

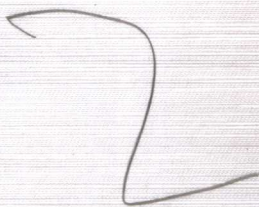


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育信息管理类专业规划教材

管理系统模拟

蔡建峰 主编



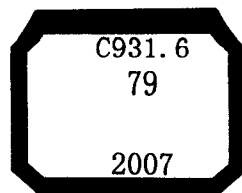
Management System Simulation



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



普通高等教育信息管理类专业规划教材

管理系统模拟

蔡建峰 主编

机械工业出版社 /

模拟享有“没有办法的办法”的美誉，已广泛应用于教育、军事、交通等多个社会领域。本书秉承“管理者的系统模拟”（Managerial System Simulation）这一核心理念，强调可操作性，特别适合学生及实际管理工作使用，同样适合对系统模拟感兴趣的其他朋友。本书主要包括系统建模的艺术、基于 Excel 的模拟方法，以及利用专用模拟软件进行模拟的策略。本书每章均配有密切联系教材内容与管理实际的思考与练习题。同时，为了帮助想深入了解相关内容的读者更快捷地获取相关资源，还列出了相关网址及推荐读物。

本书配备了电子课件等教师用教辅资料，详见前言。

图书在版编目（CIP）数据

管理系统模拟/蔡建峰主编. —北京：机械工业出版社，2006.10

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 7-111-20185-X

I. 管… II. 蔡… III. 企业管理—计算机管理系统—高等学校—教材 IV. F270.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 124441 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：易 敏 版式设计：张世琴 责任校对：魏俊云

封面设计：刘 科 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

170mm×228mm·7.125 印张·258 千字

定价：20.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68326294

编辑热线电话（010）88379721

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育信息管理类专业规划教材

编 审 委 员 会

名誉主任: 黄梯云 哈尔滨工业大学
主 任: 李一军 哈尔滨工业大学
副 主 任: 王刊良 西安交通大学
马永开 电子科技大学
卢虎生 内蒙古科技大学
卢才武 西安建筑科技大学
邵军义 青岛理工大学
杨 铭 齐齐哈尔大学
邓海平 机械工业出版社

委 员: (按姓氏笔画排序):

于 俭 杭州科技大学
王 成 齐齐哈尔大学
王 亮 青岛理工大学
邓晓红 山东建筑大学
田 军 西安交通大学
向 阳 同济大学
孙 军 北京化工大学
李四福 中国地质大学
李志刚 成都理工大学
张宏山 河南科技大学
张喜征 湖南大学
邵培基 电子科技大学
骆正山 西安建筑科技大学
郝 戊 内蒙古科技大学
贾红雨 大连海事大学
郭士正 集美大学
翟东升 北京工业大学
蔡建峰 西北工业大学

秘 书: 易 敏 机械工业出版社

前 言

随着计算机技术的飞速发展,计算机与管理的关系也越来越紧密,系统模拟就是两者融合的重要成果之一。目前,模拟技术已经在社会经济、环境生态、能源系统、生物医学、教育培训等领域中得到了广泛应用,并因此获得了“没有办法的办法”的美誉,从而使它的应用领域得到进一步扩大。

为了适应社会对系统模拟技术的需求,近年来已出现了不少这方面的教材或类似读物,可以说,它们对系统模拟技术的推广和应用起到了巨大的促进作用。但是,由于这些文献或侧重于建模,或侧重于原理分析与编程,因此更适合于控制或计算机专业学生的学习,而对管理类专业的学生不太适合。如何针对管理类专业学生的特定需求,将系统模拟的思想与管理问题相结合,同时吸收模拟技术的最新成果,还有很多工作要做。本书作者特意编写了这本教材,就是在这一方面做的一次有益尝试。

本教材主要有以下特点:

第一,提出了“管理者的模拟”这一新的理念,并以此贯穿教材始终。管理专业的学生需要更多地以“应用”立基,以适应不断发展的管理实践的需要。但是,目前的同类教材或者着眼于原理分析,或者偏重于编程语言的介绍,若对教材的结构与内容不加以合理调整,易使学生为各种复杂的原理所包围,或迷失在“编程语言的丛林”中。这些均不利于学生从整体上把握系统模拟的精髓。本教材对系统模拟的阐述则以“管理者的需求”为导向,更加突出了模拟为管理者提供决策支持的内在机制。

