

Advances in Intelligent Modelling and Simulation  
Simulation Tools and Applications

# 智能建模与仿真技术

## ——仿真工具和应用

[波兰] 亚历山大·布爾斯基 (Aleksander Byrski)

[捷克] 朱扎娜·奧普拉特科娃 (Zuzana Oplatková)

著

[美国] 马克·卡瓦尔霍 (Marco Carvalho)

[波兰] 马列克·基斯耶尔·多罗伊利斯基 (Marek Kisiel-Dorohinicki)

蒋培 程锦房 董理 唐雪亮 译



國防工業出版社  
National Defense Industry Press



Springer

# Advances in Intelligent Modelling and Simulation

Simulation Tools and Applications

## 智能建模与仿真技术

——仿真工具和应用

[波兰] 亚历山大·布尔斯基(Aleksander Byrski)

[捷克] 朱扎娜·奥普拉特科娃(Zuzana Oplatková)

[美国] 马克·卡瓦尔霍(Marco Carvalho)

[波兰] 马列克·基斯耶尔·多罗伊利斯基(Marek Kisiel - Dorohinicki)

著

蒋培 程锦 房董理 唐雪亮 译



国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2014-136号

图书在版编目(CIP)数据

智能建模与仿真技术:仿真工具和应用/(波兰)布尔斯基等著;  
蒋培,程锦房,董理,唐雪亮译. —北京:国防工业出版社,2015.5

书名原文:Advances in Intelligent Modelling and Simulation: Simulation Tools and Applications  
ISBN 978-7-118-10171-3

I. ①智... II. ①布... ②蒋... III. ①计算机仿真 IV. ①TP391.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第107735号

Translation from English Language Edition:

*Advances in Intelligent Modelling and Simulation – Simulation Tools and Applications*

by Aleksander Byrski, Zuzana Oplatková, Marco Carvalho and Marek  
Kisiel – Dorohinicki

Copyright © 2012 Springer Berlin Heidelberg

Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science + Business Media.

All rights reserved.

版权所有,侵权必究。

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 18¼ 字数 412 千字

2015年5月第1版第1次印刷 印数 1—2000册 定价 62.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

# 前 言

在现代工业生产过程和科学研究的快速变革中,人类将复杂系统和现象抽象成简化模型的能力起到了至关重要的作用。作为一门科学,也是一门艺术,建模与仿真已经是人类显著印记的核心缔造因素之一,并已成为研究人员和践行者一个非常重要的话题。

在过去的几年里,获取大量计算资源的日益便利和网络互联有效地助推了这个领域的巨大进展,并且消除了以前的障碍,同时重新划界了该领域的理论、功能和应用。

人们对当前建模和仿真系统广泛应用的认可,直接基于现代仿真理论体系、仿真工具 and 实际应用的日臻成熟。随着仿真工具的日趋先进和完善,新的方法和应用将融入到更多的成功案例中。

本书汇编了智能建模与仿真的理论体系、工具及应用领域中的最新概念、进展、挑战和思想。我们旨在萃取相关学术会议中的核心见解和论断,编著成册,以阐述智能仿真领域的最新发展状况。

编者整理了该领域大量的当前出版物和研究进展,从中选取了一系列有代表性的主题汇编成册。本书结合建模和仿真的实际应用和案例学习,重点关注实用工具和技术。

本书涵盖了仿真工具和实际应用领域中一系列不同主题。第1章针对仿真系统的人机交互和仿真结果的正确理解等重要方面展开论述。第2章采用基于主体的建模和仿真系统深入分析了企业家行为。接下来三章依次阐述该仿真体系的核心内容:一是描述基于主体建模的仿真体系;二是介绍一种电子装置的仿真器;三是讨论了空气传播网络的模拟环境。

后续两章从不同的观点讨论配电网预测和多级库存策略优化。此外,本书还有部分章节讨论了经过仿真验证的数学建模,以及采用人工智能工具和复杂自动机体系的综合建模。书中有一章介绍了使用图形文法模型生成的三维计算网格,最后一章关注空气发动机涡流模拟实验和计算结果。

