

高等学校通用教材

离散事件 系统模拟

于永利 朱小冬 张柳 编著

DISCRETE EVENT
SYSTEM SIMULATION

可靠性系统工程



北京航空航天大学出版社

离散事件系统模拟

于永利 朱小冬 张 柳 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

离散事件系统模拟是目前工程使用中最有用的方法之一。它对辅助系统设计、决策支持等都具有非常重要的作用。

本书全面系统地阐述了离散事件系统模拟的基本理论、建模步骤与方法。本书共分为十章：第一章阐述了系统模拟的基本概念和建立模拟模型的基本理论、方法、步骤及其在实际中的应用发展情况；第二章详细说明了离散事件仿真的基础——蒙特卡罗方法，介绍了它的基本思想以及随机数的生成与检验方法和随机变量的生成方法；第三章介绍了离散事件模拟的基本概念和模拟实例；第四章至第六章详细介绍了 GRASP 离散事件仿真方法，GRASP 方法在一般可靠性系统中的应用实例，以及 GRASP 建模仿真环境的具体使用；第七章至第八章阐述了 GPSS/PC 的方法、命令与指令块语句，以及 GPSS-F 的仿真程序与使用方法；第九章说明了模拟结果的统计与分析方法；第十章阐述了模拟模型的验证与确认方法以及模拟实验的优化设计。

本书可作为可靠性系统工程专业的高年级本科生和硕士研究生的教材和参考书，也可供系统工程、管理工程、计算机科学等其他专业的学生和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

离散事件系统模拟/于永利等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2003.11

ISBN 7-81077-401-8

I. 离… II. 于… III. 离散模拟 IV. O242.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 093776 号

离散事件系统模拟

于永利 朱小冬 张 柳 编著

责任编辑 王鑫光

责任校对 陈 坤

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpess@263.net

河北省涿州市新华印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:18.25 字数:467千字

2003年11月第1版 2003年11月第1次印刷 印数:4000册

ISBN 7-81077-401-8

定价:26.00元

前 言

离散事件系统模拟是近 30 年来得到迅猛发展的一项模拟技术。它广泛地应用于与之相关的各学科领域,是当前使用的运筹学方法中最有用处的方法之一。它对于分析现存或正在设计的系统具有非常重要的作用。

本书共分十章:第一章阐述系统模拟的基本概念和建立模拟模型的基本理论与方法;第二章介绍随机数的生成与检验方法、随机变量的生成方法以及蒙特卡罗方法;第三章介绍了离散事件动态系统模拟的有关概念,并给出了两个工程研究实例;第四至八章依次说明了 GRASP、GPSS/PC 和 GPSS—F 等模拟语言的工作机理、组成部分以及有关的应用;第九章阐述了模拟输出结果统计分析;第十章说明模拟模型的验证与确认的方法以及模拟实验设计。

本书由于永利教授(第一至三章和第四至六章部分)、朱小冬副教授(第七至十章)和张柳讲师(第四至六章部分)共同编写,由于永利教授统稿。

由于编者的水平所限,时间仓促,疏漏谬误之处在所难免,恳切希望读者批评指正。

编者

2003 年 9 月

目 录

第一章 系统模拟概述	(1)
第一节 系统的基本概念	(1)
第二节 系统模型	(4)
第三节 系统模拟的概念	(10)
第四节 系统模拟的术语和类型	(12)
第五节 系统模拟的步骤	(13)
第六节 系统模拟的应用与发展	(18)
习 题	(24)
第二章 蒙特卡罗方法	(25)
第一节 蒙特卡罗方法的基本思想	(25)
第二节 随机数的生成与检验	(26)
第三节 随机变量的生成	(35)
第四节 用蒙特卡罗方法求定积分	(44)
习 题	(46)
第三章 离散事件系统模拟	(47)
第一节 离散事件系统的基本概念	(47)
第二节 模拟实例	(51)
习 题	(65)
第四章 GRASP 建模	(66)
第一节 可靠性框图分析	(66)
第二节 GRASP 方法	(70)
第三节 状态转换图分析	(80)
习 题	(84)

