

交通专业软件及其应用

JIAOTONG ZHUANYE RUANJIAN JI QI YINGYONG

王保山 丁勇 杜鹏 刘海东 编著



清华大学出版社
<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>



交通专业软件及其应用

王保山 丁 勇 杜 鹏 刘海东 编著

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书首先介绍了系统、模型、仿真的概念及系统仿真、计算机仿真、交通系统仿真的相关知识,然后介绍了道路交通微观仿真软件 VISSIM、道路交通宏观仿真软件 TransCAD、铁路网络运营仿真软件 OpenTrack 和个人行为仿真软件 AnyLogic 的软件体系结构、建模方法、系统仿真及评价方法。本书在章节编排上充分考虑知识的可读性与可接受性,详细介绍了软件使用过程中的操作细节,使读者能够循序渐进地掌握软件功能并能熟练地使用软件。

本书可作为高等院校交通运输、交通工程及相关专业的本科生、研究生教材,也可以供与交通运输规划与设计、轨道交通运营管理等相关的科技人员使用参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

交通专业软件及其应用 / 王保山等编著. —北京:北京交通大学出版社:清华大学出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5121-3643-4

I. ①交… II. ①王… III. ①交通运输系统-计算机仿真-应用软件-教材
IV. ①U491.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 174401 号

交通专业软件及其应用

JIAOTONG ZHUANYE RUANJIAN JI QI YINGYONG

责任编辑:严慧明

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:三河市兴博印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185 mm×260 mm 印张:10.5 字数:262 千字

版 次:2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-3643-4/U·314

印 数:1~1 500 册

定 价:36.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前言

近年来,随着交通仿真技术的飞速发展,交通类仿真软件已经成为高等院校交通类专业学生的重要工具。目前,多数交通仿真类的书籍都着重介绍仿真系统原理,对交通仿真的实际应用介绍较少,这对于将交通类仿真软件作为工具进行交通系统研究的科技工作人员并不十分适合。本书在阐述系统、模型、仿真的概念及相关知识的基础上,介绍了相关交通软件的体系结构、建模方法、系统仿真及评价方法,并详细介绍了软件使用过程中的操作细节,便于使用者掌握软件功能并熟练使用软件。

本书共分5章。第1章交通仿真基础理论,主要介绍系统、模型及仿真的概念、性质、分类、层次关系,以及系统仿真、计算机仿真、交通仿真的相关知识。本章给读者一个整体的技术脉络图,向读者介绍如何利用计算机仿真技术研究轨道交通、道路交通及枢纽和站厅交通实体,并进行评价优化,这是掌握交通系统仿真实论及相关软件使用的理论基础。第2章道路交通微观仿真,主要介绍仿真软件 VISSIM,详细介绍该仿真软件的操作步骤,并配有丰富的图片说明,使读者参照本书介绍的操作步骤就可以完成道路系统的路段、平面信号路口、立交和环岛等常见道路交通元素的仿真评价,解决道路交通仿真的一般性问题。第3章道路交通宏观仿真,主要介绍仿真软件 TransCAD,结合城市综合交通规划“四阶段”法,从出行生成、出行分布、出行方式选择及出行分配四方面,详细介绍利用 TransCAD 进行模型建立、模型求解、仿真结果评价等各阶段相关工作的过程,并对用 TransCAD 进行公交网络建模与分析的过程作了细致介绍。第4章铁路网络运营仿真,主要介绍仿真软件 OpenTrack,介绍基于 OpenTrack 进行基础设施管理、车辆移动设备管理、运行计划管理,并完成模型仿真运行、系统分析与评价的过程,该软件是轨道交通专业运营管理人员优化设备利用及提高系统效率的有效工具。第5章个人行为仿真,主要介绍利用仿真软件 AnyLogic 研究个人行为对场地利用效率的影响的方法,如研究个人行为对大型枢纽、车站站厅、售票处、检票口等场地内服务设施的建模的影响,以及行人在场地内部的流线组织、个人行为对场地利用效率的影响等。使用该仿真软件可以优化场地服务设施配置、合理组织场地内的行人流线,提高服务的效率和效果。

