

国防信息类专业规划教材



军事运筹学

Military Operations Research

■ 张东戈 牛彦杰 等 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

国防信息类专业规划教材

军事运筹学

张东戈 牛彦杰 编著
权冀川 陈国友

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

军事运筹学是应用数学工具和计算技术对军事问题进行定量分析,为决策提供数量依据的一种科学方法,它是综合性的应用学科,是现代军事科学的重要组成部分。

本书文字通俗、内容全面、便于阅读,包括运筹学方法,搜索、检测与损伤评估,博弈论,效能分析,线性规划,优化问题,作战模型,网络计划,军事系统仿真和模拟等章节,涵盖了军事运筹学的主要内容。同时为方便教学,附录部分包括实验指导书。本书适合于大学本科二、三年级以上程度的读者,可以作为各院校国防生军事运筹学课程教材。教师可按照自身需要,任意组合,选择部分章节进行教学。同时本书还适合于爱好军事问题分析的读者,以及从事武器装备系统研究与开发的人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

军事运筹学/张东戈等编著. —北京:国防工业出版社,
2012. 1

国防信息类专业规划教材
ISBN 978-7-118-07910-4

I. ①军... II. ①张... III. ①军事运筹学—高等
学校—教材 IV. ①E911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 279295 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16¼ 字数 368 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行传真:(010)88540755

发行邮购:(010)88540776

发行业务:(010)88540717

国防信息类专业规划教材 编审委员会

主 任 戴 浩

委 员 (按姓氏笔画排序)

刁兴春 王智学 刘晓明 张东戈

张邦宁 张宏军 曹 雷 郝文宁

贺毅辉 董 强 鲍广宇 裘杭萍

序

信息化战争使信息成为影响和支配战争胜负的重要因素,催化着战争形态和作战方式的演变。近 20 年来在世界范围内爆发的几场局部战争,已充分显现出信息化战争的巨大威力,并引发了以信息化建设为核心的新军事变革浪潮。为顺应时代潮流,迎接未来挑战,中央军委审时度势,提出了“建设信息化军队、打赢信息化战争”的战略目标,并着重强调提高基于信息系统的体系作战能力。为此,我们除了要装备一大批先进的信息化主战武器,还需要研制相应的指挥信息系统。

指挥信息系统又称综合电子信息系统、指挥自动化系统,即外军的 C^4ISR 系统,其核心是指挥控制系统,或 C^2 系统、指挥所信息系统。我军指挥信息系统建设已有 30 多年的历史,其间积累了宝贵的经验教训,梳理深化对指挥信息系统建设规律的认识,有助于我们在新的起点上继续前进。

早在上世纪 90 年代中后期,我军有关部门就曾分别组织编写过指挥自动化系列丛书、军队指挥自动化专业统编系列教材,本世纪初又有人编写过指挥与控制技术丛书,至于近十多年来,有关指挥信息系统方面的专著、译著,更是络绎不绝,异彩纷呈。鉴于信息技术的发展日新月异,系统工程建设水平的日益提高,虽然系统工程的基础理论、基本原理没有根本的变化,但其实现技术、工程方法却不断有新的内容补充进来。所以众多论著的出版,既是信息系统自身演进特点的使然,也是加强我军信息化人才队伍建设实际需求的反映。

近日解放军理工大学组织一批专家学者,编写了一套国防信息类专业规划教材,包括《指挥信息系统》、《指挥信息系统需求工程方法》、《战场信息管理》、《指挥所系统》、《军事运筹学》、《作战模拟基础》、《作战仿真数据工程》和《作战模拟系统概论》共八本。与已有出版物相比,我深感这套丛书有如下特点:

一是覆盖面广、内容丰富。该系列教材中,既有对指挥信息系统的全面介绍,如《指挥信息系统》、《指挥信息系统需求工程方法》、《战场信息管理》,也有针对指挥控制系统的专门论著,如《指挥所系统》、《军事运筹学》、《作战模拟基础》,它们涵盖了基本概念、基础理论、系统建设、军事应用等方面的内容,涉及到军事需求工程、系统设计原理、系统集成开发方法、数据工程及信息管理、作战模拟等热门课题。教材取材合理、相互配合,涵盖了作战和训练领域的主要内容,构成了指挥信息系统的基础知识体系。

