

胡 斌 蒋国银 编著

管理系统集成模拟 原理与应用

Theory and Applications of Integrated Simulation
for Management Systems



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

胡 斌 蒋国银 编著

C931.6
47

管理系统集成模拟 原理与应用

Theory and Applications of Integrated Simulation
for Management Systems

GUANLI XITONG JICHENG MUONI YUANLI YU YINGYONG



高等教育出版社 · 北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书共分为四个部分。第一部分介绍管理系统模拟的四类基本模拟方法,即离散事件模拟、连续模拟、多 Agent 模拟和定性模拟,分析它们的本质特征、存在的问题、集成化模式及验证方法。第二部分介绍模拟方法之间的集成原理和应用。第三部分介绍模拟方法与其他方法(如优化算法、博弈论、实证研究)之间的集成原理和应用。第四部分介绍一个集成模拟系统及应用,该系统面向项目管理组织,集成了离散事件模拟、系统动力学和多 Agent 模拟,并由 C#.net 和 AnyLogic6.4 开发实现。最后总结管理系统模拟方法集成化的一般模式,包括串行、并行和嵌入式模式,并分析了集成化的趋势。

本书可作为高等学校的管理科学与工程、工商管理、系统科学与工程等专业学生的参考书,也可供相关领域学者和社会实践者阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

管理系统集成模拟原理与应用/胡斌,蒋国银编著. —北京:
高等教育出版社,2010.3

ISBN 978-7-04-029053-0

I. ①管… II. ①胡… ②蒋… III. ①管理信息系统—计
算机模拟—高等学校—教材 IV. ①C931.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 023400 号

策划编辑	刘 英	责任编辑	边晓娜	封面设计	王 睢
版式设计	余 杨	责任校对	金 辉	责任印制	毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 19.25
字 数 360 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 3 月第 1 版
印 次 2010 年 3 月第 1 次印刷
定 价 38.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29053-00

前 言

计算机模拟与高性能计算一起,已被人们认为是继理论研究和实验研究之后的第三种认识客观世界的方法。在学术领域,计算机模拟方法作为复杂管理系统的分析、设计和决策工具,早已在优化、决策类国际期刊上出现了大量研究。在应用领域,管理咨询公司为企业的新生产线、新投资方案、新营销方案等的决策,做一个模拟分析,在北美也不是什么新鲜的事情。相对来说,我国在各个方面都还处于起步甚至入门阶段,即基本处于高校教学研究阶段。即便如此,我国管理类专业开设了“管理系统模拟”课程的高校屈指可数,这相对于我国制造、服务、信息、教育等各行业与国际规则接轨、参与国际竞争等的做法来说,明显已经落后了一大步。

究其原因,这与中国特色的企业管理模式有关。西方企业管理的总体特征是标准化、规范化,而我国由于特有的经济体制与人文环境,企业管理中经验成分更多一些。于是,尽管在 20 世纪 80 年代末,《管理系统模拟》教材就在国内出现过,但里面的量化、规范化的东西不适合我国国情,这也是直到 21 世纪的今天,我国企业界对管理系统模拟方法没有迫切需求的根本原因。

为此,本书面向具有中国特色的企业管理模式,在传统管理系统模拟中考虑“人”这一复杂因素,研究集成化模拟理论与方法,即模拟方法不仅针对传统工业工程领域所考虑的“物”系统,而且要针对“人”系统。既然面向的是“人”与“物”混杂的管理系统,那么,采用的模拟方法必然是集成化的。

本书就是针对管理系统的集成模拟进行的系统研究,其应用不仅局限于企业管理,对于交通、社会、经济,甚至军事等领域,以及凡是涉及“人”与“物”混杂的系统,集成模拟方法都有用武之地,它具有普遍的应用意义。

本书共分四个部分。第一部分分析了有“人”存在的管理系统的复杂性特征,介绍了蒙特卡罗模拟方法和管理系统模拟的四类基本模拟方法,包括离散事件模拟、连续模拟、多 Agent 模拟和定性模拟,并分析四类模拟方法的本质特征、应用局限或存在的问题,以此归纳模拟方法集成化模式及验证方法。第二部分介绍四类基本模拟方法之间的集成原理以及应用示例,包括离散事件模拟与多 Agent 模拟的集成、定性模拟与离散事件模拟的集成、系统动力学模拟与定性模

