

管理决策仿真

GUANLIJUECEFANGZHEN GUANLIJUECEFANGZHEN

主 编 梁静国

副主编 张祥林

哈尔滨工程大学出版社

管理决策仿真

主 编 梁静国
副主编 张祥林

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

管理决策仿真/梁静国编著. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2002. 3
ISBN 7-81073-419-9

I. 管… II. 梁… III. 管理-决策-系统仿真
IV. C934
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 009581 号

内 容 简 介

本书系统讲述了用于管理决策的仿真技术的理论和方法。内容包括两大部分,即理论基础部分和应用方法部分,前一部分主要叙述各类仿真模型的建立与仿真语言的运用,内容全面、深入浅出,后一部分主要介绍当前应用广泛的仿真建模方法和仿真实施,内容选择尽量跟踪学科领域的最新发展。

本书可作为管理科学与工程专业各层次课程的教科书,也可作为相关专业教学与科研参考书籍。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工程大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 15.75 字数 373 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—1 000 册

定价:18.50 元

前 言

系统仿真是一门面向实际并具有很强应用特征的学科,是近三十年发展起来的一门综合性的新兴技术学科。仿真技术在重大决策、社会经济、经营管理、工程技术、军事研究、科学试验、交通管理、环境及环境保护、医学生物以及其它社会科学和自然科学等领域内得到了广泛的应用,其效果是十分显著的。由于系统仿真技术涉及到多种相关专业理论,如战略研究、系统分析、控制理论、运筹规划、计算方法和计算机技术等,因此该学科的综合性和交叉性相当明显。当在实际系统上进行试验研究遇到困难甚至无法实现时,仿真技术就变得十分重要,甚至成为必不可少的工具。特别是在重大系统研制或关键技术研究,仿真技术水平的高低直接关系到系统的先进性、研制周期、经费开销,甚至关系到所研究系统的成败。

管理决策是管理科学体系中使用频率很高的一个专用术语,用来表达与决策有关的某种意义,是对管理问题的决策结果及决策过程的概括。决策的重要性依赖于决策的正确性和科学性。正确的决策是人们为了实现特定的目标,运用科学的理论和方法,系统地分析主客观条件,在掌握大量有关信息的基础上,提出若干备选方案,并从中选择出作为人们行动纲领的最佳方案。在这些理论和方法中,决策仿真不失为最佳选择之一,仿真在管理决策中具有明显的积极作用,由于它不受直接求解的限制,可以包括更多更全面的决策影响因素分析,使决策模型更加接近实际,因此在实际应用中更为有效。

由于管理决策仿真的理论和方法涉及到多种学科,尤其是近几年计算机技术的发展突飞猛进,诸如人工智能、计算机网络、分布式数据库、智能决策支持系统、数据仓库、数据挖掘等技术的发展使仿真技术得到强有力的技术支撑。因此在本书的编写中既注意到基本理论的介绍,又对学科领域的最新发展予以关注,如管理决策模型、分布交互式仿真系统、智能仿真等,在内容安排上尽量做到由浅入深。本书可以作为管理科学与工程专业博士及硕士教材,也可作为相关专业教学及科研参考资料。

本书由梁静国主编、张祥林副主编,张祥林撰写了第8章和第10章,其它章节由梁静国、高长元、曹秀英、戈华、王兴文、李福军、刘新利、杨东奇、朱国文、张亚光、曹筠、许增福、田晓宇、宋艳、张海峰、赵金楼、林淑娟、杜蓉、林朗星、贾鸿雁撰写。

由于作者水平的局限和时间的仓促,书中必定存在着不少疏漏和谬误,恳请读者批评指正。

编 者

2003.1 于哈尔滨

目 录

第1章 概论	1
1.1 计算机仿真技术的产生	1
1.2 计算机仿真技术的发展	2
1.3 仿真语言的发展与分类	5
1.4 计算机仿真技术的应用意义	8
1.5 管理决策仿真	9
1.6 蒙特卡洛模拟法	12
第2章 连续系统仿真	18
2.1 连续系统的数字仿真原理	18
2.2 仿真算法与仿真模型的建立	18
2.3 连续系统仿真语言	22
2.4 CSMP 语言简介	22
2.5 CSSL 语言简介	26
第3章 系统动力学仿真及 DYNAMO 语言	31
3.1 系统动力学概念	31
3.2 系统动力学的应用范围	32
3.3 系统动力学仿真的基本步骤	32
3.4 系统动力学的理论基础	33
3.5 系统框图	34
3.6 系统动力学仿真语言 DYNAMO	38
第4章 随机数和随机变量的生成	52
4.1 概述	52
4.2 基础概率与统计复习	52
4.3 仿真用随机变量的概率分布	55
4.4 均匀分布随机数的产生	62
4.5 均匀分布随机数的检验	65
4.6 产生随机变量的一般方法	73
4.7 随机向量的生成	84
第5章 离散事件仿真在决策中的应用	86
5.1 离散事件仿真的应用领域	86
5.2 排队系统仿真	86
5.3 库存系统仿真	91
5.4 随机网络系统仿真	95
第6章 离散型仿真语言 GPSS	97
6.1 GPSS 概述	97

