



世纪高教
物流管理教材系列

物流系统建模 与仿真

使用Arena软件

主编 李欣

格致出版社



上海人民出版社

013070505

F253.9
85



世纪高教
物流管理教材系列

物流系统建模 与仿真

使用Arena软件

主编 李欣



北航

C1678941

格致出版社



上海人民出版社

F253.9
85

图书在版编目(CIP)数据

物流系统建模与仿真:使用 Arena 软件/李欣主编.
—上海:格致出版社:上海人民出版社,2013
物流管理教材系列
ISBN 978-7-5432-2263-2

I. ①物… II. ①李… III. ①物流-系统建模-应用软件-高等学校-教材②物流-系统仿真-应用软件-高等学校-教材 IV. ①F253.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 129638 号

责任编辑 彭 琳
美术编辑 路 静

本教材配有多媒体课件,采用本教材的教师可向出版社免费索取。
电子邮件:hibooks@hibooks.cn

世纪高教·物流管理教材系列
物流系统建模与仿真
——使用 Arena 软件
李欣 主编

出版 世纪出版集团 格致出版社
www.ewen.cc www.hibooks.cn
上海人民出版社
(200001 上海福建中路193号23层)



编辑部热线 021-63914988
市场部热线 021-63914081

发行 世纪出版集团发行中心
印刷 上海图宇印刷有限公司
开本 787×1092 毫米 1/16
印张 13
插页 1
字数 229,000
版次 2013 年 8 月第 1 版
印次 2013 年 8 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5432-2263-2/F·648
定价 33.00 元

013070202

感 谢

上海对外经贸大学物流管理国家级特色专业建设项目

前言

从系统论的角度来分析,物流系统是指在一定的时间和空间里,由物资、包装设备、装卸搬运机械、运输工具、仓储设施、人员和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,是典型的复杂随机离散系统。物流系统在系统设计与控制过程中存在许多优化问题,由于其复杂性,用传统的解析方法难以获得最优解或满意解。而仿真研究的方法在解决物流系统问题时有传统解析方法无可比拟的优势,具体表现为:首先,仿真技术的系统性特点和物流运营的全局优化思想不谋而合。由于物流各要素之间所存在的内在联系,因而各要素成本之间存在效益背反的关系,表现为当一种要素成本上升的时候,另一种要素成本会下降。效益背反关系的存在要求物流系统要进行全局优化,即系统整体优化。然而,由于现代物流系统的复杂性和动态性,传统的数学方法很难解决这个问题,而计算机仿真在这方面却有着先天的优势,因而其成为物流系统管理者的得力工具。其次,仿真研究可以对复杂的物流系统问题进行更准确的描述。仿真研究的特点是利用仿真模型来描述现实系统问题。多数仿真软件都提供了大量的模块来描述现实系统,有些仿真软件还为仿真研究者提供了开发特定仿真模块的功能。利用这些模块组合而成的仿真模型相对于传统的解析研究方法(如利用数学模型研究现实问题)对问题的描述更确切,尤其当系统的复杂性不断提高时,仿真模型的优越性会进一步体现。最后,仿真研究不仅可提供用于决策的定量信息,而且可以提高决策者对物流系统工作原理的理解水平,仿真技术为复杂物流系统设计提供了技术性和经济性的最佳结合点和直观有效的分析方法。

本书以 Arena 仿真软件为工具,介绍了如何使用仿真研究的方法去解决物流系统中的优化问题。相对于同类教材,本书更注重仿真软件使用的介绍,并尽量通过简单的模型帮助读者深入了解 Arena 仿真建模方法,因此读者无需具备很多的仿真专业知识即可阅读,是仿真学习入门的合适教材。

全书共分十一章。第一章对仿真的概念、发展过程以及主要的计算机仿真软件及其特点进行了介绍,并介绍了仿真技术在物流系统优化中的应用;第二章介绍了随机离散系统仿真,并通过一个手工仿真例子帮助读者加深对仿真模型运行机制的理解;第三章对仿真研究所需具备的统计学基础知识进行了介绍;第四章介绍了 Arena 软件的基本操作,并使用 Arena 软件建立了一个简单的库存仿真模型;第五章介绍了如何使用 Arena 来进行库存水平优化仿真;第六章介绍了如何使用 Arena 软件进行仓库系统优化设计;第七章

介绍如何处理仿真模型的输入和输出数据;第八章介绍了生产物流系统建模仿真;第九章主要介绍了如何使用 VBA 技术来实现逻辑更为复杂的 Arena 模型;第十章介绍如何使用 Arena 的流程分析器和 OptQuest 来进行仿真优化分析;第十一章着重介绍如何实现仿真动画。

本书的写作得到了格致出版社的大力支持,在此表示衷心感谢!并对格致出版社彭琳编辑的耐心工作和辛勤劳动表示真诚的谢意!

