

Flexsim

物流系统建模与仿真 案例实训

马向国 余佳敏 任宇佳 著



非
外
借



化学工业出版社

Flexsim

物流系统建模与仿真 案例实训

马向国 余佳敏 任宇佳 著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

Flexsim 物流系统建模与仿真案例实训/马向国, 余佳敏, 任宇佳著. —北京: 化学工业出版社, 2018. 8
ISBN 978-7-122-32597-6

I. ①F… II. ①马… ②余… ③任… III. ①物流-系统仿真-应用软件 IV. ①F252-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 152314 号

责任编辑: 贾 娜

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 460 千字 2018 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 78.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

现代物流系统是一个高度复杂的系统,包括所需运转的物资、包装设备、搬运和装卸机械、运输工具、仓储设施、人员等。其目的是使企业物流合理化,并将企业生产出来的产成品按时、按质、按量、配套齐全、完好无损地迅速运达到消费者手中,实现其空间效益和时间效益。物流系统是企业生产的一个重要组成部分,物流合理化是提高企业生产效率最重要的方法之一。根据国内外实践经验,应用建模仿真分析方法改进物流系统方案后可使总投资减少30%左右。因此,对物流系统的设计、建模和仿真的研究,已经受到普遍的关注和重视,越来越多的物流工程技术人员投入到仿真技能及实践的研究当中,物流系统的建模、仿真及优化技术也日益成为物流专业必修课程。

物流系统仿真是物流系统学习不可缺少的环节,是读者巩固物流理论知识并提高实际操作技能的重要手段。为了加强对读者物流系统仿真实际操作能力的培养,本书以案例实训的形式进行编写,通过实训让读者学会仿真建模方法,培养读者的建模思维和仿真技能。本书实训案例依据物流系统仿真实际操作要求,模拟物流系统的真实环境,通过模拟训练,使学生掌握不同物流子系统的运作流程,对其进行仿真优化,并且解决实际物流系统仿真中所遇到的问题,以达到真正实训的目的。

本书分为五章,第1章是物流系统仿真基础,介绍了物流系统仿真的基本概念;第2章是介绍 Flexsim 仿真软件、Flexsim 建模相关概念以及建模步骤;第3章针对物流系统仿真的初级应用,用案例实训的形式介绍了仿真建模的方法、建模的详细步骤以及优化方法,使读者从初步了解到逐渐掌握;第4章和第5章针对仿真的高级应用,用自动化立体仓库建模仿真和现代物流配送中心建模仿真的综合应用案例实训进一步提高读者的建模仿真能力,在实践中提高读者设计、优化物流节点的能力。

在本书学习过程中,读者可按照本书的详细步骤搭建物流系统仿真模型,每一个实训后面都配有相应的练习,可以帮助读者对本次实训有更深层次的理解,并且每一个实训都规定了完成时间,要求读者在规定时间内理解掌握,提高学习效率。

本书由马向国、余佳敏、任宇佳著。姜旭教授审阅全书,并提出了许多宝贵的修改意见。此外本书在写作过程中还得到了陕西科技大学机电学院刘昌祺教授、清华大学经管学院刘丽文教授的指导,以及北京物资学院领导、同事的热情支持,在此一并表示感谢。同时感谢物流工程专业研究生蒋荣芬、梁艳、苏辉辉在本书写作过程中给予的协助。

由于时间仓促,加之著者水平和精力有限,许多内容未能完善和进一步深入,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

本书采用的是 Flexsim 6.0 软件,适用于使用 Flexsim 4.0 以上各版本软件的读者参考与学习。购买本书的读者可通过著者电子邮箱 mxgl05@163.com 获取教学课件、Flexsim 7.0 DEMO 版软件以及本书中所有实训模型。

