

一种基于 Multi-Agent 的工程项目智能评标模型^{*})

丁明勇¹ 代春艳^{1,2} 杨永斌¹

(重庆工商大学计算机科学与信息工程学院 重庆 400067)¹ (重庆大学经济与工商管理学院 重庆 400044)²

摘要 通过评标活动中的角色类型的抽取,提出一个基于 Multi-Agent 的智能评标模型框架,来模拟实际专家的评定过程,实现标书的智能评定,并深入探讨了该模型中功能 Agent 的设计、知识表示和通信机制的设计方法。

关键词 评标,多智能体,工程项目

An Intelligence Project Bid Evaluation Model Based on Multi-Agent

DING Ming-Yong¹ DAI Chun-Yan^{1,2} YANG Yong-Bin¹

(College of Computer Science and Information Technology, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067)¹

(College of Economy Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044)²

Abstract By abstracting the role types from the bid evaluation activity, the paper puts forward a Multi-Agent intelligence bid evaluation model to imitating the process that the actual expert assess the bid. Then discusses the method of the function agent's designing, knowledge denotation and communication mechanism designing in detail.

Keywords Evaluating bidding, Multi-Agent, Project

1 引言

招标投标是工程承包的重要方式,随着网络技术日益发展和成熟,人们将招标投标过程中的信息传输活动移植到网络平台上,开发了相应的网络招投标系统^[1]。但这些系统仅限于在招投标上低层次的信息处理,远不能减轻决策人员的脑力劳动强度。

为实现对招投标信息的高层次处理(如决策问题),人们不断采用智能技术的研究成果,将其应用到招投标中。有的开发了投标报价专家系统,模仿经济工程师的思维活动,进行推理和判断,部分实现了投标报价的智能化^[2];有人开发了工程投标专家系统,将投标决策过程划分为初始决策层(如中标机会和投标风险研究)、技术细节层(如企业状况、投标策略、中标概率和期望利润等)和最终决策层(包括成本计算和报价计算),然后分别实现每一层次的决策问题^[3]。在神经网络的应用上,有人用它实现投标报价中的变量选择^[4],也有人提出了基于人工神经网络的标书评价模型^[5]。但将 Agent 技术引入的招投标研究的文献很少。

Agent 技术是智能技术的研究前沿,也是人工智能和软件工程的交叉领域^[6,7]。本研究就以招投标决策问题为对象,将 Agent 引入招投标系统,开展智能信息技术辅助决策研究。由于招投标涉及决策问题较多,因此本研究将选择评标决策为切入点,提出一个 Multi-Agent 智能评标模型,来模拟实际专家的评定过程,实现标书的智能评定。本研究采用 Multi-Agent 构建智能评标系统是对 Agent 技术的有益尝试,也是对招投标技术应用范围的拓宽。

2 Multi-Agent 智能评标模型的建立

评标是招标工作全过程中重要的一环,主要对投标方提出的条件如报价、工程工期和质量等指标进行综合评价,提出中标、废标或重新招标等评价意见,同时编写评标报告,其本质是一个多目标决策问题,评标的好坏直接关系到招标能否

真正做到公正与公平。

当前广泛采用专家评审方法^[8]进行标书评定:即评标委员会根据业主的实际情况,设定相应的评价指标并对各个指标赋予适当的权重;然后评标专家分组对投标书的各单项指标进行评审,计算出对应的单项分值;最后依据指标权重建立综合评判模型,并根据模型求出各投标书综评结果。这种方法简便易行,结论具有一定的科学性,但存在主观因素影响过大、评标标准不够详细准确、评委会专家选择召集比较困难、评标周期长费用高等缺陷。为此,本文拟将基于 Multi-Agent 的群决策支持方法运用到评标过程中,并根据工程招标评标的实际情况,结合业主偏好及模糊综合评价方法,建立更加完善、科学的评标方法,弥补目前评标方法的不足,从而使评标过程更加客观、公正。

