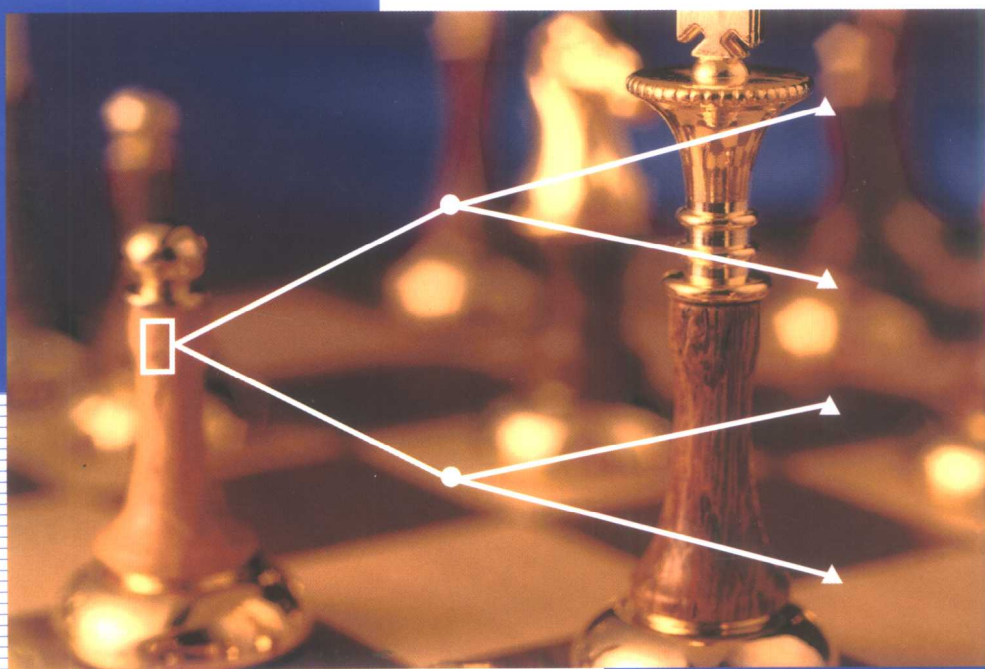





控制科学与工程研究生系列教材

决策理论与方法

岳超源 编著



 科学出版社
www.sciencep.com

控制科学与工程研究生系列教材

决策理论与方法

岳超源 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了基于定量分析的决策理论与方法。内容包括三部分。第一部分是随机性决策,以统计决策理论为主,兼及优势原则与行为决策理论;第二部分是多目标决策;第三部分是群决策或称多人决策,包括社会选择理论、专家咨询和冲突分析。

为了使读者掌握所介绍的理论和方法,本书各章给出了习题并给出参考答案与提示。

本书可作为高等院校经济、管理、系统工程、应用数学和相关专业研究生和高年级本科生教材,也可供各级行政干部、企业管理人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

决策理论与方法/岳超源编著. —北京:科学出版社,2003

(控制科学与工程研究生系列教材)

ISBN 7-03-010816-7

I. 决… II. 岳… III. 决策论-研究生-教材 IV. O225

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 079444 号

责任编辑:马长芳 / 责任校对:朱光光

责任印制:刘秀平 / 封面设计:王 浩

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>

丽源印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年2月第 一 版 开本:85(720×1000)

2003年3月第一次印刷 印张:29

印数:1—3 000 字数:562 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《控制科学与工程研究生系列教材》
编委会

名誉主编 陈太一 保 铮 王 越 陈 珽

主 编 费 奇 孙德宝

编 委 (按姓氏笔画排序)

万淑芸 王永骥 王红卫 齐 欢

关治洪 李昌禧 黄心汉

序 言

随着社会经济和科学技术的飞速发展,服务于人类社会进步的控制科学与工程学科面临着严峻的挑战。计算机技术与网络通信技术的迅速普及,为控制科学与工程的发展提供了理想的舞台。可以预见,本世纪初叶将会是控制科学与工程发展的黄金时代,各行各业都将渴望着那些掌握控制科学与工程技术的人才加盟。

面对现实的挑战,控制科学与工程发展的最大困难莫过于系统的复杂性不断提高。惯用的针对简单大系统的控制理论遇到了难于逾越的障碍。如何拓宽思路,运用处理复杂问题的手段来解决复杂系统的控制问题,是一个具有革命性的挑战。智能与复杂系统理论的出现,将控制科学、系统科学与系统工程紧密结合,是克服目前所遇困难的理想途径。为此,培养具有控制理论和系统科学与系统工程理论基础的专业人才成为当务之急。

