

文章编号: 0451-0712(2004)07-0110-04

中图分类号: TP319; U416.217

文献标识码: B

沥青混凝土路面施工技术 咨询专家系统设计与实现

史石榴

(唐山市交通局 唐山市 063000)

摘 要: 针对当前沥青混凝土路面施工过程中易出现的各种技术问题,但又缺乏沥青混凝土路面施工专家进行现场解决的现状,在分析研究路面施工技术特点的基础上,结合人工智能中的专家系统技术,提出了沥青混凝土路面施工专家系统诊断推理策略。根据提出的知识表示方法选择原则,确定了不同施工知识的表示方法和知识存储结构,开发了包含多种知识类型且以关系数据库为基础的知识库;采用基于可信度理论的不确定推理方法实现了主推理模块,并根据沥青混凝土路面施工的推理诊断特点,对常用的模糊推理进行了改进,建立了基于模糊推理的过滤式推理模型;以 Windows 98 操作系统作为软件开发平台,采用模块化和结构化的程序设计方法,研制开发了国内第 1 个界面友好、简单实用的沥青混凝土路面施工专家系统 APCES V1.0。

关键词: 沥青混凝土路面; 施工技术; 专家系统; 知识库; 推理机

沥青混凝土路面以其众多优点被广泛应用,但由于施工过程中各种复杂因素的综合影响,导致出现了许多复杂的技术问题,严重影响了沥青混凝土路面的施工质量和使用性能。以现场会形式组织大批专家现场提出合理有效的解决措施,可以快速准确地解决问题,保证路面施工质量和进度。但由于专家时间的有限性和施工条件的限制,缺乏可操作性,难以实时解决沥青混凝土路面施工的关键技术问题。借助计算机智能化技术,建立沥青混凝土路面施工技术专家系统(Asphalt Pavement Construction Expert System, 简称 APCES),便成为解决这一问题的有效途径。如何结合我国的国情,尽快开发适合我国沥青混凝土路面修筑的智能化施工技术系统,是公路领域的一大新课题,也是促进沥青混凝土路面施工朝着智能化、现代化方向发展的必由之路。本研究结合专家系统基础理论和沥青混凝土路面施工特点,设计开发了国内第 1 个沥青混凝土路面施工技术专家系统 APCES 软件,并实现了实用化和网络化。

1 沥青混凝土路面施工技术特点分析

1.1 沥青混凝土路面施工技术问题的主要特点

(1) 影响因素多

沥青混凝土路面施工中技术问题的影响因素往往不止一个,一般是由多种影响因素综合作用产生的,如施工人员、材料、施工机械、施工工艺和施工环境都可能导致质量问题。

(2) 模糊性

在施工质量影响因素分析时,有时很难分清主要影响因素和次要影响因素,二者的界限不明确,即存在一定的模糊性。此外,在沥青混凝土路面施工质量问题分析中,对于某些施工情况,施工质量问题症状与施工质量问题的产生原因具有模糊性,即施工质量问题症状可能会成为另一个质量问题的产生原因,而其产生原因也可能是别的问题的症状表现。

(3) 实时性

沥青混凝土路面施工中,采用的是大规模的机械化施工,生产效率高、进度快,同时也要求对施工过程中出现的质量问题及时进行解决,否则将导致不合格沥青混凝土路面产生,带来资金和时间上的浪费。因此,施工中质量问题的实时性对问题的解决提出更高的要求,即及时正确地处理相应的施工质量问题。

(4) 与施工机械关系大

沥青混凝土路面施工的技术要求高,所以大量采用机械化施工。但是,因为不同的施工单位配备

收稿日期: 2004-03-04

的施工机械不同,不同施工机械的施工质量和施工效率也不尽相同,导致出现的沥青混凝土路面施工质量问题也不同。施工中的质量问题与施工机械密切相关,给质量控制带来了一定的困难,同时也使质量问题的解决更加复杂。