因为作者水平有限,加之时间仓促,本书一定还存在很多不足甚至错误之处,真诚欢迎广大读者和各位专家批评指正。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 仿真概述	1
1.2 仿真技术的发展	5
1.3 主要的计算机仿真软件	7
1.4 物流系统仿真	11
第 2 章 随机离散系统仿真	15
2.1 随机离散系统概述	15
2.2 离散系统仿真的例子	17
2.3 离散系统仿真的相关概念	29
2.4 离散系统仿真的一般过程	33
第 3 章 仿真研究的统计学基础	38
3.1 随机变量及其概率分布	38
3.2 仿真输入数据的拟合度检验	42
3.3 Arena 随机分布函数	44
第 4 章 初识 Rockwell Arena	50
4.1 Arena 基本操作	50
4.2 Arena 仿真实例	53
第 5 章 库存水平优化仿真	70
5.1 库存概述	70
5.2 库存水平优化仿真案例	73
第 6 章 仓库布局设计仿真	89
6.1 仓库布局设计概述	89
6.2 仓库设计优化仿真	98
第 7 章 仿真数据的输入和输出	108
7.1 用输入分析器分析数据	108
7.2 Arena 仿真模型的输出数据	114
7.3 用输出分析器分析模型结果	121
第 8 章 生产物流仿真	128

8.1	生产物流概述	128
8.2	Arena 实体传送方式	133
8.3	生产系统仿真实例	137
第9章	VBA 集成	155
9.1	VBA 技术简介	155
9.2	VBA 基本语法	156
9.3	VBA 和 Arena 的集成	169
9.4	考虑特殊情况的仓库卸货模型	172
第10章	仿真系统优化	176
10.1	使用流程分析器比较不同方案	176
10.2	使用 OptQuest 寻找最优参数输入	181
第11章	仿真过程动画	191
11.1	仿真动画概述	191
11.2	Arena 仿真动画简介	192
11.3	生产物流仿真模型动画	194
参考文献		202

第1章 概述

本章学习要点

1. 理解仿真的概念及其和其他研究方法的
不同之处；
2. 了解仿真的不同分类；
3. 了解仿真研究方法的优点和缺点；
4. 了解仿真的发展历史；
5. 了解不同仿真软件的特点；
6. 了解物流系统仿真的特点和内容。

1.1 仿真概述

仿真(simulation)是通过模型(model)来模仿现实系统(real-world system)行为,以达到认识现实系统的目的的一种认知方法。相对于理论研究和实验研究,仿真具有面向现实问题本身以及理论联系实际等特点,因而被认为是“认识世界的第三种方法”。由于仿真这种研究方法所具有的独特优势,加之信息技术的迅速发展,使得仿真,尤其是计算机仿真(computer simulation)得到越来越广泛的应用。

1.1.1 什么是仿真

简单地说,仿真就是利用相似性原理,建立现实系统(real-world system)的仿真模型(model)(如计算机模型),并通过该模型来研究现实系统的过程。美国的著名仿真学者班克斯(Jerry Banks)对系统仿真的定义是:“仿真就是实时地对现实世界的流程和系统的运作进行模拟,仿真包含人为地产生系统的‘历史’,并通过观察这些‘历史’数据来获得它所代表的现实系统的运作的推断”。仿真是解决很多现实世界问题不可或缺的解决工具,仿真研究通过仿真模型来描述和分析现实系统的行为,回答关于现实系统的 what-if 的问题,即仿真研究可以回答我们这样的问题:如果我们采用方案 1,结果会怎样?而采用方案 2,结果又会怎样?通过比较方案 1 和方案 2 的结果,帮助我们对现实系统进行优化设计。仿真研究的对象可以是现实存在的系统,也可以是概念中的系统。对于现实存在的系统,通过仿真研究,可以改善现有系统的配置结构或业务流程,而对于概念中的系统,仿真研究可以帮助改进设计方案,减少方案设计中可能存在的失误。

