

第1章 预备知识

多属性决策是指在一定数量的备选方案上进行偏好决策,如选择、排序、评价等.多属性决策问题一般具有如下特征.

(1) 备选方案:简称为方案 (alternative),它是决策的客体.在不同的实际问题中,方案的称谓也等同于选项 (option),策略 (policy),行动 (action),或者候选者 (candidate).这些方案被多个通常互相冲突的属性 (attribute) 所刻画^[194].

(2) 多个属性:每个问题都有多个属性.对于每个问题情况决策者必须产生相应的属性,其多少与问题的性质有关.

(3) 不同量纲:每个属性使用不同的测量单位.以汽车选择为例,汽油里程数用每升汽油能行驶的里程数表示,舒适程度用乘客空间来衡量,安全性能使用非数值的方法来指示,费用以万元来表示,等等.不同的度量单位使得测度的数值不能直接用于属性整体的比较.

(4) 属性权重:几乎所有的多属性决策问题都需要关于每个属性相对重要性的信息,这些信息通常可由决策者直接以基数或序数的形式提供.

1.1 基本术语

在多属性决策中最常用的四个词是:准则、目标、属性和目的,这些术语并没有统一的定义.一些学者在使用中做了区别,而许多学者互换使用.本书对这些术语作如下的界定.

准则 (criteria) 准则是衡量、判断事物价值的标准,它度量事物对主体的有效性,是评价的基础.能数量化的准则通常称为指标 (goal).指标是预先设定的值或者期望的程度,它们是指对某些属性值的期望要么达到,要么超过,要么未超出.由于指标是被设计用来限制方案集的,因此,也被称为限制,它反映实际存在的事物的数量概念和具体数值.指标既包括准则的名称,也包括准则的数值.前者体现事物质的规定性,后者体现事物量的规定性,指标值是二者的统一.指标值是先验的渴望水平或数值,是在给定问题里暂时固定而尽可能满足的需求的明确陈述.指标是用属性或目标预先确定的数量或水平,例如“利润最大化”是目标,而“获利1000万元”是指标.

目标 (objective) 目标是决策者 (decision maker, DM) 追求的最完美的东西, 它反映决策者对客体的需求. 目标通常指示决策者对于研究问题等客体所期望的变化方向, 达到的状态.

属性 (attribute) 属性指方案固有的特征、品质或性能. 凡能表示决策方案绩效的参数, 并因此使其与其他客体相似或相异的一切成分、因素、特征、性质等都是属性. 属性可以提供评价目标级别的方法. 每一个方案都可以用一系列属性来描述. 在决策中, 由决策者选择的全部属性的值可以表征一个方案的水平. 它们可以是客体实际的特性, 亦可以是决策主体认定的表示决策客体的客观特性. 虽然它们不能从决策者的价值和现实的模型中分开, 但能相对独立于决策者的需求和希望进行辨识和度量. 要注意区别属性与属性值之间的关系, 假如商品价格是属性, 如果价格为 80 万元, 那么 “80 万元” 就是属性 “商品价格” 的一个属性值.

决策矩阵 (decision matrix) 多属性问题可以用矩阵形式简洁地表示. 决策矩阵 D 是 $M \times N$ 矩阵, 其中元素 X_{ij} 表示方案 $i(A_i)$ 关于属性 $j(X_j)$ 的评价. 如果决策问题的后果评价是用损失表示的, 那么决策矩阵也可以称做损失矩阵.

理想方案 (ideal solution) 在多属性决策问题中, 理想方案能够在每个属性上同时最优, 其定义如下: $A^+ = \{X_1^+, X_2^+, \dots, X_j^+, \dots, X_n^+\}$, 其中 $X_j^+ (j \in N)$ 是第 j 个属性的一个可行的最优值. 这种方案通常也是不存在的, 否则, 该问题本质上不属于多属性决策问题. 在多属性决策中, 它是一个假设的方案, 由决策矩阵中每个给定属性的最好值确定. 应该注意的是, 理想方案在多属性决策中是主观的, 而在多目标决策中是客观的. 因此, 如果决策者使用非单调的效用函数, 确定一个理想的方案是多属性决策研究中的一个问题. 虽然理想的方案实际并不存在, 但理想方案的概念在多准则决策方案中是必不可少的. 例如, 一些折中的方法可以获得与理想方案最接近的方案.