本书涵盖了宏观和微观两个层面,涉及轨道交通和道路交通,并介绍了使用较为普遍、功能较为全面、使用效果广为业界认可的几种仿真软件的使用方法。它既可以为科研人员提供参考,也是本科生和研究生学习、进行科研活动的得力工具。

本书由王保山老师负责统筹规划。编写人员及分工如下:第1章、第5章,王保山;第2章,丁勇;第3章,刘海东;第4章,杜鹏。另外,为了使本书更加实用,作者特开发了配套的课件。读者如果需要,可发电子邮件至 cbsyhm@jg.bjtu.edu.cn 索取。

本书在编写过程中得到了北京交通大学交通运输学院城市轨道交通系毛保华、贾顺

平、彭宏勤、陈绍宽、冯雪松、徐彬、刘智丽、刘爽、柏赞、梁肖、王志美、许奇等老师的支持，研究生陈志杰、唐继孟、朱宇婷、李明高、赵欣苗等也参加了本书的资料整理工作。本书在出版过程中得到了北京交通大学出版社的大力支持，在此谨向有关部门致以衷心感谢。

王保山

2018年6月于北京交通大学

目 录

第1章 交通仿真基础理论	1
1.1 系统	2
1.1.1 概念	2
1.1.2 系统分类	2
1.1.3 连续系统、离散事件系统和混合系统	3
1.1.4 系统研究的类型	4
1.1.5 系统研究的方法	4
1.2 模型	4
1.2.1 模型的概念	4
1.2.2 系统模型的性质	5
1.2.3 为什么使用模型	6
1.2.4 系统模型的分类	6
1.2.5 建模活动	6
1.2.6 模型描述的层次	7
1.2.7 数学模型	8
1.3 系统仿真	9
1.3.1 系统仿真的相关概念	9
1.3.2 系统仿真的分类	10
1.4 计算机仿真	14
1.4.1 计算机仿真的定义	15
1.4.2 计算机仿真的特点	15
1.4.3 计算机仿真的作用	16
1.4.4 计算机仿真的步骤	17
1.4.5 计算机仿真的应用	17
1.5 交通仿真	18
1.5.1 交通仿真的主要内容	18
1.5.2 交通仿真的特点	19
1.5.3 交通仿真的应用	20
1.5.4 交通仿真的研究状况	21
1.5.5 交通仿真的发展趋势	23
1.5.6 交通仿真的分类	24
1.5.7 交通仿真的原理	24
1.5.8 宏观交通仿真	25
1.5.9 微观交通仿真	27

练习题	31
第2章 道路交通微观仿真	32
2.1 VISSIM 仿真系统	32
2.2 VISSIM 仿真基础	35
2.2.1 VISSIM 仿真系统界面	35
2.2.2 基本路段仿真	36
2.2.3 道路连接	39
2.2.4 交通流分配	40
2.2.5 交叉冲突区设置	41
2.3 信号路口仿真	41
2.3.1 信号控制机定义	41
2.3.2 底图导入	44
2.3.3 信号路口创建	44
2.3.4 信号灯配置	46
2.3.5 路口模型完善	47
2.4 立交桥仿真	48
2.4.1 桥区绘制	48
2.4.2 冲突区优先设置	50
2.4.3 后期完善	51
2.5 环岛仿真	52
2.5.1 导入底图	52
2.5.2 绘制环岛内机动车路段	52
2.5.3 添加路段并连接	53
2.5.4 后期完善	53
2.6 检测器与评价	53
2.6.1 数据检测器	53
2.6.2 行程时间检测器	55
2.6.3 排队计数器	55
2.6.4 节点评价	56
2.7 基础数据	57
2.8 平面信号交叉口交通仿真实验	57
2.8.1 实验性质与实验目的	58
2.8.2 实验内容与实验设计	58
2.8.3 实验要求	58
2.8.4 实验数据类型	59
2.8.5 实验案例数据	59
练习题	65

