

吴 坚◎著

梁昌勇

杨善林◎导师

基于 OWA 算子理论的 混合型多属性群决策研究

JIYU OWA SUANZI LILUN DE
HUNHEXING DUOSHUXING
QUNJUECE YANJIU

HUBING BOSHI WENCONG



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

斛
兵
博
士
文
丛

基于 OWA 算子理论的 混合型多属性群决策研究

吴 坚 著 梁昌勇 杨善林 导师

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

基于 OWA 算子理论的混合型多属性群决策研究/吴坚著. —合肥:合肥工业大学出版社,2011.7

(斛兵博士文丛)

ISBN 978-7-5650-0485-8

I. ①基… II. ①吴… III. ①群体决策—决策学—研究 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 135896 号

基于 OWA 算子理论的混合型多属性群决策研究

吴 坚 著 梁昌勇 杨善林 导师 责任编辑 权 怡

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2011 年 7 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2012 年 10 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	710 毫米×1010 毫米 1/16
电 话	总 编 室:0551-2903038 市场营销部:0551-2903198	印 张	9
网 址	www.hfutpress.com.cn	字 数	138 千字
E-mail	press@hfutpress.com.cn	印 刷	中国科学技术大学印刷厂
		发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0485-8

定价:25.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

《斛兵博士文丛》出版委员会学术委员会

主任委员：徐枏巍

副主任委员：刘光复 赵 韩

委员：（按姓氏笔画为序）

刘全坤	刘光复	陈心昭
陈翌庆	罗建平	祖方道
赵 韩	徐枏巍	徐科军
梁昌勇		

出版编辑委员会

主任委员：刘心报

委员：高 隽 陈翌庆 黄 康

李克明 孟宪余

史维芳 权 怡

出版说明

为贯彻教育部《关于实施研究生教育创新计划 加强研究生创新能力培养 进一步提高培养质量的若干意见》(教研[2005]1号)文件精神,培养研究生创新意识、创新能力,提高研究生培养质量,合肥工业大学设立了研究生科技创新基金,以支持和资助研究生的教育创新活动,为创新人才的成长创造条件。学校领导高度重视研究生教育创新,出版的《斛兵博士文丛》就是创新基金资助的项目之一。

《斛兵博士文丛》入选的博士学位论文是合肥工业大学 2008 届部分优秀的博士学位论文。为提高学位论文的出版质量,《斛兵博士文丛》以注重创新为出版原则,充分展示我校博士研究生在基础与应用研究方面的成绩。

《斛兵博士文丛》的出版,得到了相关兄弟院校和有关专家的大力支持,也得到了研究生导师和研究生的热情支持,我们谨此表示感谢,希望今后能继续得到他们的支持与帮助。

我们力求把这项工作做好,但由于我们经验不足和学识水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者给予批评指正。

合肥工业大学研究生学位论文出版编辑委员会

2011 年 11 月

总 序

胡锦涛总书记指出,为完成“十二五”时期经济社会发展的目标任务,在激烈的国际竞争中赢得发展的主动权,最根本的是靠科学技术,最关键的是大力提高自主创新能力。“提高自主创新能力,建设创新型国家”已明确写进了党的十七大报告。而创新型国家的建设靠人才,人才的培养靠教育。博士生教育与我国科学技术的进步与发展,与社会经济的发展有着直接而密切的联系,是国家创新体系的重要组成部分,研究生尤其是博士研究生培养质量如何,将集中体现一所高校的教育和科研水平。

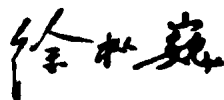
博士论文的研究工作一般都能体现本领域学科发展的前沿性和某些行业多元发展的战略性,应具有一定的创新性。为鼓励广大研究生,特别是博士研究生选择具有重大意义的科技前沿课题进行研究,进一步提高研究生的创新意识、创新精神、创新能力,激励、调动我校博士研究生及其指导教师进一步重视提高博士学位论文质量和争创优秀博士学位论文的主动性和积极性,展示我校博士研究生的学术水平,学校经过精心筹划,编辑出版了《斛兵博士文丛》。

