

火炮

HUOPAO ZHUANGYAO ASHEJIZHUANJIA XITONG

装药设计专家系统

● 何勇 编著



兵器工业出版社

内容简介

火炮装药设计专家系统

何 勇 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书系统地研究了火炮装药设计专家系统的关键技术,并从易于实现的角度,首先讨论了专家系统的基本理论,研究了火炮装药设计的特点,给出了 ESGCD 的总体结构、联系方式和功能特点,并依据装药设计知识的特点,提出了火炮装药设计知识模型和形式化的描述定义,并结合火炮装药设计特点提出了一种基于相似原理的融合示例、归纳和演绎的综合学习算法。讨论了 ESGCD 的推理机设计,研究了 MYCIN 不精确推理在 ESGCD 中的应用,充分考虑现代火炮发展的特点,研究了火炮装药设计方案评估标准,给出了评估方法,最后还研究了 ESGCD 的可视化技术,完成了 ESGCD 的骨架程序研制,并以两种火炮为例,给出设计结果。

本书可作为从事火炮装药设计与制造及相关工作的科技人员的参考用书,也可作为相关专业的教师和学生的教学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

火炮装药设计专家系统 / 何勇编著. —北京: 兵器工业出版社, 2002.9
ISBN 7-80172-078-4

I. 火... II. 何... III. 火炮-装药-设计-专家系统 IV. TJ3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 070911 号

出版发行: 兵器工业出版社

责任编辑: 李翠兰

社 址: 100089 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京兵工印刷厂

版 次: 2002 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1-650

封面设计: 底晓娟

责任校对: 王 锋 全 静

责任印制: 莫丽珠

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 10.5

字 数: 255.8 千字

定 价: 26.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

本书在讨论了专家系统一般知识的基础上研究了火炮装药设计专家系统(ESGCD)的理论和关键技术。在研究将人工智能技术引入到火炮装药设计中时,系统地分析研究了火炮装药设计知识的特点、类型、设计过程和知识模型,给出了火炮装药设计知识的一种形式化定义和 ESGCD 的总体结构,提出了一种基于框架的集成式知识表示模型和描述全局知识的层次组织结构以及方法约定,详细讨论了综合学习的基本概念和学习的知识表示问题,并结合火炮装药设计特点提出了一种基于相似原理的融合示例、归纳和演绎的综合学习算法。还分析讨论了 ESGCD 的推理机的总体结构以及火炮初始设计推理和优化设计推理的步骤及内容,研究了 MYCIN 不精确推理在 ESGCD 中的应用。在研究火炮装药设计理论时,讨论了四类火炮的知识表示和计算机实现方法,研究了火炮装药设计方案评估标准,充分考虑现代火炮发展的特点,对评估体系作了进一步完善,给出了评估方法,并总结了目前我国现有制式火炮的大量相关参数数据。最后研究了 ESGCD 的可视化技术,给出了装药结构的数据结构和文件格式,利用 C++ 编程技术使程序具有良好的人机交流功能、扩充性和可移植性。本书还设计了 ESGCD 的骨架程序,以两种火炮为例,给出设计结果,表明了 ESGCD 中所有理论和关键技术具有较好的合理性、适用性。

本书共分九章,第一章是对火炮装药设计专家系统的研制进行综述以及本文主要工作的概述。第二章则详细介绍了专家系统的基本原理。第三章论述了 ESGCD 的总体结构与功能。第四章研究了 ESGCD 的知识表示和知识库设计。第五章研究了 ESGCD 的综合学习方法。第六章讨论了 ESGCD 推理机的设计。第七章研究了火炮装药设计的理论体系,给出并完善了火炮装药设计的评估标准和评估方法。第八章研究了火炮装药结构的数据结构,数据文件格式和可视化技术。第九章列举了两种典型火炮做为实例,给出并分析了 ESGCD 的设计结果,表明了 ESGCD 的合理性和适用性。

编 者

2001 年 1 月

目 录

前言

1 绪论	(1)
1.1 专家系统(ES)概况	(1)
1.2 计算机技术在火炮装药设计中应用现状的分析	(2)
1.3 火炮装药设计专家系统(ESGCD)	(3)
1.4 研究工作概述	(4)
参考文献	(5)
2 专家系统基础	(7)
2.1 专家系统的知识表示	(7)
2.1.1 知识表示的必要性	(7)
2.1.2 基于规则的产生式表示	(8)
2.1.3 框架表示	(11)
2.1.4 一阶谓词逻辑表示	(14)
2.1.5 语义网络表示	(15)
2.1.6 过程表示	(18)
2.1.7 不精确知识的表示	(19)
2.2 专家系统的知识获取	(21)
2.2.1 知识获取的任务	(21)
2.2.2 知识获取方法的分类	(22)
2.2.3 知识的自动获取与学习	(24)
2.2.4 知识获取工具	(30)
2.3 专家系统知识的运用	(38)
2.3.1 基于知识的推理	(38)
2.3.2 非单调推理	(42)
2.3.3 不精确推理	(47)
2.3.4 搜索	(54)
2.3.5 规划	(57)
2.3.6 知识的组织、管理与维护	(59)
2.4 专家系统开发工具	(60)
2.4.1 专家系统开发工具的作用	(60)
2.4.2 专家系统开发工具的分类	(61)
2.4.3 骨架系统 EMYCIN 和 KAS	(63)
2.4.4 通用知识表示语言 OPS5	(67)

