

方国华 黄显峰 编著



多目标决策

理论、方法及其应用



科学出版社

河海大学研究生教育创新计划系列教学用书

多目标决策理论、方法及其应用

方国华 黄显峰 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

多目标决策是现代决策科学的重要组成部分。本书全面系统地介绍了多目标决策的理论与方法及其在水利水电规划与管理工作中的应用。全书共8章。第1章绪论;第2章介绍多目标决策基本理论;第3章介绍非劣解生成技术;第4章和第5章分别介绍离散和连续多目标决策技术;第6章介绍发展中的多目标决策方法;第7章和第8章分别介绍多目标决策方法在区域水资源规划和水库调度中的实际应用。

本书可作为高等院校水利类、工程管理类等相关专业的研究生教材,也可作为水利水电工程技术人员、涉及管理决策领域的技术人员和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

多目标决策理论、方法及其应用/方国华,黄显峰编著. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-030487-2

I. ①多… II. ①方…②黄… III. ①多目标决策-研究生-教材 IV. ①C934

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 038353 号

责任编辑:周 炜 房 阳 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:赵 博 / 封面设计:鑫联必升

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 4 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2011 年 4 月第一次印刷 印张: 14 3/4

印数: 1—3 000 字数: 300 000

定价: 50.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

一般来说,系统方案的选择若仅取决于单个目标,则称这类决策问题为单目标决策,或称为单目标最优化。若系统方案的选择取决于多个目标的满足程度,则称这类决策问题为多目标决策,或称为多目标最优化。

多目标决策方法是从 20 世纪 70 年代中期发展起来的一种决策分析方法,它是在系统规划、设计和制造等阶段为解决当前或未来可能发生的问题,在若干可选的方案中选择和决定最佳方案的一种分析过程。在社会经济系统的研究控制过程中,我们所面临的系统决策问题常常是多目标的,各目标之间存在着相互竞争和矛盾,这使得决策过程相当复杂,决策者常常难以作出决策。这就需要应用多目标决策的理论与方法。目前,多目标决策方法已广泛地应用于资源利用、能源、环境、经济管理等领域。

多目标决策问题的解一般不是唯一的,这是因为不可能同时获得各个目标的绝对最优解。因此,多目标问题的解是由向量优化问题的“非劣性”所支配的,在数学规划中通常称之为非劣解或非控解,一些统计学者和经济学家称之为有效解,而福利经济学家称之为 Pareto 最优解。在一定条件下,取得多目标的“最优”解,则称之为最佳均衡解。粗略地说,就是决策者认为最满意的解。

向量优化理论和效用理论是多目标决策的两个基本理论。向量优化理论是生成多目标问题的非劣解的基础。在非劣解生成之后,如何从中选出最终解(或方案),在很大程度上取决于决策者对某个方案的偏好(喜爱)、价值观和对风险的态度。测度这种偏好或价值的尺度就是所谓的效用。它是能用实数表示决策者偏好程度的量化指标,或量化的度量。当各方案的效用确定后,就可比较、评价各个方案的优劣,从而作出最终的抉择。

多目标决策问题只能从非劣解集中选出最佳的均衡解,从而最大限度地满足各个目标的要求。因此,求解多目标优化问题的技术之一是直接生成问题的非劣解,称为非劣解生成技术。直接生成非劣解方法的特点大多数是首先将向量优化问题转化为标量优化问题,然后应用求解标量优化问题的现有方法,生成多目标问题的非劣解集。但是有的非劣解生成技术,如多目标单纯形法,就无需通过转化为单目标问题去求解。这类生成非劣解的方法,在生成非劣解后,都是由决策者从非劣解集中选出最佳均衡解,作为最终决策。

在现实问题中,方案有限的问题是很多的,从反映多目标问题的特性来看,决策变量可能是连续的,也可能是离散的。需要研究离散和连续多目标决策技术。

另外,随着决策科学的迅速发展,诞生了各种复杂决策问题的数学模型和决策理论,使得多目标决策方法也得到了发展,如模糊综合评判、物元分析法、投影寻踪法、模糊优选法等,同时也出现了一些智能算法,如遗传算法,这些方法使得多目标决策方法的运用范围更加广泛,更加有效。