第五章 一般可靠性系统的 GRASP 模型	(86)
第一节 无修理和替换的简单系统	(86)
第二节 具有替换、无修理的简单系统	(91)
第三节 可修并联系统	(98)
第四节 可修串联系统	(102)
第五节 旁联冗余系统	(104)
第六节 其它常见结构	(107)
第七节 考虑费用的实例	(110)
第八节 较为复杂的建模实例	(112)
习 题	(120)
第六章 GRASP 仿真环境及实例	(121)
第一节 GRASP 仿真环境概述	(121)
第二节 GRASP 仿真环境的使用	(121)
第三节 应用实例	(132)
第七章 GPSS/PC——微机上的 GPSS 语言	(161)
第一节 GPSS/PC 介绍	(161)
第二节 基本概念及术语	(164)
第三节 GPSS/PC 命令	(171)
第四节 GPSS/PC 指令块语句	(175)
习 题	(218)
第八章 GPSS—F 仿真语言简介	(220)
第一节 GPSS—F 仿真语言基本组成	(220)
第二节 主要模块的功能及其使用方法	(221)
第三节 仿真主程序	(230)
第四节 应用 GPSS—F 建立仿真模型	(231)
第九章 模拟结果的统计分析	(239)
第一节 模拟的类别和系统的性能测度	(239)
第二节 终态模拟的置信区间	(247)
第三节 稳态模拟的置信区间	(251)

第四节 多方案模拟输出的比较分析.....	(260)
第五节 方差缩减技术.....	(265)
习 题.....	(268)
第十章 模拟模型的确认和实验设计.....	(269)
第一节 模拟模型的验证.....	(269)
第二节 模拟模型确认的“三步法”.....	(270)
第三节 模拟输出与被动系统观察结果的统计处理方法.....	(273)
第四节 模拟的实验设计与优化.....	(275)
习 题.....	(281)
参考文献.....	(282)

第一章 系统模拟概述

系统模拟是一门新兴的技术学科。随着现代数学方法、计算机技术和模拟理论及其方法的迅速发展,它在工程系统工程和管理系统工程等领域里都得到了极为广泛的应用。

系统数字模拟是用数学模型代替实际系统,在数字计算机上进行实验和研究。作为本课程的开始,首先引入有关系统、模型和模拟的基本概念,并简要介绍数字模拟技术的发展和应用。

第一节 系统的基本概念

一、系统的定义

系统就是由多个相互依赖、相互作用、共同配合实现预定功能的要素组成的有机集合体。这里所说的要素,可以是物理形态的,如一台车床的传动箱、床身、底座、进给机构、尾架等;也可以是管理的一定阶段,如构成管理的基本职能的计划、组织、指导、协调和控制等阶段;还可以是子系统或更低层次的组成部分。

在可靠性工程、维修性工程中,系统^①一般定义为能够完成某项工作任务的设备、人员及技术的组合。一个完整的系统应包括在规定的工作环境下,使系统的工作和保障可以达到自给所需的一切设备及有关的设施、器材、软件、服务和人员。

二、系统的特性

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。

譬如,一个加工装配型的企业管理系统,一般由综合计划、经营销售、生产计划与控制、产品开发与研究、质量控制、财务与成本、物资供应与运输、劳动工资、人事教育、辅助生产等方面的子系统组成,它们互相之间紧密联系。

^① GJB451 的 3.1.1 节。

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资流动、信息流动以及信息反馈关系。图 1-1 说明了维修分队和器材管理单位的相互关系。