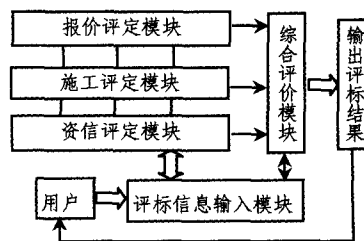


图1 评标模型

我们可将评标分为报价、施工和企业资信评定子模块和一个综合评价模块。其中功能子模块完成标书的某个方面评定,综合评价是在每个单项指标评价后进行的。另外,要为功能模块提供信息源,因而设置了评判信息输入模块,它接收来自用户的投标信息,然后提供给每个功能模块。同时,它也收集招标单位的相关信息如标底信息和对各个指标的重视程度信息,并以此信息来评价投标书。最后设计出了评标系统模型的框图,见图1,它实际上按照评标中的专家组情况进行设定,即技术组、商务组和经济评价组等。

^{*}基金项目:重庆市教委科学技术研究项目资助(项目编号:KJ060711)。

Agent 起源于人工智能领域,是指用于模仿人类能力的自主实体,该实体具有自主性、协作性、可移动性、反应性和学习性等智能化特性。由于 Agent 大量借用了人工智能的知识,故可以将其代理的角色的知识或经验表示出来,另外还可以采用模态逻辑、时间逻辑等建立它的心智、情感模型,用它并采用角色方式来刻画人在系统中的作用是合适的。工程项目中的评标涉及的人员主要有评标管理员、信息收集员和单项评标专家等,因而在设计中,需要对他们进行抽象和建模。在评标系统分析中,可以归纳出以下几种角色。即:①评标委员会负责人,相当于整个评标系统的控制中心,所有工作均在他们的管理下进行;②信息收集员,他们负责收集和整理投标文件和招标标底信息,作为评标的信息源,实际中的工作或许由评标负责人代劳,但作为角色分析,可将此角色单独提出;③各类评标专家,主要有技术、经济和商务方面专家,他们分别完成对工程施工信息的评价、对工程报价信息的评价和对投标企业资信的考评;④综合评定员,他在分项评定完成后,针对分项评定结果进行综合评价。

按上述分析,可将以上各种角色映射成相应的 Agent:管理 Agent、信息 Agent、报价 Agent、施工 Agent、资信 Agent 和综评 Agent 等。三个功能 Agent,即报价评定 Agent、施工评价 Agent 和企业资信评价 Agent,分别负责对评标的某个方面进行评定,每个功能 Agent 评价的内容来源于存放信息的信息 Agent;在每个功能 Agent 完成标书的单方面评价后,由综合评价 Agent 来实现综评,它根据从信息 Agent 获取的招标信息来决定各个指标方面的权重,然后再从每个功能 Agent 的评定结果中计算出每个标书评价分值。为了让系统能协调工作,增加了通信服务 Agent 和控制中心 Agent,其中前者完成各个 Agent 间的通信,相当于系统中的黑板,后者实现对智能评标系统的统一管理。基于 multi-Agent 的智能评标系统的模型框架如图 2 所示。

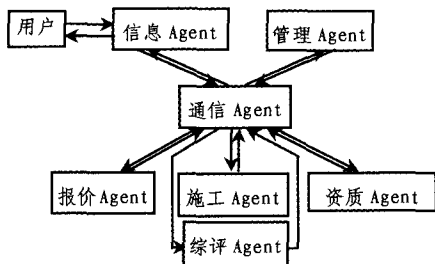


图 2 基于 multi-Agent 的智能评标系统结构框图

3 功能 Agent 结构设计

在评标系统中,功能 Agent 实现对标书信息的评判任务。因此,在设计中,我们认为功能 Agent 是基于任务驱动的软件实体,为实现任务机制,需要建立任务集用于存放功能 Agent 的任务列表。

