

# 人工智能 与 仿真



ARTIFICIAL  
INTELLIGENCE  
AND  
SIMULATION

专辑：3

Vol.: 3



《计算机工程与设计》编辑部

965666



## 编辑说明

迄今为止,人工智能(AI)技术究竟给仿真技术带来了哪些影响?《人工智能与仿真》专辑将尽可能全面地回答这个问题。本专辑的文章均选自近两年来具有权威性的期刊和会议录,其内容基本反映了在仿真领域中应用人工智能技术的概貌、动态和发展水平,此外,还收录了专家系统发展状况、专家系统工具和智能化计算机辅助设计方面的文章,以飨读者。本专辑包括以下六个方面:

• **仿真中的人工智能技术** 收录了包括国际仿真界知名人士oren, Zeigler在内所写的五篇文章,着重讨论了仿真中引进人工智能技术涉及的问题和各种具有代表性的方法。

• **专家系统与仿真** 收录了Shannon等人所著的五篇文章,探讨了专家系统给仿真技术带来的影响以及今后的发展方向,具体介绍了专家系统在离散仿真、动力学仿真等方面的应用。

• **基于知识库的建模和仿真环境** 共收录六篇文章,重点研究了建模和仿真环境中引入的各类知识表达系统,此外,还介绍了推理建模、面向目标的仿真系统等。

• **专家系统工具** 研讨了专家系统构造工具的分类和现有工具的典型功能,并对几个著名专家系统工具及其在仿真中的应用做了介绍,共收录两篇文章。

• **智能化CAD技术** 所收录的两篇文章分别介绍了智能化计算机辅助设计与制造系统和控制系统计算机辅助分析系统。

• **智能化仿真技术的应用** 介绍了智能化仿真技术在工业、军事和科研等方面的应用,共收录四篇文章。

参加选题的有熊光楞、王正中、李伯虎等同志。胡骏同志为本专辑做了大量工作。对此我们深表谢意。此外由于水平所限,专辑的缺点和错误实属难免,恳请读者给予指正。

《计算机工程与设计》编辑部

1987.8.

## 前 言

人工智能是计算机科学的一个分支，是借助于计算机去完成具有知识、推理、学习、理解以及相类似的认识功能这样一些任务的学科。

仿真对动态模型的实验，即行为产生器在规定的实验条件下驱动模型，从而产生模型行为。具体地说，仿真是在三种类型知识——描述性知识、目的性知识及处理知识的知识——的基础上产生另一种形式的知识——结论性知识。因此可以将仿真看作是一个特殊的知识变换器，从这个意义上讲，人工智能与仿真有着十分密切的关系。

仿真技术现在已成为研究、设计和分析复杂系统的重要工具。虽然已经研制出大量面向仿真问题的仿真软件（仿真程序、仿真语言及仿真软件系统），但是当前仿真的总情况仍然不能适应各个领域对仿真技术所提出的要求，具体反映在以下四个方面：

- 要求有受过特殊训练的具有丰富理论与实践经验的仿真专业人员
- 要求较长的模型建立时间（几周几个月）
- 计算机运行时间较长
- 不能实现最优化

为了克服这些缺陷，现阶段仿真软件发展的主要目标是：

- 减少模型开发时间，即从重视编程转向重视建模
- 改进建模与实验运行的精度
- 改进人—人及人—机的通讯

支持这种发展的主要技术是：计算机硬件、图形技术、集成化软件技术及人工智能技术。

其中人工智能技术起着尤为重要的作用。利用人工智能技术能对整个仿真过程（包括建模、实验运行及结果分析）进行指导，能改善仿真模型的描述能力，在仿真模型中引进知识表示将为研究面向目标的建模语言打下基础，提高仿真工具面向用户面向问题的能力。从另一个方面来讲，仿真与人工智能相结合可使仿真更有效地用于决策，更好地用于分析、设计及评价知识库系统，从而推动人工智能技术的发展。正是基于这些方面，近年来，将人工智能技术与仿真相结合就成为仿真领域中一个十分重要的研究问题，它引起了大批仿真专家的关注，并发表了许多有关这方面的研究论文。

“人工智能技术究竟给仿真技术带来哪些影响？”“怎样将它们结合起来，形成新一代的仿真软件？”“人工智能与仿真结合后的应用前景是什么？”为了尽可能全面地回答这些问题，我们从近两年具有权威性的期刊及会议录中选择了二十五篇论文，汇集成册，定名为《人工智能与仿真》，由《计算机工程与设计》编辑部编辑出版，以飨读者。希望它们有助于我国仿真技术的发展。