著者



CONTENTS

第1章 物流系统仿真基础

1.1 系统、模型、仿真概述 001

1.1.1 系统 001

1.1.2 模型 003

1.1.3 仿真 005

1.1.4 系统、模型与仿真的关系 006

1.2 物流系统的概述 007

1.2.1 物流系统的概念与分类 007

1.2.2 物流系统的特点 007

1.3 物流系统仿真 008

1.3.1 物流系统仿真的概念 008

1.3.2 物流系统仿真的应用类型 008

1.3.3 物流系统仿真软件出现前后物流系统优化方法 009

1.3.4 物流系统仿真解决的问题 010

第2章 Flexsim软件应用基础

2.1 Flexsim 综述 011

2.1.1 Flexsim 介绍 011

2.1.2 Flexsim 仿真软件的特点 011

2.2 Flexsim 仿真环境及关键技术 013

2.2.1 Flexsim 仿真环境 013

2.2.2 Flexsim 中鼠标操作及键盘交互 020

2.3 Flexsim 建模的相关概念 022

2.3.1 面向对象的思想 022

2.3.2 Flexsim 的对象层次结构 023

2.3.3 节点和树 023

2.3.4 任务序列 024

2.4 Flexsim 仿真模型建立 026

2.4.1 Flexsim 仿真模型的基本组成 026

2.4.2 Flexsim 建模的基本步骤 026

2.4.3 建模步骤示例 031

2.4.4 实训练习 037

3.1 配货系统建模仿真与优化	038
3.1.1 实训知识准备	038
3.1.2 学习目的	043
3.1.3 完成时间	043
3.1.4 问题描述与系统参数	043
3.1.5 建模步骤	044
3.1.6 仿真结果分析与改进	053
3.1.7 实训练习	058
3.2 排队系统仿真	058
3.2.1 实训知识准备	058
3.2.2 学习目的	065
3.2.3 完成时间	065
3.2.4 建模步骤	065
3.2.5 仿真结果分析与改进	069
3.2.6 实训练习	069
3.3 生产线产品入库与出库仿真	072
3.3.1 实训知识准备	072
3.3.2 学习目的	073
3.3.3 完成时间	073
3.3.4 问题描述与系统参数	074
3.3.5 建模步骤	074
3.3.6 仿真结果分析与改进	079
3.3.7 实训练习	081
3.4 多产品单阶段制造系统仿真	082
3.4.1 实训知识准备	082
3.4.2 学习目的	084
3.4.3 完成时间	084
3.4.4 问题描述与系统参数	084
3.4.5 建模步骤	084
3.4.6 仿真结果分析与改进	093
3.4.7 实训练习	094
3.5 条件中断与产品装盘仿真优化	095
3.5.1 实训知识准备	095
3.5.2 学习目的	096
3.5.3 完成时间	096
3.5.4 问题描述与系统参数	096
3.5.5 建模步骤	097
3.5.6 仿真结果分析与改进	105
3.5.7 实训练习	105
3.6 仓储系统建模仿真与优化	109
3.6.1 实训知识准备	109

3.6.2	学习目的	116
3.6.3	完成时间	116
3.6.4	问题描述与系统参数	116
3.6.5	建模步骤	117
3.6.6	仿真结果分析与改进	124
3.6.7	实训练习	124
3.7	配送中心库存控制仿真优化	130
3.7.1	实训知识准备	130
3.7.2	学习目的	132
3.7.3	完成时间	132
3.7.4	问题描述与系统参数	132
3.7.5	建模步骤	132
3.7.6	实训练习	136
3.8	生产系统建模仿真与优化	136
3.8.1	实训知识准备	136
3.8.2	学习目的	138
3.8.3	完成时间	138
3.8.4	问题描述与系统参数	138
3.8.5	建模步骤	140
3.8.6	仿真结果分析与改进	146
3.8.7	实训练习	152
3.9	混合流水线系统建模仿真与分析	152
3.9.1	实训知识准备	152
3.9.2	学习目的	154
3.9.3	完成时间	154
3.9.4	问题描述与系统参数	154
3.9.5	建模步骤	155
3.9.6	仿真结果分析与改进	164
3.9.7	实训练习	166
3.10	分拣系统建模仿真与优化	166
3.10.1	实训知识准备	166
3.10.2	学习目的	173
3.10.3	完成时间	173
3.10.4	问题描述与系统参数	173
3.10.5	建模步骤	174
3.10.6	仿真结果分析与改进	185
3.10.7	实训练习	188

第4章 自动化立体仓库建模仿真与优化

4.1	实训知识准备	189
4.1.1	自动化立体仓库的概述	189
4.1.2	自动化立体仓库的类型	190
4.2	学习目的	193

4.3	完成时间	193
4.4	问题描述与系统参数	193
4.5	建模步骤	195
4.5.1	入库分拣区	195
4.5.2	入库处理区	201
4.5.3	货物存储区	203
4.5.4	出库处理区	209
4.5.5	出库分拣区	213
4.5.6	编译、重置、运行模型	214
4.6	仿真结果分析	215
4.7	实训练习	220

第5章 现代物流配送中心建模与仿真

5.1	实训知识准备	221
5.1.1	现代物流配送中心的概述	221
5.1.2	配送中心的功能	223
5.1.3	配送中心功能区设置	224
5.1.4	配送中心的作业流程	225
5.2	学习目的	228
5.3	完成时间	228
5.4	问题描述与系统参数	228
5.5	建模步骤	230
5.5.1	入库处理区 Flexsim 模型	230
5.5.2	存储区的 Flexsim 模型	236
5.5.3	流通加工区的 Flexsim 模型	244
5.5.4	拣货区的 Flexsim 模型	251
5.5.5	发货区的 Flexsim 模型	257
5.6	仿真结果分析与优化	261
5.7	实训练习	267

