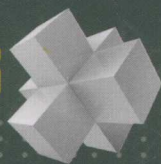


供应链管理的 动态建模:

关于前端、后端和整合问题

Dynamic Modelling for Supply Chain Management:
Dealing with Front-end, Back-end and Integration Issues

(西) Adolfo Crespo Márquez 编著
郎为民 陈 虎 王大鹏 王 昊 陆雪娟 等译



014011503

F252
570

供应链管理的动态建模： 关于前端、后端和整合问题

(西) Adolfo Crespo Márquez 编著

郎为民 陈 虎 王大鹏 王 昊 陆雪娟 等译



F252
570



机械工业出版社

本书围绕当前供应链管理领域中的热点问题,比较全面和系统地介绍了供应链管理动态建模技术原理和应用实践的最新成果。全书共分为5个部分、17章。第1部分介绍了供应链动态建模的基础知识,包括动态仿真的定义、当前供应链管理存在的问题、供应链管理仿真和分析模型;第2部分研究了供应链管理前端建模问题,包括客户的购买决定、整合策略对财务的影响、高科技业务成长、高科技业务增长建模;第3部分剖析了供应链管理后端建模问题,包括与供应商管理有关的后端问题、与供应商的合同组合建模、制造业后端建模问题;第4部分提出了供应链管理中的整合问题建模方法,包括不同的供应链整合模型、基于整合策略的财务影响建模、虚拟供应链中制造控制技术应用探讨、供应链管理的能力制约因素分析、组织中的多样性整合建模;第5部分探讨了动态建模项目的实施流程,包括供应链管理的动态仿真项目介绍、获取项目建模知识。本书内容新颖翔实,知识系统全面,行文通俗易懂,兼备知识性、系统性、可读性、实用性和指导性。

本书可作为高等院校物流专业、电子商务专业以及相关专业的教学参考书,也可作为从事物流与供应链管理、电子商务工作者的阅读参考书。

Translation from English language edition: Dynamic Modelling for Supply Chain Management by Adolfo Crespo Márquez.

Copyright © 2010, Springer London.

Springer London is a part of Springer Science + Business Media.

All Rights Reserved.

本书中文简体字版由 Springer 授权机械工业出版社独家出版。版权所有,侵权必究。

本书版权登记号:图字 01-2012-4650 号。

图书在版编目(CIP)数据

供应链管理的动态建模:关于前端、后端和整合问题/(西)马奎兹(Adolfo, C. M.)编著;郎为民等译. —北京:机械工业出版社, 2013. 12
书名原文: Dynamic Modelling for Supply Chain Management
ISBN 978-7-111-44611-8

I. ①供… II. ①马…②郎… III. ①供应链管理—系统建模
IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 257350 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:张俊红 责任编辑:赵 任 版式设计:常天培
责任校对:张 征 封面设计:路恩中 责任印制:李 洋
三河市国英印刷有限公司印刷
2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
169mm×239mm·14 印张·300 千字
0001—3000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-44611-8
定价:69.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

译者序

目前,供应链与物流管理在我国得到了快速的发展,很多领域的企业间竞争已经演变为企业间供应链的竞争。但总体来说,我国企业的供应链建设和管理与世界领先企业还有很大差距,很多企业并没有从供应链系统的角度来考虑经营问题,缺乏综合物流管理的能力。因此,学习和借鉴先进的物流与供应链管理知识及技术,对我国企业自身竞争力和国家经济水平的提高都有重要意义。

在这种背景下,为促进我国供应链管理动态建模技术的发展和演进,在国家自然科学基金项目“节能无线认知传感器网络协同频谱感知安全研究”(编号:61100240)和国防信息学院预先研究项目资金的支持下,结合多年来在供应链管理领域的研究成果和经验,笔者特翻译此外文图书,以期抛砖引玉,为我国供应链理论的发展尽一份微薄之力。

