

西安电子科技大学

硕士学位论文

基于数据挖掘的投标辅助决策系统研究

姓名：谢勇

申请学位级别：硕士

专业：计算机技术

指导教师：刘志镜;孙姜燕

20061001

摘要

本文将投标报价决策过程分为了“投标决策”和“报价决策”两个连续的阶段，仔细研究了国内外投标报价决策理论与方法的研究成果，并分别对投标决策模型和报价决策模型的发展状况进行了详细的归纳和总结。在此基础上利用数据挖掘技术，将模糊综合评价和神经网络结合起来应用于投标决策，弥补了单独应用两种方法的不足，具有一定的理论和现实意义；同时研究了基于案例推理的报价决策模型，并讨论了该模型的可行性，使报价过程规则的自动提取成为可能；最后将以上两种模型结合起来，并利用其他比较成熟的数据挖掘方法，组成了一套完整的投标报价辅助决策系统，提出了投标报价全过程决策理念。

经过系统在实际使用中的检验，这套投标辅助决策系统能在很大程度上避免传统的经验判断法与简单估算法容易受主观因素影响而带来的决策失误，使决策结果更加理性和精确，同时能有效的减轻决策工作的工作强度。

投标辅助决策系统所涉及的知识面较广，本文今后将在提高智能辅助决策结果的可解释性和知识库的完善方面做进一步的研究。

关键词：投标报价、数据挖掘、神经网络、案例推理、辅助决策

Abstract

The thesis divided the progress of quotation decision making into: “bidding decision making” and “quotation decision making” two sequent steps, and studied carefully the results both domestic and international decision making studies. Further to generalize and summarize the status of bidding decision making pattern and quotation decision making.

Based on the theory, using data digging technology, the thesis formed the new method combining vague synthesis assessment and NN and then acquired expectancy output of NN module in training period by using vague synthesis assessment. In the meantime, Quote decision making pattern based on case rational is a calculating method to utilize experience gained from similar problem solving in the pass to solve current problems. And thus to studied in feasibility of the pattern and making auto-pick up of quoting rule possible. Finally, combining two kinds of module and utilizing other sophisticated data digging method, we developed a full set of bid quoting decision making assistant system.

To some extent, this bidding facilitation system avoids conventional empirical judging method and simple estimation, which are easy to lead to wrong decision by subjective factor, and makes decision more accurate and rational. At the same time, it may reduce workload of decision making work.

Bidding facilitation system relates to various knowledge segments, this study will go further in areas of improving explainability of intelligent assistant decision and knowledge base.

KEYWORDS: bid quotation data digging NN(neural network) case rationing assistant decision making

创新性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢中所罗列的内容以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果；也不包含为获得西安电子科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

本人签名：谢勇

日期 2006.12.6

关于论文使用授权的说明

本人完全了解西安电子科技大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属西安电子科技大学。本人保证毕业后离校后，发表论文或使用论文工作成果时署单位名称仍然为西安电子科技大学。学校有权保留送交论文的复印件，允许查阅和借阅论文；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存论文。（保密的论文在解密后遵守此规定）

本学位论文属于保密在____年解密后适用本授权书。

本人签名：谢勇
导师签名：刘志锐

日期 2006.12.6
日期 2006.12.6

第一章 绪论

1.1 选题背景和研究意义

招标投标是一种交易方式的两个方面,国际招标投标已成为国际经济合作的重要内容,它是一个十分复杂和激烈的竞争过程。投标人按照规定的工作程序参加招投标活动时,在诸多环节中要进行选择和判断,根据大量的信息资料,结合自身的资质和能力,面对众多的竞争对手,明确目标,制定方案,选择竞争策略。人们曾经用简单的经验判断法、工程估算法来解决工程量不大、工期较短、技术要求低的一般工业民用建筑项目的投标报价过程中的决策问题。随着社会进步和经济发展,建设项目的规模、资金投入来源、专业技术综合程度、风险因素变化范围都发生了巨大的变化,尤其是企业数据累积的快速增长,对投标决策的内容、方法、效果提出了新的要求,而传统的经验判断法与简单估算法已不能满足投标决策的需要。

因此,各建筑企业能否抓住有利时机,正确掌握工程投标和报价的相关技术与决策技巧,在工程投标竞争中取胜,将直接影响到企业的生存与发展。实行投标,摆在建筑企业面前的主要课题是改革投标与报价方法与策略。如何利用各种日渐成熟的人工智能技术、数据挖掘技术建立一个投标报价辅助决策系统来制定竞争的投标与报价策略将是非常有意义的一项工作。

1.2 投标报价的决策过程^{[1][2][3][4][5]}

在竞争性招标中,投标报价是一个充满着不确定性的复杂决策过程。投标报价决策包括以下三方面内容:其一,投标与否。针对项目招标是投标,或是不投标;其二,如果去投标,是投什么性质的标;其三,投标中如何采用以长制短,以优胜劣的策略和技巧。投标报价决策过程可以分为两个阶段:投标决策和报价决策。这一决策的阶段划分不是绝对的。实际工作中,投标决策贯穿于投标报价决策的全过程,随着新的信息的获得,承包商随时都有可能决定放弃投标,或是选择更好的投标项目。

1.2.1 投标决策^{[6][7][8][9]}

投标决策是指承包商通过对工程承包市场进行详尽的调查研究,广泛收集招标项目信息,并认真地进行选择,确定适合本公司的投标项目的过程。公司的资源总是稀缺的,它不可能、也没有必要参加所有项目的投标活动,公司必须在众多的招标项目之间进行选择。在投标决策阶段,公司陷入招标项目的程度还很浅,

在这个项目上花费的精力尚不多，及早地审时度势，判断该项目的吸引力和竞争激烈程度等，不参与那些没有吸引力或者竞争对手太多的项目，既可以避免人力物力的浪费，又可以防止错过那些更有价值的招标项目。诚然，此时的投标者只了解一些基本的信息如工程简介、预计工期等，很难做出精确的判断，但也惟其如此，投标者可以站在更高的层面上，以很少的成本从宏观的角度考察一个项目，从而做出更符合公司战略要求的决定。

1.2.2 报价决策

报价决策是指对招标工程是否进行投标做出选择之后，承包商经过一系列的计算、评估和分析，确定直接成本；然后决策者利用决策模型以及自身的经验、直觉等，从既能中标又能盈利的基本目标出发所做出的最优报价决策。

制定合理的投标报价在工程投标中有着举足轻重的地位，这是每一个投标者决不可忽视的。报价是工程投标的核心，是业主选择中标者的主要标准，同时也是业主和承包商就工程标价进行承包合同谈判的基础，它直接关系到承包商投标的成败。报价过高，会失去中标机会，报价过低，即使中标，也会给工程带来亏本的风险，工程公司应从宏观角度对工程总报价进行控制，力求报价适中，既能达到中标的目的，又能获得较好的经济效益。

1.3 国内外研究现状

1.3.1 投标报价方法

目前的研究表明，常用的投标报价计算方法主要有两种：一种是最原始、应用最普遍的工程量计算法；另一种为将相应的数学方法引入投标报价的计算。

1.3.1.1 工程量计算法

根据招标书提供的实物工程量清单，按照企业的报价定额或费率结合现时的材料、人工、机械台班费用计算出基价，再加上各种间接费用和利润就得到了成本价，最后根据投标的形势和企业的策略做出适当的调整，决定本次报价填写标书。由于计算准确可靠，投标的风险小，因而是当前普遍采用的方法。

1.3.1.2 投标价计算中数学方法的应用

随着现代科技的发展，特别是概率论和统计学等应用数学的发展，使得现代数学手段在报价实践中得到了科学运用。科学的报价决策并非主观地抬高或降低标价总额，也不是简单地运用不平衡报价法来调整报价项目的单价，而是通过系统的组织、分析和整理过去的经验数据，来制定一种以相对低价中标并由此带来

利润的标价和中标概率的最优组合,从而使承包商在其中标的项目中获得最大的预期利润。

1. 概率统计方法

(1)根据历史的投标报价数据,运用统计和概率论的方法计算自身中标的可能性。(2)运用概率理论关于多维随机变量分布函数和数字特征的理论,建立离散型分布函数模型,根据投标报价决策时所涉及的各项因素变量取值及其概率,推算出最佳报价的取值范围及该范围内具体取值相应的概率,从而为决策者提供科学、准确的决策依据。

2. 模糊数学方法

自从美国查德教授在 1985 年创立模糊集合论以来,模糊数学得到了迅速的发展,它在建筑工程管理,特别是在工程招投标领域的应用,越来越得到人们的重视,工程投标涉及的影响因素很多,且许多因素都是随机和模糊的。因此,可用模糊数学方法完成此项工作。

这一方法就是将投标报价的过程,转化为数学模型进行分析、预测和量化。例如模糊数学中的模糊优先比、模糊贴近度、模糊矩阵在投标报价决策的量化过程中都得到了广泛的应用。

3. 博弈论方法^{[10][11]}

特定企业进行工程竞标是一种对策行为,它与众多投标者之间就是一场博弈,根据工程投标报价竞争活动中所带有的这一典型的博弈特征,可以运用博弈理论竞标报价行为进行诠释。

1.3.2 国内外投标报价决策模型研究综述

本文分别对投标决策模型和报价决策模型进行了综述,指出了各类模型的优点及其局限性。

1.3.2.1 投标决策模型综述

决定是否投标是投标报价决策的第一步,对于这方面的研究起步较晚,Ahmad 于 1990 年提出了第一个投标决策的模型,此后又有几位学者在这方面作了相关研究。

1. Ahmad 的投标决策模型^[12]

Ahmad 运用决策分析技术来解决是否投标的问题,考虑了四类因素和 13 个子因素;运用两两比较法得出每个子因素的权重,再进行标准化得到 $W = (w_1, w_2, \dots, w_{13})$, $\sum_{i=1}^{13} w_i = 1$;由专家和投标者对每个因素可能存在的状态用语言描述,并给出相应的数值,这成为因素状态对照表,每个因素在状态对照表中一定存在一种最不乐观的状态,也就是最可能造成不投标的语言状态,其相应的数值

就成为这个因素的阈值,在投标时,专家或投标者根据项目状况,以每个因素的状态对照表为依据,估计出每个因素的项目值 $T(t_1, t_2, \dots, t_{13})$, 利用阈值 $N(n_1, n_2, \dots, n_{13})$, 最后计算出差值 D

$$D = \sum_{i=1}^{13} (w_i t_i - w_i n_i) \quad (\text{式 1-1})$$

如果 $D \leq 0$, 建议不投标; 如果 $D \geq 0$, 则根据文献中给出的对照表, 按照 D 的数值查出对应的强度, 决策者可以依据这个强度和自身经验进行投标决策。

Ahmaa 提出了第一个投标决策模型, 标志着对投标决策研究的开始, 其思路清晰, 易理解, 易操作; 不过, 该模型很多输入都是由专家评定的, 主观性较大, 而且, 它假设所有的因素对项目加权是和是正影响, 没有考虑到一些因素的影响是反方向的。

2. M. Wanous, A.H. Boussabaine 和 J. Lewis 的投标模型^[13]

M. Wanous 等提出了参数投标模型。为了模拟投标决策过程, 首先要识别出影响决策的参数, 作者通过设计的六个半结构化的面对面交谈方式完成调查表, 从而将实际的决策过程转化为概略性模型, 并从调查表中提取出每个影响因素参数, 运用这些参数计算出投标索引规则, 以索引规则为基础, 进行投标决策。

该模型识别出 38 个影响因素, 这些因素被分为两类, 一类为肯定因素(F_i), 这类因素表示给其的分数越高越能鼓励承包商投标; 另一类为否定因素(F_j), 这类因素表示给其的分数越高越能鼓励承包商不投标。肯定因素的参数包括: I_i 表示肯定因素 F_i 的重要性, CA_i 表示承包商对该因素在一个新项目中的估计值 ($0 \leq CA_i \leq 6$), B_i 表示适中值, 如果 CA_i 小于 B_i , 则因素 F_i 对投标决策产生负面影响, NB_i 表示灭点, 如果 CA_i 小于 NB_i , 则因素 F_i 足以决定不投标, 但是这个结果还是由投标者决定是否接受; I_j 表示否定因素界的重要性, B_j 表示适中值, 如果 CA_j 大 B_j , 则因素 F_j 对投标决策产生负面影响, NB_j 表示灭点, 如果 CA_j 大于 NB_j , 则因素 F_j 足以决定不投标, 同样这个决定还是由投标者决定是否接受。 I_i , B_i , NB_i 以及 I_j , B_j , NB_j 的值都是从对承包商的调查结果中总结出的参数值。定义了这些参数和参数值可以使用公式

$$BI_k = \sum_{i=1}^m I_i (CA_i - B_i) - \sum_{j=1}^n I_j (CA_j - B_j) \quad (\text{式 1-2})$$

其中 k 表示第 k 个项目;

m 表示识别出的否定因素的个数;

n 表示识别出的肯定因素的个数。

该模型形式简单, 易于理解, 考虑了两类影响因素对投标的正负影响, 但是它的所有参数均来源于承包商的判断, 具有较大主观性, 没有利用历史数据, 而

且统计获得的参数值具有地域性,这意味着在其他地区应用该方法时需要较大工作量。

3. 基于模糊逻辑的投标决策模型

投标决策本身就是一个模糊决策过程,模糊逻辑是应用于这方面的有效工具。刘尔烈等^[14]在借鉴国外研究方法的基础上,提出了基于模糊集合理论的工程投标多目标决策模型。

该模型首先建立评价指标体系:列出主要影响因素作为基本指标(即第一层指标)进行整理、组合,得到高层指标(即第二层指标);再对第二层指标进行整理、组合,得到更高一级层次的指标;以此类推,最终得到一个最高级的指标,用以进行决策。然后,运用列表计算法(TJM),根据各指标的相对重要性,算出各指标的权重;建立隶属函数,本模型采用的是三角形模糊分布,因为每个指标的模糊数单位是不一致的,因此要对它们进行标准化,将每个指标的模糊数转化为指数形式,从而使它们之间的直接比较成为可能,依据以上步骤所得到的权重集和指数值集,进行模糊综合评价。最后应用 CHEN 提出的一种排序方法,对拟考虑项目的最高一层指标的复合指标值进行排序,做出决策。

该模型应用模糊集合理论进行多目标决策,可以在不确定条件下尽量减少决策中的不确定因素,而且模糊数符合人类的思维方式;但是文中未指出建立评价指标体系的依据,未考虑投标的历史数据的作用。

1.3.2.2 报价决策模型综述

1. 基于概率论的报价模型

1956年, Friedman 提出了第一个投标报价模型——Friedman 模型^[15],该模型以最低标中标,通过计算承包商单独对每一个竞争者的赢率来计算其中标概率。他假设承包商对每个竞争者的赢率是相互独立、互不干扰的,并用其来计算对所有竞争者的赢率。Friedman 的目标是想运用特定标价的中标概率通过最优化求解得出承包商利润最大期望值,并以此报价作为最优报价。

优点

基于概率论的报价决策模型概念明确、思路清晰、原理简单,求解过程比较容易,能够反映竞争者的历史状况。

局限性

仅考虑了单一影响因素——竞争者状态。该类模型要求对竞争对手过去投标的有关资料和信息十分了解,并假定竞争对手的投标模式稳定不变。然而,在实际投标中是很难获得完备的资料信息,况且竞争对手的投标策略也不是固定不变的。因此,基于概率论的报价模型在实际应用中有较大局限性。

2. 基于博弈论的报价模型^{[10][11]}

基于博弈论的报价模型研究也是个热点。学者根据工程投标竞争活动所带有的典型博弈特征,运用不完全信息静态博弈理论对竞标报价行为进行诠释,提出了基于博弈论的报价决策模型,在投标报价博弈中,投标人面临的问题就是使自己的效用最大化,通过自身对工程成本的估计和竞争对手报高率的分布函数计算出投标报价博弈的均衡解。

优点

有效避免了对竞争对手历史投标资料和市场行为信息掌握不完备时可能造成的较大误差,很好地将承包商的投标价格和具体环境条件联系起来,具有动态性。

局限性

与基于概率论的报价决策模型同样的不足是只考虑了一个影响因素,虽然此模型考虑了信息不完备时的报价策略,但由于数据收集和分布函数确定的难度较大,基于博弈论的模型应用于实际尚需进一步研究。

3. 基于层次分析法(AHP)和效用理论的报价决策模型

经济管理学家运用效用理论中的效用作为指标,用来衡量人们对某些事物的主观价值、态度、偏爱、倾向等;AHP法适用于解决多目标、多属性的决策问题,在复杂的决策过程引入定量分析,并充分利用决策者在两两比较中所给出的偏好信息进行分析与决策支持。

有多位学者将层次分析法和效用理论应用于报价决策,以下将对这些模型作简要介绍:

(1) Seydel 和 Olson 的报价决策模型^[16]

Seydel 和 Olson 首次提出了基于 AHP 法的报价决策模型,该模型中引入了期望效用的概念,具体步骤如下:

首先采用两两比较法确定各个目标之间的相对权重,得到一个权重矩阵;

然后根据不同的报价值,求出每个目标的备选方案的期望效用,得到一个期望效用矩阵;

最后计算出不同报价下的总期望效用。其中总效用最大的报价为最优报价。

(2) S. P. Dozzl 和 S. M. AbouRizk 的报价决策模型^[17]

S. P. Dozzl 和 S. M. AbouRizk 结合 AHP,将效用理论充分运用于报价决策。该模型的基本原理是:

首先识别出影响因素的层次结构,其中最底层的因素称为子因素。

然后依据主观判断和公司策略将每个子因素转化为一个效用函数的形式,通过效用函数求出某个项目的各子因素的效用值;运用 AHP 求出每层因素在同一层中的相对权重,按照同一类别各层因素的相对权重逐级相乘的原则、求出子因素层综合权重。

最后在确定了报高率和期望效用之间的效用函数后,将上一步算出的期望效用值带入报高率效用函数中,得出最优报高率。

优点

效用理论和 AHP 在报价决策中考虑了多种影响因素,算出的报高率体现了决策者在投标报价时对投标项目的满意程度,计算过程易理解。

局限性

权重的确定主观性较大,效用函数的形式不易确定,其直接影响着计算的繁简程度。

4. 人工神经网络 (ANN)