参考文献

第1章

物流系统仿真基础

1.1 系统、模型、仿真概述

1.1.1 系统

半个多世纪以来，“系统”作为一个研究对象，在国际上引起了很多学者的注意，“系统”吸引了众多领域的专家从事研究和应用。

(1) 系统来源

系统这一概念来源于人类长期的社会实践。人类认识现实世界的过程，是一个不断深化的过程。客观世界中一切事物的发生和发展，都是矛盾的对立和统一，科学的发展也不例外。在古代，自然科学界往往把世界看成一个整体，寻求共性和统一，但由于缺乏观测和实验手段，科学技术理论又很贫乏，所以对很多事物只能看到一些轮廓及表面现象，往往是只见森林、不见树木。随着科学技术的发展，理论丰富了，工具更先进了，认识逐步深化了，但仍受到当时科学技术水平的限制和世界观的局限，往往又只看到一些局部现象而不能综观整体，以致只见树木而不见森林。只有认识不断深化，在对个体、对局部有了更多、更深的了解以后，再把这些分散的认识联系起来，才看到了事物的整体，以及构成整体的各个部分之间的相互联系，从而形成了科学的系统观。

(2) 系统定义

系统(system)一词源于拉丁文的“sytema”，表示群体、集合等。人们对于系统的定义有很多，其中具有代表性是我国著名系统工程学家钱学森给出的定义：“把极其复杂的研究对象称为系统，即由内部相互作用和相互依赖的若干组成部分（称为子系统）结合而成的，具有特定功能的有机整体集合，而这个整体又是它所从属的更大的系统的组成部分”。在美国的韦氏(Webster)大辞典中，“系统”一词被解释为“有组织的或被组织化的整体；结合着的整体所形成的各种概念和原理的综合；由有规则的相互作用、相互依存的形式组成

的诸要素集合等等”。在日本的 JIS 标准中，“系统”被定义为“许多组成要素保持有机的秩序，向同一目的行动的集合体”。一般系统论的创始人 L. V. 贝塔朗菲 (L. V. Bertalanffy) 把“系统”定义为“相互作用的诸要素的集合体”。美国著名学者阿柯夫 (Ackoff, R. L.) 认为：系统是由两个或两个以上相互联系的任何种类的要 素所构成的集合。

一般我们采用如下的定义：系统 (system) 是具有特定功能的、相互间具有有机联系 的许多要素 (element) 所构成的一个整体。

(3) 系统特性

无论什么样的系统，从系统的定义中可以看出其共同拥有的特性。

① 集合性 系统的集合性表明，系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素或子 系统组成的，而要素是构成系统的最基础部分。例如，一个计算机系统，一般都是由中央处 理机 (CPU)、存储器、输入与输出设备等硬件所组成，同时，还包含有操作系统、程序设 计、数据库等软件，这是一个由要素组合而成的完整系统。而物流系统则可以由运输系统、 装卸搬运系统、仓库系统、配送系统、物流信息管理系统等各子系统组成。

② 相关性 组成系统的要素是相互联系、相互作用的，相关性说明这些联系之间的特 定关系。

③ 层次性 系统作为一个相互作用的诸要素的总体，它可以分解为一系列的子系统， 并存在一定的层次结构，这是系统空间结构的特定形式。系统的层次性主要表现在它是其构 成要素的上级，同时它也是其上级系统的子系统。在系统层次结构中表述了不同层次子系统 之间的从属关系或相互作用关系。在不同的层次结构中存在着动态的信息流和物质流，构成 了系统的运动特性，为深入研究系统层次之间的控制与调节功能提供了条件。

④ 整体性 系统是由两个或两个以上的可以相互区别的要素，按照作为系统所应具有 的综合整体性而构成的，由于系统要素之间的联系与相互作用，使系统作为一个整体具有特 定的功能或效能，这是各要素个体所不具备的。系统整体性说明，具有独立功能的系统要素 以及要素间的相互关系 (相关性、层次性) 根据逻辑统一性的要求，协调存在于系统整体之 中。就是说，任何一个要素不能离开整体去研究，要素间的联系和作用也不能脱离整体的协 调去考虑。系统不是各个要素的简单集合而是具有一种非加和性关系的整体，否则它就不会 具有作为整体的特定功能。脱离了整体性，要素的机能和要素间的作用便失去了原有的意 义，研究任何事物的单独部分不能使你得出有关整体的结论。系统的构成要素和要素的机 能、要素的相互联系要服从系统整体的目的和功能，在整体功能的基础之上展开各要素及其 相互之间的活动，这种活动的总和形成了系统整体的有机行为。在一个系统整体中，即使每 个要素并不都很完善，但它们可以协调、综合成为具有良好功能的系统；反之，即使每个要 素都是良好的，但作为整体却不具备某种良好的功能，也就不能称之为完善的系统。

⑤ 目的性 通常系统都具有某种目的，要到达既定的目的，系统都具有一定的功能， 而这正是区别这一系统和其他系统的标志。系统的目的一般用更具体的目标来体现，一般来 说，比较复杂的系统都具有不止一个目标，因此需要一个指标体系来描述系统的目标。为了 实现系统的目的，系统必须具有控制、调节和管理的功能，管理的过程也就是系统的有序化 过程，使它进入与系统目的相适应的状态。