此次入选《斛兵博士文丛》的论著,均为2008年毕业并获得博士学位的优秀博士研究生学位论文。我校的优秀博士学位论文评选工作旨在逐步建立有效的质量监督和激励机制,培养和激励我校在学博士生的创新精神,构建高层次创造性人才脱颖而出的优良氛围。同时优秀博士学位论文代表着我校博士生培养的最高水平,对我校博士生教育起到了示范作用。这套丛书中的论文大体上都有以下几个显著特点:一是选题均为本学科的前沿,具有较大的挑战性;二是论文的创新性突出,或是在理论上或是在方法上有创新;三是论文的成果较为显著,大多都在国际学术刊物上发表了与该论文有关的学术论文。

《斛兵博士文丛》的出版也是我校实施研究生创新工程的一个重要举措。伴随着办学条件的不断改善、人才培养政策的日趋完善和高层次创新型人才成长的良好环境的不断构建,一定能达到多出人才、快出人才、出好人才的目标。

我衷心希望广大研究生发扬我校的优良传统,在严谨求实、开放和谐、充满生机与活力的学术环境中奋发努力、锐意进取、勇于创新,通过自己的辛勤劳动和刻苦钻研写出更好的论文,为进一步提高我校的学术水平作出更大的贡献,为把学校建设成为国内先进、国际知名的创新型高水平大学而不懈努力。

合肥工业大学校长
教授、博士生导师



二〇一一年十一月

摘要

在社会、经济与军事等诸多领域中,对一些复杂问题进行决策时,常常同时包含定量和定性指标,并且需要群体专家参与,构成了混合型多指标(多属性)群决策问题。这类混合型多属性群体决策问题需要同时处理定量指标和定性指标,其属性值有多种类型(如精确实数、区间数和模糊语言等),并且,需要集结专家群体不同形式的偏好信息。有序加权平均算子(Ordered Weighted Averaging, OWA)及其拓展的算子是一种决策信息融合工具,能够有效地处理模糊或者不确定决策信息,并且已经在群体决策(特别是模糊或者语言型决策)中得到广泛地应用。本文基于 OWA 算子理论,提出了一种属性权重未知的混合型多属性群决策方法,其主要内容如下:

(1)研究了确定 OWA 算子权重的问题。比较分析了一些求解 OWA 算子权重的模型,证明了其本质服从或近似服从最大熵原理。定义了一种基于距离的熵,给出了相应的线性优化模型来确定 OWA 算子权重,此模型可以简化计算和处理决策者模糊的主观偏好信息。证明了正态分布方法也服从最大熵原理,并给出了一种改进的正态分布方法来确定 OWA 算子权重,其同时考虑了数据位置的信息和数据之间比例的大小信息,可以消除一些不合理性。

(2)为了有效处理群体区间互反判断矩阵的集结问题,对 COWG (Continuous Ordered Weighted Geometric)算子进行了拓展,提出了用于群决策的几何加权平均 COWG (WG - COWG)算子、有序加权几何平均 COWG (OWG - COWG)算子和诱导的有序加权几何平均 COWG (I - COWG)算子,分析了它们的一些优良性质,并且基于 I - COWG 算子,提出了集结群组区间互反判断矩阵的方法,可以提高群体决策的一致性,以此来

获得属性的主观权重。

(3)建立了混合型多属性群决策的模型。提出了把混合决策矩阵转化为标准化决策矩阵的方法,利用 COWA (Continuous Ordered Weighted Averaging)算子、模糊最大算子和模糊最小算子分别把区间数和模糊数转化为精确数,把群组专家的混合判断决策矩阵转化为标准化决策矩阵。

(4)研究了方案的属性评价信息和属性权重均以模糊语言形式给出的多属性决策问题。基于模糊语言和 COWA 算子,提出了一种属性权重和属性值都为模糊语言形式的决策方法,并把它应用到群决策中的专家赋权问题。然后,根据专家的权重和决策者的乐观程度系数,利用 HOWA 算子进行有效集结群组专家的标准化决策矩阵。

(5)研究了确定属性客观权重的问题。定义了属性的熵,提出了一种基于熵系数模型来确定属性的客观权重,此模型具有一定的柔性,可以通过系统参数 ρ 来调节属性权重之间的大小差别程度。把主观权重和客观权重线性相加,得到属性的综合权重。利用 TOPSIS 方法对决策方案进行排序,并利用权重折中系数 β 对方案排序进行敏感性分析。

