决策指标之间的相关性,通过对方差分析或相关关系的分析得到权重。这类权重是根据统计技术得来的,因此对样本数量有一定的要求。常用的赋权法有主成分分析赋权法 (PCA)^[27,28]、相关系数赋权法^[29]、CRITIC 赋权法——Criteria Importance Through Intercriteria Correlation^[30]等。其中使用主成分分析赋权法时,有可能出现“负权”的情况,即计算出的权重中存在负的权重值,对负权的处理一般可以采用两种方法:一种是将权重为负值的属性去掉,重新计算;另外一种认为,负权表示其他属性中有重复计算的问题,因此负权应该存在,即直接使用负权。

上述客观权重的研究都是关于经典多属性决策问题的,关于模糊多属性决策问题的客观权重确定方法的研究几乎没有。

③组合赋权法

有人认为,属性的权重应该反映属性在决策中的相对重要性的一种主观和客观的综合度量。因此,针对主观赋权法和客观赋权法的优缺点,提出了主观、客观组合赋权法。这类方法主要是将利用主观赋权法和客观赋权法计算出的主观权重和客观权重利用一定的算法相结合^[7,29,31~38],如线性平均法、乘除法等。其中,乘除法存在的问题,其组合结果往往与主观权重和客观权重相偏离。

另外,应天元(1997)提出了一种 PC-LINMAP 耦合模型客观赋权法^[37],它利用 LINMAP 法(多维优先分析线性规划法——Linear Programming Techniques for Multi-dimensional Analysis of Preference)以及多属性决策方法中的主成分分析法和理想点法排序结果的一致性程度,得到各属性的权重。这种权重只是用 LINMAP 去拟合 PCA 合理想点法的排序结果,既然 PCA 已经得到了排序结果,而用另一种方法去拟合排序结果的实际意义并不明显。