



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

M 管理系统模拟

MANAGEMENT SYSTEM SIMULATION

任锦鸾 梁郑丽 主编

中国传媒大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

M 管理系统模拟

MANAGEMENT SYSTEM SIMULATION

任锦鸾 梁郑丽 主编

中国传媒大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

管理系统模拟 / 任锦鸾, 梁郑丽主编. —北京: 中国传媒大学出版社, 2009.8

ISBN 978-7-81127-704-3

I. 管… II. ①任…②梁… III. 管理信息系统—计算机模拟—教材 IV. C931.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 125384 号

管理系统模拟

主 编: 任锦鸾 梁郑丽
责任编辑: 罗 刚 欧丽娜
责任印制: 曹 辉
出 版 人: 蔡 翔

出版发行: 中国传媒大学出版社 (原北京广播学院出版社)
社 址: 北京市朝阳区定福庄东街 1 号 邮编: 100024
电 话: 86-10-65450532 或 65450528 传真: 010-65779405
网 址: <http://www.cucp.com>
经 销: 新华书店
印 刷: 北京中科印刷有限公司

开 本: 787×1092 毫米 1/16
印 张: 18.75
版 次: 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81127-704-3/C · 704 定价: 38.00 元

内容简介

本书分为基础篇、工具篇和应用篇。基础篇系统讲授了输入数据采集和分析、模拟建模、输出数据分析和方案优化的基本原理和方法；工具篇结合实例详细讲解了 GPSS、Extend 的原理和用法，并概要介绍了其他模拟软件；应用篇结合相应的模拟工具详细讲解了离散事件、连续系统的模拟过程，对 ERP 沙盘模拟、基于“商道”的经营战略模拟、基于 Swarm 的复杂系统模拟进行了介绍。

本书可以作为高等院校管理科学与工程专业本科生和研究生的教材，本科生可以以 GPSS 为主要的工具来学习模拟的原理和方法，研究生可以选择以 Extend 为主要的工具学习研究模拟的原理和应用。同时，本书也可作为管理类、经济类和计算机应用类等相关专业的参考教材，管理模拟、系统仿真、决策科学、复杂系统等相关研究领域的参考书。

前 言

管理模拟是支持管理决策的重要工具，管理系统模拟一直是管理学领域一门重要的课程，它融合了管理学、运筹学、计算机科学等几门学科的知识，为不确定领域管理问题的解决提供了一条解析方法之外的途径。

自2003年9月起，我们在中国传媒大学管理科学与工程专业的本科生和研究生中都开设了这门课，受到了学生的普遍欢迎，但是在授课的过程中我们也遇到了一些问题，例如部分实例需要更新和调整，一些管理模拟最新的研究内容需要添加进来，研究生和本科生的授课重点需要区分，等等，因此急需一本更全面、更适合现实情况的教材。

2005年“管理系统模拟”被评为中国传媒大学精品课程，整个课程体系、教学课件、教学案例、网络教学平台不断丰富，并且引入了新的模拟软件 Extend 和 Swarm。2007年我们课程小组得到了教育部“十一五”规划教材项目的资助，可以有机会出版一本新的教材。于是相关老师开始通力合作，筹划这本教材的编写。在编写的过程中我们力图实现以下目标：用一个更广阔的视角来介绍管理模拟的理论和方法，不再局限于大多数教材所专注的离散事件模拟，因此添加了连续系统模拟、ERP 沙盘模拟、经营战略模拟、复杂系统模拟等内容；在模拟的工具上，除了介绍了 GPSS，也详细介绍了 Extend 这一新的工具，对其他的模拟软件或工具进行了概要的介绍；在教材编写的体例上，分为了基础篇、工具篇和应用篇，使教材的整体脉络和结构更加清晰；在应用上，不但可以为本科生的教学提供足够的内容，而且可以为研究生的教学提供参考。

本书的分工如下，由梁郑丽、任锦鸾共同提出选题、策划。其中第一章由梁郑丽、任锦鸾编写，第二章由卢威编写，第三章由任锦鸾、李云驰、黄苹编写，第四章由卢威编写，第五章由严威、雷琼编写，第六章由任锦鸾、唐亦之、雷琼编写，第七章由刘丽华编写，第八章由任锦鸾、李婕妤编写，第九章由任锦鸾、黄苹编写，第十章由刘丽华编写，第十一章由卢威编写，第十二章由丁钊编写，第十三章由任锦鸾编写，全书由任锦鸾、梁郑丽、刘丽华老师统稿审阅。

在撰写的过程中，编写者多次交流沟通，既关注本课程发展的方向，又立足于学生的实际需求，也参考和吸收了国内外相关的教材、理论研究的最新成果。在书后列出了主要的参考书目，在此对所有参考资料的作者以及可能没有写到的帮助过我们的

学者和朋友们表示最诚挚的感谢!