6.2	GPSS 主要语句集	98
6.3	简单 GPSS 系统	105
6.4	复杂 GPSS 系统	111
6.5	自选商场购物模型	131
6.6	露天矿矿石装运模型	134
6.7	公共汽车站模型	139
第 7 章	使用数据挖掘构造管理决策模型	146
7.1	现代决策分析模型的分类	146
7.2	用数据挖掘方法获得管理决策模型	148
7.3	旅游 CRM 客户数据的决策树分类模型	149
7.4	基于模糊 C 均值(FCM)聚类算法的客户聚类研究	153
7.5	BP 神经网络算法在高新技术产品评价中的应用	158
7.6	粗集理论在供应链合作伙伴选择中的应用	163
第 8 章	分布交互式仿真	167
8.1	概述	167
8.2	高层体系结构	173
8.3	HLA 对象模型的开发	183
8.4	HLA 的关键技术	189
8.5	HLA 的应用	195
第 9 章	人工智能与仿真	202
9.1	人工智能	202
9.2	专家系统	203
9.3	仿真系统与专家系统的关系	206
9.4	智能仿真系统举例	212
9.5	基于知识的仿真系统的开发与建造	215
第 10 章	建模仿真 VV&A	216
10.1	基本概念	216
10.2	VV&A 过程	224
10.3	模型检验与证实技术	230
10.4	案例研究	234
附表		237
参考文献		243

第 1 章 概 论

1.1 计算机仿真技术的产生

现代生产、科学研究、社会工程、经济运营等许多研究、生产项目,都具有一定的规模、实施时间和复杂程度。在进行项目的设计和规划时,往往需要对项目的合理性、经济性、效益等等品质加以评价;在项目实际运营前,也希望对项目的实施结果加以预测,或者选择正确、高效的运行策略以提高实际系统的运行水平。采用仿真技术是达到上述目的的一种选择,对于复杂事物和复杂系统有时是唯一的选择。

“仿真”,早期也译为“模拟”。但 ISO(国际标准组织)对两者有不同定义:所谓模拟(Emulation)即选取一个物理的或抽象的系统的某些行为特征,用另一系统来表示它们的过程。所谓仿真(Simulation)即用另一数据处理系统,全部或部分地模仿某一数据处理系统,以至于模仿的系统能像被模仿的系统一样接受同样的数据、执行同样的程序,获得同样的结果。仿真意指通过对系统模型的实验去研究一个存在或设计中的系统。这里的系统是指由相互联系和相互制约的各个部分组成的具有一定功能的整体。计算机仿真(Computer Simulation)则是以数学理论、相似原理、信息技术、系统技术及其应用领域有关的专业技术为基础,以计算机和各种物理效应设备为工具,利用系统模型对实际的或设想的系统进行模拟研究的一门综合技术。

从一般意义上讲,系统仿真可以被理解为在对一个已经存在或尚不存在但正在开发的系统进行研究的过程,为了了解系统的内在特性,必须进行一定的实验;而由于系统不存在或其它一些原因,无法在原系统上直接进行实验,只能设法构造既能反映系统特征又能符合系统实验要求的系统模型,并在该系统模型上进行实验,以达到了解或设计系统的目的。由此可以看出,系统仿真本质上是由三个要素构成的。即系统,系统模型和实验。系统是问题的本源,是系统分析的目的,实验是解决问题达到目的的手段,而系统模型则是连接系统和实验(目的和手段)之间的桥梁。

仿真作为一门技术科学是在 19 世纪末 20 世纪初工业技术有了长足的发展之后而确定下来的。而且伴随着工业技术的进步,仿真技术也在不断地发展。例如在飞机设计过程中,对飞机的外形要求是非常严格的,因为气动外形将最终影响整个飞机的飞行特性。由于飞机造价的昂贵,用真实的飞机去进行实验是不现实的。为了获得飞机外形的气动数据,必须制作各种不同形状模型放到风洞中进行实验。风洞实验的结果改进了飞机的设计理论,而利用这个理论又可以去设计新型的飞机。长期以来,人们已经充分认识到利用模型去描述所研究系统的优越性,并且逐渐地发展了系统研究和系统分析理论。但是,由于手段的限制,人们对复杂事物和复杂系统建立模型并进行求解的能力是非常有限的。在这个时期,人们在利用仿真方法研究或求解问题时都是利用实物去构造与实际系统成比例的物理模型,再在这个模型上进行实验。如果这种实验是破坏性的,那么每次实验都要重新构造实物模型,带来很大的麻烦和浪费。1946 年,世界上第一台电子计算机在美国诞生,电子计算机的

出现,对科学技术的发展产生了无可估量的和深远的影响。许多复杂的模型可以通过计算机来进行计算求解(但并不是全部)。由此,利用模型描述系统的特征并进行求解的手段逐步发展成为现代的计算机仿真技术。在随后的 50 年中,计算机技术的发展速度惊人,现代仿真技术则是与计算机的发展密切相关的。目前通常所讲的仿真技术一般就是指计算机仿真技术。随着计算机硬件和软件水平的提高,计算机仿真技术也得到了很大的发展。计算机已逐渐成为仿真的强有力支撑工具。通过在计算机上对系统模型进行实验,可以省时、省力、省钱地完成对实际系统或正在设计中的系统的研究。计算机仿真已在仿真技术中起着越来越重要的作用。计算机仿真技术有着巨大的优越性,可以求解许多复杂而无法用解析手段求解的问题,可以预演或再现系统的运动规律或运动过程,可以对无法直接进行实验的系统进行仿真试验研究,从而节省大量的能源和费用。由于计算机仿真技术的优越性,它的应用领域已经非常广泛,而且也越来越受到普遍的重视。诚然,计算机仿真技术中仍然存在着许多需要解决的问题,需要不断进行努力探索。