拟的集成、蒙特卡罗模拟与多 Agent 模型的集成、定性模拟与多 Agent 模拟的集成。第三部分介绍四类基本模拟方法与其他方法之间的集成原理以及应用示例,包括定性化与离散事件模拟的集成、离散事件模拟与优化算法的集成、多 Agent 模拟与进化博弈论的集成、多 Agent 模拟与实证研究方法的集成、定性模拟与管理理论的集成。第四部分(即第 17 章)介绍集成模拟系统及应用实例,该系统面向建筑工程领域的项目管理组织,集成了离散事件模拟模型、系统动力学模型和多 Agent 模拟模型。离散事件模拟模型由 C#.net 开发实现,系统动力学模型和多 Agent 模拟模型由 AnyLogic6.4 开发实现。该部分分析了项目管理组织输入/输出、内部结构及运行流程等特征,介绍了三类模拟模型的建模原理、三类模拟模型之间的集成原理以及它们的开发方法,展示了系统的应用实例。最后总结了管理系统模拟方法集成化的一般模式,包括串行、并行和嵌入式模式,分析了集成化的趋势。

与国内同类型书籍比较,本书的独到之处为:

(1) 对象的特点。本书将管理系统视为有“人”参与的多领域系统,而传统的管理系统模拟,把管理系统中“人”视为“物”,不考虑人的心理和人的行为变化,如工业工程领域中的服务系统的离散事件模拟,描述人时,将人的到达、服务时间定量化为概率分布函数。本书考虑人的行为,如用定性模拟、多 Agent 模拟方法模拟人的行为演化,用系统动力学模拟组织文化的演化。

(2) 方法的特点。本书介绍的是集成化模拟方法,而传统的管理系统模拟类书籍,要么专门介绍离散事件模拟方法,要么专门介绍系统动力学方法,要么专门介绍多 Agent 模拟方法,有的书籍虽然对这些基本模拟方法都做了介绍,但是未涉及它们的集成化。

(3) 应用的特点。本书在介绍原理时,先引出其应用对象,再针对该应用对象的特点,设计集成模拟框架和集成原理细节,并展示其应用过程。本书的第四部分,介绍三种模拟方法的集成化模拟系统的原理、开发及应用。

本书受国家自然科学基金项目“基于集成模拟理论与方法的人群-工作互动机制研究”(No. 70671048)的资助。第 11,14 章由蒋国银完成,第 15 章由吴江博士完成,其余各章的撰写以及全书统稿都由胡斌完成,其中,钱任硕士、董升平博士、吴婷硕士分别为第 7,8,9 章做了编程开发与实验工作;张贞硕士、王有天博士和徐岩博士分别为第 10,12 章做了翻译工作;第 17 章的系统编程开发则由陈臣硕士和肖红威硕士完成。

在本书的撰写过程中,我们参阅并应用了许多学者的研究成果,如第 10 章来源于 Basu, Pryor 和 Quint 的论文“ASPEN: A microsimulation model of the economy”,第 12 章来源于 Ingalls 的博士论文 *Qualitative simulation graph methodology and implementation* 及 Ziegler 和 Chi 的论文 *Symbolic discrete event system specification*。

中国科技大学自动化系陈宗海教授也为本书的出版提供了鼎力支持。高等教育出版社刘英副编审和边晓娜编辑在本书的写作过程中做了很多细致的工作。在此,我们对所有帮助过我们的组织和人士致以衷心的感谢。

由于我们水平有限,不妥甚至有争议之处在所难免,为了我国管理领域计算机模拟事业的发展,恳请广大读者不吝赐教。

胡斌

2009年11月于华中科技大学喻园

目 录

第 一 部 分

第 1 章 绪论	3
1.1 管理系统	3
1.1.1 概念	3
1.1.2 特征	4
1.2 管理系统研究方法	6
1.2.1 解析方法	6
1.2.2 模拟方法	7
1.3 模拟工具介绍	10
1.3.1 Arena	10
1.3.2 AnyLogic	11
1.3.3 Matlab	12
参考文献	13
第 2 章 离散事件模拟	14
2.1 基本概念	14
2.1.1 术语	14
2.1.2 离散事件模拟流程	16
2.2 模拟时钟的推进	17
2.3 离散系统模拟的评价	18
2.4 离散事件模拟案例	19
2.4.1 采用 Matlab 开发的模拟模型	19
2.4.2 采用 Arena 开发的模拟模型	25
2.5 离散事件模拟模型的组成	28
参考文献	30
第 3 章 连续模拟	31
3.1 连续模拟基础	31
3.1.1 连续模拟的定义	31