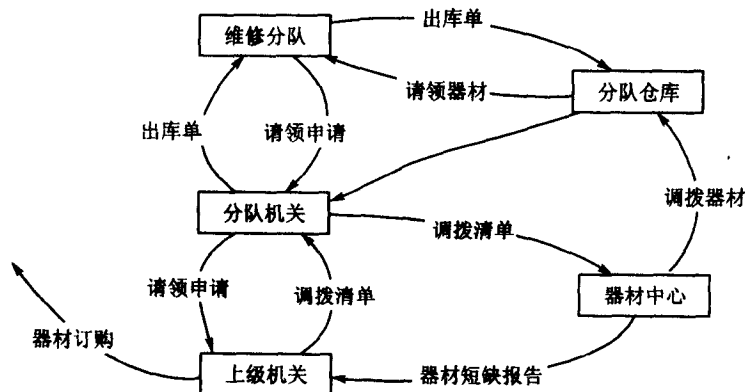


图 1-1 维修分队和器材管理单位的相互关系

系统的关联性往往表现为它的各个组成部分存在着一定的数学关系,这可以用相应的数学关系式来表达。譬如,一个分队仓库库存量与消耗量、请领量有着如下的关系:

$$\text{分队仓库库存量} = \text{仓库初始库存量} + \text{请领量} - \text{消耗量}$$

系统的关联还表现为它的各个子系统之间存在着一定的逻辑关系。譬如,一个网络计划系统,它的各个作业(或活动)和节点(或事项)有着一定的组织性的逻辑关系。我们用一定的逻辑模型去描述它,并且可以借助计算机模拟对网络计划系统求解。

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。譬如,一个装备的维修保障系统要合理地组织维修人员、维修资源、资金、信息等各种流程,有效履行对维修保障活动的各个环节的管理功能,以较少的人力、物力消耗保证装备具有较高的完好率,提高综合经济效益,努力使系统优化。

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,从而对外部环境产生影响。外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。

一个企业的生产与经营决策系统要经常密切注视与研究国家的有关发展经济和科技的方针政策 and 具体指令,国内外市场对产品的品种、质量和数量的需求,同行业竞争对手的生产与经营动向,新产品、新工艺、新材料和新技术的发展趋势等方面的动态变化,及时、正确地收集和处理大量来自企业外部和内部的生产经营信息,适时、机动地采取有效措施对系统进行调节,实现生产经营管理的优化决策。

三、系统的分类

分类的实质是从不同的角度判定系统所属的类型。系统的分类方法很多,现将几种常用系统分类概述如下:

1. 静态和动态系统

静态系统是被视为相对不变的,如处于平衡状态下的一根梁,若无外界的干扰,则其平衡力是一个静态系统。系统的状态可改变时称之为动态系统。如一个处于工作运行状态的计算机系统可以看成为一个动态系统,它的硬件由处理机、存储器、接口电路、外围设备和作业等几部分组成。作业在处理机中运行或使用外围设备,由于计算机分配给一个作业的资源改变,就会改变各部分之间相互关系,因此在作业以后运行的时间里就要改变系统的状态。这样的系统就属于动态系统。

2. 确定和随机系统

对于动态系统可以进一步分为两类,即确定系统和随机系统。一个系统的每个状态,若其连续的状态是惟一确定时,这个系统称为确定系统。随机系统是指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,这不是确定性的,而是带着一定的随机性质,也即相同的输入经过系统的转换过程会有不同的输出结果。比如,一个放射性的原子核就是一个随机系统,导致放射性裂变的状态是随机的,也就是说粒子的放射是无规律的。

3. 连续和离散系统

随时间的改变,其状态的变化是连续的系统称为连续系统,如一架飞机在空中飞行,其位置和速度相对于时间是连续改变的,这个系统就是连续系统。若系统状态随时间呈间断性改变或突然变化,则称其为离散系统。例如,一个计算机系统作业完成计算离开处理机,转到外围设备排队等待输出结果,这个系统就属于离散系统。

系统还可以按照不同方法标志进行分类。例如,按照管理系统所履行的功能可以将其划分为企业管理系统、物资管理系统、国民经济计划管理系统、工业管理系统、农牧渔管理系统、交通运输管理系统、邮电管理系统、建筑管理系统、教育管理系统、卫生与社会服务系统等等。

