

“八五”铁路技术进步丛书

铁路工程建设中的 智能决策系统

陈 峰
方 祁 编著
阚叔愚

中 国 铁 道 出 版 社
1 9 9 5 年 · 北 京

学者提出宝贵批评意见。如果本书出版能对人工智能技术在
铁路工程领域的发展和应用有所裨益,将是作者所欣慰的,聊
作抛砖引玉。

作 者

一九九三年十一月

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

在铁路工程建设中,新线建设方案、既有线改造决策、工程灾害预测和防灾措施的评估、决策等,都涉及大量不确定信息的处理和专家经验知识,这些均须依靠人工智能技术来解决。本书作者在主持国家自然科学基金有关重大项目研究的基础上,总结了这项技术,把智能决策系统在铁路工程中的应用介绍给读者。

本书可供铁路工程设计、研究及大专院校师生参考应用。

“八五”铁路技术进步丛书

铁路工程建设中的智能决策系统

陈 峰

方 祁 编著

阚叔愚

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 安鸿逵 封面设计 陈东山

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:9.625 插页:1 字数:220 千

1995 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—1000 册

ISBN7-113-01860-2/TU·406 定价:10.00 元

前 言

智能系统与知识工程学科领域的研究在当今世界上受到广泛的重视,经济与工业发达的国家都为此制定了长期的科学研究与推广应用规划。智能辅助决策系统作为人工智能研究的一个重要分支,近年来几乎渗透到了所有的工程学科领域。在国家的基本建设工作中,如城市规划、铁路公路交通、城镇环境保护、建筑物和工程系统防御与抵抗自然灾害的侵袭等,这些问题的能否正确解决关系到巨大人力、物力、财力的得失及其经济效果。因之,工程建设中的智能辅助决策系统的应用研究可使国家的基本建设中众多依靠人的经验主观判断的问题找到了科学的解决办法,同时也为智能系统与知识工程的科学研究提供广阔天地。鉴于此,国家自然科学基金委员会于1987年批准将“工程建设中智能辅助决策系统的应用研究”课题列为重大项目,组织了由清华大学、同济大学、上海交大以及中国科学院等有关校院所廿余个单位多学科的联合攻关研究队伍,历时5年,取得重大突破,该课题的研制成果已于1992年12月在北京通过国家验收。为此,1994年5月,在清华大学首次举办了IABSE(国际桥梁工程学会)国际学术讨论会,有22个国家和地区的70多位专家学者代表参加。国内外专家一致认为:我国在该领域的研究已达到和部分超过国际先进水平。

在上述重大课题的研制中,铁路系统的两所重点大学——北方交大、西南交大承担和主持了其中铁路系统的三个

子课题的研制任务。课题名称是“单线铁路技术改造决策专家系统”、“铁路桥梁损伤评估及对策专家系统”以及“铁路隧道围岩分类专家系统”等,获得很高评价。大家知道,在铁路工程建设中,诸如新线建设方案、既有线改造方案决策、铁路工程造价估算、平面选线、铁路线路大修决策,以及在铁路桥梁工程、隧道工程、地质和工程灾害预测等广泛领域中,人工智能技术的应用有着广泛的前景,并会产生巨大经济和社会效益。本着这个宗旨,我们拟将已经掌握、了解和熟悉的有关这一新兴科技领域,国内最新研制动向、研制成果,结合铁路工程实际推荐和介绍给广大读者,以推动人工智能技术在铁路工程领域应用的发展和提高其基础理论的研究水平。

本书主要分三部分:

第一部分概要介绍智能辅助决策系统中专家系统的基础理论及方法。

第二部分介绍铁路工程中智能辅助决策系统的建立和应用,该部分是本书的重点。

第三部分结合我们了解的情况,介绍我校和各兄弟院校专家学者已经或正在研制的铁路工程领域的各种辅助决策系统。

参加编写人员有:阚叔愚(前言,绪论,第三章)、方祁(第一章)、陈峰(第二章)。

特别指出的,在最后一章,广泛介绍和选用了我校和各兄弟院校研制成功并已经发表的铁路工程领域如桥梁、隧道、线路、地质、选线的各专业、各领域的智能辅助决策系统,在此,向这些研究者表示由衷的感谢和敬意。