Agent 知识库存放了对特定任务处理方法的相关知识,并且它由知识集、数据库和状态库构成,它控制数据库和状态库信息的内容知识库,存放此 Agent 的评判知识。知识表示可采用逻辑规则法和框架法等。

各个功能 Agent 是一个自主的软件实体,所以必须有自己的控制中心,此处可定义为信息处理机。一方面它为通信模块和任务集的交互进行控制;另外,它还要调度知识库和分配计算资源给知识库,为后者的任务处理提供条件。同时也对知识库和任务集的交互进行控制。

功能 Agent 是一软件程序,此处不存在物理意义的传感

器和效应器,但它们的功能可以借助 Agent 的通信模块来完成。

综合上面的设计,给出了功能 Agent 的内部框图,如图 3 所示。

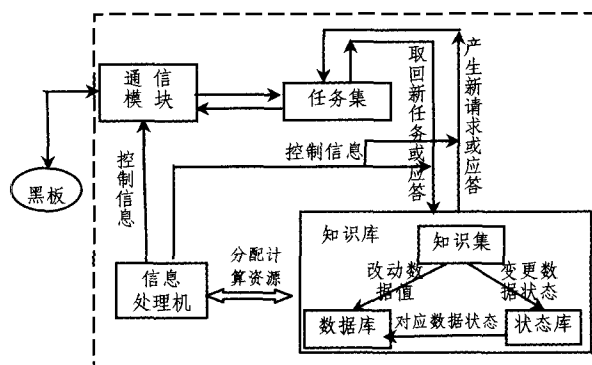


图 3 功能 Agent 结构框图

4 知识库的构建

评标系统中,每个功能 Agent 在系统运行时相当于一位领域专家,负责对标书相应内容的评价。但这些专业技能必须借助 Agent 的内部知识库来实现。

知识表示是构建知识库的基础,为了实现知识的计算机处理,必须采用适当的方法。目前,人们研究和总结的知识表示方法主要有谓词逻辑表示、产生式表示、语义网络表示、过程表示、框架表示、面向对象表示和脚本表示法等。各种方法各具特点,都针对某种类型知识具有很好的表示能力。

由于不同 Agent 拥有的知识类型不同,因此模型中,不同 Agent 采用的知识表示方式也不同。例如,在报价 Agent 中,主要知识可描述为:先计算投标价与标底的偏差度,然后根据偏差大小参考评分标准给出报价得分,是一种数值计算过程,所以评判准则可用产生式表示;而在施工和资信评价中,更多是对投标信息的一种模糊处理,且涉及的内容表现出一定的层次性,所以可以采用面向对象表示法对相应知识进行表示,把知识看作对象类,将客观事物和规律的属性以及它们的行为特性封装起来,并通过对象之间的继承关系和约束关系表示它们的结构和联系。图 4 为资信 Agent 面向对象的知识表示方法示例。

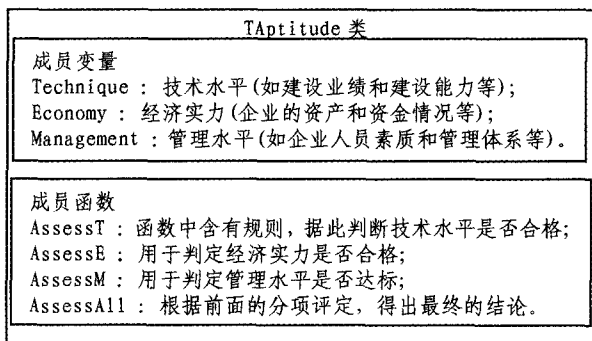


图 4 资信 Agent 面向对象的知识表示

5 Multi-Agent 间通信机制设计

不同类型的 Agent 为了共同完成某项任务需要相互配合和协调,如报价 Agent 为了完成报价评定必须请求信息 Agent 并从后者取得相关数据,同样为完成综合评价,综评 A-

gent 必须从各个分项评价 Agent 那儿获取单项评定结论,所以在系统的运行中,进程间的通信是必须解决的问题。

在模块通信设计中,本研究提出采用黑板通信方式和用 KQML 来表示模块间的通信原语。具体在本系统中,首先定义了两种主要的通信原语,分别为咨询型和应答型,相应的关键字为“Ask”和“Reply”。然后规范了系统中各 Agent 的交互内容信息,并为每个功能 Agent 提炼出最主要的通信内容类型。