负理想方案 (anti-ideal solution) 与理想方案恰好相反, 负理想方案是在各属性上都具有最差的值. 在实际问题中, 它可能存在, 也可能不存在. 负理想方案可以表示为: $A^- = \{X_1^-, X_2^-, \dots, X_j^-, \dots, X_n^-\}$, 其中 X_j^- 是第 j 个属性的最劣值. 在多属性决策中, 负理想方案和理想方案通常作为参考的基准用以对备选方案进行评价.

非劣方案 (nondominated solution) 在不同的文献中这个方案的名称不同, 如: 在多准则决策中称为效率方案, 在统计决策理论中称作允许方案集, 在经济学上称为 Pareto 效率方案等. 如果多准则决策中一个可行方案不存在其他可行的方案可以在不引起其他至少一个属性上的降低时获得在某个属性上的改善, 则该方案就是非劣的. 非劣方案的概念在多属性决策的初始筛选中经常使用. 虽然非劣的概念可用于充分条件的最终决策^[69], 但是大量产生的非劣方案明显降低了通过它筛选多属性决策方案的作用.

满意方案 (satisfying solution) Simon 定义的一个满意方案是一个缩小的可行子

集^[365], 它在每个属性上达到或超过了所需要的程度. 满意方案集由可以接受的方案构成. 满意方案不必是非劣的. 这种方案的简单性因为符合知识和能力有限理性的决策者行为过程而受到肯定. 虽然一个满意方案作为最终方案可以用得很好, 但是它常用于筛选出不可接受的方案.

偏好方案 (preferred solution) 一个偏好方案是在决策者参与的信息处理中作为最终选择的非劣方案. 在这方面, 多属性决策可以作为利用决策者的偏好信息得到偏好方案的决策辅助工具.

例 1.1^[194] 战斗机选择问题

某国决定从美国购买喷气战斗机. 五角大楼官员提供了可以出售给该国的 4 种型号飞机的特性. 该国的空军分析小组认为应该考虑 6 种特征属性: 最大速度 (X_1), 航程 (X_2), 最大载荷 (X_3), 购买价格 (X_4), 可靠性 (X_5) 和机动性 (X_6). 每个飞机型号 (方案) 的 6 个属性值如表 1.1 所示.

表 1.1 战斗机选择问题表

备选方案 A_i	属性					
	最大速度 X_1 /马赫	航程 X_2 /n mile	最大载荷 X_3 /lb	购买价格 X_4 /百万美元	可靠性 X_5 /高-低	机动性 X_6 /高-低
A_1	2.0	1500	20000	5.5	中	很高
A_2	2.5	2700	18000	6.5	低	中
A_3	1.8	2000	21000	4.5	高	高
A_4	2.2	1800	20000	5.0	中	中

与表 1.1 类似地可用决策矩阵表示战斗机选择问题:

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccc} 2.0 & 1500 & 20000 & 5.5 & 中 & 很高 \\ 2.5 & 2700 & 18000 & 6.5 & 低 & 中 \\ 1.8 & 2000 & 21000 & 4.5 & 高 & 高 \\ 2.2 & 1800 & 20000 & 5.0 & 中 & 中 \end{array} \right] \end{matrix} \quad (1.1)$$

1.2 决策内容

在进行多属性决策时, 首要考虑的是决策的内容, 这就需要确定决策的要素和决策循序渐进的步骤.

1.2.1 决策要素

多属性决策的要素包括：决策单元、决策方案、准则体系和决策结构等, 现将依次讨论.