1.2 计算机仿真技术的发展

仿真是在系统模型上进行实验的过程。利用计算机进行仿真就必须建立能够被计算机识别并在计算机上运行的系统模型。也就是说,通过对系统进行分析,首先建立描述系统行为规律的系统模型,再将其转换为计算机仿真程序。仿真运算过程就是对系统模型求解的过程。为了通过仿真准确地掌握系统的内在运动规律,在仿真中以下两个方面是非常重要的。一是建立准确的系统模型,二是获得正确的仿真结果。

早期计算机仿真的对象是对工程技术领域中的实际物理过程进行仿真,该领域中的问题(例如系统的控制和优化)涉及机械、电子、制造、航空等诸多背景,这些问题的特点是可以建立起以时间为基准的数学模型,即连续时间模型和离散时间模型,包括常微分方程、偏微分方程和差分方程等。利用实际工程背景中的原理和定理可以推导出所研究问题的时间微分或差分方程模型,而根据系统自身的特征和试验数据可以确定模型中的参数。在 50 年代至 60 年代,人们在差分方程和微分方程模型的结构特征化和参数辨识方面花费了相当的精力并取得了很大的成果。与此同时,对求解这些方程的算法的研究也在不断发展,产生了能够满足快速和实时等多种不同要求的仿真算法和仿真软件。

进入 70 年代,仿真逐步向政治、经济、军事等社会科学领域渗透,出现了许多用于求解这些领域中问题的数学模型。而随着对这些问题的深入分析和了解,数学模型从早期的微分方程和差分方程模型逐渐向能够反映问题离散和随机特点的离散事件逻辑流图和网络模型过渡。同时,从求解静态模型的蒙特卡罗法到研究系统动态模型的以事件调度法、活动扫描法和进程交互法为代表的仿真策略,离散事件模型的仿真算法研究也取得了很大的发展。由于管理决策理论的发展,用于管理决策的仿真系统也在发展。

由于离散事件模型的构造比微分方程和差分方程复杂,而且建立的模型多种多样,即使对同一个系统也可以建立许多不同的模型,因此人们一直在探索用统一的建模方法来指导和简化离散事件模型的建模过程。70 年代中期, B. P. Zeigler 提出了模型的规范化和形式化描述理论,使得建模方法学前进了一大步。从那时起,结合计算机软件方法学的发展,系统建模理论中引入了层次化模块化方法和面向对象的思想,为建立集成化交互式建模环境提

供了良好的基础。

计算机仿真技术经过几十年的发展,不论是在理论上还是在实践上都已经取得了丰硕的成果,积累了大量的系统仿真模型和行之有效的仿真算法。但仿真技术目前仍然存在一些缺陷,例如建模方法尚不完善,研究同一个系统的同一个问题可以建立出不相同的模型,而且有些社会经济系统中的问题尚无法建立准确的模型进行求解。同时,决策者必须通过建模者和仿真试验人员才能介入到对系统的仿真分析中。随着建模与仿真的理论和方法的研究不断深入,以及作为其支撑技术之一的计算机技术的不断发展和进步,计算机仿真技术在应用过程中出现的问题将逐步得到解决。

计算机仿真技术的发展方向大致包括:

1. 建模方法学

在早期的仿真技术中,重点是如何利用数学模型求解问题,侧重于研究建模过程中数学模型的结构特征以及操作数学模型所利用的数学工具和手段。如今计算机的功能已经有了很大的提高,仿真技术的研究领域有了拓展。从建模方法学角度讲,除了继续研究如何利用抽象的数学模型描述系统外,还要研究能够充分利用计算机功能的新的建模方法。例如目前研究较多的面向对象的建模方法和图形建模技术都是利用计算机的软件技术设法提供一种直观可视化的建模环境,使复杂的建模过程得到简化。

2. 一体化

仿真是建模—实验—分析—修改模型—再实验—分析……不断反复的过程,它涉及到好几个功能软件,如建模软件,实验设计软件,仿真执行软件,结果分析软件等,各功能软件之间存在着信息联系,为了提高仿真效率,必须将它们集成起来(或称为一体化)。这是 80 年代中期后仿真软件系统的一个普遍趋势。根据一体化的程度,可以有三个等级的一体化。(1)不同功能软件通过一个管理软件利用数据转换接口实现一体化。(2)重新划分功能块,建立模型库、参数库、实验框架库,然后通过数据库实现一体化。(3)在仿真操作系统的支持下,实现对仿真关联资源的有效管理,并支持这些资源的匹配与运行,实现整个仿真软件系统的高度一体化。

3. 仿真数据库

仿真数据库是实现一体化的关键之一。由于仿真中所涉及的“数据”比较复杂,除一般的结构化数据外,还有大量非结构化的数据,如:图形(流程图、表达图)、模型、算法、实验框架等。因此现在比较流行的关系型数据库并不十分适合这样的应用环境。通常它只能管理模型目录,算法目录,而模型与算法本身则仍另外存放。这就很难保证数据的一致性,另外,关系数据库查询比较慢,也是一个缺点。因此,建立仿真数据库是十分有意义的。

4. 面向对象仿真

面向对象的思想就是使所分析和研究系统的建模方式与对客观世界的认识过程尽可能一致。在面向对象的仿真中,系统被看成是由对象组成的,对象是一个独立的实体,对象的属性和属性的变化规律即将对象的操作完全封闭在对象内部,外部的作用必须通过对象的操作接口来实现。面向对象的仿真系统的运行是通过对象之间互相传送消息来执行的。面向对象的仿真在理论上突破了传统仿真方法观念,使建模过程接近人的自然思维方式,所建立的模型具有内在的可扩充性和可重用性,有利于可视化建模仿真环境的建立,从而为大型复杂系统的仿真分析提供了方便的手段。