1.2 沥青混凝土路面施工质量控制特点

(1) 不确定性

在施工过程中,由于许多内部条件的模糊性和施工外部条件的随机性,对施工质量控制产生不确定性影响。同时,在施工质量控制中,往往出现要同时控制多个施工技术指标,而且存在多种施工方案,使沥青混凝土路面施工质量控制出现复杂的不确定性。

(2) 定量与定性分析结合

沥青混凝土路面施工质量控制中,常使用一些数理统计方法,对施工中的质量指标进行定量分析,根据分析结果做出施工处理对策。实际上,绝大多数比较复杂的施工技术问题仅仅通过定量分析是不够的,一般要在定量分析的基础上,由沥青混凝土路面专家根据自己的经验与知识进行定性分析,从而得出合理的施工处理对策。甚至有些施工问题无法进行定量分析,只能由施工专家进行定性分析解决。

(3) 动态变化

沥青混凝土路面的施工过程是一个动态变化过程,许多影响施工质量的因素随着时间发生变化,而且不同因素随时间的变化方式和大小也存在不同,导致沥青混凝土路面施工质量控制也具有动态变化的特点。在沥青混凝土路面施工中,目前广泛使用了定期对施工质量进行检查的方法,这种方法在一定程度上可以对动态变化的施工质量进行有效控制。

(4) 分阶段控制

由于沥青混凝土路面施工具有一个复杂的工作流程,只对施工质量进行整体控制是不可行的。为了避免施工质量控制的滞后性和相应施工质量控制措施的被动性引起的施工质量下降,一般在施工过程中把整个沥青混凝土路面施工过程分成若干个控制阶段,即对其进行分阶段质量控制。施工质量控制阶段分割的间距越小,检查频率越高,施工质量信息反馈的灵敏度和相应处理对策的有效性就会越高,当然也会导致施工质量控制的工作量越大。

2 沥青混凝土路面施工专家系统诊断策略

2.1 沥青混凝土路面施工专家系统的推理分类

根据高等级公路沥青混凝土路面施工中的普遍

情况,结合故障诊断专家系统的功能结构,根据目标的不同分成3级推理模式:初始推理、主推理和最终推理。同时,依据沥青混凝土路面施工的症状特点,遵循先初步后深入、先整体后局部和局部之间尽量分离的诊断原则,以求迅速、正确、方便地确定沥青混凝土路面施工症状原因并提出相应施工处理对策。

初始推理也可以称为预处理,它是对用户初始输入的具体沥青混凝土路面施工技术指标值进行初步分析,主要是与存储在指标标准库中的技术标准值进行比较,从而生成基本的沥青混凝土路面施工情况的有关信息,并存入中间数据库中,为下一步推理做好准备。初始推理是比较简单的,采用精确的正向推理方法,关键是有效的搜索方法和比较过程。

主推理是依据用户输入的沥青混凝土路面施工中出现的各种症状和初始推理获得的基本施工情况,以一定的推理策略运用知识库中存储的施工经验知识,最终得到导致施工问题的技术原因。主推理是沥青混凝土路面施工专家系统中的核心模块,它的工作性能直接影响到整个专家系统的性能。

最终推理是根据主推理得到的推理结论进行对策选择。由于沥青混凝土路面施工的复杂性,只依据简单的推理结论就相应得到处理对策是不妥的,应该根据出现施工问题时的具体施工情况,如使用的机械类型、环境情况以及伴随主症状发生的次要症状等,在沥青混凝土路面施工知识库的对策库中获取相应的施工处理对策。施工对策的推理过程,与初始推理相比复杂一些,主要涉及了对选择施工对策的前提条件的判断,但是与主推理相比,它还是比较简单的。因此,该推理使用了数据驱动的正向推理方法,其难点是根据中间数据库中的事实匹配相应施工对策成立的前提条件。

2.2 沥青混凝土路面施工专家系统的诊断模式

(1) 施工基本检查

为了达到快速诊断和尽量多地获取施工基本情况,施工基本检查是系统运行前的必要准备程序,主要包括沥青混凝土路面的基本情况、施工环境、基本技术指标和施工机械基本情况等。