第3章 道路交通宏观仿真	66
3.1 GIS 简介	66
3.1.1 地图要素组成	66
3.1.2 空间数据组织	67
3.1.3 地图创建	67
3.1.4 城市地图创建	68
3.1.5 图层管理	69
3.1.6 数据表结构管理	70
3.1.7 使用数据表	70
3.1.8 创建主题图	72
3.1.9 创建 OD 主题图	73
3.2 TransCAD 在城市综合交通规划中的应用	74
3.2.1 城市综合交通规划任务与内容	74
3.2.2 城市综合交通规划基本流程	74
3.2.3 基于 TransCAD 做交通需求预测的数据准备	75
3.2.4 出行生成预测	75
3.2.5 出行分布预测	80
3.2.6 出行方式选择预测	90
3.2.7 出行分配预测	95
3.3 OD 反推	98
3.4 公交路网建模与分析	99
3.4.1 基本原理和方法	99
3.4.2 公交路网建模	100
3.4.3 公交客流分配	105
练习题	106
第4章 铁路网络运营仿真	107
4.1 系统功能	107
4.1.1 系统输入	107
4.1.2 系统仿真	108
4.1.3 系统输出	108
4.2 信息存储	109
4.3 基础设施管理	109
4.3.1 OpenTrack 工作表	110
4.3.2 顶点	110
4.3.3 基础设施编辑	110
4.4 路网构成	118
4.4.1 区段	118
4.4.2 进路	119

4.4.3	运行线路	119
4.5	列车管理	119
4.5.1	机车	119
4.5.2	列车	120
4.5.3	阻力	121
4.6	运行线与时刻表	122
4.6.1	定义新运行线	123
4.6.2	时刻表数据库	124
4.6.3	列车衔接关系	126
4.7	仿真	129
4.7.1	理论基础	129
4.7.2	运行防护	130
4.7.3	调度功能	131
4.8	铁路系统运营仿真实验	131
4.8.1	实验性质和目的	131
4.8.2	实验内容与设计	132
4.8.3	实验要求	132
4.8.4	实验数据类型	132
4.8.5	实验案例数据	132
	练习题	133
第5章	个人行为仿真	134
5.1	模型构建与运行	134
5.1.1	建模方法	134
5.1.2	地铁检票口模型构建	136
5.1.3	模型构成	137
5.1.4	对象连接	138
5.1.5	绘制动画	138
5.1.6	添加客流	140
5.1.7	仿真配置	141
5.1.8	仿真运行	142
5.1.9	添加检票口	142
5.1.10	添加行人到达密度控制	143
5.1.11	添加售票处	144
5.2	参数和变量	146
5.2.1	参数	146
5.2.2	变量	147
5.3	用函数和动作定义算法	148
5.3.1	动作流程	148

5.3.2 图表法	148
5.4 收集数据和展示数据	148
5.4.1 收集数据	148
5.4.2 展示数据	149
5.5 模型导出	150
5.6 行人库介绍	150
5.7 场地行人聚集仿真实验	153
5.7.1 实验性质与目的	153
5.7.2 实验内容与设计	153
5.7.3 实验要求	153
5.7.4 实验数据类型	154
5.7.5 实验案例数据	154
练习题	155
参考文献	156



第 1 章

交通仿真基础理论

仿真以计算机为工具，通过在计算机上运行模型以再现系统的运行过程，从而认识系统规律的一种研究方法。计算机仿真是建立需研究系统的模型，进而在计算机上对模型进行实验研究的过程。计算机仿真以计算机作为实验平台，其产生和发展与计算机的发明和计算机技术的发展紧密相关。

计算机仿真技术是以计算机科学、系统科学、控制理论和应用等领域的有关专业技术为基础，以计算机为工具，利用系统模型对实际的或设想的系统进行分析研究的一门新兴技术。现代计算机仿真技术综合集成了计算机、网络、图形图像、多媒体、软件工程、信息处理、自动控制等多个高新技术领域的知识，是系统分析与研究的重要手段。计算机仿真技术因具有良好的可控性，无破坏性，安全、可靠且不受外界条件（如气象条件和场地空域）的限制，可多次重复操作，效率高且经济效益好等特点，近年来发展十分迅速，已经成为众多领域中发展技术时所依托的一种基本手段。

