

内 容 提 要

基于面向物理系统的定性模拟方法和面向社会科学或经济领域的“模拟类”建模方法,本书研究了人或人群行为演化的定性模拟原理,并将之应用于企业人力资源管理中的甄选过程、绩效管理、激励过程和组织管理的决策过程。全书共分6章。第1章绪论。第2章阐明物理系统的定性模拟方法。第3章研究企业内各种群体行为定性模拟,包括基于QSIM的方法、集成化方法、基于CA(Cellular Automata)的方法、基于波动-均衡的方法和基于博弈思想的方法。第4章论述企业甄选过程及管理的定性模拟,包括管理人员甄选过程的定性模拟、CIO甄选的定性模拟和营销人员选聘与管理的定性模拟。第5章论述企业绩效管理和激励过程的定性模拟。第6章论述企业组织管理的定性模拟,包括管理岗位职能变化过程定性模拟、员工离职行为定性模拟和企业组织演化半定性模拟。

本书可作为高等学校的管理科学与工程、企业管理、系统科学与工程、自动控制、人工智能、计算机科学与工程等专业的教科书或参考书,尤其是为学习“人力资源管理”课程的学生提供虚拟实验的方法;也可供相关领域的科学工作者和管理人员阅读和参考,为企业管理者提供一种决策支持工具。

作者简介

胡斌,男,1966年12月出生。1989年和1994年分别在武汉工业大学获工学学士和硕士学位,1999年在华中科技大学获管理学博士学位,留校任教。现任华中科技大学管理学院教授,现代化管理研究所所长,并任全国计算机模拟学会副秘书长,研究方向为管理系统模拟,2004年曾以访问学者身份赴加拿大Concordia大学从事工业工程领域计算机模拟应用的研究。多年来,负责和参加了多项纵向科研课题和与企业合作的横向项目,并承担主要工作。纵向课题包括多项国家自然科学基金、教育部博士基金、湖北省重点科技计划项目、湖北省自然科学基金项目;横向项目包括工业企业管理信息系统的总体规划、设计和单项系统开发、企业战略与管理策划等。

自2000年以来在国内外期刊上以第一作者身份发表学术论文20多篇,这些期刊包括:*International Journal of Technology and Management*、*Journal of Artificial Societies and Social Simulation*、*Advances in Systems Science and Applications*、《管理科学学报》、《系统工程理论与实践》、《中国管理科学》、《系统工程》、《工业工程与管理》、《系统仿真学报》等。

E-mail:bin_hu@mail.hust.edu.cn

前 言

计算机模拟作为 21 世纪的“目标技术”，早已得到西方发达国家的重视，在北美上千所设置了工程类和管理类专业的高校里，有 80% 以上的院系都开设了本科与研究生的计算机模拟课程。相对来说，我国在管理专业中设置了计算机模拟课程的高校屈指可数。这对于我国制造、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极不相称。本书的最终目的，是要推动计算机模拟在管理研究和应用领域中的普及。

传统计算机模拟是基于概率论与数理统计的，无论是离散型模拟还是连续型模拟，实现模拟的前提，是被模拟的对象能够用数学或逻辑的方法描述清楚。但是，由于现实世界中存在大量有如下特征的复杂系统：要么人们对其环境或输入的认识是不确定的、不完备的、甚至歧义的；要么其内部要素之间的作用机理与其表现出来的整体特性似乎完全无关联。总而言之，这些复杂系统的运行机理无法用数学或逻辑的方法描述清楚。而另一方面，有时人们要认识、解释、控制或管理这些系统时，不用完全掌握这些系统的细节之处，也能很好地达到目的。这就是 20 世纪 80 年代一系列“定性模拟”理论和方法问世的原因。于是，计算机模拟就有了定量模拟和定性模拟之分，显然，传统计算机模拟属于定量模拟。

而与自然科学领域不同，管理领域研究的对象带有更大的复杂性和不确定性，因此，所使用的计算机模拟方法和技术应该更多样化一些，甚至会背离已有的定量模拟和定性模拟的思想。为了建立一套我国自主创新的管理领域定性模拟理论体系，近 4 年来，我们为此作了不懈的努力。我带领众多博、硕士研究生们，受国家自然科学基金项目“网络环境下企业人力资源管理的定性模拟原理与技术”（No. 70271029）的资助，探索了人群行为定性模拟及其应用的各种方法，在国际、国内期刊上发表了近 50 篇学术论文，本书凝聚了我本人对这些研究的归纳、总结和体会。