仿真研究本质上是一种认识过程。认识论研究的对象是事实——客体性事实,即关于对象、客体的存在、性质、功能及其发展变化的状态,认识论追求的目标是“正确”反映事物的本质属性和规律,获得客观真理,及关于自然、社会和思维的普遍知识。认识的中介是以各种形式的认识工具、手段为要素,包括运用和操作这些工具的程序和方法在内的系统,它是人的认识能力、认识水平发展程度的客观标志,决定着不同时代人们认识活动的基本方式。理论研究和实验研究是我们认识世界的传统方式。理论研究是通过抽象推理(abstract reasoning)、思辨(speculation)而形成“可用于相对广泛的情况下的系统组织的知识,尤其指一系列假设,已被接受的定理以及用于分析、预测或解释自然或专门现象行为的程序规则”。^①实验研究是人们对认识的现实条件进行主动控制的认识活动,在实验中内在性找到了表现其自身的最适合的现象和联系,让人们一看到这一现象和联系便会发现这种内在性。仿真研究用相似的模型、环境和设备模仿某个环境或系统(经济的、机械的等等)的行为,如此可以更容易地获取环境或系统的信息,以研究和分析实际的或理论的系统的行为 and 性能。正是因为仿真这种认识方法所具有的区别于理论研究和实验研究的特点,仿真被认为是“认识世界的第三种方法”。美国能源部科学办公室主任奥巴赫教授(Dr. Raymond L. Orbach)也把仿真看成是“在 21 世纪的科学中,是理论和实验科学的平等伙伴”。

表 1.1 三种认识方法的比较

内容分类	对 象	中介(工具)	基 础	结果形式
理论研究	现存的或理论的	人脑推理、抽象	以前的理论、知识、模型	假设、定理、程序、规则
实验研究	现存的	可控条件下试验实际对象	理论指导下对实际对象试验	演示、检验或确定、信息
仿真研究	现存的或假想的	计算机、设备	基于模型(理论、实验、实物)	获取信息,模拟训练

通过仿真的概念可以看出,仿真研究具有以下特点:

- (1) 通用性。从理论上讲,仿真研究可以解决任何系统分析的问题。从战场演进到经济发展走势,从人口增长到企业管理都有仿真技术的应用。
- (2) 实用性。仿真研究本身就是为解决复杂现实系统问题而产生的,有很强的实用性。
- (3) 系统性。通过仿真研究来解决问题,不仅仅是对问题所涉及的系统的部分进行模拟,往往需要对系统整体进行模拟,从而可以从系统全局,更全面地去理解和解决问题。

1.1.2 仿真的分类

由于仿真的方法很多,应用领域很广泛,因而在现实中有各种各样的仿真。我们一般

^① 《美国传统词典》关于“理论”(theory)的定义是:“可用于相对广泛的情况下的系统组织的知识,尤其指一系列假设,已被接受的定理以及用于分析、预测或解释自然或专门现象行为的程序规则。”

依据以下标准来对仿真进行分类。

1. 静态仿真和动态仿真

根据仿真中是否需要考虑时间因素来分,仿真可以分为静态仿真(static model)和动态仿真(dynamic model)。例如下文中的 D. 布丰的抛针实验是静态仿真,因为每次抛针的时间并不影响模型最终的结果。但是,在现实中动态仿真大量存在,如我们利用仿真来研究一条高速公路系统的车流和在收费站等关键节点的拥堵状况,很显然,在不同的时段,车流量是不同的,拥堵状况也是不一样的,仿真的时间段会影响仿真实验的结果,因而是动态仿真。