在编写的过程中,得到了刃之砺信息科技(上海)有限公司、用友软件股份有限公司、派金国际管理顾问公司的大力支持,在此表示衷心感谢!

本书撰写得到了中国传媒大学出版社的大力支持,尤其是主编闵惠泉教授、责任编辑罗刚老师的指导、帮助和支持,特此感谢。

由于编者水平有限,本书在编写过程中,难免有疏漏和不足之处,请各位批评指正,不吝赐教!

任锦鸾

于中国传媒大学

Renjinluan@cuc.edu.cn

2009年6月1日

目 录

基础篇

第1章 绪论

1.1 模拟的起源和发展	003
1.2 模拟的应用	004
1.3 管理系统模拟的基本概念	006
1.4 模拟的基本术语	017
1.5 模拟的基本原理	020
1.6 模拟结束的方法	022
1.7 管理系统模拟基本步骤	023
1.8 本章小结	025

第2章 系统分析与模拟建模

2.1 系统分析	026
2.2 系统建模	031
2.3 本章小结	034

第3章 输入数据采集分析

3.1 概述	035
3.2 数据的采集与分析	045

3.3	数据分布的分析与假设分布族	047
3.4	参数估计	053
3.5	拟合优度检验	055
3.6	输入数据分析过程中使用工具介绍	059

第4章 随机变量的产生

4.1	随机现象与随机变量	068
4.2	随机数的生成	070
4.3	随机变量生成	077
4.4	本章小结	079

第5章 输出数据分析与系统优化

5.1	输出数据分析	081
5.2	系统优化	093
5.3	本章小结	094

工具篇

第6章 GPSS 基础

6.1	GPSS 简介	097
6.2	GPSS 语言的基本格式和组成	098
6.3	GPSS 语言的语句	101
6.4	GPSS 的主要模块	105
6.5	GPSS 标准数字属性	129
6.6	GPSS/PC 的使用	131
6.7	GPSS 语言的标准输出	132
6.8	本章小结	135

第7章 Extend 基础

7.1	Extend 简介	137
7.2	模型构成和运行	140
7.3	Extend 的模块库	154
7.4	创建模型	156
7.5	Extend 基本操作	168
7.6	优化模型	178
7.7	输入与输出	179
7.8	本章小结	187

第8章 其他模拟软件

8.1	模拟软件发展情况	188
8.2	专用模拟软件	191
8.3	通用模拟软件	194
8.4	面向对象的模拟软件	196
8.5	本章小结	199

应用篇

第9章 离散事件系统模拟

9.1	单窗口排队系统模拟	203
9.2	多窗口排队系统模拟	206
9.3	基于 Extend 的洗车系统模拟	209
9.4	本章小结	218

第 10 章 连续系统模拟

10.1	连续系统模拟的基本概念	219
10.2	连续系统模型	220
10.3	连续系统模拟的过程	223
10.4	基于 Extend 的生态系统模拟	224
10.5	本章小结	231

第 11 章 ERP 沙盘模拟

11.1	管理沙盘模拟	232
11.2	ERP 沙盘模拟	234

第 12 章 企业经营模拟

12.1	企业经营与企业战略概述	243
12.2	企业经营模拟的起源与发展	246
12.3	企业经营模拟软件及其应用	249
12.4	本章小结	264

第 13 章 复杂系统建模与模拟

13.1	复杂系统简介	266
13.2	复杂系统模拟研究	268
13.3	复杂适应系统模拟软件——SWARM 模拟平台	271
13.4	复杂系统模拟实例——国家创新系统模拟研究	272
13.5	本章小结	287