在本课程中主要研究的对象属于动态的、随机的离散型系统。

第二节 系统模型

一、系统模型的定义

系统模型是对一个现实存在的系统或拟建立系统的抽象描述,即是一个现实系统的抽象化。建立和运用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逻辑关系,以便于人们对系统的运动规律进行深入的分析研究。一般说来,系统模型在我们所研究的问题的范围内更普遍、更集中、更深刻地反映了现实系统的特征和变化规律。

二、系统模型的分类

系统模型按存在形式可以分为以下几类:

- (1) 描述性模型:运用文字形式简明阐述系统的构成、所处环境、主要功能和研究目的等。
- (2) 物理模型:如一个待研制的新产品的模型,一个工厂、车间、仓库、生产线的平面布置模型等。
- (3) 数学逻辑模型:它是系统的各种变量的数学逻辑关系的抽象表述。
- (4) 流程图和图解式模型:通常它们显示了系统组成部分相互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的模拟语言编写的计算机程序。

系统模型按照系统状态变化可以分为静态模型和动态模型。前者描述系统在某个特定时刻的状态;后者描述系统状态随时间的变化。模拟就是系统状态随时间变化的动态写照。

系统模型依照系统变量的变化规律可以分为连续型模型和离散型模型。在连续型模型中,系统变量随时间呈连续性的变化。在离散型模型中,系统变量随时间呈间断性的突然变化。

系统模型按是否包含有随机因素可以划分为确定性模型和随机性模型。在确定性模型中,不涉及随机变量,系统在某一时刻的新状态完全由系统的原状态以及相应的活动所决定,即在一定的输入下,产生一定的输出结果。在随机性模型中包含有随机变量,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,遵循一定的统计分布规律。图 1-2 反映了另一种模型分类的方法。

三、系统模型的结构

为了建立和研究系统模型,必须了解系统模型的一般结构。系统模型的基本结构用如下的数学形式表示:

$$E = f(x_i, y_i)$$

式中:

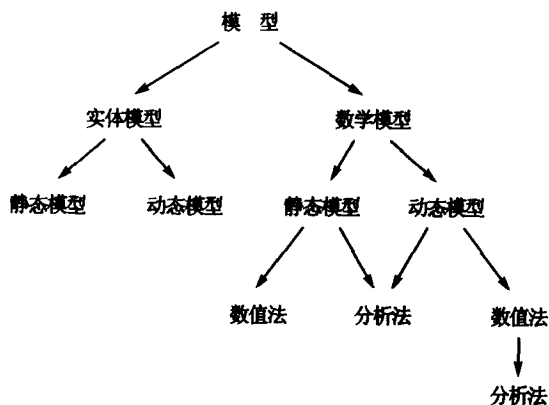


图 1-2 模型分类的方法

E ——系统的工作性能;

x_i ——可以控制的变量或参数,它们能够由决策者加以控制和利用,以便使模型解优化,通常,决策变量是 x_i 的主要部分;

y_i ——不可控制的变量或参数,它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理解的影响;

f ——产生 E 时 x_i, y_i 之间的函数关系。

一般说来,系统模型是由以下几方面的某种组合构成的:组成要素,变量,参数,函数关系,约束条件,函数目标。下面分别予以阐述:

1. 组成要素

它们是指所研究系统的组成部分,也即系统的要素或子系统。对一个机械制造工厂来说,它可能是在工厂内的车间、仓库、班组、工人、设备、产品、在制品、原材料、外协件等。我们把一个系统看成是一组相互独立、相互作用以某种形式联合起来去实现特定功能的实体的集合。按照这个观点,组成要素是构成系统的实体。