最后给出了混合型多属性群决策方法的基本框架和基本流程,并把它应用到供应商选择问题,说明此方法是有效、可行的。

关键词:混合型多属性决策;群决策;区间互反偏好信息;OWA 算子;熵

Abstract

In many domains such as society, economy and military, there exist massive complex group decision-making problems containing both qualitative attributes and quantitative attributes, which form the hybrid multiple attribute group decision-making problem (HMAGDM). The method for HMAGDM is able to deal with the case where the attributes are precise numbers, interval numbers and fuzzy numbers, which conform to the fuzziness and uncertainty of human, and also reduce unreasonable factor in decision-making by fully utilizing the wisdom of group experts. This paper will propose the method for the hybrid multiple attribute group decision-making problem in which the information about attribute weights is completely unknown and the primary coverage is as follows:

(1) We first review the main existing methods for determining OWA operator weights, which obey the principle of maximum-entropy approximately. We next introduce an alternative measure of entropy based distance approach and analyze its desirable properties. Based on the alternative measure of entropy, we propose a linear objective programming (LP) model for determining OWA operator weights, which can ease computation and deal with DMs' vague preference information. Finally, we prove that Xu's normal distribution based method obeys the principle of maximum entropy and propose an argument-dependent approach based on normal distribution, which assigns very low weights to these "false" or "biased" opinions and can relieve the influence of the unfair arguments.

(2) Presenting some extended continuous ordered weighted geometric (COWG) operator, such as weighted geometric averaging COWG (WG-COWG), ordered weighted geometric averaging COWG (OWG-COWG)

operators and induced weighted geometric averaging COWG (I-COWG) operator. We next study their desirable properties. We then develop an approach to solving group decision-making (GDM) with interval multiplicative preference relations by the application of I-COWG operator, which can improve the consistency degree of group experts.

(3) Proposing the model for hybrid multiple attribute decision-making (HMAGDM). For transforming the hybrid judgment matrix to the standardized judgment matrix, we turn interval numbers and fuzzy numbers into precise numbers by continuous ordered weighted averaging (COWA) operator, fuzzy maximizing operator and fuzzy minimizing operator.

(4) This paper studies the multi-attribute decision-making problems in which attribute assessments and attribute weight are given in the forms of fuzzy linguistic assessments. We propose a fuzzy language multi-attribute method to obtain experts' synthetic evaluation value. Then we turn trapezoidal fuzzy numbers into precise numbers by COWA operator and get the weights of group experts directly. Finally, an illustrative example is given to demonstrate the feasibility and practicability of the proposed method. Then, we integrate the standardized judgment matrix of group experts by HOWA operator according the group experts' weights and the DM's optimistic degree.

(5) A model with adjust ability is proposed to seek objective weight based on the entropy of attributes, which is able to adjust the difference degree of the attribute weights by the system parameter ρ . Then subjective weight and objective weight are integrated into general weight linearly by trade-off coefficient β , which can reflect both subjective factors and objective factors.

Finally, the basic flow of HMAGDM is given and a numerical example for choosing suppliers is given to illustrate the developed method.

Keywords: Hybrid multiple attribute decision-making; Group decision-making; Interval multiplicative preference; OWA operator; Entropy

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 问题的提出	(1)
1.2 国内外研究现状	(4)
1.2.1 OWA 算子研究现状	(4)
1.2.2 多属性决策研究现状	(8)
1.2.3 群体决策建模研究现状	(12)
1.3 论文的研究内容与结构	(14)
第 2 章 OWA 算子相关理论介绍	(17)
2.1 OWA 算子的基本性质	(17)
2.2 OWA 算子权重算法介绍	(19)
2.3 拓展的 OWA 算子	(23)
2.4 OWA 算子在决策中的应用	(25)
2.5 本章小结	(27)
第 3 章 基于最大熵原理的两种 OWA 算子权重新算法	(28)
3.1 最大熵原理	(28)
3.2 一种基于最小距离的 OWA 算子权重算法	(32)