限于水平,书中错谬在所难免,诚恳切盼各界同事、专家

目 录

绪 论	1
第一章 专家系统技术	6
第一节 专家系统	6
一、人工智能与知识工程	6
二、专家系统	10
第二节 几种常用的专家系统知识表示方法	14
一、产生式系统表示方法	14
二、框架式系统表示方法	29
三、神经网络方法	43
四、其它知识表示方法	46
第三节 专家系统中的不精确推理	46
一、不确定性	46
二、证据强度和规则强度	47
三、不精确推理中的推理网络	48
四、MYCIN 系统中的不精确推理模型	50
五、以证据理论为基础的不精确推理模型	55
第四节 专家系统的建造	60
一、专家系统的建造过程	60
二、知识获取的辅助方法	62
三、知识工程语言和专家系统工具	62
四、专家系统中的解释功能	63
第二章 铁路工程中智能系统的建立和应用	64
第一节 铁路工程建设专家系统的一般知识	64
一、研究和开发铁路工程建设专家系统的意义	65
二、工程建设领域专家系统的定义	66

三、设计铁路工程建设领域专家系统所	
需要研究的问题	67
四、铁路工程建设领域专家系统涉及的知识领域	68
五、铁路工程建设领域专家系统的应用范围和类型	68
第二节 铁路工程领域专家系统的建造过程	72
一、领域问题的确定与用户需求分析	73
二、系统的设计原则	74
三、铁路工程建设专家系统的总体设计过程	76
四、工程建设领域涉及的知识类型分析	87
五、铁路工程设计领域知识表示方法	89
六、铁路工程建设领域的知识获取	107
七、系统搜索策略和推理方式的设计	110
八、工程建设领域不确定性信息分析及 不精确推理方法的应用	147
九、系统的解释及半自动知识获取功能设计	165
第三节 一个适合开发方案选择类专家系统 的骨架系统	176
一、适应领域分析	177
二、CRES 程序结构说明	180
第四节 其它智能系统技术在工程建设中的应用	212
一、工程建设领域智能 CAD 简介	212
二、工程建设领域智能仿真系统简介	224
三、工程建设领域决策支持系统简介	227
第三章 铁路工程领域研制的各种智能辅助决策系统	229
第一节 单线铁路技术改造决策专家系统	229
一、系统研制概况	229

二、ESORR 系统的组成及结构	231
三、系统功能模块设计	233
第二节 铁路平面选线专家系统设计	243
一、引言	243
二、系统的组成	244
三、系统的结构	250
四、系统的知识表示	251
五、系统的推理机制	253
六、系统小结	255
第三节 铁路建设工程造价估算专家系统	255
一、简述	255
二、铁路工程造价估算专家系统因素关系	256
三、知识库的建立	257
四、推理方法	261
五、系统小结	262
第四节 铁路线路大修专家系统	263
一、问题的提出及因素关系	263
二、初始节点隶属函数的建立及权重的确定	264
三、不精确推理	267
四、线路大修专家系统	271
五、系统的应用	272
第五节 铁路隧道工程专家系统	273
一、铁路围岩分类的专家系统	273
二、其它专家系统	279
第六节 铁路桥梁工程专家系统	283
一、桥梁初步设计专家系统 ES-PDLB	283
二、其它专家系统	293
参考文献	298

绪 论

一、工程建设中的智能辅助决策系统

智能辅助决策系统(包括专家系统)是人工智能领域的一个重要分支,它是一个以人类特有的知识为基础,借助计算机处理进行决策的人—机系统。在国家的基本建设工作中,如城市规划、铁路、公路交通、城镇的环境保护、建筑物和工程系统防御与抵抗自然灾害的侵袭等,都涉及到对大量的不确定性信息的处理,需要专家以其知识和经验分析、判断复杂的问题,而后做出决策。