5. 分布交互仿真

分布交互仿真通过电子手段把分散在不同地点的软硬件设备及有关人员联系起来,在人工合成的电子环境中交互地进行仿真试验的一种综合的仿真环境。计算机网络技术是分布交互仿真的重要支撑。分布交互仿真的分布性和交互性特点可使处在不同地理位置的各个部门利用网络连接起来,实现资源共享,达到节省人力、物力、财力的目的。分布交互仿真可以综合集体的优势研讨新的系统在科学性、可行性、成熟性、经济效益、军事效能等方面的问题。并通过仿真试验来评价其性能,制定作战规程和战术原则,辅助和评价决策等。分布交互仿真环境可用于系统规划、论证、研制、生产、试验、使用训练等诸多过程,是一种经济、安全、可靠的有效工具。分布交互仿真所表现出的优越性及其潜在的效益已经引起广泛的重视,并已经成为计算机仿真技术的一个重要的发展方向。

6. 并发、开放、多媒体仿真环境

经典的仿真环境是一种逐步工作的环境。它包括确定系统仿真目标、建立系统模型、建立适于仿真系统实现的仿真模型、仿真模型校验、仿真试验运行、结果分析、系统模型校验、再反馈修改模型或试验后再运行……上述过程是交替迭代的,并且常是多方人员组成的小组共同工作。因此,理想的仿真环境是一个并发工程环境。它将仿真任务各阶段的“人”和“工序”有机地、及时地联系起来,从而将一个逐步实现的工程改变为一个并发实现的工程,进而提高生产率、降低成本、改善质量。目前仿真界已研制的一体化仿真环境是迈向并发仿真环境的重要一步。它通过数据库系统将建模仿真执行及输出分析等阶段组成一个有机统一的系统。计算机仿真工程环境本质上是一种计算机应用工程环境。因此它应该适应当前“开放”计算环境的发展趋势。在仿真环境开发时,要采用开放系统平台(包括开放的系统软件、支撑软件、用户界面等),并重视制订相应的建模与软件规范及系统结构研究。仿真涉及数值计算、数据处理和知识处理,因此,应当在仿真工程环境中引入近年来迅速发展的多媒体技术,充分利用数据、文字、声音、图形、图像等多媒体(尤其是可视的技术),大大拓宽仿真技术的应用范围。研制并发、开放、多媒体仿真环境将是发展仿真软件的关键课题。

7. 智能仿真

随着人工智能技术的发展,人们期望引入人工智能技术增强建模仿真的能力;引入知识表达及处理技术以扩大模型中知识描述的能力;在建模、仿真试验设计、处理及仿真结果分析等阶段中引入专家知识和推理,以辅助一般用户作出各种决策;辅助模型的修正及维护;实现友好的人机界面(图像、自然语言等);引入自动推理与解释机制。

近年来,人们已在基于知识的各种建模/仿真专家系统、智能接口、人工智能与仿真结合的技术(如符号处理与数值计算/处理、专家动态反馈迭代、仿真知识库管理与推理等)研究等方面做了大量有效的工作。其中,最为成功的是专家系统。进一步研究的问题有:(1)提高处理速度,如研究并行推理及实时专家系统;(2)实现经验知识、常识性知识和原理性知识等多种知识的表示;(3)模糊技术引入专家系统;(4)成组专家系统研究;(5)建立智能仿真模型;(6)机器学习机理及实现;(7)智能接口;(8)仿真专家系统开发工具。

众所周知,近年来,人工神经网络的研究热潮再度兴起。它不同于建立在上述知识表示基础上的以符号处理为特征的人工智能。它基于局部模仿人脑结构的数学模型,认为思维的基本元素是神经元,思维过程由大量神经元组成的平行网的活动构成,即信息存储于各个神经单元的连接强度之过程构成了思维。这样认识模型对求解微观、动态、复杂模糊等问题有较强的能力。仿真界正开始研究人工神经网络的应用,期望能改善仿真环境的自学习、自组织、自适应能力。

仿真过程是多层次的复杂的思维,适当运用“符号主义”与“连接主义”的结合将是智能仿真的研究途径。使智能、高速处理数值计算和数据三者结合。将构成硬、软一体的新一代仿真环境——“智能仿真计算机系统”。

8. 嵌入式仿真

随着仿真工具和技术的不断完善及仿真应用在深度与广度上的发展,近年来,将仿真工具和技术嵌入某系统中,参与实时调度、监控、辅助决策已成为现实。这是一个新领域。它提出下列研究问题:(1)面向系统管理人员(如系统调度员)的接口(语言或图形输入;各种输出报表显示)设计;(2)面向系统的建模方法和模型库实现;(3)仿真子系统与系统中其它子系统的集成;实时数据接口、同步并行协调工作;(4)实时数据库管理系统;(5)辅助决策专家系统。