2.4.5	组合开发工具 AGE	(71)
2.4.6	装药设计专家系统的骨架系统的建造	(71)
2.5	本章小结	(73)
	参考文献	(73)
3	ESGCD 的总体结构与功能	(74)
3.1	ESGCD 的总体结构	(75)
3.2	ESGCD 的功能特点	(76)
3.3	本章小结	(77)
	参考文献	(77)
4	ESGCD 的知识表示及知识库设计	(78)
4.1	火炮装药设计知识分析	(78)
4.1.1	现代火炮装药设计过程模型	(78)
4.1.2	火炮装药设计知识的特点	(79)
4.1.3	火炮装药设计知识的类型	(80)
4.1.4	火炮装药设计知识模型	(80)
4.2	火炮装药设计知识的形式化描述	(80)
4.3	ESGCD 中的知识表示	(81)
4.3.1	知识表示的基本模式	(81)
4.3.2	基于框架结构的集成式知识表示的实现结构	(83)
4.3.3	知识表示的方法约定	(85)
4.4	ESGCD 的知识库	(85)
4.4.1	火炮装药设计知识库中知识的层次式组织结构	(85)
4.4.2	知识库管理系统	(86)
4.5	本章小结	(86)
	参考文献	(87)
5	ESGCD 的综合学习方法	(88)
5.1	综合学习方法的基本概念	(88)
5.2	综合学习中的知识表示	(89)
5.3	综合学习算法	(90)
5.4	本章小结	(91)
	参考文献	(91)
6	系统推理机设计	(92)
6.1	推理机的结构	(92)
6.2	初始设计推理	(92)
6.3	优化设计推理	(94)
6.4	不精确推理在 ESGCD 中的应用	(95)
6.5	本章小结	(96)
	参考文献	(96)

7 火炮装药方案设计知识与装药设计评估标准的研究	(97)
7.1 火药装药设计概述	(97)
7.1.1 装药设计的任务、要求和分类	(97)
7.1.2 火药装药与弹道性能	(98)
7.2 火炮装药方案设计知识	(99)
7.2.1 火炮装药方案设计知识的范围	(99)
7.2.2 火炮装药设计知识的提炼方法	(100)
7.2.3 火炮装药设计	(100)
7.3 装药设计方案的评估标准	(131)
7.3.1 装药设计方案的评估标准参数	(131)
7.3.2 火炮装药设计的评估方法	(134)
7.4 本章小结	(137)
参考文献	(137)
8 火炮装药设计可视化研究	(138)
8.1 图形编辑软件系统	(138)
8.1.1 总体设计	(139)
8.1.2 各模块主要功能	(139)
8.1.3 关键技术	(140)
8.2 装药结构分析及其模块设计	(141)
8.2.1 装药结构分析	(141)
8.2.2 装药结构的数据结构	(144)
8.2.3 装药结构数据文件的格式	(145)
8.2.4 程序设计	(146)
8.3 交互式绘图模块	(148)
8.3.1 结构与功能	(148)
8.3.2 铅笔功能的制作	(150)
8.3.3 直线功能的制作	(150)
8.3.4 填图功能的制作	(152)
8.3.5 画圆功能的制作	(153)
8.4 本章小结	(154)
参考文献	(154)
9 火炮装药设计专家系统设计实例	(155)
9.1 实例	(155)
9.2 设计实例可视化结果	(156)
9.3 结果分析	(157)
结束语	(158)
符号说明	(160)

1 绪论

火炮的射击过程是一个复杂的过程,它包括火药燃烧、火药气体膨胀做功、弹丸运动,同时还伴随一系列的能量转换。在这个过程中火药燃烧是主导过程。火炮的装药设计就是要保证这一过程按预定的规律完成,它包括装药的内弹道设计和装药结构设计。火炮设计专家系统是利用人工智能技术和计算机设计模拟领域专家在火炮装药设计方面的理论和经验的计算机程序,是火炮装药设计的现代化方法和发展方向。本章对火炮装药设计专家系统的研究作一综述。

1.1 专家系统(ES)概况

专家系统,简称 ES(Expert System),属于人工智能步入实际运用的一个重要分支技术,是依据人工智能原理编制的一种计算机软件,其中含有某一科学领域的大量专业知识,能模拟该领域人类专家的思维过程进行推理与判断,解决相当于人类专家才能解决的复杂问题。

人工智能诞生于 1956 年,而 ES 产生于 60 年代中期,以 1968 年美国 DENDRAL 系统问世为主要标志。该系统可用分子式及其质谱数据辅助化学家推断分子结构,其基本思想是由 F. A. Feigenbaum 首先提出的,即着重于模拟人类智能活动中处理问题的方法,而不在于模拟人类解决问题的通用能力,从而使人工智能技术的实际运用取得了重大突破。此期间研制的 ES 通称为第一代 ES。同时代的代表还有数学专家系统 MACSYMA 系统。20 世纪 70 年代出现了第二代 ES,其中影响较大的是美国 MYCIN 系统(1974 年),该系统用于诊治感染性疾病,不仅具有该领域医学专家的诊治水平,而且具有解释功能。80 年代以来,ES 迅速向纵深发展,并出现了建立与维护 ES 的开发工具,通用于相近专业领域 ES,从而加速了 ES 的研制与应用。进入 90 年代,出现了实时动态专家系统的研究和开发,为 ES 更进一步的应用和贴近生产打下了坚实基础。