在撰写本书的过程中，我参阅并应用了许多学者的研究成果；还和美国得克萨斯州立大学计算机系的 B Kuipers 博士通过 Email 做过多次交流。美国印第安纳州立大学工学院系统建模与仿真中心主任周明博士，在计算机模拟与人工智能相结合的研究进展上，经常给我提供信息；加拿大 Concordia 大学工学院机械与工业工程系的副主席陈明远博士，在 Concordia 大学给我提供了为期一年的交流与研究场所，使我在计算机模拟和非数值优化技术集成的研究上，以及英文论文写作技能上收获很大；另外，博、硕士研究生夏功成、董升平、黎琦、聂辉、王宇宁、刘凤霞、邵祖峰、

章德宾、殷芳芳也对本书的撰写提供了帮助。华中科技大学肖人彬教授详细审阅了全部书稿,提出了许多宝贵意见。华中科技大学出版社陈培斌主任、刘锦编辑及评估专家对本书的出版做了艰苦细致的编撰工作。

在此,我对国家自然科学基金委、华中科技大学出版社以及国内外所有帮助过我的人士致以衷心的感谢。

由于水平有限,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

2006 年元月于华工喻园

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 概念	(1)
1.1.1 系统研究的方法	(1)
1.1.2 复杂系统	(2)
1.1.3 计算机模拟的本质及分类	(5)
1.2 研究定性模拟的原因	(6)
1.3 国内外定性模拟研究概况	(7)
1.4 研究思路及已有成果	(10)
1.5 本书的研究内容	(13)
第 2 章 定性模拟的基本理论与方法	(15)
2.1 基于流的定性物理理论	(15)
2.1.1 系统结构	(16)
2.1.2 流	(16)
2.1.3 定性变量及运算	(16)
2.1.4 行为预测	(17)
2.1.5 行为解释	(19)
2.1.6 在人力资源管理中的应用	(20)
2.2 定性过程理论	(24)
2.2.1 对象和量	(24)
2.2.2 过程	(27)
2.2.3 基本推理过程	(29)
2.2.4 在企业管理人员培训中的应用	(30)
2.3 定性微分方程理论	(37)
2.3.1 基本概念	(37)
2.3.2 定性模型	(38)
2.3.3 定性状态转换	(39)
2.3.4 QSIM 算法	(41)
2.3.5 在领导-群体互动研究中的应用	(44)
2.4 因果推理理论	(52)

2.4.1	蒸发器系统	(52)
2.4.2	因果序理论	(54)
2.4.3	因果关系图	(55)
2.4.4	在社会群体系统中的应用	(56)
2.5	元胞自动机理论	(59)
2.5.1	标准元胞自动机	(59)
2.5.2	在股市投资者行为分析中的应用	(60)
第3章	群体行为定性模拟	(63)
3.1	基于QSIM的群体行为定性模拟	(63)
3.1.1	群体行为的特征	(63)
3.1.2	人群工作行为的改进QSIM方法	(64)
3.1.3	示例	(73)
3.1.4	讨论	(76)
3.2	集成QSIM和因果推理的群体行为定性模拟	(77)
3.2.1	描述方法	(78)
3.2.2	定性模拟方法	(82)
3.2.3	确认	(87)
3.2.4	应用	(92)
3.2.5	讨论	(94)
3.3	集成QSIM、因果推理和BP神经网络的方法	(95)
3.3.1	定性模拟方法	(95)
3.3.2	模拟算法步骤	(101)
3.3.3	示例	(101)
3.4	基于CA的非正式组织群体行为定性模拟	(103)
3.4.1	非正式群体的概念	(103)
3.4.2	描述方法	(104)
3.4.3	模拟方法	(105)
3.4.4	确认	(109)
3.4.5	应用	(119)
3.4.6	讨论	(121)
3.5	基于元胞自动机间距识别的员工行为模拟	(123)
3.5.1	员工与组织之间的关系	(123)
3.5.2	基于间距识别的员工行为CA模型	(124)
3.5.3	CA模型的模拟	(128)