熊光楞 李伯虎 王正中

1987年8月

# 《人工智能与仿真》

## 目 录



一、仿真中的人工智能技术	
1. 人工智能与仿真	( 1 )
2. 人工智能环境中的仿真	( 8 )
3. 先进的信息处理技术对仿真的影响(综述)	( 13 )
4. 实现基于知识的多分面建模方法学工具	( 24 )
5. 生物学中的计算机辅助建模——一个人工智能方法	( 34 )
二、专家系统与仿真	
1. 专家系统技术的现在和未来	( 51 )
2. 专家系统与仿真	( 59 )
3. 仿真专家系统的开发	( 71 )
4. 仿真与专家系统——分类及举例	( 78 )
5. 一个动态系统仿真的专家系统	( 86 )
三、基于知识库的建模和仿真环境	
1. 基于知识的系统设计环境的概念	( 90 )
2. ECO——一个用生态学建模的智能前端	( 101 )
3. 在典型 PC 环境中的面向对话、基于知识的建模	( 107 )
4. 推理模拟	( 113 )
5. Ross 的表达能力: 一个面向目标的仿真系统	( 132 )
6. 仿真和知识基系统的一体化	( 137 )
四、专家系统工具	
1. 专家系统语言和工具	( 151 )
2. 用 DELFI-2 进行仿真专家系统的构造和咨询	( 166 )
五、智能化计算机辅助设计	
1. 智能化 CAD 系统的要求及其原则	( 170 )
2. 基于符号处理和数值计算的控制系统计算机辅助分析系统	( 185 )
六、智能化仿真技术的应用	
1. 一个过程仿真的知识库接口	( 199 )
2. 电力系统规划专家系统	( 205 )
3. 在柔性制造系统建模的视觉仿真中决策机制的应用	( 211 )
4. 设计过程的专家系统模型	( 217 )

# 人工智能与仿真

Ören

**摘要:** 本文探讨了有关先进的仿真方法论的基本要点,其中包括由正在显露优势的具有仿真能力的嵌入式计算机组成的仿真系统。系统化了智能系统的基本要求,并着重指出了控制论和一般系统理论概念对仿真的潜在贡献。指出了先进的仿真环境和先进的仿真建模体系的要点,以及在人工智能时代质量保证方面新的和复杂的问题。

## 一、先进仿真方法论的基本要点

### 引言

本文的目的是要探索加强仿真方法的功能,提高仿真技术的途径,从而使仿真成为表达、设计或控制包括自动系统在内的几类复杂系统的有效工具。

通过探讨仿真和其他相关领域(如人工智能、控制论、一般系统理论和计算机科学等)在知识表示、知识产生、知识处理和知识吸收等方面人所共知的基本概念,我们可以很方便地使它们彼此达到最佳的配合。

在六十年代,甚至最基本的计算机科学的概念,如语言规范和语言文法都没有对仿真产生强烈的影响。例如,1967年推出的深受欢迎且影响很大的CSSL仿真语言只有126条规则用巴科斯—诺尔范式(BNF)来表示,并且有41个语法错误。

到了八十年代中期,仿真已经以方法论上健全的基本原则为其基础了。然而,似乎所有的方法都未被详细讨论。

### 仿真的基础

所谓仿真用动态模型做实验。系统仿真需要:1)模型,这个模型能设计成参数模型和相关参数集对;2)实验条件;3)状态发生器。在仿真运行中,状态发生器在给定的实验条件下驱动(模型、参数集)对,产生可能是轨迹状态或是结构状态的模型状态。

从更高更抽象的观点来看,仿真是基于三类知识的知识产生形式。这三类知识是1)描述性知识;2)目的性知识;3)知识处理知识。

描述性知识(仿真领域中)包括生成性知识,如模型结构和实验条件的详细说明,和与事实有关的知识如参数值。

目的性知识包括问题的理解和研究的目标。系统方法和系统工程告诉我们解决复杂问题时,为了不忽略被研究系统中所有相关且重要的事实以及计划解的推断,我们必须仔细地分析问题的状态、对问题的理解和研究目标的各个组成部分。

仿真中需要的知识处理知识可分为以下三类:1)用于知识处理的建模和仿真知识;2)软件工程知识;3)用于知识处理的知识工程知识。

## 智能

下面一段话摘自Simmon对智能的描述。从中可以看到，两种主要的研究途径甚至在早期就已经被发现了：

“我非常高兴 Minsky 教授已经指出了我关于我们通常感兴趣的领域只是一方面。我研究的重点是应用仿真来研究人类是怎样思维的。但是，许多在智能领域已多做出很多贡献的人对另一方面：怎样得到好的问题求解程序更感兴趣。换言之，我的同事和我在我们的工作中强调了“智能”这个词，而其他研究小组则强调了“人工”一词。