ES 一般由知识库、推理机、知识获取系统、解释器及人机接口等部分组成。其中核心部分是知识库与推理机。知识库用于存放领域专家的知识与经验,主要涉及知识获取与知识表示问题,即将人类专家的知识与经验提取出来,转化为计算机存储的符号与数据结构,是决定 ES 工作水平的部分;推理机用于根据用户要求,寻求问题的可能解答,主要涉及知识利用问题,即通过识别与提取知识库的相关知识,选择相应的控制策略,推导出合理的结论,是决定 ES 工作效率的部分。其余部分中,知识获取系统用于将人类专家的知识与经验的提取求精并转换为计算机的内部表示形式,并储存于知识库中;知识库管理系统用于组织、管理及维护知识库;解释器用于解答用户提出的问题;人机接口用于与用户通信。

ES 与一般计算机程序相比,具有以下特点:

(1)启发性:ES 求解的问题以不良结构或病态结构为特征,即求解过程中不能用简单的

数据流动或严格的逻辑判断作精确的描述,因而所具有的知识属于不精确的或不完全的,大多含有专家个性的启发式知识。

(2)灵活性:ES 核心部分的知识库与推理机相对独立,使知识库方便地进行修改与增删,而不涉及推理机的变更,即具有非编程状态下扩充与完善知识库进而改进系统性能的能力。

(3)透明性:ES 能向用户显示推理过程,并说明判断性结论的理由,即具有解释与咨询能力,对用户进行教学与培训。

(4)实用性:ES 可长期保存人类专家的知识与经验,且工作效率高,可靠性好,能汇集众多专家的特长,达到高于任何单个专家的水平,是保存、传播、使用及提高专家知识与经验的有效工具。

设计型 ES 的主要特点是具有设计知识库,可通过推理仿真获得设计方案。在国外,已有设计型 ES 应用于工程实际,但在火炮装药设计方面尚未见报导。在国内,设计型 ES 大多停留在研究阶段。^[1-5]

1.2 计算机技术在火炮装药设计中应用现状的分析

我国火炮装药设计的方法最早是引自前苏联的内弹道解法,这些解法大多建立于二次大战及二次大战后期,如恒温解法、 I_p 解法、 ΓAY 表解法等^[6-10]。这些内弹道理论都是建立在平衡态热力学的基础上,研究膛内弹道参量平均值变化规律。当时由于计算工具的限制,这些解法都作了大量假设,全曲线符合较差。其优点是计算简单,应用也比较方便,因而我国广泛采用的方法。进入六七十年代后,以鲍廷钰、金志明和周彦煌等为代表的弹道学家对内弹道学作了进一步发展,分别提出了内弹道的势平衡理论和内弹道的两相流体力学理论,对经典内弹道理论在装药设计理论中忽略了一些问题作了进一步研究,并发展了相应的计算机算法^[11-16]。进入 80 年代,随着计算机技术的迅猛发展,计算机技术在火炮装药设计领域的应用就有了突破。1984 年,原华东工学院 801 教研室通过了“内弹道计算方法的研究”的课题鉴定,该课题组比较系统地建立了各种武器的内弹道模型及计算机程序,为火炮装药设计提供了极大方便,大大缩短了设计周期和费用。但这些软件并未考虑到火炮装药燃烧的多维性和复杂性,且使用的是 Basic 语言编程,程序的系统化和人机对话功能有待提高。1988 年原机电部 202 研究所和华东工学院弹道所共同承担的“火炮两相流内弹道应用软件系统”的课题通过鉴定,在此期间,由华东工学院 801 教研室研究的“银盆软件”也投入了实际应用^[17-20]。这些软件考虑了装药燃烧的多维性和复杂性,软件系统功能也较齐全,基本适用各种类型的火炮装药设计预测计算,可部分代替或减少试验,大幅度地减少了试验经费。但在确定火炮结构尺寸,药形设计等方面还存在着不足。1990 年原华东工学院 301 教研室王泽山教授等承担的“发射药装药设计及应用研究”通过鉴定^[21],该研究的主要内容包括火药装药理论、火药装药设计和提高身管武器性能的理论基础和开发装药的新技术等,比较全面地反映了目前常用火药和装药设计完整的表、图计算方法,但不足点也在于计算方法较为落后,评估标准缺乏,专家知识无法积累和反映。1992 年兵器科学院主

持的“一二三工程火力系统”通过鉴定^[22],该系统中的 NZST 部分涵盖了我国目前内弹道及装药结构设计的全部成果,包括了弹道计算、弹道分析、弹道设计、装药设计、发射药配方设计、两相流计算、实验数据处理等七方面内容。系统功能较齐全,模型准确、计算效率高、界面清晰、辅助设计功能强。但仍存在着不足,如系统结构有待优化,装药结构设计现观性差,不能模拟专家经验知识,系统不具备自学习功能等。