1.2.1.1 决策单元

决策单元是决策过程的主体, 它的工作是接受任务、输入信息、生成信息和加工成智能信息, 从而产生决策. 决策单元常常包括决策者及共同完成决策分析研究的决策分析者, 以及用以进行信息处理的设备. 决策者是指对所研究问题有权利、有能力作出最终判断的个人或集体, 其主要责任在于提出问题, 规定总任务和总需求确定价值判断和决策规则, 提供偏好信息, 抉择最终方案并组织实施. 分析者 (decision analyst, DA) 受决策者的委托, 使用定性定量分析和综合评价等方法, 来对备选方案评价或比较, 提出决策建议以供决策者最终决策参考.

1.2.1.2 决策方案

决策方案是决策过程的客体, 它们是决策的对象. 当决策方案被认为可以实施, 或符合决策者的某些要求时, 这样的决策方案就是备选方案. 方案的概念与方案间的相互排斥有关, 而这样的相互排斥来源于决策目的. 本书使用集合 A 来表示备选方案的集合, $A_i (i \in M)$ 表示备选方案, 假设方案集有 m 个方案, 则

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}.$$

当进行决策建模时, 可以用备选方案在所考虑的 n 个属性上的评价值 $X_j (j \in N)$ 来表示该方案,

$$A_i = \{X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}\}.$$

这样的抽象地表示备选方案后, 在所考虑的 n 个属性上的评价值相同的方案将不可区分地被视作相同. 关于本书所使用的方案概念和建模方法的细节问题可以参见文献 [213, 334, 419].

1.2.1.3 准则体系

准则是用来从某个明确定义的角度来进行方案评价和比较的工具^[335]. 当用某个准则来比较两个方案时, 实际上是要用两个方案在该准则上不同程度的评价来进行比较. 因此, 分析准则评价的程度不同就产生了不同的准则度量标度. 常用来度量属性的标度有比例标度, 区间标度和序标度等, 这将在本书 2.3 节详细阐述. 关于其他中介类型的标度方法, 还可以参见文献 [259, 335].

多属性决策问题的具体化必须首先建立准则体系, 设定层次结构的准则体系才能方便评价备选方案. 所以, 准则体系最低层一般是直接或间接表征方案的属性层, 而且应当尽量选择属性值能够直接表征相应特征关系满足程度的属性, 否则, 只能选用间接表征相应特征关系满足程度的代用属性 (proxy attribute)^[214]. 代用属性与

相应目标之间的关系表现为间接关系, 其中隐含有决策者的价值判断. 在例 1.1 中, 可用平均无故障飞行时间来表征飞机的可靠性, 那么这个平均无故障飞行时间就是一种代用属性. 它隐含着下述价值判断: 平均无故障飞行时间越长, 飞机的可靠性越好.

Keeney 和 Raiffa 提出描述一个多属性决策问题时, 理想的属性集合应满足以下 5 个性质^[214]: (1) 完整性, 属性集合应表征决策要求的所有重要方面; (2) 可运算性, 属性能有效地用到随后的分析中去; (3) 可分解性, 可将决策问题分解, 以简化评价过程; (4) 无冗余性, 希望不重复考虑决策问题的某一个方面; (5) 极小性, 即不可能用其他元素更少的属性集合来描述同一多准则决策问题. 要完全满足这 5 个特性是很困难的, 所以又称其为属性集合的理想条件. 由于属性集合直接表征备选方案, 所以选择的属性集合和整个准则体系是否合适, 对决策的质量和效果影响很大, 选取时一定要慎重选取.