(2) 症状诊断模式

依据沥青混凝土路面施工症状诊断的特点,提出了基于施工症状的诊断模式。为了快速且正确地完成症状推理,构建了主症状诊断推理和模糊诊断推理2种具体的诊断模式,可以根据施工子领域的不同,选用适宜的推理诊断模式。

对于沥青混凝土路面施工中的某些施工子领域,一般出现 1 种或者 2、3 种十分明显的施工症状,诊断推理时首先以此作为出发点,采用基于 C—F 模型(可信度理论)的不确定推理模型,结合确定的施工质量问题的求解方法,以混合推理的推理方式将正向推理和逆向推理结合起来,自动在知识库中找寻与主症状相关的有关施工知识,以二值性(Yes/No)判断的方式进行人机对话,最终达到症状诊断的目的。这种推理模式具有较高的智能化水准、充分利用施工知识库中的施工知识以及方便用户使用等特点。

在另外一些沥青混凝土路面施工子领域中,施工症状可能同时出现多种,令施工技术人员难以分辨施工主次症状,而且施工症状与症状原因之间存在着模糊性。模糊诊断推理就是最大限度地收集子领域中的施工症状集和症状原因集,建立二者之间的模糊关系,通过对施工症状集可信度向量的模糊转换,确定可能性较大的导致施工症状的具体原因。而且,为了提高系统运行时的准确性,提出了具有一定过滤能力的模糊推理模型。

3 知识库设计与实现

3.1 知识表示方法选择原则

一般来说,同一知识可以用多种方法来表示,但其效果却不相同。因为不同领域中的知识都有不同的特点,而每一种知识表示方法也各有相应的长处与不足。沥青混凝土路面施工专家系统在选择施工知识表示方法时,应遵循以下原则。

(1)能充分表示沥青混凝土路面施工领域的知识

确定知识表示方法时,首先应该考虑它能否充分表示沥青混凝土路面施工领域知识。为此,需要深入了解沥青混凝土路面施工领域知识的特点以及每一种知识表示方法的特征,以便有效提高知识库的工作性能。知识表示模式的选择和确定必须充分考虑沥青混凝土路面施工知识领域自然结构的制约,要视具体情况而定,如果有些沥青混凝土路面施工子领域的知识比较特别,甚至可以根据知识的特点设计新的知识表示模式。

(2)有利于对施工专业知识的利用

知识表示的目的是知识利用,而知识利用的基础就是知识表示。沥青混凝土路面施工专家系统除了必须具备足够的知识外,还必须使其表示形式有利于施工知识的利用。如果知识表示模式过于复杂或难于理解,使推理不便于进行,就势必影响到系统

的推理效率,从而降低系统求解问题的能力。

(3)便于知识的组织、维护与管理

除了需要合适的知识表示方法把知识表示出来以外,还要依据沥青混凝土路面施工的特点,对知识进行合理的组织,而知识的组织方法与表示方法的选择密切相关,因此要求在选择或设计知识表示方法时能充分考虑对知识的组织。沥青混凝土路面施工知识库建立以后,可能会发现知识在质量、数量或性能上存在不足,需要补充一些新知识或修改某些有缺陷的知识,为便于知识的维护管理,应该选择适宜的知识表示方法。

(4)便于理解和实现

沥青混凝土路面施工知识表示模式应是系统用户易于接受的,所以它应该符合施工技术人员的思维方式。至于实现上的方便性,是十分显然的,如果选择的施工知识表示方式不便于在计算机上实现,它根本毫无实用价值。