这两种研究途径之间有明显的相互合作的作用。智能系统的基本特性在图 1 中作了总结。

### 人工智能需要下面一些能力

#### ——学习能力

它需要的能力依次如下：

#### ——知识吸收（如术语、事实、方法、原理和定律）

——定义

——描述

——列举

——选择

#### ——知识的解释

——翻译

——转换

——例如从词句到数学表达式

——解释

——归纳

——举例

#### ——知识的分析

——区分

——判断

——分析

#### ——识别未说明的假设

#### ——知识的综合

——编译

——改组

——合成

——设计（满足要求的目标规范）

——计划（设计行为）

#### ——知识的评价

——比较

——评价

——鉴定

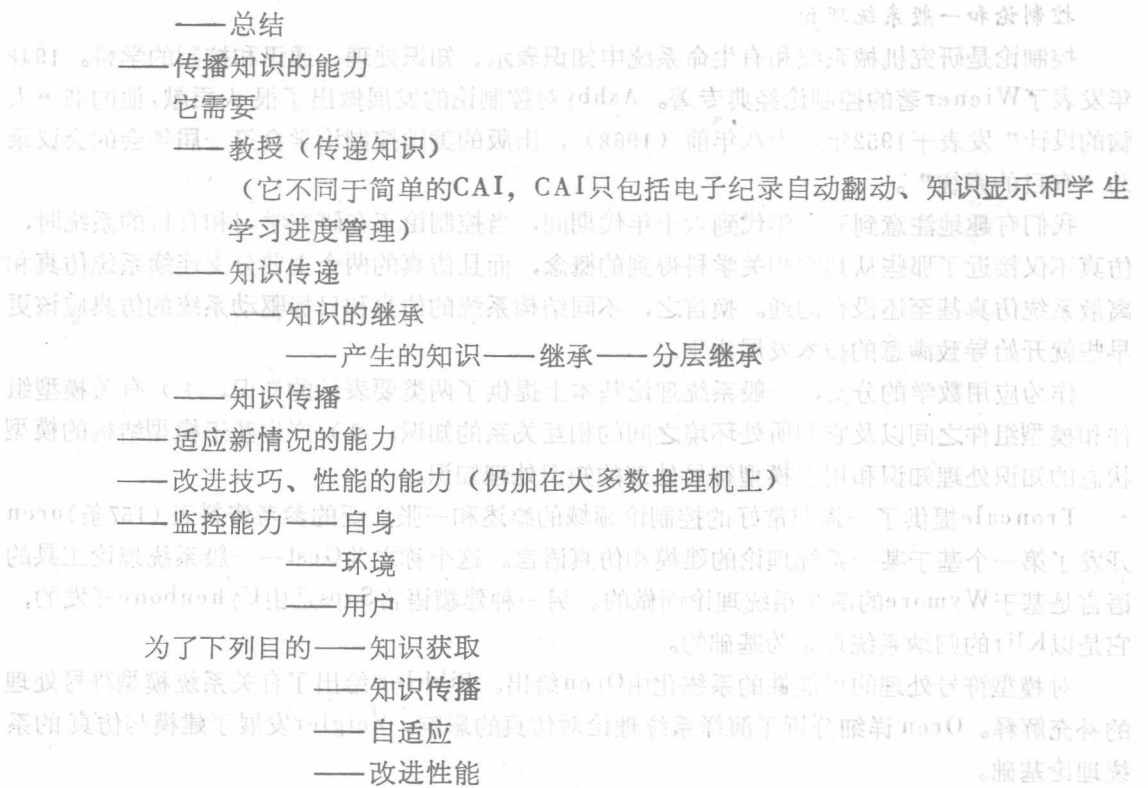


图1 智能系统的基本特点

英国控制论学者Stafford Beer对信息的定义和评论是简明而重要的。他指出：

“信息是使我们变化的因素。…只要我们仍在数据处理范围内考虑问题，那么我们根本无法进行信息和社会管理方面知识的管理。…有价值的是机器能将数据转换成信息，通过这种机器信息能用于刺激社会发展。”

我们认为知识和Beer定义中的信息是等价的。这意味着知识是使我们变化的因素，特别是一个知识库系统。

知识库是系统中存放有用知识的仓库。

知识库系统是应用知识库中的知识处理某些输入知识的系统。

大多数人工智能书中在其人工智能的定义里都展现了托勒密(Ptoleme)的人类中心说。下面引用的定义作为例子：

“人工智能(AI)是与设计智能计算机系统相联系的计算机科学的一部分，即系统显示出与人类智能行为类似的特征——理解语言、学习、推理和解决问题等。”

不过，如果导弹的制导系统只是模仿候鸟的导向系统，那么导弹的制导系统也可看作是有智能的。甚至，某些物理现象，若能模拟某些人工系统的行为并将有助于增强该行为，也可认为具有智能。例如，光线在A、B两点间传播，折射发生在使光的传播时间为最短的地方。换句话说，光在光疏媒介中传播的距离较远。一辆自动控制的水陆两用车在两个地点之间能同样地能选择它的行驶路线使整个运行时间最短。

## 控制论和一般系统理论

控制论是研究机械系统和有生命系统中知识表示、知识处理、通讯和控制的学科。1948年发表了Wiener著的控制论经典专著。Ashby对控制论的发展做出了很大贡献,他的书“人脑的设计”发表于1952年。十八年前(1968),出版的美国控制论学会第一届年会的会议录为“有目的系统”。

我们有趣地注意到五十年代到六十年代期间,当控制论正在研究学习和有目的的系统时,仿真不仅接近了那些从其它相关学科得到的概念,而且仿真的两个主要分支连续系统仿真和离散系统仿真甚至还没有沟通。换言之,不同结构系统的仿真和目标驱动系统的仿真应该更早就开始导致满意的技术发展水平。

作为应用数学的分支,一般系统理论基本上提供了两类要表示的知识,1)有关模型组件和模型组件之间以及它们所处环境之间的相互关系的知识;2)产生基于模型结构的模型状态的知识处理和用于模型符号处理的知识处理知识。

Troncale提供了一篇非常好的控制论领域的综述和一张广泛的参考资料表(157条)oren开发了第一个基于某一系统理论的建模和仿真语言。这个称之为Gest—一般系统理论工具的语言是基于Wymore的演绎系统理论而做的。另一种建模语言Saps是由Uyhenbone开发的,它是以Klir的归纳系统理论为基础的。