3.1.2	连续模拟模型	32
3.1.3	连续模拟过程	33
3.2	系统动力学	35
3.2.1	基本原理	35
3.2.2	系统结构的建立	37
3.3	连续模拟示例	38
	参考文献	41
第4章	多 Agent 模拟	42
4.1	多 Agent 模拟原理	42
4.1.1	多 Agent 模拟的概念	42
4.1.2	多 Agent 模拟的建模	42
4.2	多 Agent 模拟示例	44
4.3	元胞自动机模拟	46
4.3.1	元胞自动机的定义	46
4.3.2	元胞自动机的组成	46
4.3.3	元胞自动机模拟示例	47
	参考文献	53
第5章	定性模拟	54
5.1	QSIM 方法	54
5.1.1	基本概念	54
5.1.2	定性模型	55
5.1.3	定性状态转换	56
5.1.4	QSIM 算法	58
5.2	U 型管水体行为的模拟	61
	参考文献	66
第6章	模拟方法的集成模式及验证方法	67
6.1	本质特征分析	67
6.1.1	离散事件模拟	67
6.1.2	系统动力学方法	69
6.1.3	多 Agent 模拟	70
6.1.4	定性模拟	73
6.2	集成模式	75
6.2.1	模拟方法之间的集成	75
6.2.2	模拟系统之间的集成	81
6.3	验证和确认方法	82

6.3.1 基本概念	83
6.3.2 定性确认方法	83
参考文献	85
第 二 部 分	
第 7 章 离散事件模拟与多 Agent 模拟的集成	91
7.1 研究对象及集成思路	91
7.2 模拟模型	92
7.2.1 基于 CA 的人群行为模拟模型	92
7.2.2 基于离散事件模拟的任务系统	93
7.3 人群-任务混合模拟方法	94
7.3.1 实际处理时间算法	94
7.3.2 人群-任务混合模拟流程	95
7.4 原型系统的开发与验证	95
7.4.1 系统开发	95
7.4.2 系统验证	97
7.5 小结	103
参考文献	103
第 8 章 定性模拟与离散事件模拟的集成	104
8.1 研究对象	104
8.2 集成原理	105
8.2.1 任务处理过程的离散事件模拟模型	105
8.2.2 管理者行为演化的定性模拟模型	106
8.2.3 基于 Arena 与 VB.net 的集成原理	109
8.3 PSMS-SMMPT 并行集成模拟系统	112
8.3.1 系统界面	112
8.3.2 系统验证与确认	114
8.4 小结	116
参考文献	117
第 9 章 系统动力学模拟与定性模拟的集成	118
9.1 研究对象及集成思路	118
9.2 集成模拟原理	119
9.2.1 代建组织绩效形成过程的系统动力学模拟	119
9.2.2 组织文化演化的定性模拟	121
9.2.3 集成原理	125
9.3 模拟系统及应用	126

9.3.1 系统开发	126
9.3.2 系统验证	128
9.3.3 进一步的实验与分析	129
9.4 小结	132
参考文献	132
附录 1 系统代码	132
第 10 章 蒙特卡罗模拟与多 Agent 模型的集成	134
10.1 研究对象及集成思路	134
10.2 ASPEN 模型	136
10.2.1 基本原理	136
10.2.2 初始化和参数	137
10.2.3 Agent 设计	137
10.3 模拟结果及分析	141
10.4 小结	144
参考文献	144
附录 2 初始化和参数设置	144
第 11 章 定性模拟与多 Agent 模拟的集成	150
11.1 研究对象及集成思路	150
11.2 概念模型	151
11.3 模拟模型	152
11.3.1 定性模拟	152
11.3.2 多 Agent 模拟	153
11.4 模拟系统	156
11.4.1 系统开发	156
11.4.2 系统确认及分析	157
11.5 小结	161
参考文献	161
第 三 部 分	
第 12 章 定性化离散事件模拟	165
12.1 区间化离散事件模拟	165
12.1.1 模拟模型	165
12.1.2 示例	167
12.1.3 模拟的执行	168
12.2 符号化离散事件模拟	174
12.2.1 传统离散事件模拟的集合表达	174