2. 参 量

参量指模型运算部分能够赋予任意值的一个量度(或系数)。与变量不同,对于一定形式的函数而言,它只能赋予定值,即参量一经设定即保持不变。譬如,对于泊松函数而言,随机变量 X 取值为 x 的概率为:

$$P\{X = x\} = \lambda^x e^{-\lambda} / x!$$

其中 λ 为分布函数的参量, x 为变量,而 e 为常数。

3. 变 量

在系统模型中,有两类变量:外生变量和内生变量。外生变量也称输入变量,它起源于或产生于系统外部,即由外部原因引起的;内生变量在系统内部产生,即由内部原因产生的。内

生变量又进一步分为状态变量和输出变量。状态变量表示在系统内的状态;输出变量表示离开系统的状态。

依照变量的相互依赖关系,变量也可分为自变量和因变量。在系统模拟中,主要的自变量通常为模拟时间,因变量则因模拟目的的不同而不同。

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,也可是随机性的。确定性函数关系是输入一经确定,则输出也惟一确定;而随机性函数关系是在既定的输入情况下,仍不会产生确定的输出。这两类函数关系都以输入变量以及状态变量的数学方程的形式出现,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或可供分配或消耗的资源限制。例如,对于一个军事问题而言,它的约束条件可能有:

- (1) 作战任务规模;
- (2) 作战环境;
- (3) 敌情;
- (4) 我军的武器装备;
- (5) 战略对军事的影响;
- (6) 国家科技水平与经济条件对军事问题的制约等。

6. 目标函数

目标函数是评价系统性能的准则。随着决策策略以及系统模拟目的的不同,目标函数可以是单目标的或多目标的。通过系统模拟拟订以及模拟试验,我们能够获得优化系统目标函数的最优解或者接近最优解的较优解。在设计与分析生产计划决策系统时,目标函数可能为下述项目中的一项或几项:

- (1) 较高的服务水平(或供货率);
- (2) 最大利润;
- (3) 最高生产率;
- (4) 最低产品成本或生产费用;
- (5) 最低废品率或最高优质品率;
- (6) 生产均衡率;
- (7) 最少流动资金占用量或流动资金周转天数;
- (8) 其它。

四、系统建模的方法概述

(一) 建模过程中的信息来源

建模就是对真实系统在不同程度上的抽象。这种抽象实际上是对真实系统的信息以某种适当的形式加以概括和描述,从而具体地确定出模型的结构和参数。

建模过程有三类主要的信息源:建模的目标和目的,先验知识,试验数据。

1. 目标和目的

对同一真实系统,由于研究的目的不同,建模目标也不同,由此形成同一系统的不同模型。因此,建模过程中准确地掌握建模目的和目标信息,对建模是至关重要的。

2. 先验知识

建模过程是以过去的知识为基础的。在某项建模工作的初始阶段,所研究的过程常常是前人经历过的,已经总结出了许多定论、原理或模型。这些先验知识可作为建模的信息源加以利用。

3. 试验数据

建模过程来源,还可通过对现象的试验和观测来获取。这种试验或观测,或者来自于对真实系统的试验,或者来自于在一个模拟器上对模型的试验。由于要通过数据来提供模型的信息,故要考虑使数据包含尽可能丰富的合适信息。并且要注意使试验易于进行,数据采集费用低,试验直截了当,可用少数几条原则来达到预期目的。

(二) 建模方法

1. 建模的一般方法

(1) 演绎法。这是一种运用先验信息的经典建模方法。它是在一些假设和原理的基础上,通过数学的逻辑演绎来建立有效而清晰的数学描述。这是个从一般到特殊的过程。此时,试验数据只被用来进一步证实或否定原始的原理。这种依赖先验知识,采用演绎方法推导进行建模的方法,通常称为白盒建模。这种方法存在的问题是:前提的选择关系到模型的成败。另外,实质不同的一组信息,可能得到表述相同的模型。

(2) 归纳法。这种方法从观测到的行为出发,试图推导出与观测结果相一致的更高一级的知识。因此,这是一个从特殊到一般的过程。归纳法从系统描述分类中最低一级水平开始,试图推断出较高水平的信息。由于已有的原始数据往往是有限的,因此,这种归纳的推导结果往往不是惟一的。

(3) 目标法。这种方法基于工程观点,着眼于建模目的。建模时,直接面向建模的特定目标。这种方法不容易将研究对象引入建模过程,而且往往因目标十分特殊而使模型局限性变得很大,因此没有普遍意义。