对模型符号处理的可能性的系统化由Oren给出。Pibbler给出了有关系统模型符号处理的补充解释。Oren详细分析了演绎系统理论对仿真的影响。Zeigler发展了建模与仿真的系统理论基础。

总之,仿真技术仍然能从模型表示和模型处理以及具有学习和目标定向状态的控制系统中汲取巨大的益处。

## 计算机和知识处理系统

为了使读者有一个完整的概念,我们给出了一些基本的、一般性定义。

计算机程序是一个知识转换器。与在技术中广泛应用的能量转换器一样,计算机程序即能将输入知识转换成输出知识,也能产生有关输入知识的信息。

计算机程序的输入和输出知识可以是:

——数值的

——正文的

——一或两维空间

——图形的

——静止或移动的图形

——一维或二维空间

——听觉的

——声音或语句

——触觉的

——其它类型的信号

来自感应装置或送到控制装置的信号。



Auan Kay的“计算机用于计算就象乐器用于演奏音乐一样”这句话的意思就是：计算机是执行计算机程序的工具。

一台计算机能以独立的形式或嵌入的形式存在于另一个系统之中，对于后一种情况，宿主系统实际上是一个嵌入计算机系统（简称ces）。ces可能是一架照相机，一件日常用品，一辆交通工具（包括飞行器），或是一件移动的武器等。重要的一点是宿主系统的主要任务不是计算。嵌入计算机提供宿主系统的知识处理能力这对于增强或实现宿主系统的主要目标是必要的。

在基本的应用中，ces可以是知识库系统，就象一架照相机能直接从编码知识中得到装在相机内的胶圈的感光性一样。其中相机编码知识是由相机内部依次与控制部件相连，用来调整快门速度和光圈快门的照度计系统的适当参数值集提供的。

对于ces系统下一步是在嵌入计算机中得到一个数学模型。这个模型能向嵌入计算机提供有关宿主系统和（或）其环境的知识。在照相机例子中，相机通过适当的知识接口读镜头的景深特性或安装在相机上的闪光灯的照明度特性。

嵌入式计算机系统（ces）为仿真的应用提供了重要的可能性。如图2所示。数学模型和它位于嵌入式计算机存储器中的驱动程序（状态发生器）可能有不同的性质：

- 1) 驱动程序可能有一个与优化模型耦合的优化算法；
- 2) 驱动程序可能有一个推理机和供推理系统使用的规则库；
- 3) 驱动程序可能有用于轨道仿真和结构仿真的仿真模型和仿真状态发生器；
- 4) 驱动程序可能有一个具有多重知识处理能力的ces（嵌入式计算机系统）。

后面两种可能性为仿真提供了两个重要的应用领域。

第三种可能性的一个例子是潜艇上的预测显示器。仿真系统能从两个来源得到其输入信息：

- 1) 直接从宿主系统的传感器上得到（深度、电流等）
- 2) 由操作员输入得到。

仿真研究向操作员显示（通过预测显示器）一些重要变量的变化轨迹，根据这些信息，操作员可以向宿主系统送入仿真输入值。

第四种可能性的一个重要方面是使嵌入式计算机系统（ces）具有计算、优化以及推理和仿真的联合功能。

## 二、先进的仿真环境

预计今后将有三种主要的可能性分类：

- 1) 先进的方法论概念；
- 2) 先进的工具；
- 3) 先进的用户/系统接口。

我们的一些观点已在文献中发表，在后面，我们给出主要发展方向的要点。

### 先进的方法论概念

表示仿真研究和产生仿真软件的方法论知识能够应用在知识库、专家和智能环境中，例如Magest系统（有关Gest系统的建模顾问）。一些问题的可能性仍在探讨中，它们包括实验条件的产生，仿真程序、模型和实验条件说明中的错误解释及结果整理分析。

## 先进的工具

作为工具的制造者，人与他所设计、制造和/或使用的工具一样复杂。由于 Ashby 提出的各种有关必要性条件的定律都包含这一点，所以我们需要经得起仔细推敲又适应于系统的复杂性要求的工具。用户使用先进工具，如 Laser 得到的实际结果将对先进工具的提高和设计其它更有效的知识库工具有非常大的用处。

## 先进的用户/系统接口

用户/系统接口能借助人工智能技术/概念得到很大的改进。例如，自然语言程序设计已经有了一些对有关问题进行说明的能力。另一种可能性是使用自然语言程序设计技术对已存在的程序进行注解和解释。通过给用户提供错误解释和为用户提供可能的解，知识库系统将得到明显地增强。

A) 独立的计算机	通过指令来执行程序
B) 嵌入式计算机系统 (ces)	
知识库系统 (K-ces)	例如：—— 照相机直接读 —— 胶片速度 —— 闪光灯/镜头特性
优化系统 (O-ces)	例如：—— 导弹跟踪 —— 用于交通优化的车辆方向道路系统
推理系统 (r-ces)	例如：—— 基于规则的机器人
仿真系统 (s-ses)	例如：—— 在线数据仿真（数据来自宿主系统和它的环境）用于预测显示器 —— 潜水艇 —— 先进的决策中心。
多功能嵌入式 (mp-ces)	例如：—— 具有先进的计算、优化、推理和仿真能力的先进的控制系统 —— 太空站