1.2.1.4 决策结构

决策问题的结构是由决策问题的形式、决策的类型和决策者自身在决策问题中发挥的作用等共同决定的. 为阐明决策态势, 必须尽量清楚地识别决策问题的组成、结构和边界, 以及所处的环境条件. 它需要标明决策问题的输入数量和类型, 备选方案集和属性集以及测量它们的标度类型, 方案和属性之间以及属性和准则之间的关系, 同一层次的属性之间的关系等. 常见的多属性决策问题可以分为选择问题, 有序分类问题, 排序问题和描述问题^[327, 334]. 选择的目的是从较好的备选方案中挑选最满意的方案. 这类问题通过方案间的比较, 尽可能地删除备选方案以获得一个包含所有不能相互比较优劣的满意方案的集合. 有序分类的目的则是将所有的方案相应地分配到预先设定的有偏好关系的类别中, 这些预先设定的分类必须是建立在所考虑方案的特性上的. 排序则是通过所有考虑的方案中的全序或偏序进行的, 其序结构是由分类方法产生的, 可以作为方案间比较的工具. 描述则是在某些情况下, 通过建立指标体系支持备选方案中合适的集合. Bana e Costa 等人还提出了其他类型的决策结构^[36]. 但无论针对什么样的决策结构, 都需要考虑问题的多个方面^[336]. 因此, 研究多属性决策问题中各属性评价的集结方法就很重要, 这点将在第 3 章中具体讨论.

在决策结构中, 用来对决策方案进行排序和比较所使用的规则称为决策规则. 决策规则一般可分为两大类: 最优规则和满意规则. 最优规则是使方案完全序列化的规则, 只有在单个属性, 或由多属性经转化成的单属性决策问题中, 方案集才是完全有序的. 这时可以从备选方案集中选择出最优的方案. 然而在多属性决策问题中, 方案集不是完全有序的, 只能在满意规则下寻求决策者满意的方案. 正如 Simon 于 1955 年指出, 如在优化中用“满意解”代替“最优解”, 就会使复杂问题大大简化^[365]. 决策者的满意度一般通过所谓“偏好信息”来表述, 它是多属性决策不可缺

少的重要组成部分,其理论基础将在第2章中阐述.有关多属性决策问题的各种理论和方法的主要区别就在于满意决策规则的选择不同,最优性决策规则用于不同的环境条件下亦有所不同.例如,在确定型决策中,决策规则为收益值最大;在随机型决策中,决策规则通常为收益期望最大;而在模糊型决策中,决策规则可用最大最小规则,最大最大规则, Laplace 规则和 Hurwicz 规则等.

1.2.2 决策过程

从上述决策要素可以看出,决策是一个包含大量的认知、反应和判断的过程,其间的每一步都会影响决策结果的质量.因此,决策需要遵循一定的程序,可以将其分为4个阶段,如图1.1所示^[211].

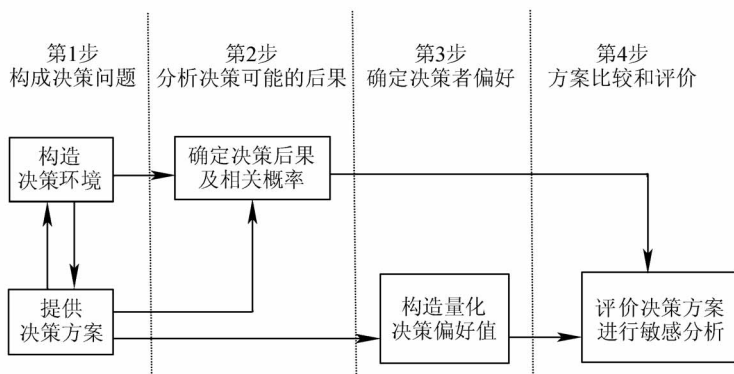


图 1.1 典型的决策过程

首先,决策者要构造出有待决策的问题.这一阶段往往需要确定决策问题所面临的外部环境和所具有的内部构造,在充分考虑的基础上尽可能明确所需解决问题的总任务和总准则,并提出相应的备选方案.这一阶段对决策的质量起着至关重要的影响.

其次,通过对决策可能影响和后果的分析确定度量决策优劣的属性集合以及各个属性上可能出现的自然状态概率.这一阶段既与决策方案的特性有关,又来源于决策环境等特征的影响.