2. 基于各学科理论的具体方法

在不同的研究领域,长期以来,运用各领域所属学科的理论来研究本领域的系统已形成了

一套成熟的、实用的具体建模方法,大致可分为以下几类:

(1) 数学物理方法。根据数学和经典力学、热力学、流体力学、电磁场理论、结构力学、弹性力学等学科理论给出描述系统的微分方程、偏微分方程等数学模型。

(2) 控制理论方法。用控制理论给出系统的输入、响应、传递函数、状态方程,用以描述系统模型。

(3) 数学规划方法。采用排队论、线性规划等理论方法建立系统模型。

(4) 图与网络方法。采用功能键合图(Bond图)、方框图、信号流程图来描述控制系统模型,或者用逻辑流程图、活动循环图、关键路径法(CPM)、组合网络(CNT)、随机网络、Petri网等来描述离散事件系统模型。

(5) 随机理论方法。对于随机系统,还必须采用随机理论方法来建立系统模型。

值得注意的是,对于较大系统的建模,可能需要同时采用上述几种方法才能达到目的。

(三) 建模的一般过程

图1-3给出了建模的一般过程。要注意的是:要仔细选择系统的描述,阐明所研究的真实世界的边界部分;描述输入/输出以及状态集合;选择一个可接受的模型框架。模型框架实际上就是一种已程式化的、用于概略地描述模型的总体纲要。

(四) 建模的一般原则

由系统模型定义和分类可以看到,系统模型的质量直接影响系统描述的精度和效率。系统建模是系统模拟的首要环节。一般来说,建立系统模型应该遵循以下原则:

1. 客观真实性

作为系统模拟的基础,系统模型必须客观真实地反映所研究的现实系统的本质,例如现实的维修保障系统通常十分复杂,因而建立维修保障系统模型的任务也就相当艰巨。

模型的建立要遵照辩证唯物主义的认识论,掌握现实系统的情况,取得大量材料,获得感性认识;然后再经过建模者的思考,对感性材料去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里地加以改造,形成概念和理论,从感性认识飞跃到理性认识。

例如为了建立一个备件管理子系统的系统模型,首先要对备件管理系统环境、目标、内部条件、管理结构、信息流和物流等进行细致的调查研究,占有足够的感性材料,进而对系统的组成要素以及它们之间的相互作用和相互关联科学地进行定量分析和定性分析,找出其逻辑关系,从而构造出恰当的系统模型反映这种数学逻辑关系,反映系统的主要特征和规律。

2. 目的性

系统模拟的目的主要包括评价系统、方案比较、系统预测、灵敏度分析、系统优化和探求函数关系等。

维修保障系统具有复杂多样的实体和属性。模型不是现实系统的简单翻版,它不可能反映现实系统的一切实体和属性,而只应该包括与研究目的有关的实体和属性。对于同一个系统,研究目的不同,模型也不相同。从研究目的出发,人们一般应该对非常复杂的实际问题加