从目前国外已报道的资料来看,国外装药设计中内弹道模型的发展可分为两个时期(同我国一样):计算机出现之前和之后。在计算机出现之前所有模型包括基本微分方程系封闭解或表列数值解^[23-25],也都作了大量假设,属于经典内弹道学范畴。计算机技术用于解内弹道学一维(1D)模型始于 60 年代晚期,第一个 1D 内弹道编码是贝尔^[26]所发展的并且应用于高速炮的实验研究中。70 年代以来,有许多著作^[27-31]发展了 1D 模型,它们模拟在稠密颗粒发射药床中点火与火焰传播以及随后顺炮管前进的气体与发射药粒的两相流模型,其代表人物有 K. K. Kuo、M. Summerfield、H. Krier、P. Gungh 等。他们提出的两相流模型,使装药设计的内弹道理论发生了重大变化,两相流内弹道理论研究取得了突破性进展,发展和报道了几个两相流内弹道模型和软件。其中最杰出的代表是一维模型的 NOVA 编码和二维模型的 TONOVA 编码,以及后来 Gungh 对这些编码在装药设计中作了一些修改和推广,可作管状发射药的内弹道计算^[32-35]。但也存在着实用面窄,没有学习功能,不能反映经验等问题。美国和西欧大多数国家在火炮装药设计中至今使用较多的仍是贝尔—富兰克模型,如我国 80 年代引进的 GC—45 软件。美国陆军弹道研究所近十年来推出的内弹道计算软件 IBHVG(1987 年)和 IBRGA(1998 年),仍是在贝尔—富兰克模型的基础上做了一些改进和完善,这些软件的功能较为简单,只能完成内弹道正面计算和符合计算等一些内容。这期间还有不少其它计算机编码的出现,布来克编码^[36]被用来处理发射药热力学数据;CALSPAN Code^[37],MPR Code^[38],Hitchcock Code^[39]被用于分析发射药验收实验;TOGA Code^[40]被用于设计反坦克炮;IBHVG—2 Code^[41]是对装药设计进行优化处理的编码等等。以俄罗斯为代表的前东欧火力体系,其计算机技术在火炮装药设计方面的应用,从资料来看^[42-44],目前同我国研究水平相当,人工智能技术在这一领域未有应用。因此,从国内外的研究现状来看,专家系统在火炮装药设计中的应用都还未见报道,处于同一研究水平。目前专家系统在武器设计领域的应用见报道的有“枪械设计专家系统”、“化学合成专家系统”和“计算机辅助枪弹结构设计软件系统”等^[45-47]。目前,我国已发展了二维和三维两相流的模型^[48-49],并进行了具体的应用和计算机模拟。

1.3 火炮装药设计专家系统(ESGCD)

火炮装药设计专家系统,顾名思义,应是一个能进行多种火炮装药方案设计并达到相当于火炮装药设计专家水平的计算机软件系统,并具有推理、学习功能。显而易见,其建立过程的难度与工作量都是十分巨大的,不可能一步完成而只能逐步进行,因此宜首先建立 ESGCD 原型(Prototype),即具有 ESGCD 总体框架与基本功能的模型,在此过程中研究 ESGCD 的研制方法,解决其中的关键技术问题,然后在此原型的基础上再进一步扩充完善,逐步建立实用的 ESGCD。ESGCD 原型的总体结构包含总体控制,知识获取,知识库管理与维

护,推理机,设计资料查询及图形绘制 8 个模块。其中火炮装药设计用户通过总体控制模块来控制系统中其它模块;知识获取模块用于获取火炮装药设计专家领域知识;知识库包括装药设计的元规则库、框架库、领域规则库、函数库、过程库、实例库等;推理机是控制协调专家系统工作的机构,它根据知识库中示例、规则等按一定的策略(推理)求解当前的问題,其中包括:①查找可用规则、示例。②在可用规则集中再决定应用哪一条规则。③执行所选规则的结论(或动作)部分,更新数据库的内容。④如果当前问題尚未解决,执行下一个“识别—动作”循环,直至当前问題的解决或已没有规则可用。解释模块可提供静态解释信息和动态解释信息;知识库管理与维护模块可对各类知识库进行检索、删除、插入和修改,并能检查出知识的冗余与矛盾;设计资料查询包括装药设计数据查询和图形查询;图形绘制模块用于绘制装药结构简图。

鉴于火炮研制过程中的复杂性和昂贵性,综合模拟和计算机模拟都具有十分重要的意义。尤其是火炮的装药设计,主要的是依靠专家的经验 and 知识,保存和完善他们的经验和知识具有重要意义。此外,还应看到装药的实践往往走在装药理论的前面,新装药元件的采用,新装药结构的尝试,都提出了许多新的装药理论课题。总之,发展火炮装药设计的专家系统对于我们为装药设计提供优化手段,部分代替和减少试验,保存专家知识,大幅度减少科研开发经费,对国防现代化,对火炮研制的现代化,都具有十分重要的意义。