第二,将国内外最新的研究成果融入教材的相关内容中。尽管系统模拟出现的历史较短,但它的发展却异常迅速,特别是近几十年来新的模拟技术与方法更是不断涌现。基于以上特点,本教材对国内外最新的研究成果进行了总结与提炼,并将之融于相关内容中,使教材内容跟上当代模拟技术发展的步伐,从而使学生通过本课程的学习能够以先进的管理思想与理念充实自己。如在 Excel 的建模分析方面,现有教材多停留在技术层面上,而本教材则突出了 Excel 的使用“既是一门科学,又是一门艺术”的观点,并结合对实际管理问题的分析阐述了建模中的“艺术性”问题,体现了科学性与艺术性的有机统一。

第三,通用软件平台与专用模拟系统相集成。当今 Office 家族的应用已无处

不在,大多数学生对该系统较为熟悉,所以可以充分发挥这一优势。本书将 Excel 模拟作为模拟分析的有机组成部分,同时介绍与其相配套的成熟的加载宏软件,如 Crystal Ball、@Risk 等,以帮助学生在不需专用语言支持的前提下对享有“没有办法的办法”之美誉的模拟建立一个整体印象。同时,由于模拟系统与模拟语言的开发异常活跃,有必要让学生对其有所了解,所以本教材对 GPSS-World 系统与 GPSS 语言、Ventana 系统与 Vensim 语言、Arena 系统与 SIMAN 语言等进行了介绍,从而可以更好地引导学生在更高层面上纵览管理系统模拟的全貌。

第四,以“管理者的需求”为导向,兼顾“专”与“广”。由于模拟在社会生活中的众多领域都有着成功的应用,所以已有很多系统开发商提供了很好的模拟系统与语言,应该让学生对此有一定了解。本教材针对不同系统的特点,选择了有代表性的模拟系统与语言,从应用的角度进行了分析。这样既可使学生对某类模拟系统与语言有所了解,同时又能较为全面地理解专用模拟的基本思想,从而达到“既见树木,又见森林”的教学效果。另外,教材中既有对已被实践证明的有效的系统模拟方法与策略的介绍,又有对最新模拟技术进展的阐述,可使学生学到先进的模拟思想与模拟技术。同时,本教材中介绍的所有系统模拟软件与语言均是目前最新的版本。以上策略的实施有利于培养学生完善的知识结构、提高学生对未来管理工作的适应能力。

第五,建立了“阶梯式”的教材体系结构。首先,本教材考虑到利用现有通用软件平台模拟常规管理问题时对学生的编程能力要求较低的特点,对核心内容进行筛选时首先抛开具体的专用模拟系统与模拟语言,在通用软件平台环境中对典型管理问题进行模拟,这样做可使学生将主要精力放在对模拟本身的理解与把握上;在学生对模拟有了初步理解后,又将典型的专用模拟系统与语言呈现在学生面前,通过对专用模拟系统与语言的了解进一步提升学生对模拟思想的理解。这样更符合学生学习中“渐进式”的思维特点,有利于学生知识结构的完善,有助于学生在将来的工作中在包括系统分析人员在内的技术人员与职能人员之间筑起一座沟通的桥梁。

作者在编写本书的过程中得到了来自各方面的帮助、鼓励和支持,其中既包括本领域的许多前辈们,也包括机械工业出版社的领导与编辑同志以及西北工业大学教务处的领导同志,在此表示深深的感谢。同时,本书的编者在写作过程中参考了大量的国内外文献,对这些文献的作者也一并表示感谢。另外,我们有幸请黄梯云教授作为本书的主审,黄教授在审稿过程中所提出的建设性意见,对本书的进一步完善起到了重要作用。

本书第一、三、五章由蔡建峰、贾红雨合作编写，第二、四、六章由蔡建峰编写，第七章由蔡建峰、贾红雨、姜继娇、林国顺合作编写。全书由蔡建峰任主编，负责大纲的拟定及统稿工作。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，恳请读者批评指正，以便使本书不断改进和完善（联系方式：caijf@nwpu.edu.cn）。