本书对供应链管理动态建模技术进行了详细介绍,共分为5个部分17章。本书首先介绍了动态仿真的定义,分析了当前供应链管理面临的主要问题,提出了供应链管理仿真和分析模型;研究了客户的购买决定,描述了整合策略对财务的影响,说明了高科技业务规划流程,建立了高科技业务增长模型;列举了与供应商管理有关的后端问题,阐明了与供应商的合同组合建模方法,涉及制造业后端建模问题;剖析了不同的供应链整合模式,强调基于整合策略的财务影响建模,探讨了虚拟供应链中制造控制技术的应用,给出了供应链管理的产能制约因素,构建了组织中的多样性整合模型;展示了供应链管理的动态仿真项目流程,给出了获取项目建模知识的方法。

本书由国防信息学院的郎为民、陈虎、王大鹏、王昊和二炮指挥学院的陆雪娟翻译,国防信息学院的陈凯、刘建国、苏泽友、刘勇、张国峰、陈红、夏白桦、毛炳文、刘素清、邹祥福、陈于平、瞿连政、徐延军、张锋军参与了本书部分章节的翻译工作,李海燕、胡喜飞、余亮琴、张丽红绘制了本书的全部图表。王逢东、靳焰、丁锐、崔洪峰、高泳洪对本书的初稿进行了审校,并更正了不少错误,在此一并向他们表示衷心的感谢。同时,本书是译者在尽量忠实于原书的基础上翻译而成的,书中的意见和观点并不代表译者本人及所在单位的意见和观点。

机械工业出版社的张俊红老师作为本书的策划编辑,为本书的出版付出了辛勤的劳动,机械工业出版社对本书的出版给予了大力支持,在此一并表示感谢。

由于译者水平有限,翻译时间仓促,因而本书翻译中的错漏之处在所难免,恳请各位专家和读者不吝指出。

谨以此书献给所有关心、支持和帮助过我的人们!

推 荐 序

供应链运用并不是新概念。例如，古埃及人在建造金字塔时就开发出了相当复杂的供应链。从公元前 550 年到 330 年，波斯是当时最大的帝国，其成功在很大程度上要归功于其设计的供应链。在罗马帝国的发展中，供应链至少起着同样重要的作用。纵观历史，任何战役及战争的得失都取决于供应链管理的运用。

今天，供应链及其管理或许更加重要。企业及国家的经济增长和繁荣的前景，在很大程度上取决于其供应链的设计和监督。尽管如此，现有大多数供应链还仅仅处在“自生自长，放任自流”的发展状态。

在我的职业生涯中，围绕着某高技术公司的供应链和业务流程的遭遇，是一次令我非常沮丧的经历。该公司在产品的设计、减少产品缺陷和降低生产成本方面投入了大量的资源，但却很少关注供应链的结构和监督机制以及具体运作中的政策和流程。公司在这些方面的业务简单且随性发展。结果，随着客户逐渐增长的不满，公司的市场份额大幅下降。尽管生产的产品非常优秀，该公司仍然难逃快速衰败的命运。如今，该公司已不复存在。

20 世纪后期，人们致力于更好地理解供应链并完善其科学依据。供应链相关的文章、书籍和课程不断增多，近乎以指数的形式增长。然而不幸的是，很多提出的概念过于依赖供应链的原则、指导方针和口号，而不是提供一套全面且科学合理的方法。

作者编写了这本兼顾供应链实用性和科学性的书。书中采用一套方法，包含并明确考虑了现实世界的复杂性和多变性，取代了直观的、过于简单的静态供应链模型和有时有问题的（或者至少是不切实际的）原则。更重要的是，采用的这套方法满足了基本的科学要求，经得起反复验证。

作者还提出了另一种角度的供应链，其采用相对较新的“前端-后端”组织模型。该模型从传统的产品部门角度出发，前端包含部分组织并且其业务流程根据客户的类型划分，主要处理销售和市场营销；后端包含的单元负责处理研发和制造的方法与工序，根据产品或使用的技术类型，依次将这些组织起来。

尽管“前端-后端”模型的概念已经提出了 30 多年，但由于这类模型很难实现。故该模型仍然没有被接受。它要求公司必须按照某种方式组织出前端，其余部分组成后端，然后再将这两个结构成功地整合起来。