参考文献	289
------------	-----

GUANLI XITONG MONI

基础篇

GUANLI XITONG MONI

第1章 绪论

学习目标

了解模拟的起源和发展，理解模拟的基本概念和原理，以及管理系统模拟的基本步骤。

基本概念

模拟、模型、系统

内容提要

本章是对模拟的总体介绍，着重介绍模拟的发展历程和基本概念。

要点提示

模拟是对现实世界的过程或系统随时间变化进行的模仿，是研究现实世界的一种方法。不论是通过手工完成还是通过计算机完成，模拟的基本过程都是在一定的假设前提下，建立起系统的模型，以对模型的研究作为依据来对现实系统进行改进，或对计划建立的系统进行预测。

1.1 模拟的起源和发展

人们在长期认识世界、改造世界的过程中认识到，可利用实物去构造与实际系统成比例的物理模型，利用模型去描述所研究的系统。最早和相对简单的模拟是物理模拟，例如人们设计的分子物理模型、天体系统模型、工程模型，典型的是用沙盘来模拟作战的过程，从而为制定作战计划和方案提供支持。后来发展到了电子模拟，用电子装置来模拟现实的系统，例如电子鹰、电子表等。再后来发展到了工程过程模拟，例如交通系统模拟、航空航天过程模拟、军事作战等领域的模拟。近年来，模拟应用的领域发展到了管理、经济、股市、政策、虚拟世界、人工智能等领域。模拟的对象越来越复杂，模拟的过程越来越多样化，模拟的工具也不断发展和完善。

模拟的工具由简单模型的制作、实物模型的运用，发展到利用计算机进行模拟研究。例如在飞机的设计过程中，飞机的外形对飞机的飞行特性有很大的影响，由于飞机的造价昂贵、飞行员实际飞行危险系数高，所以由飞行员驾驶真实的飞机进行试验

是不现实的。为了获得飞机外形的相关数据，可以制造各种不同形状的飞机模型放到风洞中进行实验，利用风洞实验的结果，调整和改进飞机设计的参数，利用这些参数及通过其概括出来的规律去设计新型飞机。然而这种飞机的模型属于形象模型，在这个模型上进行的实验是破坏性的，会造成很大的浪费。电子计算机的出现极大地推动了模拟技术的发展，可以利用计算机模拟来测试飞机的各种参数和性能，这就大大减小了飞机风洞实验的风险，缩短了飞机研发的周期，并节约了大量的成本。目前，模拟的工具越来越便利，用户界面更加友好，不但可以完成模拟的过程，学习和应用起来也非常便利。让用户可以将更多的精力用于模拟系统的研究，而不是模拟过程的设计。新的模拟软件包括 EXTEND, AGENTBUILD, SWARM 等。

1.2 模拟的应用

模拟的应用领域非常广泛。从 1967 年开始，美国每年召开一次冬季模拟会议（Winter Simulation Conference, WSC），该会议是著名的国际论坛，传播系统模拟领域研究的最新进展。WSC 是由六个技术学会和美国国家标准技术研究院（NIST）赞助的。通过对冬季模拟会议 2000~2007 年会议论题的统计，可以看出系统模拟的研究及应用领域。

会议的主要论题有军事应用、制造业应用、半导体制造、建设工程及项目管理、建模方法、模拟教育、业务流程建模、物流运输分配、基于仿真的调度、经营过程仿真、紧急应变、健康护理、能源替代，等等。

1.2.1 军事领域

军事领域是应用模拟技术较早的领域。训练模拟器是军事领域中应用最为突出的一项模拟技术。飞行员训练模拟器，无论外观还是内部设置，都是模拟真实飞机座舱而建，前方墙上悬挂大型彩色液晶屏，模拟座舱内的视野。上下方还挂着两块稍小的彩屏，分别显示飞机的空中姿态和地面情况。当受训飞行员开动机器、加速、起飞时，在屏幕上可以清楚地看到飞机飞离地面、飞上蓝天等情形。事实上，飞机上的任何训练任务都能在模拟器中完成，不论是黄昏、黎明等任何环境，或是雨、雪、冰雹、灰尘等任何气候条件，模拟器都能复制出来。用这种方法训练飞行员，既安全有效，又能让飞行员在正式飞行前得到比较多的训练。

