

计算机
通讯
自动控制
系统工程

丛书

1

多指标决策理论与方法

杨自厚 李宝泽 编著

CCCS SERIES

东北工学院出版社

多指标决策的 理论与方法

杨自厚 李宝泽 编著

东北工学院出版社

内 容 简 介

多指标决策问题一般包括多目标决策和多属性决策问题,是一门应用非常广泛的学科。有许多实际工作者在各自工作中应用多指标决策方法获得了显著的成效。现今,无论在理论上、方法上和应用方面都有了很大发展。本书总结了编者多年来教学与科研成果,既可作为教材又可供各行各业工程技术人员和管理人员自学参考。本书内容分理论与方法两方面。其特点具有系统性和实用性,讲解深入浅出,适于自学阅读。

多指标决策的理论与方法

杨自厚 李宝泽 编著

东北工学院出版社 (沈阳·南湖)		辽宁省新华书店发行 东北工学院印刷厂印刷	
开本:850×1168	1/32	印张:9.5	字数:247千字
1989年8月第1版		1989年8月第1次印刷	
印数:1~1000册			
责任编辑 王金邦		封面设计 赫 林	
责任校对 孙铁军			
ISBN 7-81006-111-9/TP·8		定价 2.12元	

CCCS 丛书说明

计算机、通信、自动控制和系统工程已经广泛地应用于工业、国防,并正在迅速地渗透到金融财贸等经济领域。在先进的工业国家中,应用以计算机为基础的工业集成自动化系统不仅成效显著,业已向智能化方向发展。工业自动化、办公自动化、军事自动化和农业自动化已成为当今世界社会生活现代化的标志。在未来的信息社会中,计算机、通信、自动化、系统工程必将越来越紧密地结合,以促进经济向更高的水平发展,推动社会向更高的层次前进。

为了适应建设和人才培养的迫切需要,我们组织编写“计算机(Computer)、通信(Communication)、自动控制(Control)和系统工程(System Engineering)”丛书(简称 CCCS 丛书),准备理论与应用并重地介绍相应领域的有关理论、方法及应用的基础知识和前沿成果。本丛书可作为有关专业的本科生、研究生的教材和工程技术人员、管理人员、科学工作者的参考书。编委会还将尽力使之能有助于其他领域的专家在其原学科中去发展、开拓新的或跨学科的研究领域。

欢迎广大读者对本丛书提出批评和改进意见。

CCCS 丛书编委会

1989 年 3 月

《计算机、通信、自动控制、系统工程(CCCS)丛书》

编辑委员会

名誉主任委员 李华天

主任委员 张嗣瀛

副主任委员(以下按姓氏笔画为序)

杨自厚 姚天顺 顾兴源

编委

王光兴	王金邦	仇振岳	朱家铨
何文兴	苏世权	李克洪	李宝泽
汪林	周云凤	郑怀远	张宏勋
侯军	徐心和	裴伟民	潘德惠
魏朋三			

前 言

多指标决策一般包括多目标决策和多属性决策问题,是一门应用非常广泛的学科,近一二十年来,在国内外均引起极大的兴趣,在理论和应用上都有迅速的发展。不论是在工程设计上,还是在管理、规划方面都得到了越来越多的应用。许多实际工作者在各自的工作中,已应用了多指标决策方法,并提出许多新的方法,丰富了这一学科。

本书总结了编者几年来为系统工程研究生和各类专科班的教学经验,并在参考文献〔1〕~〔5〕的基础上编写而成,既可以作为教材,又可以作为各行各业工程技术人员和管理人员自学之用。内容分理论与方法两方面,在编写中,使两者既有联系,又有一定的独立性,以便于不同类型人员的使用。例如对各种管理人员和工程技术人员,可侧重于学习方法方面的内容,对于研究生,则可在学习理论的基础上学习方法,并再适当增加一些自学材料。

本书编写力图由浅入深,着力于讲清基本概念,以便于读者理解和掌握,而不强调数学的严格性。

由于编者水平有限,书中定有不少缺点和错误,诚恳希望读者给以批评指正。

编 者

1987.10

符号说明

除特殊说明者外,本书采用如下符号

EMV —— 期望货币值

EMVP —— 有完全信息的期望货币值

EMVI —— 信息的期望货币值

$v(\cdot)$ —— 价值、价值函数或选好函数

$u(\cdot)$ —— 效用、效用函数

$E(\cdot)$ —— 期望值

$>$ —— 优于

$\sim$ —— 无差于

$\geq$ —— 至少优于

Y, Z —— 属性或目标分量的名称或可能值的集合

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ —— n 维向量(在规划问题中)