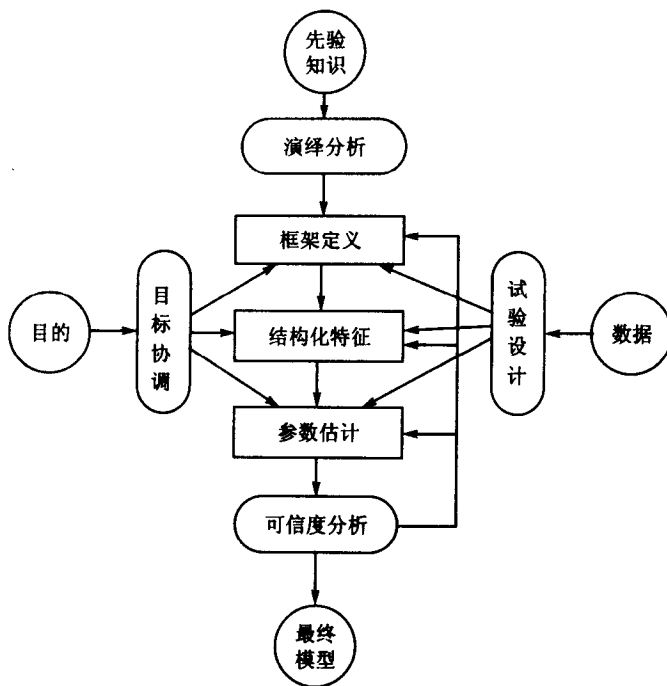


图 1-3 建模的一般过程

以必要的简化,甚至在必要时作出某些假设,以便建立合适的模型求解问题。

3. 清晰性

一个模型必须清楚、明确地描述所研究的系统结构及其重要的内在联系,避免含糊不清、模棱两可及二义性,要易于为人们所理解和掌握。

一个复杂的系统往往由多个子系统组成,相应地,一个复杂的系统的模型也可能由多个子模型组合而成。这时,要清晰地表述模型结构和子模型之间的相互联系。

4. 经济性

在前面已经提到,在系统模拟过程中,系统建模,数据收集,程序设计与调试,计算机模拟运行,输出结果分析,模型的验证、校正和确认等等,都要花费大量的时间,支出大量的费用。在建立模型时,要充分考虑模型的经济性。模型不能过于简化,因为那样的模型不能揭示系统的本质和运动规律,其无助于分析任务的完成,价值不大。但模型也不能刻画得过于细致,过于详细的模型一方面使求解变得异常困难甚至于不可能实现;另一方面会大大增加系统模拟的时间、工作量和费用。因而模型要繁简适宜,经济实用。

5. 适应性

系统模型要正确反映系统的本质和运行规律,要适应系统所处的环境和内部条件。为此,

在建立模型的过程中,要对模型进行多次反复地检验和确认。拟订的维修保障系统模型还要经受计算机模拟和实践活动的检验,反复进行调整与修正,使之更加完善。然而系统还是发展变化的,随着系统的外部环境和内部条件的变化,模型要相应地进行修改,甚至有必要建立新的模型取代旧的模型。

第三节 系统模拟的概念

一、系统模拟的定义

对于一个管理系统说来,它与外部环境之间或其各组成部分之间存在着一定数学的或逻辑的关系。我们可以综合运用定性分析和定量分析的方法,建立一定的数学逻辑模型去正确表述这些数学逻辑关系,以反映系统的本质,探索其运动规律。

如果管理系统的这些数学逻辑关系并不复杂,那么所建立的相应的数学模型往往可以采用数学解析方法求解。可是,在许多情况下,一个管理系统的数学逻辑模型十分复杂,以致很难甚至不可能运用数学解析法求解。这时,我们需要借助系统模拟来解决问题,辅助管理系统的决策。

系统模拟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。

二、系统模拟的实质

由系统模拟的这个定义,可以看出它具有以下实质:

(1) 模拟是一种数值技术。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进行评价,于是系统模拟通常就成为解决这类问题的好方法。

(2) 模拟是一种“人工”的实验手段。通过模拟我们能够对所研究的系统进行类似于物理、化学实验那样的实验,它和现实系统的实验的主要差别在于模拟实验依据的不是现实系统本身及其所存在的实际环境,而是作为系统的映象的系统模型以及相应的“人工”环境。显然,模拟结果的正确程度完全取决于模拟模型和输入数据是否客观地、正确地反映现实系统。

(3) 由于电子计算机可以加速模拟过程和减少模拟误差,所以电子计算机(包括数模计算机和数字计算机)模拟在整个系统模拟技术中占据着日益重要的地位。在本门课程中,我们把注意力集中在数字电子计算机模拟上面。

(4) 尽管在系统模拟中,我们要研究某些特殊的时间点的系统状态,但一般来说,模拟是对系统状态在时间序列中的动态写照。

(5) 大多数的管理系统模拟属于随机性系统模拟。但是,这并不排斥在某些情况下,为简