

现代物流技术丛书


徐瑞华 主编

运输与物流系统仿真



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

现代物流技术丛书

- 
- ⊙ 现代物流导论
 - ⊙ 物流项目管理
 - ⊙ 物流系统规划
 - ⊙ 现代物流管理技术
——建模理论及算法设计
 - ⊙ 物流信息系统
 - ⊙ 国际物流管理
 - ⊙ 物流工程
 - ⊙ 运输与物流系统仿真

ISBN 978-7-5608-3964-6



9 787560 839646 >

定价：25.00元

本书以物流系统仿真技术为研究对象，介绍了物流系统仿真的基本概念、原理、方法和应用。全书共分8章，主要内容包括：物流系统仿真的基本概念、物流系统仿真的原理、物流系统仿真的方法、物流系统仿真的应用、物流系统仿真的案例、物流系统仿真的展望等。本书可作为高等院校物流管理专业及相关专业的教材，也可供从事物流系统仿真的工程技术人员参考。

运输与物流系统仿真

徐瑞华 主编

中国版本图书馆CIP数据

运输与物流系统仿真 / 徐瑞华主编. — 上海: 同济大学出版社, 2008.3

ISBN 978-7-308-38814-4

ISBN 978-7-308-38814-4
I. 运... II. 徐... III. 运输—高等学校—教材④物流—高等学校—教材④物流—高等学校—教材④物流—高等学校—教材④物流

ISBN 978-7-308-38814-4
I. 运... II. 徐... III. 运输—高等学校—教材④物流—高等学校—教材④物流

ISBN 978-7-308-38814-4
I. 运... II. 徐... III. 运输—高等学校—教材④物流—高等学校—教材④物流

中国版本图书馆CIP数据
I. U191.3 B525
中国版

中国版

中国版本图书馆CIP数据
I. U191.3 B525
中国版

运输与物流系统仿真

徐瑞华 主编

责任编辑 徐瑞华 封面设计 徐瑞华

同济大学出版社 同济大学出版社

(地址: 上海市四平路1279号)

邮编: 200072 电话: 021-64931000



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

定价: 32.00元

内容提要

近年来,系统仿真在交通运输与物流领域得到了广泛的应用。系统仿真涉及系统工程、建模理论、计算机技术、网络技术、图形图像技术、软件工程与自动控制等相关知识。本教材以系统仿真技术在交通运输与物流系统的规划与管理中的应用为背景,重点介绍了系统仿真的基本概念、步骤和程序、建模方法、随机变量的生成、离散事件系统的仿真、仿真结果分析、仿真模型的验证和确认、仿真实验设计及优化以及部分应用软件系统。

本教材可作为交通运输、物流工程、交通工程专业本科生及研究生的教材,也可作为管理工程、工业工程等专业的教学参考书以及从事交通运输、物流领域工作的人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

运输与物流系统仿真/徐瑞华主编. —上海:同济大学出版社,2009.2

(现代物流技术丛书)

ISBN 978-7-5608-3964-6

I. 运… II. 徐… III. 交通工程—系统工程—系统仿真—高等学校—教材②物流—系统仿真—高等学校—教材
IV. U491.2 F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 014808 号

现代物流技术丛书

运输与物流系统仿真

徐瑞华 主编

责任编辑 马继兰 责任校对 杨江淮 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 9.25

印 数 1—3100

字 数 231000

版 次 2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3964-6

定 价 25.00 元

前 言

系统仿真在应用需求和有关学科发展的推动下,在工业、农业、商业、教育、军事、交通、社会、经济、医学、娱乐以及生活服务等众多领域中得到了广泛的应用,并发展成为人们认识和改造客观世界的一项通用性技术。国际上一致认为,系统仿真是“迄今为止最为有效、经济的综合集成方法”,是“推动科技进步的战略技术”。今天,在工程或非工程领域的系统规划、分析、设计、实施、维护、管理、人员培训等众多方面,掌握系统仿真方法、运用系统仿真工具已经成为基本技能需求。

系统仿真技术近年来在交通运输与物流领域也得到了广泛的应用,其重要性日益为人们所认识。随着计算机技术的迅速发展,系统仿真技术在运输与物流系统的规划和管理中将起到更加重要的作用。运用系统仿真技术,可以对运输与物流系统的规划、设计和管理进行分析和决策,特别是对存在众多随机变量及复杂逻辑关系的交通运输离散事件系统,它更具有十分重要的作用和意义。