1.4 研究工作概述

本书围绕火炮装药设计专家系统的研究问题,针对目前研究现状,从理论方法和实现技术两个方面进行了深入的研究。首先根据 ES 的一般原理和火炮装药设计的特点,给出了 ESGCD 的总体结构,讨论了 ESGCD 结构中各模块功能和联系方式以及 ESGCD 的功能特点,并根据装药设计知识的特点,给出了火炮装药设计知识模型和形式化的描述的定义,提出了一种基于框架的集成式知识表示模型和描述全局知识的层次组织结构以及方法约定,分析了装药设计知识和评估体系及方法,然后有针对性地利用知识获取方法和学习技术,实现了 ESGCD 的骨干体系。主要研究成果归纳如下:

(1)将人工智能技术第一次引入到火炮装药设计中,系统地分析了火炮装药设计知识的特点、类型、设计过程和知识模型,研究了火炮装药设计知识的表示和知识库设计,给出了火炮装药设计知识的一种形式化定义,建立了知识的层次结构和基于框架的集成式知识表示模型,为 ESGCD 的开发和研制奠定了基础。

(2)围绕火炮装药设计知识获取问题,详细讨论了综合学习的基本概念和学习的知识表示问题,并结合火炮装药设计特点提出了一种基于相似原理的融合示例、归纳和演绎的综合学习算法。该算法克服了以往机器学习方法主要依据示例集,同背景知识联系较少以及各知识源间缺乏联通性的问题,将已有背景知识和示例集作为一个整体考虑,并充分结合了武器专家们在设计中常采用的相似性原理,使知识获取过程成为在已有知识基础上利用相似性不断形成新例,来改善和增加原有知识库的学习过程。

(3)结合火炮装药设计的特点,讨论了 ESGCD 的推理机的总体结构,研究了火炮装药初始设计级推理和优化参数级推理的步骤和内容,而且还讨论了 MYCIN 不精确推理在

ESGCD 中的应用。

(4)系统地分析和研究了火炮装药设计理论(四类主要火炮)以及知识表示和计算机实现的方法,给出并完善了火炮装药设计方案评估标准,引入了压力波等评估参数,充分考虑了火炮现代装药设计发展的需要,给出了评估的方法,并总结了我国目前制式火炮的大量相关参数数据、设计方法和评估标准,有良好的实用性。

(5)分析了我国现有制式火炮装药结构,给出了装药结构的数据结构和数据文件的格式,为火炮装药设计的可视化研究打下了良好基础。

(6)研究了 ESGCD 的可视化技术,为 ESGCD 提供了交互式绘图服务。该技术除能实现一般绘图软件的基本功能外,还可把专家系统的设计结果转化为装药结构简图,充分考虑了人机交流的友好性,在设计上使用了面向对象编程技术,使程序具有良好的扩充性和可移植性。

(7)为了便于工程应用,设计了 ESGCD 的主控程序,实现了 ESGCD 的原型,并以两种典型火炮为实例,给出了 ESGCD 的计算结果,表明了 ESGCD 原型设计的合理性和适用性。

参 考 文 献

- 1 吴慧中,陈定方等.机械设计专家系统研究与实践.北京:中国铁道出版社,1994
- 2 张全寿.专家系统建造原理及方法.北京:中国铁道出版社,1992
- 3 Buchanan B G. DENDRAL and Metal—DENDRAL: their applications dimension. Artificial Intelligence Vol. 11, 1978
- 4 Emrich E. Expert Systems Tools and Techniques, Oak Ridge National Laboratory ORNL/TM—9555, 1985
- 5 卜云峰等.小型 FMS 实时动态调度专家系统的研究与开发.现代机械,1997(4)
- 6 官汉章.内弹道学.南京:华东工学院,1973
- 7 张柏生,林天木.炮用火药装药.北京:机械委兵工教材编审室,1988
- 8 谢列不梁柯夫.内弹道学.军事工程学院,1954
- 9 Y. 格里维契.炮用发射药与装药.北京:国防工业出版社,1956
- 10 吉素宁等著,吴德俊译.火药装药设计(两版),南京:华东工学院,1972
- 11 金志明,袁亚雄.内弹道气动力原理.北京:国防工业出版社,1983
- 12 金志明.内弹道气动力数学模型及计算方法.南京:华东工程学院学报,1981(1)
- 13 鲍廷钰.内弹道势平衡理论.北京:国防工业出版社,1988
- 14 袁亚雄,金志明.内弹道两相流数字模型及其计算.北京:兵工学报《武器手册》,1981(3)
- 15 周彦煌等.弹后工质—维不定常运动内弹道方程组的计算.西安:火炮研究,1979(1)
- 16 曲作家.点火管的内弹道模型.北京:兵工学报《武器手册》,1981(4)
- 17 金志明等.内弹道问题计算程序.南京:华东工程学院弹道研究所,1982
- 18 周彦煌等.炮用点火管装药床内点火理论及模型.西安:火炮研究,1980(1)
- 19 王井晨,周彦煌等.火炮两相流内弹道应用软件系统.西安:机电部 202 研究所,南京:华东工程学院弹道所,1988
- 20 翁春生,袁亚雄,金志明.开槽管状药内弹道模型及计算.南京:弹道学报,1993(4)
- 21 王泽山,徐复铭等.发射药装药设计理论及应用研究.南京:华工学院,1990
- 22 Laidler K J. A Comparison of Interior Ballistic System. Catholic Univ. of America, Contract NORO 9692,