二是军事特色鲜明,紧贴军队信息化建设的需要。教材的编著者多年来一直承担全军作战和训练领域重大科研任务,长期奋战在军队信息化建设第一线,是军队指挥信息系

统建设的参与者和见证人。他们利用其在信息技术领域的优势,将工程建设的实践总结提炼成书本知识。因此,该套教材能紧密结合我军指挥信息系统建设的实际,是对我军已有理论研究成果的继承、总结和提升。

三是注重教材的基础性和科学性。作者在教材的编著过程中,强调运用科学方法分析指挥信息系统原理,在一定程度上避免了以往同类教材过于注重应用而缺乏基础性、原理性、科学性的问题。除大量引用了军内外系统工程的建设案例外,教材还瞄准国际前沿,参考了外军最新理论研究成果,增强了该套教材的前瞻性和先进性。

总之,本套规划教材内容丰富、体系结构严谨、概念清晰、军事特色鲜明、理论与实践结合紧密,符合读者的认知规律,既适合国防信息类专业的课堂教学,也可用作全军广大在职干部提升信息化素养的自学读物。

希望今后有更多、更好的有关指挥信息系统的教材、专著面世,也预祝《国防信息类专业规划教材》出版发行成功。

中国工程院院士 戴 洪

2012年1月

前 言

随着信息化过程的推进,军事运筹学在用科学和技术方法解决军事问题方面的作用越发突出。军事运筹学应用数学工具和现代计算技术,对军事问题进行定量分析,能够为决策提供数量依据。它是一门综合性应用学科,是现代军事科学的重要组成部分。

通过军事运筹学学习,可培养军事指挥和技术人员逻辑思维的能力,训练其进行定量分析的能力,训练其从多方案中选优决策的能力,训练其提高军事组织活动的效率的能力。军事运筹学是指指挥自动化工程领域教学的一门核心课程。

解决现代条件下国防建设和军事活动中一系列复杂的指挥控制问题,不但要有高度的指挥艺术,还必须有一整套进行高速计算分析的现代科学方法,军事运筹学就是这样一种科学方法。

本书共分9章。第1章介绍了军事运筹学的基本概念、特点和分析方法,使读者对军事运筹学有一个全面的认识。第2章讨论了目标搜索和检测等一些基本的军事行动,重点强调其数学结果。第3章是博弈论,博弈论是研究人类行为的一种重要科学理论,是研究冲突局势下局中人如何选择最优策略的一种数学方法。第4章介绍了对系统进行效能分析常用的几种方法,通过费效分析在候选系统中选择出能以最小的耗费达到所希望效能的系统。第5章和第6章是规划论的内容,是优化问题,研究在军事行动中如何适当地组织由人员、武器装备、物资、资金和时间等要素构成的系统,以便有效地实现预定的军事目的。第7章介绍了齐次作战模型和非齐次作战模型,用数学模型来描述作战动态,包括经典的兰彻斯特作战方程。齐次作战模型中交战双方配备的是同种武器,实际作战中各方配备的武器可能并不一样,这样建立起来的模型称为非齐次作战模型。第8章的网络计划是研究如何合理地使用人力、物力、资金及时间等以取得最佳效果的一种理论和方法。第9章是军事系统仿真和模拟,重点介绍了作战模拟的分类和作战模拟系统的主要组成部分,介绍了离散系统的仿真和美军使用的一些仿真包,以及国外陆、海、空各军种使用的一些作战模拟系统。