华中科技大学(原华中理工大学)在 20 世纪 50 年代设立了控制科学与工程的相应专业,60 年代开始培养研究生,在 70 年代末 80 年代初,作为我国首批硕士学位和博士学位点,开始大量地培养研究生,在长期的科学研究与教学活动中积累了丰富的经验。在 90 年代完成了控制科学一级学科博士点和系统科学博士点的基本建设,为 21 世纪初建立控制科学与工程和系统科学与工程相结合的人才培养结构奠定了组织基础。

为了培养具有控制科学和系统科学与系统工程理论基础的专业人才,我们组织了部分有经验的教师编著了这套面向研究生培养的系列教材,拟为研究生培养的新模式探索一条新路。

费 奇 孙德宝

2001 年 12 月于武汉喻家山

前 言

20世纪中叶,决策理论就已经成为经济学和管理科学的重要分支,但由于种种原因,决策理论和方法直到“文革”之后才逐渐引入我国。陈珽先生编著的《决策分析》作为我国介绍决策理论的经典之作,自出版之后即受到广泛关注,被许多院校用作相关专业的研究生教材。作者自1985年接替陈先生讲授决策理论与方法这门课程以来,也一直使用该书作为主要参考书进行教学。

这些年来,除了研究生外,还为在职硕士生、工程硕士生和本科生开设本课程。在教学过程中,学生,尤其是本科生反映《决策分析》数学内容偏多,通读全书存在较大困难;加之决策理论本身不断有新的进展,因此,从20世纪90年代开始,作者开始编写提纲式的讲稿,稍后形成电子文档并不断修改补充,以期学生易于阅读,并在有限的教学时间内掌握更多的内容。

一方面,积十余年的增补,讲稿的内容有了较大的变动;另一方面,由于课题组所承接科研项目的需要,较多地涉及了群决策问题,作者在20世纪90年代初编写了一本《群决策》讲义,其中的主要内容也在决策理论和方法课程中讲授。现借华中科技大学控制科学与工程学科编写研究生教材之机,将上述两部分内容合并并加以充实,形成这本《决策理论与方法》。为了便于阅读和理解,本书尽可能在不影响论述严密性的前提下减少数学内容及证明(对数学证明感兴趣的读者可以参阅相关文献);对所给出的数学公式也尽量用文字解释其实际意义。

本书的内容包括三部分。第一部分是随机性决策,以统计决策理论为主,兼及优势原则与行为决策理论。第二部分是多目标决策,包括多属性效用理论、多属性决策与评价、多目标决策。多目标决策问题的算法与运筹学中的数学规划有较多的重叠,在不影响本书完整性的情况下对这部分内容尽可能地简化。第三部分是群决策或称多人决策,包括社会选择理论、专家咨询和冲突分析。

广义的决策理论还应包括贯序决策、模糊决策和灰色决策等等。由于篇幅所限,本书均未涉及。即使如此,本书的内容也超出了40~60学时所能讲授的范围,教师在讲授时可以根据实际情况作适当取舍(本书目录中加有“*”号的各节可优先舍弃,在节中部分内容可舍弃时,*号加在小节前)。

自然科学研究的是客观世界,是客观世界中的事实元素,采用的方法以定量为主;而社会科学主要研究由人组成的社会、社会中的人以及人际关系,其核心价值元素,使用的方法以定性为主。而决策理论的特点是要用定量化的方法处理决策人的价值判断,它是自然科学与社会科学的交叉;它所采取的研究方法既不同于

纯自然科学,也有别于传统的社会科学。因此,读者,尤其是理工科专业的读者,要注意本课程区别于其他纯自然科学课程之处:决策结果的优劣与决策人的主观愿望即价值判断有关,是因人而异的。在随机性决策中后果对决策人的效用,多目标决策中指标体系的确定、各指标或属性权重的设定等等,都会因决策人价值判断而异。

决策理论和方法具有较强的理论性,同时又有很强的实用价值。为了使读者尽快建立正确的基本概念,掌握解决实际问题的思路,在编写本书的过程中,凡涉及新概念时均不厌其烦地通过实例加以阐述;介绍问题求解方法时则以算例说明;读者倘若能结合生活、工作、学习中的实际问题,勤于思考,效果一定会更好。