系统仿真作为一门交叉学科,涉及系统工程、建模理论、计算机技术、网络技术、软件工程、自动控制等相关知识。本书在内容组织上,以系统仿真技术在交通运输与物流系统的规划、设计与管理中的应用为背景,重点介绍了系统仿真的基本概念、步骤和程序、建模方法、随机变量的生成、离散事件系统仿真、仿真结果分析、仿真实验设计及优化以及部分应用实例。

本书可作为交通运输、物流工程、交通工程专业本科生的基础课教材,也可作为管理工程、工业工程以及相关专业的教学参考书。

本书由徐瑞华任主编,负责全书统稿,参加编写人员有谢超、卜雷、滕靖。在本书编写过程中,编者参考并引用了国内外专家学者的教材、著作以及研究成果,在此表示衷心的感谢。

由于本书涵盖内容较多,加之编写时间较紧和编者业务水平所限,在全书内容组织和文献资料取舍方面,难免存在疏漏之处,热诚欢迎学术界同仁及各位读者批评指正。

编 者

2008年12月于同济大学

目 录

前言	(1)
1 绪论	(1)
1.1 系统与系统模型	(1)
1.1.1 系统的定义、特性和分类	(1)
1.1.2 系统模型	(1)
1.1.3 系统模型的结构	(2)
1.2 系统仿真	(3)
1.3 系统仿真的步骤	(4)
1.4 系统仿真的应用和发展	(6)
2 系统仿真模型基础	(10)
2.1 系统仿真的简单实例——排队系统的仿真	(10)
2.2 系统仿真的基本概念	(13)
2.3 系统仿真的类型	(16)
2.4 系统仿真模型建立的基本原则	(18)
3 随机数的产生方法	(20)
3.1 均匀分布随机数的产生方法	(20)
3.1.1 $[0,1]$ 上均匀分布随机数的性质	(20)
3.1.2 $[0,1]$ 上均匀分布随机数的生成方法	(20)
3.1.3 $[0,1]$ 上均匀分布随机数的数学生成方法	(22)
3.1.4 $[0,1]$ 上均匀分布伪随机数的检验	(24)
3.2 非均匀分布随机数的产生方法	(26)
3.2.1 反变换法	(26)
3.2.2 组合法	(28)
3.2.3 舍选法	(32)
3.2.4 近似法	(33)
3.2.5 表搜索法	(34)
4 离散事件系统仿真	(38)
4.1 概述	(38)
4.2 离散事件系统仿真模型的建立方法	(38)
4.2.1 仿真目的	(38)

4.2.2	描述系统	(39)
4.2.3	仿真系统分析清单	(41)
4.3	离散事件系统仿真实例	(41)
4.3.1	系统分析	(41)
4.3.2	系统活动及描述变量	(42)
4.3.3	相互关系及状态转移	(44)
4.3.4	超市仿真模型清单	(45)
4.4	离散事件系统仿真的流程管理	(46)
4.4.1	仿真时钟	(47)
4.4.2	时间进程管理	(47)
4.4.3	同时事件管理	(48)
4.4.4	排队规则	(50)
4.5	离散事件系统仿真的输出函数	(50)
5	仿真输出结果分析	(53)
5.1	概述	(53)
5.2	系统性能测度的点估计与区间估计	(54)
5.2.1	系统性能测度的点估计	(54)
5.2.2	系统性能测度的区间估计	(54)
5.3	终态仿真的置信区间	(55)
5.3.1	置信区间的获取	(55)
5.3.2	获取规定精度的置信区间	(56)
5.4	稳态仿真的置信区间	(58)
5.5	多方案仿真结果的比较	(59)
5.5.1	两种系统方案的仿真比较	(59)
5.5.2	从 k 个系统中选择最好方案	(62)
5.6	仿真结果的方差缩减技术	(63)
5.6.1	公共随机数法	(64)
5.6.2	对偶变量法	(65)
5.6.3	控制变量法	(66)
6	仿真模型的确认与拓展	(69)
6.1	仿真模型的验证	(69)
6.2	仿真模型的确认	(70)
6.3	仿真输出与实际系统观察结果的对比统计方法	(71)
6.4	系统仿真与专家系统	(72)
7	仿真实验设计与优化	(76)
7.1	概述	(76)