3.2 知识表示方法

3.2.1 确定性知识表示

(1)施工现象和施工环境

在沥青混凝土路面施工专家系统中,施工现象和施工环境合称为事实,统一以四元组的知识表示方法存储在知识库中,即类别、对象、属性和属性值。

(2)施工技术标准

施工技术标准是以五元组的形式存储的,只是在具体结构上不同于事实的表示,采用的具体结构是:对象、属性、下限、上限和取值类型。

(3)施工处理对策

根据施工对策的特点,采用了产生式规则,即:IF 主条件(施工症状原因),AND 辅助条件(施工情况),THEN 结论(施工处理对策)。

3.2.2 不确定性知识表示

(1)带有可信度的产生式规则

沥青混凝土路面施工症状诊断所用的领域知识大多是从施工资料和施工专家处提取的经验知识,知识的特点是理论性不强、结构化不突出和带有明显的不确定性。在沥青混凝土路面施工症状诊断中,一般是由 2 个或多个症状现象判断主要的施工故障原因,所以根据沥青混凝土路面施工的特点和对各种知识表示方法的分析,在沥青混凝土路面施工知识库中采用带有可信度的产生式规则形式表示不确定性知识,并且为了有效存储和使用方便,对一般的产生式规则表示形式进行了一定的改进。

(2) 模糊知识

一些沥青混凝土路面施工子领域的症状诊断会出现较复杂的、难以判断的情况,采用因素分析图找出可能产生某种施工症状的所有可能原因,但是要确定是何种原因就比较困难了。因此,在这些施工子领域采用了基于模糊数学理论的模糊推理进行求解,而模糊推理所用到的专业知识主要是以模糊矩阵形式存储的专家评判知识。

3.3 知识库结构设计

沥青混凝土路面施工知识库中的知识数量巨大、内容庞杂,可以根据沥青混凝土路面施工中的几个相对独立的施工步骤进行初步分类,分成一系列知识子空间,每一个知识子空间又可以根据运行任务的不同而进一步划分,形成若干个相对独立的知识元。同时,在每个知识元中存储相应的元规则,指导推理机工作时快速地在知识元中找到合适的规则。此外,为了方便知识库的管理,还建立了与知识子空间平行的用户库,用于管理注册用户的主要信息和使用权限。这种知识库结构可以有效提高沥青混凝土路面施工知识库的运行速度,因为对规则分类就是对规则进行预筛选的过程,有利于管理知识库,并降低知识库的维护成本,同时为知识库的扩充留下了充足的余地。

3.4 知识库的知识获取

沥青混凝土路面施工专家系统知识库的知识获取一直是制约其发展的“瓶颈”,本课题使用 2 种知识获取方式:在知识库开发初期,主要由知识工程师对沥青混凝土路面施工领域的专业知识进行提取,经过适当处理后存入知识库;在知识库使用期间,专用知识获取工具自动获取知识库中没有的沥青混凝土路面施工领域专业知识,以知识库中的知识表示形式存入知识库,最后由知识库管理系统进行知识库检查。

4 推理机设计与实现

4.1 基于 C—F 模型的不确定推理方法

根据沥青混凝土路面施工的知识特点,采用基于可信度理论(简称为 C—F 模型)的不确定推理方法实现主推理模块,并采用混合推理方法,即正向推理和逆向推理相结合,以正向推理为主,逆向推理为辅的方法。推理时,可通过正向推理先把其运用条件不能完全匹配的规则找出来,并把这些规则的结论作为假设集,根据已知施工事实对结论的支持程度对假设集进行排序,然后对可能性最大的假设进行

逆向推理,在逆向推理中向用户询问有关证据是否出现,这就使系统可以根据用户的不断输入进行推理,反复循环以上过程,直到假设集为空。

4.2 模糊推理

在研制沥青混凝土路面施工专家系统时,对于某些多种施工问题同时出现和施工症状不明显的子领域,使用模糊诊断推理模型进行推理。为了提高沥青混凝土路面施工专家系统推理的准确性,本课题根据沥青混凝土路面施工的推理诊断特点,对常用的模糊推理进行了改进,建立了基于模糊推理的过滤式推理模型。模糊矩阵的建立就是建立一个隶属度的集合,由于沥青混凝土路面施工的复杂性和领域的理论化程度不高的特点,采用专家调查法,即带确信度的德尔菲法来直接确定隶属度,这种方法比较符合沥青混凝土路面施工的情况,可以用于提炼施工专家的经验,获取所需的隶属度。模糊推理采用完全独立使用的模糊推理和与产生式规则推理相结合的模糊推理 2 种方法。