本书主要针对军队院校军事运筹学课程的教学需要,适合于指挥自动化工程、计算机科学与技术等专业课题设计、毕业设计等教学内容参考使用。

本书由解放军理工大学指挥自动化学院张东戈、牛彦杰、权冀川和陈国友共同完成了编撰工作,由于编者水平有限,对于书中出现的错误,恳请读者批评指正。

编著者
2011年9月

目 录

第1章 军事运筹学概论	1
1.1 军事运筹学的发展	1
1.2 军事运筹学	2
1.3 运筹学研究实例	3
1.4 运筹学模型	4
1.5 军事运筹学解决问题的特点	6
1.6 运筹问题的研究	7
1.7 军事运筹研究的步骤	9
习题	11
第2章 搜索、检测与损伤评估	13
2.1 目标捕获、锁定和损失评估	13
2.2 检测理论	15
2.2.1 传感器	15
2.2.2 检测模型	15
2.2.3 雷达和声纳检测模型	18
2.3 运动搜索	19
2.3.1 目标分布、横距和搜索宽度	19
2.3.2 搜索的效率指标	20
2.4 搜索模型	22
2.4.1 随机搜索和穷尽搜索	22
2.4.2 最优搜索策略	24
2.4.3 定位和跟踪	25
2.4.4 鉴别型号和识别类型	26
2.5 损伤评估	27
2.5.1 点目标	27
2.5.2 面目标	29
习题	31
第3章 博弈论	33
3.1 引言	33
3.2 研究博弈现象的要素以及战略式	34
3.2.1 影响博弈的要素	34

3.2.2 战略式表述	37
3.3 博弈的分类	37
3.4 有限零和二人博弈(矩阵博弈、矩阵对策、两人对策)	38
3.4.1 有最优纯策略的情况	39
3.4.2 没有最优纯策略的情况	41
3.4.3 混合策略求解	42
3.4.4 混合策略图解法	43
3.5 有限非零和两人博弈	44
3.5.1 上策均衡	44
3.5.2 重复剔除严格下策后的上策均衡	46
3.5.3 纳什均衡	47
3.5.4 画线法	48
3.5.5 非零和混合策略	48
3.6 微分博弈	51
3.7 动态博弈	52
3.7.1 动态博弈的扩展式表述	52
3.7.2 扩展式表述博弈的纳什均衡	53
3.7.3 子博弈纳什均衡	55
3.7.4 逆向归纳法	56
3.7.5 先行优势和后行优势	57
3.7.6 重复博弈	58
习题	61
第4章 效能分析	63
4.1 效能与系统耗费	63
4.2 效能分析方法	64
4.2.1 SEA 分析方法	64
4.2.2 层次分析法	67
4.2.3 ADC 模型法	70
4.3 费效分析方法	73
4.3.1 固定效能法	73
4.3.2 性能指数法	75
4.3.3 费效分析的谬误	81
4.4 作战效能分析	81
习题	83
第5章 线性规划	84
5.1 线性规划问题描述	84
5.1.1 线性规划问题的数学模型	84

5.1.2	线性规划问题的图解法	86
5.1.3	线性规划数学模型的标准型	88
5.1.4	线性规划问题解的性质	90
5.2	单纯形法	92
5.2.1	单纯形法的思路	92
5.2.2	单纯形表	95
5.2.3	单纯形法的进一步讨论	99
5.3	运输与分派问题	106
5.3.1	运输问题	106
5.3.2	分派问题	110
	习题	115
第6章	优化问题	118
6.1	资源分配问题	118
6.2	几类问题的数学模型	120
6.2.1	武器合成问题	120
6.2.2	武器部署问题	121
6.2.3	武器目标分配问题	123
6.2.4	突击安排问题	123
6.2.5	空运问题	124
6.2.6	运输问题	126
6.3	整数规划	127
6.3.1	分支定界解法	128
6.3.2	Gomory 的割平面解法	131
6.4	多目标规划	133
6.5	动态规划	134
6.5.1	多阶段决策问题	138
6.5.2	动态规划的基本概念	139
6.5.3	动态规划的基本方程	141
	习题	142
第7章	作战模型	144
7.1	兰彻斯特方程	144
7.1.1	齐次作战模型与非齐次作战模型	144
7.1.2	兰彻斯特线性律	145
7.1.3	兰彻斯特平方律	146
7.1.4	其他毁伤律	148
7.2	作战终止的影响因素	150
7.2.1	解析法	150