7.2 单因子完全随机化仿真实验设计	(77)
7.2.1 概述	(77)
7.2.2 单因子方差分析	(77)
7.2.3 固定效应模型	(79)
7.3 多因子完全随机化仿真实验设计	(82)
7.3.1 概述	(82)
7.3.2 2^m 析因实验设计	(82)
7.3.3 析因实验的方差分析	(84)
8 系统仿真在交通运输与物流系统中的应用	(88)
8.1 轨道交通运输组织仿真	(88)
8.1.1 概述	(88)
8.1.2 Railsys 轨道交通仿真软件概述	(91)
8.1.3 Railsys 轨道交通仿真软件应用案例	(92)
8.2 道路交通仿真技术	(107)
8.2.1 概述	(107)
8.2.2 VISSIM 交通仿真软件	(108)
8.2.3 VISSIM 微观交通仿真软件应用案例	(109)
8.3 物流系统仿真	(124)
8.3.1 概述	(124)
8.3.2 ISim 库存仿真系统	(130)
附录 A t 分布的临界点	(136)
附录 B 正态分布函数	(137)
参考文献	(139)

1 绪 论

1.1 系统与系统模型

1.1.1 系统的定义、特性和分类

1. 系统的定义

系统是指由多个相互依赖、相互作用、共同配合实现预定功能要素的有机集合体,这些要素可以是物理形态,可以是管理的一定阶段,也可以是子系统或更低层次的组成部分。

2. 系统的特性

一般地说,系统具有如下的特性。

(1) 整体性

一个系统是由两个或两个以上的有效工作环节(或子系统)组合而成。这些组成部分虽然具有一定的相对独立性,但更重要的是,它们是根据逻辑统一性的要求,相互联系构成一个有机整体。系统是一个复杂的整体,为了便于管理与控制,往往把系统整体分解成一个多层次结构,以提高系统的有序性。

(2) 关联性

要使一个系统有效地履行它的功能,它的各个子系统之间必然是相互联系和相互作用的。这表现为某个子系统从别的子系统接受输入而产生有用的输出,这个子系统的输出又往往成为另外的子系统的输入。各个子系统之间产生一定的物质流动、信息流动以及信息反馈关系。

系统的关联性还表现为各个子系统之间存在着一定的逻辑关系。

(3) 目的性

系统具有目的性,它履行特定的功能,实现既定的目标。

(4) 环境适应性

任何系统都有一定的边界和环境,它与周围的外部环境产生一定的联系和相互作用,从环境接受各种影响(包括正常输入以及随机干扰),经过系统的转换,产生一定的输出,从而进一步对外部环境产生影响。外部环境及内部环境是经常变化的,为了使系统达到优化,必须对系统进行相应的调节,使之适应环境的变化。

3. 系统的分类

系统可分成很多类。如确定性系统和随机性系统,连续性系统与离散性系统,简单系统与复杂系统,线形系统与非线形系统,自然系统与“人造”系统,开放系统与封闭系统,静态系统与动态系统,等等。

1.1.2 系统模型

1. 系统模型的概念

系统模型是对现实存在的某个系统或计划建立的系统的抽象描述,即一个现实系统的抽象化。建立系统模型的目的在于指明系统的主要组成部分以及它们之间的数学逻辑关系。模

型,其本质是一组说明,这些说明可以产生与真实系统相应的行为数据;说明可由文字、符号、图形和数学公式组成;系统模型在我们所研究的问题范围内更普遍、更集中、更深刻地反映了现实系统的特征和变化规律。

2. 系统模型的分类

1) 按照表现形式分类

(1) 描述性模型:运用文字形式简明地阐述系统的构成、所处的环境、主要功能和研究目的,等等。

(2) 物理模型:用实物表示的模型。

(3) 数学逻辑模型:用数学逻辑关系抽象地表述系统中各种变量及其相互关系。

(4) 流程图和图解式模型:用流程图或图解的形式描述系统组成部分之间的基本逻辑关系。

(5) 计算机程序:运用通用的计算机程序语言或专用仿真语言编写的计算机程序。

2) 按照系统状态变化分类

(1) 静态模型:系统状态不随时间而发生变化的模型。

(2) 动态模型:系统状态随时间而变化的模型。

3) 按照系统变量的变化规律分类

(1) 连续型模型:系统变量随时间呈连续性的变化。

(2) 离散型模型:系统变量随时间呈离散性的变化。

4) 按照是否包含随机因素分类

(1) 确定性模型:不涉及随机变量,系统在某一时刻的新状态完全由系统的初始状态以及相应的活动所决定。也即在一定的输入下,产生一定的输出结果。

(2) 随机性模型:包含有随机变量,在既定的条件和活动下,系统从一个状态转换为另一个状态,不是确定性的,而是具有随机性质,遵循一定的分布规律。

1.1.3 系统模型的结构

1. 基本结构

系统模型的基本结构可用如下的数学形式表示:

$$E=f(x_i, y_i) \quad (1-1)$$

式中, E 为系统的工作性能; x_i 为可以控制的变量和参数,能够由决策者加以控制和利用,以便使模型获得优化解,通常决策变量是 x_i 的主要部分; y_i 为不可控制的变量或参数,往往不能为决策者所控制,在某种程度上表达了系统模型的环境,作为模型的输入信息反映其对模型解的影响; $f(\cdot)$ 为 E 与 x_i, y_i 间的函数关系。