为了解决这些问题，本书作者在“前端-后端”模型中引入了一套系统化过程，即使用动态仿真模型，它可用于前端和后端两种结构并且能够分析这类模型。

对于供应链类的研究文献，本书具有非常宝贵的补充价值，无论是从业者还是分析师，都可以从本书中得到帮助。

James P. Ignizio 博士

资源管理研究所创始人兼首席执行官

原 书 序

在追求成为更加以客户为中心的、各种不同功能的组织和领域中，本书涉及了其中（可能）有关的很多问题。这些问题广泛存在于很多企业，从（单纯的）产品供应商到（全产业链的）“前端-后端”的综合企业。

- “前端”环节按照客户类型进行组织划分，负责处理销售和市场营销，这些环节能够为客户提供具体且完整的解决方案。

- “后端”环节负责研究、开发和生产制造。根据产品或技术类型，将这些环节组织起来，对外提供模块化的套件，组合这些套件即可构成解决方案。

“前端-后端”结构的实现难度是人所共知的。当前的问题是：以一种方式组成前端，以另一种方式组成后端，之后再以某种方式把这两个部分连接或者整合在一起。本书中提出的模型将帮助实现此过程。我们将会看到，通过使用适当的动态仿真模型，就能发现这些问题的解决方法。

这项工作主要集中在“前端-后端”型组织内部的高科技供应链和供应网上。正如读者可能已经猜到的，这些问题涉及管理科学的不同主题，如市场营销、经营、财务以及风险管理等。

在使用模型寻求解决方案的过程中，我们会遇到各种特殊的挑战。读者会发现在使用动态模型时，对跨学科方法的需求是多么的重要。这项工作分为5个主要部分：

- 第1部分：供应链动态建模介绍；
- 第2部分：供应链管理前端建模问题；
- 第3部分：供应链管理后端建模问题；
- 第4部分：供应链管理中的整合问题建模；
- 第5部分：动态建模项目。

每一部分都包含不同的内容，各部分介绍如下：

- 第1部分介绍建模方法，回顾了正确建立动态模型的主要理念和流程，同时也回顾了涉及动态建模和供应链管理主题的文献相关工作。

- 第2部分回顾并提出了一个动态建模方案，用于将客户价值连接到业务目标上。它是通过解释如何描述目标市场（即形式化描述那些非正式但又在人们心中根深蒂固的观念）来实现的，这些观念与驱使客户做出购买决定的因素有关。

- 第3部分讨论并介绍了不同类型的供应商合同的建模经验，以达到不同程度的安全性和灵活性。在具有不确定性的高科技企业中，领导者的注意力都集中在基于当前最佳投资组合管理实践的业务动态上。同时，本书该部分还涉及制造

问题以及其他通过该方法可以探讨的问题。

●第4部分回顾和讨论了在供应链整合中使用现有的虚拟工具的经营和财务效益。它说明动态建模如何有助于获得一个全面的供应链整合模型，在供应链整合中所采用的建模工作，可以用来分析各种整合程度的效益，以及评估虚拟协作工具使用顺序的重要性。同时，本书该部分还涉及文化多样性问题，以及其他通过动态建模可以探讨的问题。