2. 离散仿真和连续仿真

根据仿真系统状态的变化过程,我们可以将仿真分为离散仿真(discrete model)和连续仿真(continuous model)。所谓离散仿真,是指仿真系统的状态变化是离散的,如高速公路系统仿真中当前系统中所有车辆的数目,这个状态的变化只能取整数,是离散变化的,因而是离散仿真。连续变化的系统状态如温度,水位的高度等,对这些系统所进行的仿真是连续仿真。在有些系统中,可能同时存在离散变化和连续变化的状态,对这种系统的仿真被称为离散连续混合仿真(mixed continuous-discrete model)。

3. 确定性仿真和随机仿真

根据仿真输入数据是否随机,仿真可以分为确定性仿真(deterministic model)和随机仿真(stochastic model)。所有输入都是确定的仿真为确定性仿真,如电子电路仿真,输入电压一般是稳定的,通过电子电路的转换,输出一般也是稳定的。输入中存在不确定性的仿真为不确定性仿真,这类仿真在现实中广泛存在,如高速公路系统仿真中,每辆车到达高速公路入口的时间是不确定的,每辆汽车的平均速度受多种不确定条件的影响,也是不确定的。

系统仿真方法很多,有基于方程式的动态系统、离散的事件系统仿真、基于主体的仿真、系统动力学的仿真等。从目前学校的学习和企业的应用状况来看,离散事件系统仿真占据了很大的比重,这主要源自离散系统仿真的实用性,易操作性和整个市场的成熟度,本书所涉及的主要是离散事件系统的仿真。

1.1.3 仿真的优点和缺点

采用系统仿真的方法和传统方法的区别在于仿真属于预测性技术,其在不影响实际系统的情况下通过有目的的选取研究的对象,确定研究范围,抽象系统的本质,进行一系列策略和参数的模拟。

1. 仿真研究的主要优势

(1) 试验成本低。由于仿真研究试验的对象是仿真模型,而建造仿真模型所需要花费的成本要远低于建造现实系统本身的成本,因此即使实验失败,也不会造成巨额的损失。仿真研究可以方便地比较系统在不同配置下的绩效,这通常可以通过改变仿真模型的某些参数就可以实现,成本很低,而通过改变现实系统的配置来进行类似的方案比较,则通常耗时、耗力,且有些情况下根本就是不可能的。

(2) 符合人们的思维习惯,有助于进行系统分析。解析法将现实系统抽象成数学模型,通过对数学模型的求解,找到最优方案。仿真研究方法是一种非解析的方法,它是在对系统实际观测所获得的数据的基础上建立目标系统的动态模型,通过在计算机上的反复运行,从而掌握目标系统各种特性的方法。这种方法所建立的模型,既表达了系统的物理特征,又有系统的逻辑特征,更贴近实际,更真实,更便于对系统进行分析。

(3) 应用范围广泛。仿真研究是一个通用的(general purpose)研究方法,对各种复杂的系统具有很好的适应性,不必为应用仿真研究的方法而对现实系统进行过度的简化和抽象。

(4) 仿真技术可捕捉实际系统中动态特性和不确定性。实际的系统,特别是复杂的离散事件系统,往往受很多随机因素的影响,如果忽略了随机因素的影响,分析结果将会产生很大的差异。而利用系统仿真方法,系统的参数受随机因素的影响而发生的变化在模型中将得到充分体现。

(5) 仿真研究的结果往往是非精确的,但实际中却是可行的。不同于传统的数学建模研究,仿真研究所得到的结果一般不是问题的精确结果,这是由仿真研究方法本身的特点所决定的。但这却并不妨碍仿真研究的结果应用于实践,因为仿真结果本身就是通过对实际系统的模拟所得到的,因而对实际问题也是最有说服力的。在实践中,盲目追求问题的精确求解在很多情况下是得不偿失的,而且由于实际系统本身的随机性和复杂性,这种精确的结果往往也是不必要的。

2. 仿真研究的局限性

(1) 建模的技能需要进行培训才能掌握。虽然采用高级仿真软件进行建模比使用传统的计算机建模方式容易很多,但无论采用何种方式建立仿真模型,都需要建模者掌握一定的建模技能和知识,而这些知识和技能需要一定时间的学习才能熟练掌握。

(2) 仿真模型可能存在有效性的问题。通过仿真来研究实际问题,一个重要的前提条件是所建立的仿真模型必须是有效的模型,即模型和现实系统在所研究的问题领域有相同或相似的行为模型,但在有些情况下,验证模型的有效性是非常困难的,甚至是不可能的。