然后,根据决策者对各方案的偏好,建立各属性上的偏好关系.这一阶段需要确定各属性上的效用函数以及属性间的偏好关系.在确定具体偏好值时,可能还需要构造符合决策者意见的隶属函数.

最后,在上述分析的基础上,通过一定的集结方法对决策方案进行整体评价,由决策者选择满意方案付诸实施.还可以通过敏感性分析等方法对决策结果的稳定性进行研究,以获得充分的决策信心.

1.3 决策方法

随着人类的进步, 人类面临的决策问题越来越复杂. 为了与复杂的实际情况相适应, 决策方法的发展也表现出多样性. 1975 年 Zeleny 初步总结的多准则/多属性决策文献就已达 500 多篇, 包括了数以百计的不同决策方法^[464]. 由于多属性决策具有多样性的特点, 没有万能的解决办法. 在面临决策问题时, 需要根据决策的实际情况和步骤, 选择适宜的决策方法.

一般说来, 选择适宜决策方法时, 先从第一层开始, 从全局上确定决策的方式; 再看第二层, 根据决策要素的特征决定采用的合理标准; 最后进入第三层, 根据不同的偏好信息选择适当的方法和求解函数.

1.3.1 决策方式

对于各种合理决策方法来说, 首先应该用直觉式和分析式两种不同决策方式加以区别.

直觉式的决策方式追求整体的合理性, 在做出决策的过程中, 决策者不一定经历图 1.1 表述的决策全过程, 亦不需要对影响决策的各个因素逐个进行分析, 只是依靠其对决策情景的了解和以往的经验来整体考虑而得到最终决策. 在这个过程中, 决策者不可能使用全部信息, 也不需要备选方案进行量化和优化, 只需要考虑决策可能的后果, 以争取决策者的利益最大或损失最小. 大多数日常生活中的个人决策都是采用这种方式做出的, 特殊紧急情况, 如战争等激烈竞争的重大决策, 有时也只能采用这种方式. 这类方法的研究工作目前相对较少.

分析式决策方式是以行为科学为基础, 以心理学中“人类具有判断能力, 但又受认识事物的局限性”这一命题出发, 寻求人们解决决策问题的一般心理过程, 并将其过程规范化. 社会组织的决策一般属于分析式, 通常有两种情况: 对于经常性的社会活动可以程序化后按程序进行决策; 对于非经常性的活动就需要进行非程序化决策, 也就是要进行图 1.1 所示的全部决策过程. 对于程序化的决策问题, 通过数学方法和计算机技术的紧密结合, 已在很大程度上实现了自动化. 企业中管理信息系统的成功应用便是很好的实例. 对于非程序化的决策问题, 分析过程中通常的处理方法是先采用数学方法进行形式化处理, 建立与此决策问题所对应的数学模型; 再选用适当的数学方法通过计算对此模型求解, 通过各种交互方式获取决策者的偏好信息, 并对其进行形式化处理后, 帮助决策者确定此决策问题的满意方案. 近年来, 适用于非程序化决策问题的理论、方法和手段都取得了很大进展, 本书所使用的方法基本上也都属于分析式决策方式范畴.

上述两种决策方式的特征如表 1.2 所示.

表 1.2 决策方式特征表

名称	特征	典型技术	适用范围
直觉式	追求整体合理性 凭个人直觉	笼统型决策	个人生活, 应急处置
分析式	追求过程合理性 有规范化阶段步骤	程序化决策 (MIS) 非程序化决策 (DSS)	经常性的社会活动 非经常性的社会活动

1.3.2 决策标准

决策目的是要追求决策的合理性, 这就要确定决策的合理性标准, 常见的决策合理性标准有如下三种.