●第5部分包括了各种经验和获得的知识，极其有助于动态建模项目的提出、启动、开发或是收尾工作。

书中正式提出的大部分模型，涵盖了涉及组织变革与改善的许多不同主题。无论读者使用哪种系统，都可以很容易地实现它们。

本书所有的模型都附带一个或多个不同的案例研究。每个案例都向读者介绍相应的主题和问题，然后试图揭示其原理，并以某种方式向读者显示企业需要采取的措施。

Adolfo Crespo Márquez

于西班牙 Charterhouse 岛

目 录

☞ 译者序

☞ 推荐序

☞ 原书序

第 1 部分 供应链动态建模介绍

☞ 第 1 章 动态仿真的定义 2

1.1 动态仿真介绍 2

1.1.1 系统、模型与仿真 2

1.2 动态仿真模型的时间处理 3

1.2.1 动态计算机仿真模型的
分类 3

1.2.2 离散时间模型中的差分
方程 3

1.2.3 连续时间模型中的微分
方程 4

1.2.4 计算机仿真模型时间
提前方法 4

1.2.5 可执行的时间表 4

1.3 确定性和随机仿真 5

1.4 动态建模方法和工具 5

1.4.1 系统动态学 5

1.4.2 系统动态建模工具 5

1.4.3 系统动态软件工具 7

1.5 模型验证与实用性 8

1.6 本书后续动态建模方法 9

参考文献 10

☞ 第 2 章 当前供应链管理存在的 问题 12

2.1 当前供应链管理存在的问题 12

2.2 供应链管理及相关问题 12

2.3 网络配置和竞争 13

2.4 通过信息通信技术实现信息
共享 14

2.5 开展协作规划活动 17

2.6 供应商管理：扩大采购的
作用 20

2.7 采用不同方法接近市场 21

参考文献 21

☞ 第 3 章 供应链管理仿真和分析 模型 24

3.1 供应链管理与动态仿真 24

3.2 供应链管理的连续时间仿真
模型 25

3.3 区分本书中的高科技供应链
动态模型 26

3.3.1 综述 26

3.3.2 前端动态建模 27

3.3.3 供应链管理的后端建模
问题 28

3.3.4 供应链管理中的建模整合
问题 29

参考文献 29

第 2 部分 供应链管理前端建模问题

第 4 章 客户的购买决定 32

- 4.1 选择潜在市场 32
- 4.2 市场细分的案例 32
- 4.3 案例研究：显示器购买过程 36
- 4.4 结束语 39
- 参考文献 39

第 5 章 整合策略对财务的影响 40

- 5.1 概述 40
- 5.2 价格是收入流的来源 40
 - 5.2.1 表征定价方案 40
 - 5.2.2 定价过程与框架 42
- 5.3 成本结构和价值链 43
- 5.4 案例研究：价值驱动的规划过程 46
- 参考文献 52

第 6 章 高科技业务成长 53

- 6.1 表征高科技业务规划流程 53
- 6.2 案例研究：高科技业务增长 54
 - 6.2.1 建模原因 54
 - 6.2.2 模糊营销与软营销 55
 - 6.2.3 深入理解业务流程 56
 - 6.2.4 业务流程模型需求 57
 - 6.2.5 引入市场情报小组 57
 - 6.2.6 模型验证与信任链维护 58
 - 6.2.7 案例研究小结 59

参考文献 60

第 7 章 高科技业务增长建模 61

- 7.1 模型概述 61
- 7.2 客户购买决定建模 62
- 7.3 客户产品感知建模 63
- 7.4 竞争建模、价值提供与感知 64
- 7.5 市场份额、收入、毛营运利润和净营运利润建模 65
- 7.6 盈利贡献增长建模 67
- 7.7 将动态仿真模型转化为决策支持系统 69
- 7.8 决策支持系统示例与案例研究 71
 - 7.8.1 引言 71
 - 7.8.2 从仿真模型到决策支持系统 73
- 7.9 对管理的影响 74
 - 7.9.1 响应以市场为导向的需求 74
 - 7.9.2 根据客户购买优先级进行细分 74
 - 7.9.3 关注业务规划的垂直维度 75
 - 7.9.4 以精确市场战略为牵引 75
- 7.10 结论和未来研究方向 75
- 参考文献 76

第 3 部分 供应链管理后端建模问题

第 8 章 与供应商管理有关的后端问题 80

- 8.1 供应商管理的合同结构 80

- 8.2 竞争采购战略：全球采购和多方采购 80
- 8.3 与供应商的合同关系类型 81
- 8.4 案例研究：惠普公司的采购

风险管理	81
8.4.1 采购的不确定性	82
8.4.2 采购不确定性管理面临的 技术挑战	83
8.4.3 不确定性测量的场景法	84
8.4.4 风险管理, 构建与供应商的 合同	85
8.4.5 采购风险管理业务流程	86
8.4.6 惠普公司实施采购风险 管理的效果	86
参考文献	87