1.2.2 环境领域

气候作为人类赖以生存的自然环境的一个重要组成部分，它的任何变化都会对自然

生态系统以及社会经济系统产生影响。2007年, IPCC(政府间气候变化专门委员会)发布的第四次气候变化评估报告公布: 1906~2005年这100年间的变暖趋势约为 0.74°C ($0.56\sim 0.92^{\circ}\text{C}$), 过去50年变暖趋势是每10年升高 0.13°C ($0.10\sim 0.16^{\circ}\text{C}$)。全球变暖极可能是人类活动所排放的温室气体造成的, “极可能”用数字表示, 可能性在90%以上。如何对未来气候进行预测, 英国气候变化研究机构哈德雷(Hadley)气候中心的气候预测项目主管詹金斯(Geoff Jenkins)博士介绍了气象学家们所用的方法: 建立一个数学—物理模型对气候变化进行预测。在模型中, 引入各种不同的因素, 看到底什么样的因素可能导致今天的气候变化结果。这个方法被称为“归因法”。这种方法要用到一个地球气候模拟器——全球气候模型, 只要你输入初始条件, 加入各种需要考虑的因素, 模型就可以得出一段时间之后地球的气候会变成什么样子。

1.2.3 生物领域

模拟是一种能放大或缩小时间系统的技术。人们在研究生命的起源, 研究植物的生长时都采用了模拟技术。

日本长冈工业大学的今买等人在研究生命的起源时, 通过模拟的方法, 提供证据支持了水热通道是生命起源地的假说。由氨基酸聚合形成生命先驱化合物肽的可能反应条件有: 干湿变化、时差循环、潮汐或是水热通道。海水深处释放的热量沿海床传输, 在水热通道中形成的化合物在周围较低温度的海水中冷却后, 再次进入水热通道, 进一步发生反应。他们创建了一个类似水热通道的实验室环境。在这个模拟系统中引入甘氨酸, 并发现甘氨酸逐步反应形成了寡肽。

为定量研究农业系统中物质与能量运动、转化的时空规律, 从20世纪60年代起, 研究人员就开始了植物生长的模拟研究, 植物生长的模拟分为植物生理生态的模拟和植物形态结构的模拟。随着计算机软硬件的发展, 各种关于可视化模拟的理论和方法的提出, 为植物形态的可视化模拟开辟了广阔的道路。虚拟植物(virtual plants)就是利用虚拟现实(virtual reality)技术在计算机上模拟植物在三维空间中的生长发育过程, 它是以植物个体为对象, 具有三维效果和可视化的功能。生成的植物是可以反映现实植物的形态结构、具有真实感的三维植物个体或群体, 并能获得植物生理生态过程和形态结构的并行过程的共同结果。与传统的植物生长模拟模型相比, 虚拟植物模型具有更突出的优势。应用虚拟植物模型, 可以非常直观地对农田、森林等复杂的生态系统进行研究, 发现传统研究方法和技术手段难以观察到的规律; 利用虚拟植物(农作物)生长技术在虚拟农田环境系统中进行虚拟实验, 可部分替代在现实世界中难以进行或费时、费力、昂贵的实验, 缩短某些研究课题的实验周期或节省大量的实验费用。通过虚拟作物研究可获得作物生长过程中各参数的动态数据, 一改传统农业中难于量化研究的局面, 为精确农业提供依据。

1.2.4 生产制造过程模拟

制造业的发展对产品性能、规格、品种不断提出新的要求，产品的生命周期越来越短，新产品的开发时间是决定性因素。对生产制造过程的模拟可以模拟由产品设计、制造到装配的全过程，对设计与制造过程中可能出现的问题进行分析与预测，提出改进措施，实现产品从开发到制造整个过程的优化，达到降低产品生命周期、减小开发风险、提高经济效益的目的。

1.2.5 社会经济领域

社会经济领域涉及因素多、关系复杂，模拟的领域包括社会生态系统、经济运行系统、政策决策系统。

20世纪90年代以来，世界各国纷纷利用信息技术开展政策模拟系统的研究和建设。政策模拟已经成为发达国家辅助决策的重要工具，被广泛用于指导汇率变动、贸易谈判、就业分析和气候保护等有关国家经济安全的分析中。发展中国家如印度、南非等也对这一领域非常重视。甚至有学者认为，冷战时代保障国家安全的是核武器，在信息技术发展、世界经济一体化的新经济时代，国家宏观经济模拟系统的开发是保障国家经济安全的新的“核武器”。