计算机仿真技术经历了模拟计算机仿真、混合计算机仿真、专用数字计算机仿真、通用数字计算机仿真等阶段，目前已进入基于网络的分布仿真阶段。

计算机仿真是系统仿真学科的重要分支，所谓系统仿真（system simulation），就是根据系统分析的目的，在分析系统各要素性质及其相互关系的基础上建立描述系统结构或行为过程的具有一定逻辑关系或数量关系的仿真模型，并据此进行实验或定量分析以获得正确决策所需的各种信息。仿真过程示意图如图 1-1 所示。



图 1-1 仿真过程示意图

1.1 系 统

1.1.1 概念

具有特定的功能并按照某些规律结合起来的互相作用、互相依存的所有物体的集合或总和（事物总体）称为系统。仿真所关注的系统是广义的，它泛指人类社会和自然界的一切存在、现象与过程。系统可分为生命与非生命系统、工程与非工程系统等。

一般认为，系统是真实世界的一部分，是几个相互作用的分系统的集合。在这个描述中隐含了递归的概念：一个系统由若干个分系统组成，而每一个分系统又是另外一些系统的集合，如此直至无穷。若用分解的观点来看待系统，则集合论是研究系统的最好工具。系统的定义符合建立抽象集合结构的要求，这个集合结构总是可以用若干个同类结构的集合来替换，从而不断地使其具体化。

一个系统以其特有的外在表征和内在特性区别于其他系统，主要体现在系统的构成内容上，包括实体、属性、活动、环境。

（1）实体：存在于系统中的每一个确定的物体都是系统的具体对象，它们确定了系统的构成、边界。实体在仿真系统中属于动态物体。

（2）属性：实体所具有的特征反映了系统的属性，它描述实体特性（常以状态和参数表征），也称为描述变量，用来描述每个实体的特征。

（3）活动：指系统内部产生的任何变化过程，也指随时间产生的状态变化，它定义了系统内部实体之间的相互作用。

（4）环境：表示系统所处的界面状况（包括干扰、约束等），包括那些影响系统而不受系统直接控制的全部因素。

由于组成系统的实体之间的相互作用会使实体发生属性变化，因此通常使用“状态”这一概念来描述实体在某一时刻的特征。研究系统，主要就是研究系统状态的改变，即研究系统的进展或演化。

1.1.2 系统分类

1. 按自然属性分类

- （1）人造系统：工程系统、社会系统等。
- （2）自然系统：太阳系、海洋系统、生态系统等。

2. 按物质属性分类

- （1）实物系统：建筑物、计算机、机床等。
- （2）概念系统：思想体系、管理体系、规章制度等。

3. 按运动属性分类

- （1）静态系统：静态平衡系统。
- （2）动态系统：人体系统、控制系统、经济系统、动力学系统等。

4. 按系统与环境关系分类

- （1）封闭系统：没有外生活动的系统。

(2) 开放系统: 包含外生活动的系统。

5. 按规模和结构状况分类

(1) 简单小系统: 数模转换、稳压、简单控制系统等。

(2) 复杂大系统: 军事作战系统、国民经济系统、大型仿真系统等。

除上述分类方式外, 系统还可以分为: 开环系统与闭环系统; 连续系统、离散事件系统与混合系统; 工程系统与非工程系统; 线性系统与非线性系统等。

任何系统都具有一定的结构, 没有无结构的系统。结构作为系统论的一个基本范畴, 指的是系统内部各组成实体在空间(包括数量比例)或时间上的有机联系与相互作用的方式或顺序。系统有序性越高, 结构越严密。所以, 任何系统所具有的整体性都是在一定结构基础上的整体性。仅有实体还不能组成系统, 必须在实体的基础上以某种方式和关系相互作用才能形成系统。

系统与外部环境相互联系和相互作用过程中表现出的秩序和能力称为系统功能。系统功能体现了一个系统与外部环境之间的物质、能量和信息的输入与输出的变换关系。系统的结构与功能不可分割。系统的结构是完成系统功能的基础, 结构与功能分别说明了系统的内部作用和外部作用。功能是一个过程, 它反映了系统对外界作用的能力, 由系统的结构所决定, 由系统整体的运动表现出来。