第 9 章 与供应商的合同组合 建模	88
9.1 概述	88
9.2 瞬息万变的商业环境中供应商 合同的形式化描述	88
9.2.1 模型物料和信息流的变量和 参数符号	88
9.2.2 瞬息万变的商业环境中 供应商合同的描述	90
9.2.3 采购系统建模, 物料和 信息流	91
9.3 采购系统计费建模	95
9.4 与供应商的远期合同建模	97
9.5 与供应商的商品期权合同 建模	98
9.6 与供应商选择恰当的合同 组合	99
9.7 研究工作对管理的影响	104
9.8 本章结束语	105

参考文献	105
------------	-----

第 10 章 制造业后端建模 问题	106
10.1 制造问题建模介绍	106
10.2 半导体制造商案例研究	106
10.3 案例研究简介	107
10.4 用于处理项目管理 (PM) 调 度的 LP 模型的优点和缺点	109
10.5 用于处理项目管理 (PM) 晶 片厂调度的动态仿真	111
10.5.1 介绍和符号	111
10.5.2 建模工具的年龄	112
10.5.3 建模工具的可用性	112
10.5.4 维修历史记录建模	112
10.6 预防性维修策略建模	113
10.6.1 概述	113
10.6.2 基于年龄的维修策略	113
10.6.3 基于年龄和可用性的维修 策略	113
10.6.4 基于年龄和前台缓冲区的 维修策略	115
10.7 具体晶片生产流程方案	116
10.8 仿真结果	118
10.8.1 案例研究结果简介	118
10.8.2 场景 1 的结果	118
10.8.3 场景 2 的结果	119
10.8.4 仿真结果可信度	121
10.9 结束语	122
参考文献	122

第 4 部分 供应链管理中的整合问题建模

第 11 章 不同的供应链整合 模型	126
11.1 供应链整合机会	126
11.1.1 概述	126

11.1.2 Factory.com 案例研究	126
11.1.3 Factory.com 的 CME 平台 是如何工作的	127
11.1.4 FN (工厂网络) 架构	129
11.1.5 商业智能、配置调整和	

整合	130
11.1.6 与 Factory.com 的合作方案 和建模机会	130
11.2 供应链物料和信息流表征	132
11.2.1 物料和信息变量	132
11.2.2 供应链物料和信息流 表征	132
11.2.3 根据整合序列对信息流 进行建模	133
11.3 非整合供应链建模	134
11.4 部分整合 (PI) 供应链 (SC) 共享销售建模	134
11.5 使用共享库存信息对部分整合 (PI) 供应链 (SC) 进行 建模	134
11.6 整合 (销售和库存) 供应链 建模	135
11.7 整合序列影响的结果	135
11.8 结束语	138
参考文献	138

第 12 章 基于整合策略的财务 影响建模

12.1 案例研究介绍	139
12.1.1 概述	139
12.1.2 合同制造商的财务问题	139
12.1.3 定义新方案	140
12.2 物料、信息和财务流建模	142
12.2.1 供应链财务变量	142
12.2.2 对财务报表的思考	142
12.2.3 财务流建模	144
12.3 与财务约束条件整合	144
12.4 无财务约束条件结果	147
12.5 与所有节点财务约束条件的 整合	147
12.6 单节点处的财务约束条件	150
12.7 结束语	150
参考文献	151

第 13 章 虚拟供应链中制造控制 技术应用探讨

13.1 现代供应链中的虚拟制造，供应 链整合水平与推-拉制造方案 对比	152
13.2 用于供应链管理的混合推-拉 制造方案	152
13.3 CONWIP 驱动的虚拟供应链 实例	153
13.3.1 案例研究简介	153
13.3.2 CONWIP 供应链方法	153
13.3.3 生产系统中的 CONWIP 与 供应链中的 CONWIP	154
13.3.4 CONWIP 供应链与全整合 (FI) 供应链建模	157
13.3.5 CONWIP SC 等式	159
13.3.6 主要 CONWIP 供应链模型 变量的行为模式验证	162
13.3.7 供应链管理战略比较的 仿真研究	163
13.3.8 针对供应链管理战略比较 的案例研究结论	169
参考文献	170