为达到更好的教学效果，作者精心制作了配套教辅资料，包括电子课件、教学大纲、实验大纲、教材中例题和习题的数据文件等。以本书作教材授课的教师可向出版社索取，登录机械工业出版社教材服务网（www.cmpedu.com）或与本书编辑联系（yimin@mail.machineinfo.gov.cn，yimin9721@163.com）。

编 者

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 引言	1
第二节 模型与模拟	6
第三节 计算机模拟的应用	20
第四节 本书的基本结构	24
推荐学习站点	26
进一步阅读的文献	26
思考与练习题	26
第二章 Excel 的使用技巧与建模艺术	27
第一节 Excel 能帮我们做些什么	27
第二节 Excel 的使用技巧	31
第三节 基于 Excel 的建模艺术	41
推荐学习站点	51
进一步阅读的文献	51
思考与练习题	52
第三章 模拟中常见的概率分布与随机数的产生	53
第一节 模拟中常见的随机变量概率分布	53
第二节 概率分布的基本参数	58
第三节 概率分布的拟合	61
第四节 如何获得符合特定概率分布的随机数	76
推荐学习站点	83
进一步阅读的文献	83
思考与练习题	83
第四章 利用 Excel 进行系统模拟	84
第一节 确定型静态问题模拟	84
第二节 确定型动态问题模拟	90
第三节 随机型静态问题模拟	95
第四节 随机型动态问题模拟	98
第五节 利用 Excel 的加载宏进行系统模拟	102

推荐学习站点	109
进一步阅读的文献	109
思考与练习题	110
第五章 利用专用语言进行系统模拟	112
第一节 离散系统模拟、GPSS 语言与 GPSSWorld 系统	113
第二节 连续系统模拟与 Vensim 系统	129
第三节 混合系统模拟与 Arena 系统	137
推荐学习站点	149
进一步阅读的文献	149
思考与练习题	150
第六章 离散系统模拟输出数据分析	152
第一节 概述	152
第二节 终止型模拟输出数据分析	155
第三节 非终止型模拟输出数据分析	159
第四节 减小输出结果随机偏差的基本方法	162
第五节 如何利用模拟结果辅助决策	167
推荐学习站点	170
进一步阅读的文献	170
思考与练习题	171
第七章 系统模拟技术的新进展	172
第一节 企业竞争模拟	172
第二节 虚拟现实技术	185
第三节 近年出现的其他模拟技术	199
推荐学习站点	206
进一步阅读的文献	206
思考与练习题	207
附录 系统模拟课程实验指导书	208
实验一 Excel 的使用技巧与建模分析	209
实验二 输入数据分析	210
实验三 利用 Excel 进行模拟	210
实验四 离散系统模拟与 GPSSWorld 模拟系统	211
实验五 连续系统模拟与 Vensim 模拟系统	212
实验六 混合系统模拟与 Arena 模拟系统	213
实验七 输出数据分析	213
参考文献	215

第一章

绪论

为了对模拟有一个概貌性的认识，本章的第一节主要结合具体例子讨论解决管理问题的一般过程及基本方法，第二节将对模拟及模拟中的重要角色模型及其模拟过程与实现方法进行介绍，最后对模拟在社会经济生活多个领域中的应用情况进行简要评述。

第一节 引言

一、引例

让我们首先考察一个供应链中的重要环节——库存系统。在运作和管理库存系统的过程中，必须严格控制系统的运行状态。为了实现系统目标，一些信息成为决策者关注的对象，它们是经济订购批量、经济订货期、安全库存量、订货点和订货后最大库存量等。那么我们从何处入手获得上述信息并利用这些信息更有效地管理和控制该系统呢？

在库存系统的管理和控制中，经济批量是一个很重要的问题。所谓经济批量，是指一定时期内使平均存储费用和平均订购费用总和最低的采购批量。一般情况下，随着订购批量的增大，存储费用会上升，而订购费用却会因订购批次的减少而下降；反之，随着订购批量的减小，存储费用会降低，而订购费用却会因订购批次的增加而上升。可见随着订购批量的变化，上述两种费用呈现互为消长的变动趋势。