(3) 仿真实验结果有时无法被合理解释。因为仿真实验的输入数据是随机的,因而所得到的实验结果也是随机的。但在有些情况下,很难分清结果的随机性是由于输入数据的随机性造成的,还是模型各部分之间的交互过程造成的。

但是,随着仿真技术的不断发展,仿真研究的局限性正越来越弱化。首先,仿真软件越来越成熟,使用起来更加容易。目前,绝大多数仿真软件都有完备的用户界面系统,用户无需编制代码,便可建立仿真模型。其次,已经出现了很多针对于某一特定问题领域的专业化仿真软件,对于问题领域专家而言,可以更容易地使用这些仿真软件来解决本领域的问题。再次,随着计算机硬件的不断成熟,计算机设备的处理能力越来越强,而成本却越来越低。所以,利用计算机进行更复杂的仿真计算成为可能,这样,仿真研究者无需因为复杂性而牺牲仿真模型的有效性,使得仿真研究可以发挥更大的作用。

1.1.4 仿真研究的适用性

虽然相对于其他研究方式,仿真有着无可比拟的优越性,但并不是所有的研究都适合使用仿真。在使用仿真解决问题之前,首先要知道该问题是否适合使用仿真的方式来解决。

1. 适合使用仿真来解决的问题

(1) 复杂系统(complex system)问题。

复杂系统一般由多个成员(component)或子系统(subsystem)构成,成员或子系统之间的关系往往表现出随机性(stochastic)、动态性(dynamic)和非线性(nonlinear)等特点。现实系统往往都具有一定的复杂性,如工厂、机场、配送中心等。

(2) 非现实存在的系统(non-existing system)问题。

对于一些尚处于规划中的系统,显然我们无法通过观察其系统行为来研究它,而只能通过仿真模型的方式来研究。如要在实际建造配送中心前,要想知道该配送中心的设计方案能否达到要求的绩效目标,就可以根据配送中心设计方案和其他一些经验数据来建立该配送中心的仿真模型,对仿真模型进行实验测试,估算该配送中心的实际绩效水平。

2. 不适合使用仿真来解决的问题

不适合使用仿真来解决的问题包括以下几种:

(1) 通过常识(common sense)可以解决的问题。

(2) 通过理论分析可以解决的问题。

(3) 可以在现实系统直接进行实验的问题。

(4) 使用仿真研究成本(资金、时间、数据等)过高的问题。

(5) 过于复杂而无法被准确定义的问题。

1.2 仿真技术的发展

虽然计算机仿真是当前我们进行仿真研究最重要的形式,但在计算机出现之前,仿真这种认识世界的方法就已经存在并得到广泛应用。在中国古代史书的记载中,就有许多关于使用仿真方法来帮助军事统帅了解战场实情的描述:通过建立战场的微缩模型,并根据实际战况不断调整模型中敌我两军的位置和布局,使古代军事指挥者能迅速了解战场实际战况,帮助其做出准确的战略决策。在我国现代的考古发掘中,就出土了一些陶质和木质的仿真军事模型,如在浙江余姚的河姆渡新石器时代遗址中发现的一具陶质独木舟军事模型,以及在西安出土的秦始皇兵马俑等。

在科学研究领域,仿真曾经是计算圆周率 π 的一种重要方法。公元1777年,法国科学家D. 布丰(D. Buffon, 1707—1788)设计了一个实验来计算 π 的值,这个实验过程如下:在一张桌子上以等间距 d 画上一组平行线,然后拿一根长度为 l 的针,随意将其抛在桌子上,重复抛针的过程多次,并记下针和平行线相交的次数 c 已经抛针的总次数 n ,那么

此时就可以用 $\frac{2nl}{cd}$ 来近似得到 π 的值^①。

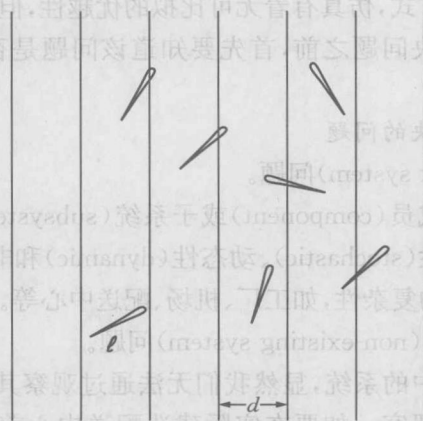


图 1.1 D. 布丰的抛针实验 (Buffon's Needle Problem)