图2 嵌入式计算机系统的分类与仿真系统的位置

### 三、先进的建模体系

系统理论为仿真应用中不同建模体系提供了统一化形式。Wymore得出了用常微分方程描述系统和有限状态自动调节装置的统一概念。

有些类型的仿真采用不同的建模和计算形式，其中一些形式在本质上是相似的。例如，仿真即采用全局计算又采用局部处理形式。前一种情况模型组件的接口可以表示成包括嵌套耦合在内的耦合关系。在局部处理中，既可由调度表控制（如事件或过程中的相互作用），也可通过信息传送控制（如面向目标的建模）。一个强有力的建模体系似乎应能抓住各种不同方式的公共元素，以描述客观事物和它们的接口，并提供一个有正确基础的方法，以便表达被建模和仿真的复杂系统。很明显，仿真中应用多重建模体系的时机已经成熟了。

### 四、有关仿真研究的质量保证的一些概念

一些文章对仿真研究中质量保证的不同方面进行了探讨。如 Balci 和 Sargen 写的有关该范围的参考书目。oren 提供了这一题材的一些系统化资料。

大多数工业化国家的一个共同问题是核废料管理问题。这个问题向仿真界提出了一个特殊的挑战，因为这个系统的仿真时间为100000年。对于这类仿真应用问题，模型的可靠性和软件的质量保证变得十分重要。

在人工智能时代，一个全新的课题是知识库质量保证。在自动推理系统中，决策的质量将取决于规则库的相关性、完全性和一致性。所以，特别要注意对规则库的可靠性和完整性的研究。在自动推理系统中，应该有一个机制来保证知识库的完整性。否则系统将整体不可靠，特别是当人们有兴趣对规则库进行修改时。甚至，在更新知识库中人们的简单错误都可能使系统做出一些错误的决策。

一类新型专家，即知识库检查员必须检查自动决策系统的知识库。因此，我们需要对知识库完整性问题的理论基础进行研究。

(韩力译自 AI Applied To Simulation, Simulation Series, Vol. 18 No. 1, 王锦校)



# 人工智能环境中的仿真

E.J.H. Kerckhoffs and G.C. Vansteenkiste

**摘要** 人们已经感觉到先进的信息处理 (AIP) 技术 (如: 高级仿真语言和仿真程序包, 与仿真有关的数据管理系统, 数字捣弄装置和人工智能系统) 在下一代仿真方法中将起一个关键性的作用。本文的重点是在仿真中的人工智能概念上, 并简短地论述使用人工智能仿真的可能性, 概要说明先进的过程控制和仿真环境中的知识库系统及所给的数据库系统的作用。

## 一、仿真中的大进信息处理

许多资料都已提出了高级建模与仿真的要求。文献〔3〕中, 把医学和微生物技术工程对高级仿真的需要认为是世界上最困难的仿真问题之一。除了更先进的方法学和新的数学概念之外, 作为实际设计和分析工具, 先进的信息处理技术对充分开发仿真具有头等的重要性。这样的技术工艺将使研究工作者把注意力越来越集中在所研究的问题的原则性方面, 而不是在计算机实现和程序设计方面。除此之外, 先进的信息处理包括自动的知识获取和推理 (知识工程、知识库系统), 也包括非常规的数据处理 (如多处理器和流水线技术) 和数据的自动获取 (信息库管理系统)。在这方面, 请注意, 信息处理领域中从数据处理开始转向知识处理, 这个根本性的变化形成了下一代计算机的关键。

本文的注意力集中在人工智能辅助仿真。人工智能可定义为使用计算机完成常常认为是需要知识、知觉、推理、学习、理解以及类似的认识能力的任务的计算机科学的子领域。这里要考虑的问题是: 人工智能特别是其应用分支“知识工程”怎样能用来方便地改进与完成甚至代替常规的仿真。

### 知识库系统介绍

由于应用不同, 知识库系统有时表现出很大的差异性, 所以我们把一些注意力放在它的总体结构和作用上。图1示出了一个知识库系统的简易图。知识库是由表示为如下的典型的规则所组成的:

if P<sub>1</sub> and P<sub>2</sub> and P<sub>3</sub>.....,  
then C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> and C<sub>3</sub>.....,

此处P<sub>1</sub>表示前题1, C<sub>1</sub>表示结论1, 等等。

在前提 (或结论) 的组合中, 同样允许出现或关系。我们注意到, 这些前题或结论可以细分在两个或更多的规则中。这些前提大部分是以谓词函数的形式给出的。为了能使知识管理器 (knowledge manager) 证实或否决这些假设数据库包含肯定或否定谓词函数所必

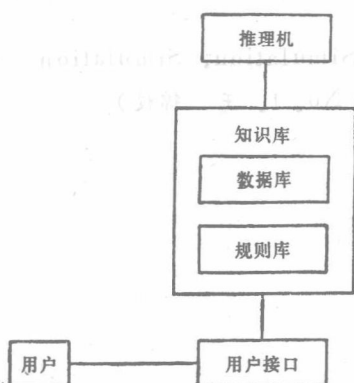


图1 知识库系统的总体设计

需的数据，本质上，这些数据是由用户提供的或者由系统已经证明是真或假的事实。起初，用户通过编辑来建立知识库和数据库，这可理解为修改一个现有的知识库和数据库。用户接口是在用户与知识库系统之间起通讯作用，它在数据库中缺少数据和知识管理器不可推理时向用户提出问题。有些系统有解释能力，能使用户询问这是什么推理过程以及推理过程是怎样进行的。知识库系统的主要职责是执行任务的知识管理器通过某一决策，向用户提供从事和规则中演绎出来的新信息。为了找到处理问题的适当规则，可能要根据规则库作几个搜索决策。然而，为能推出新的事实，必须在正向链（推理）与反向链之间作出一个重要选择。