5 系统总体结构与实现

5.1 系统总体结构

本课题开发的沥青混凝土路面施工专家系统(简称 APCES V1.0)是一种协同式多功能计算机辅助系统。APCES 系统是由主应用程序和相关的施工知识库组成。主应用程序由主控制模块、知识库管理模块、知识获取模块、施工咨询模块、症状诊断模块、诊断文件管理模块、辅助工具集模块和系统帮助模块等部分组成。施工知识库以数据库文件的形式独立存在,只有对知识库进行具体操作时,才与主应用程序连接。APCES 系统的逻辑结构如图 1 所示。

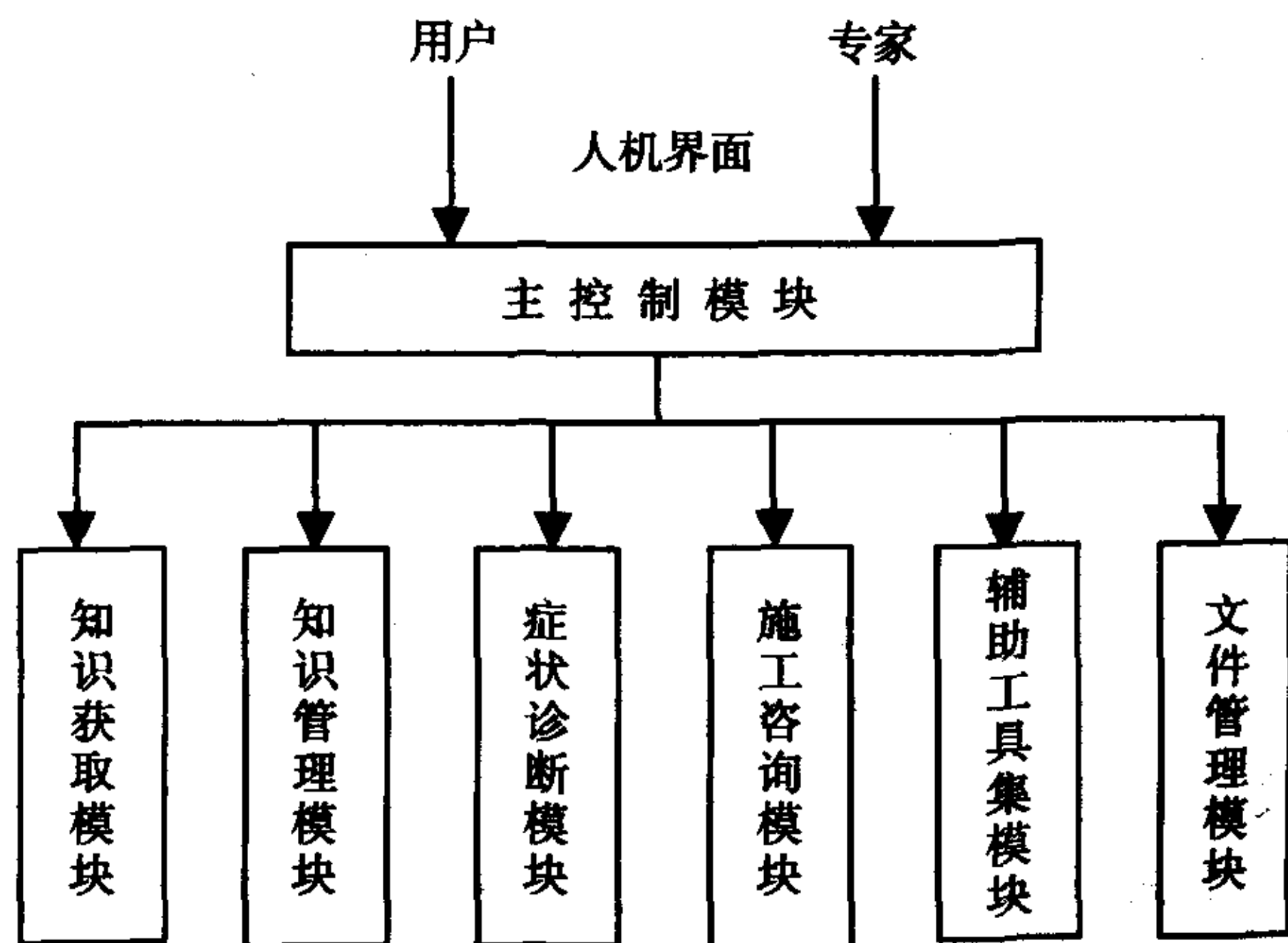


图 1 APCES 系统逻辑结构

文章编号: 0451-0712(2004)07-0114-02

中图分类号: F540.35

文献标识码: B

对道路工程投资估算方法的探讨

何 光¹, 张 勇²

(1. 安徽省交通厅 合肥市 230011; 2. 合肥市建委 合肥市 230011)

摘 要: 估算工程投资, 是对工程项目经济分析和评价的一项基础工作。本文介绍投资估算主要的思想、原则和方法。

关键词: 投资估算; 原则; 方法

在决策某项道路工程是否兴建时, 对该项目经济效益的评价至关重要。而要进行工程项目的经济评价, 首先要进行投资估算, 它是工程项目经济分析和评价的一项基础工作, 也是工程技术管理者的基本功。本人根据有关理论, 结合自己的工作实践, 对道路工程投资的估算原则和方法提出一些看法。

1 投资估算的思想与原则

从理论上讲, 对工程投资估算得越精确越好。但是, 在实际工作中, 由于事件的模糊性、重要性和决

策的时间性等因素的限制, 在工程开始前, 有些项目并不一定就要求很精确, 有些项目本身就很难达到精确。因此, 工程项目的投资估算, 贯彻着“定性定量相结合”的思想。在其思想的指导下, 投资估算的原则有以下 3 条。

(1) 知己知彼原则。对工程项目要做到心中有底, 才能够更好地进行投资估算。这种有底, 一般从 3 个方面考虑: 一是项目构成和工程方案; 二是主要建材单价和施工季节; 三是建设管理模式和筹资渠道。