上述问题的判断与决策是否正确,关系到巨大的人力、物力、财力的得失,关系国计民生。所以,工程建设中智能辅助决策系统的应用研究使国家基本建设中众多过去只能依靠人的经验主观判断的问题找到了科学的、量化的解决方法。因而,智能系统领域的研究在当今世界上受到广泛的重视,经济与工业发达国家为此制定了长期的科学研究与推广应用规划,而作为人工智能研究一个重要分支的智能辅助决策系统的研究与应用,近年来几乎渗透到了所有工程学科领域。

二、工程建设中智能辅助决策系统的研究

我国是在集中全力进行经济建设的一个迅速发展中的国家,有大量的繁重的基本建设任务,考虑到我国的总人数和四化建设规模,应该说是我们正从事世界上最大规模的基本建设,这种发展背景为土木工程各学科的发展提供了优厚的环境。工程建设项目的最大特点在于它的鲜明的个性和综合性,与连续生产的化工产品和离散生产的汽车产品不同,工程建设的项目都是“个体生产”的,针对一个具体的项目,从可行性

研究论证,到设计、施工,从正常使用到老化维修,都带有它特殊的个性,但是统计性都较差。因此,工程建设中不确定因素和不确知因素非常多,因素之间相互作用也大,在这种情况下,采用一定的数学物理模型进行描述,有相当限制。实际上,大量的工程建设问题是依据经验解决的。由于工程建设项目投资巨大,项目的持续时间较长,科学的决策变得十分重要,如果主要依靠经验,这里就有一个如何地科学收集、储存和使用“经验”的问题。近年来,由于人工智能的发展,特别是知识工程学科的发展,使人们科学地利用知识和经验成为可能。因之,工程建设中智能辅助决策系统的应用研究在我国具有广阔的天地和宏大的远景。

三、智能辅助决策系统在铁道工程建设中的应用

在铁路建设的各个阶段,从前期工作直到不同的设计阶段,从预测、规划、评估和在初步设计、技术设计的方案以及一些技术参数的确定中,从宏观到微观都存在着关系重大的不同层次的决策问题。无论是新线建设还是旧线改造抑是枢纽的改扩建等等,这些工程,动辄投资以数千万、数亿元计。例如,预计到2000年我国铁路网的建设规模将由目前的5.4万km一跃发展到7万km,2010年将达到8万km以上。初步估计,仅就铁路的“九五”规划铁路规模总投资将达到2600多亿元。其中绝大部分是土木基建投资。而在铁路建设的各个阶段,如前述的从前期工作的预测、规划、评估以及在初步设计技术方案的确定以及施工管理和相关规范的制定和使用过程中,很多决策需要专家的经验、知识和智慧,通过判断和逻辑推理才能解决。这些都关系到投入的巨额投资科学的、合理的使用,减少或不发生重大的投资失误。例如,新线建设中的主要技术标准的确定;平面、纵断面设计特别是在困难地形条

件下的线路位置的合理确定;既有线改造方案的选择;铁路工程造价的估算;客货运量的预测,以及桥梁、隧道建设方案、桥梁损伤评估、隧道围岩分类、地形等级划分、岩溶预报,地震或地质灾害预测等等,其相关的智能辅助决策系统的建立,再和专家、领导相结合的判断中,最终会取得比较科学、客观的结论。

四、智能辅助决策系统今后的发展

为了在工程建设领域大力推广智能决策系统的科学研究和应用,推动人工智能在工程建设中的发展,国家自然科学基金委员会于1987年批准将“**工程建设中智能辅助决策系统的应用研究**”列为国家自然科学基金重大项目,这项重大研究课题进行研究的内容和解决的科学问题为:**工程建设领域内的信息数据库、知识库结构,工程建设知识表达及不确定性因素的处理和推理方法,适用于工程建设知识系统开发环境和工具的研制,完成一批可使用的知识库和智能辅助决策系统的原型软件等**。从上述的研制内容可看出,该重大项目课题的研究包括了从知识工程的基础理论一直到研制成功某些软件达到应用程度。今后的方向将侧重在工程建设中知识系统的应用研究方面,其中一些内容包括:土建设计系统及实例;工程规范的计算机处理技术,大型结构物安全性的智能监测系统;发展集成技术,进一步提高一批有应用价值的智能辅助决策系统,包括完善图形功能、完善工程数据库。