神经网络方法是一种稳健的、非参数的方法,具有很强的非线性映射能力,学习经验的能力强、分类精度高;神经网络采用分布式存储结构,具有泛化功能,即能够处理未经过训练的数据、有干扰或不完整的数据,显示了良好的容错能力。能进行大规模的并行处理,反映为同一层所有神经元同时进行计算,且每一神经元存储的信息也同时参与计算;能不断接受新样本、新经验并不断调整模型,自适应能力强,具有动态特性。因此,把该技术用于多因素投标报价是一个很自然的想法。

Moselhi, Hegazy 等于 1993 年提出了第一个多因素投标报价的 ANN 模型^[18],该模型考虑了影响标高金的诸多因素,并确定了权重,利用报价案例的 3 类数据,对神经网络进行训练,确定了给定中标率的报高率。

局限性

人工神经网络往往不能解释选取最优报价的原因,从而使人们对其结果产生怀疑。

5. 专家系统

专家之所以能够成为某一领域的权威,并不在于他们有超人的智慧和新奇的构思,而在于他们拥有大量的专门知识和经验,特别是那些在长期实践中摸索与积累的启发性知识。所谓专家系统就是在专家知识的基础上,具有自动推理能力的智能软件系统。

这样的系统把专家在解决问题过程中使用的知识分成事实和规则,以适当的形式存储到计算机中,并构成知识库,然后依据用户提供的信息,运用存储的有关知识,选择合理的推理机制,模拟专家去解决问题。

专家系统在招投标方面应用的较广泛。在我国,清华大学土木工程系于 1989—1991 年研制出了国际工程投标报价实用与教学专家系统 ESEQP。^[19]

局限性

专家系统是一种基于规则的系统。报价决策的动态性和高度无组织性决定出的一套规则是无法适应所有投标报价环境的。

6. 案例推理模型

基于案例推理技术的人工智能投标报价是目前的研究热点之一。其中，杨兰蓉等提出了基于案例推理的标高金确定模型(CBRMBMD)^[20]，该模型的总体结构如图1-1所示。其基本思想是一个新的投标项目标高金可以通过类比的方法，检索和调整以往类似投标项目的标高金确定方法得到。Chua等根据影响标高金的四类因素，建立了基于案例推理的报价系统(CASEBID)^[21]。

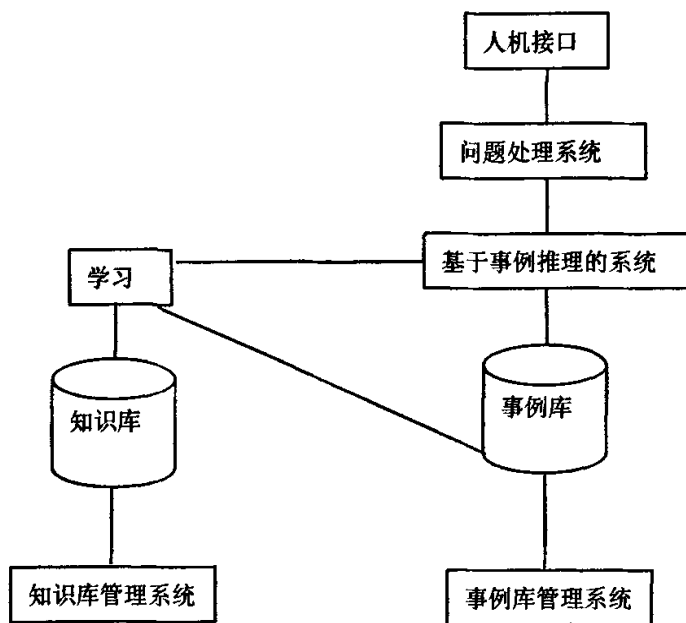


图 1-1 CBRMBMD 的总体系统结构

案例推理模型理论上是最接近理想结果的报价模型，但案例推理模型需要大量的事例库和知识库，目前还处于理论研究阶段，其实际应用还有待深入探讨。本文即在此方面进行了比较深入的探讨，试图将这种技术运用到实际的报价决策过程当中。

1.4 本文内容、结构及创新点

1.4.1 本文研究内容及论文结构

本文将投标报价决策过程分为了“投标决策”和“报价决策”两个连续的阶段，仔细研究了国内外投标报价决策理论与方法的研究成果，并分别对投标决策模型和报价决策模型的发展状况进行了详细的归纳和总结。在此基础之上利用数

据挖掘技术,将模糊综合评价和神经网络结合起来应用于投标决策,弥补了单独应用两种方法的不足,具有一定的理论和现实意义;同时研究了基于案例推理的报价决策模型,并讨论了该模型的可行性,使报价过程规则的自动提取成为可能;最后将以上两种模型结合起来,并利用其他比较成熟的数据挖掘方法,组成了一套完整的投标报价辅助决策系统,提出了投标报价全过程决策理念。

第一章 绪论。介绍了本课题的研究背景,论述了建立面向工程投标报价决策的方法、模型体系的必要性;在对投标报价决策基本过程研究的基础上,分别对投标决策模型和报价决策模型的发展状况进行了详细的归纳和总结;介绍了本文的研究内容和主要创新点。

第二章 投标报价决策模型。对影响投标与报价决策的各因素进行了定性分析,介绍了模糊综合评价和人工神经网络及其优缺点。提出了基于模糊综合评价和人工神经网络技术的新的投标决策模型,对该模型建立的基本思路和建立过程进行了详细阐述,并进行了模型的训练和检验,证明其正确性;对基于案例推理的报价决策模型的思路和建立进行了详细阐述,并研究了该模型的可行性。

第三章 投标辅助决策系统设计。在模型建立的基础上,对投标辅助决策系统进行了设计,对投标过程业务流程进行了详细的分析,并以数据流图加以说明。

第四章 某公司投标辅助决策系统实现。本章对某公司部署的本投标辅助决策系统作了简单的介绍。

1.4.2 本文主要创新点

(1) 将模糊综合评价和神经网络结合起来应用于投标决策,弥补了单独应用两种方法的不足,具有一定的理论和现实意义。

(2) 研究了基于案例推理的报价决策模型,并讨论了该模型的可行性,使报价过程规则的自动提取成为可能。

投标辅助决策系统所涉及的知识面较广,本文今后将在提高智能辅助决策结果的可解释性和知识库的完善方面做进一步的研究。

第二章 投标报价决策模型

本文将投标报价决策过程分为了“投标决策”和“报价决策”两个连续的阶段,仔细研究了国内外投标报价决策理论与方法的研究成果,并分别对投标决策模型和报价决策模型的发展状况进行了详细的归纳和总结。在此基础之上利用数据挖掘技术,将模糊综合评价和神经网络结合起来应用于投标决策,弥补了单独应用两种方法的不足,具有一定的理论和现实意义;同时研究了基于案例推理的报价决策模型,并讨论了该模型的可行性,使报价过程规则的自动提取成为可能。

2.1 基于模糊综合评价和人工神经网络的投标决策方法

人工神经网络作为对人脑最简单的一种抽象和模拟,近年来的发展十分活跃。这种方法体系解决问题不依赖于系统的数学模型,而是通过自学习,将输入、输出之间的关系以权值的方式编码,并将其关联;它具有分布并行处理、非线性映射、自适应学习和鲁棒容错等特性,这使其在模式识别、自动控制、信息处理、通讯和空间科学等领域都具有强大的生命力。由于神经网络实现了对任何数据之间的函数关系进行广泛而又高度灵活的逼近,因而,在决策过程中对基本数据已知而过程未知的情况,均可用神经网络加以处理。并且,相比于传统的决策方法,神经网络能挖掘出更多的不可预见的隐含信息,特别是处理不能用数学模型表示的系统或不能用公式描述的问题,表现出更大的灵活性和自适应性。在建设项目的决策中,随着企业外部环境和内部条件的变化,需考虑的因素非常繁杂,并且许多指标的数据序列是非线性的和非随机的,应用神经网络则能充分发挥其优越性。

与传统方法比较,神经网络是一种“黑箱”方法,无法表达和分析数据系统的输入与输出间的关系;对训练出的权重既不能解释为一种回归系数,也不能进行因果关系分析,因此,也难于对所得结果作任何解释;而模糊综合评价法则是从人类思维中的模糊性特点出发,利用领域专家的先进知识进行近似推理,具有极强的可解释性,只是不能有效利用历史数据。因此,本文尝试将模糊综合评价与神经网络结合起来应用于投标决策。以期望实现二者的优势互补。

2.1.1 模型建立思路

1. 确定评价因素集,因素集的个数决定了人工神经网络的输入节点。
2. 因素集中的各个因素就是神经网络的输入因子,根据各因素的特征对输入因子进行分级处理,通过专家评议法确定神经网络的输入值,运用模糊综合评价法得到人工神经网络的期望输出值。
3. 确定 BP 神经网络的结构。

4. 选取定数的训练样本和检测样本，输入样本后系统按期望输出与实际输出误差平方和的最小化规则来进行学习，调整权值矩阵和阈值向量。当误差减小到要求范围内，系统停止学习，此时的权值矩阵与阈值向量固定下来，成为系统内部知识。

2.1.2 影响投标的因素识别和分析

在总结以往文献研究成果的基础上^{[12][13][21][22]}，与企业专家组讨论研究后，给出了以下 24 个影响投标决策的关键因素构成评价因素集，这些因素又按照相互之间的关系被分为四个层次。具体的因素识别和层次如表 2-1 所示

表 2-1 影响投标的关键因素

工程内容	工程条件	外部因素	项目
资源需求			
场地条件			
合同规定			
资格预审要求	招标要求		
图纸的完整性			
投标准备时间			
业主信誉	业主条件		
业主的特殊要求			
政府法律法规			
资金状况			
竞争对手数目	竞争对手条件		
竞争对手规模			
竞争对手的经验			
技术水平	公司竞争能力	内部因素	
管理能力			
类似工程经验			
资源条件			
公司特长			
投标准备工作量	对工程的需要		
正在实施的工程量			
市场占有率			
雇员的连续性			
建立公司信誉			

2.1.3 输入因子的分级处理

由于所考虑的影响因素大部分很难定量描述,可以利用“专家打分法”,专家打分法的优点在于方法简单、易懂、节约时间,但一般要求专家的人数不能太少,下面本文将依据惯例和实际工作中惯常采用的方法给出输入因素的等级划分标准:

- 工程内容=(多——少)=(5——1)
- 资源需求=(小规模——大规模)=(5——1)
- 场地条件=(好——差)=(5——1)
- 合同规定=(宽松——严格)=(5——1)
- 资格预审要求=(低——高)=(5——1)
- 图纸的完备性=(差——好)=(5——1)
- 投标准备时间=(长——短)=(5——1)
- 业主的信誉=(好——不好)=(5——1)
- 业主的特殊要求=(少——多)=(5——1)
- 政策法规=(符合——不符合)=(5——1)
- 业主资金状况=(好——不好)=(5——1)
- 竞争对手数目=(少——多)=(5——1)
- 竞争对手规模=(小——大)=(5——1)
- 竞争对手的经验=(贫乏——丰富)=(5——1)
- 技术水平=(高——低)=(5——1)
- 管理能力=(强——弱)=(5——1)
- 类似工程经验=(丰富——缺乏)=(5——1)
- 资源条件=(丰富——缺乏)=(5——1)
- 公司特长=(吻合——不吻合)=(5——1)
- 投标准备工作量=(小——大)=(5——1)
- 正在实施的工程量=(少——多)=(5——1)
- 市场占有率=(高——低)=(5——1)
- 雇员的连续性=(好——不好)=(5——1)
- 建立公司信誉=(需要——不需要)=(5——1)

以上只是给出了简单的等级划分,但在实际作中,应该对每种因素的各等级语言描述更加详细具体,减少专家评议中的主观性,增加一致性;这些投标规则可以通过对某些因素设定灭点来解决。例如考虑项目资源需求这一因素时,介于0—3.5千万元定为小型规模,3.5千万元—6.5千万元定为中等规模,6.5千万元

—7.5 千万元定为大型规模, 如果大于 7.5 千万元, 则不投标, 我们称 7.5 千万元是项目资源需求这一因素的灭点。在进行项目综合评价之前, 应该先根据公司的投标规则对待评价项目进行预处理, 如果待评价项目符合投标规则, 进入下一步综合评价; 如果有一条不符合, 就可以直接决定不投标。

得到各因素等级分后, 将各分值除以最高分值 5, 化为 $[0, 1]$ 域上的分值, 以满足 BP 神经网络值域的要求。

2.1.4 输出因子的分级处理

我们采用神经网络对投标意愿的强烈度进行评价时, 可以将输出结果划分为 5 个等级, 即投标意愿(很强、较强、中等、较弱、很弱), 其对应的输出值分别为 $\{[10000]; [01000]; [00100]; [00010]; [00001]\}$ 。在神经网络的学习训练阶段, “样本”的期望输出值应是已知量, 它可由历史资料确定或由模糊综合评价法评估得出, 待模型训练成功后便可用来解决实际的投标决策问题, 下面着重介绍一下模糊综合评价法。

模糊综合评价是通过对各因素影响效果的综合评价来分析投标意愿的强弱, 在评价时, 有些因素的作用大些, 有些因素的作用小些, 通过标注重要性等级来明确各项指标的权重, 然后根据综合影响效果的评价等级确定投标意愿的强弱。

1. 建立因素集: 设某个被评价的对象 X_i 的 24 个影响因素分别为 $u_1, u_2 \cdots u_{24}$, 则因素集 $U = \{u_1, u_2 \cdots u_{24}\}$ 。

2. 因素权重的确定

确定因素权重的方法有很多, 本文采用列表计算法, 下面以四个变量为例举例说明:

(1) 设四个评价变量分别为 x_1, x_2, x_3, x_4 , 并将其列于表 2-2 内。

(2) 设定下列标准: 0—很不重要; 1—不重要; 2—同样重要; 3—更重要; 4—非常重要, 对上述四个指标, 两两比较其相对重要性, 并进行打分。例如表 2-2 中第二行中变量 x_1 相对于变量 x_2, x_3, x_4 的重要性分别为不重要、同样重要、不重要, 得分分别为 1、2、1。

(3) 将每一行的得分相加, 得到每一个基本指标的总分(k_i)。

(4) 再将每一个基本指标的总分相加, 得到一个最终的总分。

利用下述公式, 计算每一个基本指标的权重:

$$w_i = \frac{k_i}{\sum_{i=1}^4 k_i} \quad (\text{式 2-1})$$

运用以上方法获得影响因素的权重集 W

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_{18}\}, \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (\text{式 2-2})$$

表 2-2 指标权重计算示例

指标	x_1	x_2	x_3	x_4	k_i	w_i
x_1		1	2	1	4	0.182
x_2	3		3	0	6	0.273
x_3	2	1		1	4	0.182
x_4	1	4	3		8	0.364
总计	$x_4 > x_2 > x_1 = x_3$				22	1

3. 建立隶属函数, 将指标的模糊数 $Z_{i(x)}$ 转变为指数形式 $S_{i,j}(x)^{[59]}$ 。

4. 模糊综合评价:

在得到了基本指标的指数值 $S_{i,j}(x)$ 之后, 根据模糊关系的复合运算, 可以得到第二层指标的指标值 $L_{j,k}(x)^{[58][59]}$

$$L_{j,k}(x) = \left(\sum_{i=1}^{n_j} w_{i,j} (S_{i,j}(x))^{\beta_j} \right)^{\frac{1}{\beta_j}} \quad (\text{式 2-3})$$

其中: n_j 为第 j 个第二层指标中含有基本指标的个数; $S_{i,j}(x)$ 为第 j 个第二层指标中第 i 个基本指标的指数值; $w_{i,j}$ 为第 j 个第二层指标中第 i 个基本指标的相对权重; β_j 为平衡系数。

通过同样的方法, 可以得到第三层指标的指标值 $L_{k,h}(x)$ 。和最终指标值。

$$L_{k,h}(x) = \left(\sum_{j=1}^{n_k} w_{j,k} (L_{j,k}(x))^{\beta_k} \right)^{\frac{1}{\beta_k}} \quad (\text{式 2-4})$$

评分值得出后, 再对其进行等级的划分。例如, 某项目经模糊综合评价后获得最终的评分值为 70.1, 即这些影响因素的综合效果一般, 可视其期望输出为 (00100)。

2.1.5 神经网络模型结构和算法的建立

反向传播算法(BP 算法)是解决非线性问题最常用的算法, 本文即使用 BP 神经网络来构建模型。由上文分析得本文中的神经网络有 24 个输入节点, 5 个输出节点, 还需要确定神经网络的隐层节点数目。

虽然神经网络有诸多优点, 但是涉及网络层数、神经元节点数、传输函数、训练算法的选取与确定等问题的实际操作中, 尚无成熟的指导理论, 只能通过大量实验计算获得。由 MathWorkS 公司推出的 Matlab 软件为解决这一问题提供了

捷径,在该软件自带的神经网络工具箱的帮助下,使用者通过友好的界面,可以很快试算出神经网络的最佳参数和最好算法。工具箱集成了各种网络模型的学习算法和示例程序,网络的设计者可以直接调用 Matlab 的子程序,经过简单快捷的实施操作,从繁琐的编程中解脱出来,集中精力去思考和解决实践问题。在这里,隐层节点数目的确定就依靠在 Matlab 软件中的模拟和尝试。

在 Matlab 中分别对 18, 20...36 这 10 种节点数目进行了模拟训练,训练结果表明,当神经网络有 24 个输入节点, 5 个输出节点时,选取的隐层节点数目为 30 时,可以在较少的训练次数下得到最小的误差,因此:本文中的神经网络有 24 个输入节点, 30 个隐层节点, 5 个输出节点。其结构如图 2-1 所示。