非常感谢本书所有的供稿者以及他们在这个项目中的辛勤工作。同时感谢为这本书提出有益建议的章节作者,他们花费宝贵的时间和精力完成本书,给在该领域



的研究人员和工作人员提供了有价值的参考,同时激励了那些有志于智能建模和仿真领域的爱好者。

同时,我们也想对审稿人表示感谢,正是因为他们的帮助才有了这本高品质的书籍,非常感谢他们付出的宝贵时间和给予的帮助,以及提出的珍贵见解和评论。

我们要特别感谢 Janusz Kacprzyk 教授,他是施普林格出版社中关于计算智能系列研究方面的资深主编,同时感谢施普林格的高级编辑 Thomas Ditzinger 博士和海德堡的助理编辑 Holger Schäpe 先生,对他们在本书上的帮助和精诚合作表示感谢。

Kraków, Zlín and Melbourne,

Aleksander Byrski

2012 年 01 月

Zuzana Oplatková

Marco Carvalho

Marek Kisiel – Dorohinicki

# 目 录

<b>第 1 章 应用仿真中为获取更多知识的用户与模型交互的需求和解决方案</b> .....	1
<b>Gaby Neumann and Juri Tolujew</b> .....	1
1 介绍及目的 .....	1
2 仿真项目的知识和知识管理 .....	2
3 人为影响的仿真项目案例学习 .....	5
4 交互用户模型的必要性和质疑 .....	7
4.1 交互用户模型的建立 .....	7
4.2 交互用户模型的推导仿真结果 .....	8
4.3 交互用户模型的必要性 .....	9
5 仿真项目中用户和模型之间知识传递的方法.....	10
5.1 访问仿真知识的方法和工具 .....	10
5.2 规范仿真知识的结构化文件.....	11
5.3 仿真实验中受益于用户直觉和经验的方法.....	13
6 结论.....	17
参考文献 .....	18
<b>第 2 章 仿真企业家辨识机会的过程:一个基于主体和知识驱动的方法</b> .....	20
<b>Martin Ihrig</b> .....	20
1 介绍.....	20
2 概念背景.....	21
3 仿真软件 SimISpace2 .....	21
3.1 基本要素 .....	22
3.2 主体行为.....	23
4 仿真模型 SimOpp .....	24
4.1 主体.....	24
4.2 知识.....	26
5 SimOpp 模型应用:两个虚拟实验 .....	28

5.1	虚拟实验一:无知识外溢 .....	28
5.2	虚拟实验二:知识外溢 .....	29
5.3	机会的创造、获取和倍增 .....	31
6	SimOpp 模型扩展:仿真国际机会识别和知识外溢 .....	33
6.1	国际场景建模 .....	33
6.2	基线场景 .....	35
6.3	在国际环境中探索企业战略 .....	36
7	结论 .....	38
	参考文献 .....	38
<b>第3章 在 AgE 平台体系中基于主体的仿真 .....</b>		<b>40</b>
<b>Lukasz Faber, Kamil Pietak, Aleksander Byrski, and Marek Kisiel – Dorohinicki ...</b>		<b>40</b>
1	介绍 .....	40
2	基于主体的仿真体系 .....	41
2.1	技术争论点 .....	41
2.2	现有解决方案 .....	42
3	AgE 平台体系中基于主体的仿真 .....	44
3.1	主体的结构和行为 .....	45
3.2	行动 .....	46
3.3	生命周期管理 .....	47
3.4	通信设施 .....	48
3.5	AgE 平台的组件体系 .....	50
3.6	节点架构 .....	52
3.7	虚拟运行环境 .....	53
4	在特定平台上实现样本案例学习 .....	54
4.1	MASON 平台 .....	55
4.2	RePast 平台 .....	56
4.3	MadKit 平台 .....	57
4.4	AgE 平台 .....	59
4.5	小结 .....	60
5	结论 .....	61
	参考文献 .....	61