五、专家系统的决策方法

1. 决策的基本概念

对决策(Decision Making)概念的理解是,为了一个特定系统的目标,根据客观条件的可能性,在占有一定的信息和经

验的基础上,借助一定的工具、方法和技巧,对需要决定的问题的诸因素进行必要的计算和选优判断后,所作出的行动对策。简单概括一句话,就是为了达到某一特定目标做出某种行动的对策称为决策。其中关键问题不仅需要拟定各种可能方案,而且在决策过程中出现两个或以上的解决问题的方案或办法时,怎样从中选择一个最优的办法或方案。

随着现代化建设的不断发展,影响决策的因素愈来愈多,系统的规模也愈来愈大,系统内部及系统之间的联系愈来愈复杂,决策后果的影响也越来越深远,因之传统的以依靠阅历为主的经验决策就显示出不同程度的局限性。但是亦由于现代科学技术的发展,计算机以及科学决策的理论、方法和手段的相继出现,这就给予决策者更能充分运用他们自身的阅历、知识、智慧,运用掌握的现代科学决策理论和方法,按照科学决策程序去判断并做出科学的、正确的抉择。

2. 铁路工程建设方案决策

大家知道,铁路工程建设方案因素复杂,牵涉面广泛,方案众多,所以,必须遵循工程建设基本原则,一切方案围绕采用新技术、向着实现铁路现代化的目标,在满足运量需要前提下,做到降低工程造价,提高运营指标,达到很好的经济和社会效益。

铁路工程建设方案产生的一般过程是:首先,根据该线吸引范围内的运量预测,得知该线在近期、远期内能够分配的运量数值;第二,研究相关铁路的现状,在现有技术装备条件可能达到的能力,包括线路、站场及相关设备的配套的能力;第三,根据铁道工程建设的基本原则,结合该线具体情况,研究满足能力需要的各种可能的铁路新建方案,去掉明显技术经济不合理的方案;再根据制定的科学评价指标体系,对其余各方案进行综合评价,包括技术经济评价,最终比选出一个最优

方案做为推荐方案,并提出该方案的几项重要指标,如能力、投资、内部收益率……等等。至此,完成决策的全过程。

3. 工程建设方案决策方法

从上述工程建设方案决策过程中可看出,全部过程是一个庞大系统的逐渐优选过程,环节众多,具有较高的模糊度和较强的不确定性,有定量的更有大量的定性问题。因此,选择科学的决策方法和手段就更有其特殊意义,使其能达到客观、准确和快速。

根据美国斯坦福研究所统计,目前,世界上所用的预测、决策方法大约有 200 多种,有文献可查的 150 余种,但可归纳为几大类,这些方法又可大致分为:硬决策——数学决策和软决策——专家决策两大种。

硬决策所运用的数学工具主要是系统分析原理、运筹学和图论等;软决策所用的数学工具主要是模糊数学和一些行为科学,其决策的主要内容是专家决策的推广和科学化,同时当然也包含一些硬决策的约束条件的软化工作,软决策可以通过所谓“专家法”把心理学、社会科学的成就应用到决策中来,并通过各种有效的方式使专家在不受干扰的前提下充分发挥见解。

鉴于铁路工程建设的特点,其系统因素的复杂性,确定其建设方案不仅需要定量计算,而且需要大量专家经验知识及其量化值,同时又存在着大量的不确定性(如运量值的可靠性、地形等级的模糊性以及其它不确定性因素等),因而这类问题的决策,采用近年人工智能的专家系统的决策方法更有其突出的适合性。建造数据库、知识库、不精确推理机制,由开发的计算机程序从输入数据到输出结果全部自动实现,这种专家系统的决策方法和领导专家结合起来,可以得到客观、准确的最佳决策。以后各节将详细论述。