3.5.4	确认和应用	(130)
3.5.5	讨论	(138)
3.6	基于波动-均衡的员工工作行为定性模拟	(139)
3.6.1	员工工作行为的波动-均衡规律	(139)
3.6.2	知识描述方法	(140)
3.6.3	定性模拟方法	(146)
3.6.4	确认	(149)
3.6.5	应用	(156)
3.6.6	讨论	(161)
	附录 A	(162)
	附录 B	(163)
3.7	团队绩效与合作博弈的半定性模拟	(164)
3.7.1	团队合作博弈的模型构建	(165)
3.7.2	博弈过程的半定性模拟	(169)
3.8	个体-群体博弈的定性模拟	(172)
3.8.1	博弈论与纳什均衡	(172)
3.8.2	个体与群体的博弈关系	(172)
3.8.3	定性模拟模型	(174)
3.8.4	定性模拟及学习算法	(179)
第 4 章	企业管理人员甄选过程定性模拟	(185)
4.1	基于心理满意均衡的定性模拟	(185)
4.1.1	状态变量	(186)
4.1.2	定性关系	(187)
4.1.3	推理规则	(187)
4.1.4	状态转换的过滤	(188)
4.1.5	模拟步骤	(189)
4.1.6	应用示例	(189)
4.2	基于综合集成的定性模拟	(191)
4.2.1	心理偏离作用模型	(192)
4.2.2	知识描述	(192)
4.2.3	作用关系规则与定性值转换规则	(193)
4.2.4	评价函数	(194)
4.2.5	博弈过程、均衡解及博弈阶段	(194)
4.2.6	模型确认及结论	(196)

4.3	基于管理自我效能感的定性模拟	(197)
4.3.1	管理自我效能感变化因果模型	(198)
4.3.2	知识描述	(200)
4.3.3	约束规则	(203)
4.3.4	专家规则	(204)
4.3.5	算法步骤	(208)
4.3.6	模型确认及结论	(208)
4.4	CIO-企业匹配定性模拟分析	(213)
4.4.1	CIO-企业匹配原理	(213)
4.4.2	CIO-企业匹配定性模拟模型设计	(213)
4.4.3	CIO-企业匹配定性模拟规则设计	(215)
4.4.4	模拟结果及其分析	(216)
第5章	企业绩效、激励管理定性模拟	(219)
5.1	研发团队绩效转换过程的定性模拟	(219)
5.1.1	团队绩效的影响因素分析	(219)
5.1.2	团队绩效影响因素作用模型的建立	(223)
5.1.3	定性推理方法	(225)
5.1.4	在研发团队绩效分析中的应用	(226)
5.2	软件企业项目研发团队绩效定性模拟	(228)
5.2.1	项目研发团队的绩效影响模型	(228)
5.2.2	基于过程知识库的定性模拟方法	(230)
5.2.3	模拟步骤	(232)
5.2.4	项目研发团队绩效定性模拟模型	(232)
5.2.5	模拟与模拟结果分析	(234)
5.3	管理人员群体行为与绩效反馈定性模拟	(237)
5.3.1	管理人员群体行为模型	(237)
5.3.2	过程性管理群体行为定性模拟模型	(240)
5.3.3	模拟与模拟结果分析	(242)
5.4	企业员工过程激励的定性模拟	(243)
5.4.1	状态变量及其表述	(243)
5.4.2	定性关系及其表述	(244)
5.4.3	定性模拟规则	(245)
5.4.4	状态转换的过滤	(247)
5.4.5	模拟步骤	(249)

5.4.6	系统原型及应用示例	(249)
5.5	营销人员激励的定性模拟	(252)
5.5.1	用能的观点看待企业的营销人员激励	(252)
5.5.2	模型建立	(254)
5.5.3	结果分析	(256)
第6章	企业组织管理定性模拟	(259)
6.1	企业管理岗位职能变化过程定性模拟	(259)
6.1.1	企业管理岗位职能变化因素分析	(260)
6.1.2	变量及其因果关系的表达	(260)
6.1.3	状态变量的转换规则	(261)
6.1.4	状态转换的过滤	(263)
6.1.5	定性模拟步骤	(264)
6.1.6	模拟结果应用分析	(264)
6.1.7	模拟示例	(265)
6.1.8	讨论	(266)
6.2	企业员工离职行为的定性模拟	(267)
6.2.1	员工主动离职过程模型	(268)
6.2.2	模拟方法及步骤	(269)
6.2.3	变量名及取值	(269)
6.2.4	模拟规则	(270)
6.2.5	模拟步骤与流程图	(272)
6.2.6	确认	(273)
6.2.7	应用	(278)
附录		(282)
6.3	基于突变理论的企业组织演化半定性模拟	(287)
6.3.1	组织生命周期演化的突变理论	(288)
6.3.2	基于突变理论的组织演化半定性模拟模型	(289)
6.3.3	SQOD 模拟程序与实验分析	(292)
结束语		(295)
参考文献		(296)