第 4 章 开关磁阻电动机的在线仿真软件环境 .....	63
<b>Virgil Chindris, Rares Terec, Mircea Ruba, and Loránd Szabó</b> .....	63
1 介绍 .....	63
2 开关磁阻电动机 .....	64
3 开关磁阻电动机的建模和仿真 .....	65
4 仿真程序 .....	68
5 仿真结果 .....	73
6 结论 .....	76
附录 .....	76
参考文献 .....	81
第 5 章 一种适于空气中无线传播网络的混合模拟环境 .....	84
<b>Marco Carvalho, Adrián Granados, Carlos Perez, Marco Arguedas, Michael Muccio, Joseph Suprenant, Daniel Hague, and Brendon Poland</b> .....	84
1 介绍 .....	84
2 mLab 混合模拟实验台 .....	85
3 mLab - EMANE 集成 .....	87
3.1 生成和使用 EMANE 的可扩展标记语言配置文件 .....	88
3.2 链接描述 .....	90
3.3 路径损耗反馈 .....	90
3.4 传输功率控制 .....	91
4 统计链接模型 .....	92
4.1 实证模型 .....	93
4.2 理论模型 .....	93
4.3 模型验证 .....	94
5 结论 .....	96
参考文献 .....	96
第 6 章 在人工生命领域中关于预期行为的新理论和仿真 .....	98
<b>Pavel Nahodil and Jaroslav Vitku</b> .....	98
1 介绍 .....	98
2 预期的定义和目前发展水平 .....	99



2.1	预期的基本内涵 .....	99
2.2	目前各种预期 .....	101
2.3	强与弱的预期 .....	102
2.4	预期分类系统 .....	102
2.5	情感控制器 .....	104
3	提出方法及其仿真 .....	106
3.1	潜在内在预期 .....	106
3.2	表面内在预期 .....	107
3.3	潜在感觉预期 .....	109
3.4	表面感觉预期 .....	110
3.5	潜在回报预期 .....	111
3.6	表面回报预期 .....	113
3.7	潜在状态预期 .....	113
3.8	表面状态预期 .....	114
4	仿真及结果 .....	115
4.1	潜在内在预期 .....	115
4.2	表面内在预期 .....	116
4.3	潜在感觉预期 .....	117
4.4	表面感觉预期 .....	117
4.5	潜在回报预期 .....	118
4.6	表面回报预期 .....	119
4.7	潜在状态预期 .....	120
4.8	表面状态预期 .....	121
5	结论 .....	122
	参考文献 .....	122
<b>第7章 一种适用于稳健多级库存决策的集成方法 .....</b>		<b>124</b>
<b>Katja Klingebiel and Cong Li .....</b>		<b>124</b>
1	目的和问题描述 .....	124
2	文献综述 .....	126
3	集成方法 .....	127
4	分析优化 .....	129
4.1	模型制定 .....	129

4.2	模型计算 .....	130
4.3	算法优化 .....	131
5	仿真模块 .....	132
6	基于启发式算法的优化器 .....	132
6.1	选择算法 .....	132
6.2	优化器设计 .....	135
7	案例研究 .....	142
8	结论 .....	147
	参考文献 .....	148
<b>第 8 章</b>	<b>基因芯片阵列的本底校正方法概述及个案研究 .....</b>	<b>151</b>
	<b>Vilda Purutcuoğlu, Elif Kayis, and Gerhard – Wilhelm Weber .....</b>	<b>151</b>
1	介绍 .....	151
2	生物学背景 .....	152
3	实验准备 .....	152
3.1	RNA 中收集信息 .....	152
3.2	制备 RNA 的混合物和标签 .....	152
4	校正方法 .....	153
4.1	空间校正 .....	153
4.2	背景校正 .....	154
4.3	着色效果校正 .....	161
4.4	分组校正 .....	161
5	个案研究 .....	161
5.1	分析结果 .....	162
6	结论 .....	165
	参考文献 .....	166
<b>第 9 章</b>	<b>复杂系统的稳健回归元模型: 固体火箭发动机性能的元模型案例 .....</b>	<b>168</b>
	<b>Elcin Kartal – Koc, Inci Batmaz, and Gerhard – Wilhelm Weber .....</b>	<b>168</b>
1	介绍 .....	168
2	抽样技术 .....	170
2.1	中央复合材料和面 – 中心立方体设计 .....	171
2.2	箱线图 .....	171