为了很好地适应解决生产实际中多目标决策问题和满足研究生教学的需要,我们在总结过去多年教学和科研工作经验的基础上,编写了本书。

本书内容分8章,分别针对多目标决策理论、多目标决策技术和多目标决策理论方法在水利水电规划与管理工作中的具体应用。第1章绪论,主要介绍多目标决策的概念、特点、理论基础、关键要素及发展概况。第2章介绍多目标决策基本理论,包括向量优化理论和效用理论。第3章介绍非劣解生成技术,包括权重法、约束法、多目标线性规划的单纯形法和多目标动态规划。第4章介绍离散多目标决策技术,包括字典编辑法、层次分析法、ELECTRE法等。第5章介绍连续多目标决策技术,包括理想点法、目的规划法、替代价值权衡法、逐步法、均衡规划法、概率权衡法等。第6章介绍发展中的多目标决策方法,包括模糊综合评判法、物元分析法、投影寻踪法、模糊优选法、熵权理想点法、遗传算法。第7章介绍多目标决策在区域水资源规划中的应用。第8章介绍多目标决策在水库调度中的应用。本书各章均给出了大量例题,旨在使读者更好地学习掌握所介绍的理论方法。

本书第1~4章由方国华编写,第5、6章由黄显峰编写,第7章由方国华、黄显峰编写,第8章由吴学文、黄显峰编写,全书由方国华统稿。研究生田昆、陈颖等参加了书稿部分内容的整理工作。本书的编写得到了河海大学谈为雄教授的支持与帮助。谈为雄教授精心审阅了全部书稿,提出了许多宝贵意见,这对提高本书质量很有帮助。在此,向谈为雄教授表示衷心的感谢!同时,也非常感谢支持、关心我们编写出版工作的所有领导和专家学者!

多目标决策还在发展之中,加之时间和作者水平的限制,书中不足和疏漏之处在所难免,欢迎读者批评指正。

作 者

2010年11月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 多目标决策的概念和特点	1
1.2 多目标决策过程和价值判断	3
1.3 多目标问题的理论基础和求解技术	4
1.4 多目标决策问题的关键要素	7
1.5 多目标决策发展概况	11
第 2 章 多目标决策基本理论	15
2.1 概述	15
2.2 向量优化理论	16
2.3 效用理论	22
2.4 效用函数形式	30
第 3 章 非劣解生成技术	35
3.1 权重法	35
3.2 约束法	41
3.3 多目标线性规划的单纯形法	44
3.4 多目标动态规划	50
第 4 章 离散多目标决策技术	59
4.1 决策矩阵和属性的规范化	59
4.2 方案初选方法	61
4.3 加权决策法	63
4.4 基于权重的决策方法	79
4.5 基于理想点的决策方法	100
第 5 章 连续多目标决策技术	107
5.1 问题的特点	107
5.2 基于整体偏好的方法	108
5.3 交互式方法	128
第 6 章 发展中的多目标决策方法	150
6.1 模糊综合评判法	150
6.2 物元分析法	156

6.3	投影寻踪法	162
6.4	模糊优选法	168
6.5	熵权理想点法	172
6.6	遗传算法	174
第7章	多目标区域水资源规划	183
7.1	区域水资源开发次序的多目标决策	183
7.2	区域水资源承载能力的多目标评价	187
7.3	区域水资源多目标优化配置	195
第8章	多目标水库优化调度	210
8.1	水电站水库多目标优化调度	210
8.2	水库防洪与兴利调度决策	222
参考文献		229

第 1 章 绪 论

1.1 多目标决策的概念和特点

只有一个目标的决策问题称为单目标决策问题,相应的求解方法称为单目标决策方法。具有两个或两个以上目标的决策问题称为多目标决策问题,相应的求解方法称为多目标决策方法。多目标决策是指在多个目标间相互矛盾、相互竞争的情况下所进行的决策。例如,人们购买商品,一般要既物美又价廉,这就是两个目标的决策问题;生产中设计一项新产品,往往要求优质、高效、低成本和低污染,这是 4 个目标的决策问题;在水资源系统规划和管理中,通常要考察国民经济发展、环境质量和社会福利等目标。更复杂的大系统,如经济和社会系统、能源系统、生态环境系统等,要考察的目标就更多了。在这些相互冲突的目标中,通常既有定量指标,又有定性指标,决策者往往难以判断孰优孰劣。