$x = (x^1, x^2, \dots, x^p)$ —— p 维属性(在效用理论中)

$x^T y = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n$ —— 两个 n 维向量的内积

$\text{Co}(X)$ —— X 的凸包

$\text{Cl}(X)$ —— X 的闭包

$\text{int}(X)$ —— X 的内部

∂X —— X 的边界

$\emptyset$ —— 空集

o —— 零向量

R^n —— n 维欧氏空间

$x \in X$ —— x 属于集合 X

$X_1 \cup X_2$ —— X_1 与 X_2 的并集

$X_1 \cap X_2$ —— X_1 与 X_2 的交集

$f(x)$ —— 向量 x 的函数

$f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_p(x))^T$ —— p 维向量函数

$\nabla f(x) = [\frac{\partial f}{\partial x_1}, \frac{\partial f}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f}{\partial x_n}]$ —— $f(x)$ 的梯度(行向量)

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial(f_1, \dots, f_p)}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial f_p}{\partial x_1} & \frac{\partial f_p}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_p}{\partial x_n} \end{bmatrix}$$

$$\nabla^2 f(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_n} \end{bmatrix}$$

$$\nabla_x L(x, \lambda) = [\frac{\partial L}{\partial x_1}, \frac{\partial L}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial L}{\partial x_n}]$$

D —— 容许方向锥或决策矩阵表

S —— 下降方向集, 有效方向集, 或约束集合

X —— 决策空间可行域, 或方案(结局)的集合

$F(X)$ —— 目标空间的可行域

X^* —— 非劣解集合(决策空间)

$F(X^*)$ —— 非劣点集合(目标空间)

NLP —— 非线性规划问题

VOP —— 向量最优化问题

$I = \{i | g_i(x) = 0\}$ —— 起作用约束的序号的集合

$\bar{I} = \{i | g_i(x) < 0\}$ —— 不起作用约束的序号的集合

$Q^{\wedge}(x)$ —— 优于 x 的向量的集合

$Q^{\leq}(x)$ —— 劣于或等于 x 的向量的集合

$Q^{\sim}(\hat{x})$ ——与 $\hat{x}$ 不可比较的向量的集合

MOLP——多目标线性规划问题

GP——目的规划问题

LGP——线性目的规划问题

$P(W)$ ——加权问题

$P(\epsilon)$ —— ϵ -约束问题

m_{pj} —— p 和 j 目标间的边际替代率

λ_{pj} —— p 和 j 目标间的折衷比

w_{pj} —— p 和 j 目标间的代用价值

向量的比较

$$a > b \leftrightarrow a_i > b_i, \forall i = \{1, 2, \dots, n\}$$

$$a \geq b \leftrightarrow a_i \geq b_i, i = \{1, 2, \dots, n\} \text{ 但至少有一个 } i, a_i > b_i$$

$$a \gg b \leftrightarrow a_i \geq b_i, i = \{1, 2, \dots, n\}$$

目 录

符号说明

第一章 概 论	(1)
第一节 决策过程	(1)
第二节 决策单位和决策者	(2)
第三节 目标和属性	(3)
第四节 决策条件	(5)
第五节 决策规则	(6)
第二章 效用理论	(8)
第一节 决策分析基础	(8)
一、不确定情况下决策问题的特点	(8)
二、决策表和决策规则	(10)
三、期望货币价值规则	(15)
四、决策树模型	(18)
五、有试验的决策模型	(21)
第二节 价值和效用	(28)
一、价值和效用的概念	(29)
二、货币结局的效用	(34)
三、价值和效用函数的估值	(39)
四、效用函数的型式	(42)
第三节 多属性价值函数	(45)