第1章 绪 论

本章首先从系统的研究方法、分类入手,阐述计算机模拟的思路和分类,进而分析本书采用定性模拟方法的原因;然后,对国内外定性模拟的研究进行了综述,并介绍了作者对复杂管理系统定性模拟的已有研究;最后,指出了本书定性模拟方法的思路,给出本书的主要研究内容。

1.1 概 念

1.1.1 系统研究的方法

从图1.1.1中看到,用于分析系统的抽象模型可以分为两类:一类是解析模型,另一类是(计算机)仿真模型。那么,对于一个实际系统,如何来决定所采用的方法呢?这可以根据两种方法的基本特点来决定。

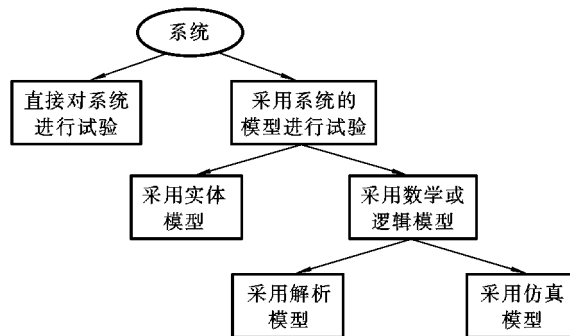


图 1.1.1 研究和分析系统的方法以及模型种类

1. 解析模型

解析模型就是确定的数学模型。在解析模型中,系统的行为表现(输出变量)是输入变量(包括模型参数)的确定函数,其结果是通过数学计算得到的完全确定的解。比如像下面的一元二次方程:

$$Y = aX^2 + bX + c$$

就是一个简单的数学模型,由于变量 X 与 Y 之间的数量(函数)关系已经确定,对于

任何设定的参数组合 (a, b, c) 来说, 只要给出自变量 X 的数值变化, 就可以完全确定因变量 Y 的数值变化。对于简单的系统来说, 采用解析模型可以求出精确的结果。然而, 对于现实中的大多数系统来说, 由于其复杂性, 确定变量之间的函数关系是非常困难甚至是不可能的事情, 除非加以大量的假设来简化问题, 但增加的假设越多, 模型的可信度和有效性也就越差。所以, 完全采用解析模型的方法一般仅局限于简单系统的分析研究。

2. 仿真模型

仿真模型就是对真实系统进行数值模拟的逻辑模型, 通常是一个由相关的程序和数据组成的计算机模型。通过对模拟过程中收集的数据进行统计分析, 来达到对系统表现行为评估的目的。由于仿真模型是通过对系统的结构与功能进行模拟表述, 并运用统计的方法来分析其行为变化, 并不直接依赖于系统中各变量之间的确定关系(或者说函数关系), 所以仿真模拟的方法适用于任何复杂程度的系统。事实上, 计算机仿真之所以成为一种在实际应用中流行的系统分析手段, 一个主要的原因就是它具有分析复杂系统的能力, 或者说, 在相对经济的条件下, 计算机仿真能够有效地分析复杂系统, 为解决复杂问题提供有力的决策支持。

但是, 复杂系统又有不同的情况, 在理解计算机模拟的本质和方法之前, 必须弄清复杂系统的概念。

1. 1. 2 复杂系统

复杂系统的英文解释有两种: complicated system 和 complex system。前者可翻译为“难解系统”, 后者才翻译为“复杂系统”。

(1) Complicated System

Complicated System 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, 以至于无法用常规方法求解, 因此, 这些系统被叫做难解系统, 这在复杂的排队系统中比较常见。科技领域的学者一般都把这一类系统叫做“复杂系统”。