我们以下列简单的例子来说明这两种推理方法的区别。假设知识库由下面四个规则所组成：

1. if (x and y are married) and (y is a man) then y is x's husband
2. if (x is y's child) and (y is a woman) then y is x's mother
3. if (x is y's husband) and (y is z's mother) then x is z's father
4. if (x is y's brother) and (y is y's father) then x is z's uncle

而且，我们还假定数据库包含下列事实

1. A and B are married;
2. A is a man;
3. B is a woman;
4. C is B'S child;
5. C is A'S brother

#### 方法 1：前向链

在此推理过程中，知识管理器重复地检查规则的前提是否在知识库中（即规则的适应性）。如果一个规则“点燃了”（即规则已被检验适用），新的事实也就产生了。可能由此引起其它紧跟的或已通过的规则的应用。在上面所给的例子中，知识管理器将产生下列新事实。

应用规则 1 ..... (6) A is B'S husband

应用规则 2 ..... (7) B is C'S mother

应用规则 3 ..... (8) A is C'S father

应用规则 4 ..... (9) D is C'S uncle

#### 方法 2：反向链

首先有待于证明（或否证）的假设必须公式化。下一步就是要找出其结论与假设相配的所有规则。如果知识管理器能在知识库中找到这些规则的前提的话，就会产生我们所需要的事实（即假设被证明是真）。如果假设不能直接得到证明，知识管理器将使用已找到的规则的前提产生一个新的规则集，使其结论与原规则集中的规则前提相配。知识管理器不停地工作直到在数据库中找到这样一个规则，其前提已被证明是事实时为止。

假设我们公式化假设“D is C'S uncle”。规则 4 就使我们相信这个假设是真，如果 V: D being y's brother and y being C'S father.

现在我们的任务是把一个如象“D is A'S brother”和“A is C'S father”这样的新

假设公式化。事实 (V) 就会告诉我们 “D is A'S brother” 属真。 “A is C'S father” 不在数据库中, 这意味着要作进一步的搜索。规则 3 就指示我们必须检查。

U: A being U's husband and U being C's mother.

这又导出了如象 “A is B's husband” 和 “B is C's mother” 这样的假设, 等等。最终, 在进行三次深度搜索之后, 我们就会得到我们的第一个假设是真的答案。它又可作为一个已证实的事实加到数据库中去。

在以上两种方法中, 都可能产生要求用户提供缺少数据的问题。在我们的实例中, 这不要用户回答。表面上看, 上面所给的例子似乎是前向链比反向链有一些优点, 但这不完全正确。具体地要取决于问题空间的层次, 可能研究一个方向比另一个方向 (指反向或前向) 更有意义, 更有效。在参考文献 [7] 中, 是前向推理还是反向推理好的问题, 提出了要考虑三个因素。

考虑了这些因素之后, 大多数问题中, 常喜欢用反向链, 有时也叫定向目标推理, 应该清楚, 证明 (新的) 假设的重复尝试是一个可以并行处理的过程。这样的过程可表示为与任务相连的知识: 一个规则的前提可作为另一个的结论。每一过程都在同一数据库中完成, 也使用同一知识库。为了了解并行处理知识库系统, 在下面讨论的模型中选用了此方法。

## 二、人工智能仿真概观

留心近年来发表的人工智能仿真方面的技术文章, 我们可把这个感兴趣的领域再细分为互不相交的三个主要子域, 见图 2。

### 1. 人工智能指导建模和仿真

这里基本问题是: 智能计算机辅助指导仿真学家完成高级仿真研究的不同阶段。人工智能在仿真和建模中的主要应用是 AI 支持仿真模型的建立。其实现方法是靠查询含有要建模系统的先验知识的知识库专家系统来进行的。在仿真的整个过程中, 这样的专家系统能处理多个目标。例如, 通过对 AI 支持的系统作实验, 用户将能对照 AI 支持系统的结果来检查他的实验结果, 验证其推理过程的正确性。这就为他提供了进行测量和建模方面的新见识和方法。在建模中, 智能应用的另一方面是查询专家系统, 这样的专家系统包含一个大的所有可能的模型描述集, 或者是具有模型结构知识的模型成分描述集。

利用知识库专家系统建立仿真模型的中心问题是仿真的综合过程能否合适地形式化和用规则描述, 否则它就成了纯粹的人的技巧了。无论如何, 先进的方法学建模概念是必要的基础, 因此由 Zeigler 发展起来的方法学<sup>[13]</sup>为应用人工智能提供了美好的前景。尽管现有的大多数专家系统已具备有关领域的先验知识库, 为了在建模和仿真过程中充分发挥其优势, 它们应以模型库, 实验框架库和具有实验结果的数据库来得到充实和扩大。下面我们举一个例子对这个问题加以说明。