一、概述	(45)
二、两属性加法价值函数	(48)
三、多属性加法价值函数	(55)
四、两属性拟加法价值函数	(56)
五、多属性拟加法和乘法-加法价值函数	(60)
六、多属性价值函数的估值	(63)
第四节 多属性效用函数	(68)
一、概述	(68)
二、两属性加法效用函数	(71)
三、多属性加法效用函数	(72)
四、两属性拟加法效用函数	(73)
五、多属性拟加法和乘法-加法效用函数	(75)
 第三章 多目标规划理论	 (77)
第一节 非线性规则基础	(77)
一、凸集和凸函数	(77)
二、二者择一定理	(84)
三、Lagrange 乘子法	(86)
四、不等式约束问题的最优性条件	(87)
五、Kuhn-Tucker 条件与 Lagrange 函数鞍点的关系	(95)
六、对偶性理论	(97)
第二节 多目标规划基本定理	(101)
一、概述	(101)
二、多目标规划问题与非劣解	(105)
三、真非劣解	(111)
四、非劣解与弱非劣解的基本性质	(114)
五、真弱非劣解与真非劣解的基本定理	(119)
六、加权问题的基本定理	(125)
七、 ϵ -约束问题的基本定理	(130)

第三节 选好最优化理论	(136)
一、选好函数与选好最优解	(136)
二、理想点问题	(138)
三、极小极大问题或最大分量最小化问题	(139)
四、虚拟目标问题	(142)
五、乘除法	(142)
第四节 交互式选好最优化理论	(143)
一、选好最优化问题	(143)
二、边际代替率	(145)
三、折衷比	(147)
四、光滑非劣面情况下选好最优条件	(151)
五、不光滑非劣面情况下选好最优性条件	(154)
第四章 多目标决策方法	(159)
第一节 概述	(159)
第二节 求解非劣集的方法	(161)
一、用加权法求非劣解集	(161)
二、用 ϵ -约束法求非劣集	(171)
三、多目标线性规划解法	(178)
第三节 有总体选好信息的选好最优解	(196)
一、字典序法	(196)
二、理想点法	(199)
三、目的规划法	(203)
四、价值函数法	(212)
第四节 基于局部选好信息的交互式方法	(217)
一、步骤法(STEM)	(217)
二、Zionts-Wallenius 方法	(223)
三、交互 Frank-Wolf 方法(IFW 方法)	(230)
四、代用价值折衷法(SWT 法)	(240)

第五章 多属性决策方法.....	(250)
第一节 概 述.....	(250)
一、多属性决策方法的分类	(251)
二、模糊属性的定量化	(252)
三、属性值的正规化	(253)
第二节 无选好信息的求解方法.....	(254)
第三节 有属性选好信息的求解方法.....	(255)
一、字典序法	(256)
二、排列法	(257)
三、层次加权法或层次分析法	(263)
四、ELECTRE 法	(276)
第四节 基于方案选好信息的方法.....	(285)
主要参考文献.....	(289)

第一章 概 论

第一节 决策过程

一个决策问题一般有五个元素：一个决策单位，一个决策条件，一组目标，一组属性和一个决策规则。

决策是一个解决问题的过程，主要包括五个步骤，如图 1-1。

首先，决策者在分析客观事物的基础上认识到有必要改善或改变系统，并为此而提出总的任务和目标。在形成问题阶段，由给定的任务，规定系统的一组目标、系统的主要元素、系统的边界和环境。

然后根据所定义的系统目标、环境、确定描述系统的关键变量及其逻辑关系，构造出适当的模型。有各种形式的模型，包括简单的思考模型、图表模型和复杂的物理模型、数学模型。

由模型产生可能的行动方案。

为了比较方案，必须规定一组属性或目标的度量。由模型或主观判断给出某一方案的一组属性的值，表明某一目标所达到的程度。

最后，根据一个或一组决策规则，排列各种可能方案的顺序，选择最好的方案付诸实施。如果对于给出的结果不满意，可根据获得的信息，返回问题形成阶段，修改问题的目标和属性。