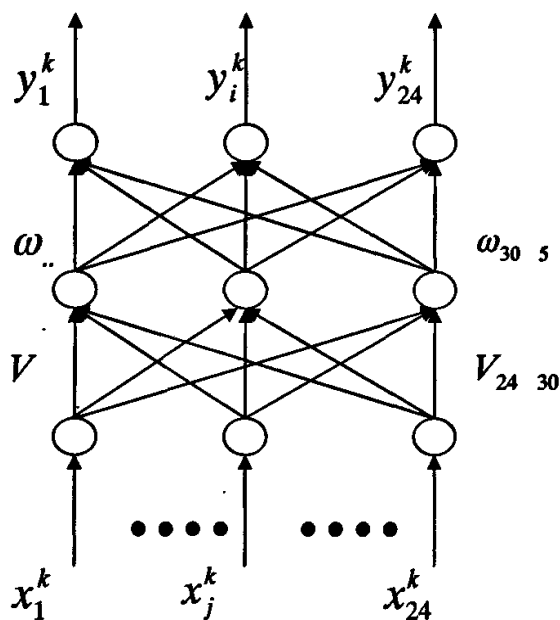


图 2-1 BP 神经网络结构

2.1.6 模型的训练和检测

神经网络训练的目的就是对某特定的输入产生希望的输出,这就需要网络不断的调整连接弧的权值。一般 BP 算法步骤如下:

1. 对全部连接弧的权值及阈值进行初始化,一般设置成较小的随机数,以保证网络不会出现饱和或反常情况。

2. 取一组训练数据 X_j ($j=1, \dots, n$) 输入网络,并计算网络的输出 y_i (y_i 表示

输出层第 i 个神经元的输出)。

$$y_i = f(A_i) = \frac{1}{1 + e^{-A_i}}, A_i = \sum_{j=1}^n W_{ij} X_j - \theta_i$$

(式 2-5)

W_{ij} 为网络各连接弧的权值, θ_i 为阈值

3. 计算实际输出与期望值之间的偏差, 然后从输出层反向计算到隐含层, 向着减少该偏差的方向调整各弧的权值。再从隐含层反向计算到输入层, 调整各弧的权值。

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \eta \delta_i y_i + a(W_{ij}(t) - W_{ij}(t-1))$$

(式 2-6)

其中: $\delta_i = (d_i - y_i)y_i(1 - y_i)$, η 为学习率, a 为态势项系数

4. 对训练集中的每一组数据都重复上面两个步骤, 直到整个训练的偏差达到能被接受的程度为止。在神经网络的实际应用中, 一般认为, 用样本训练时, 若神经网络模拟输出结果与期望值误差范围在 $(-0.25, 0.25)$ 之间, 则认为模拟合格。

我们运用 MatLab 软件对投标决策模型进行学习训练, 如前所述, 本文建立的 BP 模型共有 24 个输入因子, 30 个隐层因子, 5 个输出因子; 运用 10 个通过模糊综合评价方法得出的输入、输出样本值对这一神经网络进行学习训练 1000 次之后看是否达到总体误差要求, 若没有, 则再增加学习训练次数; 若已达到要求, 则再用 2 个样本值进行检验, 检验结果也满足要求后便得到一个学习好的模型。

1、模型的训练

将企业过去的投标数据经过分级处理得到输入节点值; 通过模糊综合评价方法得到的期望值。整理出 10 套有代表性的样本数据进行训练, 因训练数据庞大, 取一例举例说明:

该例样本的 18 个关键因素即输入因子经分级处理后数值为 :0.24, 0.53, 0.46, 0.31, 0.68, 0.78, 0.58, 0.97, 0.57, 0.84, 0.68, 0.73, 0.53, 0.81, 0.92, 0.67, 0.72, 0.58, 0.34, 0.54, 0.67, 0.52, 0.73, 0.25。该样本的期望输出为 [10000]。经过 1000 次训练后, 得到的输出为 : [0.9972, 0.0044, 0.0049, 0.0157, 0.0092]。对比实际输出于期望输出可知误差为 0.0092, 如表 2-3 所示。

表 2-3 模型训练

期望输出	1	0	0	0	0
实际输出	0.9972	0.0044	0.0049	0.00157	0.0092
误差	-0.0028	0.0044	0.0049	0.00157	0.0092

经过对这 10 个样本的训练, 最终误差 $E = 0.004425$, 是在允许的误差范围内。

2、模型的检验

训练完成后，再选取训练样本以外的 2 套样本数据对模型进行检验。检验结果如表 2-4 所示：

表 2-4 模型检验

	检验样本 1					检验样本 2				
期望输出	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
实际输出	0.001	0.9978	0.0027	-0.0025	-0.0013	-0.0002	-0.006	0.9993	-0.0062	-0.0039

从检验结果来看，期望输出和实际输出基本能保持一致，因此该模型是有效的。

2.2 基于案例推理的报价决策方法

报价是一项非常复杂的决策工作，需要同时对大量相关联的变量进行综合评价以后才能做出决策。它具有以下几个特点：

(1) 报价涉及到很多因素和变量，具有很大的不确定性和主观性。

(2) 各个因素变量之间是相互关联的，并且这些内在联系是非常复杂的，并且很难处理，所以很难对报价决策方法做出归纳和模拟。对一个决策者而言，由于对信息处理的能力有限，从而合理性也受到限制，所以很难同时兼顾到所有的相关变量。

(3) 报价决策工作，需要领域专家的知识，包括理论知识和实际经验。但是同时由于该项工作具有高度的无组织性和非结构性，人们无法对其进行精确的描述和严格的分析，因此很难分析和构建出一个固定的解决方案，所以不能用确定的算法和规则来解决。

考虑到投标决策的这些特点正好适用于用人工智能的方法来解决。于是开始了对基于人工智能的报价决策支持系统的研究。目前已经研究出来的这类系统包括 Tavakoli 和 Utomo 在 1989 年以及 Alumah 在 1990 年开发的专家系统。但是这些系统都存在着一一定缺陷。

专家系统是一种基于规则的系统。但是，报价决策是动态变化着的，是高度无组织性的，具有很大程度的不确定性和主观性，是无法准确地定义出一套规则来的，即使定义出一套这样的规则，又由于每一次投标工作都有它独有的特点，并且都是在一个特定的经济和工作环境下进行的，所以这一套规则也是无法适应任何环境的。

而且，以往这些专家系统仅仅是给出了报价结果，对报价过程本身却没有任何深入地推理。而事实上报价决策是在对风险因素和潜在竞争进行评估，并对公司的竞争力状况进行综合评价以后才得出结论的。

鉴于此，很有必要设计一种新的、合理完善的报价决策支持系统。本文即提出

了一种基于案例推理的报价决策模型。

2.2.1 基于案例推理概述

作为人工智能中比较新的一个分支和一种典型的数据挖掘方法,对基于案例的推理(Case-Based Reasoning, 简称 CBR)的研究已成为一个热门的课题,目前已得到了很多的应用。CBR 认识到人类在面对新问题时,总是通过与过去已经解决的类似问题进行比较得到新的解决方案。所以基于案例的推理就是利用过去解决类似问题的经验来解决当前问题的一种计算方法。具体的说也就是将过去成功的案例存入案例库,遇到新问题时,在案例库中寻找类似的过去案例;利用类比推理的方法,得到新问题的近似解答,再加以适当修改,使之完全适合于新问题;将新的案例和解决方案存入案例库中,以备将来之用。这样,随着案例库的增长,基于案例推理的系统也必然会越来越合理,越来越实用。一个典型的案例推理包含三个阶段。如图 2-2 所示:

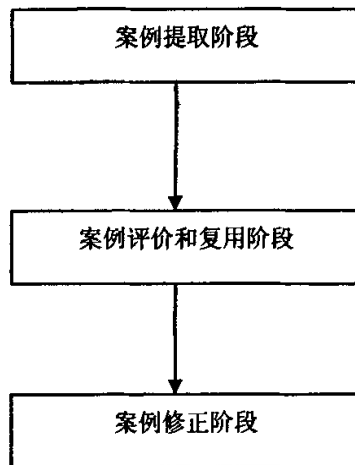


图 2-2 CBR 三个阶段

基于案例的推理具体处理步骤如下图 2-3 所示:

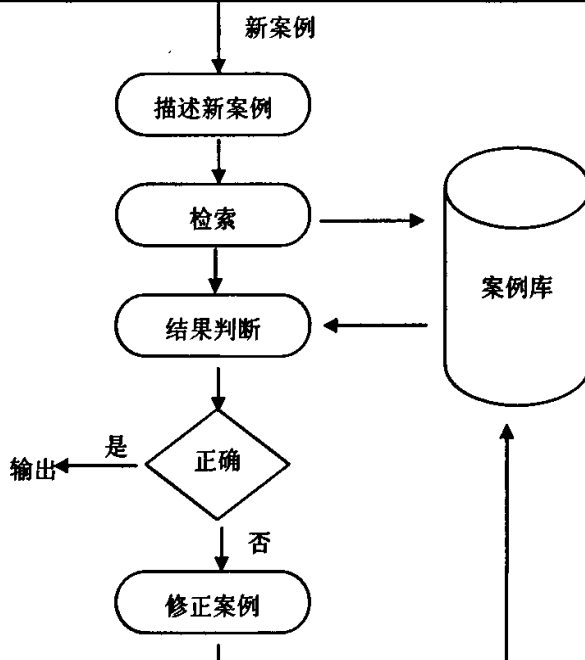


图 2-3 CBR 处理步骤

在此流程中涉及以下几个关键技术：

(1) 案例的表示

最简单的方法，可将案例表示成一组特征。对于较复杂的情况，可将一个案例表示成一组相关联的子案例的集合，以形成问题的解决方案的结构。

(2) 案例的索引

一个基于案例推理的系统的效率很大程度上取决于快速准确地从案例库中检索出合适的案例的能力。为此，必须对案例库中的案例进行适当的组织与索引。案例索引模块将为每个案例进行说明、编号、索引，纳入案例库。

(3) 案例的检索

相似度计算模块将计算新案例与案例库中的案例的相似程度。案例匹配和检索模块将确保从案例库中检索出相似程度最高的案例。而此类案例的解决方案将会作为新案例解决方案的备选方案。既然新案例与历史案例在一定程度上存在相似之处，那么历史案例的解决方案在一定程度上也是适用于新案例的。

(4) 案例的修正

案例的检索找到了与输入案例最类似的案例。案例修正模块则负责对检索出来的案例进行推理，以及必要的数据分析，最终得到最佳的解决方案。

基于案例的推理和专家系统中应用的规则推理相比^[23]，案例能比一组规则提供更多的信息。这是因为人具有主观性和有限性，从而使得从大量实例归纳出来的规则仅仅是取出了各个实例的共同本质而已；避免了知识增加时知识库的完整性

和一致性问题；案例推理是一种增量式学习方法。随着案例的增加，案例库的覆盖度逐渐提高；案例推理是直接复用过去的求解经验，避免了匹配冲突和组合爆炸问题，求解效率更高；案例推理是类比推理的子类，它具有类比推理的基本特点。它能够充分发挥人的创造性思维，对难以充分理解的领域做出假设和预测，并指导人们避免重犯过去的错误；从实现角度讲，案例推理能兼顾专家的偏好，从而避免所产生的系统柔性不足。

正是由于案例推理方法的以上优点，所以基于案例推理的报价决策模型具有很高的可行性。

2.2.2 基于案例推理的报价决策支持系统模型

该模型的目的是希望在过去的报价经验的基础上为决策者对报价“标高金”的确定提出建议。过去的投标案例将存储在案例库中。而决策者在确定标高金时的关键因素(竞争程度和风险)将作为“知识”在系统中建立起来。案例库和领域知识构成系统的知识库。

当用户提交了一个新案例时，系统的决策过程就开始了。依靠索引树可以从案例库中提取一组与新案例相似的案例。这些案例被视为新案例的邻近案例。通过对这些案例与新案例之间相似程度的计算，将与之在竞争的激烈程度和风险水平两个子目标上相似程度最高的一组案例作为案例修正模块的输入。然后就由案例修正模块进行分析、评价，首先在对这些类似案例的竞争的激烈程度和风险水平进行评估以后，按照最高期望利润率的原则提出标高金的建议，然后再结合公司的项目需求度和行业地位并考虑决策者的偏好以后，按照最大效用价值原则来进行进一步分析得到一个标高金的备选方案。该系统框架如下图 2-4 所示：

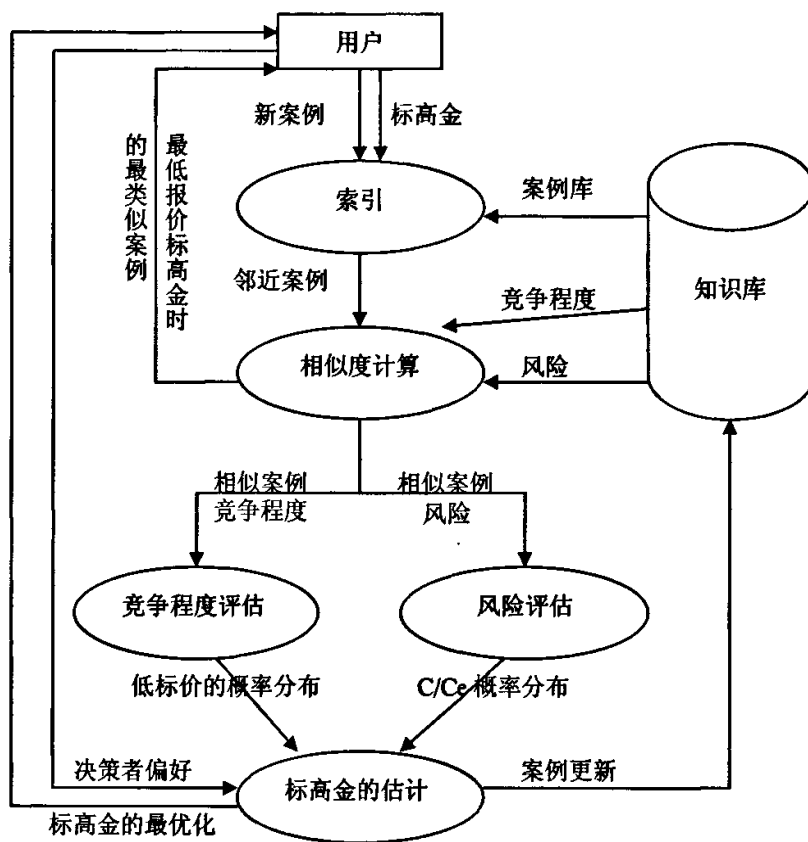


图 2-4 报价支持系统框架图

注：C/Ce 是实施施工成本与估价的比。

2.2.3 推理目标

建立任何系统的第一步工作都是进行系统分析。所以要建立一个基于案例推理的报价决策支持系统，我们首先需要明白系统的实际决策问题并确定目标。该系统的总目标就是辅助决策者决定一个最优的标高金水平，从而提出最具竞争力的报价。将总目标分解，可以认为推理过程是基于以下四个子目标，即：(1)竞争的激烈程度；(2)风险；(3)项目需求度；(4)公司在投标中的地位。图 2-5 说明了总目标、子目标以及内外部相关决定因素之间的关系。

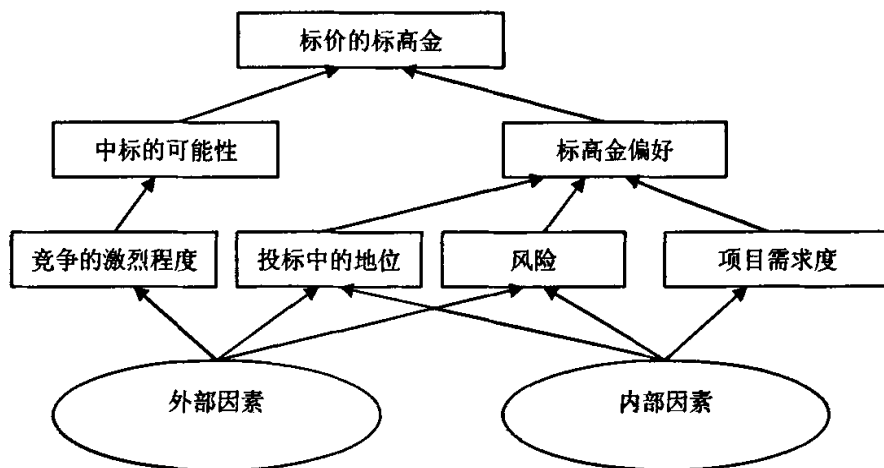


图 2-5 报价推理目标

如图，可以将所有影响四个子目标的决定因素划分为：内部因素和外部因素。内部因素就是指那些由公司自身特点决定的因素，如专长、经历、融资能力、资源、现有工作量等。它们都可以反映出公司在投标和执行合同方面的能力和优势。

外部因素是指那些公司无法决定和控制的因素，包括与项目有关的因素、投标的要求以及社会经济环境等。与项目有关的因素包括：项目的规模、技术难度、资源需求等。投标要求是业主对投标者参与投标的先决条件，如资格预审、投标方法和投标期限等。环境因素主要是指社会和经济条件，如投标市场现状、资源市场和政府规定等。

尽管内部(公司相关)因素将会影响到每个承包商对标价的标高金的确定，但是其它投标者通常是得不到此类信息的，因此通常此类信息不会被用于对竞争的激烈程度的估计，竞争的激烈程度通常由外部因素推断出来。

风险水平则需要同时考虑外部和内部因素。投标过程中的不确定性主要有两种来源：估价的准确度；所需信息的完备性和透明度。项目实施过程中的风险因素则可以归纳为四种类别，即①项目特点相关风险；②公司内在风险；③业主以及工程师引发的风险；④环境(社会、经济)引发的风险。

对于另外两个子目标，承包商在投标中的地位以及对项目的需求度，这些都是由公司内部因素决定的，其中对于承包商相比其它竞争者在投标中的地位则需要同时考虑外部因素和内部因素的相互影响。

报价的一项主要任务就是对可能的竞争程度和潜在风险进行评估，以便决定出合适的标高金。这也将是案例推理系统的焦点所在。也就是说案例推理将基于风险和竞争程度两个方面来针对新案例从案例库中检索案例。而对于后两个主要由公司内部因素决定的目标可以暂时不纳入案例推理的目标。