近代多目标决策理论与技术的产生和发展,最直接的原因在于:用单目标数学模型求解实际的管理和决策问题时,总是假定在单一目标和约束条件都不变化的情况下,寻求绝对意义的最优解,而且这个最优解如果存在,则常常是唯一的,这就忽视了客观事物普遍存在的多目标性。因此,除了解决简单的问题外,单目标决策很难满足个人和群体决策的要求。在现代工农业生产、能源开发、城市交通、企业管理、社会经济发展和各种有限资源合理分配等复杂问题中,考虑多目标决策问题比仅按单目标问题来处理,具有下列的必要性与优越性:

解决现实客观问题,采用多目标决策方法,其结论更合理、更逼真,易被人们所接受。实际上,客观事物的决策过程,无论是个人决策,还是群体决策,人们关心的是选择满意的决策方案,仅在特殊或简单的情况下,才去选择最优方案。例如,涉及国计民生的经济开发、社会发展和流域(或地区)水资源的开发与利用等问题,如用单目标决策方法去解决,则势必会使问题的内外关系受到过分的限制,不免带来失真和有损于解决问题的合理性。

使用多目标决策方法,能适应问题的各种决策要求和扩大决策范围,有利于决策者选出最佳均衡方案。多目标决策技术能给出各个目标之间大量利弊得失的转换对比关系,增加决策信息,便于决策者选择。根据需要也可给出所有方案的排列顺序,还可依据决策者的偏好或价值观给出相应的方案。多目标决策技术适用范围广,解决问题灵活,易于给出各个目标间易被接受的均衡解。

在多目标决策问题中,有的目标可以用一个或几个决策准则直接进行评价和比较,有的目标难以直接评价,需要将它们分解成若干级别较低的子目标,直到可以直接用一个或几个准则进行比较和分析为止。这样就形成了一个分层结构复杂的目标准则体系。最上一层通常只有一个目标,称为总体目标;最下一层中的每个子目标都可以用单一准则评价,称为方案层。合理地给出表示每个可行方案的满意程度的数值,称为满意度。构建多目标决策问题的目标准则体系是多目标决策分析的前提。

相对于单目标决策问题,多目标决策问题都有两个共同特点:目标间的不可公度性和目标间的矛盾性。所谓目标间的不可公度性是指各个目标没有统一的度量标准,因而难以进行比较,对多目标决策问题中行动方案的评价只能根据多个目标所产生的综合效用来进行。所谓目标间的矛盾性是指如果采用一种方案去改进某一目标的值,则必定会使另一目标的值变坏。例如,规模一定的综合利用水库,假设仅有自上游取水的灌溉和发电两项用途,它们各自追求的目标可均用经济效益最大来表示,也可均用物理量(供水和发电量)最大来表示,还可一个用经济值、另一个用物理量来表示。若增加发电效益,则势必就要减少灌溉收益,反之亦然,二者的利害冲突是明显可见的。因此,多目标问题总是以牺牲一部分目标的利益来换取另一些目标利益的改善。这是多目标问题的基本性质之一。多目标之间相互依赖、相互矛盾的关系反映了所研究问题的内部联系和本质,也增加了多目标决策问题求解的难度和复杂性。

一般来说,多目标决策问题的解不是唯一的,并且不可能同时获得各个目标的绝对最优解,它是由向量优化问题的“非劣性”所决定的。多目标问题的解:在数学规划中通常称之为非劣解或非控解;一些统计学者和经济学家称之为有效解;而福利经济学家称之为 Pareto 最优解。在一定条件下,取得多目标的“最优”解,则称之为最佳均衡解(best compromise solution)。粗略地说,就是决策者认为最满意的解。

多目标决策与单目标决策在决策过程中考虑影响最终抉择的因素不同。在多目标决策中,一要考虑各个目标或属性值的大小,二要考虑决策者的偏好要求。任何合乎理性的决策都将选择一个最佳均衡解(或方案),但不同的决策者对于同一问题却可能选择不同的最佳均衡解。对于单目标决策问题,决策者只需考虑目标值的大小总能选出一个最优的方案。任何决策者,在同一准则下,都将作出同一的最优抉择,这是因为决策者的偏好和目标值的极大或极小是完全一致的。一般来说,任何决策的最终目的都是使决策者达到最大限度的满足,或者说,使决策者的效用达到最大。因此,在多目标决策中,效用理论和向量优化理论都是多目标决策问题的理论基础。