⑥ 环境适应性 任何一个系统都存在于一定的物质环境之中，因此，它必然也要与外 界环境产生物质的、能量的和信息的交换，外界环境的变化必然会引起系统内部各要素之间 的变化。系统必须适应外部环境的变化，否则系统是没有生命力的，而能够经常与外部环境 保持最优适应状态的系统，才是理想的系统。

(4) 系统分类

① 根据系统的变化特性，系统可分为离散系统和连续系统。离散系统是指变量只在某

个离散时间点集合上发生变化的系统。连续系统是指状态变量随时间连续改变的系统。实际上很少有系统是完全离散的或完全连续的,但对于大多数系统来说,由于某一类型的变化占据主导地位,就把系统类型归为该类型。

② 根据系统的物理特征,系统可以分为工程系统和非工程系统两大类。工程系统是航空、航天、核能、电气、机械、热工、水力等工程技术系统,它们通常是用微分方程描述的连续系统。虽然从原则上讲这类系统是允许在实际系统上进行试验的,但是利用仿真技术对它们进行分析研究,既可以保证安全,又能节省大量费用。非工程系统是社会、经济、交通、管理、农业、生态环境等系统,它们属于离散系统。这类系统就更离不开仿真技术的帮助,因为这类系统往往不允许在实际系统上进行试验,如经济系统中一般不允许随意改变销售和供给以避免对市场的冲击。

③ 根据系统的形成方式不同,系统可分为自然系统和人工系统。自然系统形成的主体是自然界,而人工系统主体是人类自身对自然界的改造形成的系统或者是人类创造的系统。

④ 根据系统的实体性质不同,系统可分为实体系统和概念系统。实体系统是可见的,而概念系统是不可见的,它需要借助一定的实体才能体现出来,例如虚拟的网络系统。

⑤ 根据系统的开放程度,系统可分为孤立系统、封闭系统和开放系统。孤立系统与环境之间既无物质交换也无能量交换,封闭系统与环境之间仅有能量交换没有物质交换,开放系统与环境之间既有物质交换也有能量交换。

⑥ 根据运行性质不同,系统可分为静态系统和动态系统。这种分类方式主要取决于观察系统是否处于不断变化中。

1.1.2 模型

为了指明系统的主要组成部分以及它们之间的主要关系,以便于人们对系统进行深入的分析和研究,往往通过模型来实现对其的研究。系统模型主要用于3个方面:第一,分析和设计实际系统;第二,预测或预报实际系统某些状态的未来发展趋势;第三,对系统实行最优控制。

(1) 模型定义

模型是所研究的系统、过程、事物或概念的一种表达形式,也可指根据实验、图样放大或缩小而制作的样品,一般是展览、实验或铸造机器零件等用的模子。

系统模型是对实际系统的一种抽象,反映系统内部要素的关系、系统某些方面的本质特征,以及内部要素与外界环境的关系,是系统本质的表述,是人们对客观世界反复认识、分析,经过多级转换、整合等相似过程而形成的最终结果,具有与系统相似的数学描述形式或物理属性,以各种可用的形式给出研究系统的信息。从概念中可以看出系统模型只是模型中的一种,为了简化描述,本书中出现的模型均指系统模型。对于系统模型的理解可从三方面进行:首先,模型必须是对现实系统的一种抽象,它是在一定假设条件下对系统的简化;其次,系统模型必须包含系统中的主要因素,模型不可能与实际系统一一对应,而至少应当包含那些决定系统本质属性的重要因素;最后,为了进行定量分析,模型中必须反映出各主要因素之间的逻辑关系和数学关系,使模型对系统具有代表性。仿真模型同样必须符合以上各项要求,并且适合于仿真环境下,通过模仿系统的行为来求解问题。

从某种意义上说,模型是系统的代径,同时也是对系统的简化。在简化的同时,模型应足够详细,以便从模型的试验中取得相关于实际系统的有效结论。

建模就是建立模型。建立系统模型的过程,又称模型化。建模是研究系统的重要手段和前提。凡是用模型描述系统的因果关系或相互关系的过程都属于建模。

(2) 模型特性

由实际系统构造出一个模型的任务主要包括两方面的内容：一是建立模型结构，二是提供数据。在建立模型结构时，主要确定系统的边界，鉴别系统的实体、属性和活动，要满足两个前提条件：一是要细化模型研究的目的，二是要了解有关特定的建模目标与系统结构性质的关系。提供数据能够使活动中的各个属性之间的关系得以确定。

一般来说，系统模型的结构具有以下一些性质。

① 相似性 模型与所研究的系统具有相似的特征和变化规律，这就是真实系统与模型之间具有相似的物理属性或数学描述。

② 简单性 从实用的观点来看，由于在模型的建立过程中，忽略了一些次要因素和某些非可测变量的影响，因此实际的模型已是一个被简化了的近似模型，一般来说，在实用的前提下，模型越简单越好。