9. 基于灵境(Virtual Reality)的建模仿真技术

自 1986 年美国国家宇航局(NASA)研制的能操纵虚拟物体并具有合成语音和三维声响的虚拟环境问世后,灵境(VR)技术迅猛发展,人们预测 VR 将引起计算机科学新的革命。目前,对 VR 还无一致的定義,常见的一种 VR 定义为:“基于多媒体技术、信息技术、电子技术、人文科学技术等生成的使人类处于一种同时具有浸入(Immersion)、交互(Interactivity)和投入(Involvement)等综合感觉的虚拟世界”。其中的含义是:(1)VR 技术综合了上述定义中的多种技术;(2)它构成同时具有“3I”感觉的世界。VR 巧妙地综合了人的视觉、听觉、触觉、味觉,并进而启发了人的想像力。从改善仿真环境的人机接口开始,已对 VR 技术与建模/仿真技术的集成与发展倾注了极大的注意力。基于 VR 的仿真系统包括计算机生成环境,物理实现的建模环境和真实环境三部分。其关键技术包括:(1)基于 VR 的建模方法,如“对象”给人的视觉、听觉、触觉、味觉等有关的静、动态属性的定义与表示;(2)定性、定量模型的实时算法;(3)VR 仿真支撑系统有关的技术,如实体响应,多用户冲突处理,用户建立环境技术,数据库模型与操作,网络化,声音组装技术;(4)VR 表现技术;(5)多媒体有关技术,如数据压缩与编码,媒体同步,多媒体网络,超媒体等。可以预见,随着 VR 与建模/仿真技术的融合与发展,计算机仿真技术将产生很大的飞跃。

1.3 仿真语言的发展与分类

历史上第一个仿真软件是由 R. G. Selfridge 在 1955 年开发的,他完成了利用辛普森方法进行数值积分的仿真程序设计工作。从 50 年代到 60 年代初期,传统地编写仿真程序所采用的语言是高级算法语言,如 FORTRAN 语言, BASIC 语言, C 语言等。最有代表性的是以 FORTRAN 语言为代表的通用程序设计语言阶段。FORTRAN 语言是达到成熟的第一个高级仿真程序设计语言,当时几乎所有用于求解数学表达式的仿真程序都是用 FORTRAN 语言编写成的。但高级语言编写仿真程序时需要充分利用语言的能力与精微之处,需要很高的熟练程度。尤其是对一些模型结构复杂、模型状态变量和参数多的系统,不得不将许多精力和时间花在模型参数处理、仿真算法和程序的实现,以及输出数据的分析等辅助性工作上,而不能将精力集中于对系统本身的研究。因而需要一种面向问题的非顺序的计算机语言。这种语言应该是足够简单,而且易于学习和使用。只需写入仿真系统的模型,定义变量和必要的数据和命令,就可以进行仿真。这样的一种用于仿真研究的专用计算机语

言,便是仿真语言。从60年代开始,国外就已着手研制**仿真语言**。60年代到70年代,出现了多种仿真程序包及初级仿真语言。这个时期仿真软件主要解决的问题是利用数字仿真方法求解常微分方程组。例如1961年由贝尔实验室开发的用于实现数据采集系统仿真的面向框图的程序BLODI,1962年为系统动力学仿真专门开发的语言DYNAMO。第一个获得广泛应用的数字仿真语言是MIMIC。它是1965年研制成功的一种面向方程的仿真语言。该语言的主要部分是一个翻译器,它把用MIMIC语言书写的仿真源程序翻译成机器代码。在此阶段的仿真语言中,比较典型的还有1960年由IBM公司的G.Gordon开发的高度结构化的利用进程交互法进行排队问题仿真的专用仿真语言GPSS。

1966年美国又推出了另一个数字仿真语言——DSL/90,它也是面向方程的一种仿真语言。但它的翻译器是将仿真源程序翻译成FORTRAN语言,因此这种仿真语言可以和FORTRAN语言兼容。在这期间,美国相继推出了许多种数字仿真语言,为了促进数字仿真语言规范化,进一步普及推广数字仿真的应用,美国计算机仿真协会(SCS)软件委员会于1967年召集了许多仿真方面的专家进行了讨论,最后发表了一个数字仿真语言的标准文本——CSSL。因为SCS是美国仿真学术界的中心,因此CSSL有相当的权威性,在70年代初一直被广泛应用。与CSSL并列的还有一个被广泛应用的数字仿真语言——CSMP,它是IBM公司推出的。由于IBM公司是当时美国最大的计算机公司,所以CSMP也拥有众多的用户。

在70年代以后,数字仿真语言在提高功能、提高速度等方面有了一些新的发展。它们的代表是ACSL及DARE系列。在70年代到80年代初期,出现了高级完善的商品化仿真语言。这个阶段仿真语言的特点是在以下几个方面比早期的仿真语言更加成熟和全面:

- 模型的表达能力
- 数值性能和算法
- 语言的结构特征
- 模型验证
- 程序执行方式
- 数据管理和处理能力
- 输入输出特性

例如在70年代中期推出的算法全面,功能强大的求解常微分方程和差分方程问题的仿真语言CSSL-IV和ACSL,以及1971年推出的用于离散事件仿真的可以用类似自然语言自由格式描述系统模型的仿真语言Simscrip 1.5和应用广泛的随机网络建模的SLAM仿真语言。

进入80年代以后,个人计算机的出现,使计算机向高性能微型化发展。科学与工程工作站由于具有良好的性能价格比、高运算速度、大容量存贮、高分辨率的图形显示、用户友好的人机交互环境,优良的图形处理功能和较强的网络功能,再配上高性能的建模与仿真软件,已经受到仿真界的极度重视。

80年代中期开始的一体化建模与仿真环境研究。其背景是

- 随着建模与仿真工作要求的提高,已开发的各种仿真软件经常不能协调地工作
- 对仿真语言的要求越来越复杂
- 存在大量的数据处理及文档化工作
- 不同的用户(建模者,仿真实验人员,决策者)对仿真工具有不同的要求