3.2.1	基于距离的熵	(32)
3.2.2	基于最小距离的 OWA 算子权重线性优化模型	(35)
3.3	一种基于正态分布的 OWA 算子权重算法	(38)
3.3.1	最大熵原理与正态分布	(38)
3.3.2	基于正态分布的 OWA 算子权重新算法	(40)
3.4	本章案例	(42)
3.5	本章小结	(46)
第 4 章	拓展的 COWG 算子与群组区间互反判断矩阵的集结	(48)
4.1	COWG 算子介绍	(49)
4.2	拓展的 COWG 算子及其性质	(51)
4.3	拓展的 COWG 算子在区间互反判断矩阵集结中的应用	(58)
4.3.1	区间互反判断矩阵的集结	(58)
4.3.2	群组判断意见的一致性研究	(63)
4.3.3	群组区间互反判断矩阵的集结流程	(65)
4.4	本章案例	(67)
4.5	本章小结	(69)
第 5 章	混合型多属性群决策问题的模型与方法	(71)
5.1	混合型多属性群决策问题介绍	(71)
5.2	基于模糊语言和 COWA 算子确定专家权重的方法	(72)
5.2.1	预备知识	(73)
5.2.2	决策方法	(77)
5.3	确定属性权重的算法研究	(78)
5.3.1	确定属性主观权重算法	(79)
5.3.2	一种基于熵系数模型的属性客观权重新算法	(80)
5.4	混合型多属性群决策的流程	(90)
5.5	本章小结	(91)

第 6 章 混合型多属性群决策方法在供应商评价中的应用	(93)
6.1 供应商评价基本方法的比较研究	(93)
6.2 基于混合型多属性群决策的供应商评价方法	(95)
6.2.1 某大型制造业企业供应商评价问题	(95)
6.2.2 获取群体专家的权重	(96)
6.2.3 确定属性主观权重	(97)
6.2.4 求解属性客观权重	(100)
6.2.5 得到供应商的排序结果	(104)
6.2.6 供应商排序的敏感性分析	(105)
第 7 章 结论与展望	(108)
参考文献	(110)
致 谢	(127)

第1章 绪论

决策是人类的基本活动之一,是人们在政治、经济、技术和日常生活中普遍存在的一种选择方案的方式,是管理中常常发生的一种活动。自从 Simon 教授提出决策三阶段的概念以来,决策理论与决策方法得到了迅速地发展,其中对多属性决策的研究成为决策科学中一个重要的研究内容^[1]。然而在实际决策中,由于决策问题的复杂性,存在着大量的混合型多属性群决策问题。这种决策问题同时包含了定量指标和定性指标,其属性值有多种类型(如精确实数、区间数和模糊数等),并且需要集结群体专家的偏好来减少决策中的不合理因素。支持混合型多属性群体决策问题的方法,比较符合人类思维的模糊性和不确定性,并且能够充分利用专家群体的智慧,比较适合处理现代社会中的复杂性决策问题,所以值得深入地研究。

本章首先提出所研究的对象——混合型多属性群体决策方法,分析讨论其特征及技术基础;接着综述其相关理论的国内外研究现状;最后,对所做的研究工作与论文结构进行说明。

1.1 问题的提出

由于社会和经济的快速发展,科学技术的飞速进步,知识和信息量的大大增加,使得各种决策问题错综复杂。在社会、经济与军事等诸多领域中,有一些决策问题同时包含定量和定性指标,构成了混合型多指标(多属性)决策问题。例如复杂供应商评价问题:由于供应链中企业之间的合作是一种持续性的行为,对于过去和现在具有不精确性(如:不良率、合同履行率等),对于未来则具有不确定性(如:研究与发展水平等)。所以,单一的定量



方法或定性方法并不足以客观地判断供应商的绩效水平,而定量和定性相结合的混合型多属性群策方法能够充分利用专家群体的智慧,充分表达人类思维的模糊性,又具有一定的客观性,更加适合处理一些复杂性决策问题^[2]。文献[3~6]分别研究了包含定量和定性指标的混合型多属性决策问题,但是都是假设属性权重已知和仅考虑个体决策的情况。然而在复杂决策问题中,由于属性之间的不可公度性和决策者的有限理性,仅仅依靠决策者的主观判断直接给出的权重很难与实际情况相符合^[7],而且,由于决策问题的复杂性,单个决策者进行的决策越来越少,多个决策者参与决策(群体决策)的情况越来越多。群决策理论和方法建立在行为科学、系统科学、管理科学、信息科学、人工智能以及社会学、心理学、经济学等学科领域,在政治、经济、科技、军事等领域有着广泛的指导意义和应用价值。它主要研究一个群体如何共同进行一项联合行动的抉择,即如何在集结决策个体偏好关系的基础上,构造群体偏好,并按照问题的属性对备选方案进行群体偏好排序的问题^[8]。由于群体决策方法具有集思广益、知识集结、考虑周详、易为大家接受等优势,因而更能反映决策的民主化和科学化,可以最大限度地减少决策中的不合理因素,因此,群决策方法的研究已经受到国内外学者的关注^[9~11]。