③ 多面性 对于由许多实体组成的系统来说，由于其研究目的不同，就决定了所要收集的与系统有关的信息也是不同的，所以用来表示系统的模型并不是唯一的。由于不同的分析者所关心的是系统的不同方面，或者由于同一分析者要了解系统的各种变化关系，对同一个系统可以产生相应于不同层次的多种模型。

(3) 模型分类

系统模型按结构形式分为实物模型、图示模型、模拟模型和数学模型。

① 实物模型 实物模型是现实系统的放大或缩小，它能表明系统的主要特性和各个组成部分之间的关系，如桥梁模型、电视模型、城市模型、建筑模型、风洞实验中的飞机模型等。这种模型的优点是比较形象，便于共同研究问题。它的缺点是不易说明数量关系，特别是不能揭示所要的内在联系，也不能用于优化。

② 图示模型 图示模型是用图形、图表、符号等把系统的实际状态加以抽象的表现形式，如网络图（层析顺序、时间与进度等）、物流图（物流量、流向等）。它是在满足约束条件的目标值的比较中选取较好值的一种方法，它在选优时只起辅助作用。当维数大于2时，该种模型作图的范围受到限制。其优点是直观、简单，缺点是不易优化，受变量因素数量的限制。

③ 模拟模型 用一种原理上相似，且求解或控制处理容易的系统代替或近似描述另一种系统，前者称为后者的模拟系统。它一般有两种类型，一种是可以接受输入进行动态模拟的可控模型，如对机械系统的电路模拟，可用电压模拟机械速度，电流模拟力，电容模拟质量；另一种是用计算机和程序语言表达的模拟模型，例如物资集散中心站台数设置模拟、组装流水线投料批量的模拟等。通常用计算机模型模拟内部结构不清或复杂的系统是行之有效的。

④ 数学模型 数学模型是对系统行为的一种数量描述。当把系统及其要素的相互关系用数学表达式、图像、图表等形式抽象地表示出来时，就是数学模型。它一般分为确定型和随机型、连续型和离散型。

(4) 建模原则

对于同一个实际系统，人们可以根据不同的用途和目的建立不同的模型。所建模型只是实际系统原型的简化，因此既不可能也没必要把实际系统的所有细节都列举出来。一个理想的模型应该既能反映实体的全部重要特性，同时又易于处理，即原则上要满足以下内容。

① 清晰性 一个复杂的系统是由多个子系统构成的，因此对应的系统模型也是有許多子模型构成的。在子模型之间除了研究目的所必需的信息外，结构要尽可能清晰。

② 相关性 模型中应该包括系统中与研究目的有关的那些信息。虽然与研究目的无关

的信息包含在系统模型中可能不会有很大害处,但是因为它会增加模型的复杂性,从而使得求解模型时增加额外的工作,所以应该把与研究目的无关的信息排除在外。

③ 准确性 建立模型时应该考虑所收集的、用以建立模型的信息的准确性,包括确认所应用的原理和理论的正确性和应用范围,以及检验建模过程中针对系统所做假设的正确性。例如,在建立工厂设施规划与运输系统模型时,应该将运输工具视为一个三维实体而不能视为一个质点。它的长度和宽度影响了运输通道的布局。

④ 可辨识性 模型结构必须具有可辨识的形式。可辨识性是指系统模型必须有确定的描述和表示方式,而在这种描述方式下与系统性质相关的参数必须有唯一确定的解。若一个模型结构中具有无法估算的参数,则此结构就无实用价值。

⑤ 集合性 建立模型还需要进一步考虑的一个因素,是能够把一些个别实体组成更大实体的程度,即模型的集合性。例如对物流与供应链系统的研究中,除了能够研究每个物流中心的物流细节和规律之外,还可以综合计算多个物流中心构建成一个供应链系统的效能。

(5) 建模步骤

建构模型需要想象力和技巧。这里从方法论的角度总结建模步骤。

① 形成问题 在明确目标、约束条件及外界环境的基础上,规定描述模型哪些方面的属性,预测何种后果。

② 选定变量 按前述影响因素的分类筛选出适合的变量。

③ 变量关系的确定 定性分析各变量之间的关系及对目标的影响。

④ 确定模型的结构及参数辨识 建立各变量之间的定量关系,主要的工作是选择合适的表达形式,数据来源是该步骤的难点,有时由于数据难以取得,不得不回到步骤②甚至步骤①。

⑤ 模型真实性检验 模型构建过程中,可用统计检验的方法和现有统计数字对变量之间的函数关系进行检验。模型建构后,可根据已知的系统行为来检验模型的结果。如用结果解释现实世界尚能令人接受,不致相悖,便要判断它的精确程度和模型的应用范围。如精度比期望的要低,则需弄清其原因,可能是原先的设定错误或者忽略了不该忽略的因素。

经过以上5个步骤,模型便可在实际中应用,但不能与检验过的情况误差太大,应把每次模型应用都当成是对模型的一次检验。有些模型,特别是社会经济系统的模型难以实际检验,另一些模型虽可检验,但花费太大或需要特殊条件,这时,个人经验很重要,凭着对原型对象的印象进而对模型的真实性的做出判断。然而,在能够实际试验的场合总应力求进行试验,不经过试验的建模过程总是不完整的。