众所周知,在学习一门课程时,从掌握基础知识与方法到运用这些知识去解决实际问题之间有着很大的距离,而缩小这一距离的行之有效的的方法是求解有实践背景的习题。为此,作者从讲授本课程之初即收集并精选和编写习题,要求学生全部独立完成。本书各章大都附有习题,供读者练习,并在附录中给出求解的提示或参考答案。

有些文献在本书中虽未具体引用,但是对决策理论的发展有较大影响,作者亦予收录,目的是为从事该领域专题研究的读者提供一些方便。

上述种种想法都是作者的主观愿望,至于客观效果,限于作者的学识和水平,未必能如人意。书中错误也在所难免,恳请赐教、指正。

作者的 e-mail 地址:cy Yue@public.wh.hb.cn。

岳起源

2002年9月

目 录

第一章 随机性决策的基本概念	1
1.1 引言	1
1.1.1 决策与决策论的定义	1
1.1.2 决策论的发展简史	3
1.1.3 决策论与其他学科的关系	4
1.2 随机性决策问题的基本特点与要素	5
1.2.1 例	5
1.2.2 决策问题的特点	6
1.2.3 决策问题的要素	7
1.3 决策问题的分类	8
1.4 随机性决策问题的分析方法和步骤	10
习题	14
第二章 主观概率	15
2.1 概率的基本概念	15
2.2 先验分布及其设定	18
2.3 设定主观概率的案例	27
习题	30
第三章 效用函数	31
3.1 引言	31
3.2 效用的定义和公理系统	32
3.2.1 效用的定义	33
3.2.2 效用存在性公理	35
3.2.3 效用的公理化定义和效用的存在性	38
3.2.4 基数效用与序数效用	38
3.3 效用函数的构造	40
3.4 风险与效用	45
3.4.1 风险的含义	45
3.4.2 效用函数包含的内容	47
3.4.3 相对风险态度	50
3.5 货币的效用	51

习题	53
第四章 随机性决策问题的决策准则	56
4.1 引言	56
4.2 严格不确定型决策问题的决策准则	58
4.2.1 求解严格不确定型决策问题的四种主要决策准则	58
4.2.2 理想的决策规则应当具备的几种性质	62
4.2.3 对决策准则的分析	66
4.3 风险型决策问题的决策准则	72
4.4 贝叶斯定理	77
4.5 贝叶斯分析	79
4.5.1 贝叶斯风险与贝叶斯规则	79
4.5.2 正规型贝叶斯分析	81
4.5.3 贝叶斯分析的扩展型	81
4.5.4 信息的价值	83
4.5.5 贝叶斯分析的例	84
*4.5.6 序贯分析	88
*4.5.7 非正常先验与广义贝叶斯规则	89
4.6 一种具有部分先验信息的贝叶斯分析法	90
习题	95
第五章 随机优势	99
5.1 随机优势概述	99
5.2 随机优势决策规则	101
5.3 第一等随机优势	103
5.3.1 第一等随机优势的定义	103
5.3.2 第一等随机优势的决策规则	103
5.3.3 第一等随机优势的图解法	106
5.3.4 第一等随机优势的示例	107
5.4 第二等随机优势	109
5.4.1 第二类效用函数 U_2	109
5.4.2 第二等随机优势的决策规则	111
5.4.3 第二等随机优势的图解法	113
*5.4.4 第二等随机优势的直观解释	116
*5.5 第三等随机优势	117
5.5.1 第三类效用函数 U_3	117
5.5.2 第三等随机优势的决策规则	120

5.5.3 第三等随机优势的图解法	121
5.5.4 第三等随机优势的直观解释	123
5.6 均值与方差在随机优势决策规则中的作用	125
5.7 随机优势小结	126
习题	127
第六章 随机性决策的应用与行为决策理论	129
6.1 随机性决策的若干基本问题	129
6.2 决策分析的案例	136
6.3 决策过程中人的行为	139
习题	149
第七章 多目标决策的基本概念	151
7.1 多目标决策及其特点	151
7.2 多目标决策与多目标评价	153
7.3 多目标决策问题的要素	157
7.4 多目标决策问题的符号表示	162
7.5 非劣解与最佳调和解	164
第八章 多属性效用理论	170
8.1 优先序	170
8.2 多属性价值函数	173
8.2.1 基本概念	173
8.2.2 两个属性的价值函数	174
*8.2.3 属性数大于2时的价值函数	178
8.2.4 时间的偏好	181
*8.3 多属性效用函数	183
8.3.1 两个属性的效用函数	183
8.3.2 一般的多属性效用函数	188
习题	190
第九章 多属性决策	192
9.1 求解多属性决策问题的准备工作	192
9.1.1 决策矩阵	192
9.1.2 数据预处理	193
9.1.3 方案筛选	198
9.2 确定权的常用方法	199
9.2.1 最小二乘法	200
9.2.2 本征向量法	201