为建立经济订购量的分析模型，一般作以下假设：

- (1) 企业能够及时补充存货。
- (2) 能集中到货, 而不是陆续入库。
- (3) 不允许缺货, 即无缺货成本。
- (4) 需求量稳定, 并且是可预测的。
- (5) 订货单价不变, 不考虑从量折扣。
- (6) 企业现金充足, 不会因现金短缺而影响进货。
- (7) 产品市场供应充足。

为建立经济订购量模型, 同时令:

R ——存货的年需要量;

P ——产品单价;

Q ——每次进货量;

C_1 ——每批订购费用;

T ——订购周期;

C_2 ——单位产品在单位时间内的存储费用;

Q^* ——经济订购量。

由于存储量是动态变化的, 在存储期内, 其存储量的变动情况如图 1-1 所

示。

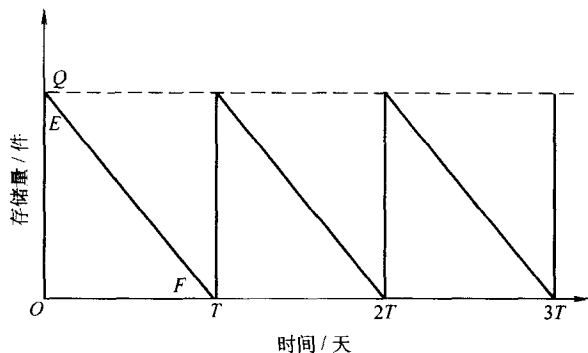


图 1-1 存储量的动态变动情况

当存储量由 E 逐渐下降至 F 时, 在该周期内的平均存储量相当于订购批量的一半, 故计算平均存储费用时, 存储量按 $Q/2$ 计算。

那么, 单位时间内 (按一年计) 订购批量为 Q 时的总平均费用 TC 为:

$$TC = C_1 \frac{R}{Q} + PR + C_2 \frac{Q}{2} \quad (1-1)$$

式(1-1)等号右边的第一项为平均订购费用,第二项为支付的货物费用,第三项为平均存储费用。

现要求总平均费用 TC 最低,可对 Q 进行求导,并令之等于零,得:

$$\frac{dTC}{dQ} = -\frac{C_1 R}{Q^2} + \frac{C_2}{2} = 0$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2C_1 R}{C_2}} \quad (1-2)$$

若将订购批量作为横坐标,平均存储费用、平均订购费用及总平均费用作为纵坐标,可绘制出它们之间的关系曲线,具体如图1-2所示。图中总平均费用曲线的最低点 S 所对应的横坐标值即为经济订购量 Q^* 。

图解法是一种很有用的分析方法,可以直观描述变量之间的关系。但是,它的应用具有很大的局限性,主要适用于变量不多的情形。若变量数超过三个,那么用这种方法分析就不是一件很容易的事了。

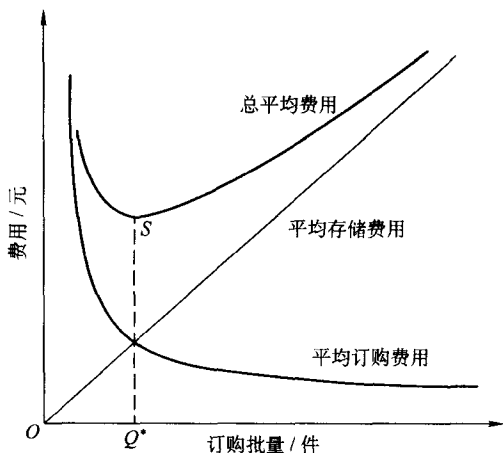


图 1-2 订购批量与库存费用关系

另外,如果待分析的问题较复杂,所建立的模型也就相应变得复杂起来,如库存系统中需求常常是随机的,随机库存问题要比确定性的情况要复杂得多。

接下来分析一种简单的随机库存问题。假定单位产品的盈利为 k 元,产品需求量为 r 的概率为 $P(r)$,单位产品的积压损失为 h 元,求每天的最佳订购量,以实现期望收益最大或期望损失最小。

利用模型分析问题必须以一系列的假设为前提。该问题的假设条件为:

—— $P(r)$ 可以根据经验获得,且 $\sum_{r=0}^{\infty} P(r) = 1$;