2.2.4 案例表示^{[24][25][26]}

案例推理是对人类形象思维的模拟。在人工智能中通过不同的知识表示方法,如产生式规则、语义网络、神经网络、框架和面向对象等,对知识从不同认识角度进行了映射。案例可以定义为一段文字描述的知识,它说明了一种经历,供推理机用来实现推理的目标。一个案例的集合就构成了案例库。

如何表示案例将直接关系到案例推理的效率。案例表示问题是 CBR 的基础,解决案例的表示是引入 CBR 技术的先决条件。在 CBR 中最大的一个问题就是检索合适的案例。在适合的时候能够检索出合适的案例这一点对 CBR 是非常重要的。对案例的表示也就是 CBR 中的索引问题。索引主要包括两个方面,一个是案例的组织问题,这将直接关系到对案例库进行搜索的效率和准确性;另一个就是属性(词汇)问题,需要选择合适的属性对案例建立适宜的标引,以便可以很容易地、快速地从案例库中提取出来。

2.2.4.1 案例的组织

基于案例推理的报价决策支持系统中的案例数据和结构都是采用面向对象的方法进行描述的。面向对象的方法学认为世界是由各种“对象”组成的,任何事物都是对象,是某对象类的元素;复杂的对象可由相对比较简单对象以某种方法组成;可以将所有对象分成各种对象类,每个对象类又定义了一组所谓的“方法”,也就是允许作用于该类对象上的各种操作。并且对象之间除了互递消息的联系之外,不再有其他联系,一切局部于对象的信息和实现方法等都被封装在相应对象类的定义之中,在外面是不可见的。对象类将按“类”,“子类”与“超类”的概念构成一种层次关系(或树形结构)。这样做有利于将案例指定属于某一对象类别,并继承所有该类别案例的属性。该类别是按照层次关系进行组织的,子类别继承了它上一级类别的所有特点和关系。不同类别通过“联系”属性连接在一起。

在基于案例推理的报价决策支持系统中,将所有案例分为两个大类,如图 2-6 所示。

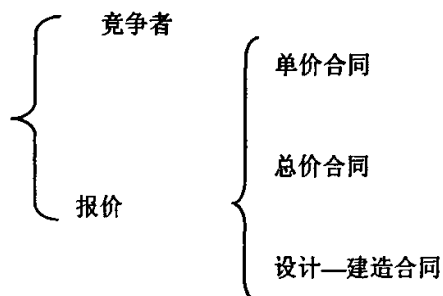


图 2-6 案例的组织结构

一个主要的类别是“报价”。对于同一推理子目标，对某种类型合同重要的属性对其它类型的合同不一定同样重要。为了说明这一点，该项主要类别又划分为三个子类别：“单价合同”，“总价合同”以及“设计建造合同”。因此，一个报价案例将按照报价所采用的合同类型划分为某一个子类别的对象。

“竞争者”是另一大类别，具有两个属性：“标高金”，“特性”（分别指竞争者的标高金和特性），以此跟踪竞争者的报价行为。此类别中的对象通过“竞争者的报价”这一连接属性与其它类别中的对象或案例联系在一起。依靠数据的可获得性，每个竞争者对项目的投标，可以利用建立一个“竞争者”对象与案例的属性“竞争者的报价”联系起来。

2.2.4.2 案例的属性

2.2.4.2.1 案例属性的领域值

对于每种属性有以下三种不同的属性类别和领域值：

1. 属性类型在领域值上没有内在逻辑联系，例如，“合同类型”这个属性领域包括三个值：“单价合同”、“总价合同”、“设计—建造合同”。它们之间没有任何逻辑关系，可以将它们视为离散点。

2. 属性类型在领域值上有内在逻辑联系。对于这种类型的数据，通常的分类方法就是使用分类树在它们各自的领域值之间建立联系。例如，图 2-7 对“业主类型”这一属性进行了分类。这种分类结构能够为具有两种不同值的属性估计出一个相似值。

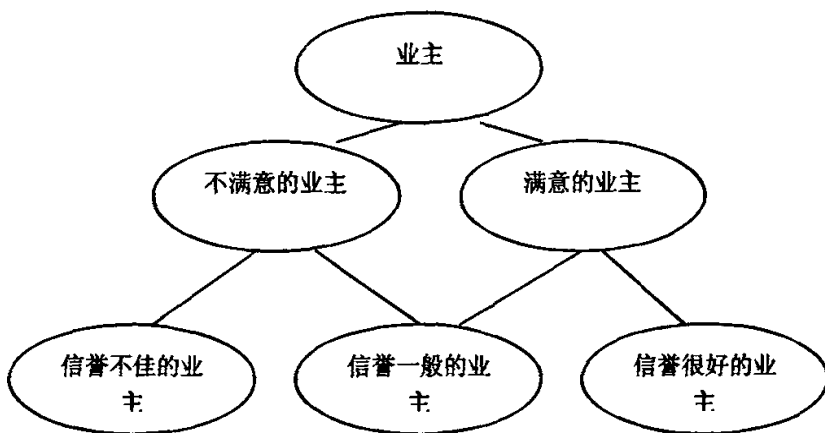


图 2-7 “业主类型”属性的分类

3. 可以定量计算或定性评价的数据类型

对于那些可以进行定量计算的属性，它们的领域值被分为几个定性化的区域。例如，对于“项目规模”属性的领域值就可以被分为5个等级：①非常小；②小；③一般；④大；⑤非常大。如果位于同一等级则认为它们的值是相等的，除非按照它们匹配或类似的程度在等级之间再进行记分。

2.2.4.2.2 属性的确定

在专家分析的基础上，确定各类和子类的属性表 2-5 中列出了“报价”类别所具有的所有属性，同样子类别也具有这些属性，三个子类别还分别具有表 2-6 中所列出的特有的属性。“竞争者”类中的对象通过“竞争者的报价”这一连接属性与其它类别中的对象或案例联系在一起，如表 2-5。

表 2-5 报价类的属性

属性	领域值数据类型	推理焦点
其他项目的可获得性	定性估计	竞争
投标日期	日期	
投标结果	无逻辑关系的数据	
C/Ce	数字	
估价人员的能力	定性估计	风险
竞争者的报价	定性估计	
咨询工程师对规范的解释	定性估计	风险
技术难度	定性估计	竞争和风险
管理协调能力	定性估计	风险
业主类型	有内在逻辑联系的数据	竞争
低标价的标高金	数字	
项目公开度和声誉	定性估计	竞争
项目时间期限以及未完工罚款	定性估计	竞争和风险
安全程度	定性估计	竞争
类似经历	定性估计	风险
项目规模	定性估计	竞争
投标期限	定性估计	竞争
合同类型	无逻辑关系的数据	
项目类型	无逻辑关系的数据	

表 2-6 各子类特有的属性

属性	领域值数据类型	推理焦点
单价合同子类		
招标方式	无逻辑关系的数据	竞争
图纸和规范的完备性	定性估计	风险
支付上的延误和短缺	定性估计	风险
总价合同子类		
现金流需求	定性估计	竞争
图纸和规范的完备性	定性估计	风险
资源价格波动	定性估计	风险
设计—建造合同子类		
资源价格信息的完备性	定性估计	风险
合格人员的可获得性	定性估计	竞争
招标方式	无逻辑关系的数据	竞争
投标期间的工作量	定性估计	风险
投标期限	定性估计	风险

2.2.5 案例的索引

如果将标高金的所有决定因素都作为案例的索引词汇当然最好。但是，太多的索引和描述将会影响推理机的效率。所以在建立竞争的激烈程度和风险的索引时只选用了那些关键性的决定因素。确定关键因素后，还应确定在不同类型合同条件下（如：单价合同、总价合同、设计建筑合同等）影响竞争程度和风险的关键因素相应的权重。权重可由专家给出。表 2-7 列出了本系统选择的关键因素。

表 2-7 决定竞争和风险的关键因素

决定竞争的关键因素	决定风险的关键因素
其他项目的可获得性	资源市场价格信息的完备性
合格人员的可获得性	估价人员的能力
招标方法	图纸和规范的完备性
现金流需求	咨询工程师对规范的理解
技术难度	技术难度
业主类型	投标期间的工作量
项目公开度和信誉	支付上的延迟或短缺
项目期限以及未完工的罚金	管理、协调上的能力
完全程度	资源价格波动

项目规模	类似经验
投标期限	投标期限
	项目期限以及未完工的罚金

2.2.6 案例的检索

2.2.6.1 相似度的计算

设 X 和 Y 为两个案例，其相似度定义在实数 $[0, 1]$ 之间，并满足以下性质：

(1) 对称性： $S(X, Y) = S(Y, X)$

(2) 自反性： $S(X, X) = 1$

设 r_1 和 r_2 为两个实数，且有 $0 < r_1 < r_2 < 1$ ，则存在两种相似度：

(1) 充分相似： $r_2 < S(X, Y) \leq 1$

(2) 最小相似： $r_1 < S(X, Y) \leq r_2$

设 p_1 和 p_2 分别为输入案例和案例库中的案例，如果 p_1 和 p_2 为充分相似，则案例 p_2 的解可直接作为输入案例 p_1 的解。如果 p_1 为最小 p_2 相似，则案例 p_2 的解应根据输入情况做出修正，才能作为输入案例 p_1 的解。设根据输入案例 p_1 从案例库中选出的案例集合为 $M(p_1)$ ，则有

$$M(p_1) = \{p_2 | r_1 < S(p_1, p_2) \leq 1\} \quad (\text{式 2-7})$$

两个案例的相似度为两个案例相应属性的相似度的加权和。假设将所有案例分为 m 类，分类空间为 $R = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$ ，属性集合为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 。属性的相对重要性可表示为权重矩阵 $W = \{W_{ij}\}$ ，其中类别 R_j 中属性 A_i 的权重为 W_{ij} 。设案例 p_1 和 p_2 的属性 A_i 的值分别为 a_{1i} 和 a_{2i} ， $1 \leq i \leq n$ ，则案例 p_1 和 p_2 对于类别 R_j 的相似度定义为：

$$S(p_1, p_2) = \sum_{i=1}^n W_{ij} \cdot s(a_{1i}, a_{2i}) \quad 1 \leq j \leq m \quad (\text{式 2-8})$$

其中， $s(a_{1i}, a_{2i})$ 为属性 a_{1i} 和 a_{2i} 的相似度，且有

$$\sum_{i=1}^n W_{ij} = 1 \quad 1 \leq j \leq m \quad (\text{式 2-9})$$

2.2.6.2 案例的检索

基于相似度的计算，从案例库中检索出一组类似的案例。相似度取值范围是 0 到 1 之间；取值 1 则意味着完全匹配，0 则说明完全不同。它的值取决于局部相似

度以及每个属性的权重。

对于没有内在逻辑关系的、具有离散性质的属性领域的的数据,局部相似度要么在价值相等时取 1,要么就等于 0。

对于具有内在逻辑关系的属性领域或属性的数据因素,如果能够进行定量或定性估计时,局部相似度则取决于两个案例的数据值在分类提取树中的位置。它们共享的索引节点越近,则它们的相似度越高。例如,图 2-7 中“信誉不佳的业主”与“信誉一般的业主”的值就非常接近,因为它们共享的索引节点“不满意的业主”仅仅与它们相差一个层次。而“信誉不佳的业主”与“信誉很好的业主”之间的相似度就很低,因为它们共享的索引节点与它们相差了两个层次。

本文中采用的权重就是由专家确定的表 2-9 竞争的激烈程度和风险所显示的归一化以后的权重。不过,总的相似度仍然是局部相似度与所有属性权重的乘积的总和。这样,两组类似案例就可以被检索出来。一组主要重点是体现竞争的激烈程度,另一组则主要侧重于风险,以此使决策者能够根据过去的经验合理推断出当前的形势。

2.2.7 标高金的最优化

本文采用的标高金最优化方法是 Hansmann 和 Rivett(1959),Ackoff 和 Sasieni(1968),Bxoemser (1968)等人的研究中采用的基于低标价标高金的概率分布。对标高金的最优化和中标的概率进行评价。

基于竞争的激烈程度检索到的案例,不难算出在给定的标高金水平(M_i)下的中标机会(P_{wi})的累积概率分布是:

$$P_{wi} = \frac{\xi_i}{\xi} \quad (\text{式 2-10})$$

其中: ξ 为检索出来的案例总数;

ξ_i 为其中中标的标高金水平高于 M_i 的案例数量。

假设没有投标成本,那么就可以计算出在给定标高金水平(M_i)时的期望利润为:

$$EP_i = P_{wi}(M_i + 1 - m_c) \quad (\text{式 2-11})$$

其中: EP_i 为标高金水平(M_i)下的期望利润;

m_c 为基于风险检索到的案例的“C/Ce”的平均值。

该式子很容易用来对报价进行调整。最大期望利润水平下的标高金即是最优的标高金水平。

在修正完以后,决策者就能够通过从案例库中调出最类似的案例的标高金水平对提出的解决方案进行审核。它能够比较检索到的案例与当前案例的各个属性,

以确认建议的解决方案是适合当前情况的。如果有必要的话,对当前案例任一属性类似的案例都可以检索出来供决策者对系统建议的最优标高金进行启发式的调整。另外,过去竞争者在类似投标中的分布可以由其属性反映出来。如果有必要,还可以检索出竞争者的可能“低标价标高金”进行进一步的修正。

但是在进行最终决策时,并不一定选择最优标高金水平。此时可以加入用户的一定偏好,综合考虑公司的经营战略等因素,选择不同的解决方案。也可以同时考虑多种标高金水平方案,通过对一给定水平下的中标概率和期望利润的综合评价,从中选出目前公司状况下最适合的标高金水平。

2.3 本系统中使用的其它决策模型概述

本系统中辅助决策功能以两模型为核心。但在模型库与方法库中也加入了现今的一些比较常用和成熟的技术和方法,供决策者参考。

2.3.1 基于模糊逻辑的投标决策方法

2003 年刘尔烈等提出了基于模糊逻辑的工程投标决策方法。

承包商通过各种信息渠道可以获得工程市场招标信息,但通常都要根据本企业的技术实力和发展战略,确定自己的目标市场,从众多的招标项目中选择作出决定之前承包商必须进行分析与评估。影响承包商决定对某个项目进行投标的因素很多,通常包括工程项目的情况、业主与竞争对手情况以及承包商自身条件等。这些因素构成了投标决策的评价指标。为了便于应用数学模型进行分析,需要建立评价指标体系。首先列出主要影响因素作为基本指标(即第一层次指标)进行整理、组合,得到高层指标(即第二层次指标);再对第二层次指标进行整理、组合,得到更高一级层次的指标;以此类推,最终得到一个最高级的指标,用以进行决策。其工作程序如下:

- (1) 确定评价指标,并建立评价指标体系;
- (2) 根据各评价指标的相对重要性,确定各指标的权重;
- (3) 建立隶属函数,并对各个基本指标进行标准化;
- (4) 依据第 2, 3 步得到的权重集和基本指标的指数值集,进行模糊综合评价;
- (5) 对拟投标的项目进行排序,做出决策。

2.3.2 加权指标分析法

选取本文前文总结的 18 个因素(见 3.1.1)来判断是否应该参加投标。

决策时首先请投标机构中的技术、经济专家结合各指标对企业完成投标项目的相对重要性,确定各指标权重: $W_1, \dots, W_{18}$; 对每个指标确定 5 个不同的等级(C)

和等级分, 即好 (1.0), 较好 (0.8), 一般 (0.6), 较差 (0.4), 差 (0.2); 专家对每一项指标只能选择 1 个等级分, $C_1, C_2, \dots, C_{18}$ 。最后, 计算加权评分值, $W_1C_1 + \dots + W_{18}C_{18} = \sum W_i C_i$ 。此分值即为投标机会总分。利用投标机会总分, 可以作为选择投标项目的参考。应用此方法应注意两个问题: 一是对某一个招标项目投标机会做出评价, 即利用本公司过去的经验, 确定一个 $\sum WC$ 值, 按照经验, 在 0.6 以上即可投标等。但也不能单纯看 WC 值, 还要分析权数大的几个项目, 如果主要指标的等级太低, 也不宜投标。二是用于比较若干个同时准备考虑投标的项目, 看哪一个 $\sum WC$ 值最高, 即可考虑优先投标。

2.3.3 风险决策序列决策模型

在探讨大型复杂工程项目投标报价时, 中标可能性的定量分析经常与概率这个概念相联系, 工程项目投标活动是一个随机事件, 中标的可能性成为中标概率。如果对于同一工程项目, 投标人提出不同的报价方案对应了不同的中标概率, 从理论上报价方案是否中标又涉及到竞争对手, 业主效用观点等多种因素, 这些因素决定了投标时可能发生的状态。对同一个工程项目, 采取多方案报价时, 会遇到多种类似的状态, 同一方案在不同的状态下中标可能性不同, 每个方案在不同状态下中标后的经济效果 (投标报价与投入总成本费用之差称之为损益值) 不同。假设 $Q_1 \dots Q_n$ 代表不同的状态; $P(Q_1) \dots P(Q_n)$ 代表同一方案在不同状态下的中标概率; $X_1 \dots X_n$ 代表同一方案在不同状态下中标的损益值, 则 $E(X) = P(Q_1) \cdot X_1 + \dots + P(Q_n) \cdot X_n$ 成为该方案中标的期望损益。对于不同的投标报价方案, 通过分别计算损益值, 选择其中最大值对应的方案即为应该选择的投标报价方案。利用树形图进行多方案投标报价方案的选择和确定 (即决策) 的方法称为决策树分析法。决策树的结构如图 2-8 所示。