7.2.2 经验法	151
7.3 作战胜利的影响因素	152
7.3.1 优势参数	152
7.3.2 回归分析	153
7.4 随机作战模型	158
7.4.1 随机决斗	158
7.4.2 随机战斗	159
7.5 非齐次作战模型	162
7.5.1 (m,n) 作战模型	162
7.5.2 武器综合作战模型	165
习题	166
第8章 网络计划	168
8.1 网络图的绘制	169
8.1.1 网络图	169
8.1.2 绘制网络图	170
8.2 网络时间参数	173
8.2.1 工序时间	173
8.2.2 网络时间参数	174
8.2.3 关键路线的确定	176
8.2.4 项目完工的概率	179
8.3 网络计划的优化	180
8.3.1 时间优化	180
8.3.2 时间—费用优化	181
8.3.3 资源的合理配置	184
习题	185
第9章 军事系统仿真和模拟	187
9.1 作战模拟概论	187
9.1.1 作战模拟的历史	187
9.1.2 作战模拟的分类	188
9.2 系统仿真	189
9.2.1 系统模型	189
9.2.2 系统仿真基本方法	190
9.2.3 事件驱动型仿真	193
9.2.4 武器系统仿真和战斗仿真	198
9.2.5 仿真模型	199
9.3 作战模拟系统开发	201
9.3.1 作战模拟过程	201

9.3.2 作战模拟组成部分	202
9.4 作战模拟系统	205
9.4.1 陆军作战模拟	205
9.4.2 海军作战模拟	207
9.4.3 空中作战模拟	208
9.4.4 其他作战模拟	208
9.5 作战模拟前沿技术	209
9.5.1 人工智能技术	209
9.5.2 虚拟现实技术	210
9.5.3 Agent 技术	212
习题	213
附录 实验指导书	214
参考文献	248

第1章 军事运筹学概论

对于任何一个可能受到战争威胁的国家而言,战争或者战役谋划都是一个非常重大的问题。通常,任何一方如果不能够恰当地判断形势、妥善地计算胜负、恰当地采取策略,都可能招致巨大的损失。例如,美国对伊拉克战争开始前,各方需要估计战争的威胁有多大,各方的最优策略应该是什么,如果开战兵力应该如何部署、兵力损失会如何等。而军事运筹学,正是研究计算战场资源配置、各方策略选择、兵力损耗变化、时间统筹规划、战场目标搜索评价等学问的一门科学。通俗地说,通过科学计算和策略选择,帮助军事指挥员和执行人员理性决策的科学就被称为军事运筹学。

1.1 军事运筹学的发展

军事运筹学来源于今天通称的运筹学。第二次世界大战期间,美英等国有一些创新性的武器投入了战场,但是这些新投入战场的武器,其使用效果与预期存在较大差距。到底是武器本身存在问题,还是武器没有用好,成为了一个引起各方争议的话题。面对这样的问题,1940年8月,物理学家勃兰凯特教授(Blackett)应英国政府的要求,在国防部成立了一个由11人组成的研究小组,负责对新式武器装备使用中提出的问题进行研究,重点在于研究如何才能发挥出武器装备本身所应该蕴含的作战能力。

勃兰凯特小组观察到,在一些战术情况下,武器装备本身没有问题,但是装备使用方式有问题,因此没有发挥出理想的效果。他们发现,通过科学分析来改进使用方式,可以有更好的战术技术效果。由于他们的研究,重在如何将已有的装备用好,因此,他们的工作就称为作业研究(Operations Research,运筹学)。

运筹学在第二次世界大战后被广泛运用于国民经济各个方面。目前,在库存管理、资源分配、市政道路管线建设、策略选择等方面,运筹学均取得了非常显著的应用效果。

20世纪60年代,人们认识到,运筹学所提供的方法和技术在有些方面还可以扩展,不仅仅可以在问题特别具体和明确的领域使用,而且可以在一些边界不是特别清楚、影响因素繁多的领域加以应用,于是尝试着将运筹学应用于武器装备论证这样的重大决策问题之上。

武器装备论证问题的提出,是由于科学和技术的不断发展,复杂武器装备的生命周期跨度长达15年~20年,开发费用也迅速增长,一种武器装备,可以用于多个军兵种,如火箭可以看成是陆军的远程炮火武器,也可以看成是空军的非制导武器。对于长期计划而言,原本一时的规划却要适应长远,因此决策中就包含大量的不确定性和风险。研制某种武器的决定不仅仅依赖于某军种的特定需求,还需要从国家安全的角度进行更广泛的分析。由于这样的原因,武器装备的采购决定,不能完全依靠运筹学的结构化分析,这导致了系统分析(Systems Analysis,SA)学科的诞生。