对用户的应用来说, 几乎没有相应的工具 (方法) 能有效地帮助他去选择正确的模型。为了使建模活动形式化, Zeigler 已经作了多次尝试。实现这样的形式化需要进行符号处理而不是数字捣弄, 因此需用人工智能方法。在仿真过程中, 要给对象一现实世界, 模型和仿真器以详细的描述。这种方法是目标驱动法。根据目标 (关于真实世界的问题) 选择一个合适的模型, 然后进行仿真。此过程的第一步是问题和目标的形式化, 形成一个实验框架, 从中选出一个模型 (第二步)。最后一步是用仿真器来处理这个模型与实验框架。第一步主要

是知识库，它需要感兴趣的领域和知识以及和用户对话以获得问题的详细说明。第二步主要包括符号处理。取决于建模使用的形式，第二步可能包括数字捣弄。这样的系统的先决条件是实验框架库和模型库的适用性。这些实验框架库和模型库都是围绕真实世界的系统的详细描述而建立起来的，这个描述包括它们的变量、参数、结构等。这样的系统不仅允许检索模型；通过学习，它同样能根据系统要素的原始模型来构造模型；如果需要的话，修改模型。

作为人工智能用于仿真的有关领域的最后一个例子，我们提一下把一个形式化模型变成另一个的公式处理技术的应用。<sup>[14]</sup>

## 2. 仿真模型与知识库系统结合

复杂系统的计算机仿真体现了人工智能的一个广阔应用领域。在这里要特别说明的是具有多决策因素的仿真。每一个仿真所完成的任务都很适合于人工智能（如：在充满不确定，不完全和歪曲信息的环境中完成的计划，调度，假设公式化）。对于这样的系统，那些明显

含有启发性信息和易符号化（如决策）的子过程可由专家系统来建模。而对于那些确定的和连续子过程（如物理过程）则可按传统的动力学系统来建模。在这样的仿真中，对知识库专家系统的要求是：在快速时变环境中的运行能力和快速完成的能力。

仿真可以辅助评价知识库系统。知识库系统的一个重要应用可以说是在过程和生产控制环境中的使用：用于循环的控制，分析及支持人的活动。为了达到测试这样的智能控制系统的目的，常常有必要把它们与过程仿真模型连系起来，而在这个模型中，可以人为地创造一些过程故障。这可给我们提供全面测试知识库系统和估计我们对它所期望的能力和性能的工具。在知识库系统特殊结构的设计中的应用是仿真评价知识库系统的又一个例子。

## 3. 仿真模型中的知识表示

为了克服古典建模和仿真的一些缺点（模型结构表达上缺乏灵活性，大量的程序设计工作，定向批建模），一个替换的方法是使用人工智能的知识表示系统去表达一个仿真模型（知识库仿真）中的知识。仿真模型中，表示知识的一个先进方法是由所谓的面向目标的建模语言来完成。这里知识库包括：

- 有关系统中的每个实体的各种事实。
- 一个实体与其它实体关系的知识。
- 实体与组成规范间的关系的知识。

而且，知识的处理是根据它在系统中的行为效果来进行的。一些目标特征是：模型的建立和变更相互影响（知识表示是灵活的，也是可扩充的），建模的编程工作小，能自动检查知识的一致性和完整性，等等。

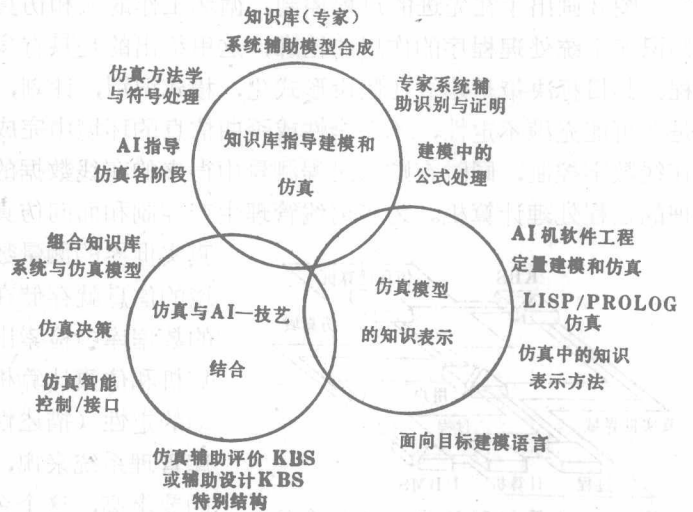


图2 人工智能与仿真

在所研究的用人工智能仿真的子域中，除掉框架知识表示方法外，感兴趣的问题是利用其它各种知识表示方法——逻辑表示模式，程序表示模式，定向（语义）网络表示模式。这要取决于仿真的性质，取决于用LISP还是PROLOG语言仿真，取决于仿真中定量建模的作用，以及在更广泛意义上的软件工程中的人工智能。

### 三. 计算机网络中的知识库系统 (KBS)

图3画出了在先进的过程控制，循环工作的人和仿真环境中的作为计算机网络一部分的知识库系统处理程序的作用的轮廓，这里给出的是具有多目标决策方面的一个真实世界过程。其目标决策是建立在假设形式化，模式识别，计划，调度以及资源分配等基础上，它是在可能充满不定性，不完全性或歪曲信息的环境中完成的。对这些过程，为了达到过程的在线数字控制，同时存贮从过程测量中得来的在线数据的目的，需要附加一个适应于实时处理的过程处理计算机。为了离线管理生产控制和面向仿真的数据库管理系统便应运而生了。