1.2 多目标决策过程和价值判断

讨论多目标决策问题十分有必要了解多目标决策问题的总体轮廓,即多目标决策过程,其中价值判断在决策过程中是必不可少的重要组成部分。

1.2.1 多目标决策过程

多目标决策过程是指求解问题及作出最终决策的全部过程。具体可归纳为以下4步:

第1步 判明系统建立(或改变)与诊断的需要。当决策者觉察到需要建立或改变系统趋向时,就要诊断系统存在的问题和态势,并提出总体目标。这就是初始步骤的基本任务。

第2步 确定或提出问题。将第1步中不太明确阐述的总体目标转换为适合计算的特定多目标集,并清晰明确地说明系统全部的基本要素、目标或属性的测度、系统边界和系统环境等。

第3步 建立模型和估算参数。根据第2步确定的目标集和系统环境,构建适宜的模型,以表示系统关键变量的组成及它们之间的逻辑(或物理)关系,并进行方便有效的综合分析。这里所说的模型可有简单的智力模型、图表模型(如流程图)、复杂的物理模型和数学模型等。它们都含有若干变量和函数,其中之一要包括能生成有用方案的主要函数。各属性或目标的测量尺度必须明确规定,以便进行方案分析与比较。

第4步 分析和评价系统方案。根据预定的决策规则,或用于排列有用方案的规则集,对每个方案和与其相应的方案进行评价,从而选取具有较高效用的方案进行实施。

1.2.2 价值判断

在任何决策过程中,客观上总存在两种不同形式的因素:其一是事实因素,即能用科学方法进行验证的那些因素;其二是价值因素,即能向所有科学检验进行挑战的主观判断的那些因素。判断本身,在一般的决策过程中,就是价值因素最普遍的体现形式。

在实际的决策过程中,考虑社会价值、决策者的偏好(即决策者对后果的爱好程度)及价值判断的使用,几乎是复杂决策问题所固有的特征。对于这样的问题,学术界虽有所争论,但价值判断在决策过程中仍是一个不可少的组成部分。例如,在识别论断系统要求中、探讨整体目标中(决策过程的第1步)及建立决策变量间的逻辑关系中(第2步),可以纯客观地确定。但大多情况下,需要考虑主客观两方

面的因素来确定。此外,在分析评价方案最终作出决策的步骤中,往往很难避免要借助价值判断来完成。

在多目标决策问题中,决策者的偏好形式就是判断的体现,或判断作用的结果。在评价步骤中,用一维效用理论、多属性效用理论及其他旨在建立决策者偏好结构有关的课题时,都需要上述形式的判断。

1.3 多目标问题的理论基础和求解技术

1.3.1 理论基础

在多目标问题中,决策的目的在于使决策者获得最满意的方案,或取得最大效用的后果。为此,在决策过程中,必须考虑两个基本问题:其一是问题的结构或决策态势,即问题的客观事实;其二是决策规则或偏好结构,即人的主观作用。前者要求各个目标(或属性)能够实现最优,即多目标的优化问题;后者要求能够直接或间接地建立所有方案的偏好序列,借以最终择优,这就是效用理论的问题。

从数学规划的角度来看,多目标决策问题是一个向量优化问题或多目标优化问题。多目标优化与单目标优化的解是不同的。在单目标优化问题中,对任何两个函数的解,只要比较它们的函数大小,总可以从中找出一个最优解,并且能排出各个函数值的顺序;而多目标优化问题的解是非劣解,并且不是唯一的,孰优孰劣,很难直接作出判断。

所谓非劣解,可以粗略地解释如下:在所有可行解集中没有一个解优于它,或者说,它不劣于可行解集中的任意一个解。多目标优化计算得不出同时满足各个目标的最优解,只能求得非唯一的一组解,称为非劣解集。

就非劣解集中的某一个非劣解而言,要想改进一个目标函数的效益,必以牺牲另一个或另几个目标函数的利益为代价。这是非劣解的一个重要特性。

求解多目标优化问题非劣解的途径,常见的是将向量优化问题转化为标量优化问题来求解,即将多目标问题转化为单目标问题来求解。这样就可以利用现有求解单目标优化的方法来求解多目标的优化问题。将向量问题转化为标量问题的常用方法有如下几个:

(1) 权重法。它的基本思想是先将向量问题的各个目标函数赋予一定的权重,构成一个单目标的优化问题,然后再通过改变各个目标的权重值,从而生成多目标优化问题的非劣解集。

(2) 约束法。它是将多目标中的任意一个目标选为基本目标,而将其余的目标转化为不等式约束,再不断变换约束水平,从而生成多目标问题的非劣解集。

(3) 拉格朗日乘子法。它的基本思想与权重法差别不大,但它涉及驻点与鞍

点的重要概念,也是一种将向量问题转化为标量问题的方法。

此外,还有固定等式约束、权重范数和权重与约束混合法等。

多目标问题解的非劣性已由 Kuhn-Tucker 非劣充要条件所证明,并且为直接生成非劣解方法的基础,在多目标非劣解生成技术中广泛应用。

向量优化理论是生成多目标问题的非劣解的基础,但是在非劣解生成之后,如何从中选出最终解(或方案),这在很大程度上取决于决策者对某个方案的偏好(喜爱)、价值观和对风险的态度。测度这种偏好或价值的尺度,就是所谓的效用。它是能用实数表示决策者偏好程度的量化指标,或量化的度量。当各方案的效用确定后,就可比较、评价各个方案的优劣,从而作出最终的抉择。

在任何决策过程中,都直接或间接地含有能够排列方案的序列关系。如果这种序列关系反映了决策者的偏好,则称这种关系为偏好序。对于单目标决策问题,偏好序与该目标(或属性)数量的大小是一致的。例如,当采用人们认识一致的費用最小准则选择工程设计方案时,无须事先了解决策者的偏好序,只要应用适当的优化技术就可解决。这就是说,相应目标函数值小的方案就是决策者偏好的方案,或偏好序中的最优方案。

然而,对于多目标决策问题,则需另外了解决策者的偏好和建立某种序列关系,并将其直接地显示出来。建立这种在可行集上的序列关系的形式便称为偏好结构。它是两两元素(或方案)之间的比较关系,能使决策者对各个可行方案两两相比,选出他偏好的那个方案,或者两者无差别,或者一个方案不劣于另一个方案等。显然,决策者的偏好结构应能用实函数来表示,或者说,这种偏好序要与一个有序的实函数相对应,这个实函数便是效用函数。一旦建立了这种效用函数,最终方案的选择就相对得容易了。例如,对确定性决策问题,选取具有最大效用函数值的相应方案,便是决策者最满意的解;对于不确定性决策问题,具有最大期望效用值的相应方案,也就是最终的决策方案。

研究决策者的偏好关系、偏好结构和构造效用函数的理论基础就是效用理论。在效用理论中,偏好序是一个重要的概念和成分。

在许多决策问题中,作为偏好结构基础的不劣于($\geq$,也可用 $\sim$ 和 $>$ 表示)的存在假设是合乎理性的,但能否假设不劣于($\geq$)存在,还要取决于直接或间接地找到构造这种不劣于($\geq$)的方法,这就涉及偏好序的测度问题。在多目标决策情况下,用什么作测度的尺度,并不是都很清楚的。若没有合适的测度尺度(如标称、序数的、区间的和比率的),则偏好关系可以借用效用的概念来度量(效用实际是用序数尺度来测度的)。

效用理论是符合人类思维规律的一种公理化的理论,是多目标决策评价技术的基础。效用理论的研究一般从序列关系入手,研究确定性效用函数的存在性、表现形式和构造方法等,从而为多目标问题的决策服务。

1.3.2 求解技术

多目标问题的求解技术,到目前为止,已有二三十种方法,大多是在 20 世纪 70 年代发展起来的。为了把握各种方法的基本特征,许多学者从不同的观点提出了一些不同的分类方法,如根据决策者与分析者在求解过程中的联系方式可分为交互式多目标决策和非交互式多目标决策;根据从决策者那里获得的偏好信息情况可分为有偏好的多目标决策和无偏好的多目标决策;根据决策方式可分为个体决策和群体决策;根据决策变量是连续的、方案无限的还是离散的、方案有限的可分为离散多目标决策和连续多目标决策等。