- Rept. NAVORD750, 1947
- 23 Corner J. Theory of the Interior Ballistics Guns. Wiley, New York, 1950
- 24 Hunt F R W. Internal Ballistics. Philosophical Library, New York, 1951
- 25 Bear P G. A Mass Point Computer Program for the Cas Dynamic Problems of High Velocity Gun Interior Ballistics. Proceedings of 2nd ICRPG/AIAA Solid Propellant Conference, Anaheim, Calif, 1967
- 26 K K Kuo. Interagrnular stress, Particle well Friction and speed of sound in Grunular Propellant Beds. Journal of Ballistics, Vol.4, 1980
- 27 Gorgh P S. Fondamental Investigation of the Interior Ballistics of Guns. Space Research Corp. , Contract 0174-73-C-0501, SRC-R-75, 1974
- 28 East U L. Projectile Motion predicted by Solid/gas Flow of Interior Ballistic Model. Proceedings of the 10th JANNAF Combustion Meeting, Chemical Propulsion Information Agency, Publ. 243, 1973
- 29 Krier H. Model for Elame Spreading and Combustion Through Packed Beds of Propellant Grains. Univ. of Illinois at Urbana Champaign, TRAA 34-1, 1974
- 30 Gough P S. Computer Modeling of Interior Ballistics. Naval Ordnance Station, Indian head, Md. IHCR 75-3, 1975
- 31 Heimer J M. A Congies of Numerical Models at the BRL, 1980
- 32 Swaminathan V, Rajagopaian S. Propellants and Explosive 3, pp.150-155, 1978
- 33 Anderson R D, Fickie K D. TBHVG 2-A User's Guide. BRL Report 2829, 1978
- 34 Gordon S, McBride B J. NASA Sp-273, 1971
- 35 Freedman E. A Brief Users Guide for the BLAKE Program. Balistic Research, Rept. ARSD-QA-A-P-58-74, 1974
- 36 Fish E B. Development of Basis for Acceptance of Continuously Produced Propellant. Calspan Corp. , Rept. V2-5163-D-1, 1973
- 37 Bbar P G. MRP Gun, A Multi purpose-Multipropellant Weapon Interior Ballistic Simulator. Ballistic Research Lab. , Rept. In review, 1978
- 38 Hitchcock H P. Tables for Interior Ballistics. Ballistic Research Lab. , Rept. , 993, 1956
- 39 Shear R, Grollman B. Target Oriented Gun Analysis for Feasibility Studies. Proceedings of the XVI Army Operational Research Symposium, Vol. P.990-1003, 1977
- 40 路德维希编,杨葆新,袁亚雄等译. 火炮发射技术. 北京:兵器工业出版社, 1993
- 41 Ветехтин С А. Газопинаминаминеские Основы Внутренней Валлистики, 1957
- 42 Граве И. П. Внутренняя баллистика, Выпуск IV, 1973
- 43 Н. 克里尔编,谢庚译. 现代枪炮内弹道学. 北京:国防工业出版社, 1985
- 44 吴访升等. 计算机辅助枪弹结构设计软件. 南京:南京理工大学, 1996(3)
- 45 张红江. 化学合成专家系统 ESCS. 西安:西北工业大学出版社, 1994
- 46 金志明,翁春生,袁亚雄. 稠密颗粒床中点火传火过程的两维两相流数值模拟. 力学学报, 1992(3)
- 47 翁春生,金志明,袁亚雄. 高含能颗粒床中瞬变点传火过程的三维二相流数字模拟. 爆炸与冲击, 1996(3)

2 专家系统基础

2.1 专家系统的知识表示

2.1.1 知识表示的必要性

一、知识和知识的分类

知识是人类在实践中所积累的认识和经验的总和。在一个专家系统设计中研究的知识仅仅是与领域问题求解有关的知识的一部分。对于什么是知识,人们还没有给出严格的定义,比较有代表性的几种定义方式有:

1. Feigenbaum: 知识是经过整理、解释、挑选和改造的信息。
2. Bernstein: 知识由特定领域的描述、关系和过程组成。
3. Hayes-Roth: 知识 = 事实 + 信念 + 启发式。

知识的定义虽然有不同的形式,但通常我们以 F. Hayes-Roth 提出的三维空间来进行描述(图 2-1):知识的范围,从具体到一般,知识的目的,从说明到指定;知识的有效性,从精确到不精确。

撇开知识在所涉及领域的具体特点,从抽象的、整体的观点,又可将知识分为若干个层次,即:零级知识、一级知识和二级知识。零级知识是关于问题求解的常识性知识和原理性知识,它包括问题领域内的事实、定理、方程、实验对象和操作等。一