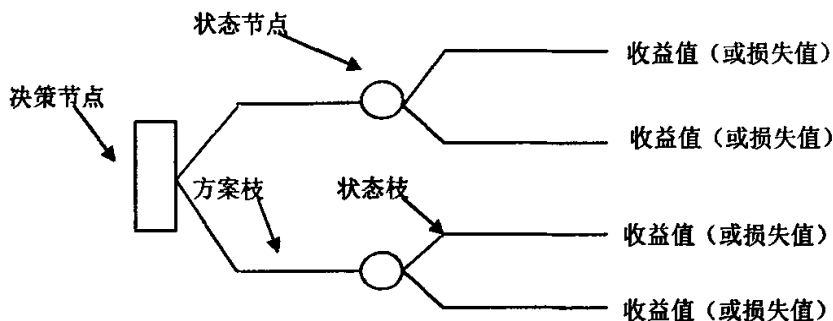


图 2-8 决策树方法

大型项目工期长、投资数量大，在研究投标方案时应考虑资金的时间价值，要把决策树分析与技术经济分析相结合确定投标方案。

2.3.4 基于贝叶斯理论决策分析方法

在概率论理论中，把试验进行以前已经知道的试验结果的各种“原因”发生的概率称为先验概率，把 B 事件发生的前提下 A 事件发生的概率称为条件概率，用 $P(A/B)$ 表示，如果 B 事件是由完备事件组 $B_1, \dots, B_n$ 所组成（即 A 的发生是在一组事件发生的前提下）则此时 A 事件发生概率的计算公式称为全概率公式，表示为：

$$P(A) = P(A|B_1) \cdot P(B_1) + \dots + P(A|B_n) \cdot P(B_n) \quad (\text{式 2-12})$$

在全概率公式的基础上如果在 A 发生的前提下，B 事件发生的概率称为贝叶斯公式，即：

$$P(B_i|A) = \frac{P(A \cdot B_i)}{P(A)} = \frac{P(A|B_i) \cdot P(B_i)}{P(A|B_1) \cdot P(B_1) + \dots + P(A|B_n) \cdot P(B_n)} \quad (\text{式 2-13})$$

例如，某厂三个车间 B_1, B_2, B_3 生产同一种产品分别占全厂产量的 25%，35%，40%，各车间次品率用 $P(A)$ 表示，

$$\begin{aligned} P(A) &= P(A|B_1) \cdot P(B_1) + \dots + P(A|B_3) \cdot P(B_3) \\ &= 0.05 \times 0.25 + 0.04 \times 0.35 + 0.02 \times 0.40 = 0.0345 \end{aligned}$$

利用贝叶斯公式可以求出次品属于第一车间生产的概率为：

$$P(B_1|A) = \frac{P(A|B_1) \cdot P(B_1)}{P(A)} = \frac{0.0125}{0.0345} = 0.36$$

利用贝叶斯决策方法确定符合标底的最佳投标报价的求解步骤：

1. 研究招标文件中复合标底的形式要求及评标方法，讨论招标方标底的取值范围；
2. 按照不同的业主标底，确定投标方不同报价的评分可能；
3. 收集招标标底不同取值出现的概率 $P(A_j)$ 资料；
4. 进行市场研究根据市场动态及竞争情况研究标底报价取值可能性变化及相应概率变化 $P(B_i/A_i)$ ；

5. 利用全概率公式和贝叶斯公式讨论 B_j 条件下 A_j 出现的概率 $P(A_j/B_j)$;
6. 利用修正后的 $P(A_j/B_i)$ 代替 $P(A_j)$;
7. 对于某种报价 B_i , 在不同标底下计算 B_i 条件下的评标得出的期望值 $E(B_i)$;
8. 对不同的报价对应的期望值采用最大期望准则确定最佳投标报价方案。

2.4 本章小结

本章首先简要介绍了模糊综合评价和人工神经网络及其优缺点, 尝试将二者共同应用到投标决策当中, 构建了基于模糊综合评价和人工神经网络的投标决策模型。对该模型建立的基本思路和建立过程进行了详细阐述, 并对该模型进行了训练和学习, 证明其有效性。然后分析了报价的特点, 概述了基于案例推理的起源、步骤及其应用, 并对基于案例推理的机理、功能和与人工智能中的规则推理相比较所具有的优点进行了详细的说明。提出了基于案例推理的报价决策支持系统。随后对该系统实现的关键技术作了详细阐述。最后概述了本投标辅助决策系统使用的其他模型和方法。后文章节, 将在本章节的研究基础上进行投标决策辅助系统的设计。

第三章 投标辅助决策系统设计

本章在投标报价决策模型建立的基础上，对投标辅助决策系统进行了整体的规划，并对投标过程业务流程进行了详细的分析，以数据流图加以说明。

3.1 投标辅助决策系统的开发目标和整体构思

经过调查，现今国内大多数大型建筑工程承包公司信息基础设施已具备一定规模，内部已基本网络化；一般都使用了网络人事管理软件，包括档案管理、护照管理、会议管理、及工资管理等模块；引进了财务办公软件，加强公司财务业务方面的处理能力；在项目上使用多种项目管理软件，加强了对项目的控制；通过 Internet 实现公司总部和分公司及项目部的信息交换。

3.1.1 目标

考虑大型建筑工程承包公司投标工作的实际需要。希望所开发的系统能够辅助决策者解决投标工作中的一系列问题；系统从投标工作的实际出发，解决实际问题；系统具有通用性，并且符合使用人员的特征，易于操作和扩充。利用投标决策支持系统实现信息查询、项目选择、总价制定、报价内部调整、标书生成等方面系统、综合的处理，辅助投标单位快速、系统地完成投标的一系列工作，降低投标费用，提高投标中标率，提高施工企业经营管理水平，为施工企业提高经济效益服务。

3.1.2 整体构思

系统开发基于现有的投标工作模式，保证系统能与实际顺利衔接，包括各类数据可以方便导入，系统决策结果易于被工作人员理解和执行。基于现有工作模式，系统设计采用“信息咨询→项目选择→总价制定→报价内部调整→标书生成”作为主线的工作流程。系统开发的要点在于选用合适的模型体系用于决策相应的问题，并使各部分协调工作。系统开发的整体构思为：利用建立的投标与报价决策方法进行项目选择和总价制定；利用不平衡报价法进行报价内部调整；最后利用相关计算机及技术将全部内容整合为一套完整的投标报价辅助决策系统。

3.2 投标辅助决策系统的结构体系

投标辅助决策系统从结构体系上分析，可以分为数据库、模型库、方法库、知识库和人机交互系统。即标准的四库结构。在此结构基础上，投标报价决策系统总体的结构方案如图 3-1 所示。

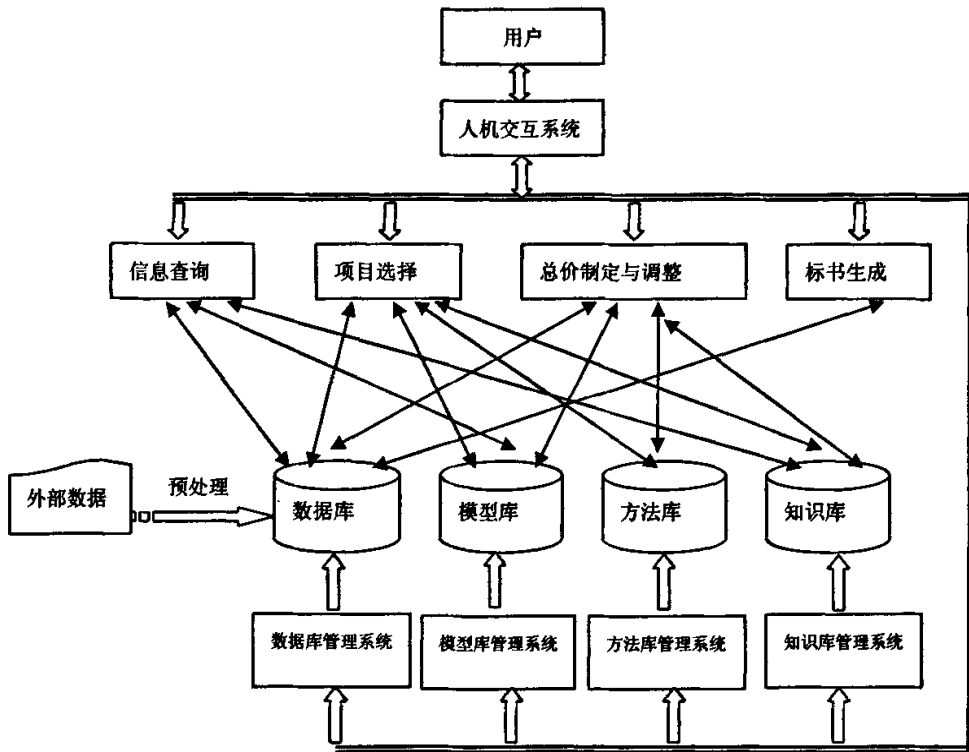


图 3-1 投标报价辅助决策系统结构体系

3.3 系统需求分析

3.3.1 数据查询子系统

信息咨询是指系统根据用户的需要为用户提供各类信息的服务，以便于用户定性/定量地了解投标环境，辅助用户决策。在投标决策辅助系统中，信息查询服务的功能如下：

(1) 在计算标价时，以数据库查找功能所提供的形式，为用户搜索所需信息。可用信息包括：工程所涉及的完整分项工作体系，各项工作中人工、机械、材料的消耗量，人机料的各类市场价格和历史价格。

(2) 在得到初步计算出的项目标价后，可按不同分类方式查询工程的各项费用组成，比如人工费、材料费、机械设备费、路基工程费、路面工程费、混凝土工程费、钢筋工程费等等。也可查询具体某项工作的费用组成，单价分析及最终结果的计算过程等信息。

(3)在标价的计算、调整完成后，除了可以查询前一条目所述内容外，还可以查询标价的调整信息。

数据查询子系统数据流图如图 3-2 所示：

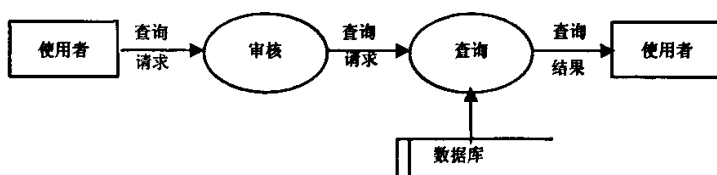


图 3-2 数据查询子系统数据流图

3.3.2 项目选择子系统

项目选择是投标工作的开始，选择是否合适，在很大程度上决定投标的成败。每个项目的投标工作都需要一笔费用，如果施工企业在广阔的市场中随意投标、漫天撒网，难免会增加企业的费用，花费企业各级经营管理人员的时间，而中标项目的数量和盈利状况未必如意。投标辅助决策系统设置的项目选择功能即在于从广大的建筑市场中选择适合企业各方面条件、能发挥企业优势且盈利较多的工程项目进行投标，以提高所投项目中标的可能性和增强中标后项目的盈利。项目选择是指利用多目标/单目标优化理论在众多的工程项目中选择适合本单位的项目进行投标，如利用基于模糊逻辑的投标决策方法、加权指标分析法、模糊神经网络模型等选择项目。项目选择子系统的处理流程如图 3-3 所示：

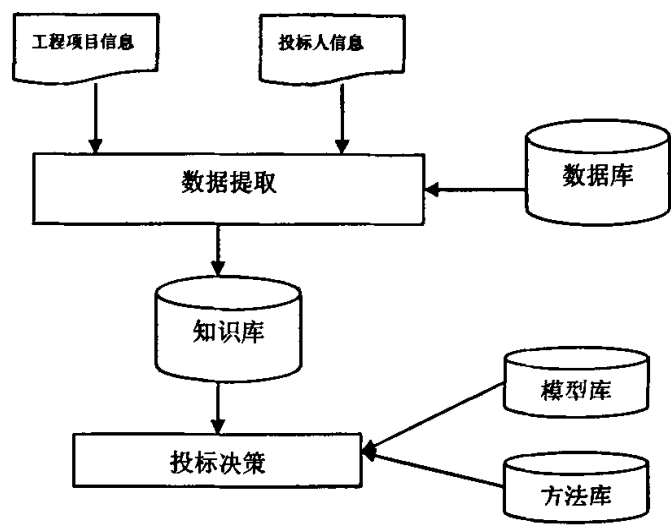


图 3-3 项目选择子系统处理流程

项目选择子系统数据流图如图 3-4 所示：

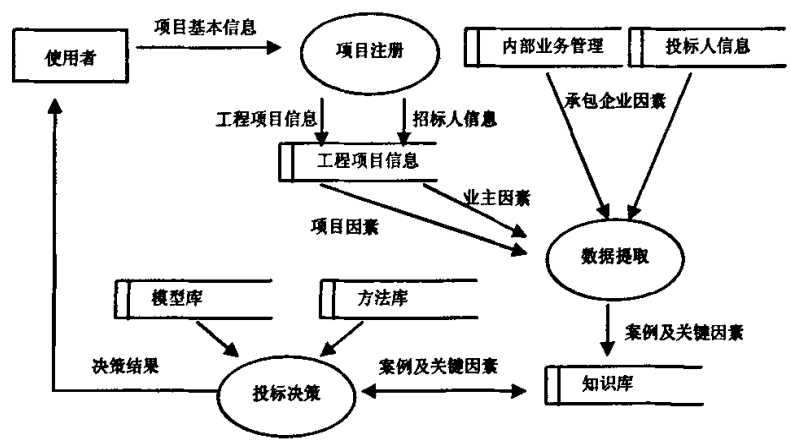


图 3-4 项目选择子系统

3.3.3 总价制定及调整子系统

总价制定是投标工作的关键，投标工作成功与否很大程度上取决于投标报价。建立投标报价辅助决策系统的目的是通过对造价信息的有效利用，辅助投标人按

照自身的投标策略，编制投标报价。

3.3.3.1 总价制定的处理流程

本系统总价值定的关键在于确定标高金，总价制定流程如图 3-5 所示：

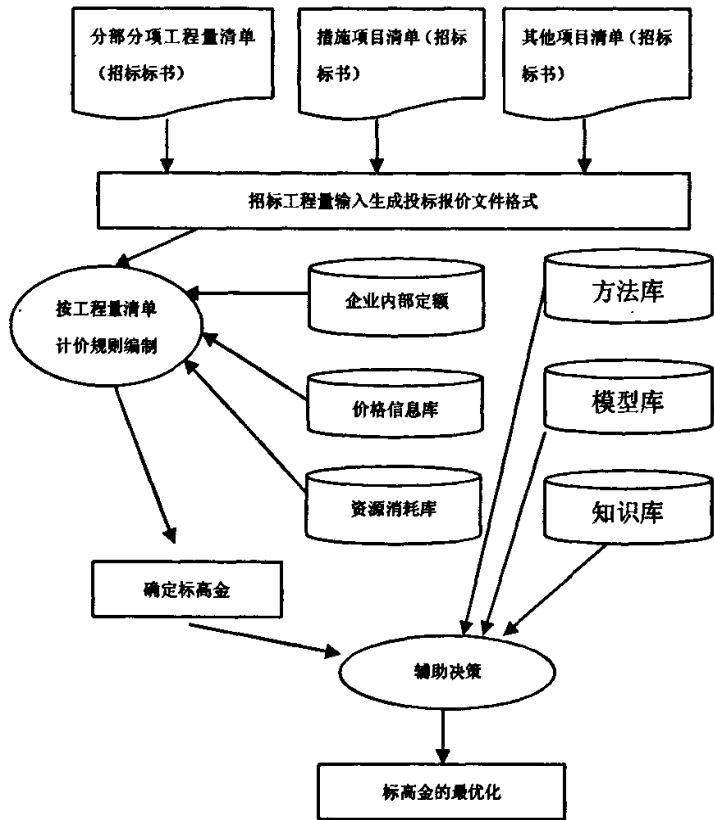


图 3-5 报价制定流程

3.3.3.2 投标报价的信息源

编制投标报价的主要依据的信息包括以下几个方面：

1. 标书的工程量清单

招标文件的工程量清单是投标人编制投标报价的工程量依据，主要包括：分部分项工程信息、措施项目信息、其他项目信息三个方面。它是投标人编制投标报价的最基础信息。

2. 企业内部定额

企业内部定额是企业生产消耗量的真实反映，是企业控制编制成本的最主要依

据。

3. 政府或行业部门编制的消耗量定额

政府或行业部门编制的消耗量定额，是本行业生产力平均水平的反映，目前还有未建立企业内部定额的投标人，在很大程度上还在依赖此定额编制报价。

4. 价格信息

价格信息主要包括人工、材料、机械设备价格信息。价格信息是一种市场信息，不同的投标人所搜集的信息差异性较大，它是造成投标报价差异的主要因素之一。特别是在现在实行的“量价分离”的综合单价计价办法，其信息的重要性更为突出。价格信息管理的重要作用不可忽视。

价格信息管理是编制投标报价的价格信息库的生成机制，其过程主要是价格信息的收集、整理和加工，最后通过分类统计，生成一定时期的价格信息库。价格信息库包括人工和价格两个方面的内容。人工费的确定是企业内部根据生产工人的基本工资、补贴、福利、劳动保护费、公积金、保险、工会费、教育经费等各项开支费用，综合计算出各个主要工种的综合工日单价，其价格信息库中主要收集的信息如表 3-1；材料价格信息采集的主要内容如表 3-2，材料价格信息表是经过材料分类统计获得，其主要信息见表 3-3；材料价格信息的处理过程见图 3-6。

表 3-1 人工单价信息表

人工名称	单位	价格
普通工	工日	17.6
机械工	工日	19.3
.....		