- 计算机网络技术和数据库技术有较大的发展
- 要求集成化程度提高
- 提出方便友好的用户接口
- 提出模型与仿真的质量保证措施
- 要求更高的开放性

进入 90 年代,计算机技术的各个方面都取得了异乎寻常的进展,微处理器性能的增强使得利用微型计算机和工作站进行复杂系统的仿真分析成为可能,当然像中长期天气预报这样模型复杂,数据繁多,实时性要求高的问题的计算仍离不开巨型机。在软件设计中广泛采用了面向对象的思想和方法,再加上计算机图形技术的进步,仿真过程中的人机交互越来越方便直观。随着网络技术的发展,分布交互式仿真系统得到快速发展。分布式仿真技术协议经历了仿真器网络(SIMNET),分布交互仿真(DIS),聚合级仿真协议(ALSP),目前已进入高层体系结构(HLA)阶段。人工智能技术的发展给智能仿真开辟了广泛发展的空间。总之,计算机仿真技术正朝着一体化建模与仿真环境的方向发展。

仿真软件方面,其功能包括模型描述的规范及处理、仿真实验的执行与控制、仿真结果的分析与演示、模型和数据的存储与检索。根据功能仿真软件可以分为仿真程序包、仿真语言及仿真环境三大类。仿真软件的发展是离不开计算机软件尤其是计算机程序设计语言的发展的。随着计算机技术不断地发展和进步,为仿真软件的发展提供了必要的条件。

仿真语言是一种直接面向仿真问题的专用语言,是进行仿真的重要工具。其主要功能表现为以下三点:

(1)有一套完整的规定描述模型的符号、语句、句法及语法,并有检测用该语言所编写的源程序中错误的能力,最后能将文法上正确的源程序翻译成机器可执行码。

(2)具有设定模型实验的初始条件、终止条件功能。

(3)具有对仿真结果的分析与显示功能。

由上面所介绍的仿真语言的三种功能可知:使用者使用这种语言不仅能更多地摆脱掉对程序的熟悉与了解,而且由于它具有更强的仿真功能,因此能用来仿真比较复杂的系统,并且对系统进行更全面的实验。

仿真语言可以按不同方式进行分类。

1. 按被仿真系统的特点分类

按被仿真系统的特点可将仿真语言分为三类

- (1)连续系统仿真语言;
- (2)离散系统仿真语言;
- (3)通用仿真语言。

连续系统仿真语言所采用的模型通常是微分方程,系统的响应是按一个或几个自变量的变化而连续发生的。而离散系统仿真语言所采用的模型通常不包括微分方程,而包括部分代数方程和逻辑关系,其系统的响应是以在一个自变量的离散点上的事件序列的形式发生的。对于两类系统均适用的是通用仿真语言。

2. 按数学模型的形式分类

按被仿真系统的数学模型形式,可分为

- (1)面向方程的仿真语言;
- (2)面向框图的仿真语言。

面向方程的仿真语言采用的模型描述方式是一阶微分方程组和代数方程,即与现代控制理论中的状态空间相对应。面向框图的仿真语言中模型是通过框图的形式描述的,框图中的内容可以是加、减、乘、除运算,逻辑运算和积分运算等基本运算符,也可以是基本传递函数或其它特定函数。

3. 按运行方式分类

按仿真语言在计算机上运行方式可分为:

- (1)交互式仿真语言,或会话式仿真语言
- (2)非交互式仿真语言,或批处理式仿真语言。

交互式仿真语言在具有分时操作系统的大、中型计算机或小型、微型计算机上运行,通常采用图形显示终端。该方式由于采用对话形式,故可及时观察分析仿真结果,修改模型结构或参数。非交互式仿真语言通常采用宏定义方式来描述问题和实验方法。显见这种方式只有在取得一次运行的结果后,才能分析仿真结果,并修改模型参数和实验方法。

1.4 计算机仿真技术的应用意义

在科学研究、生产组织、工程开发、经济发展及社会调控方面采用计算机仿真技术具有十分重要的意义。概括地说,主要有以下几点:

1. 可以取代许多难以或无法实施的实验

在实际问题中有许多是无法通过实际运作来加以研究的,若想采用实验,也是十分困难或者甚至是无法实现的。例如,要研究某地区发生一定震级的地震时,对建筑物或人员的损害程度,是不可能通过实际地震实验来获取结果的。又如,要预测未来一段时期内地球气候变化趋势,是不可能在当前让地球气候去预演今后一段时期的过程的。采用计算机仿真却可以在抽象的仿真模型上进行反复的实验,从而解决这种采用实际运作或真实实验难以解决的问题。

2. 可以解决一般方法难以求解的大型系统问题

有一些大而复杂的系统,如大的柔性制造系统、计算机集成制造系统,采用理论分析或从数学上求解的方法来加以分析研究是困难或甚至是无能为力的。但是,通过计算机仿真却可以运行仿真模型求解这些大型系统问题。

3. 可以降低投资风险,节省研究开发费用

越是大型复杂系统和高新技术项目,其不可预见性也越大,相应的投资风险、人力、物力浪费的潜在可能性也越大。如港口、铁路、机场及大型制造工厂,一旦建成后发现设计不合理,要改动或重建,又需要耗费大量人力、物力。如果预先通过计算机仿真对系统或项目的设计、规划加以研究并对系统建成后的运行效果进行仿真,可以预先获得许多宝贵的认识,从而增加决策的科学性,以减少失误。这样就可以降低投资风险、节省人力、物力。

4. 可以避免实际实验对生命、财产的危害

飞机的空战演习。地、空对抗演习等军事演习对人员和装备都有潜在的危险性。又如,在核电站已建成后才去实际试验控制系统的可靠性与应急处理能力,显然是十分危险的。再如,电力调度系统对新的调度方案的试验或人员的培训,如果在真实系统上加以实施,也是有相当风险的。然而,计算机仿真却可以较好地达到预期的实验目的,却避免了风险。