收稿日期: 2004-04-15

APCES 系统各模块相互独立、协同工作, 模块之间通过公用数据块进行数据交流, 避免了模块的耦合现象, 不仅给系统的开发研制提供了方便, 而且有利于用户的使用。

5.2 系统实现

APCES 系统的开发是在分析用户可能基本需求的基础上, 充分利用了当前软件工程的科学开发方法, 将系统功能细化成几大部分, 采用模块化和结构化的程序设计方法具体实现, 保证了系统的通用性、可扩充性和可移植性。本系统以目前最常用的 Windows 98 操作系统作为软件开发平台, 充分利用了 Delphi 语言基于 Windows 的编程技术, 实现了基本 Windows 应用程序的各种相关功能; 采用 Borland Delphi 语言面向对象程序设计语言开发了系统的主要框架, 采用 Microsoft Access 2000 开发施工知识库, 实现了多功能的 APCES 系统。该系统基本实现了模块之间的调度、模块间数据的有效交换、程序流程的控制、设备与文件的管理和公用知识

库的管理等功能, 并且通过主控模块把系统集成成为运行协调、功能互补的统一系统, 可以基本实现系统分析时预定的各项系统功能。

APCES 系统采用了友好的 Windows 界面与用户交互, 使用了菜单和快捷键相结合的形式, 用户在使用过程中只需操作鼠标和简单的键盘输入来选择要使用的功能以及输入必要的的数据, 其他推理与管理工作由计算机自动完成。整个系统界面友好, 使用简单方便, 比较容易推广使用。

参考文献:

- [1] 王永庆. 人工智能原理与方法[M]. 西安交通大学出版社, 1998.
- [2] 刘有才, 刘增良. 模糊专家系统原理与设计[M]. 北京航空航天大学出版社, 1995.
- [3] 虞和济, 等. 故障诊断的专家系统[M]. 冶金工业出版社, 1991.
- [4] 胡长顺, 黄辉华. 高等级公路路基路面施工技术[M]. 人民交通出版社, 1995.