表 3-2 材料价格采集信息表

材料编号	材料名称	规格	单位	单价	供应商或产地	日期

表 3-3 材料价格信息表

材料编号	材料名称	规格	单位	最低单价	平均单价	最高单价

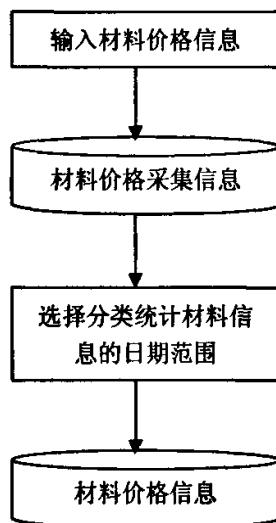


图 3-6 材料价格信息处理流程

5. 工程造价数据库

企业以往所完成的工程项目及其造价资料是企业的宝贵资源，充分利用这些资源，对编制投标报价是十分有益的，它真实的体现了投标企业自身的生产力水平。

3.3.3.3 工程量清单计价处理过程

工程量清单是表现拟建工程的分部分项工程项目、措施项目、其他项目和相应数量的明细清单，它包括分部分项工程清单、措施项目清单、其他项目清单。工程量清单计价是指投标人完成由招标人提供的工程量清单所需要的全部费用，包括分部分项工程费、措施项目费、其他项目费和规费、税金。工程量清单计价办法，是招标人或委托具有资质的中介机构编制反映工程实体消耗和措施性消耗的工程量清单，并作为招标文件的一部分提供给投标人，由投标人依据工程量清单自主报价的计价方式。在工程招标中采用工程量清单计价是国际上较为通行的做法。工程量清单计价模式的费用构成包括：

(1) 分部分项工程费

分部分项工程费是指完成在工程量清单列出的各项分部分项清单工程量所需的费用。包括人工费、材料费（消耗的材料费总计）、机械使用费、管理费、利润等。其计算处理过程见图 3-7。

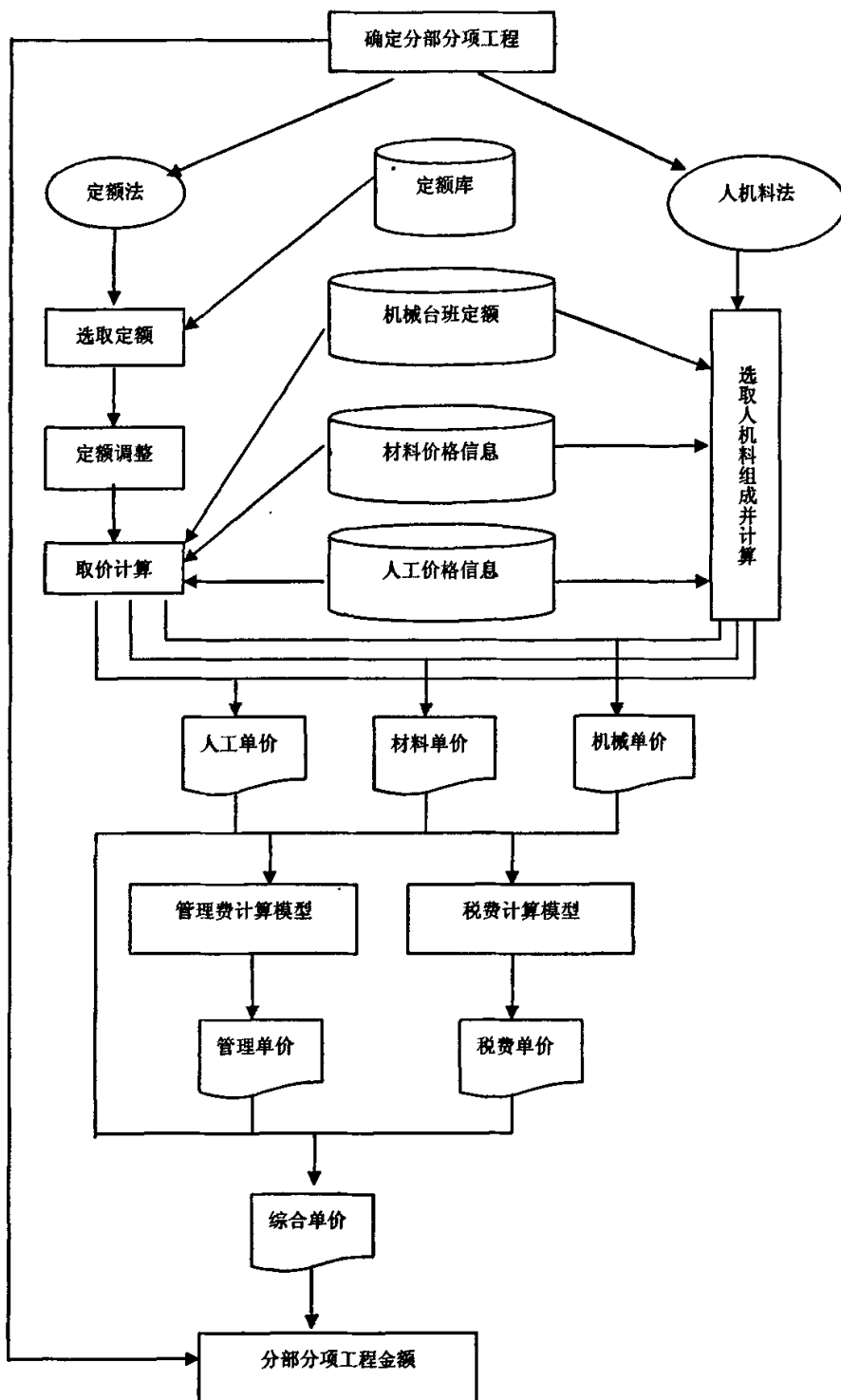


图 3-7 分部分项工程费计算处理

(2) 措施项目费

措施项目费是指由“措施项目一览表”确定的工程措施项目费用总和。包括：人工费、材料费、机械使用费、管理费、利润。措施项目费用的计算应分具体情况按实体措施费和配套措施费分别计算。具体的计算方法主要有：系数计算法（是用与措施项目有直接关系的工程直接费合计作为计算基数，乘以措施费费用系数）和方案分析法（是通过编制具体的措施方案，对方案所涉及的各种技术经济参数进行计算后，确定措施费，其计算过程类似于图 3-15）。

(3) 其他项目费

其他项目费是指预留金、材料购置费（仅指由招标人购置的材料费）、总承包服务费、零星工作项目费估算金额等的综合。

(4) 规费

规费是指政府和有关部门规定必须缴纳的费用总和。

(5) 税金

税金是指国家税法规定的应计入工程造价内的营业税、城市维护建设税及教育费附加费用等的总和。

3.3.3.4 报价辅助决策

当用户提交了一个新案例时，系统的决策过程就开始了。依靠索引树可以从案例库中提取一组与新案例相似的案例。这些案例被视为新案例的邻近案例。通过对这些案例与新案例之间相似程度的计算，将与之在竞争的激烈程度和风险水平两个子目标上相似程度最高的一组案例作为案例修正模块的输入。然后就由案例修正模块进行分析、评价。首先在对这些类似案例的竞争的激烈程度和风险水平进行评估以后，按照最高期望利润率的原则来提出标高金的建议，然后在结合公司的项目需求度和行业地位考虑到决策者的偏好以后，按照最大效用价值原则来进行进一步分析得到一个标高金的备选方案。

如图 3-8。

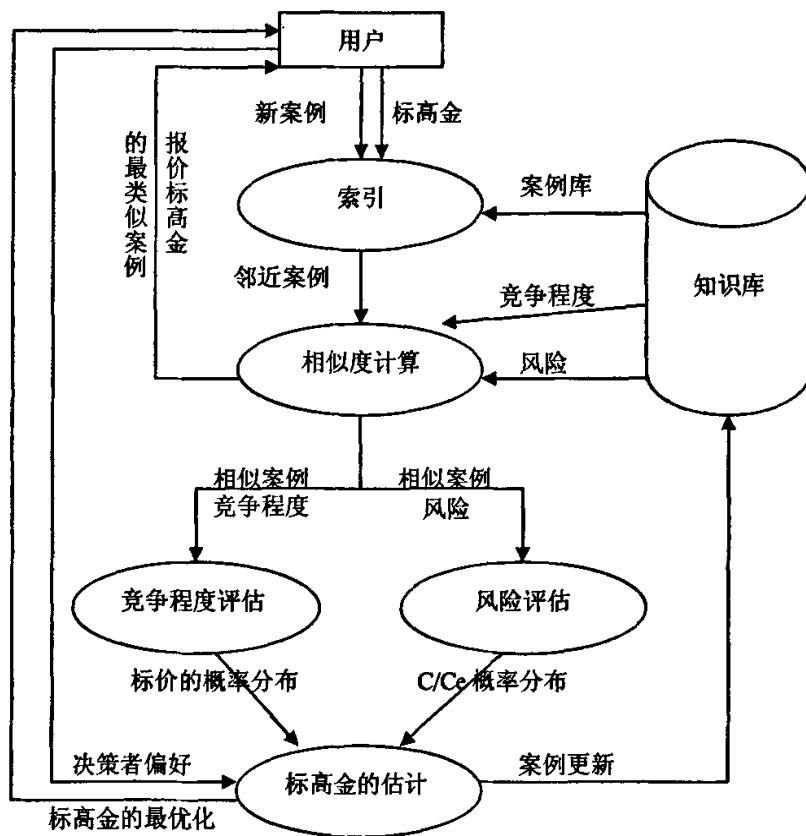


图 3-8 报价支持系统框架图

3.3.3.5 报价调整

报价的内部调整是指在工程总报价确定后，在保持总报价不变的前提下，改变总报价在工程各部分之间的分配，以期中标后可以获得较好的经济效益。报价的内部调整主要采用不平衡报价法(unbalanced bids)。

不平衡报价法是指一个工程项目的投标报价，在总价基本确定后，如何调整内部各个项目的报价，以期既不提高总价，不影响中标，又能在结算时得到更理想的经济效益。基本原理是在估价（总价）不变的前提下，调整分项工程的单价。所谓“不平衡报价”是相对于单价调整前的“平衡报价”而言。通常对前期工程、工程量可能增加的工程、计日工等，可将原估单价调高，反之则调低。要注意单价调整时不能过高过低，一般来说，单价调整幅度不宜超过±10%，只有对投标单位具有特别优势的某些分项工程，才可适当增大调整幅度。应用不平衡报价法时应注意保持报价总价不发生改变的前提下，在适当的调整范围内进行不平衡报价；

在实际工作中不平衡报价方案的比较要与资金现值分析相结合。某投标单位参与某高层商用办公楼土建工程的投标（安装工程由业主另行招标）。为了既不影响中标，又能在中标后取得较好的收益，决定采用不平衡报价法对原估价作适当调整，具体数字如表 3-4 所示。

表 3-4 调整前后标价表

单位：万元				
	桩基围护工程	主体结构工程	装饰工程	总价
调整前（投标估价）	1480	6600	7200	15280
调整后（正式报价）	1600	7200	6480	15280

设桩基围护工程、主体结构工程、装饰工程的工期分别为 4 个月、12 个月、8 个月，贷款月利率为 1%，各分部工程每月完成的工作量相同且能按月度及时收到工程款（不考虑工程款结算所需的时间），得到下表数据：

表 3-5 现值系数值

n（月）	4	8	12	16
(P/A,1%,n)	3.9020	7.6517	11.2551	14.7179
(P/F,1%,n)	0.9610	0.9235	0.8874	0.8528

该投标单位是将属于前期工程的桩基围护工程和主体结构工程的单价调高，而将属于后期工程的装饰工程的单价调低，可以在施工的早期阶段收到较多的工程款，从而可以提高投标单位所得工程款的现值；这三类工程单价的调整幅度均在±10%以内，属于合理范围。计算单价调整前、后的工程款现值：

单价调整前的工程款现值 PV0：

桩基围护工程每月工程款 A1=1480/4=370 万元

主体结构工程每月工程款 A2=6600/12=550 万元

装饰工程每月工程款 A3=7200/8=900 万元

$$PV0 = A1(P/A, 1\%, 4) + A2(P/A, 1\%, 12)(P/F, 1\%, 4) + A3(P/A, 1\%, 8)(P/F, 1\%, 16)$$

$$= 370 \times 3.9020 + 550 \times 11.2551 \times 0.9610 + 900 \times 7.6517 \times 0.8528$$

$$= 1443.74 + 5948.88 + 5872.83$$

$$= 13265.45 \text{ 万元}$$

单价调整后的工程款现值 PV' :

桩基围护工程每月工程款 $A1' = 1600/4 = 400$ 万元

主体结构工程每月工程款 $A2' = 7200/12 = 600$ 万元

装饰工程每月工程款 $A3' = 6480/8 = 810$ 万元

$$PV' = A1'(P/A, 1\%, 4) + A2'(P/A, 1\%, 12)(P/F, 1\%, 4) + A3'(P/A, 1\%, 8)(P/F, 1\%, 16)$$

$$= 400 \times 3.9020 + 600 \times 11.2551 \times 0.9610 + 810 \times 7.6517 \times 0.8528$$

$$= 1560.804 + 6489.69 + 5285.55$$

$$= 13336.04 \text{ 万元}$$

调整前后工程款现值的差额:

$$PV' - PV0 = 13336.04 - 13265.45 = 70.59 \text{ 万元}$$

因此, 采用不平衡报价法后, 该投标单位所得工程款的现值比原值增加了 70.59 万元。

总价制定及调整子系统数据流图如图 3-9 所示:

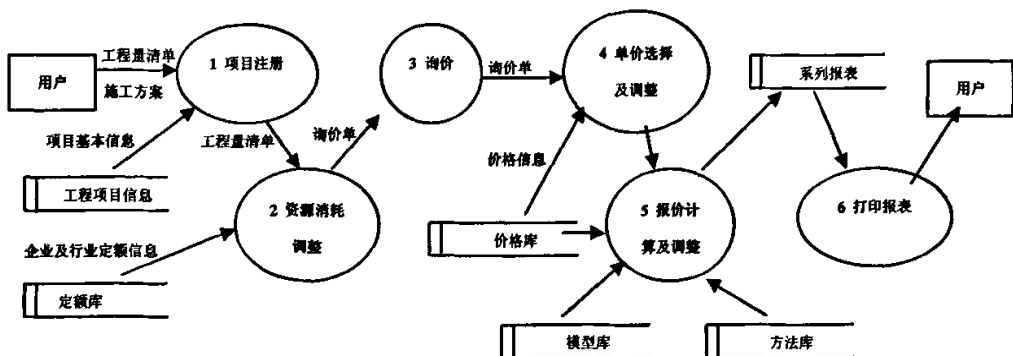


图 3-9 总价制定及调整子系统数据流图

1. 项目注册

如图 3-10、3-11 所示：

实现功能：

- 1) 定义该项目适用的定额、单价及费率文件，输入属性信息；
- 2) 导入工程量清单内容，与业主清单保持一致，便于输出结果的适用性；
- 3) 定义单项项目文件，信息，属性，便于项目的合成。

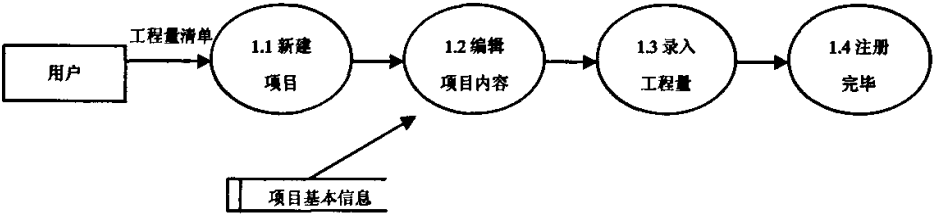


图 3-10 项目注册需求分析

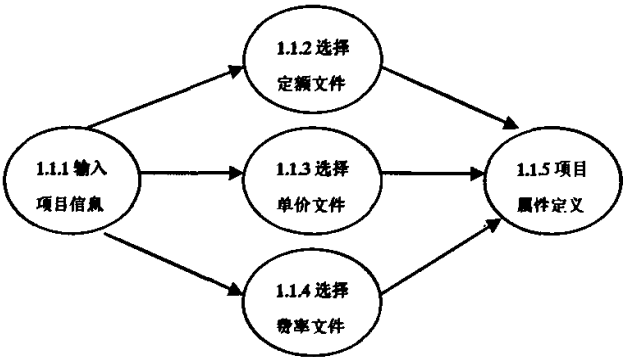


图 3-11 新建项目模块需求分析

2. 资源消耗调整

如图 3-12 所示：

实现功能：

- 1) 资源消耗库的维护与管理；
- 2) WBS 编码的选择、调整、保存与使用。

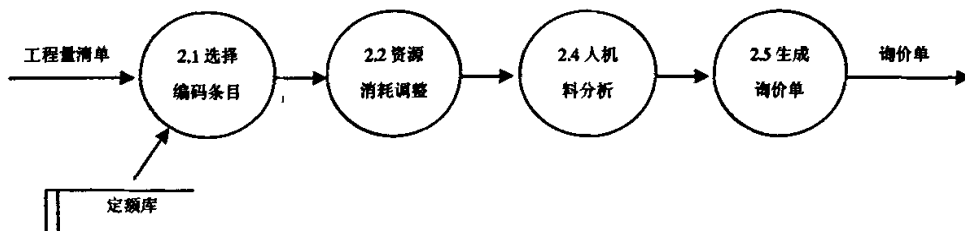


图 3-12 资源消耗调整模块需求分析

3. 单价选择及调整

单价库因不同地区、不同项目而可能有多个单价文件存在，所以在项目注册阶段要选择合适的单价文件。

如图 3-13 所示：

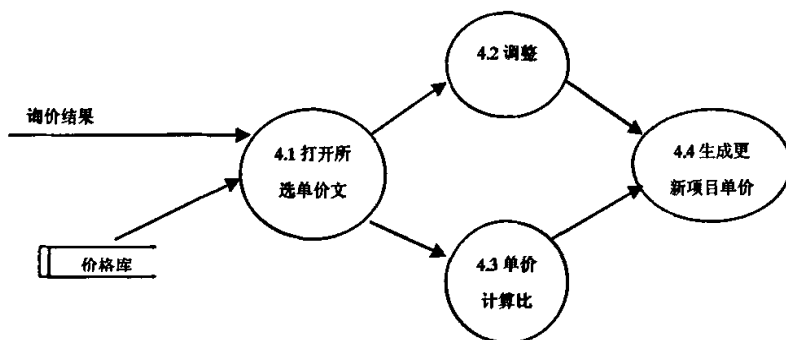


图 3-13 单价选择及调整模块需求分析

实现功能：

- 1) 价格库的维护与调整；
- 2) 询价功能；
- 3) 单价计算；
- 4) 价格文件的生成与使用；
- 5) 单价汇总；
- 6) 调价时的比例调整，系数体现。