仿真又称做蒙特卡罗方法 (Monte Carlo method), 它是一种通过用随机数做实验来求解随机问题的技术。D. 布丰的抛针实验是可被追溯的最早的利用这种方法进行认识研究的例子。比较早且著名的蒙特卡罗方法使用者是戈塞特 (W. S. Gosset), 他在 1908 年使用蒙特卡罗方法证明了他的 t 分布法。尽管蒙特卡罗方法起源于 1876 年, 但是直到约 75 年之后乌拉姆 (S. Ulam) 和诺依曼 (J. Von Neumann) 才将它命名为蒙特卡罗方法。为什么这么多年过去了它才被命名呢? 其原因是直到数字计算机出现之前, 这种方法由于计算冗长繁琐, 在许多重要问题上都不能被加以利用。

从 1946 年到 1952 年间, 数字计算机在一些科研机构得到发展, 现代化的具有程序储存功能的计算机使冗长的计算成为可能, 而这种计算正是蒙特卡罗方法所要求的; 计算机仿真随之产生。计算机仿真技术具有经济、安全、可重复和不受气候、场地、时间限制的优势, 其被广泛应用于众多的领域之中, 尤其是进入 20 世纪 80 年代, 随着计算机硬件与软件的发展, 系统科学研究的深入, 控制理论、计算技术、信息处理技术的发展, 以及各个领域对仿真技术的迫切需求, 系统仿真在近 40 年内迅速发展起来, 在理论研究、工程应用、仿真工程和仿真开发环境等许多方面都取得了令人瞩目的成就。英国科学家利用计算机仿真技术预测, 如果温室气体排放仍以目前的速度继续下去, 北极的冰层将在 2040 年夏季来临时不复存在。美国科学家利用计算机仿真技术研究发现如果空气中的二氧化碳的含量增加一倍的话, 季节性的袭击世界各地海岸线的飓风的力量可能增加 50%。而利用计算机仿真进行的气候模拟使科学家在 1986 年提前一年成功地预报了“厄尔尼诺现象”。

计算机仿真 (computer simulation) 是通过计算机仿真软件建立现实系统的计算机模

① 可以证明, 针和平行线相交的概率为 $\frac{2l}{d\pi}$ 。

型,并利用计算机强大的数值计算能力来运行模型,以获取和分析模型运行结果的仿真研究过程。计算机仿真的发展大致经历了以下几个阶段:

(1) 使用通用高级编程语言进行仿真。

从20世纪50、60年代开始,人们就开始利用高级编程语言(advanced programming language),如FORTRAN等编写仿真程序,来解决复杂的现实问题。利用通用编程语言来进行计算机仿真的优点是仿真模型高度可定制化,具有非常强的灵活性,但缺点是需要投入大量的精力用高级编程语言去描述模型逻辑,处理模型数据,而且非常容易出现错误。在这个时期,有一些同样是利用高级编程语言编写的仿真程序包,但这些程序包的作用仅仅是帮助开发者执行一些仿真中重复性的工作。

(2) 使用专门仿真语言进行仿真。

为了克服使用通用高级编程语言进行计算机仿真的诸多困难,一些专门用于仿真的计算机语言(simulation language)被开发出来,其中比较著名的有:GPSS, Simscript, SLAM和SIMAN等。这些专门的仿真语言为计算机仿真提供了一个更好的平台,可以让仿真研究者能更容易地描述模型逻辑和处理模型输入和输出数据,但不得不牺牲掉一些通用编程语言的灵活性。

(3) 使用高级仿真软件(high-level simulator)进行仿真。

虽然仿真语言是专门为仿真而设计的,但掌握和使用这些语言依然需要花费大量的时间和精力。随着计算机技术的发展,图形化用户界面(GUI)技术日益成熟,此时开始出现一些图形化的仿真软件。使用这些仿真软件无需像使用通用编程语言或仿真语言一样,要记住大量的命令和语法,用户只需鼠标点击便可轻松完成模型创建,有些仿真软件还可以提供模型运行实时的动画,输入和输出数据也可以用更直观的图表方式来展示,使仿真研究更加直观和容易。然而,这些仿真软件灵活性相对较差,用户只能使用软件提供的模块(module)来描述模型逻辑,这样,在有些情况下,可能会无法精确描述现实系统。