2.3	拉丁超立方设计 .....	171
2.4	均匀设计 .....	171
3	元建模技术 .....	171
3.1	多项式回归元模型 .....	172
3.2	稳健回归元模型 .....	173
4	方法验证和比较标准 .....	174
4.1	方法验证 .....	174
4.2	比较标准 .....	174
5	案例:固体推进剂火箭发动机性能的元模型 .....	176
5.1	应用环境 .....	176
5.2	模型开发 .....	177
6	结论分析 .....	178
6.1	整体性能 .....	178
6.2	性能设计 .....	183
6.3	方法和设计之间的相关作用 .....	183
6.4	元模型的效率 .....	187
6.5	元模型的其他特征 .....	187
7	结论和特征研究 .....	188
	参考文献 .....	190
 <b>第 10 章 进化论控制规律的应用解析编程的两种方法 .....</b>		<b>194</b>
<b>Roman Šenkerík, Zuzana Oplatková, Ivan Zelinka, and Roman Jašek .....</b>		<b>194</b>
1	介绍 .....	194
2	解析编程 .....	195
3	问题设计 .....	196
3.1	选择混沌系统 .....	197
3.2	ETDAS 控制方法 .....	197
3.3	价值函数 .....	198
4	采用进化算法 .....	199
4.1	自组织迁移算法——SOMA .....	199
4.2	差异进化 .....	201
5	仿真结果 .....	201
5.1	非黑箱系统的优化方法 .....	202

5.2 黑箱系统的优化方法 .....	202
5.3 两种方法的比较 .....	203
6 结论 .....	204
参考文献 .....	205
<b>第 11 章 复杂自动机作为一种新概念体系,用于生物医学现象建模</b> .....	<b>207</b>
<b>Witold Dzwiniel</b> .....	<b>207</b>
1 介绍 .....	207
2 粗粒化 .....	212
2.1 细胞自动机 .....	212
2.2 粒子法 .....	213
3 复杂自动机 .....	217
3.1 固体表面薄流动 .....	219
3.2 肿瘤生长 .....	220
3.3 赤霉病菌入侵 .....	224
4 结论和探讨 .....	226
参考文献 .....	227
<b>第 12 章 基于图文法模型的三维多物理场仿真</b> .....	<b>230</b>
<b>Maciej Paszyński, Anna Paszyńska, and Robert Schaefer</b> .....	<b>230</b>
1 介绍 .....	230
2 图文法产生的网格生成算法 .....	231
3 图文法产生的网格细化算法 .....	237
4 网络生成和误差表达式 .....	239
5 图文法产生的多波直接解算器接口 .....	242
6 多波的直接求解算法 .....	243
7 数字结果 .....	244
8 结论 .....	246
参考文献 .....	247
<b>第 13 章 回顾结构动力学定量分析中的图表不变量</b> .....	<b>248</b>
<b>Wojciech Czech and Witold Dzwiniel</b> .....	<b>248</b>
1 介绍 .....	248



1.1	结构化数据集的来源 .....	248
1.2	图表比较 .....	249
2	图表不变量 .....	249
2.1	图表不变量的类型 .....	250
2.2	样本不变量 .....	251
3	图表数据集 .....	253
3.1	数据集一:图像 .....	253
3.2	数据集二:技术网络 .....	253
3.3	数据集三:血管再生模拟的肿瘤血管网络 .....	254
4	例子 .....	254
4.1	数据集一:COIL 图像 .....	254
4.2	数据集二:自治系统网络 .....	257
4.3	数据集三:血管再生定位仿真 .....	258
5	结论 .....	260
	参考文献 .....	261
<b>第 14 章 关于空气入口涡流形成的综合性研究 .....</b>		<b>264</b>
<b>Wei Hua Ho .....</b>		<b>264</b>
1	介绍 .....	265
2	涡流形成的阈值 .....	267
2.1	实验技术 .....	269
2.2	计算技术 .....	270
3	阈值改变的因素 .....	272
4	涡流强度 .....	275
5	预防涡流的方法 .....	275
6	结论 .....	276
	参考文献 .....	277