Ask	Reply
:sender PriceAgent	:sender InfoAgent
:receiver InfoAgent	:receiver PriceAgent
:content BasePrice	:content BasePrice
:sub-item NULL	:sub-item NULL
:value NULL	:value \$1000.00

图 5 Agent 间的通信原语

图 5 是报价 Agent 和信息 Agent 的通信原语的实例,系统中报价 Agent 的功能相当于评标委员会中报价评定专家的作用。在报价评定期间,报价 Agent 需要知道的信息内容主要有投标单位数目、标底价、各标书的投标价以及评标策略等。然而这些信息在系统启动时,由用户输入到信息 Agent 中,所以报价 Agent 需要向信息 Agent 咨询标底信息和投标信息,后者要根据请求不同内容进行相应的应答。示图给出了报价 Agent 向信息 Agent

询问标底数值的通信原语结构和后者的应答原语结构,同理可以实现其它 Agent 和它们的通信原语。

结论与展望 本研究选择以工程项目评标决策问题为研究对象,应用 Multi-Agent 理论设计和实现了智能评标系统,不仅拓宽了智能技术的应用范围,同时也是对 Agent 自身理论的延伸。由于招投标的范围广泛,我们现在研究主要针对工程项目招投标中的评标,所以今后的研究可以在此基础上拓宽,使得系统功能更加强大。

参考文献

- 1 鲁耀斌,朱志伟,等.基于 Web 的招标投标系统的设计与实现[J].计算机工程与应用,2001(2):41~44
- 2 刘艳,李伟.评标智能决策支持系统的研究与实现.施工技术[J],2004,33(12):45~46
- 3 夏恩君,苏广领.工程项目评标优化决策模型研究[J].中国软科学,2005,1:133~138
- 4 王芳,方东升.建筑工程投标报价估测模型研究[C].长沙铁道学院学报,1999,(6):80~85
- 5 鲁耀斌,张金隆.投标标书评价模型的研究.华中理工大学学报[C],1999(2):52~54
- 6 Ouelhadja D, Petrovica S, et al. Inter-agent cooperation and communication for agent-based robust [J]. dynamic scheduling in steel production Advanced Engineering Informatics, 2004(18):161~172
- 7 Nahm Y E, Ishikawa H. A hybrid multi-agent system architecture for enterprise integration using computer networks [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2005(21):217~234
- 8 阮连法,温海珍,汪允升.建设工程招标投标的模糊方法研究.浙江大学学报(理学版),2002,29(2):233~240

(上接第 197 页)

规定——“对 T 中的每个事务的项进行非空组合”,换言之,本算法项集组合是以每个事务为单位来进行的(单事务项集组合),没有在事务之间进行项的组合,高数据项的频繁项集 I 是在事务数据库中真实存在,假如 I 满足最小事务的支持计数,它们其子集将更能满足最小事务的支持计数,因为 I 的子集出现的频率通常比 I 高,但是最低限度能保证 I 的水平。而 Apriori 算法候选项的组合是以整个事务数据库为基础来进行的组合,这肯定会产生一些毫无意义的项集,因此产生 Apriori 算法中“频繁”项集的子集存在不频繁的可能。

认 $\{I_1, I_2, I_3\}$ 为例,其子集有: $I_1 = \{I_1, I_2\}$, $I_2 = \{I_1, I_3\}$, $I_3 = \{I_2, I_3\}$, 从表 4 中,可以查出项集 I_1, I_2, I_3 的计数分别为 5, 3, 5, 均满足最小支持度 20% 这个要求,符合上面的结论。