研究系统需要研究系统的实体、属性和活动, 除此之外, 还需要研究系统的环境。环境是指对系统的活动结果产生影响的外界因素, 自然界的一切事物都相互联系和影响, 并且系统是在外界因素不断变化的环境中产生活动的, 因此必须考虑环境因素。应该注意到系统与环境的边界是不确定的, 研究的目的不同, 边界也不相同。例如, 对于工厂系统的订货问题, 既可将其视为环境对生产的影响, 也可将销售纳入系统作为系统内的活动来考虑。

应注意的是, 一次具体的研究不需要关注系统的所有实体、属性、活动及环境, 而只需要关注与研究目的有关的部分即可。

作为仿真对象的系统, 有两个基本的假设: 一个假设针对研究目的, 即它至少是“部分可分解”的; 另一个假设针对状态, 即系统过去的历史状态可以捕获, 以便在输入作用下可推断出系统今后的状态。

1.1.3 连续系统、离散事件系统和混合系统

1. 连续系统

对于系统状态随时间连续变化的系统, 它的变化主要是平滑的变化, 如导弹飞行过程中舵面位置的变化、飞行位置的变化等。

2. 离散事件系统

系统状态(或参数)只在一些特定时刻被观测并产生相应离散数据, 即系统操作和状态只在离散时刻发生, 且这些时刻常常是随机的(不确定的)。离散事件系统中发生的变化主要是不连续的变化, 如工厂系统中产品数量的变化、服务系统中队列长度的变化等。

3. 混合系统

系统一部分具有连续系统特性, 另一部分具有离散事件系统特性, 这样的系统即为混合系统。实际系统往往是混合系统, 如导弹的一、二级分离系统(质量变化), 工厂中的机器运

行系统等。

有些连续系统只在指定的时间间隔采样, 这样的系统称为数据采样系统。对于这样的系统, 需要研究采样对系统的影响, 特别是在采样收集到的信息基础上去控制系统的时候, 更要研究这一问题。

1.1.4 系统研究的类型

系统研究分 3 类, 包括系统分析、系统设计、系统假设。

1. 系统分析

系统分析的目的是了解现有系统或拟建系统的性能和潜力, 分析方法是利用系统做实验, 但实际上往往需要先建立一个系统模型, 然后利用研究该系统模型所得的结果来分析实际系统的性能。

2. 系统设计

系统设计是为了得到具有某些性能的系统。设计时, 结合对系统模型进行研究所获得的结果对系统进行设计, 从而使系统具有需要的性能。

3. 系统假设

系统假设是用于建立社会、经济、政治、医学等系统的特有方法, 这些系统的某些特征是知道的, 但是产生这些特征的规律却有待研究。根据系统的有关规律假设模型, 并使其与已知的系统性能相匹配, 这样可以更好地了解和研究该系统。

系统工程则是把系统分析和系统设计有机地结合起来, 即先了解现有系统的实际情况, 然后进一步改进或设计新的系统。

1.1.5 系统研究的方法

1. 理论分析法 (解析法)

理论分析法是运用已经掌握的理论知识对系统进行理论上的分析、计算的方法, 它是一种纯理论意义上的分析方法。

2. 实验法

实验法是利用相关的设备装置对已经建立 (或已经存在) 的实际系统施加一定类型的信号 (或利用系统中正常的工作信号), 通过测量系统响应来确定系统性能的一种方法。该方法具有简明、直观、真实等特点, 因而在系统研究中经常被采用到。

3. 仿真实验法

仿真实验法就是在系统模型 (物理模型或数学模型) 上进行系统性能分析与研究的实验方法, 其基本原理是相似原理。

1.2 模 型

1.2.1 模型的概念

模型是系统 (或实体或现象或过程) 物理的、数学的或其他逻辑的一种表现形式。系统模型是对实际系统的一种抽象, 是系统本质的表述。它是人们对客观世界进行反复认识、分