# 第1章 应用仿真中为获取更多知识的 用户与模型交互的需求和解决方案

Gaby Neumann and Juri Tolujew

**摘要:**一般而言,一个被广泛接受的清楚事实是,尽管近些年来一些作者宣称,在仿真研究独特部分相关领域重新出现了摆脱人类的仿真思想,但是,人类参与者在任何仿真项目中都起着重要的作用。因此,本论文旨在对于用户模型交互的需要和挑战提供一个综述。进而,提出一些方式、方法和工具,在一个仿真项目的所有阶段中,从模型的理解和实验运用及模型的构建到正确阐释仿真的结果,支持用户运用他(她)的知识。除此之外,为了更具灵活性,引入和运用到一些概念,但是,便于对仿真产品进行背景分析的一般工具不在预先定义的仿真目的之列。接着,这篇论文力求提出一些仿真工具和算法,促进仿真新用户和专家用户双边更加密切配合,在非连续事件仿真支持性底层架构内,做到真正的对话和交流。

Gaby Neumann

Technical University of Applied Sciences, Bahnhofstraße, 15745 Wildau, Germany

e-mail: gaby.neumann@th-wildau.de

Juri Tolujew

Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF,

Postfach 1453, 39004 Magdeburg, Germany

e-mail: juri.tolujew@iff.fraunhofer.de

A. Byrski et al. (Eds.): Advances in Intelligent Modelling and Simulation, SCI 416, pp. 1-26

springerlink.com ©Springer - Verlag Berlin Heidelberg 2012

## 1 介绍及目的

今天,应用仿真中的挑战之一就是在以人为中心的过程背景中看到它。在这里,仿真在其完整的描述中需要被理解为同一时间的复杂问题解决、协作、知识产生和学习过程。这种观点符合文献描述模型化和一般的仿真,与知识处理活动和目标导向性知识产生活动方面的情形相一致<sup>[18]</sup>。基于此,期待着先进的方法专家和技术专家能够将仿真与其他几个知识技巧结合在一起。但是,看一看目前在仿真项目上的情况,仍然必须考虑到,对于建模和仿真知识管理视角的合理应用仍旧是缺失的。反而,术语“基于知识的仿真”通

常被用来将 AI 方法应用于自动从专家知识产生仿真模型,这也是其能够应用的所在<sup>[8]</sup>。

例如,研究工作集中在开发有效而稳健的模型和样式,去捕捉、表现和组织为发展概念仿真模型而需要的知识,该概念仿真模型能够被推广并与不同应用和实现工具相互作用<sup>[30]</sup>。其他工作是为了在制造系统方面发展人类决策建模的一些概念等<sup>[31]</sup>。而且,不间断研究的目标指向人类行为的建模和仿真,通过使用数字人类模型,支持工作场所的设计<sup>[23]</sup>。最近的研究是致力于人类行为的先进建模,其方式是将恐惧、竞争、疲劳和压力一类的情绪结合为仿真模型,这样,对于特别具有挑战性的情境,就能获得更为现实的人类行为模式<sup>[7]</sup>。

在所有这些方法中,专家知识都通过逻辑规则进行建模或表现出来,即便这些逻辑规则可能是模糊的,即以形式化的方式存在。与之形成对照的是,存在这样一个事实:一方面,非形式化的专家知识也能找到进入仿真模型的途径或在仿真生命周期全过程中被创造,另一方面,该专家知识需要被外化,这种事实情况现在还不是本领域研究者关注的焦点。这就是在建构模型或开展实验时,决策的有关信息常常停留在项目参与者大脑中的原因,同样如此的是关于特别应用或一个仿真项目过程中获得的仿真方法的真正新知识。通常,这种基于经验的知识在再次利用之前就被忘记了。而且,仿真模型本身也形成一种动态的知识库,它包含目的性实验中采集的数据、因果关系和决策规则的有关知识,只要没有被另外一个人发现、理解和解释,该知识就会以某种方式隐藏在模型中。

在这种背景下,关于仿真项目中实现知识管理角度的研究应该解决以下问题:

- 哪一个信息和知识在仿真项目的什么阶段为谁所需要?
- 哪一个知识和信息在仿真项目的哪一步骤中由谁提供?
- 哪一个知识在仿真项目的哪一步骤由谁而产生?
- 哪一个知识被“储存”在概念和仿真模型中,从仿真实验发展而成,被“隐藏”在模拟运行的输入/输出数据中?
- 具有不同利益相关者的仿真知识或知识库如何能被访问、抽取、外化和分配、共享、应用?