第 14 章 供应链管理的能力制约 因素分析

14.1 问题简介	172
14.2 文献中的受限供应链建模	172
14.3 受限供应链建模	174
14.3.1 库存控制策略模型	174
14.3.2 模型符号	174
14.3.3 分布式模型	175
14.3.4 POS 分布式模型	177
14.3.5 集中式模型	177
14.4 性能指标、实验和讨论	177
14.4.1 供应链的性能指标	177
14.4.2 实验集：假设与参数 向量	178

14.4.3 数据分析	179
14.4.4 讨论	181
14.5 结束语	182
参考文献	183

第 15 章 组织中的多样性整合

建模	185
15.1 组织多样性的含义	185
15.2 扶持行动和平等机会战略	185

15.3 文化多样性的商业案例	186
15.4 案例研究：动态建模和文化多样性	187
15.4.1 建模努力的目标	187
15.4.2 建立仿真模型	189
15.4.3 模型仿真	192
15.4.4 结束语	194
参考文献	195

第 5 部分 动态建模项目

第 16 章 供应链管理的动态

仿真项目介绍	198
16.1 项目选择	198
16.2 单点解决方案	198
16.3 决策改进过程	198
16.4 基础设施解决方案	199
16.5 组织独立性	199
16.6 备选方案组合	200
16.7 案例研究：建模值命题	201

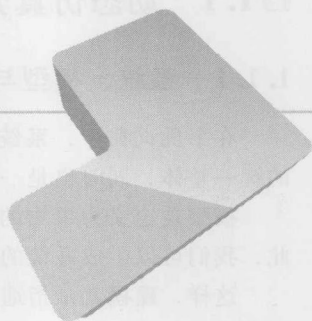
第 17 章 获取项目建模知识 ... 204

17.1 项目的技术封闭	204
17.2 案例研究：项目的技术封闭 ...	205
17.2.1 模型的目标与战略	205
17.2.2 档案、文件和文档	206
17.2.3 模型结构	206
17.2.4 模型用途	207
17.2.5 维护	208
17.2.6 技术学习	208
参考文献	208

附录 英文缩略语	209
----------------	-----

第1部分

供应链动态建模介绍



第 1 章 动态仿真的定义

1.1 动态仿真介绍



1.1.1 系统、模型与仿真

在韦氏词典中，系统被定义为一组相互独立且又相互联系的要素构成（充当）的统一整体，同时也是一种获取目标的过程。

模型被定义为事物的一种表示方法，是一种对复杂实体或进程的简化描述。因此，我们可以生成系统的模型。

这样，建模就是指通过对真实世界实体、过程或系统的抽象表达而生成模型的过程。

通常，对于讨论的产品或系统，一个模型一般只包含某一显著特征或方面，同一产品或系统的两个模型可能会有着明显的不同。这可能是由于模型的最终用户需要解决的问题不同所致，因为某一用户可能对项目的某个方面感兴趣，而其他用户则截然不同。因此，对于最终的用户而言，理解所要解决的问题、初始的目的以及模型的应用是至关重要的。

在本书中，我们将讨论数学模型，这些模型是抽象的、具有一定数学结构的，使用数学语言来描述系统的行为。数学模型通常通过一系列的变量以及变量之间的方程关系来描述一个系统，变量的取值可以是几乎任意实数、整数、布尔值和字符串等。这些变量描述系统的确定属性，例如，通常以信号、时序数据、计数器、事件的发生（是/否）等形式来测量系统的输出。实际模型是一系列描述不同变量之间关系的功能的集合。

在韦氏词典、大英百科全书及科技词典的目录中，数学模型大致分为以下几大类：

(1) **线性（非线性）** 数学模型通常由变量和运算符组成，其中运算符可以是代数运算符和函数等。如果一个模型中的所有运算符都是线性的，则它们组成的数学模型也就是线性模型；否则，这个模型就是非线性模型。