4. 报价计算及调整

如图 3-14 所示：

实现功能：

- 1) 快速计算报价；
- 2) 不同报价方案的结果比较。

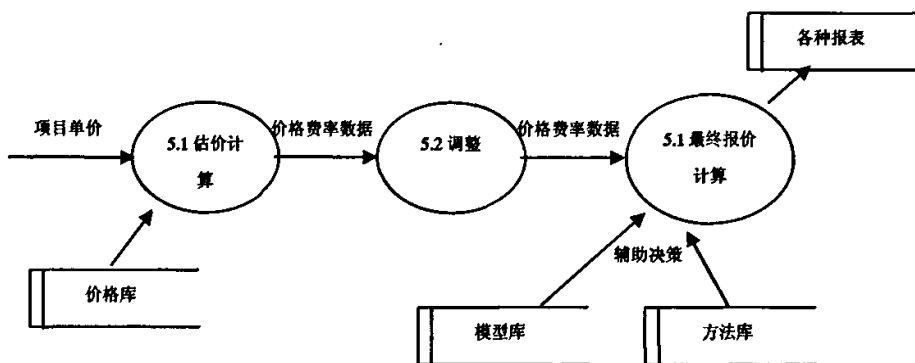


图 3-14 报价计算及调整模块需求分析

3.3.4 标书生成子系统

我国现阶段工程投标标书已经形成统一固定的格式，为此，投标辅助决策系统开发了标书生成子系统。标书生成是指基于系统前序工作流程中得到的报价方案数据，依据标书标准格式产生文本文件或电子表格，常用的有 Word 文档和 Excel 表格。标书生成是系统工作的最后一环，也是系统的工作成果。生成的标书可以以文件形式输出，经人工调整用于投标；也可以打印输出，直接用于投标。

如图 3-15 所示：

实现功能：

- 1) 输出报价所需各类报表，以及中间计算过程；
- 2) 中英文转换，方便投标文件的生成；
- 3) 可自定义修改报表格式。

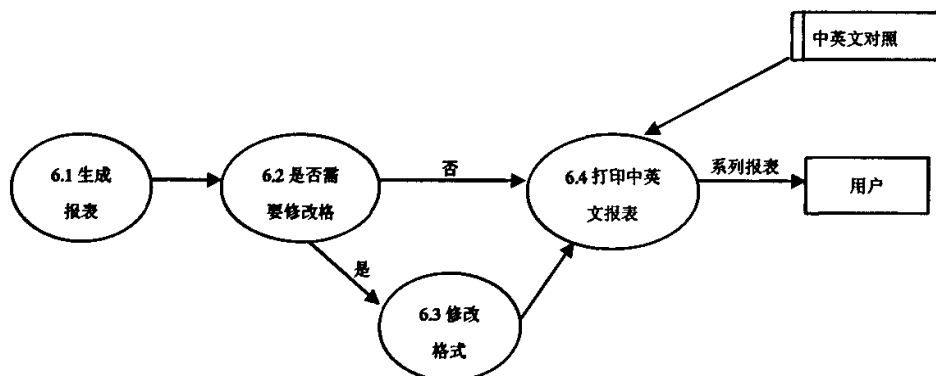


图 3-15 报表输出模块需求分析图

3.3.5 人机交互系统

人机交互系统是用户与系统之间的交互界面,负责接收用户的各种请求,并反馈给用户运行情况和决策结果。该系统必须适合用户的特征,一般用户不具备计算机软硬件方面高深的知识,也不要求他们详细了解系统的开发原理与过程。因此,简洁易用是设计人机交互系统的第一要求。投标辅助决策系统的人机交互系统与常用的 Windows 软件类似,由多级下拉弹出式菜单、系统工具栏、系统信息提示区、系统工作区、系统快捷键和系统功能界面共六部分组成。

3.3.6 数据库系统

数据库系统是投标辅助决策系统工作的基础,系统的效率和准确性首先取决于数据库的性能和数据的可靠性,因此,数据库设计在系统开发中处于相当重要的地位。

3.3.6.1 数据库设计的一般理论

数据部件是决策支持系统的三大部件之一。数据部件主要指的是数据库系统及数据库管理系统。数据库设计是建立数据库及其应用系统的技术,也是决策支持系统开发和建设的核心技术。数据库设计既是一项涉及多学科的综合性技术,又是一项庞大的系统工程。具体说,数据库设计是对于一个给定的应用环境,构造最优的数据库模式,建立数据库及其应用系统,使之能够有效地存储数据,满足各种用户的应用需求(信息要求和处理要求)。

按照数据库规范设计的方法,考虑数据库及其应用系统开发全过程,将数据库设计分为以下六个阶段:

1. 需求分析阶段

进行数据库设计必须准确了解与分析用户需求(包括数据与处理)。需求分析是整个设计过程的基础,是最困难、最耗费时间的一步。需求分析是否充分与准确,直接决定了构建数据库的速度和质量。

2. 概念模型设计阶段

概念模型设计是整个数据库设计的关键,通过对用户需求进行综合、归纳与抽象,形成一个独立于具体数据库管理系统的概念模型。

3. 逻辑模型设计阶段

逻辑模型设计是将概念模型转换为某个数据库管理系统所支持的数据模型,并对其进行优化。

4. 数据库物理设计阶段

数据库物理设计是为逻辑数据模型选取一个最适合应用环境的物理结构(包括存储结构和存取方法)。

5. 数据库实施阶段

设计人员运用数据库管理系统提供的数据、语言及其宿主语言,根据逻辑设计和物理设计的结果建立数据库,编制与调试应用程序,组织数据入库,并进行试运行。

6. 数据库运行和维护阶段

数据库应用系统经过试运行后即可投入正式运行。在数据库系统运行过程中必须不断地对其进行评价、调整和修改。一个完善的数据库应用系统不可能一蹴而就,它往往是上述六个阶段的不断反复。

3.3.6.2 工程项目投标决策支持系统数据库概念模型设计

工程项目投标决策支持系统的数据库系统主要由下面一些数据库组成:

- 1、政策法规、技术标准数据库;
- 2、工程项目信息数据库;
- 3、工程造价信息数据库;
- 4、投标人信息数据库;
- 5、评委专家数据库;
- 6、内部业务管理数据库。

1. 法规、技术标准数据库

政策法规、技术标准数据库包括下面三个表:政策法规表、技术标准表、编制办法表。

政策法规、技术标准和编制办法包含大量文字信息,在进行此模块设计时,要提供对内容信息的全文检索功能。

2. 工程项目信息库

工程项目信息库包括项目立项信息表、项目基本情况表、项目投资情况表、项目业主情况表。

3. 工程造价信息库

工程造价信息库是和工程项目投资决策支持系统联系最密切的数据库之一,它又分为以下一些子库:定额库,已完工程库,价格库,投标文件库、资源消耗库。

定额库包含定额基本情况表,定额组成情况表,各种取费费率表,人工、材料、机械预算单价表;

已完工程库包括已完工程库基本信息表,竣工结算分项工程费用表,竣工结算人工及三材消耗量表,竣工结算平方米面积人工及三材消耗指标表;

价格库包括建筑材料表、设备表、劳动力市场价格信息表等;

投标文件库包括下面一些表:协议书表,中标通知书表,投标书表,投标书附录,投标保证金银行保函,法定代表人资格证明书表,授权委托书表,合同通用条款表,合同专用条款表,标准、规范及有关技术文件表,图纸表,工程报价汇总表,乙方承揽工程项目一览表,甲方供应材料设备一览表,工程质量保证书表,工程量清单报价表,设备清单及报价表,施工现场,施工技术措施及赶工措施费用报价表,材料清单即材料差价表,项目经理简历表,项目经理已完成项目情况表,主要施工管理人员表,主要施工机械设备表,项目拟分包情况表,劳动力计划表,临时设施布置及临时用地表,投标单位企业概况表和企业职工情况表,近三年来所承建工程情况一览表,目前正在承建工程情况一览表,目前剩余劳动力情况表,目前剩余施工机械设备情况表,财务状况的基本资料表,最近三年每年完成投资金额和本年预计完成投资金额表等。

4. 投标人信息数据库

包含本公司与投标竞争对手的信息。

投标人资质表,乙方承揽工程项目一览表,工程质量保证书表,项目经理简历表,项目经理已完成项目情况表,主要施工管理人员表,主要施工机械设备表,投标单位企业概况表,企业职工情况表,近三年来所承建工程情况一览表,目前正在承建工程情况一览表,目前剩余劳动力情况表,目前剩余施工机械设备情况表,财务状况的基本资料表。

投标人信息数据库和投标文件库有些表名相同,但他们的意义是不同的,投标文件库中的表与项目有关,投标人信息数据库与项目无关,反映的是投标企业现在的情况,而企业可能现在没有进行投标活动。

5. 评委专家数据库

评委专家数据库包括专家基本情况表，专家评标情况表等。

6. 内部业务管理数据库

内部业务管理数据库包括资料表，人员基本情况表，部门基本情况表，人员执业资格表，人员工资情况表，人员业绩情况表，设备情况表等。

如图 3-16，以投标库为例，介绍投标决策支持系统的数据库的概念模型设计。

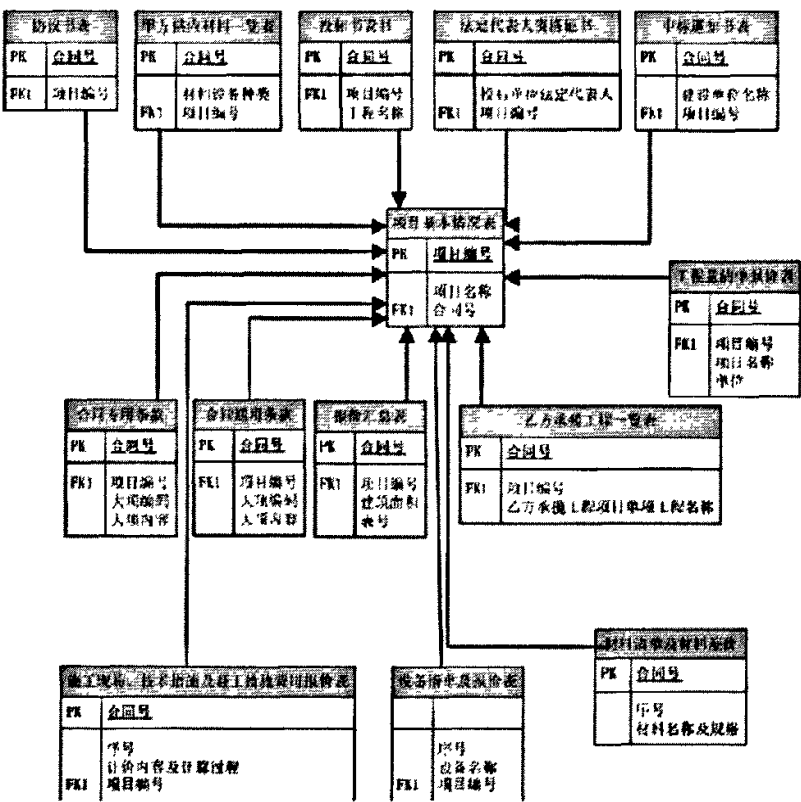


图 3-16 投标库的概念模型

3.3.6.3 工程项目投标决策支持系统数据库逻辑模型设计

项目基本情况表，主键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
xmname	项目名称	字符	50
sheng	省市自治区	字符	20
xmjsdanwei	建设单位	字符	40
xmjsqixian	建设期限	数值	2
xmleibie	工程类别	字符	30
jgtz	结构特征	字符	8
sitz	数量特征	字符	20
jichu	基础	字符	60
zhuti	主体	字符	60
dimian	楼地面	字符	60
wumian	屋面	字符	60
nzhuangxiu	内装修	字符	60
wzhuangxiu	外装修	字符	60
menchuang	门窗	字符	60
dianqi	电器	字符	60
shuiwei	水卫	字符	60
cainuan	采暖	字符	60

tongfeng	通风	字符	60
----------	----	----	----

协议书表，主键：hthao，外键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
jlafang	发包方（甲方）	字符	50
yifang	承包方（乙方）	字符	50
xmname	工程名称	字符	50
xmposition	工程地点	字符	50
xmneirong	工程内容	字符	100
xmlixhao	工程立项批准文号	字符	12
mzsource	资金来源	字符	30
mcbfanwei	承包范围	字符	60
xykgdate	协议书开工日期	日期	8
xyjgdate	协议书竣工日期	日期	8
ztianshu	合同工期总日历天数	数值	5
xmzlbz	工程质量标准	字符	60
rmbu	人民币大写	字符	40
rmbi	人民币小写	数值	12

wjzucheng	组成合同文件	memo	1
htlddate	合同订立时间	日期	8
htldidian	合同订立地点	字符	60
ydsxdate	约定生效天数	数值	5
jiaposition	甲方地址	字符	40
jlafaname	甲方法定代表人	字符	8
laweiname	甲方委托代理人	字符	8
jiaphone	甲方电话	字符	16
jlafax	甲方传真	字符	16
jiabank	甲方开户银行	字符	40
labankhao	甲方开户银行帐号	字符	20
jiayoubian	甲方邮政编码	字符	6
ylzcpoosition	乙方注册地址	字符	40
yifaname	乙方法定代表人	字符	8
yiweiname	乙方委托代理人	字符	8
yiphone	乙方电话	字符	16
yifax	乙方传真	字符	16
yibank	乙方开户银行	字符	40
yibankhao	乙方开户银行帐号	字符	20

yiyoubian	乙方邮政编码	字符	6
-----------	--------	----	---

投标书表，主键：hthao，外键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
xmname	工程名称	字符	50
xmjdsdanwei	投标书建设单位	字符	50
zbcode	招标编号	字符	12
tballjia	投标总价	数值	12.2
tbskgdate	投标书开工时间	日期	8
tbsjgdate	投标书竣工时间	日期	8
tbbzjin	投标保证金	数值	12.2
tbdanwei	投标单位	字符	40
tbdwposition	投标单位地址	字符	40
tbdbservice	投标单位法定代表人	字符	8
tbdwyoubian	投标单位邮政编码	字符	6
tbdwphone	投标单位电话	字符	16
tbdwfax	投标单位传真	字符	16
tbdwbankname	投标单位开户行名称	字符	40

tbdwbankhao	投标单位银行帐号	字符	20
tbdwbankdz	投标单位开户行地址	字符	40
tbdwbankphone	投标单位开户行电话	字符	16

法定代表人资格证明书, 主键: hthao, 外键: xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
tbdanwei	投标单位	字符	40
xmname	工程名称	字符	50
tbdwposition	投标单位地址	字符	40
tbdbrname	投标单位法定代表人	字符	8
tbdbrsex	投标单位法定代表人性别	字符	2
tbdbrage	投标单位法定代表人年龄	数值	3
tbdbrzhiwu	投标单位法定代表人职务	字符	12
tbdwzmdate	投标单位证明书签署日期	日期	8
sjzgbumen	上级主管部门	字符	40
zgbmzmdate	上级主管部门证明书签署日期	日期	8

合同通用条款表, 主键: hthao, 外键: xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
-----	------	----	----

xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
bigcode	大项编码	字符	6
bignr	大项内容	字符	200
smallcode	小项编码	字符	10
smallnr	小项内容	字符	200
lesscode	细项编码	字符	10
lessnr	细项内容	字符	200

合同专用条款表，主键：hthao，外键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
bigcode	大项编码	字符	6
bignr	大项内容	字符	200
smallcode	小项编码	字符	10
smallnr	小项内容	字符	200
lesscode	细项编码	字符	10
lessnrwt	细项内容或问题	字符	80
lessanswer	细项回答	字符	200

lestwt	超细项问题	字符	80
lestanswer	超细项回答	字符	200

乙方承揽工程项目一览表，主键：hthao、xmcode，外键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
yidgname	方承揽工程项目单位工程名称	字符	40
yiclguimo	乙方承揽工程项目建设规模	字符	40
yiclmianji	乙方承揽工程项目建筑面积	数值	12.3
yiclijegou	乙方承揽工程项目结构	字符	40
yiclcenshu	乙方承揽工程项目层数	数值	3
yicлкуadu	乙方承揽工程项目跨度	数值	12.3
yiclaznr	方承揽工程项目设备安装内容	字符	100
yiclzaojia	乙方承揽工程项目工程造价	数值	12.3
yiclkdate	乙方承揽工程项目开工日期	日期	8
yicljgdate	乙方承揽工程项目竣工日期	日期	8

甲方供应材料设备一览表，主键：hthao、xmcode，外键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8

hthao	合同号	字符	12
csleibie	材料设备种类	字符	30
csxinghao	材料设备规格型号	字符	40
csdanwei	材料设备单位	字符	10
csnum	材料设备数量	数值	12.3
csprice	材料设备单价	数值	12.3
csdengji	材料设备质量等级	字符	10
csgydate	材料设备供应时间	日期	8
cssddidian	材料设备送达地点	字符	40
csbeizhu	材料设备备注	memo	

中标通知书表，主键：hthao、xmcode，外键：xmcode

段名称	代表意义	类型	长度
xmcode	项目编号	字符	8
hthao	合同号	字符	12
xmjssdanwei	建设单位名称	字符	40
xmjssposition	建设地点	字符	40
xmname	项目名称	字符	50
jgtz	结构类型	字符	8
xmjssnum	建设规模	数值	12.3

kbdate	开标日期	日期	8
zhongbdanwei	中标单位	字符	40
zhongbbj	中标标价	数值	12.2
zhongbkgdate	中标开工时间	日期	8
zhongbjgdate	中标竣工时间	日期	8
zhongbgongq	中标工期	数值	6
ysbz	验收标准	字符	4
gdhtqddate	规定合同签订时间	时间日期	16
gdhtqdposition	规定合同签订地点	字符	40
xmjdsanwei	项目建设单位	字符	40
jdfaname	建设单位法定代表人	字符	8
jdqzdate	建设单位签字日期	日期	8
zbdanwei	招标单位	字符	40
zdfaname	招标单位法定代表人	字符	8
zdqzdate	招标单位法定代表人 签字日期	日期	8
zgjigou	招标管理机构	字符	40
zgshhname	招标管理机构审核人	字符	8
zgshhdate	招标管理机构审核人 签字日期	日期	8

报价汇总表

段名称	代表意义	类型	长度
hthao	合同号	数值	8
code	序号	数值	8
bnum	表号	数值	8
xname	工程项目名称	字符	40
price	金额	数值	12. 2
note	备注	字符	40