考虑到多目标决策问题的客观决策态势和主观的决策规则,以及获得决策者偏好信息的情况(包括联系方式),可将多目标决策技术分为三大类:第一类是非劣解的生成技术,第二类是结合偏好的评价决策技术,第三类是结合偏好的交互式生成决策技术。

1. 非劣解的生成技术

这类方法的特点是生成多目标问题的全部非劣解,决策态势起着决定性的作用。因此,它并不需要知道决策者的偏好。如果需要,则只有在求出非劣解集后,决策者作最终决策时,隐性的偏好才起作用。然而,这一步的实现是由第二类技术来承担的。因此,这类技术的基本任务是生成问题的非劣解集(或方案集)。但是,它是第二类和第三类技术中许多方法的基础,是决策者确定偏好和作出决策的有力信息和依据。

非劣解的生成技术最常用的方法有权重法、约束法、多目标线性规划法和多目标动态规划法。前两个方法是把多目标问题转换成单目标规划的形式,然后通过参数的变动来影响这个转换,便可以生成非劣解集。当目标函数和约束全是或其中之一是非线性时,可以用加权方法和 ϵ 约束方法得到非劣解。多目标线性规划法仅对线性模型生成非劣解集,然而,这种方法不需要把问题转化为单目标规划的形式,可以直接作用在目标向量上以获得非劣解。多目标动态规划由 Tauxe (1979)提出,张玉新和冯尚友(1986)已将其发展为多维决策变量的多目标动态规划,并发展了算法。随后,于 1987 年又提出了多目标动态规划迭代算法。

第 3 章专门介绍非劣解生成技术。

2. 结合偏好的评价决策技术

这类方法的基本特点是决策者的偏好明确已知,决策规则起着明显的作用,由于决策者的偏好不同,所以采用的决策规则也不同,而且决策者的偏好是一次性给出的。这类方法目前已发展成许多不同的类属。

按决策者的偏好结构差异来看,这类结合偏好的决策(评价)方法有以权重、优先权、目的和理想点为基础的方法,如权重法、目的规划法、理想点法等;以目标之间的权衡关系为基础的方法,如替代价值权衡法等。对这一类属的方法,基本上方案是无限的,方案集是未知的,决策变量是连续的。然而,对目的规划法,变量可以是连续的,也可是离散的;而对替代价值权衡法,变量必须是连续可微的。

按方案有限、方案集已知和决策变量离散的观点来看,这类方法有层次分析法、线性分配法、方案成对比较法、ELECTRE I 和 II 法、TOPSIS 法、LINMAP 法等。这种类属的方法细分也有不同的特点,如 ELECTRE 法是根据和谐变量对方案进行排序的, TOPSIS 法是根据一般理想点法形成的。

3. 结合偏好的交互式生成决策技术

这类方法的特点是决策者的偏好只是部分地明确,并用以导向生成非劣解,如决策者认为满意,则计算可告终结;否则,根据决策人的改进偏好(或意见)进行重复计算,直至求出满意解为止。这类决策技术在决策过程中,分析者与决策者始终通过对话交流信息,因此,称为交互式(或对话式)技术,而第二大类的决策技术,从分析者与决策者的联系方式来说,称为非交互式技术,即在决策过程中,只需决策者给出一次性的偏好意见,就可作出最终决策,而无须进行多次对话。

这类交互式的决策技术有步骤法(包括已发展成的目的规划步骤法、多目标线性规划步骤法及改进的步骤法等)、均衡规划法、概率权衡法、Geoffrion 法等。这些方法也均有各自的特点及适用范围。

各种求解连续方案的多目标决策问题的方法的主要区别在于如何去诱导和使用决策者的偏好和信息。在求解过程中,获取决策者的偏好信息在时间上可分为优化之前、优化之中和优化之后,相应地,也可把多目标决策方法分成三大类:事先宣布偏好的方法、逐步宣布偏好的方法和事后宣布偏好的方法。