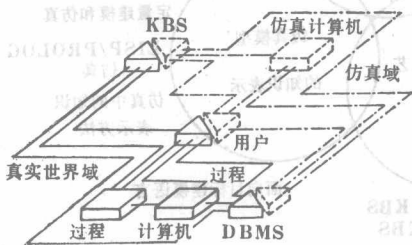


图3 计算机网络中知识库系统处理程序

真实世界的测量数据和仿真实验数据及已经获得的环境的信息就存储在这里，这些数据或信息可以从相应的数据库中检索出来，其中定量数据来自过程处理计算机和仿真计算机，真实世界和仿真领域中的各个活动的定性（描述性）信息则要求用户输入。对于数据库管理系统来说，对速度的要求远不如对合理化结构的要求高，这个合适的结构当然是建立在正确的概念模式，具有合适的记录工具的和高级的交互式用户友好的菜单应用程序的基础上。

为了对有关过程的仿真模型（或相关系统模型）进行仿真实验，我们也要把面向仿真的数据处理系统考虑在这个计算机网络中。在复杂的大规模的实时仿真环境中，要用多处理系统（SIMD或MIMD并行数据处理器）和流水线计算机（连接于主机上的外围陈列处理器，矢量处理器）来提供数字捣弄工具。知识库系统处理程序既可用作为真实世界也可作为仿真过程的智能预处理程序及后处理程序或立即处理程序。决策可由进行此处理程序的知识库专家系统来建模。或者把知识库系统处理程序用于真实世界仿真过程的智能控制和分析，或可用于帮助用户决策，分析和建模等等。最后在正中央的是与网络各部分都有通道的人。

吉亨特（Ghent）大学应用数学和生物统计学系已经实现了上述的数据和知识处理环境，处于领先地位。其中，所研究的过程是一个“发酵过程”（fermentation process），所附加的过程处理计算机是一个PDP11/45系统。DBMS（数据库管理系统）是为能在IBM-PC/XT上运行而开发出来的。AD10系统可用作数字处理设备，而前面提及的PDP计算机可作为AD10的主机。除了作为过程处理计算机和AD10主机的功能外，PDP系统还可运行简单的用FORTRAN或CSMP语言书写的数字仿真。连接DBMS（在IBM-PC/XT机上实现的）与CSMP仿真语言（在PDP计算机上实现的）接口正在开发研制中。至于包含知识库系统的处理程序，有不少思想正朝着APOLLO计算机的方向发展。然而，就目前而论，PDP或IBM-PC可用于此目的。

#### 后续

人们已经发现，复杂系统的建模和计算机仿真展现了人工智能的一个广阔的应用领域。



# 先进的信息处理技术对仿真的影响

## (综述)

E.J.H.Kerchoffs, G.C.Vansteenkiste

**摘要** 先进信息处理技术(AIP)能在下代仿真技术中起重要作用。这里我们将论述和说明两种AIP技术在建模和仿真中的结合。面向仿真的信息库管理系统被认为是自动化的主要动机之一,大规模建模和模型实现的外设化:将所涉及的描述性的和定量的数据进行管理。另一方面,注意人工智能技术在建模和仿真中的影响,AI支持的模型综合以及一些关于AI与系统分析方法相结合的问题作了简单讨论。某些思想是根据比、卢、荷三国的研究来阐述。

### 一、前 言

在先进的建模和仿真工作中我们需要些什么?下面根据E.C.Deland的文章概括了某些要求,文献中讨论了最困难的仿真问题——医学和生物工程,除了比较先进的方法学和新的数学概念之外,API技术在仿真用于实际设计和分析工具方面,是重要的,这种技术可使研究人员越来越致力于可解问题的训练方面,而不是研究计算机实现和程序设计方面,数据库管理系统形成的文件可能被其它数据库所查询,仿真技术中所使用的信息库管理系统使得寻找最适合使用者愿望的具有规定特性的模型或从已有的模型库建立新模型成为可能,象数据库这样的模型概念还没有充分得到开发,另一个关于遥控机器的研究模型,它可用于测试研究问题或为测试某一个复杂系统而建立一个模型网并且连接到一个局部开发的模型上。高效的交互工具是非常重要的,交互环境基本上改变了观察数据的方式,改变了用户对问题分析处理和模型设计方式。这种机器应具有与用户相同的速度完成实验的能力,并且在测试实验数据的同时,能多次重构模型,结合AI技术,建立以知识为基础的专家系统,以便简化/改进/完善或取代仿真研究,这些都应做细致的研究。

为了满足先进的建模和仿真提出的需要,在其它非常规数据处理技术之间(如多处理机

---

本文概括地评述了用人工智能仿真的一些可能性。作者想强调一下仿真研究组与相关领域的工作会议的相关性,最近在吉亨特大学由研究“人工智能仿真”的倍纳鲁克斯(Benelux)工作组召开了一个国际性会议。其会议记录将于今年年底或明年初发表,他们想真实地描绘一下人工智能仿真技术的状况,以便将来的工作有一个健全的参考基础。

(许初元译自Simulation In An AI-Environment, 11th

IMACS Conference Proco, 1985, 熊光楞校。)