1.1.3 仿真

系统仿真为了利用人为控制的环境条件,改变某些特定的参数,观察模型的反应,研究真实系统的现象或过程。当前,仿真技术已经成为分析、研究各种复杂系统的重要工具,广泛用于工程领域和非工程领域。

(1) 仿真定义

仿真(simulation)是真实过程或系统在整个时间内运行的模仿。利用模型复现实际系统中发生的本质过程,并通过对系统模型的实验来研究存在的或设计中的系统,又称模拟。在研究、分析系统时,对随着时间变化的系统特性,通常是通过一个模型来进行研究。在某些情况下,所研究的模型足够简单,可以用数学方法表示并求解,这些解通常由一个或多个成为系统性能测度的数学参数组成。但是许多真实系统是非常复杂的,无法用数学关系数学方法来求解。这时利用仿真就可以像观察、测试真实系统那样,在仿真模型中得到系统性能

随时间而变化的情况，从仿真过程中收集数据，得到系统的性能测度。所以，仿真包括两个过程：建立模型和对模型进行实验、运行。

(2) 仿真作用

总的来说，管理系统仿真扮演着管理试验手段的角色。仿真模型已经在描述、设计和分析系统中充分显示了它的作用，具体地说有以下几个方面。

① 作为解释手段去说明一个系统或问题。对于现有的实际运行的系统，如果为了深入了解以及改进它，而在实际的系统中进行实验，则往往花费大量的人力、物力、财力和时间，有时甚至是不可能的，而通过计算机仿真，可以使现有系统不受干扰，经过分析仿真结果，对现有系统做出正确评价，并可预测其未来的发展趋势，提出改进方案。

② 作为设计准绳去综合分析和评价所建议的决策措施。对于所设计的新系统，在未能确定其优劣的情况下，先不必花费大量的投资去建立它，而是采用计算机仿真，对新系统的可行性和经济效益做出正确的评价。

③ 作为决策支持系统辅助决策。在管理决策中，针对具有不同的决策变量或参数组合的不同决策方案，进行计算机仿真的多次运行，按照既定的目标函数，对不同的决策方案进行分析比较，从中选择最优方案，从而辅助管理决策。

④ 作为预测方法去预报和辅助计划系统的未来发展。

⑤ 作为分析工具去确定系统的关键组成部分或项目。

(3) 仿真与解析方法的比较

在系统模型不太复杂的情况下，往往可能运用数学方法，如线性代数、微积分、数学规划等求解问题。但是，大多数的实际系统是如此复杂以致它的模型不可能采用上述解析方法求得解决。这时，仿真就能发挥它应有的作用。在这种情况下，系统设计与分析人员运用计算机仿真，求解系统模型，并收集相应的资料用以估计所研究的系统的各项特征。

与数学解析方法相比，仿真有着以下优点：

① 对于复杂系统具有良好的适应性，大多数具有随机因素的复杂系统无法用准确的数学模型表述从而采用解析方法评价，于是仿真通常就成为解决这类问题的好方法；

② 它允许对一段系统工作时间进行压缩，用小段时间仿真出大量时间段的工作情况；

③ 不需要打乱真实系统就可以使人们能对现有系统在重新设计的工作条件下的工作成果做出分析判断；

④ 能帮助人们选择最优的系统设计方案。

与此同时，仿真也存在着如下缺点：

① 它需要花费大量的费用和时间，这是由仿真系统开发的复杂性及仿真所需的计算机存储量大和计算时间长造成的；

② 对于现实生活中的复杂性，不能完成全部仿真只能是其中一部分，所以会影响到仿真结果的可信度；

③ 仿真的精度受到许多方面因素的影响，较难控制和测定；

④ 模型的参数设定是非常困难的，即难以确定合适的系统仿真初始条件。

1.1.4 系统、模型与仿真的关系

系统、模型与仿真三者之间有密切的关系。系统是研究的对象，模型是系统的抽象，仿真是通过模型的实验以达到研究系统的目的。三者的关系如图 1-1 所示。

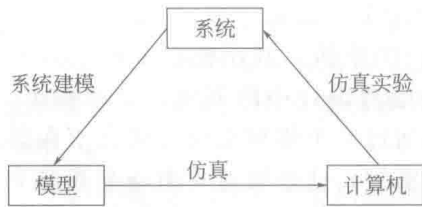


图 1-1 系统、模型与仿真的关系

1.2 物流系统的概述

1.2.1 物流系统的概念与分类

物流系统是指在一定的时间和空间里,由所需运转的物资、包装设备、搬运和装卸机械、运输工具、仓储设施、人员以及通信联系等若干相互制约的动态要素所构成的具有特定功能的有机整体。其目的是使企业物流合理化,并将企业生产出来的产成品按时、按质、按量、配套齐全、完好无损地迅速运达到消费者手中,实现其空间和时间效益。物流系统是企业生产的一个重要组成部分,物流合理化是提高企业生产率最重要的方法之一。因此对物流系统的设计和仿真的研究,也日益受到人们的重视。