1.2.6 商战模拟

商战模拟仿真系统起源于上世纪70年代中期的欧洲，随着计算机应用的普及而被欧美国家广泛用于企业培训及商科学生的实践性教育。商务模拟公司不仅模拟真实的企业，反映出真实世界背景中商业公司（企业）的运作情况，而且为参与模拟的学生（员工）提供了一个完整的仿真的学习环境。

商战模拟帮助学习者获得或加强以下技能：在模拟公司里称职地完成各项任务；作出决策并对决策作出评价；熟练使用现代商务设备与技术；与他人很好地工作、合作及交流；从事于解决问题的各个活动，明确商业活动顺序及商业运作规则等。

1.3 管理系统模拟的基本概念

1.3.1 系统的基本概念

1. 系统的定义

系统是普遍客观存在的，是由实体构成的集合。从自然界到人类社会存在着各种各样的系统，如宇宙中的无机系统，地球上的生态系统，社会生活中的经济系统、工业

系统、农业系统、文化教育系统等。举例来说,凡是生物体内由几种细胞、组织、器官所组成的能共同完成某种生理活动,具有某种生理功能的总体,均称为某生理系统,如呼吸系统、消化系统等;一个由弹头、弹体、发动机、制导系统,弹道测量和发射等部件组成的进攻性武器,称为弹道导弹系统;由计算机硬件、软件、操作人员等构成的人机系统,称为管理信息系统;由堤坝、水库与溢洪设施、水力发电厂、输变电装置等组成,能将水能转变为电能的总体,称为水力发电系统。上述这些系统的组成与功能虽然完全不同,但若抛开具体物质组成、运动形态和功能,从整体和部分间的关系与作用来看,则它们都是由若干个部分或要素以一定的结构相互联系而成的有机整体,并具有各组成部分本身所不具有的新的整体功能。

目前对系统的定义并不完全统一,但基本上可以归纳如下:系统是指由若干个可以相互区别、相互依存、相互联系与作用的要素(或部分)所组成,具有某种结构和特定预定目标的整体。系统的范围或规模是根据我们研究问题的需要而决定的。系统具有特定的结构,表现为一定的功能和行为。系统整体的功能和行为由构成系统的要素和系统的结构决定,而这些功能和行为又是系统的任何一部分都不具备的。简单来说,系统是由相互联系、相互作用的许多要素结合而成的具有特定功能的统一体。

实践上,系统的意义取决于客观的特定的研究。一项研究中的系统所包含的实体的集合可能仅仅是另一个系统的子集。例如,研究银行系统,如果只是需要确定能够为顾客提供足够服务的出纳员的个数,这个系统是由银行中出纳员和顾客组成;如果研究的是银行的整个业务,就要把自动取款机、银行管理者等也包括进去,则这个系统的定义将会明显扩大。与研究目标相对应,系统的状态需要在特定的时间收集必要的描述系统的变量。在银行系统的研究中,可能的状态变量是工作中的出纳员数量、银行里的顾客数量和每位顾客到达银行的时间。

2. 系统的分类

为了进一步了解不同性质系统的特点,常常按如下一些原则对系统进行分类,对于不同的系统应采用不同的模拟方法。

系统按状态是否变化可分为静态型系统和动态型系统。系统的状态可用系统内表示各种特性的参数或变量来描述。若系统中有一些参数或变量是随时间的变化而变化的,这样的系统可称为动态型系统;若系统中所有的参数或变量都不随时间的变化而变化,这样的系统就称为静态型系统。显然静态系统的问题容易解决,动态系统的问题会复杂一些,而且用于解决动态问题的模型往往也可以用来解决静态问题,因为动态模型中的时间变量设为常数后,此动态模型也就变成了静态模型。

对于动态型系统,按系统状态变化与时间的关系又可将其分为连续型系统和离散型系统。系统状态随时间连续变化的称为连续型系统。比如生态系统、热系统、电子与电路中的过渡过程、导弹运动过程,等等。飞机在空中飞行就是一个连续系统的例子,状态参数例如位置和速度可以随着时间连续变化。系统状态仅在某些时间点上发生变