在现代社会的决策中,由于问题的复杂性,属性的权重一般是未知或只有部分信息权重,所以,本文所提出的混合型多属性群决策问题仅指属性的权重未知或只有部分信息权重。混合型多属性群决策问题(Hybrid Multiple Attribute Group Decision-making, HMAGDM)的主要内容为:设群组中有 $D=(d_1, d_2, \dots, d_k)$ 个专家,专家权重向量 $v=(v_1, v_2, \dots, v_k)$ 未知; $S=\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ 为多属性决策问题的方案集合; $U=\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 为指标集;指标的权重向量为 $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ 未知;方案 s_i 对指标 $u_j (j=1, 2, \dots, h_1)$ 的评价值 a_{ij} 为精确实数值型指标,对指标 $u_j (j=h_1+1, \dots, h_2)$ 的评价值 a_{ij} 为区间型指标,对指标 $u_j (j=h_2+1, \dots, m)$ 的评价值 a_{ij} 为模糊型指标,均具有不同的物理意义和量纲,专家 d^l 给出的混合决策矩阵 $\bar{A}^l=(a_{ij}^l)_{n \times m}$ ($l=1, 2, \dots, k$),需要对决策方案进行评价和排序。

目前,国内外对混合型多属性群决策问题研究的相关文献还未见报道,

而这类问题比较接近实际的决策情况,不仅包含了定量和定性指标,而且需要合理地集结专家群体的判断信息,其求解过程是比较复杂的,主要面临着以下几种问题:

(1) 计算困难和复杂

混合型多属性群体决策问题中的指标属性值为精确实数、区间数和模糊数,而区间数和模糊数不能直接比较大小,如果按照常规的计算方法(基于可能度的区间数排序方法或基于模糊重心的排序方法等),必然会导致计算量的增大和计算困难。

(2) 属性的客观权重难以确定

属性客观赋权法是利用客观信息(属性值)来确定属性权重的,是多属性决策中的一个重要研究内容,已经取得了一定的进展。主要有熵值法、离差最大化法、线性规划法、目标规划法、基于方案满意度法等,但这些方法存在两个问题:一是只能处理单一形式的属性;二是通过这些方法求得的属性权重过于刚性,可能与判断矩阵的变化不一致,导致方案排序不合理。

(3) 有效集结专家群体的不同形式的偏好信息比较困难

已有的群决策方法对决策者给出的偏好结构的形式有一定的要求和限制,即在一个群决策过程中,大多要求各个决策者(在多个属性下)给出相同形式的偏好信息。但在实际的群决策过程中,由于受到决策者知识结构、判断水平和个人偏好等众多因素的影响,再加之决策问题本身的模糊性和不确定性,专家群体即使针对同一问题也完全有可能各自给出不同形式的偏好信息。文献[12]给出了效用值、序关系、模糊互补判断矩阵等三种形式偏好信息的集结方法。文献[13]给出了群决策中具有语言判断矩阵和数值判断矩阵两种形式判断偏好信息的集结方法,但这些方法还存在一定的局限性:所研究的群体涉及的偏好信息形式有限;对不同形式偏好信息的一致性判断理论和消除非一致性的方法还没有深入地分析。

(4) 群体判断值和方案的综合属性值难以客观集结

目前,常用的方法有加性加权平均算子(AWA)^[14]、有序加权算子(OWA)^[15]等。AWA是一种传统的且应用最为广泛的决策信息集结方法,但其只考虑属性本身的重要性程度,没有考虑属性位置之间的重要性程度,不能反映决策者的主观偏好信息。OWA算子是由美国著名学者 Yager 提