我们可以按照不同的标准对物流系统进行分类。

按物流发生的位置,物流系统可划分为企业内部物流系统和企业外部物流系统;根据物流运行的性质,物流系统可以划分为供应物流系统、生产物流系统、销售物流系统、回收物流系统和废弃物流系统;以物流活动的范围进行分类,物流系统可以划分为企业物流系统、区域物流系统和国际物流系统;我们还可以根据物流构成的内容,把物流系统划分为专项物流系统和综合物流系统。

从不同角度对物流系统进行分类划分,可以加深我们对物流性质、过程的理解和认识,有利于我们更好地进行物流系统的规划、设计、运营组织与管理。

1.2.2 物流系统的特点

物流系统是复杂的离散事件系统,有如下特点。

(1) 不确定性(随机性)

不确定性存在于物流系统中的每一节点,客户需求的不确定性,原材料供应供需关系的不确定性,采购准备时间的不确定性,运输时间的不确定性,交付时间的不确定性,产品价格的不确定性等。它总是处在一个不确定的环境中,受很多随机因素的影响,具有多目标、多因素、多层次的特点。

(2) 非线性

非线性是指个体以及它们的属性在发生变化时,并非遵从简单的线性关系。组成物流系统的各个实体间的相互影响不是简单的、被动的、单向的因果关系,每个实体的行为和决策又依赖它自身的状态和一些有限的、相关的其他实体的行为,且它们易受内部和外部环境的影响。物流系统的各个实体主动改变自己的内部或外部结构,以适应环境的变化,从而呈现出物流系统的非线性。

(3) 复杂性

物流系统是由若干个供应商、制造商、配送中心、销售商和终端客户组成的系统。它包含供应商、制造商的选择,配送中心的选址,运输方式(如空运、陆运、铁运、水运或混合运输方式的选择)和运输路线(选择由哪个配送中心送货)的确定。其复杂性主要体现在贯穿于物流系统中的不确定及各实体要素间的非线性关系。

(4) 适应性

物流系统各个实体为了适应市场环境的变化,与周围环境和其他实体间不断进行交互作用。在这种持续不断交互作用的过程中,实体不断学习,积累经验,并根据学到的经验改变自身的结构和行为方式,寻找合适的实体组成物流系统以适应环境的变化,从而促成供需过程不断重新组合改造。

(5) 多样性

由于物流系统各实体要素间处于不断相互作用和不断适应的过程,造成了实体向不同的方面发展变化,从而形成了物流系统实体类型的多样性。

综上所述,物流系统具有系统的所有特征。由于物流系统的层次性及各子系统的相互联系和相互作用,因此,物流系统是一个动态的、开放的复杂系统。

1.3 物流系统仿真

1.3.1 物流系统仿真的概念

物流系统仿真是指针对现实物流系统建立仿真模型,然后在模型上进行试验,用模型代替真实系统,从而研究物流系统性能的方法。通过仿真,可以一一仿效实际物流系统的各种动态活动并把系统动态过程的瞬间状态记录下来,最终得到用户所关心的系统统计性能。

由于物流系统自身的不完善或运作过程的不合理,一些物流系统设计上缺乏前瞻性和系统规划,在物流资源的配置、物流网络的结构等方面,很难保证其可靠性、合理性、协调性和最优化。在实际系统中常常包含有较多随机的因素,如物流系统中商务的到达、运输车辆的到达和运输事件等一般是随机的。对于这些复杂的随机系统很难找到相应的解析式来描述和求解,系统仿真技术成了解决这类问题的有效方法。物流系统运作的成败事关重大,而仿真方法是完善、推进物流系统的一个很好的方法,可以节省费用,减少浪费,消除物流环节中的瓶颈。

1.3.2 物流系统仿真的应用类型

从技术与管理的角度看,物流系统仿真主要有以下几种类型。

(1) 物流系统规划与设计

仿真多用于供应链设计、评价和优化,用来处理链中的不确定因素与动态性,此外有能力找出供应链各个成员之间的最优解决方案。在系统没有运行之前,把规划转化为仿真模型,通过运行模型,评价规划或设计方案的优劣并修改方案,仿真能够辅助决策者或策划者的决策活动,这是仿真经常用到的一方面。这样不仅可以避免不合理的设计和投资,而且也减少了投资风险和避免了人力、时间等的浪费。