第4章介绍离散多目标决策技术。第5章介绍连续多目标决策技术,其中包括交互式决策技术。第6章对发展中的多目标决策技术单列进行介绍。

1.4 多目标决策问题的关键要素

任何一个多目标决策过程的实现基本上都取决于构成决策问题的5个关键要素。它们分别为决策单元(是个体还是群体决策)、决策态势(是离散的还是连续的,是确定的还是非确定的)、问题的目标、问题的属性(它们的特征及两两之间的关系和性质)、决策规则(是满意的还是最优的规则)。这些术语大多没有统一的定义,只能根据逻辑推理和科学判断。

1.4.1 决策单元和决策者

决策单元常常包括决策者及共同完成信息加工的人和机器。它们的任务是接受输入信息、生成信息和加工成智能信息,从而产生决策,并作出决定。

决策者是指对问题有能力、有权威作出最终决策的人或集体,由他们来提供有价值的判断意见,据此可以排定各备选方案的优劣。政府官员、企业行政管理人员均为某类问题的决策者。决策者的作用是评价和判断各目标的相对重要性,并根据目标的当前水平值及主观判断和经验,提供关于决策方案的偏好信息。

任何决策问题的解决都主要依赖于所谓的决策者和分析者。分析者一般指能够提供可行方案和各目标之间的折中信息的人或机器,如经济学家、工程师、系统分析员、社会学家、计算机等。

这样最小的决策单元就是决策者本身,大的决策单元可能包括多个决策者、系统分析人员和计算机与绘图仪器等。如此区分决策者与决策单元的目的在于了解不同决策态势下,多目标决策技术的特性及选用不同决策技术的针对性与灵活性。

1.4.2 目标和属性

目标是指决策者的希求愿望,或决策者追求的方向与结果。属性则是反映特定目标实现程度的量化或水平。此外,在决策文献中还常见到另一个术语——目的,它是决策者的一种先验的愿望水平,或希望达到的额定值。

目标集是具有层次结构的,由总目标具体分解为多层下层目标,反映决策者对决策事物希望达到的最终状态。对每个下层目标要用一个或几个属性来描述目标的达到程度。

下面以系统的递阶结构形式为例来说明目标集、属性集及其彼此间的相互关系。

如图 1.1 所示的多目标递阶结构中,最高层表示多目标决策问题的总体目标,其表述常常是不十分明确的,更不便于运算;最低层的目标比高层次的目标更明确、更具体,因而也便于定量计算。

为了使用实际方法对目标的评价进行计算,需指定最低层的各个子目标的属性,以便根据这些属性值从众多方案中选出“最好”的方案。

前面已经提过,属性是反映具体目标达到要求的量化水平。它有许多同义词,如性能、参数、分量、因子、特征和特性等,它们都是一个可测度的量,即可以直接或间接地评价某个具体目标实现程度的量度。直接的量度是指属性值的大小就表示目标值的大小,间接的量度是指采用代理属性间接地评价目标实现的水平。实际上,属性的特征是容易理解的和可测度的,因此,它是易于表达目标实现程度的度量指标。

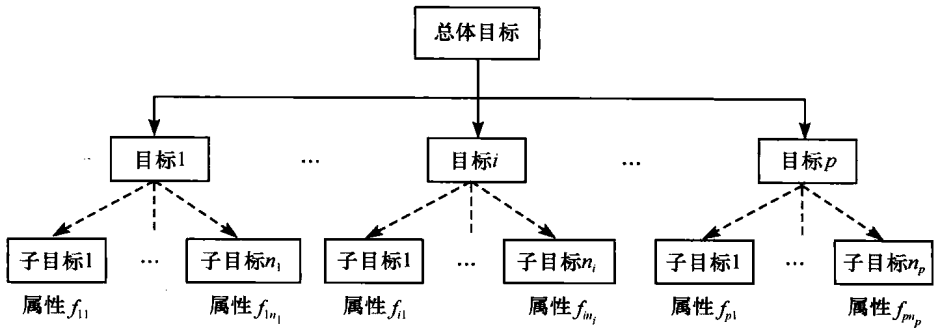


图 1.1 多目标的典型递阶结构

对一个目标指定它的属性,应满足两个特性,即可理解性与可测度性。若属性值能充分反映出相应目标可达到的程度,则这样的属性就是可理解的;若对某个给定的方案,指定属性值(以某种尺度来度量)是合理而实际的,则这个属性就是可测度的。虽然这两个要求是非常直观的,但在某些领域内,人们对测度的尺度往往不容易接受。