系统分析是一种帮助决策者进行选择的系统化方法,它通过全面调查问题本身,深入探寻任务确实的目标,比较可能的替代方案和选择,使用恰当的描述表示方法,在尽可能采用解析分析的基础上,引入专家判断和直觉来解决问题。上述过程是一个循环过程。这个循环过程可能会根据新信息,以及发现的问题,不断地评估修正和验证,直到全部概念和内容清楚正确为止。20 世纪 60 年代在美国,人们进行了大量的武器评估和费效研究,以帮助决策者考虑武器装备采购问题。从那时起,系统分析就成为装备采办的一个标准过程。

随着系统分析在军事方面应用取得成功,接着开始在民用领域得到应用。关于系统分析和运筹学是否相同,产生了很多争议。最先运筹学和系统分析分别来源于短期战术和长期策略观察,但是,这种区别很快就淡化了。因此,在很多场合系统分析被纳为运筹学的一部分。

运筹学的另外一个重要组成部分——博弈论或称对策论,从 20 世纪 40 年代正式创立开始,受到了越来越多的重视,并迅速得到发展,特别是在经济、管理领域里取得了骄人的成绩,有多位学者因博弈论获得诺贝尔经济学奖。博弈理论在解决对抗性策略选择方面发挥了非常重要的作用,不考虑博弈的军事行为分析是不完整的,甚至是不可有效实施的,因此博弈论也自然而然地成为运筹学中一个非常重要的组成部分。

随着经济和社会的发展,运筹学研究和应用已渗透到社会的各个方面。随着运筹学应用领域的扩大,在军事和非军事领域逐渐形成了各有特色的两个分支,在非军事领域的应用成为数学的一个分支,习惯称运筹学;在军事领域的应用则发展成为军事学领域的一门新兴学科,称为军事运筹学。

1.2 军事运筹学

军事运筹学 (Military Operations Research , MOR) 的一般定义为:应用科学理论、科学方法和技术手段研究军事活动,为军事决策者提供决策依据的一门科学。其主要任务是分析和研究军事活动,在可用资源有限的条件下,描述界定问题、收集数据、研究确定评价标准、选择数学模型、完成计算机模拟或分析计算,从多个可行的方案中,依据评价标准寻求最优方案或较优方案。自然科学和社会科学成果是研究的基础,其中数学方法具有特别重要的地位。

解决军事运筹问题的传统方法是:描述界定问题、收集数据、研究确定评价标准、选择数学模型、完成计算和进行敏感性分析。

研究解决军事运筹问题的方法,主要有数学模型法、计算机仿真法、作战模拟法和实验方法。

数学模型法是将一个实际问题的主要组成部分,以抽象化的数学模型来代替,它具有逻辑关系清晰的特点。但是存在的问题是,数学模型要保持原问题中的主要组成要素和变化规律符合实际,这在研究各种复杂的军事问题时较难实现。

计算机仿真法,用模型描述军事活动过程,并以计算机程序来展示军事活动过程,它可以较好地描述军事过程随时间、地点而发生各种演化变化,将数学模型的静态计算,扩展为动态描述,因此可以研究更为复杂的军事问题。

数学模型强调对事物内在机理的深刻认识,而计算机仿真法强调对事物外在过程的准确把握。两种方法各有优缺点,彼此互为补充,不可相互替代。

作战模拟法是有对抗方、裁判和决策者参加的,对作战环境和作战过程进行模拟的方法。与计算机仿真法的重要区别是,作战模拟法有人工干预,它在研究中增加了人的判断,这解决了很多军事问题不能简单地进行模型化评判问题。

军事运筹学是面向用户的科学,不是面向理论的科学,它要解决用户提出的问题,同时要按用户的条件向用户提出独立的建议。数学模型法、计算机仿真法或作战模拟法的采用要依靠分析的等级、可用的时间、可获的数据等决定。无论采用数学模型、计算机仿真模型或作战模拟模型,均需考虑模型的适用范围和可信度。

军事运筹学的发展非常迅速,总的趋势是趋向系统研究;解决问题的途径也不仅仅来源于某个领域,而是来源于多个学科。对军事运筹问题的研究是一个渐进的过程:从实际问题中抽象出模型,从模型中寻求解答,将解答拿回实际问题进行解释,并将结果与实际情况比较,反复修正,直到得出一个合理的、有意义的模型或者结果。