值得一提的是,仿真技术发展这几个阶段的仿真方式之间并不是完全的相互替代的关系,是一个取长补短、互助互张的过程。GPSS是general purpose simulation system的简称,被译为“通用仿真系统”。Java是一门面向对象的计算机语言,而GPSS/JAVA作为Java版本的GPSS,把面向对象的思想引入到了仿真系统的建模中。GPSS/JAVA不但保持了传统GPSS的语法特点,而且允许与Java语言混合编程,因此它不但拥有通用计算机语言强大的计算功能,而且使得GPSS建模变得更加简单,GPSS/JAVA集通用计算机语言和GPSS专用语言的优点于一身,是对这两种仿真手段的继承和发展。很多高级仿真软件虽然是通过图形化操作来创建仿真模型的,但所创建的仿真模型本身还是以某种专门仿真语言来描述内部构成和逻辑关系的,如Arena仿真软件就是基于专用仿真语言SIMAN构建而成的。

1.3 主要的计算机仿真软件

现代仿真研究主要是通过计算机仿真软件来实施的。仿真软件在仿真研究中,主要

起到建立仿真模型、仿真模型的执行和控制、仿真数据的分析和现实以及仿真模型及其相关的数据和图形的存储和检索等功能。由于仿真研究应用广泛,不同的仿真研究之间千差万别,对于仿真软件的要求也不同。为了满足不同仿真研究的需要,市场上出现了很多种不同类型的仿真软件,如专门用于电子线路仿真的软件(如 EWB、PSpice)等。对于物流系统建模与仿真,主要有 Arena、Witness、Flexsim 和 Simio 等软件,以下将对这几种软件的特点和功能进行介绍。

1.3.1 Arena

Arena 是美国 Rockwell Software 公司开发的通用仿真软件,具有功能强大、使用方便、界面直观、动画显示等优点。其可以很容易地建立诸如生产系统、服务系统等仿真模型;并可以根据实际需要设定仿真参数进行动态系统模拟,从而对实际的复杂系统进行有效分析和处理;内嵌的 Microsoft VBA(Microsoft Visual Basic for Application)工具使 Arena 能够根据用户特定需求进行定制,还可以方便地与其他软件集成,如 Microsoft Office 产品、SQL Server 数据库产品等,从而对其功能进行扩充;Arena 采用面向对象编程(OOP, Object-Oriented Programming)的思想,将其核心模块都以类的形式封装在 Arena 类库中,以动态链接库(dynamic-link library, DLL)的形式表现,在任何开发环境中都可以引用这些动态链接库,继而使用 Arena 的所有模块来达到控制整个仿真模型和仿真运行过程的目的。

相对于其他的仿真软件, Arena 具有以下特点:

(1) 学术性强。Arena 能全面深入地体现了系统仿真的有关理论,因此在学术界应用较广。

(2) 简单易用。Arena 采用可视化建模和运行环境,这一点和多数仿真软件类似。

(3) 友好稳定。相对于 Flexsim、eM-Plant 等仿真软件, Arena 的友好性体现在数据输入、输出及模型调试等方面;由于软件很成熟,而且模型中不能直接使用指针,所以系统更加稳定。

(4) 应用方案模板。Arena 将一些常用的仿真逻辑封装在 Block(块,模块)中,相关的 Block 集成在 Template(模板)中(应用方案模板, AST)。模板有不同的级别,越高级的模板功能越丰富,构建模型的效率也越高,但是越不灵活;越低级的模板功能越单一,构建模型的效率也越低,但是越灵活。有些高级 Block 可以通过低级 Block 组合而成。一般应用高级模板即可方便快捷地构建仿真模型,对于非常复杂的仿真模型才需要用到低级模板。Arena 中的模板有近 20 个,封装好的仿真逻辑模块有二三百个,可以直接用于构建仿真模型。