5. 可以缩短实验时间并不拘于时空限制

柔性制造系统几十小时的加工过程,采用计算机仿真实验则仅需几十分钟,一项需时5年的社会经济发展计划,计算机仿真仅需十几小时,这就可以大大节省实验时间。此外,有些系统的实际实验由于时间和经费的限制,难以反复进行。计算机仿真则不受这种限制。可以多次重复进行。另一方面,有些实验需要相当大的场地,如军事演习等,不能不受客观环境的限制。而计算机仿真对空间的要求则微不足道。

1.5 管理决策仿真

决策是指人们对未来的行动目标及其实现方案进行合理抉择的分析、判断过程。作为一门科学的管理学科还是本世纪中叶以后。最早把决策这个概念引入管理理论的,是20世纪30年代美国学者 Ch. I. Barnard 和 E. Stene 等人所创建的社会系统理论。在他们的著作中,仅仅用它来说明权力的分散问题。决策这个概念真正在管理学界流行起来,是在60年代初期。美国学者西蒙(H. A. Simon)等人发展了巴纳德提出的理论,特别是决策理论。他们吸收了行为科学、系统理论、运筹学和计算机程序等学科的内容发展成为现代决策理论。西蒙指出:决策是管理的核心;管理是由一系列决策组成的;管理就是决策。由于西蒙对“经济组织内的决策程序进行了开创性的研究”,以及“西蒙的思想大部分是现代企业经济学和管理研究的基础”,因而他获得1978年诺贝尔经济奖。西蒙对决策理论的贡献主要有三个方面:一是突出决策在管理中的地位。二是对决策原理提出了许多新见解,如用“令人满意”的准则来代替传统决策理论的“最优化”准则;提出了目标冲突、创新的程序、时机、来源和群体处理方式等一系列有关决策程序的问题。三是既强调在决策中要采用定量方法、计算技术等科学方法,又重视心理因素、人际关系等社会因素在决策中的作用。

决策在管理活动中的重要地位和作用不言而喻。决策是贯穿整个管理活动过程的基本活动、是管理的首要职能,是执行其他管理职能的前提。决策的正确性和科学性对管理活动的成效起着决定性的作用,直接关系到企业生存和发展。决策正确,企业兴旺,决策失误,企业衰败。多少年的管理历史、多少企业家的管理实践,无不证明了这一点。管理决策是高层管理者的职能活动,最高管理层的决策只是更带有全局性,涉及范围更广,问题更复杂,责任更重大,因此可称为高层的战略决策。

还有一种看法认为,管理决策是对管理问题的决策结果及决策过程的概括。所谓管理问题是相对经营问题而言的,是针对提高管理效率,执行管理职能活动的问题的决策。显然,管理决策与经营决策是不可分的,在实际生活中,两种决策的主体、目标、对象是一致的或相同的。决策的重要性依赖于决策的正确性和科学性。正确的决策是人们为了实现特定的目标,运用科学的理论和方法,系统地分析主客观条件,在掌握大量有关信息的基础上,提出若干备选方案,并从中选择出作为人们行动纲领的最佳方案。科学的决策则要求具有科学的决策体制、科学的决策程序和科学的决策方法。科学的决策体制内信息系统、智囊系统和决策系统三者有机结合而构成。科学的决策程序包括目标、信息、设计、评价、选择和反馈六个阶段。科学的决策方法从技术上分为“硬”技术和“软”技术。决策的“硬”技术是指建立在数学模型基础上,运用电子计算机辅助决策的方法,它大大提高了决策的准确性和实时性,把决策人员从大量繁琐的计算中解脱出来,使他们能把精力更多地集中于分析解决关键

性的重大问题。决策的“软”技术是指建立在心理学、社会学、行为科学等基础上的“专家法”，它有合理结构的专家群体，依靠用现代科学手段掌握大量信息，通过迅速严密地分析、归纳和“演绎”，提出决策的目标、方案和参数，并作出相应的评价和选择。

20 世纪 70 年代以来，在决策技术的改进方面出现了一个新的趋向，“硬”技术和“软”技术相结合，定量分析与定性分析相结合、“硬”技术“软化”。所谓决策硬技术本身的“软化”，是指从本来着重通过数学解析手段求最优解的方法，转向大力采用仿真法、试探法等灵活实用的方法，仿真决策过程，而不是追求绝对的最优化。决策仿真在管理决策中的实用性具有明显的积极作用，它不受直接求解的限制，可以包括更多更全面的决策影响因素分析，使决策模型更加接近实际，在实际应用中更为有效。

在具体的管理决策制定过程中，决策者首先要确定一个符合企业经营目的的、量化的决策目标，同时还要提供对各种方案进行比较的准则。一种常见的决策准则是所谓的最优化准则，按照这一准则，决策者所选出的方案应该是所有可供选择的方案中的一个最优方案。但是，正如西蒙所指出的，在大多数现实的决策情况下，决策者由于受到认识能力的限制，所以他对于所面临的决策问题通常一方面无法找到全部解决方案，另一方面也不可能确切地预知每种解决方案的实施后果，因而也就无法将所找到的解决方案确切地排出次序。因此，决策者在这些决策情况下实际上不可能按照最优化准则的要求确定出一个对于决策目标最为有利的所谓“最优方案”。在这种情况下，决策者只能从所能认识到的有限数量的解决方案中确定出某种较好的、使他满意的解决方案。决策者可能会制定一种为使他的一项方案感到满意所要求的最低性能标准，在对各种可供选择的方案逐一进行评价时，一旦找到一个达到该性能标准的方案就将它选出而不再对其他方案进行评价；决策者也可能从若干方案中选择一个最好（即最优）的方案，但是，由于这种方案只是有限范围内的最优方案，无法保证它同时是在所有可能方案中的最优方案，所以它仍然只能说是一种令人满意的方案。西蒙将这种与最优化准则相区别的决策准则称为满意性准则。与最优化决策准则关于决策者具有完全理性的假定相区别，满意性决策准则认为决策者只具有有限理性。