2. 系统模型的构成

一般而言,系统模型由下述因素及其组合构成:组成要素、变量、参数、函数关系、约束条件、目标函数。下面分别进行讨论。

1) 组成要素

组成要素是指所研究系统的组成部分,也即系统的要素或子系统。一个系统是一组相互独立、相互作用以某种形式联合起来实现特定功能的实体集合。因此,组成要素是构成系统的实体。

2) 参数

参数是指模型运算部分能赋予任意值的一个量度(系数)。与变量不同,对于一定形式的函数它只能赋予定值,即参数一经设定即保持不变。

3) 变量

在系统模型中,有两类变量:外生变量和内生变量。

外生变量,又称为输入变量,它起源或产生于系统外部,即由外部原因引起的。

内生变量是在系统内部产生的,即由内部原因引起。内生变量又进一步划分为状态变量和输出变量,前者表明它们在系统内部的状态或条件,后者是指离开系统时的状态。

根据变量的相互依赖关系,变量可以划分为自变量和因变量。在系统仿真中,主要的自变量通常为仿真时间,而因变量则会随着系统环境及仿真目的不同而各不相同。

4) 函数关系

函数关系描述一个系统的变量和参数在系统的组成部分或组成部分之间的相互关系。它可以是确定性的,也可以是随机性的。确定性函数关系是当输入一经确定,则输出也唯一确定;而随机性函数关系是在既定的输入情况下,仍会产生不确定的输出。这两类函数关系都以输入变量以及状态变量的数学方程形式出现,它们可以由统计方法和数学分析法进行假设和推断。

5) 约束条件

约束条件体现了对变量数值或可供分配或消耗的资源限制。

6) 目标函数

目标函数是评价系统性能的准则。根据决策策略和目的的不同,目标函数可以是单目标的或多目标的。通过系统模型以及仿真实验,我们能够获得优化系统目标函数的最优解或者接近于最优解的较优解。

3. 系统建模的基本要求

系统建模很大程度上取决于建模者的知识、经验和技巧。建模不仅是一种创造性劳动,而且也是一种艺术。系统建模应达到如下的基本要求。

1) 模型要有一定的精度:虽然模型只是真实系统的一种近似,但其近似程度应达到能使反映系统实际的精确程度满足研究目的的要求。

2) 模型要力求简明:在保证足够精度的前提下,力求模型简单,结构清楚,便于使用。

1.2 系统仿真

1. 系统仿真的定义

系统仿真就是在建立数学逻辑模型的基础上,通过计算机实验,对一个系统按照一定的决策原则或作业规则由一个状态变换为另一个状态的动态行为进行描述和分析。

2. 系统仿真的实质

由系统仿真的上述定义,可以看出其实质如下:

1) 仿真是一种数值技术

对于大多数具有随机因素的复杂系统,往往很难甚至无法用准确的数学模型表述,从而也无法采用解析的方法求解,于是系统仿真通常成为解决这类问题的好方法。

2) 仿真是一种人工实验手段

通过仿真实验我们能够对所研究的系统进行类似于物理实验、化学实验那样的实验,它和现实系统的主要差别在于仿真实验依据的不是现实系统本身及其所存在的实际环境,而是作为系统映象的系统模型以及相应的人工环境。显然,仿真结果的正确程度完全取决于仿真模型和输入数据是否客观地、正确地反映现实系统。

3) 仿真主要依靠计算机实现

由于计算机可以加速仿真过程和减少误差,因此计算机仿真在整个系统仿真中占据着非常重要的地位。

4) 仿真能够反映系统的动态变化

尽管在系统仿真中,我们要研究某些特殊时间点的系统状态,但一般来说,仿真是对系统状态在时间序列中的动态写照。

5) 仿真能够解决系统的随机性问题

大多数的管理系统仿真属于随机性系统仿真。但是这并不排除在某些情况下,为简化起见,我们可以采用确定性系统仿真来处理所研究的问题。

3. 系统仿真在管理决策中的作用

系统仿真作为一种辅助管理决策和系统设计的现代化管理技术,具有以下几方面的作用:

1) 深入了解和改进现有的实际运行系统

如果在实际系统中进行实验,往往要花费大量的人力、物力、财力和时间,有时甚至是不可能的。采用计算机仿真,可以使系统正常工作不受干扰,通过仿真实验和结果分析,对现有系统在拟定工作条件下的性能作出正确的分析与评价,并预测其未来发展,提出改进方案。

2) 评价分析新系统

对于所设计的新系统,在未能确定系统优劣的情况下,可以不必大规模投资去建立它,而是采用计算机仿真,对新系统的可行性和经济效益作出正确的评价,帮助人们选择最优或较优的系统设计方案。

3) 在不同决策方案中择优

在宏观与微观管理决策中,通过收集、处理和分析有关信息,可能拟定多个不同的决策方案,它们具有不同的决策变量和参数组合。针对这些不同的决策方案,进行计算机多次仿真运行,按照既定的目标函数对不同的决策方案进行分析比较,从中选出最优方案,辅助管理决策。

在交通运输和物流系统的规划、设计和管理中,有很多系统问题,如铁路编组站的作业组织、列车运行、动态交通分配、信号交叉口车辆运动、仓储规模与库存管理、物料运输调度、物流成本估算等,需要运用系统仿真的方法进行研究解决。

1.3 系统仿真的步骤

一般地说,系统仿真需要经过问题描述和系统定义、建立系统模型、收集和整理数据资料、建立仿真模型并编制程序、调试程序确认模型、实验设计、计算机仿真运行、输出结果分析、建立文档、实施仿真决策等步骤,如图 1-1 所示。

1. 问题描述和系统定义

这是系统仿真的首要阶段。在进行系统仿真前,必须对将研究的问题进行正确的定性或定量分析,明确系统仿真的目的和任务。在这一阶段中要正确定义所研究的系统边界、组成和环境,正确决定评价仿真方案优劣的准则,即衡量系统性能或输出结果的目标函数。这个阶段