为了有助于开展这项研究,本论文特别进一步调查了仿真用户与仿真工具和算法之间真正对话的需要及方法。为此,在从知识管理角度研究仿真项目之前,用户对于仿真项目的影响就给予了说明。这里,物流仿真项目被用作范例。在此基础上,用户模型交互的总体框架得以阐述,特别关注到基于模型的实验和仿真产品阐释的一些活动。最后,研究的一些发现得以总结,从中得出一些结论,并证明了进一步研究的需要。

## 2 仿真项目的知识和知识管理

知识一般被定义为信息和数据的推论,该信息和数据用于积极支持执行、问题解决、决策、学习和教学<sup>[4]</sup>。如同在其他任何种类的问题解决事件中一样,在仿真中,这种知识应该与仿真研究主题和仿真项目的程序有关。一般而言,仿真知识能够被描述为特定或普遍的理论或经验知识的整体,不仅是关于仿真问题及其解决方案的知识(主题相关知识),而且是关于仿真项目程序和组织的知识(程序相关知识),它们显式或隐式存在着或者在仿真项目过程中被创造<sup>[21,435-468页]</sup>。这样,仿真知识综合了不同主题各个方面,且

仿真项目要求跨学科专家知识的分别搜集。

因此,仿真项目通常被组织为合作服务的形式,合作服务涉及仿真专家和领域专家,领域专家的个别知识被应用于项目的某些阶段<sup>[16]</sup>:

- 仿真专家引进与其典型仿真应用领域相关的知识和先前项目经验,构成理论和应用仿真方法和工具的基础以及仿真项目管理程序、方法和工具的基础。因此,他们主要负责模型建构和实作步骤。

- 领域专家提供某个方面的知识,特别是问题的特定知识,将所研究的问题定位。因此,领域专家主要参与问题的描述、输入数据的鉴别以及结果的评估或解释。

仿真专家通常以相当抽象的知识范畴进行思考,这种抽象的知识范畴源自于先前仿真项目的经验总结或匹配的建模理念及模型实施和实验所用的仿真工具有序排列。这种思考的方式及用来表达它的专有名词,能够在仿真模型中找到。与之形成对照的是,领域专家更多用特定(仿真)问题及其背景的术语进行思考,该背景不一定能在仿真模型中找到其直接的表达式。

因此,任何仿真项目中的一个主要任务就是使两个世界联合起来,并创造一个被认可的双方理解的合理依据。在仿真项目问题说明和分析阶段,领域专家必须详细解释仿真模型应该再现的东西,而仿真专家则不可避免地从一开始就必须按照自己对于情境和问题的理解利用系统分析和抽象的工具进行工作。在进行概括时,多层面专家的背景知识成为任何重要仿真项目的基础(图 1-1)。特定项目输入信息通常伴随有柔性的规范,或者被鉴别,并在仿真的问题分析阶段即在问题界定和数据收集期间产生。此时,需要决定(和引入)在模型建构时要考虑什么,调查研究时要求什么信息。最后,这个阶段的成果已经成为仿真项目的首批结果,同时,形成接下来所有步骤的框架。这个框架内的程序一次又一次要求更多基于用户知识和经验的输入信息及背景信息,而且与之一一起在仿真项目产品内创造了知识。