军事运筹学是一个重要的科学工具,但是在使用时有某些局限性。例如为寻求精确的解,常会舍弃太复杂和难量化的重要参数;考虑问题的角度不同会有不同的结论;不同的数据搜集方法也会产生不同的结论;甚至不同的心理预期也会产生不同的结论。提供全面展示结论来源的军事运筹学研究报告,是纠正和发现问题的一种重要方法。

运筹学几乎已经应用于人类的所有活动,应该说运筹学技术和工具,与应用领域无关。但是由于军事活动具有一些特殊性,其涉及的内容与从社会经济生活中提出的问题不同,因此形成了军事运筹学。军事运筹学强调运筹学方法在军事决策中的应用。例如,在民用领域,飞机很少在 22000m 以 3600km/h(马赫数约为 3)的速度飞行,或者核动力潜艇携带核导弹在冰层下航行。因为战争是對抗性的活动,武器系统包括人员在军事活动中体现的是一种极限能力,当对手全部或大部分被歼灭才能确定输赢。

相对于工商业活动,战争绝少发生,有很大的不确定性和复杂性。因此,分析军事作战非常困难和复杂,其中作战数据的有效性和可靠性是一个很大的问题。

在民用领域中,经济上的耗费是一个最常用的指标。而在很多作战行动中,任务目标多表现为人员和物资的损失,度量效能不能够完全用经济耗费来表示。这就产生了对不同系统之间的效能进行比较的问题。例如,比较普通枪械和坦克的效力就很复杂。

纵观上述内容,运筹学的军事领域应用引出了一些独有的模型问题,提出了需要建立相关效力度量的问题。

1.3 运筹学研究实例

案例一 20 世纪 30 年代,有一个邮购商店通过报纸广告和邮局邮递来发售商品。客户根据报纸上刊载的广告清单订购货物,从邮局收到货物后再付款。商店在经营中发现,客户对于寄到的货物的拒收率约是总销售额的 30%。在一个契约社会中,这显然是一种非常不合常规的高违约率。荷雷斯·列文森对顾客拒收函购包裹的情况进行了研究,最终商店通盘考虑采取了一种合适的策略,邮购商店取得了巨大的成功。

案例二 演习中,一名参谋发现士兵野外训练时,餐后排长队洗餐具。现场有 4 个

盆,其中安排了两个洗盆,两个涮盆,士兵在洗盆处排起了长队。在排队问题中,存在一种称为“自动恶化”的现象,即如果情况糟糕,就会越来越糟。经过观察发现,洗一套餐具的时间是涮一套餐具时间的3倍。参谋人员据此提出改进建议就不再有排队洗餐具的士兵。

案例三 第二次世界大战期间,飞机用深水炸弹(一种在预定深度爆炸的水下爆炸物)攻击敌方潜艇,结果很少看到有潜艇沉没的报告,与预期相差很大,因此起先认为这种武器或攻击方法效率极其低下,很不成功。于是勃兰凯特小组的成员 E. J. 威廉姆斯被派去考虑设计一个感应引信,靠临近潜艇形成的感应来引爆而不是靠深度引爆。原先深水炸弹设定深度为估计的潜艇可能深度,平均起来,潜艇会在投弹前 2min 观察到飞机,这段时间它可以下潜 150 英尺(约 46m),设定 150 英尺的爆炸深度对潜艇应该是致命的。

但是,后来运筹人员分析认为,深水炸弹效率低下是由于潜艇大多数时候并未在 150 英尺处航行,因此将深水炸弹爆炸深度减小,最终通过调整深水炸弹的爆炸深度解决了问题。通过改进深水炸弹爆炸深度和战术使用方式,在同样的投弹数量下击沉潜艇的数量提高两倍,无须再开发感应式引信来提升深水炸弹攻击效果。

上面的研究案例说明,在很多情况下,改善系统仅仅需要进行科学的使用过程分析,就可以寻找出更好的使用方法。需要强调指出的是,有两种提高击沉潜艇数量的方法:一是设计带感应引信的深水炸弹;二是改变深水炸弹的爆炸深度设定。明显的是第二种方法立竿见影,费用低廉。