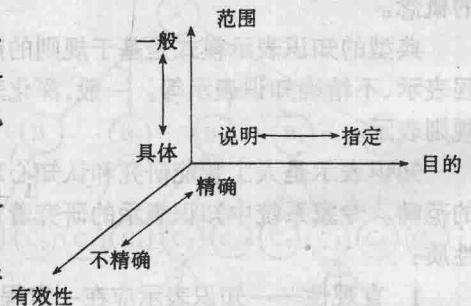


图 2-1 知识描述的三维空间

级知识指专家在求解复杂的不良结构问题时所特有的个性启发式知识。二级知识是在实际问题求解中,结合和有效运用零级知识和一级知识时所采用的知识。这种知识的层次还可继续划分下去,每高一级知识对低层知识都起着指导作用。在专家系统设计中,零级知识和一级知识都被称为领域知识,二级以上的知识统称为元知识。元知识是“关于知识的知识”,一般可分为两类,一类是关于我们所知道的知识的元知识,这类知识刻划了领域知识的内容和结构的一般特性,例如一特定领域的知识范围、产生背景、重要性、可信度等;另一类是关于如何运用我们所知道的知识的元知识,如在问题求解中所用的推理方法,为解决一个特殊任务而必须完成的活动计划、组织和选择方面的知识等等。

二、知识表示的必要性

专家系统是一种典型的知识处理系统,它面向现实世界中那些通常需要由领域专家才能分析、求解的专门问题。领域专家是处理专门问题的能手,有着非凡的分析和判断能力。专家的能力来源于他们所具有的丰富知识,专家系统就是把求解领域专门问题的相关知识

结合到程序设计中,使程序具备像专家求解问题时一样的推理、学习和解释能力。所以专家系统的研究着重于知识处理,它包括知识的获取、表示和利用三个核心环节。其中,知识表示是知识处理中最基本的一个问题,因为一方面,所获取的知识必须表示成某种形式才能记录下来;另一方面,知识没有表示就根本谈不上知识的运用。显然,能否把知识表示出来对知识的处理是如此至关重要,而且知识表示的好坏对知识处理的效率和应用范围影响很大。所以,知识表示的问题一直是知识处理最热门的研究课题之一。

知识表示研究各种存储知识的数据结构设计,并把问题领域的各种知识通过这些数据结构结合到计算机系统的程序设计过程。从理论上说,任何一种知识都可用任何一种知识表示模式表示出来,然而各种模式对表示各种具体问题领域的具体知识,在模式本身、问题领域以及推理策略方面的难易程度不一样。迄今为止,知识表示还没有完善的理论可循,评价一种知识表示模式的优劣还没有统一的形式化标准。

由于具体领域的已有知识可分为共性知识和个性知识两个方面,所以知识的表达也可分为深化表达和表层表达。其中深化表达是关于实体(如概念、事件、性能等)间结构和功能的表达,它反映支配事物的物理规律,关于动作的功能模型,事物间的因果关系网络和现象间的抽象与类比等。而表层表达是基于经验的结合和对结构与功能理解的编译,知识的前提和结论来源于以往的经验。但应注意:表达方式同知识表示模式是两个不同的概念。

典型的知识表示模式是基于规则的产生式表示、框架表示、逻辑表示、语义网络表示、过程表示、不精确知识表示等。一般,深化表达采用框架表示和语义网络表示;表层表达采用规则表示。

知识表示是人工智能研究和认知心理学等学科研究共同关心的问题,它隶属于认识论的范畴。专家系统中知识表示的研究着重于实用的表示模式或称方法,它应包括以下几个性质:

1. 直观性——知识表示应在一定程度上反映人类问题求解中使用知识的方式,具有一定的直观性,便于理解 and 交流。
2. 简洁性——知识表示的简洁性意味着时空效率。
3. 抽象性——抽象知识表示更接近问题领域。
4. 易结合性——任何一种表示方式都有一定的缺陷,通过结合其它方式,往往可以取长补短。
5. 可分划性——知识项之间的联系应不是微妙的或复杂得不可控制;知识库的分划有利于并行处理。
6. 层次体系——知识组织应具有一定的结构性和访问局部性,以便提高处理效率。
7. 同态性——知识表示结构应真实、直接地反映问题领域的结构。
8. 合适的知识粒度——知识粒度影响推理步长和平均进程生命期等,对于并行多处理系统性能影响很大。

2.1.2 基于规则的产生式表示

由于客观世界中各种事物或知识之间往往并非互相孤立的,常常存在着各种各样复杂

关系。因果关系是最常见而简单的一种。所谓“产生式”表示是一种很适合表示因果关系的表示模式。它在语义上表示“如果 A 则 B ”的因果关系。产生式一词最早是由逻辑学家 E. Post 于 1934 年提出的。Post 根据串替换规则提出了一种称为 Post 机的计算机模型,模型中的每一条规则就称为一个产生式。基于规则的产生式方法是目前专家系统中最为普遍的一种表示方法,比较成功的专家系统大都采用了这种表示模式,例如著名的用于医疗诊断的 MYCIN 系统就采用了类似产生式的方法来表示知识。

一、产生式的定义

一个产生式的一般形式为:

$$P \leftarrow Q$$

其右边表示一组前提或状态,左边表示若干个结论或动作,上式的含义是“如果前提 Q 满足则可推出 P (或应该执行动作 P)”。

在产生式系统中一般利用一个解释程序以匹配—执行的方式来运用知识。即当其右边 Q 能与一个已证结论集合中的某元素匹配时就可运用该产生式,推出结论 P 并把它放入已证结论集,或执行 P 所代表的动作等。如此循环往复地运用由一组产生式表示的知识,以求得最终的结论,或解答题目或求证定理。