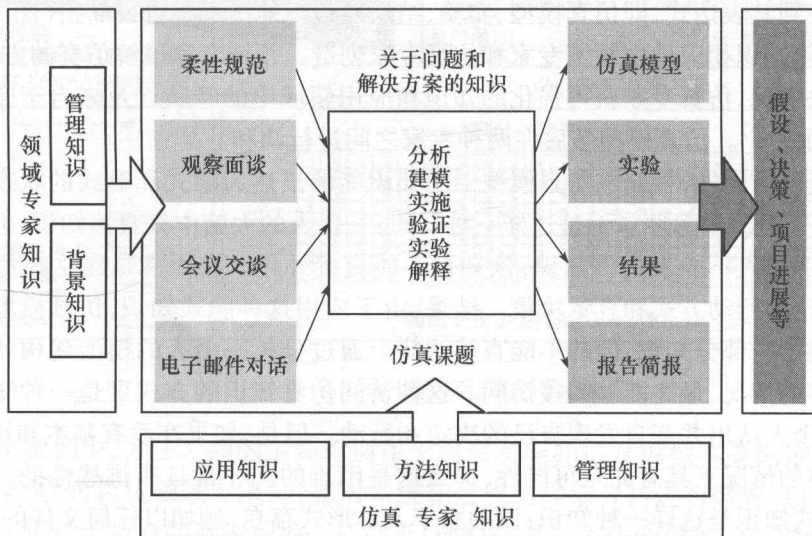


图 1-1 仿真知识中的来源和演变



因此,模型建构、实施过程和验证过程应该视为信息搜集、评估和组织的重要阶段。在一个仿真项目过程中,一个系列的模型被建构,以不同的方式展现研究的对象<sup>[26]</sup>:概念模型以非正式的方式(文本或图表)确定了该仿真问题的特点、仿真对象及其行为、数据结构等。针对各仿真对象(即数据类型、功能)的形式特点,形式化的模型采用了一种特别的建模范例。最后,(可执行的)计算机模型允许为解决问题而进行动态实验。每个模型成为仿真生命周期中的一个特定里程碑。它不仅仅呈现该问题及其组成部分,而且还表现出目前与其解决方案有关的已知的东西。通过努力完成的仿真模型,在一个不间断的过程中得以发展、修改、使用、评估和推广。它因而不能被视为唯一的必要工具,用以获取实验和认知的某些目标。最终,仿真模型中存储的知识能够被视为被证明了,与它是否为领域专家或仿真专家开发无关<sup>[14]</sup>。它指的是模型设置和假设,比如系统边界及其与环境的交互、系统要素及其链接、表征中的详细程度、输入数据、概率分布等。并且它还能涵盖模型实施决策方案,比如用到的仿真工具、用到的模型组成部分、采用的建模技巧等。因此,这个知识详细说明一个仿真模型以更详细的方式呈现的状态如何,并指出其呈现该状态的原因。它通常伴随着模型建构或实施人而出现,并间接地与仿真软件的开发者一起出现。

“知识型”仿真模型被用于系统创造更进一步的知识,其方式是基于实验系统设计(包括参数和策略的有意义界定)和结果智能阐释的仿真。原则上,模拟运行提供一些结果,该结果无可否认地受制于随机性,但是,通过合适的大重复(抽样)数,其统计可靠性能够增加至希望的程度。于是,有关定量依赖关系、次数等的保证(抽象)知识能够获得,它们必须与真正的应用相关联。在深化的最后,如果能正确阐释仿真产品,有关动态行为、关系和依赖关系的容易概括的知识就得以产生。因此,必须理解什么是一个特定系列实验的目标、参数和程序,以及什么结果和发现与之有关。

这里,知识供给和知识获取的循环是封闭的;由于很复杂,所以它在一个仿真项目的产品中会找到其表达式,即仿真模型、实验、结果及最终的仿真报告或简报(图1-1)。同时,真正的新知识相应地由领域专家和仿真专家创造。领域专家了解仿真的方法、步骤和工具的有关情况,仿真专家获得强化的知识和应用领域中的经验以及来自于联合开发过程的特定问题<sup>[16]</sup>。仿真模型然后在两种专家之间进行调和。

关于其可访问性,存储在仿真模型中的知识能够描述为隐式和显式的状态特性。按照文献[17],隐式或隐性知识是这样一种知识:一个人的大脑中有着该知识,但经常没有意识到它;那个人不能表达该知识;该知识不能直接外化。它通常是建立在经验基础上的,并且表达为行动方式和直觉决策。结果,由于应用这种隐式知识,仿真模型以某种方式至少承载了一部分知识,但却不能直接访问。通过分析一个人的模型建构和实施行为及解释观察的情况,最终能够间接访问。这种访问仿真知识的方式更是一种知识解释策略,帮助一个人认出并亲自发现自己的决定和行动。但是,如果在没有基本知识利益相关者直接参与的情况下具有完全可能性,那么这是困难的和非常具有挑战性的。与之相对照的是,显式知识是这样一种知识:以独立于人的形式存在,例如以任何文件的形式;已经被或者能够被其他人清楚地说出、编撰、存储和访问;能够转换为规则和算法。因此,对于在另外一个仿真项目中重复使用或者与其他人共享而言,这种知识(很)容易访问,无论他们是仿真专家还是新手或者应用领域的专家。如果还不能清楚地说出,那么这个知识