例如, 一辆机动车、一部 CDplayer 等有大量的零部件, 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、数学的、静态的模型来描述和分析。

对于难解系统, 由于用来描述的数学模型过于庞大, 所以往往无法用数学解析方法来分析和优化它。于是, 定量模拟方法在这类问题上大有用武之地。

设某难解系统表示为: $Z = F(X, Y)$ 。其中, X 为系统的输入变量集, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, n 为输入变量的个数; Y 为系统的结构变量集, $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$, p 为结构变量的个数; Z 为系统的输出变量或行为评价变量, $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$, m 为输出变量的个数; F 为 X, Y 与 Z 之间的函数关系, $F = \{f_1, f_2, \dots, f_q\}$, q 为函数的

个数。

例如,某生产加工车间就是一种难解系统, X 为各工件到达车间的间隔时间, Y 为机床的加工时间, Z 为工件的完工时间或机床的负荷率。

设 X 中的变量 x_i 取值有两种情况:确定型和随机型。后者指服从概率分布函数,表示为 $x_i \sim S$,其中, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, $S \in \{\text{EXPO, NORM, TRIA, UNIF, ERLA, BETA, GAMM, JOHN, LOGN, POIS, WEIB, CONT, DISC}\}$ 。

Y 中变量 y_j 的取值,意味着系统结构变量的运行规律,同样有确定型和随机型两种情况,随机型也可表示为 $y_j \sim S$,其中, $j \in \{1, 2, \dots, p\}$ 。

由此可知,系统的输出变量或行为评价变量 $z_k (z_k \in Z)$ 也是随机变量, $k \in \{1, 2, \dots, m\}$,并且多半从 S 中找不到它的现成的规律,即不服从 S 。但是通过反复试验,得到大量的 z_k ,进行数理统计,可以对 z_k 进行点估计和区间估计。

(2) Complex System

Complex System是指那些由具有非线性和反馈回路关系的部件所组成的系统,无法用数学的、静态的模型描述,必须用复杂的相互作用的动态关系来描述。最典型的是由人类组成、或者处理的对象就是人类的系统,人类的行为带有极大的不确定性,例如,某个企业的员工,上午答应的事情,可能下午就会变卦。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。

对于复杂管理系统,可用下式表示:

$$Z = \Phi(E, D, X)$$

其中, E 为环境变量, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$; D 为决策变量, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_o\}$; X 为状态变量, $X = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}$; Z 为输出变量或行为评价变量, $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$; Φ 为 E, D, X 与 Z 之间的关系。以人力资源管理中的某特定群体绩效管理系统为例, E 指该群体所处的环境,包括外部环境和内部环境,前者包括群体所在企业所处的社会、市场等环境,后者包括企业内部的企业文化、员工道德规范等环境,这些对群体的行为是有影响的; D 可指管理措施、激励手段等,这对群体的绩效有直接的影响; X 为群体的结构和内容,包括组成群体的组或子群体、各组或子群体的员工素质、工作能力等; Z 为整个群体的工作绩效。

显然,与难解系统相比,这些变量都很难用定量值来衡量,是抽象的、模糊的、定性的,有时又无法获取其值,如企业外部环境总是处于动态变化之中,因此,这些变量的值还是信息不完全的,在这种情况下,也就无法用概率分布 S 来描述它们。

另外,关系 Φ 与 F 不同,不仅无法用数学模型描述清楚,而且因为变量的动态特征造成了 Φ 也是变化的。

更为复杂的是,变量 X 有时还具有突变性。如前所述,个体“人”的行为具有突

变性,群体“人”遇到环境变化时,总有个相互协商、集体拿定主意的过程,于是,群体“人”行为的突变性就不如个体“人”那么突然,而是呈平稳变化的过程,但这也不能说就完全不存在突变,比如,管理者对该群体进行了一番煽情的企业忠诚度培训,或发布了一项诱人的激励政策,就有可能使群体突然干劲冲天,行为发生突变,尽管持续的时间不一定长。如此更加深了 ϕ 的描述难度。