9.2.3 最低层目标权重的计算	202
9.3 加权和法	204
9.3.1 一般加权和法	204
9.3.2 字典序法	206
9.3.3 层次分析法(AHP)	206
* 9.4 加权积法	209
9.5 TOPSIS 法	212
9.6 基于估计相对位置的方案排队法	214
9.7 ELECTRE 法	220
9.7.1 级别高于关系的定义与性质	220
9.7.2 ELECTRE- I 法	221
9.7.3 ELECTRE- II 法	223
9.7.4 其他 ELECTRE 法	226
9.7.5 讨论	229
9.8 PROMETHEE 法	230
9.8.1 优先函数	230
9.8.2 几种典型的优先函数	231
9.8.3 赋值的级别高于关系图	234
9.8.4 PROMETHEE- I 法	235
9.8.5 PROMETHEE- II 法	235
9.8.6 示例:研究生院综合评估	236
9.8.7 PROMETHEE 法的特点	237
9.9 关于多属性决策方法的若干问题讨论	239
* 9.9.1 其他某些较常用的多属性决策方法存在的问题	239
9.9.2 各种多属性决策问题求解方法的简单评述	241
9.9.3 多属性决策的敏感性分析	242
9.9.4 统一解题步骤	244
习题	245
第十章 多目标决策	247
10.1 引言	247
10.2 事先索取偏好的方法	249
10.3 目的规划法	253
10.3.1 目的规划问题的一般表示	254
10.3.2 线性目的规划	256
* 10.3.3 字典序法	261

*10.3.4 非线性目的规划	261
10.4 逐步法	262
10.5 调和解和移动理想点法	266
*10.6 多目标问题的序贯解法	271
*10.7 基于目标间权衡的多目标决策方法	273
10.7.1 关于目标之间的权衡	273
10.7.2 Zions-Wallenius 法	277
10.7.3 Geoffrion 法	279
10.7.4 基于目标权衡的方法小结	285
*10.8 代理价值置换法	286
习题	291
第十一章 群决策概论与社会选择理论	294
11.1 群决策概论	294
11.1.1 引言	294
11.1.2 群决策的分类	295
11.1.3 社会选择问题	297
11.2 投票表决	298
11.2.1 非排序式选举	299
11.2.2 排序式选举与投票悖论	304
11.2.3 其他投票表决规则	308
11.2.4 策略性投票	309
11.3 社会选择函数	312
11.3.1 引言	312
11.3.2 社会选择函数的几个性质	312
11.3.3 Condorcet 函数	314
11.3.4 Borda 函数	315
11.3.5 Copeland 函数	316
11.3.6 Nanson 函数	318
11.3.7 Dodgson 函数	319
*11.3.8 Kemeny 函数	321
*11.3.9 Cook-Seiford 函数	324
*11.3.10 本征向量函数	328
*11.3.11 Bernardo 法	330
11.4 社会福利函数	335
11.4.1 社会福利函数的基本概念	335

11.4.2	社会福利函数的 Arrow 条件	337
11.4.3	Arrow 的定理	339
11.4.4	Black-Arrow 单峰偏好	343
11.4.5	Coombs 条件	345
* 11.4.6	Bowman-Colantoni 法	348
* 11.4.7	Goodman-Markowitz 法	353
* 11.4.8	基数效用函数	356
11.4.9	社会福利函数小结	359
11.5	社会福利函数与社会选择函数的比较	360
11.5.1	Arrow 条件与评价社会选择函数的性质之间的关系	360
11.5.2	各种社会选择函数的性质	361
	习题	362
第十二章	专家咨询	365
12.1	引言	365
12.2	多目标群决策方法	367
12.2.1	用于方案评价与选择的多目标群决策方法	367
12.2.2	序数法	369
12.2.3	基数法	373
* 12.3	集体参与分配网	375
* 12.4	反复迭代的公共规划方法	378
* 12.5	专家咨询问题的系统方法	380
第十三章	冲突分析	383
13.1	谈判与协商	383
13.1.1	Nash 谈判模型	383
13.1.2	其他谈判模型	385
13.1.3	谈判问题与效用	389
13.2	仲裁与调解	391
13.3	多人合作对策	393
* 13.4	投资分摊	399
13.4.1	投资分摊问题的表述	399
13.4.2	基于合作对策的投资分摊	400
13.4.3	评价投资分摊方法优劣的标准	405
* 13.5	协调规划法	406
13.5.1	协调规划法的基本形式与性质	407
13.5.2	协调规划法的改进	409