(5) 模板开发环境。Arena 提供了用户自定义模板的开发功能,用户可以根据需要自己定制 Block 和 Template,从而解决了仿真过程中相同或相似流程的重复建模,极大地增强了模板的可重用性和实用性。模板开发环境拉近了模型与实际系统之间的距离,使仿真模型具有直观性和易理解性,而且整个仿真模型的开发具有更高的可扩充性,为仿真大型、复杂系统提供了极为方便的手段。

(6) 面向仿真过程的开发。基于面向对象的思想和结构化的建模概念,将专用仿真语言的灵活性和仿真器的易用性很好地融合到一起,直接面向实际业务流程构建仿真模型,符合常规的思维习惯。

(7) 分层建模。Arena 通过使用层次化的建模体系,来保证灵活地进行各个水平上的仿真建模。Arena 建模体系的第一层是各种过程语言(如 VB、C/C++),常用于复杂建模过程。第二层是基础模板即 SIMAN 模板,包括 Blocks 模板和 Elements 模板。它们由 SIMAN 语言编写,继承了 SIMAN 语言灵活建模的特点。第三层是最新开发的通用模板即 Arena 模板,包括 Advanced Process 模板、Advanced Transfer 模板和 Basic Process 模板。第四层是应用方案模板(简称 AST),应用这些模板可以使用户在特定领域进行更加合理的仿真建模。Arena 建模体系的最高层是根据企业自身的需求进行用户自定义模板的开发。Arena 正是通过可视化的仿真环境将各层次的建模方法交替使用,获得不同的建模能力。由此可见,Arena 提供了一个可以适用于各种建模水平的仿真环境,兼备易用性和灵活性两方面的优点。

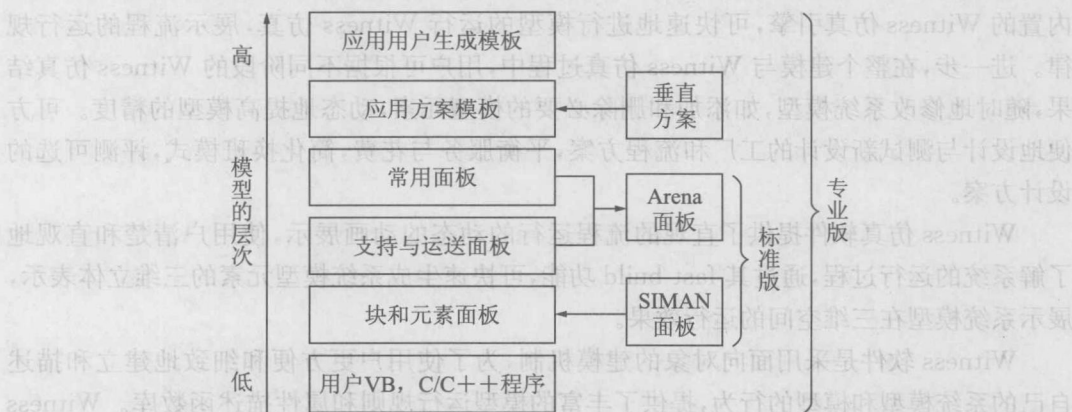


图 1.2 Arena 的层次建模结构

对于大型复杂系统,可以从宏观到微观、从抽象到具体,逐层建立相应的仿真子模型,然后再组合成一个完整的仿真模型。这给大型复杂系统的建模带来了极大的方便。

(8) 输入分析器、过程分析器和输出分析器。输入分析器(input analyzer)用来进行输入数据概率分布函数的拟合,可以使输入数据的分析变得简捷方便。过程分析器(process analyzer)主要用于比较不同模型中具体参数或者同一模型中的多次仿真中具体参数的值,并以各种图表的形式提供比较的结果。输出分析器(output analyzer)包括对输出数据的多样显示功能和强大的数理统计分析,以确保输出分析的准确性和可靠性。

(9) 外部接口和定制技术。Arena 与 AutoCAD 和其他的图形设计软件有着直接的联系,支持 DXF 格式的文件,还支持很多 AutoCAD 的新对象,及对 XML 格式文件的读写。Arena 提供了 VBA 接口,可以编程实现和其他任何支持定制技术的软件集成。同