(2) 物流运输调度

复杂的物流系统经常包含若干运输调度、多种运输路线,连接供应链上游与下游是供应链运作过程中至关重要的一个环节,而运输调度与路线选择一直是物流系统的难点,其中包含了很多 NP 问题。在解决调度问题、规划运输路线时多使用启发式算法、不完全优化算法和遗传算法等,但在评价这些算法得到的策略哪个更有效、更合理时,遇到的问题更多。因运输调度是物流系统最复杂、动态变化最大的一部分,有许多不确定因素,很难用解析法描述运输的全过程。使用仿真建立运输系统模型,动态运行此模型,再结合图形将运行状态、物料供应情况、配货情况、道路堵塞情况、配送路径等生动地呈现出来。仿真还提供了各种数据,包括车辆运输时间与效率、不同策略之间的比较、不同路径的比较等。

(3) 物流成本估算

物流系统运作是一个复杂的系统,其中存在许多的不确定因素。系统的总成本中包括运输成本、库存成本、订货成本和生产成本等。成本核算与所花费的时间有关。物流系统仿真是对物流整个过程的模拟。进程中每一个操作的时间,通过仿真推进被记录下来。因此,人们可以通过仿真,统计物流时间的花费,进而计算出物流的成本。

(4) 库存控制

库存系统是供应链管理中的重要环节,起到缓冲、调解和平衡的作用。供应链上各节点企业库存水平的高低一方面影响产品的成本,另一方面影响客户服务水平和企业对市场波动的适应能力。企业运作时库存处理的好坏直接影响公司的效益,也决定了公司的竞争力。现实库存系统多数属于复杂的离散事件系统,具有诸多不确定因素,而且各部分之间的关系复杂。企业在确定安全库存量、采购订货方式的时候遇到了很大的困难,直接表现为没有适应的库存策略、库存积压与库存短缺并存等问题。随机性库存系统中有很多不确定的随机参数,解析方法的应用受到了很大局限性,很难采用数学规划或启发式算法进行准确分析。常用离散系统仿真技术,对库存系统全局或局部变量进行分析和优化,例如库存系统规划、库存成本分析、库存控制策略分析等。

1.3.3 物流系统仿真软件出现前后物流系统优化方法

在有物流系统仿真软件之前,物流系统方案的设计和物流系统瓶颈的解决一般需要以下步骤(如图1-2中左图所示):首先是技术人员、一线工人以及专家学者等到物流节点(如自动化立体仓库、物流配送中心)的运营现场调研;其次是根据现场的运营情况分析系统的瓶颈并初步给出系统改进方案,然后让现实的物流节点停止业务,配合实施这个方案;最后如果瓶颈没有解决,需要继续现场调研,继续寻找系统瓶颈及解决方案,这样周而复始直到解决问题为止。

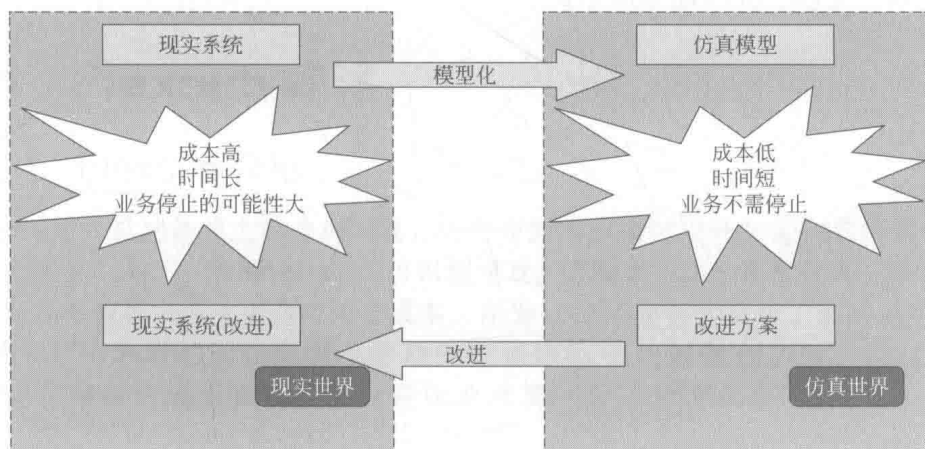


图 1-2 物流系统仿真软件出现前后物流系统优化方法比较

从上述过程可见,在有物流系统仿真软件之前,物流系统的优化成本高、时间长、物流节点业务停止的可能性大。

物流系统仿真软件出现之后,物流系统的优化一般需要以下几步(如图1-2中右图所示):首先是物流系统的现场调研,绘制系统结构布局图,分析物流动线,统计物流设备设施数量和各种运行参数等;其次是在仿真软件上根据上一步采集的各种信息建立物流系统仿真模型,输入各种仿真数据(如订单的到达规律,设备的运行速度等),运行模型并分析统计结果;然后根据统计结果分析系统瓶颈,根据系统瓶颈提出解决方案,并在仿真模型中实施解决方案,如果没有解决系统瓶颈,需要周而复始继续寻找较优的解决方案;最后把该较优的解决方案在现实的物流系统中实施,解决现实的物流节点的问题。

从上述过程可见,在有了物流系统仿真软件之后,物流系统的优化成本变低,时间变短,物流节点业务不需要停止。

综上所述,对物流系统进行仿真,可实现在不组装实际系统的前提下,对现有系统进行