12.2.2	符号化的时间及其不确定性	174
12.3	小结	176
	参考文献	177
第 13 章	离散事件模拟与优化算法的集成	178
13.1	研究对象及集成思路	178
13.2	数学模型	179
13.3	备选制造单元设计方案和模拟评估	180
13.3.1	生成备选方案	180
13.3.2	评估备选方案的性能	181
13.3.3	基于 BP 神经网络的多目标评估	182
13.4	示例	183
13.4.1	求解成本最优的单元设计方案	185
13.4.2	搜索备选单元设计方案	185
13.4.3	评估备选方案的性能	186
13.4.4	选择最佳单元设计方案	189
13.5	小结	190
	参考文献	191
第 14 章	多 Agent 模拟与进化博弈论的集成	192
14.1	研究对象及集成思路	192
14.2	问题及假设	193
14.3	系统集成建模	195
14.3.1	多 Agent 模型	195
14.3.2	博弈规则	196
14.3.3	集成原理	197
14.4	模拟系统及模拟实验	198
14.4.1	模拟系统	198
14.4.2	模拟实验	199
14.5	小结	205
	参考文献	205
第 15 章	多 Agent 模拟与实证研究方法的集成	206
15.1	研究对象及集成思路	206
15.2	实证研究	207
15.2.1	建立概念模型	207
15.2.2	问卷与调研数据	209
15.2.3	求解结构方程模型	210

15.3	模拟模型	211
15.3.1	构建多 Agent 模型	212
15.3.2	模拟运行	213
15.4	模型确认	214
15.5	模拟研究	215
15.5.1	最终扩散率的统计分析	216
15.5.2	扩散过程以及组织行为的演化分析	217
15.5.3	初始信念的敏感性分析	220
15.5.4	组织结构的影响分析	221
15.6	小结	222
	参考文献	222
	附录 3	223
第 16 章	定性模拟与管理理论的集成	224
16.1	研究对象及集成思路	224
16.2	模拟方法	225
16.2.1	状态变量	225
16.2.2	定性关系	226
16.2.3	推理规则	227
16.3	状态转换的过滤	227
16.3.1	心理安全均衡及其归顺博弈原理	228
16.3.2	心理安全均衡的表述和衡量	228
16.3.3	过滤原理	229
16.4	模拟步骤	229
16.5	应用示例	230
16.6	小结	233
	参考文献	233
第 四 部 分		
第 17 章	项目管理组织运作的集成模拟系统	237
17.1	研究对象	237
17.2	研究方法	239
17.2.1	集成模拟系统的本质特征	239
17.2.2	集成化实现的关键问题	240
17.2.3	时钟同步和数据通信的解决方案	242
17.2.4	系统开发工具	243
17.3	离散事件模拟模型	243

17.3.1	系统的输入分析	243
17.3.2	类图的设计	244
17.3.3	顺序图的设计	244
17.3.4	数据库的设计	250
17.3.5	部分方法的设计	254
17.3.6	模拟输出	256
17.4	多 Agent 模拟模型	256
17.4.1	元胞状态	256
17.4.2	局部规则	257
17.4.3	阶梯函数	258
17.4.4	模拟输出	258
17.5	系统动力学模型	259
17.5.1	组织生命周期演变中的因果关系	259
17.5.2	系统中的因果回环	259
17.5.3	系统动力学模型	260
17.5.4	模拟输出	261
17.6	集成模拟系统	262
17.6.1	时钟同步和数据通信的实现	262
17.6.2	系统原型	266
17.6.3	系统确认	270
17.7	某高速公路代建公司运作的评价	275
17.7.1	代建公司基本情况	275
17.7.2	模拟结果	279
17.8	小结	283
	参考文献	284
第 18 章	总结与展望	285
18.1	总结:集成的一般模式	285
18.1.1	串行模式	285
18.1.2	并行模式	285
18.1.3	嵌入式模式	286
18.2	展望:集成化的趋势	287
18.2.1	“人”与“物”混合的趋势	287
18.2.2	管理系统模拟的集成化趋势	289

第一部分

.....