析后,经过多级转换、整合等相似过程而形成的最终结果。它具有与实际系统相似的数学描述或物理属性,以各种可用的形式给出被研究的实际系统的相关信息。

模型一词源于拉丁文“Modulus”,意思是尺度、样本、标准。在科学方法论中,把模型界定为“为特定的研究目的而对认识对象所做的简化描述”。原型则是与模型相对应的被认识对象。就模型与原型的关系而言,可以把模型看作是与原型在物质上或观念上具有一定相似度的类似物,据此可以把模型分为实物模型和抽象模型两大类。实物模型是用来再现原型并与原型具有某种程度的相似性的实物,它既可以是人工制造的,也可以是从自然界直接获取的,如地球仪、船模、动植物标本等。抽象模型则是原型客体在人们思想中理想化、单纯化地抽象性再现,如理想气体模型、原子行星模型、分子空间结构模型等。

模型方法是通过研究模型来揭示原型的形态、特征和本质的方法。在当代科学研究中,模型方法的重要性越来越为人们所认识,它被看作是科学研究方法的核心。

要进行仿真,首先要寻找一个实际系统的“替身”,这个“替身”就是模型。它不是原型的复现,而是按研究的侧重点或实际需要原型进行简化、提炼得到的,从而有利于研究者抓住问题的本质或主要矛盾。对于待预测问题及因各种原因不可能在实际系统上进行实验的问题,模型方法显得尤为重要。

1. 数学模型

数学模型是描述实际系统内部、外部各变量间相互关系的数学表达式。

2. 系统模型

系统模型利用各种可用的形式(数学的或实体的或物理的)可以给出被研究系统的信息,它具有与系统相似的数学描述或物理属性,通常用系统模型来指导对系统进行的研究。系统模型的详细参数和精度必须与研究目的相匹配,用来表示一个系统的模型并不是唯一的。对于同一个系统,当研究目的不同时,要求收集的与系统有关的信息也不同。关心的侧重点不同,那么对于同一个系统建立的模型也可以不同。对于具有多个研究目的的情况,建立系统模型时并不需要考虑系统的全部细节。一个好的模型不仅可用来替代系统,而且还应是这个系统的合理简化,与此相联系的是要正确地确定模型的详细参数和精度。

1.2.2 系统模型的性质

相对于实际系统而言,系统模型应能够反映实际系统的表征和特性,它具有如下主要性质。

(1) 等效性(普遍性):指同一个系统模型可以从各个角度反映不同的系统,或者说同一种系统模型可能与多个系统相似。

(2) 相对精确性:系统模型的精确性不能超出规定的限度和许可条件,较好的系统模型应该是具有适合精度的模型。过于简单的系统模型将失去过多系统特性而变得无用,而太过精确的系统模型往往会非常复杂,从而给模型研究带来困难。

(3) 可信性:系统模型必须经过检验和确认才能成为代表实际系统的有效模型,即须具有良好的可信性。

(4) 异构性:同一系统的模型可以具有不同的结构和形式,研究中将选择最方便、最合理的结构。

(5) 通过性:研究中可以将系统模型视为“黑箱”,通过向其输入信息并获取输出信息建

立起模型的输入/输出概念。

1.2.3 为什么使用模型

当系统处于设计阶段时真实系统尚未建立,此时若想要了解未来系统的性能只能研究模型,这主要是出于以下几点原因考虑的:①在真实系统(如处于运行状态的化工系统、电力系统、火箭系统等)上进行实验可能会引起破坏或发生故障,最终造成巨大损失;②在某些真实系统上进行实验后会使系统无法恢复,如对于经济系统,新政策出台后需要经过一段时间才能看出效果,若最终发现效果不好,届时该新政策造成的损失已经无法挽回了,原先的经济系统也无法恢复;③实验条件因各种原因无法保证,如多次实验时难以保证每次实验条件相同,或因实验时间太长、费用太昂贵而无法保证实验条件等。