一组产生式还可形象地用一棵(或多棵)“与/或树”表示,如图 2-2 所示。

按定义可表示为:

$$A \leftarrow B_1, B_2$$

$$A \leftarrow B_3, B_4, B_5$$

$$B_1 \leftarrow C_1, C_2$$

$$B_2 \leftarrow C_3$$

$$B_3 \leftarrow C_4, C_5, C_6$$

$$B_4 \leftarrow C_7$$

$$B_4 \leftarrow C_8$$

$$B_5 \leftarrow C_9, C_{10}$$

$$C_5 \leftarrow D_1, D_2$$

$$C_5 \leftarrow D_3$$

$$C_8 \leftarrow D_4, D_5, D_6$$

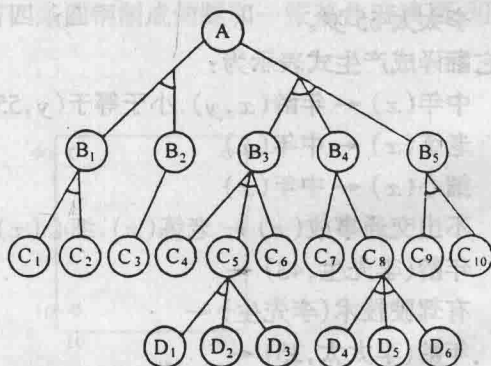


图 2-2 产生式“与/或树”

“与/或树”中带圆弧的分支线表示了“与”的联系,不带圆弧的分支线表示了“或”的关系。利用“与或树”可把一个证明或解题过程视为在树上的一个搜索过程。

若产生式的右端为空,即:

$$P \leftarrow$$

表示 P 是一个无条件成立的结论或是一个无条件需执行的动作。

若产生式的左端为空,即:

$$\leftarrow Q$$

表示一个问题,即:什么情况会使 Q 成立?

二、产生式的形式描述及语义

综上所述,一个用产生式表示的知识是一组产生式的有序集合,语法上可用BNF表述如下:

$\langle \text{谓词} \rangle ::= \langle \text{谓词名} \rangle [(\langle \text{变元} \rangle, \dots)]$

$\langle \text{动作} \rangle ::= \langle \text{动作名} \rangle [(\langle \text{变元} \rangle, \dots)]$

$\langle \text{前提} \rangle = \text{空} \mid \langle \text{谓词} \rangle, \dots$

$\langle \text{结论元} \rangle ::= \langle \text{谓词} \rangle \mid \langle \text{动作} \rangle$

$\langle \text{结论} \rangle ::= \text{空} \mid \langle \text{结论元} \rangle, \dots$

$\langle \text{产生式} \rangle ::= \langle \text{结论} \rangle \leftarrow \langle \text{前提} \rangle$

$\langle \text{产生式知识} \rangle ::= \langle \text{产生式} \rangle, \dots$

值得注意,产生式知识中,诸产生式的次序是有意义的,因为一般解释程序都是自前往后顺序地进行匹配、查找被运用的产生式。

例:下述一些知识的语义为:

35岁到55岁的人称为中年人。

中年人是老练而细心的。

老练、细心并有驾驶技术的人是不会出交通事故的。

李先生43岁并有驾驶技术。

李太太35岁。

将它翻译成产生式表示为:

$\text{中年}(x) \leftarrow \text{年龄}(x, y), \text{小于等于}(y, 55), \text{大于等于}(y, 35)$

$\text{老练}(x) \leftarrow \text{中年}(x)$

$\text{细心}(x) \leftarrow \text{中年}(x)$

$\text{不出交通事故}(x) \leftarrow \text{老练}(x), \text{细心}(x), \text{有驾驶技术}(x)$

$\text{年龄}(\text{李先生}, 43) \leftarrow$

$\text{有驾驶技术}(\text{李先生}) \leftarrow$

$\text{年龄}(\text{李太太}, 35) \leftarrow$

三、适合于产生式表示的问题领域

产生式的“IF-THEN”结构接近人类思维和会话的自然形式,易于人们在特定情况下关于“做什么”的行为知识的表达和编码,在语言理解、医疗诊断、化学分析等基于经验结合的许多领域中它是对人类行为知识进行表层表达的常用工具。产生式不仅可以表达事实、规则,还可以附上可信度因子来表征这些事实、规则的经验可信程度。

适合于产生式表示的问题领域应该具有以下特点:

1. 领域知识是扩散型的,领域内需要有大量的经验知识,如临床医学,它不具备精确、统一的理论。

2. 领域的问题求解可以被表示为一系列相对独立的求解操作,或者领域问题可以被视为一个问题空间中从一个状态向另一个状态的转换,如医用病人监护系统,它不具有相互依赖的子过程。一个操作或转换可以被有效地表示为一条或多条产生式的触发与启用。

3. 领域中的知识易于同使用这些知识的方式分离开来,如生物学的分类过程,其中表示与控制不是混合在一起的。