第二节 决策单位和决策者

决策者是指有能力和权力改变系统的人,可以是一个人或几个人,其责任在于规定任务和目标,确定价值判断准则和决策规则,确定最好的方案。

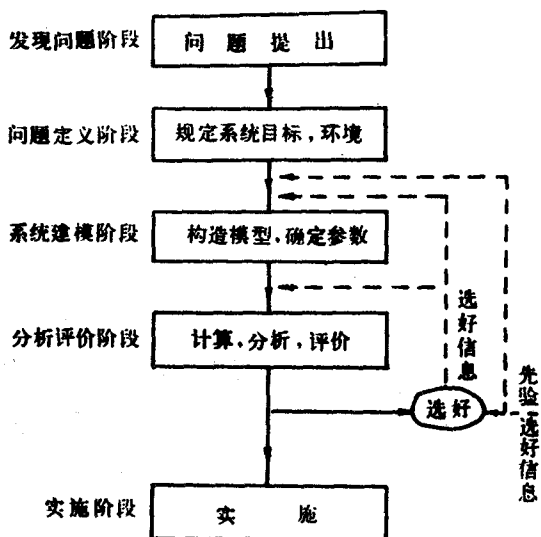


图 1-1 决策过程

决策单位由决策者和人-机器组成,他们一起收集信息、处理信息、产生决策。一个大的决策单位包括决策者、系统分析者和计算、显示设备。

第三节 目标和属性

一、目标

目标是决策者所希望系统达到的状态,是所要求工作的努力方向,用它可以评价一个系统的性能或质量。

一个系统的目标常有层次结构,如图 3-1。最上层的目标一般比较抽象,不易实施。为此要将总目标进行分解为各级子目标,直到相当具体、直观,并易于实施为止。分解后的子目标应与总目标保持一致,子目标的集合一定要保证总目标的实现。子目标之间可能一致,也可能不一致,甚至相互矛盾,但在总体上要协调。

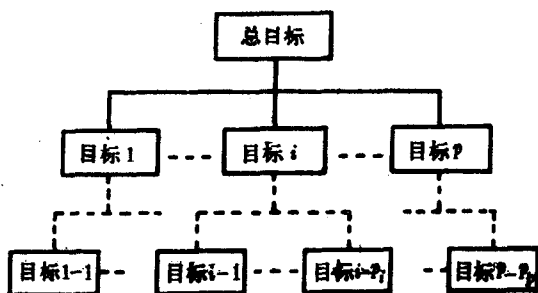


图 3-1

例如一个城市规划问题,总目标是改善城市的生活质量。为完成这一总目标,可用两个子目标来标志。(1)经济发展:即增加城市的物质生产的价值,改善城市经济状况。(2)生活、环境质量:即改善城市的自然、文化、生态等系统的质量。为完成第二级子目标,还应进一步分解第三级子目标。如图 3-2 所示。

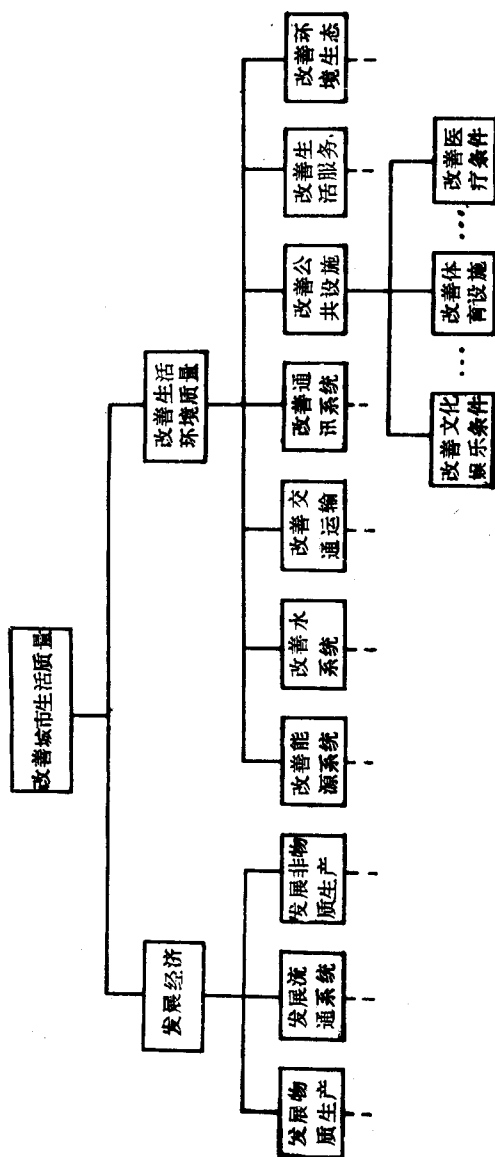


图 3-2