在面临复杂的决策问题时，在决策过程的设计阶段中为了做好设计可行方案，决策者必须首先经过思考找到所面临的决策问题中的本质性因素，并将各种非本质性的、次要的因素加以排除，这就是所谓的抽象化过程。通过这一抽象化的思考过程，决策者对于所面临的决策问题建立起一种反映其本质的、简化的表示，这就是所谓的决策模型。建立决策模型在复杂的决策问题中是不可缺少的一项活动。

对于企业经营管理中的各种决策问题来讲，为解决这些问题所建立的决策模型通常都是一些数学模型（在这些数学模型基础上进一步绘制的那些直观地表示系统性能的图形可以认为是一些模拟模型），这些数学模型实际上是对于系统行为的一种假设，它们用一种合乎逻辑的方式表示出代表企业经营状态的各种变量之间的某种本质性的联系。在这些变量中，有一些是与决策准则或决策目标直接相联系的，我们称之为目标变量（target variables）或结果变量（result variables），这些变量通常是决策者不能直接进行操作的；另外一些变量是决策者可以直接进行控制和操作的，它们与目标变量存在着密切的因果关系，我们称之为决策变量（decision variables）；还有一些变量，它们虽然也对目标变量有影响，但它们的取值是由决策环境中的外生因素决定的，超出了决策者的控制范围，我们将这种变量称为外生变量（exogenous variables）或决策问题中的参数（parameters）。有时，由于问题的复杂性，为了将模型的结构表示得更加清晰和便于理解，还可能人为地添加一些表示决策变量与目标变

量之间的联系的中问变量(intermediate variables)。决策模型就是在对于实际决策问题进行抽象的基础上确定出来的、存在于目标变量、决策变量、中间变量和外生变量之间的一组数学关系式。

凡是适合于采用最优化准则的决策模型均称为规范性模型(normative models)或最优化模型(optimization models),而所有适合于采用满意性准则的决策模型则称为描述性模型(descriptive models)或案例模型(case models)。在管理决策理论中经常讨论的产品混合模型、运输模型、库存问题中的经济订货量模型等都是最优化模型,而财务计划模型、投资评价模型以及设备维修模型等一般都是描述性模型。在最优化模型的情况下,我们常常可以借助于特定模型的标准求解方法(例如线性规划方法等),在各种外生变量取给定数值的条件下,求得各种决策变量的一组特定数值,从而使目标变量取得其最优值,这组决策变量的特定数值就代表了所应采取的最优决策方案;在描述性模型(案例模型)的情况下,可以针对具体的问题,在各种外生变量取给定数值的条件下,从决策变量的若干组备选值中确定使目标变量取得最优值或者达到某种预定要求的一组特定数值,这组决策变量的特定数值就代表了所应采取的满意性决策方案。

因此,这些决策的制订过程可以通过编制计算机程序来体现,这就是西蒙将这些问题称为“可编程”问题的原因。对于非结构化决策问题来说,由于没有决策规则和无法建立相应的决策模型(因而也就不能编制出适当的计算机程序来体现其中的决策规则),制订决策的根据只能是决策者本人的直觉、判断和经验。

除了这两种极端情况之外,人们更经常遇到的是那些部分理得出头绪的问题,这就是所谓部分结构化(partly structured)或半结构化(semi-structured)的决策问题。对于这类问题,可以就其中的结构化部分建立适当的决策模型,而问题中的非结构化部分则反映为在不同模型之间的选择或同一模型中参数值的确定。严格地讲,真正的结构化决策问题和非结构化决策问题都是很少数的情况,在实际管理活动中所遇到的大部分问题都是半结构化或部分结构化的问题。

综上所述,在结构化和半结构化这两类决策问题中(大多数决策问题可归入后一类问题),都可以建立适当的决策模型,这两种决策问题的区别只是表现在模型本身的确定和模型中参数的确定上。正由于这一区别,在结构化决策问题中,只要建立起决策模型并在此基础上找到了符合决策准则的解答(即符合最优或满意要求的解决方案)问题就解决了;而在半结构化决策问题中,在建立起一个(或几个)决策模型后,还需要决策者根据自己的经验和判断(也许还要参考某种补充信息),在经过对于模型及其解决方案进行多方面的、详尽的分析之后,从几个模型中确定一个适当的模型或者从一个模型的各种可能参数值中确定一组适当的数值,从而确定该决策问题的最后解答。

很清楚,在结构化与半结构化问题中建立模型是从事决策的前提,而对于许多非结构化问题来说,一般地说也是在作了为它们建立模型的努力而不能取得成功之后才明确其非结构化性质的。建立模型的能力与技巧建立在决策者对于问题的深刻认识与他的背景知识的基础之上,而且与决策者通过不断的建模实践而积累起来的建模经验密不可分。

现实中几乎所有实际意义的管理决策问题都必须依靠计算机才能够求得解答。一个管理决策问题的数学模型在计算机上实现可以称为该决策问题的一个计算机模型(computer model)。将数学决策模型转变为相应的计算机模型是在计算机上解决管理决策问题的关键。开发计算机决策模型的最普通的方法就是用某种特定的计算机编程语言开发出一个体