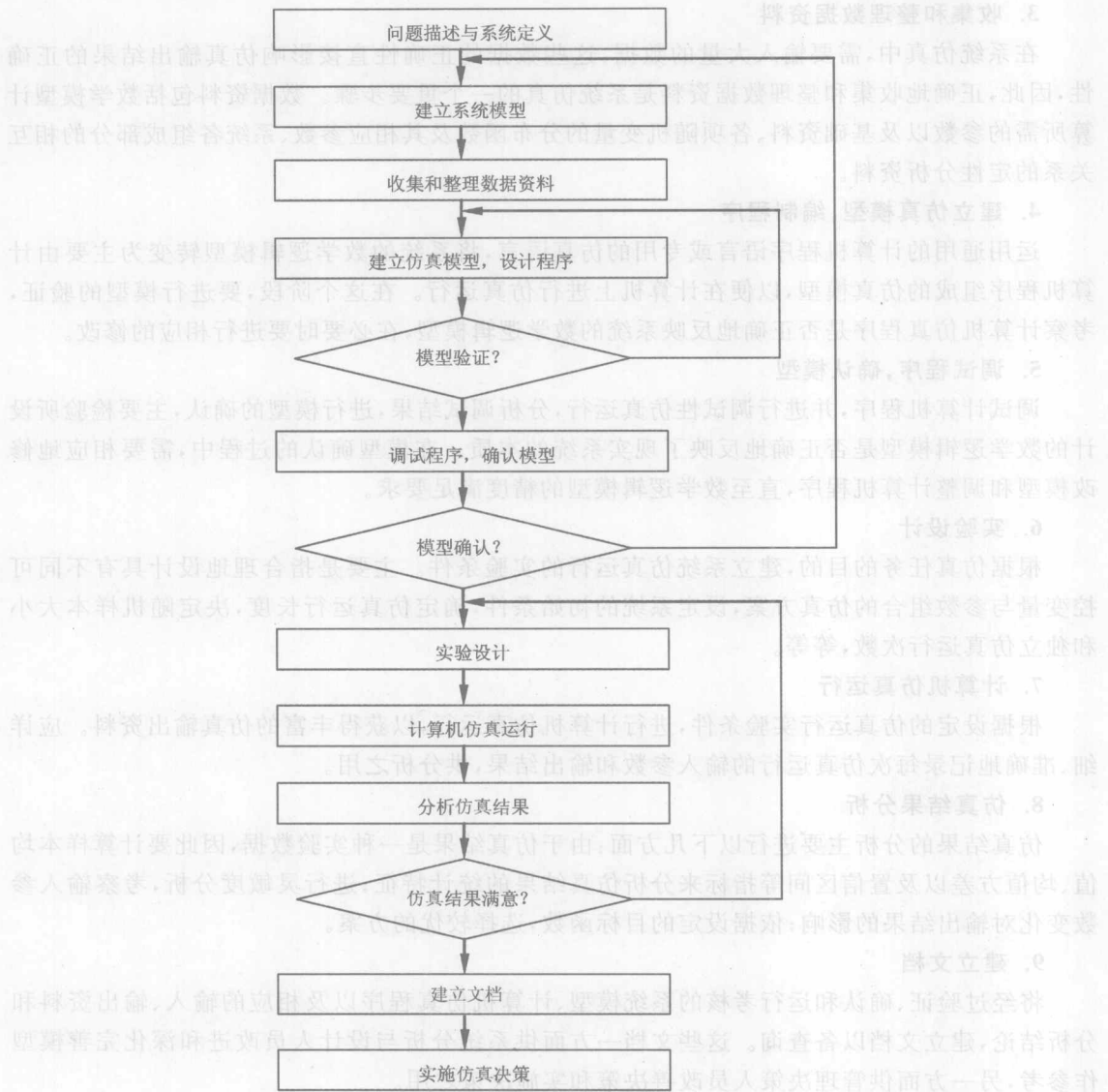


图 1-1 系统仿真的步骤

工作的好坏,将直接影响到系统仿真的质量和效率。

2. 建立系统模型

根据系统结构、管理决策原则和作业规则,分析系统及各组成部分的状态变化和参数之间的数学逻辑关系,在此基础上建立所研究系统的数学逻辑模型。系统模型应该正确反映实际系统的本质,并且要繁简适宜。模型过于简化,无法全面、真实地反映实际系统,达不到研究系统的目的。模型过于详细,又会使模型显得繁琐,弱化了影响系统状态变化的主要因素,问题难以求解。因此,在建立系统模型时,可先建立考虑系统主要因素较为简单的模型,以后再逐步进行补充和完善。

3. 收集和整理数据资料

在系统仿真中,需要输入大量的数据,这些数据的正确性直接影响仿真输出结果的正确性,因此,正确地收集和整理数据资料是系统仿真的一个重要步骤。数据资料包括数学模型计算所需的参数以及基础资料、各项随机变量的分布函数及其相应参数、系统各组成部分的相互关系的定性分析资料。

4. 建立仿真模型,编制程序

运用通用的计算机程序语言或专用的仿真语言,将系统的数学逻辑模型转变为主要由计算机程序组成的仿真模型,以便在计算机上进行仿真运行。在这个阶段,要进行模型的验证,考察计算机仿真程序是否正确地反映系统的数学逻辑模型,在必要时要进行相应的修改。

5. 调试程序,确认模型

调试计算机程序,并进行调试性仿真运行,分析调试结果,进行模型的确认,主要检验所设计的数学逻辑模型是否正确地反映了现实系统的本质。在模型确认的过程中,需要相应地修改模型和调整计算机程序,直至数学逻辑模型的精度满足要求。

6. 实验设计

根据仿真任务的目的,建立系统仿真运行的实验条件。主要是指合理地设计具有不同可控变量与参数组合的仿真方案,设定系统的初始条件,确定仿真运行长度,决定随机样本大小和独立仿真运行次数,等等。

7. 计算机仿真运行

根据设定的仿真运行实验条件,进行计算机仿真运行,以获得丰富的仿真输出资料。应详细、准确地记录每次仿真运行的输入参数和输出结果,供分析之用。

8. 仿真结果分析

仿真结果的分析主要进行以下几方面:由于仿真结果是一种实验数据,因此要计算样本均值、均值方差以及置信区间等指标来分析仿真结果的统计特征;进行灵敏度分析,考察输入参数变化对输出结果的影响;依据设定的目标函数,选择较优的方案。

9. 建立文档

将经过验证、确认和运行考核的系统模型、计算机仿真程序以及相应的输入、输出资料和分析结论,建立文档以备查询。这些文档一方面供系统分析与设计人员改进和深化完善模型作参考,另一方面供管理决策人员改善决策和实施决策之用。