进一步分析可看出,上述问题都是因为复杂管理系统中有“人”的存在而造成的,除此之外,“人”还导致系统具备如下特点:具有学习能力和存在均衡回归现象。

人与物的本质区别之一就是人具有学习能力,这也是复杂管理系统与其他系统的区别之一。这首先体现在复杂管理系统的记忆功能上,对过去经历了的事情按信息分类进行储存,如当时的内外环境、管理者采取了哪些措施、人群有什么反映、经过了多长时间、系统达到了什么效果等;之后复杂管理系统又遇到新情况需要处理时,就把过去的信息调出来,与现在的信息一一比较,寻找和决定处理问题的办法。这也是基于范例知识库的思想。

复杂管理系统中普遍存在着均衡回归现象。比如,企业管理者制定的政策,肯定要同时考虑企业和员工(人群)的双方利益得失,而不会偏重一方,否则就摆不平,这样的政策就是一种均衡,这是从经济或社会利益的角度来衡量的均衡。新政策出台后,引起人群心态的波动,经过人群的自适应,即采取应对或自我调剂的措施,人群会从波动状态逐渐达到平稳状态,这个平稳状态也是一种均衡,是从人们心理满意的角度衡量的均衡。

总之,复杂管理系统包括如下的特征。

① 动态性。环境变量的动态变化,导致决策变量、状态变量的动态变化,因而又导致变量之间关系的动态变化。

② 突变性。状态变量受环境变量、决策变量动态变化的影响,其值有可能发生突变。

③ 不确定性。包括随机性和模糊性。随机性指环境发生变化后,企业从众多决策策略中选择哪一种,群体的反映如何都是随机的,当然,在存在大量样本的条件下可以统计出其规律。模糊性指对变量值的描述是非量化的,必须采取模糊量词的形式描述,如“很高”、“高”、“一般”等。

④ 不完备性。指描述变量时,无法获取有关变量的全面信息,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。此外,由于上述特征,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。

⑤ 学习性。对于各类变量变化的历史,系统都有记载,于是,对于环境变量的变化,决策变量如何应对,状态变量又会如何变化,都可以从历史记载中找到变化的规律,以指导将来的决策。

⑥ 均衡性。决策变量的变化是以均衡性为指导的,状态变量的变化是趋于均衡的。

虽然计算机模拟可以处理任何形式的复杂系统,但是,面向各异的复杂系统,计算机模拟方法的具体做法又会有所不同。到底什么是计算机模拟?计算机模拟有哪些不同的方法?这就涉及计算机模拟的本质及其分类问题。

1.1.3 计算机模拟的本质及分类

计算机模拟是利用计算机工具来研究复杂系统的一种方法,它是在无法了解系统的内部结构、甚至无法了解系统内部运行机制的情况下,通过做大量抽样试验,获取大量系统的输入输出数据、系统的状态变量数据,并在这些数据的基础上进行数理统计,来达到对系统各个时间阶段行为的评估的目的。这就是计算机模拟的本质。

因此,根据计算机模拟的本质,可以明确如下两个概念:

① 计算机模拟方法尤其适合于如上所述的两类复杂系统的研究,即一类系统可以建模,但无法解题,另一类系统甚至无法建模;

② 模拟不是“模仿”,从广义上或者通俗地讲,计算机模拟是模仿真实系统的行为变化,但从计算机模拟的思路来看,模拟是一种数值统计和分析的方法,丝毫没有“模仿”的意思。

从目前计算机模拟的发展来看,计算机模拟分为两大类:定量模拟(quantitative simulation)和定性模拟(qualitative simulation)。

定量模拟是基于概率论与数理统计的,其研究对象可以用数学模型描述,只是模型的输入、运行是服从概率分布规律的。定量模拟又分为两类:蒙特卡洛模拟(monte carlo simulation)和系统模拟(system simulation)。蒙特卡洛模拟不考虑时间序列,即没有模拟时钟的概念,是一次性地对系统模型做抽样试验,统计输出的特征值。系统模拟考虑时间序列,即随着模拟时钟的推移,考察系统变量的值在时间序列上的变化过程。系统模拟又分为三类:离散型模拟、连续型模拟和混合型模拟。这三类定量模拟的概念在一般计算机模拟类书籍上都有介绍,此处不再赘述。

相对于定量模拟而言,定性模拟的基础及其研究对象就复杂一些,为此,定性模拟又分为三个学派^[1]:朴素物理学派(naive physics system based)、模糊数学学派(fuzzy mathematics based)和归纳推理学派(inductive reasoning based)。它们都是面向物理系统的,主要是用来演绎、解释物理系统的行为。朴素物理学派的方法是定性模拟的主要方法,其中被普遍接受的是QSIM(qualitative simulation)算法。

我们所感兴趣的是:针对企业管理研究和应用领域的问题,应该采用什么样的计算机模拟方法和技术?