—— $\Delta C(Q) = C(Q+1) - C(Q) = 0$,即订购量增加或减少一个单位所造成的损失是相同的。

在上述假设下可建立需求为随机离散的订货模型:

(1) 当供过于求时 ($r \leq Q$), 因产品积压而造成的损失期望值为:

$$\sum_{r=0}^Q h(Q-r)P(r)$$

(2) 当供不应求时 ($r > Q$), 因缺货而造成的损失期望值为:

$$\sum_{r=Q+1}^{\infty} k(r-Q)P(r)$$

综合以上两种情况可知, 当订购量为 Q 时损失的期望值为:

$$C(Q) = h \sum_{r=0}^Q (Q-r)P(r) + k \sum_{r=Q+1}^{\infty} (r-Q)P(r) \quad (1-3)$$

式 (1-3) 表明, 期望损失 $C(Q)$ 为订购量的函数, 若可以找到一个使 $C(Q)$ 值最小的订购量, 那么该订购量 Q 便是所要寻求的最佳订购量了。

由于订购量 Q 是离散的, 因此不能用微积分求极值的方法求解, 但可以利用差分方程求解。由式 (1-3) 知,

$$C(Q+1) = h \sum_{r=0}^Q (Q+1-r)P(r) + k \sum_{r=Q+2}^{\infty} (r-Q-1)P(r) \quad (1-4)$$

4 综合式 (1-3) 和 (1-4) 可知,

$$\Delta C(Q) = C(Q+1) - C(Q) = (h+k) \sum_{r=0}^Q P(r) - k$$

令 $\Delta C(Q) = 0$, 那么,

$$\sum_{r=0}^Q P(r) = \frac{k}{k+h} \quad (1-5)$$

当 k 、 h 以及 $P(r)$ 已知时, 便可由式 (1-5) 求得最佳订购量 Q 。

上述分析表明, 在一系列假设条件下, 通过解差分方程可以求得随机库存系统中每天的最佳订购量。

二、解决管理问题的一般过程

对于较为复杂的管理系统, 一般具有以下共同的特征:

(1) 多要素性。系统一般由多种要素组成, 如一个运输系统包括库位、装卸机械、操作工人、入库和出库的运输设备等。

(2) 随机性。部分系统要素具有随机性特征, 如出入库车辆到达时间、出入库货物的品种和数量、装卸机械的效率等。

(3) 动态性。系统状态可能会随时间的变化而变化, 如库存货物的品种、数量, 货物的存储期等。

(4) 多目标性。系统的目标一般不是单一的,如常常要求库存系统尽量达到低成本、高效益、高客户服务满意度等,而这些目标之间经常存在冲突,需要加以有效协调。

因此,对管理问题的研究要经历调研、经验分析、系统建模、模型求解、对比分析等多个循环往复的过程,具体如图 1-3 所示。

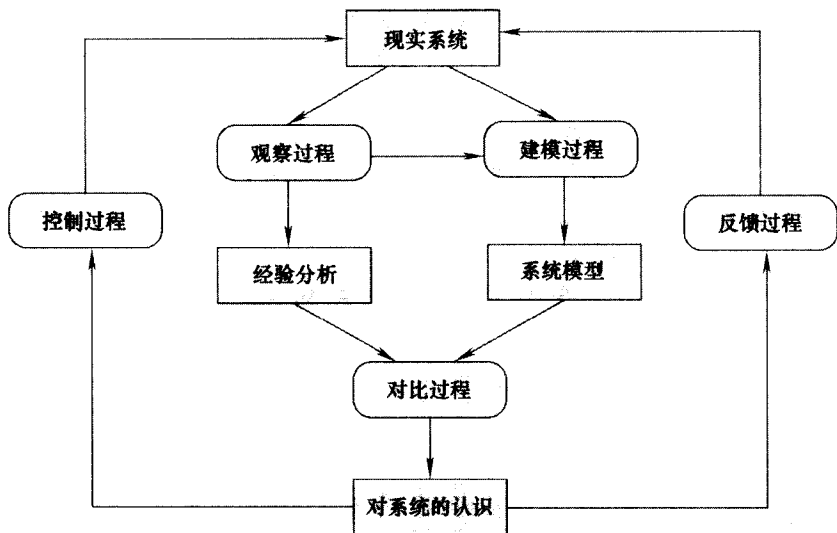


图 1-3 解决管理问题的一般过程

在对上面库存问题的分析中,我们建立了较抽象的模型,并结合解析及图解的方法进行了求解。从中可以看出,模型的建立和求解均有其相应的先决条件和适用范围。它们是将复杂的系统合理简化并进行抽象,如假设条件中“订货多一件或少一件产品的损失相同”、“能集中到货,而不是陆续入库”和“需求量稳定,并且能预测”等。如果现实库存系统不能满足这些条件,那么有关模型的分析结果就不再适用了。虽然推导过程显得很严格,但结果也只是“简化、近似、抽象”的系统模型的解。

在解决实际问题时，人们经常会倾向于使用熟悉的建模方法，存在类似“锤子效应”的倾向。所谓“锤子效应”，就是在人们刚刚学会使用锤子的时候，往往习惯于不分场合，把一切都当做钉子来对待，这也反映了习惯思维对人们行为的影响程度之深。上述效应的存在，使得分析人员为了适应所选择的分析方法本身，不惜牺牲系统目标，最终使结果的可靠性受到了不利影响。

应该说,上面所分析的库存问题还是比较简单的,利用常规的方法可以得到有价值的结论。但是,作为分析者不总是那么幸运,有时所面对的问题含有大量随机因素、关系复杂、系统实现目标繁多,在这种情况下,常规的图解法、解析法等就变得无能为力了,这时应该怎么办呢?现在有句流行语:“如果没有解决办法时,就试试模拟吧!”,而模拟正是本书中的主角。尽管不能把模拟作为灵丹妙药,但至少为我们提供了一种可能的分析手段。

总之,对于一个管理系统来说,它与外部环境之间以及系统内各组成部分之间存在着复杂的数量或逻辑关系,我们可以综合运用常规的定性分析与定量分析方法,建立合理的模型去恰当描述上述联系,以反映系统的本质,探索其运动规律。但是,在许多情况下,一个管理系统的描述模型十分复杂,以致很难甚至不可能用常规方法进行求解,这时我们可考虑使用系统模拟的手段来解决它。

第二节 模型与模拟

一、模型

6

(一) 模型的概念

如前所述,研究复杂系统的结构和行为离不开模型的参与。实际上,模型就是对真实系统的结构和行为的一种简化描述。凡是以某种方法从真实系统变换而来的形态,都可以成为系统的模型。

系统模型一般不是系统对象本身,而是现实系统或未知系统的模仿或抽象。对于大多数研究而言,没有必要考虑系统全部的属性,因此,系统模型只是系统某一方面或某几方面本质特性的描述,本质属性的选取完全取决于研究的目的。在科学研究领域中,模型可以定义为一个系统信息的集合:在物理模型中,信息具体体现为模型的特性;在数学模型中,信息表现为解析和数值方程的形式;在模拟模型中,信息则表现为逻辑流程图的形式。

在管理过程中广泛地使用系统模型还出自下面的考虑:

(1) 系统开发的需要。在开发一个新系统时,由于实际系统尚未建立,只能通过构造系统模型来对系统的性能进行预测,以实现系统的分析、优化和评价。

(2) 经济性。对大型复杂系统直接进行试验,代价是十分昂贵的,采用系统模型常常会降低试验成本。

(3) 安全性。对有些系统直接进行试验非常危险,有时甚至根本不允许在实

际系统中做试验,这时只能通过对模型的分析获知实际系统的特性。

(4) 时间性。对于社会、经济、生态等系统而言,它们的惯性大,反应周期长,使用系统模型进行分析和评价,其周期要短得多。

(5) 系统模型容易操作,分析结果易于理解。有些情况下虽然可以直接对现实系统进行实验,但由于实验过程的因素太多,其结果有可能难以理解。而采用系统模型分析时,由于模型本身突出了研究目的所要关注的主要特征,因此容易得到一个更为清晰的结果。

(二) 建立系统模型的原则

在系统模拟中,模型的质量直接影响着分析结果的精度和效率。由于建立模型是系统分析的重要环节,所以为了准确揭示系统的行为,需要用一个良好的模型来描述系统。一般说来,建立系统模型应遵循以下原则:

(1) 客观真实性。作为系统分析的基础,模型必须客观真实地反映所研究的现实系统的本质。

管理系统通常十分复杂,因而建立管理系统模型的任务也就相当艰巨。为此,需要对现实系统进行全面、深入、细致的调查研究,掌握大量材料,取得感性认识。同时,为了准确把握系统的本质、反映系统的内部规律性,就必须经过思考,将丰富的感性材料加以去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的改造,形成概念和理性的模型,从而实现感性认识到理性认识的飞跃。

譬如,为了建立一个企业的生产经营管理系统或其子系统的模型,首先要对该企业的生产经营活动的外部环境、经营目标、内部条件等进行周密和细致的调查研究,以便占有大量数据和信息,进而对系统的组成要素以及它们之间的相互作用和相互关联进行科学的分析,揭示它们之间的逻辑关系,并在此基础上构造恰当的系统模型去反映这种逻辑关系与系统的主要特征和规律。

显然,系统模型源于现实系统,但它又高于现实系统,因为在模型的构建过程中略去了众多次要因素,从而使模型能够更深刻更集中地反映现实系统的主要特征和规律。

(2) 目的性。由于现实系统尤其是管理系统具有非常复杂的属性,因此,模型不应是现实系统本身,而应该只包括与研究目的有关的属性与特征。

(3) 清晰性。一个模型必须清楚、明确地描述所研究的系统结构及其重要的内在联系,避免含糊不清、模棱两可,应该易于为人们所理解和掌握。

一个复杂的系统往往由多个子系统组成,相应地,一个复杂系统的模型也可能由多个子模型组合而成,这时,要清晰地表述各个子模型之间的相互联系。

(4) 继承和创新相结合。进行管理系统的建模,要综合运用管理工程、系统

工程、应用数学和计算机科学等多学科的理论与方法,要尽量利用或借鉴相关学科已经开发的有关模型,充分利用它们提供的各种方法,如解析法、统计分析技术、系统分解—协调技术等。

在积极继承前人和相关学科工作成果的基础上,要努力开拓创新,开发适应我国国民经济和管理现代化发展需要的新的管理系统模拟模型,提高各类组织的科学化决策水平。

(5) 经济性。在系统分析中,系统建模、数据收集、程序设计与调试、计算机模拟运行、输出结果分析、模型验证和确认等,都要花费大量的时间、消耗大量的费用,因此,在建立模型时,要充分考虑模型的经济性。一方面,模型不能过于简化,因为过于简化的模型不能很好地揭示系统的本质和运动规律,其实用价值不大,无助于研究任务的完成;另一方面,模型也不能过于复杂,过于复杂的模型常常使求解变得异常困难甚至无法求解,同时会大大增加系统分析的时间、费用及其他资源的消耗与占用,还可能带来系统分析人员与决策者之间在沟通上的困难。因而要求模型繁简适宜、经济实用。

(6) 适应性。系统模型要正确反映系统的本质和运动规律,要适应系统的内部条件和所处的外部环境。为此,在建立模型的过程中,要进行多次反复的模型检验和确认,使之不断完善。系统是发展变化的,随着系统的内部条件和外部环境的变化,也要对已有模型进行相应的修改与完善,必要时需建立新模型以取代旧的模型。

二、模拟

(一) 模拟的概念

模拟是利用某种手段对现实系统的模仿,如沙盘就是一种常见的模拟形式。随着数字计算机技术的飞速发展,计算机模拟变得越来越普遍,它已经成为模拟中不可或缺的重要成员,所以很多时候将“模拟”称为“计算机模拟”也就不足为奇了。

系统模拟是 20 世纪 50 年代以来,在计算机科学和系统科学发展的基础上产生的,是解决复杂系统分析与设计的重要技术之一。它为社会经济生活中的众多领域提供了一种预见未来的统计试验以及对试验结果估计的方法。对于那些难以使用数学模型或数学模型过于复杂的问题,计算机模拟提供了有效的建模方法和分析手段。由最早的人工模拟开始,模拟技术应用于电路和未知系统的试验中,之后,随着计算机技术的发展,模拟技术又在军事、航空、航天等各个行业得到了广泛的应用。