所以项集中数据项最多且满足支持度的项集即为频繁项集。

4 S3CA 与 FP-growth 算法的运行效率比较

使用上述事务数据库,分别采用 FP-growth 算法和 S3CA 算法,图 1 是实验的结果比较。

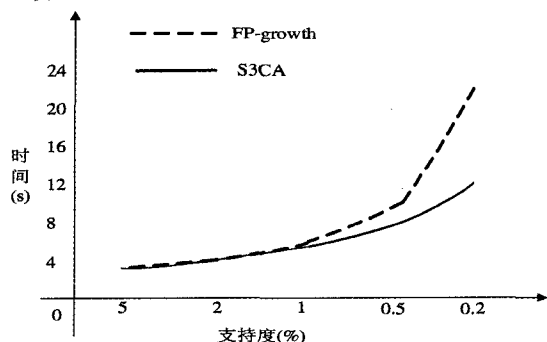


图 1 S3CA 与 FP-growth 算法的效率比较

从图中可以看出,两种算法在支持度比较大的情况下,算

法的运行效率差别比较小,但是当支持度比较小的时候, S3CA 的运行效率明显比 FP-growth 算法高。

结论 S3CA 算法在一次扫描的过程中进行单事务内部项集组合,相同项集次数的累加。项集组合的范围仅局限于事务内部,而不是事务与事务之间,减少了项集的数量以及对系统资源的消耗,提高了频繁项集挖掘的效率。最后根据扫描组合累加的结果,依照“项集中数据项最多且满足最小支持度的项集即为频繁项集”的原则,通过比较项集的数据项数量及支持度,最终挖掘频繁项集。

与 Apriori 算法比较起来, S3CA 算法只扫描一次事务数据库,不产生候选项,单事务内部的项集组合等思想,大大提高了单维布尔关联规则频繁项集的挖掘效率。

本算法最大的缺陷是:若事务中的项过多,将会产生非常多的非空频繁子集,这将极大地消耗系统内存,所以本算法的进一步优化是下一步的研究方向。

参考文献

- 1 Park J S, Chen M S, Yu P S. An Effective Hash Based Algorithm for Mining Association Rules [R]. In: Proceedings of the 1995 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, San Jose, CA, 1995. 175~186
- 2 Agrawa IR, Imielinski T, Swami A. Mining association rules between sets of items in large databases (C). In: Buneman P, Jajodia S, eds. Proc. of the ACM SIGMOD Conf. on Management of Data (SIGMOD'93). New York: ACM Press, 1993. 207~216
- 3 Agrawa IR, Srikant R. Fast algorithms for mining association rules in large databases. In: Bocca JB, Jarke M, Zaniolo C, eds. Proc. of the 20th Int'l Conf. on Very Large Data Bases. Santiago: Morgan Kaufmann, 1994. 478~499
- 4 Savasere A, Omiecinski E, Navathe S. An efficient algorithm for mining association rules in large databases
- 5 Toivonen H. Sampling Large Databases for Association Rules. In: Proc of the 22nd Int'l Conf. on Very Large Data Bases. Mumbai, India, 1996. 134~145
- 6 Brin S, Motwani R, Ullman J D, Tsur S. Dynamic itemset counting and implication rules for market basket data. In: ACM SIGMOD International Conference on the Management of Data, May 1997. 255~264
- 7 Han Jiawei, Kamber M. Data Mining Concepts and Techniques, 2001. 225~244
- 8 黄传明. 一种基于散列技术和事务压缩的关联规则挖掘算法[J]. 计算机工程, 2003, 29(22)
- 9 周焕银, 张永, 蔺鹏. 一种不产生候选项挖掘频繁项集的新算法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 15(184)