10. 实施仿真决策

将经过计算机仿真实验辅助作出的管理决策实施。

1.4 系统仿真的应用和发展

系统仿真在应用需求的牵引和有关学科发展的推动下,已经发展成为一项能在工业、农业、商业、教育、军事、交通、社会、经济、医学、娱乐、生活服务等众多领域广泛采用的技术,并发展成为人们认识和改造客观世界的一项通用性技术。国际上一致认为系统仿真是“迄今为止最为有效、经济的综合集成方法”,是“推动科技进步的战略技术”。今天,在工程或非工程领域的系统规划、分析、设计、实施、维护、管理、人员训练等众多方面,掌握系统仿真方法、运用系统仿真工具已经成为基本技能需求。

系统仿真技术近年来在交通运输与物流领域也得到了广泛的应用,重要性日益为人们所

认识。下面对系统仿真在交通运输与物流领域中的运用作一简单介绍。

1. 系统仿真的应用

1) 交通运输系统

以铁路运输系统为例,运输组织系统仿真的目标是建立基于路网的铁路运输仿真实验平台,在计算机上构造铁路运输生产布局与运输环境,仿真活动设备在固定设备上的移动过程,在不同程度上实现对路网条件下铁路运输生产状况和过程的动态仿真。利用仿真实验,可以对与列车运行组织的相关问题,如设备配置、运输组织方法和作业计划实施进行方案预测、评估、分析或检验。

2) 道路交通系统

道路交通仿真是复现道路交通流时间空间变化的技术,可分为宏观仿真、中观仿真和微观仿真,其中宏观仿真对交通系统的要素及行为的细节描述较为粗略,交通流可以通过流密速关系等一些集聚性的宏观模型来描述;中观仿真对交通系统的要素及行为的细节描述程度较高,对交通流的描述往往以若干辆车构成的队列为单元,能够描述队列在路段和节点的流入流出行为,对车辆的车道变换之类的行为也可以简单的方式近似描述;微观仿真对交通系统的要素及行为的细节描述程度最高,对交通流的描述是以单个车辆为基本单元的,车辆在道路上的跟车、超车及车道变换行为等微观行为都能得到较真实的反映。

3) 物流系统

在物流系统研究中,系统仿真技术主要应用于物流系统规划与设计、仓储规模与库存管理、物料运输调度、物流成本估算以及对物流系统进行可靠性分析等。

2. 系统仿真的发展

计算机仿真技术是一项应用技术,由于近年来计算机、网络、图形图像、多媒体、软件工程、信息处理等技术发展的促进,计算机仿真技术发展十分迅速。仿真技术发展的方向主要集中在以下几方面。

1) 面向对象仿真(Object-Oriented Simulation) 与基于 Multi-Agent 技术的仿真

面向对象仿真在理论上突破了传统仿真方法的观念,它根据组成系统的对象及其相互作用关系来构造仿真模型,模型的对象通常表示实际系统中相应的实体,从而弥补了模型与实际系统之间的差距,而且分析、设计和实现系统的观点与人们认识客观世界的自然思维方式极为一致,因而增加了仿真研究的直观性和易理解性。

面向对象的仿真具有内在的可扩充性和可重用性,因而为仿真大规模复杂系统提供了极为方便的手段。面向对象的仿真容易实现与计算机图形学、人工智能/专家系统和管理决策科学的结合,从而可以形成新一代面向对象的仿真建模环境,更便于在决策支持和辅助管理中推广和普及仿真决策技术。

Agent 是指能够在复杂环境中执行任务的自治实体,多 Agent 技术是当今计算机科学领域、信息工程领域和网络通信领域十分活跃的前沿方向之一,以其高度的并发性、强大的建模能力、对分布环境的适应性和良好的可扩充体系结构,得到广泛的应用。Agent 是并发执行的自主实体,具有逻辑规范的推理系统,采用语言行为协议和消息传递方式相互通信。Agent 成员之间相互协同,相互服务,共同完成一个任务,其自身的目标和行为不受其他 Agent 成员的限制,它通过竞争或协商等手段协调解决各 Agent 成员的目标和行为之间的矛盾和冲突。

2) 可视化、多媒体与虚拟现实仿真技术

面向对象的仿真方法,提供了更为自然、直观的系统仿真框架,实施框架则要进一步探讨创建高逼真感觉的信息环境,使真实化环境、模型化的物理环境与用户融为一体,使研究主体的人产生身临其境的感觉,这种人机和谐的仿真环境的探索已广泛展开,诸如可视仿真(Visual Simulation),多媒体仿真(Multimedia Simulation),虚拟现实(Virtual Reality)等。