13.5.3 示例 410

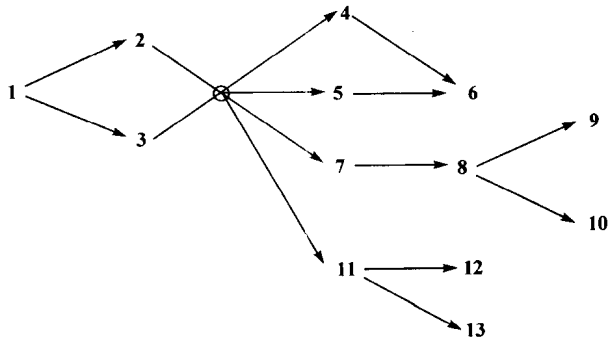
13.5.4 三峡工程的投资分摊 412

13.5.5 小结 416

习题 417

参考答案与提示 419

参考文献 440



各章间的关系图

第一章 随机性决策的基本概念

1.1 引言

1.1.1 决策与决策论的定义

“决策”一词经常出现在各种出版物和人们的口语中,不同的人在使用这个词时对它的理解也不尽一致。决策理论作为一门课程,在对其进行讨论之前,先探究一下“决策”和“决策理论”的确切含义。先看“决策”,下面选几个有代表性的决策的定义。

1) “决策”一词在英语中是 decision,它在《牛津词典》中有如下解释:

- the act of deciding (作决定的行动)
- a conclusive judgment (最终判决,结论性的判断)
- the conclusion arrived at (得出的结论)

2) 《中国大百科全书·自动控制与系统工程卷》中:

“决策”为最优地达到目标,对若干个备选的行动方案进行的选择。

3) 《苏联大百科全书》中:

“决策是自由意志行动的必要元素……和实现自由意志行动的手段。自由意志行动要求先有目的和行动的手段,在体力动作之前完成智力行动,要考虑完成或反对这次行动的理由等等,而这一智力行动以制订一项决策而告终。”

在这个解释中,有两点是前面的定义中没有强调的:① 决策是智力行动;② 决策是意志行动。因此,决策与人的意志、主观愿望和价值判断有关,即决策的结果因人而异,不惟一。

4) 《大英百科全书》中:

“决策”是“社会科学中用来描述人类进行选择的过程的术语”。

这一定义强调了“决策”的社会科学属性。

5) 《哈佛管理丛书》中:

“决策是指考虑策略(或办法)来解决目前或未来问题的智力活动。”

这一定义突出了决策的目的性和目标是为了解决问题,同时也说明决策是智力活动。

按照以上解释,决策是进行选择的行动或行动的结果,并有作决策(decision making)即制订决策的过程的含义。

关于决策论(decision theory)和决策分析(decision analysis),有下列定义。

1) 《中国大百科全书·自动控制与系统工程卷》中:

决策论:根据系统的状态信号和评价准则选择最优策略的数学理论。

决策分析:研究不确定性决策问题的一种系统分析方法,其目的是改进决策过程,从一系列备选方案中找出一个能满足一定目标的合适方案。

2) 《美国大百科全书》的“Decision Theory”条:

“所谓作决策,就是在若干个可能的备选方案中进行选择。决策论则是为了对制订决策的过程进行描述并使之合理化而发展起来的范围很广的概念和方法。”

“广义的决策理论可以分为两种:

① Prescriptive decision theory (规定性决策理论),规定应当如何作决策;

② Descriptive decision theory(描述性决策理论),研究人们实际上是如何作决策的。”

“行为科学家、社会科学家和哲学家力图找到决策过程的更精细的描述性模型,以便为数学家、经济学家、战略分析家、商业管理人员和其他人员提供更高级的规定性决策过程。”

3) 《大英百科全书》的“Decision theory”条:

决策论是“在统计学中探讨用公式表示并求解一般决策问题的理论和方法”。

4) 《认知科学百科全书》“Decision making”条:

“决策是从一集备选方案中选择所偏爱的方案或行动路线的过程,它渗透到生活的各个方面,包括买什么,选举时投谁的票,找什么工作等等。决策通常涉及外部世界的不确定性(例如,天气会怎么样)以及与个人偏好的冲突(例如,应该获取更高的薪金还是更多的闲暇);决策过程常常从信息的集聚开始,通过似然率(主观概率)的估计和审议直到选定最终行动……。”

“决策的分析方法有三种:规范性、描述性和规定性。规范性方法假设一个合乎理性的决策人,它具有定义明确的、满足理性行为公理要求的偏好;它被称为理性选择理论;它主要基于先验的考虑而非以实验为基础的观察。描述性的决策方法以实验为基础,对选择行为进行观察和研究;它主要考察在决策形势下指导决策人行为的心理因素。实验证据表明,人们常常与合乎理性的规范性决策所要求的不同。据此,规定性方法的目标是改进决策方法,使之符合规范性要求。”

我们还可以继续列举决策、决策论和决策分析的有关定义。但是从上面给出的各种定义已经不难看出,所谓决策,狭义上是要从若干可能的方案中,按某种标准(准则)选择一个,而这种标准可以是最优、满意、合理等等;广义上相当于决策分析,是人们为了达到某个目标,从一些可能的方案(途径)中进行选择的分析过程,是对影响决策的诸因素作逻辑判断与权衡。作为一门学科或学科分支,决策理论是研究在有风险或不确定性情况下制订决策的定量分析方法。

当然,决策一词还有其他含义,例如,决策的政治含义是指政策的制订过程

(Lindblom 1968),但这些已与本书要研究的内容无关了。

1.1.2 决策论的发展简史

古代田忌与齐王赛马,严格地讲是对策(博弈)问题,但也是广义的决策问题。作为学科的决策论的产生则与赌博有关,16~17世纪法国宫廷设有赌博顾问,他们是研究概率论、对策论的先驱,而概率论、对策论则是决策论形成的先导。虽然早在1738年Bernoulli就提出了效用和期望效用的概念,但是到了20世纪20年代以后,决策论才从对策论中分离出来:对策论研究人与智能的对手(人)之间的对抗;而决策论则处理人与非智能对手即自然界之间的关系。Ramsay(1926)在效用和主观概率的基础上提出了制订决策的理论;De Finetti(1937)则对主观概率的构造做出了重大贡献;Von Neumann和Morgenstern(1944)建立了效用的公理体系,为形成和完善不确定性条件下制订决策的效用理论奠定了坚实的基础。20世纪50年代,Wald(1950)用对策论的定理解决统计决策中的一些基本问题;Blackwell和Girshick(1954)把主观概率和效用理论整合成一个求解统计决策问题的条理清晰的过程;Savage(1954)建立了具有理论体系并形成具有严格的哲学基础和公理框架的统计决策理论。一旦理论形成,许多人把它用于涉及不确定性和数学上结构良好的随机试验样本的决策问题,形成了以贝叶斯分析为基础的统计决策理论;到20世纪60年代,统计决策理论取得长足进展,出现了实用统计决策与最优化统计决策等面向实际应用的决策理论和方法(Raiffa et al. 1961, Pratt et al. 1965和DeGroot 1970)。尤其是Howard(1966)采用决策分析一词,并把系统分析方法引入统计决策理论,从理论和应用两个方面推进决策论的发展。

半个多世纪以来,决策论的大部分内容与规范性决策论有关。由于经济学家、数学家以及系统科学家的努力,决策分析日益广泛地用于商业、经济、实用统计、法律、医学、政治等各方面;而行为科学家对描述性决策和效用的测度等问题的研究,使排序、有界区间的度量技术等因此而获得发展。

二次大战开始后发展起来的运筹学在决策论的概念、方案的优化、统计决策理论、决策方法中有着坚实的基础,使决策理论成为运筹学中的一支。

从20世纪70年代开始,决策分析已经成了工业、商业、政府部门制订决策所使用的一种重要方法。一些规范性的决策方法,如成本效益分析、资源分配、计划评审技术(PERT)、关键路径法(CPM)等的应用得到普及;多目标决策问题的研究也逐步深入,方法层出不穷。

计算机的飞速发展普及以及信息处理、数据存储与检索手段的进步,加上决策理论的进展(程序化决策方法能解决问题日益增加,非程序化决策方法研究的深入)导致统计数据、研究资料迅速更新(决策矩阵的迅速更新)和决策模型的日臻完善,以及人工智能的发展、知识库的形成,使得根据新信息及时乃至自动修改策略