(2) **确定性（概率或随机）** 通过定义模型的参数和变量的预设值，确定性模型的每一个变量都是唯一确定的，因而对于一系列明确的初始值，确定性模型运行的结果都是一样的；相反，对于一个随机模型，它表现出随机性，变量没有被赋予为一个唯一的值，而是通过概率分布来确定。

(3) **动态（静态）** 动态模型引入了时间要素，而静态模型则没有。通过从传统数学符号到图表（本书中，我们将使用它们来表达几个动态数学模型）的改变，动

态数学模型描述了系统如何随着时间的变化而呈现出不同的状态。

(4) 其他类型

一旦我们用一个模型来描述一个给定的现实世界系统,就会尝试去仿真模型表达的系统来预测系统的动态行为(参见文献[13]中的免费在线计算词典)。

传统上,数学模型已经实现对系统的形式化建模以预测它的行为,在给定一系列参数和初始条件下,这些数学模型试图找到一种分析解决方法来实现对系统行为的预测。然而,对于许多系统而言,简单的闭合式的分析解决方法是不可取的,这也是计算机仿真模型出现的原因。对于那些分析解决方法不起作用的系统,常用计算机仿真辅助或替代,它会为模型生成一种代表性场景的采样,而在这些模型中,完全枚举所有可能的状态是被禁止的,同时也是不可能的。

在本书中,我们将看到计算机仿真建模是如何完美地适合于动态、交互且复杂的学习系统的。在20世纪50年代初,这种技术就已经在管理科学中得到应用,伴随着计算机科学的发展,这种方法也逐渐得到了发展^[1]。

需要考虑的一个重要方面是,“仿真需要模仿事物的内部流程,而不仅仅是对事情结果的模拟”。也就是说,一个仿真模型应抱着解决某一特定问题的目标,去设法获得系统结构,以预测其行为的各个方面。

1.2 动态仿真模型的时间处理

★

1.2.1 动态计算机仿真模型的分类

通常情况下,计算机仿真中使用的动态数学模型表现形式为微分方程(它通过函数来模拟某些关系,如数量上连续变化的变化率),或者表现形式为差分方程(它把序列中的某个项关联到序列中一个或多个其前面的项)。这样做有一个明确的理由,那就是关联到被建模系统的原始状态。一些工业系统或流程,像许多制炼厂的工艺,都是随着时间连续推进的,而像某些制造业的工艺,在时间上则是离散地进行的。但即使从连续过程收集的数据,也必定是在离散时间间隔内产生的,因此在这些数据的基础上进行的模型预测,需要假设时空是连续的,一般表达为微分方程的形式。相比之下,通常利用差分方程来对时间上离散的工艺或流程进行建模,这类方程重点考虑这些工艺或流程的不连续状态。

1.2.2 离散时间模型中的差分方程

差分方程常用于那些在离散时间点发生变化的系统,差分方程假设系统变量的特征值是当前和过去可能值的函数。例如,下面给定的一阶差分方程假设后阶段的输出数值是现阶段数值的函数:

$$x_{i+1} = f(x_i) \quad (1-1)$$

其中, $f(x_i)$ 可以是一个线性或非线性函数,为了使得方程有解,需要设定初始值 x_0 。一般的 k 阶差分方程可以表达为如下形式:

$$x_{i+k} = f(t, x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+k-1}) \quad (1-2)$$

显然，对一个 k 阶方程来说，我们需要 $k-1$ 个初始值 $x_0, x_1, \dots, x_{k-1}$ 来确定 x_k 的值。同样， $f(t, x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+k-1})$ 可能是一个线性或非线性函数。

1.2.3 连续时间模型中的微分方程

另一种对动态进行建模的方法是假设变化发生在连续的而不是离散的时间点上，这种用连续的时间来模拟差分方程就是微分方程，它可以表示为：

$$\frac{dx}{dt} = f(x, t) \quad (1-3)$$

其中， $f(x, t)$ 可以是线性或者非线性函数。

如同差分方程一样，微分方程组也可以用来指定几个相互作用的变量之间的行为。对于微分方程模拟的系统，有多种方法可用来得到解。导数是描述连续变化的数学形式，模型的微分方程提供了在任意特定时间点的导数值，最终计算器或者计算机就能把模型的状态向前推演。