通过可视仿真,数据及其他形成的信息通过可视化处理创建仿真分析环境或仿真虚拟环境,可使参试人员通过视觉信息掌握系统中变量之间、变量与参数之间、变量与外部作用之间的变化关系,直接了解系统的静态与动态特性,通过信息系统展示的动态变化规律,深化对系统模型概念化和形象化的理解,而且可能获得启发和灵感,发现数据信息不能展示的现象。

通过多媒体仿真,利用系统分析的原理和信息技术,以更接近自然的多媒体形式建立描述系统内在变化规律的模型,并在计算机上以多媒体的形式再现系统动态演变过程,从而获取有关系统的感性和理性认识。

通过虚拟现实,由计算机全部或部分生成的多维感觉环境,使参与者获得各种感官信号的刺激,如视觉、听觉、触觉等,产生身临其境的感觉,能体验、接受和认识客观世界中的事物。同时,人与虚拟环境之间可以进行多维信息的交互,参与者从定性和定量综合集成的虚拟环境中可以获得对客观世界中客观事物的感性和理性的认识,从而深化概念和建造新的构想和创意。

3) 分布式交互仿真(Distributed Interactive Simulation)

分布式交互仿真是计算机仿真技术与网络技术相结合的产物,是“采用协调一致的结构、标准、协议和数据库,通过局域网、广域网将分布在各地的仿真设备互联并交互作用,同时可由人参与交互作用的一种综合环境”。DIS系统在功能上主要有分布性、交互性、实时性、集成性和开放性等特点。

4) 智能仿真

计算机仿真与人工智能和专家系统的结合,使系统仿真进入了新的领域。知识库仿真系统可以达到领域专家处理问题的水平,自动建模与仿真程序生成可以取代部分仿真建模与编程人员的工作,智能化仿真决策系统可辅助决策人员进行科学决策。人工智能在与计算机仿真的关系表现为人工智能可以帮助人们进一步认识仿真,并利用人工智能技术实现智能建模、智能仿真和智能仿真查询应用,使计算机仿真技术进入一个新的智能化仿真的阶段。

随着计算机技术的迅速发展,系统仿真技术在交通运输与物流系统的规划和管理中也将起到更加重要的作用。运用系统仿真技术,可以对交通运输与物流系统的规划和管理进行分析和决策,特别是对存在多种随机性变量及复杂逻辑关系的交通运输离散事件系统,系统仿真技术更具有十分重要的作用。

系统仿真作为一门交叉学科,涉及系统工程、建模理论、计算机技术、网络技术、图形图像技术、软件工程、自动控制等相关知识。本书以系统仿真技术在交通运输与物流系统的规划与管理中的应用为指导,重点介绍系统仿真的基本概念、步骤和程序、建模方法、随机变量的生成、离散事件系统的仿真、仿真结果分析、仿真实验设计及优化以及部分应用实例。本书的内容组织上强调实用性,因此,读者学习和参考本书时,应注重系统仿真方法的实际运用,特别是在仿真建模、仿真系统开发及仿真结果分析等方面的实际训练,以达到应有的学习效果。

本章问题研讨

- 1-1 简述系统、系统模型的基本概念。
- 1-2 简述系统仿真的基本概念和实质。
- 1-3 结合某运输系统或物流系统,说明系统仿真的基本步骤。
- 1-4 简述系统仿真在管理决策中的主要作用。
- 1-5 分析系统仿真在运输与物流系统中应用的前景。

1.1 系统、系统模型的基本概念

系统是指由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。系统模型是对现实系统的抽象和简化表示。

1.2 系统仿真的基本概念和实质

系统仿真是指利用计算机技术，对现实系统的行为进行模拟和实验的过程。其实质是通过建立系统模型，在计算机上运行，观察系统的运行规律。

1.3 系统仿真的基本步骤

系统仿真的基本步骤包括：明确仿真目的、建立系统模型、设计仿真方案、运行仿真程序、分析仿真结果。

1.4 系统仿真在管理决策中的主要作用

系统仿真在管理决策中的主要作用包括：预测系统行为、评估决策方案、优化资源配置、降低决策风险。

1.5 系统仿真在运输与物流系统中应用的前景

随着物流行业的快速发展，系统仿真在运输与物流系统中的应用越来越广泛。未来，随着人工智能和大数据技术的发展，系统仿真的应用前景将更加广阔。