1.2 研究定性模拟的原因

众所周知,计算机模拟在企业管理领域已有应用,如前所述的难解问题,在企业生产作业计划的制订和调整中大量存在,定量模拟是解决该问题的众多优化或辅助决策工具中的一种。

但是这些计算机模拟的应用,对于企业管理来说,都局限于企业的操作层,如生产作业管理、库存管理、物流管理等。而在企业跟人打交道较多的中上层管理系统中,由于人或环境的不确定性、信息的不完备性,定量模拟方法很难应用,尤其是在完全与人或人群打交道的人力资源管理中,以定量模拟为辅助决策工具,几乎是不可能的^[2]。

因为,人力资源管理是受多种复杂因素影响的,尤其是其所处的环境和所处理的对象(人)。当今,企业处于激烈竞争的市场中,其人力资源管理的外部 and 内部环境都有共同的特点,即环境变化的动态性、所依据信息的来源以及信息本身的不确定性和不完备性;同时,如前所述,人的个体的动机和行为具有突变性,且人在群体层次上的行为又表现出流变性和复杂性。这些都增加了企业决策者进行各种人力资源策略选择时的难度。体现在经理们很难获得精确的数字信息,所获得的信息多数情况下也是模糊的、不完整的和定性的。因此,实际中的许多决策并不是以精确的定量信息为基础,而是以定性信息或经验为基础。

比较典型的例子是高级管理人员的招聘过程。在企业招聘高级管理人员时,应聘者所具备的学识、能力、性格、气质、作风等组合条件,是无法用定量的方法来描述的,雇主也难以根据以上信息对应聘者进行量化的精确评估,而要靠企业决策者或招聘评估专家凭经验给出定性的、抽象的评价。员工的激励过程也是如此。对员工的态度和表现的评估,如群体凝聚力、企业忠诚度等,决策者也无法获得精确的数字信息,即使有数据,如给员工打的精确分值,也不如定性评价所包含的信息多。

于是,为了将计算机模拟方法用于这些定性过程的研究,我们就转而求助于定性模拟方法了。

在物理系统的定性模拟中,一般用两个因素表示定性值:“水平”和“变化方向”。水平分为“高”、“中”和“低”三个层次;变化方向包括“减少”、“不变”和“增加”(分别用“-”、“0”和“+”表示)三种。这样的表述方法在管理领域比精确的数字所包含的信息更为有用,例如,对组织的忠诚度可以用“高”和“+”表示,表明组织忠诚度很高而且在继续增加。

基于这种表述,定性模拟的做法,是在企业决策者已有多个策略选择的可选方案的情况下,对每个方案做虚拟实验,对应实验结果最好的方案,就是决策者所要

选择的方案。

因此,对于应聘者,假设被选中后,他处于某种特定的人群环境和竞争激烈的市场环境中,在实际岗位上工作一段时间,模拟他给企业这一群人的行为所造成的影响,以此来决定是否选择该应聘者。对于激励,管理者事先设计几种可用于激励员工的方案,以此为输入,模拟员工行为的变化过程,通过比较每个方案的模拟结果来选择最佳激励方案。

当前,随着计算机网络的普及、企业信息化建设的日益成熟和完善,企业管理的辅助决策方法和系统将逐步成为下一步研究和开发的热点。在企业复杂的中上层的辅助决策中,擅长处理不确定性、不完备性信息的定性模拟,无疑将是一个很有潜力的工具。定性模拟作为一个新兴“模拟”类方法,在自然科学和社会科学领域已有研究和应用的基础。

另一方面,我国高校管理类学生上“软性”课程如人力资源管理,缺少理工科学生那样的在实验室做试验的环节,本书通过介绍计算机模拟原理和方法,力图解决管理类学生做虚拟实验的问题。