1.3.2.1 效用最大化

这类决策合理性标准起始于西方经济学中 Smith 的观点并以对完全竞争型市场的研究为其理论背景^[383]. 效用最大化理论认为: 决策者在决策过程中使用的合理性标准是个人效用的最大化, 而对实际上如何达到的问题忽略不计, 因决策者利益不同而产生的效用多样化最终由市场合理性予以统一. 由此可见, 这一合理性标准反映了完全竞争市场经济下的个体行为. 随着效用概念的延伸, 效用最大化也适用于多属性决策, 如由这种决策合理性标准出发导出的典型方法有: 效用函数法、加权求和法等.

1.3.2.2 满意行为法

这种决策合理性标准的思想最初是由 Simon 提出的, 它适应于不完全竞争市场经济背景^[365]. 他认为效用最大化是一种理想化的理论, 因为这种理论试图确定实现系统最优的决策, 而获得这种最优决策的前提是对现实问题的简化. 因为在现实世界中很少有最优的, 决策者宁肯放弃想像的简化情景中的最优决策, 而选取与复杂的现实世界更接近的令人满意的决策. 这样做出的决策具有现实的合理性, 也就成为现实的合理决策了. 由这种决策合理性标准导出的决策方法大量应用在多属性决策中, 最典型的代表是标准水平法.

1.3.2.3 准则程序化

这一决策合理性标准是以不完全的市场机制为背景的, 适用于工程项目等决策问题. 这种决策合理性标准假设: 决策者有两种以上的分层次的递阶准则体系, 其中第一级准则具有最高的优先级, 必须予以实现, 以下几层准则可以追求满意解. 从形式上看, 这种决策合理性标准与采用效用最大化的标准并无本质不同. 在事实上讲, 这种标准与“满意”标准更为接近. 这种分层进行的决策标准也广泛用于多属性决策中的综合方法中.

三种决策合理性标准的特征如表 1.3 所示.

表 1.3 决策合理性标准

名称	特征	背景	典型模型	适用范围
效用最大化	追求个人效用最大化 简化现实决策问题	完全竞争市场经济 下的个体行为	效用函数加权 求和	经典决策 个人决策
满意行为法	在接近复杂现实中追 求满意决策	不完全竞争市场经 济下的公司行为	目的规划	多准则决策 群组决策
准则程序化	顶层准则必须满足, 其余准则追求满意解	不完全市场经济组 织行为	顶层必须满足 的目标规划	群组决策 多准则决策

1.3.3 决策偏好

多属性决策与其他经典的决策方法的本质区别在于它需要决策者的偏好信息作为决策的依据. 因为当选择排序的属性只有一个时, 被排序比较的对象之间是有完全顺序的, 而当属性多于一个以后, 对象之间就不完全有序了. 这时只有引入决策者的偏好信息才能进行排序, 所以按照偏好信息给出的时间、空间以及偏好信息的特征进行多属性决策方法细分. 根据对偏好信息的不同处理, 多属性决策的方法所使用的模型可以分为: 独立模型和补偿模型. 下面将分别介绍这两种模型及包含的方法.

1.3.3.1 独立模型

独立模型不允许属性间的支付. 每一个属性值相对独立, 只受其自身影响. 一个属性的劣势或者不利的部分不能被其他属性的优势或者有利的部分弥补. 因此方案的比较是在各属性上方案的相互比较间进行的. 属于这种类型的多属性决策方法的简洁性因为符合知识和能力有限理性的决策者行为过程而受到肯定. 使用这个模型的决策方法有: 占优法、最大最小法、最大最大法、联合法、分离法以及字典排序法.

1.3.3.2 补偿模型

补偿模型允许属性间的支付. 在这类模型中, 一个属性的改变可以被其他属性的改变抵消. 对于补偿方法通常赋予每一个代表方案的多维特征一个数据. 在计算这些数据的原理基础上, 补偿模型可以分为以下三组:

评分模型 这种模型选择具有最高效用值的方案, 因此问题变为如何为相应的决策情况确定合适的多属性效用函数. 相应的模型有: 简单加权和法, 分层加权和法, 以及互动简单加权和法.