1.2.4 系统模型的分类

1. 按模型形式分

- (1) 实体模型;
- (2) 静态模型;
- (3) 动态模型;
- (4) 数学模型。

2. 按基本的数学描述分

- (1) 静态系统模型;
- (2) 动态系统模型,分为连续动态系统模型和离散动态系统模型。

3. 按对模型的求解方法分

- (1) 用解析法求解的模型;
- (2) 用数值法求解的模型。

1.2.5 建模活动

科学研究的主要工作就是建立形式化的模型。科学家企图通过观察和实验建立抽象的表示方法和定律,这些表示方法和定律是对现实世界中已被证明的假设进行形式化的确定。这些“形式化”模型只有在概括了实际系统的基本性质时才有可能被用来进行推论、分析、设计,从而在某种意义上给人们提供帮助。

人与外部世界的相互作用基本上是由认识世界和利用、改造世界两个步骤组成的。

(1) 认识和建立“形式化”模型。人类通过建立一种抽象的表示方法来获得对自然的充分认识,从而产生一个现实世界的模型。

(2) 分析和利用“形式化”模型。科学研究的目的是按照人类的意志对现实世界进行控制。

应该着重强调的是,模型是按研究目的的实际需要和侧重点寻找的一个便于进行系统研究的“替身”。因此在较复杂的情况下,由于研究目的不同,对由许多实体组成的同一个系统可以产生相应于不同层次的多种模型,这就是系统模型的多面性。比如一些模型反映了整个实际系统的部分属性,而另一些模型则提供了系统更全面的描述。又比如一些模型包括实际系统的全部组成实体,而另一些模型则是强调系统的某些方面而忽略了其他一些方面,从而

只包括实际系统的部分组成实体。

这些现象表明,根据系统研究的实际需要和侧重点可对模型进行粗化(简化)或精化(详细化),也可对模型进行分解或组合。

模型是系统原型的“替身”,在选择模型时,要以便于达到研究目的为前提。虽然对特定的建模目标与模型构成之间的关系不甚了解,但对模型的描述可以采用以下原则。

1) 相似性

系统模型与所研究系统在属性上具有相似的特性和变化规律,即“原型”与“替身”之间具有相似的物理属性或数学描述。

2) 切题性

系统模型应该只针对与研究目的有关的方面,而不是针对所研究系统的一切方面。也就是说,对于一个系统,其模型不是唯一的,选择模型结构时应根据研究目的。

3) 吻合性

选择的模型结构应尽可能可以对所利用的数据做合理的描述。也就是说,实验数据应尽可能由模型来解释。

4) 可辨识性

模型结构必须选择可辨识的形式。若一个模型结构具有无法估计的参数,则此模型结构就没有使用价值。

5) 简单化

从实用的角度来看,在模型的建立过程中往往已忽略了一些次要因素和某些不可测变量的影响,因此,实际模型已是一个被简化了的近似模型。一般而言,在实用的前提下,模型越简单越好。

6) 综合精度

综合精度是模型框架、结构和参数集合等精度的一个综合指标,只有各方面精度达到一个平衡值才会使该模型最为有效。

1.2.6 模型描述的层次

模型可以在不同的抽象层次上来描述一个系统,一般来讲,模型描述的层次分为以下三种。

1. 行为层次

在这个层次上描述系统,是将系统看成一个“黑盒子”,并且对它施加一个输入信号,然后对它的输出信号进行测量与记录。为此,至少需要一个“时间基”,它可以是一个实数的区间(连续时间),也可以是一个整数的区间(离散时间)。一个基本的描述单位是“轨迹”,它是从一个时间基的区间到表示可能的观测结果的某个集合上的映射。一个“行为描述”是这样一组“轨迹”的集合,这种描述也可称为系统的“行为”。通常来说,在仿真概念上,加到“黑盒子”上的以箭头表示的某个变量被看作是输入,它不受“黑盒子”本身的控制;而另一个以箭头表示的某个变量则被看作是输出,它指向系统边界之外的环境。

因为对实际过程的实验是处于行为层次上的,所以这个层次上的描述是十分重要的。同时,这个层次上的描述比下面所要介绍的层次上的描述要简单一些。