这些都是我们选择定性模拟作为研究方法的原因和目的。

1.3 国内外定性模拟研究概况

在对系统及其行为进行分析、优化和决策过程中,基于概率论与数理统计理论的定量模拟是一种越来越看好的辅助工具,在各种科学技术类学科中得到了广泛研究和应用。

但是,由于在科学技术领域,存在着大量信息定性化、信息不完备,甚至信息歧异等现象的系统,所以,纯定量模拟也不是万能的。为此,在1984年、1986年,面向物理系统的一系列定性模拟方法问世^[3,4,5,6],其中,朴素物理学学派的QSIM方法和因果推理法(causal reasoning)已被广泛接受,为定性建模和定性模拟奠定了很好的研究与应用基础。

基于QSIM算法,又有很多改进的定性模拟方法问世,如Q2模拟器、Q3模拟器、模糊定性模拟、并行QSIM模拟、定量与定性混合模拟等,随后对QSIM的研究和应用一直没有中断。但是,这些定性模拟方法主要是面向航天器系统和物理系统的。

Kljajic等把模拟技术用于企业决策过程中,但所使用的是定量模拟技术,其关键技术是使用动画模拟帮助用户易于理解模拟结果^[7]。将定性模拟用于企业决策过程还未见报道。

Kulpa等人综合集成定量分析、定性分析和基于规则的专家系统技术,用于建

筑物框架结构的建模和模拟^[8]。Lunze 总结了动态系统动机与行为的定性模拟的主要思路与方法,解释了在这个领域应用比较成功的自控制理论^[9]。Bellazzi 等人将定性建模技术与模糊逻辑系统集成起来,根据病人的诊断数据开发了一个系统,用于预测病人将来可能的病情^[10]。

Shen 用模糊集成思想将 QSIM 的量空间划分成有限的区间,用模糊隶属函数描述系统的状态变量^[11]。Guerrin 将 QSIM 方法用于生物领域知识的描述和鲑鱼产卵行为的模拟^[12]。Cem Say 深入研究了 QSIM 原理,从理论上证明采用 QSIM 方法所得模拟结果的不完备性^[13]。由此看来,应用 QSIM 方法时,根据不同的模拟对象,QSIM 方法需要改进,甚至集成其他各种方法。

朴素物理学派中的定性因果推理法源于 Simon 于 1950 年提出的因果序 (causality ordering) 理论,随后, Iwasaki 和 Simon 用该方法分析了物理系统的行为^[6],并且 Iwasaki 改进了该方法,用于处理静态和动态行为混合存在系统^[14]。Salvaneschi^[15]等人将定量信息集成到定性因果关系方法中,对物理系统进行建模、模拟和解释物理系统的行为。

因果推理方法在经济领域也有研究和应用。Lin 和 Farley^[16]以及 Berndsen^[17]都将因果推理方法用于经济系统,即用因果关系图充当经济系统的模型,以解释经济系统的行为。

Berndsen 和 Daniels^[18]还研究了描述地区财经系统的因果关系图的画法,并在传统的因果关系图弧线符号 $\{-, 0, +\}$ 的基础上,增加了很多约束符号,如 *derive*, *sc*, *exo* 等,这些约束是受 QSIM 的启发而设计的。

因果推理理论由 Pearl 做了全面、系统的研究^[19]。但是,到目前为止,因果推理法主要是作为一种分析工具而不是模拟工具。无论是针对物理系统,还是财经系统,因果关系图法都只起到对系统行为进行解释的作用,离辅助决策功能尚远。不过,它为我们实现复杂人群系统模拟,起到了很好的借鉴作用,只是复杂人群系统与朴素物理系统或地区财经系统相比,有着本质的不同。

在社会科学领域,有一种描述人的行为的方法,即元胞自动机 (cellular automata, 简称 CA)。

管理系统一般是由人群而不是个体人构成的,而 CA 的内在特征或许就适合于处理人群行为。

19 世纪末, John von Neumann 和 Stanislaw Ulam 介绍了 CA^[20],从那以后,基于 CA 的方法被广泛地应用:从晶体成长、土壤腐蚀、传播以及流体动力学,到星球碰撞的建模^[21]。最初 CA 主要应用于自然科学领域。

在交通管理中,CA 是一个较好的模拟工具^[22, 23, 24],高速公路可用栅格板 (lattice) 上的元胞来表示,车辆从一个元胞移动到其邻近的一个元胞。有许多因素