绪 论

1.1 管理系统

1.1.1 概念

管理系统是一个抽象的概念,具体涉及哪些内容,可根据研究的实际问题来划定,比如企业的一个部门、企业的一项业务流程、甚至企业内部的一群人等,从管理控制的角度来看,它们都可以称为管理系统。

对于一个管理系统来说,它与外部环境之间或其各组成部分之间总是存在着一定的关系,可以综合运用定性分析和定量分析的方法,建立一定的符号模型,正确表述这些关系,以反映系统的本质,探索其运行规律。

但是,由于其建模的难度,管理系统被公认为是一种典型的复杂系统,其复杂性有两层含义,即难解的(complicated)和复杂的(complex)。

(1) 难解系统

难解系统指那些能够被数学模型描述的系统,但是由于数学模型过于复杂,以致无法用常规方法解题,因此,称这些系统为难解系统,在一般科学技术领域,也称这一类系统为“复杂系统”。例如,拥有大量零部件的机动车、CD-player等,虽然这样的系统具有复杂的结构和精密的功能,但是毕竟可以用庞大的数学模型来描述和分析。

在管理领域,难解系统在企业的执行层比较常见,例如车间的生产作业计划编制、库存控制、物流管理等。

(2) 复杂系统

复杂系统指那些由具有非线性的、形成反馈回路关系的部件组成的系统,无法用数学模型描述,需采用其他符号化的相互作用的动态关系来描述。

在管理领域,复杂系统在企业的管理层、决策层系统中很常见,例如人力资源管理、组织行为管理、市场营销管理等,其中的管理系统面向的或处理的都是“人”。这种由人类组成的系统,是典型的复杂系统,因为人类的行为带有极大

的不确定性,例如,员工上午答应的事情,下午就可能变卦。

对任何系统而言,人类是系统复杂性、不确定性的根源,人类系统是真正意义的复杂系统,并且在管理领域大量存在。

1.1.2 特征

因为人的参与而造成的管理系统的复杂性特征,体现在如下几个方面:

(1) 动态性

动态性,即系统的状态甚至结构,随着时间的推移而发生变化。状态的变化是指组成系统的要素的状态值的变化,如管理系统的管理者的风格、性格等的变化、管理系统的组织文化的状态值的变化、或任务处理效率的变化;而结构的变化是指管理系统的组成要素的类型、数量、要素之间关系等的变化,如组织系统的岗位类型的变化、任务在不同岗位之间流转的流程会发生变化(即岗位关系发生变化)、到达管理系统的任务的类型也会发生变化等。

究其原因,一方面是因为管理系统的外部环境是不断变化的,且其内部组成中含有“人”这一要素;另一方面是因为当前组织的边界越来越模糊,很难说清楚影响管理系统的某个要素属于外部环境还是内部组成。

(2) 不确定性

不确定性有四种类型。一是随机性,即小样本条件下无法捕捉其规律,但样本量很大的条件下,可以通过统计的方法得到其概率分布规律。这种情形在管理系统的执行层普遍存在,如银行的顾客的到达间隔时间、生产车间的工件在机床上的加工时间等都服从概率分布。

二是模糊性,即对变量值的描述是非量化的,需采取模糊量词的形式描述,类似“很高”、“高”、“一般”等都是模糊性的表达,其规律服从模糊隶属度函数。这种情形在企业的各个层次都会大量出现,如对员工技能的评价、对管理者管理风格的描述等。

三是不完备性,即所把握的研究对象的信息不完整,既知道一部分又不知道一部分,无法获取关于对象的全面信息,对其描述可采用灰色系统理论的方法。这种情形在企业中也是很常见的,如企业的外部环境、内部环境、群体的行为特征等是无法全面描述的,这导致了环境变量、决策变量和状态变量之间的关系无法描述得详尽;又如企业领导往往都是在无法全面把握信息的条件下就要做出各种决策。

四是歧义性,即在人与人之间打交道时,由于人们知识背景、观念等的不同,在信息传播过程中,往往造成人们对信息理解的扭曲,致使歧义性的信息大量存在,这是非人为的情况;还有人为的情况,即有时人们会故意制造歧义性的信息。因此,在实际环境中,人们往往要在持有的信息是歧义性的条件下就要做出