第一章 专家系统技术

第一节 专家系统

一、人工智能与知识工程

人工智能(Artificial Intelligence)是一门边缘学科,它已在许多领域得到广泛的应用。从 60 年代中期开始,人工智能(AI)已在专家系统的发展中获得了很多的成功。AI 中的许多原理、工具和技术为研究人员在许多具体的专业范围内建立具有专家级水平的智能程序提供了基础。因此,专家系统就成为建立辅助决策智能系统的一种不可忽视的技术。

为了描述专家系统的思想,该领域的研究人员采纳了“知识工程”这一术语。它兼有科学的、技术的和方法论的成份,把专家的知识加以提炼,构造出计算机化的程序是知识工程的基本任务。

(一)人工智能

“智能”(Intelligence)一词在当代新辞典(Webster's New Word Dictionary)中是这样说明的:

1. 从经验中学习的能力和获得知识的能力。
2. 对新事态的迅速而适当的反应能力和解决问题所使用的推理。

这就是说,学习知识的能力和灵活的推理能力可以看作是人的智能活动的最基本的要素。

人工智能是用计算机执行某些与人的智能有关的复杂功能(如难题求解、图像识别、自然语言理解、规划、学习等)的能

力。概括地讲,人工智能主要分为机器智能和智能机器。前者主要在于提高机器的智能水平,而后者主要是以第五代计算机为代表的智能计算机的研究。

早期的人工智能的研究试图找到一种单纯且高效的、具有广泛通用性的推理机构,似乎如果创造出了这种推理机构,就可将其应用于各种复杂的问题求解中。然而令人遗憾的是尽管国际象棋、跳棋这样的程序已达到可与世界级专业选手相媲美的水平,且 AI 科学家当初所设想的能够模拟人类专家解决现实世界广泛问题的通用的推理方法至今没有找到。

早期的人工智能研究者的努力虽然没有完全成功,但是他们所取得的研究成果却以种种形式被广泛地应用,以至产生了如下的一些分支。

问题求解

逻辑推理与定理证明

自然语言理解

自动程序设计

知识工程

机器人学

机器视觉

智能检索系统

组合调度

⋮

(1)问题求解

人工智能最早的成就就是利用搜索和问题归纳这样的人工智能基本技术开发出下棋程序,这些程序有的能够达到大师的水平。在问题求解研究中,解空间搜索技术、利用估价函数优化求解过程、各种搜索算法等为人工智能的发展做出了贡献。

(2) 定理证明

定理证明是充分体现人的智能的领域,定理证明的研究在人工智能领域中曾产生过重要的影响。在此领域,需要根据假设进行演绎的能力,而且可以模拟数学家具有某种直觉的技巧。为了使证明形式化,谓词逻辑语言的发展也是该领域为人工智能发展的贡献。

(3) 自然语言理解

自然语言分口头语言和书面语言。目前国内外已开发出能够识别语音语义的系统。同时书面语言的机器翻译系统也已问世。该领域使用分层数据库、上下文知识的某些人工智能思想以及根据这些知识进行推理的某些技术。

(4) 自动程序设计

程序设计是最能反映人的思维风格及智能水平的一种活动。目前已经研制出能够从不同的目的描述出发自动编写计算机程序的系统。在该领域中同时发展的还有程序正确性证明的理论与方法。

(5) 机器人学

机器人的行为规划,机器人的视觉、触觉等都是该领域研究的内容。机器人视觉领域已逐渐发展为一门专门的广泛应用的学科——图像与图形识别。

(6) 知识工程

知识工程是利用人工智能的原理,借助工程学的方法,对那些需要领域专家知识才能解决的应用难题提供求解的理论与方法的一门应用科学。

(二) 知识工程与知识库系统

知识工程的发展使人们看到了 AI 的实用化方向。这个方向不是以推理为中心,向是以知识为中心。