1.4 运筹学模型

模型这个词我们都很熟悉,可以回想大家用玩具为模型向孩子们展示客观物品和解释现实事物,在化学课上老师用原子、分子模型来解释分子结构,这些被称为微缩模型或形象模型。同样地,用在其他课堂或研讨说明中的地图、示意图和轮廓图为示意模型。在运筹分析中,一般采用符号模型,也叫数学模型。它用数学公式表示各种不可控变量(在一般过程中不能通过管理而改变)和可控变量间关系。分析人员的目标在于确定可控变量的值,以优化效能度量指标。运筹学经过数十年的发展,对一些问题有了较为成熟的解决方法。为了对一些问题进行描述,在研究运筹问题时广泛使用数学模型。

定义 模型是一件实际事物或情况的代表或抽象,它根据因果显示出行动和反应的直接或间接内部关系。

模型是一个现实的抽象,它比现实表现更简单。一个完整的模型必须能反映出实际事物的特征。

1. 模型的基本形式

模型有三种基本形式。

- (1) 形象模型或实物模型。例如,风洞实验中的汽车模型。
- (2) 模拟模型。例如,射击模拟靶,当完成瞄准和击发时,并未射出实弹,射击是通过模拟表现的。
- (3) 数学模型。构造模型是一种创造性劳动,成功的模型往往是科学和艺术的结晶。

2. 构造模型的方法和思路

构造模型的方法和思路有以下5种。

1) 直接分析法

直接分析法是按照实际事物内在逻辑联系,直接构造模型。例如已有的线性规划模型、排队论模型、决策和对策模型。

例如,2002年8月3日一则新闻:

“第二季度货币政策执行报告显示:大量持有国债,银行隐含风险”。“老百姓青睐的国债,利率步入历史低点,金融机构大量持有低利率国债使之隐含一定风险”。

金边债券有何风险?一是利率风险;二是流动性风险。

对于金融机构的现金只有两条风险:赢利/损失风险和流动性风险。因此这种分析是直接的。

2) 类比法

有些问题可以用不同方法构造出模型;而这些模型的结构性质是类同的,就可相互类比。例如机械系统与电子系统、生物链系统与电子系统等。

例如,英国纺织工业曾经受到羊毛减少的威胁。经过调查分析发现,羊毛少了是因为羊群少了;羊群少了是因为牧草少了;牧草少了是因为授粉的蜜蜂少了;蜜蜂少了是因为偷蜂蜜的老鼠多了;老鼠多了是因为野猫少了。所以,英国人从养猫开始,将此作为恢复纺织业的发端。野猫多了,老鼠少了;老鼠少,蜜蜂多;蜜蜂多,草多;草多,羊多;羊多,羊毛多。这是一个生物负反馈系统。

抽水马桶是一个典型的机械负反馈系统,观察它的工作原理可以很好地理解负反馈电路的工作原理。

负反馈可以让一个系统稳定,可以观察或设计负反馈系统以获得一种稳定。如经济学上看不见的手对经济的调节等。

再如,大米草、紫茎泽兰、豚草、水葫芦等在我国泛滥成灾,兔子、袋鼠等在澳大利亚泛滥成灾,杀人蜂在美洲肆虐,原因就是:在原产地有地理环境、气候环境、天敌等的制约,而在引进地则没有。

3) 数据分析法

对于有些问题的机理尚未完全了解,若能搜集到与此问题密切相关的大量数据,或可以通过某些实验获得大量数据,就可以用统计分析方法建立模型。例如,中医中药的相关理论和方法、天文学研究等。

例如,在英国伦敦出现霍乱时,一位医生用病人居住地统计的方法,发现了围绕其中心的位置有一口水井,于是得出了霍乱是由水传染的判断。在关闭了那口受到污染的水井之后,霍乱疫情得到了控制。现今很多问题,也首先是采用数据分析方法加以研究。

4) 实验分析法

当有些问题机理不清楚,只有通过实验加以分析来构造模型,如化学。对于科学研究和工程研究,实验分析法是最重要的方法之一。区别科学方法和工程方法:例如,一个白炽灯泡的体积,可以用数学计算的方法,也可以用液体测量方法,前一种是科学方法;后一种是工程方法。计算特定曲线下包围的面积,如果不考虑方法只需要结果,用称量重量的方法也可以解决,这也是一种实验方法。