相比于离散模型，连续模型虽然较难在计算机上实现，但它们的优势在于其更适合于代数操作。

1.2.4 计算机仿真模型时间提前方法

伴随计算机中仿真时间的提前，模型状态计算和状态值产生的整个过程被作为模型执行^[2]，模型执行的一个关键的设计元素是时间提前机制^[3]。最常见的时间提前机制有：

1) 时间步进。时间在固定的时间增量里提前，每提前一次，系统的状态更新（重新计算）一次。

2) 离散事件。使用事件的概念，来表示系统状态的不同部分在各自时间尺度上的发展变化。每个事件标志着仿真时间的某一特定时刻，在该时间内，系统相应地进行了更新。

3) 时间并行。在这种情况下，仿真时间被分为多段，每段独立运行。

1.2.5 可执行的时间表

模型的执行通常需要考虑三个不同的时间轴^[2]：

1) 物理时间。对现实世界中的时间进行了模拟。例如，假设以周为时间单位，可以表示成 2008 年的第 1~45 周。

2) 仿真时间。表示仿真所需要的物理时间，对应于物理系统进行仿真所需要的时间。例如，自 2008 年开始的数周。

3) 墙钟时间。利用时钟测量的仿真执行的实际运行时间。例如，在执行过程中的计算机时间的毫秒数。

1.3 确定性和随机仿真



这本书中提到的许多模型都包含随机要素。这样做的第一个含义，就是需要更加小心地处理模型结果^[4]。每个模型仿真（实验）的结果都被看做是样本，且这些样本取决于产生它们的随机数字流。不同的随机数将会把模型转化成不同的样本，相应地，仿真也就会产生不同的结果。为了保证结果的置信度，需要生成一系列确定的结果（样品）并采用适当的方法对它们进行分析。生成的结果数越大，就更能保证结果具有代表性。使用随机仿真的另一个重要特点是：当比较不同战略选项时，每种选择都应该使用相同的随机数来进行比较，这确保了各种解决方案的公平对比。第三个要点^[1]是需要对实验进行设计，且基于统计学方法的实验分析也要引起建模者重视。

1.4 动态建模方法和工具



1.4.1 系统动力学

系统动态学（文献 [12]，系统动态学协会的官方网页）是一门学习和管理诸如企业和其他社会组织等复杂反馈系统的学科。事实上，它已被用来解决几乎任意一种类型的反馈系统。虽然词汇系统中的反馈已被应用到各种情况，但本文所讨论的“反馈”还是有所区分的。“反馈”是指如果 X 能作用于 Y，则 Y 会反过来通过某一种因果机制来作用于 X 的情况。我们不能研究 X 和 Y 之间的联系，也不能研究 Y 和 X 之间的联系，更不能预测系统将如何表现，只有把系统看做一个整体反馈系统的研究才能产生正确的结果。

该方法的基础是对系统结构的认识，这种结构的各部分之间环环相扣、层层嵌套且有时候存在延迟。同时，整体的结构和独立的内部要素在决定系统行为方面具有同样重要的作用。有时，内部要素的属性并不能体现系统的整体属性，系统的整体功能也不能通过它的内部要素行为的组合来解释。

系统动态学方法的具体步骤如下：

- 1) 确认问题；
- 2) 形成一个动态假设来解释问题的原因；
- 3) 根据问题的本质来构建一个系统的计算机仿真模型；
- 4) 测试模型的性能，确保它是现实世界中系统行为的重现；
- 5) 设计和测试模型可供选择的策略，从而简化问题；
- 6) 执行该解决方案。

1.4.2 系统动态建模工具

为了实现上述系统动态学方法中的第二步和第三步，我们找到了一些非常实用的建模工具（如因果环路图以及线流图）。

1. 因果环路图（Causal Loop Diagram, CLD）