1.4.3 决策态势

决策态势就是决策问题的客观情况,它是决策问题结构(客观事实)和决策环境的概括。为阐明决策态势,必须清楚地识别决策问题的界限和基本组成。特别地,决策态势的描述应详细说明如下问题:需要和有用的输入形式与数量、决策变量集和属性集及它们的测度尺度(或标度)、决策变量与属性之间的关系、方案集、环境的状态等。

决策态势的清晰描述与识别,为后继地选择多目标决策技术提供必要的基础。在求解实际的多目标决策问题时,首先要识别决策问题的态势或问题结构的实质,然后才可据此选择适宜的求解技术。决策态势反映问题的实质和类型有决策变量或属性的类型是离散的还是连续的;变量或属性的度量形式是公称(标称)的尺度、序数尺度、区间尺度,还是比率尺度;自然状态的性质是确定的还是不确定的;方案集的描述是显性的还是隐性的;变量间的因果关系是线性的、凸的,还是非线性的;决策目标是动态的还是静态的等。这里举例说明决策态势与选择求解决策技术的关系。例如,选择住房的问题。假设有几套公寓任你选择,其态势表明,这种选择问题的方案集是显性的,并且可选方案有限。考虑的属性可能有租金、距离工作地点的远近、各套公寓的环境等,它们是已知的。据此选择多目标决策技术可以集中调查决策者的偏好,采用多属性效用函数方法是公认有效的。换一种情况,求解具有大量决策变量的问题和关系复杂的大型工程设计参数的选择,采用人机交互的(或对话式)决策技术是更适宜的。需要说明的是,根据决策态势的特征选择问题

的求解技术,并没有什么正规的指南可循,这主要取决于问题的特性、人的经验、创造性和全面合理的判断。

1.4.4 决策规则

一个决策问题,就是要从众多的(有限的或无限的)可行方案中选择一个最佳的方案,作为最终的决策。在作出这个决策的过程中,不难看出,它隐含着要将所有可行的方案,按照多目标问题的全部属性值的大小进行排序,从而按序择优。这种促使方案完全序列化的规则集,便称为决策规则。在实践中,决策规则可分为两大类:一类是最优规则;另一类是满意规则。前者是所有方案可以完全排序的规则集。在完全序中,最佳的方案总是相应决策规则中某个最优准则的方案。

然而,对满意性决策规则就不能抱有那样的奢望,它仅仅是在满意规则的意义上去寻找一个满意的方案,作为最终的决策。应用满意性规则,需将所有可行的方案分为可接受的和不可接受的两个子集,或者分为4个子集,如好的、可接受的、差的、不可接受的。显然,不同子集的两个方案总是可比的,因为根据有关满意规则总可以识别出一个方案比另一个较好。然而,在有些情况下,同一子集的两个方案采用这样的规则是无法区别的,或不可比的。

再进一步划分两类决策规则的类别也是需要 and 可能的。例如,在不确定性的决策问题(即概率分布是未知的)中,决策规则可有最大最小规则,或悲观规则;最大最大规则,或乐观规则等。在风险型决策问题中,决策规则基本为损益期望值最大。在确定性决策问题中,决策规则为损益值最大。它们均可作为某种优化决策问题的备选规则。

满意性决策规则是与决策者(个人或集体)的偏好紧密相连的。尽管决策者的偏好形式可能是多种多样的,可以说,多目标决策问题的最终决策都是根据满意性决策规则作出的。

决策规则的表述形式有隐式和显式之分。在某些决策问题中,决策规则常常隐寓于目标的陈述之中,甚至有的目标阐述可以完全说明决策规则。对有些问题,除目标陈述外,尚要对决策规则进行明显的描述,或者是需要对决策规则进行显式的说明。

在多目标问题的决策过程中,决策规则起着重要的作用。由于决策者的偏好不同,而采用的决策规则也不同。例如,有的决策者喜用期望效用最大规则,有的喜用目的或理想的偏差最小,还有的喜用基于目标间的权衡判断。显然,采用什么决策规则在很大程度上取决于决策者的偏好,当然也与决策问题的本身特性有关。由于决策者的偏好不同,用以搜索最佳均衡解的方法也不同。因此,决策者的偏好在多目标决策过程中是起着重要作用的。