工程量清单报价表

段名称	代表意义	类型	长度
Hthao	合同号	数值	8
code	编号	数值	8
xmname	项目名称	字符	40
danwei	单位	字符	20
gcl	工程量	数值	8
sprice	单价	数值	12.2
wprice	合价	数值	12.2
rgfee	人工费	数值	12.2
clfee	材料费	数值	12.2

Jxfee	机械费	数值	12.2
Qtzjfee	其他直接费	数值	12.2
Jjfee	间接费	数值	12.2
Profit	利润	数值	12.2
Tax	税金	数值	12.2
Caicha	材差	字符	20
Fxfee	风险费	数值	12.2
qita	其他	字符	40

设备清单及报价表

段名称	代表意义	类型	长度
Hthao	合同号	数值	8
code	序号	数值	8
Sbname	设备名称	字符	20
Xhgg	型号及规格	字符	30
Danwei	单位	字符	20
Quantity	数量	数值	8
Ccprice	出厂价	数值	12.2
Yzfee	运杂费	数值	12.2
Wprice	合价	数值	12.2

note	备注	字符	40
------	----	----	----

施工现场、施工技术措施及赶工措施费用报价表

段名称	代表意义	类型	长度
hthao	合同号	数值	8
Code	序号	数值	8
Jjnrjsgc	计价内容及计算过程	字符	40
Price	金额	数值	12.2
note	备注	字符	40

材料清单即材料差价

段名称	代表意义	类型	长度
Hthao	合同号	数值	8
Code	序号	数值	8
CImcigg	材料名称及规格	字符	20
Danwei	单位	字符	20
Quantity	数量 (1)	数值	12.2
Ysigzgydj	预算价格中供应单价 (2)	数值	12.2
Ysgyjhj	预算供应价合计 (3) = (1) * (2)	数值	12.2
Scgydj	市场供应单价 (4)	数值	12.2
Scgyjhj	市场供应价和计 (5) = (1) * (4)	数值	12.2

Clcghj	材料差价合计 (6) = (5) - (3)	数值	12.2
note	备注	字符	40

3.3.7 模型库系统和方法库系统

辅助决策系统是模型和用户驱动的, 因此模型库是辅助决策系统的一个核心部件, 也是辅助决策系统区别于其他信息系统的重要标志, 模型库中模型的多少和复杂也预示着管理决策问题的类型和难易程度。方法库子系统则是提供决策过程中用户问题模型化的各种分析、构造工具以及为各种模型的求解分析提供必要的算法和方程。在投标辅助决策系统中模型库与方法库紧密相连、相互支持。

模型库中存放的是投标工作中可能需要的一系列模型, 包括各类决策模型、对策模型、预测模型等。所有的模型组成模型体系, 不同的模型用于实现不同的功能。方法库中存放的是决策过程中常用的一些分析方法和算法, 如决策树、贝叶斯方法、遗传算法、神经网络方法等, 另外还有一些能随着用户环境的改变, 根据专家的知识 and 经验而创建的方法, 它们可以由现有的一些方法组合而成。决策用户可以根据问题的需要通过人机交互系统随时方便地调用这些方法。

模型库管理系统与方法库管理系统的功能类似, 分别实现了对模型/方法的描述、管理、控制, 模型/方法的组合或分解, 模型/方法的生成、检索、更新、维护, 支持几种模型/方法的连接运算, 以及模型/方法之间的参数转换和传递。

3.3.8 知识库系统

在知识库中存放着两部分内容:

(1) 有关工程项目投标的成熟理论、方法和专家的经验知识, 以往类似工程的成功投标策略, 以及大量与投标有关的专门知识, 如法律、法规等, 将这些知识整理成具有明确的逻辑意义的规则, 加以有效管理;

(2) 用于报价和投标模型的案例库。

鉴于目前有关招标的理论、方法、政策尚在进一步发展完善的过程中, 而案例库也在不断的充实中, 投标辅助决策知识库的建立也是一个不断更新的过程。

3.4 本章小节

本章从投标报价的实际过程出发, 研究了投标辅助决策系统的开发。阐述了系统的开发目标和总体构思, 介绍了系统的体系结构和数据库系统, 详细分析了投标报价业务流程并使用数据流图对系统进行了需求分析。本系统提供了多种投标、报价辅助决策方法和模型; 能够实现投标决策、标高金确定、标价分析、标价调整、不平衡报价等辅助决策功能。

第四章 某公司投标辅助决策系统实现

某公司为一家大型建筑工程承包公司。在开发投标辅助决策系统之前公司信息基础设施已具备一定规模，内部已基本网络化，并通过电信专线网接入互联网；公司使用了网络人事管理软件，包括档案管理、护照管理、会议管理、及工资管理等模块；公司引进了完整的财务办公软件，加强了公司财务业务方面的处理能力；在项目上使用多种项目管理软件，如 Project 2000, P3, Prolog 等，加强了对项目的控制；通过 Internet 实现公司总部和分公司及项目部的信息交换；公司之前正在进行全面信息系统的建设。网络集成信息系统的使用给员工提供了良好的工作环境和快速的信息通道，给企业提升管理水平提供了技术上的保证。

公司 2004 年开始开发国际工程投标报价辅助决策系统，该系统已于今年投入使用，经过一段时间来的使用，大大提升了公司竞标的能力，使用者反映良好。作者参与了该系统的开发。本系统采用 C/S 结构，运用 Java 语言进行开发，实现了规划和分析时所预想的功能，在一般信息管理、标价计算的基础上实现了投标辅助决策和报价辅助决策。以下是该系统的部分界面和功能说明。

4.1 主界面

主界面上有打开项目，新建项目，系统设置等常用功能，以及调用各子系统的菜单项。如图 4-1



图 4-1 主界面

4.2 新建投标工程

在新建投标工程时，首先输入工程的基本信息进行项目的注册（工程量清单及定额文件等的选择在报价制定模块进行。）。在基本信息注册完之后的后续页面中输入本项目相关的其他数据。如图 4-2



图 4-2 新建投标工程

4.3 数据管理

系统的数据管理分为数据库管理和知识库管理 2 个部分。考虑到实际使用者的能力，并未将模型库与方法库管理系统纳入该系统之内，仅在软件中留下扩充接口。如图 4-3



图 4-3 数据管理

4.4 投标决策

可以对投标工程自动做出投标意向强弱推荐。可以选择不同的投标决策方法和模型。可以对方法和模型进行设置。比如对指标权重进行设置。如图 4-4



图 4-4 项目选择

4.5 标价制定与报价辅助

依据工程量清单、企业内部定额、政府或行业部门编制的消耗量定额以及价格信息对报价成本进行计算。并能在报价成本计算完成后直接进行标高金的报价辅助决策。如下图 4-5、4-6、4-7、4-8、4-9。



图 4-5 分部分项工程费用计算



图 4-6 定额计算



图 4-7 措施项目费计算



图 4-8 人机料计算

(5) 报价辅助决策，标高金的最优化以及报价的内部调整。如图 4-9

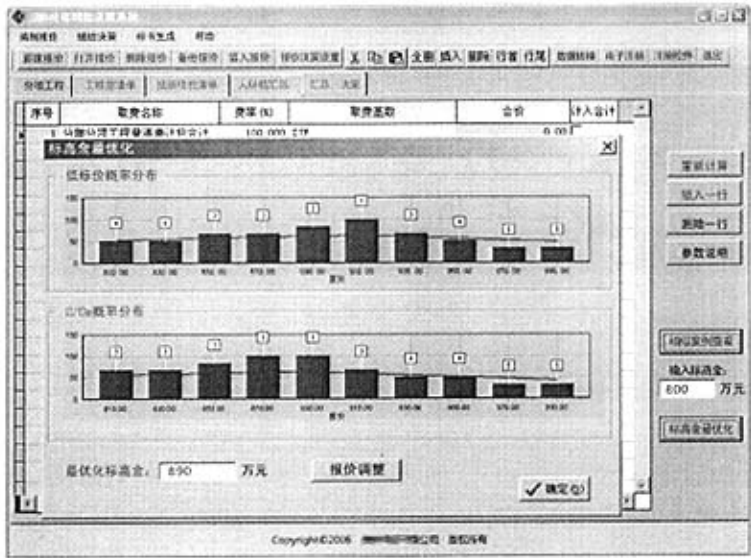


图 4-9 报价决策

4.6 报表打印

提供了各种工作所需表格、文档的模板，同时将 Excel 软件以 OLE 的方式嵌入到程序中，可以直接在软件自动生成各种工作所需的报表、文档，无需使用其它办公软件。如图 4-10



图 4-10 报表打印

4.7 标书生成

我国现阶段工程投标标书已经形成统一固定的格式，为此，投标辅助决策系统开发了标书生成子系统。标书生成是指基于系统前序工作流程中得到的报价方案数据，依据标书标准格式产生文本文件或电子表格，常用的有 Word 文档和 Excel 表格。本系统提供了大量各种类型标书的撰写范例和模版，用户可以选择相应模版进行标书的生成，并将 Word 软件以 OLE 的方式嵌入到程序中，标书自动生成后可直接在系统中进行编辑修改。如下图 4-11、4-12 所示：



图 4-11 模版选择

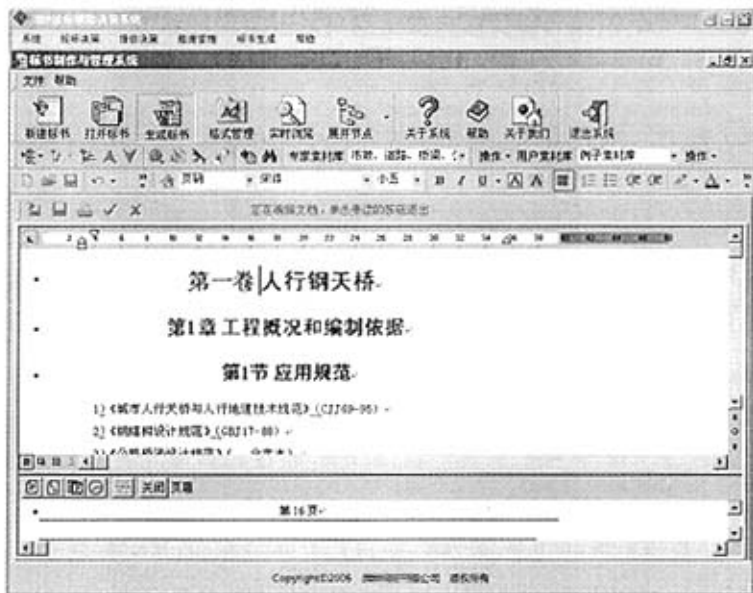


图 4-12 标书生成与编辑

4.8 本章小结

本系统基本实现了规划和分析时所预想的功能，在一般信息管理、标价计算的基础上实现了投标辅助决策和报价辅助决策，经过系统在实际使用中的检验，这套投标辅助决策系统能在很大程度上避免传统的经验判断法与简单估算法容易受主观因素影响而带来的决策失误，使决策结果更加理性和精确；同时能有效的减轻决策工作的工作强度。现在正在进行进一步的系统规划和分析，以期在现在系统基础上能够使辅助决策结果更加具有可解释性，另外也期望能够在博弈理论研究和价值理论研究的基础上对本系统进行改进，以增加本系统的竞争能力。

第五章 总结与展望

投标报价决策的理论、方法与应用研究是当前建筑施工领域中非常重要的研究课题。本文从理论研究和实际应用两个方面对基于数据挖掘的投标辅助决策系统进行了深入地讨论和研究。

本文从模型设计出发到系统的设计，直到最终完成了投标辅助决策系统的实现。与现今国内的其他类似系统相比，本文的特点是：

1、提高了智能辅助决策过程的科学性和智能辅助决策结果的可解释性。

本文将模糊综合评价方法和神经网络接合起来应用于投标决策并创建模型。传统的模糊综合评价方法体现了投标时所考虑因素的模糊性特点，符合人类的思维方式，虽然考虑了影响投标因素的模糊性，但忽略了历史数据的作用，对专家经验依赖较大，且存在评判过程中的随机性以及参评专家主观上的不确定性；神经网络通过学习案例，找出不同变量之间的内在联系，摆脱了评判过程中的随机性以及参评专家主观上的不确定性，充分考虑历史数据的作用，但决策结果的可解释性较差，难以取得用户信任。本文将二者有机结合，能实现优势互补，从而使投标决策过程更加科学合理。

2、使报价过程规则的自动提取成为可能

报价涉及到很多因素和变量，具有很大的不确定性和主观性。目前已开发出来的专家系统是一种基于规则的系统。报价决策的动态性和高度无组织性决定出的一套规则是无法适应所有投标报价环境的。本文尝试使用案例推理方法来解决此问题。利用过去解决类似问题的经验，采用类比推理的方法，得到新问题的近似解答，再加以适当修改，使之完全适合于新问题。从而使报价过程规则的自动提取成为可能。

经过系统实际使用的检验，本文所提出的模型改进是有效的，在此模型基础上开发的投标辅助决策系统为投标报价决策提供了较强的辅助功能，帮助使用者有效地规避决策失误风险，为企业带来了良好的经济效益；同时能够在一定程度上取得使用者的信任。

投标辅助决策系统的研究涉及到的知识面非常广，还有很多方面有待进一步的完善。

1、投标报价的策略需要进一步探讨。现有的投标报价策略是基于利润的，下一步应该深入研究价值因素在投标报价中的影响。

2、辅助决策结果的可解释性需要得到进一步的加强。智能辅助决策结果的可解释性一直是智能辅助领域的一大难题，不能得到使用者的信任，再好的系统也无法发挥其效力，本文在这方面的研究还不够，需要进一步深入的研究。

3、知识库的建立需要更有效的方法。基于案例推理的报价决策模型需要大量的案例积累，对企业来说这是一项艰巨的工作，下一步研究要在知识库（案例）的建立方法上试图找出更有效的手段和方法。

参考文献

- [1] Tianji Xuand ERI L.K. Tiong, Risk assessment on contractors' pricing strategies, Construction Management and Economics 2001(19), 77-84
- [2] Krishna Mochtar and David Arditi, Pricing strategy in the US construction industry, Construction Management and Economics 2001(19), 405-415
- [3] Best, R.J., Marketbased Management Strategies for Growing Customer Value and Profitability, PrenticeHall, Englewood Cliffs, NJ, 1997
- [4] Edem O.p.Akpan and Odinaka Igwe, Methodogy for Determining Price Variation in Project Execution, Journal of Construction and Management, 2001(10), 367-373
- [5] C.G.Wilmot, M and G cheng, P.E, Estimating Fiture Highway Construction costs, Journal of Construction Engineering and Management, 2003(7), 273-279
- [6] Robert I.Carr, P.e , Fellow, Constructure Cost (CO') Basic Model , Journal of Construction Engineeing and Mangement, ASCE, 2000(4), 105-113
- [7] Derek S.Drew, Sandy L.Y.Tang and H.P.Lo, Developing a tendering strategy in two-envelope fee tendering based on technicalscorefee variability, Construction Management and Economics, 2002(20), 67-81
- [8] S.Thomas NG,Sai On cheung, R.Martin Skitmore, Prediction of tender index directional changes, Construction Management and Economics, 2000(18), 843-852
- [9] A.K.Munns and K.M.AL-Haimus, Estimating using cost significant global models, Construction Management and Economics, 2000(18), 575-585
- [10] 郝丽萍等, 基于博弈模型和模糊预测的投标报价策略研究[J], 管理科学学报, 2002 (3): 94-96
- [11] 武智勇, 康重庆等, 基于博弈论的发电商报价策略[J], 电力系统自动化。
- [12] Ahmad Irtishad, Decision-support system for modeling bid/no-bid decision problem[J], Journal of Construction Engineering and Management, 1990, 116(4): 595-608
- [13] Wanous, M., Boussabaine, A.H.TO BID OR NOT TO BID: A PARAMETRIC SOLUTION , [J] Construction Management & Economics, 01446193, Jun2000, 18 (4): 457-466
- [14] 刘尔烈等, 基于模糊逻辑的工程投标决策方法[J], 土木工程学报, 2003,

36 (3): 57-63

[15] Friedman, L., A Competitive Bidding Strategy [J], Operation Research, No. 4, 1956, 82 (4): 104-112

[16] Seydel John, Olson David L. Bids considering multiple criteria[J]. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 1990(4), 609-622

[17] Dozzi S P, Abourizk A M, Schroeder S L, Utility-Theory Model foe Bid Markup Decisions[J] , Journal of Construction Engineering and Management, 1996, 122 (2): 119-124

[18] Hegazy T, Moselhi O, Analogy-based solution to markup estimation problem[J], Journal of Computer in Civil Engineering, 1994, 127(1): 72-87

[19] 王守清, 计算机在建筑工程成本测算中的应用[M], 北京: 清华大学出版社 1996。

[20] 杨兰蓉, 基于事例推理的报高率确定决策模型及其支持系统的研究[D]: [博士学位论文], 武汉: 华中理工大学, 2000

[21] D. K. H. Chua, D. Z. Li, W. T. Chan, Case-based reasoning approach in bid decision making[J], Journal of Construction Engineering and management, 2001 (1): 35-45

[21] Shash, A, Abdul-hadi, N. H, Factors affecting a constructor' s markup size decision in Saudi Arabia[J], Construction management and economics , 1992 (10): 415-429.

[22] Shash A, Factors considered in tendering decisions by top UK constructors[J], Construction Management and Economics, 1993 (11): 111-118

[23] 赵卫东, 李旗号, 盛昭翰. 基于案例推理的决策问题求解研究. 控制与决策, 2000 (12), 第 3 卷, 第 4 期, 29-36

[24] 李大伟, 戴建设, 王书宁. 基于案例系统的一种案例标引和获取方法及算法. 控制与决策, 1997 (1), 第 12 卷, 第 1 期, 25-29

[25] 王亚英, 邵惠鹤. 基于案例系统的不确定案例索引和检索方法. 控制与决策. 2000 (11), 第 15 卷, 第 6 期. 750-752

[26] 何新贵. 知识处理与专家系统. 北京: 国防工业出版社. 1990

[27] M. Marzouk, O. Moselhi, A decision support tool for construction bidding[J], Construction Innovation, 2003 (3): 111-124

[28] Chua D K H, Li D. Key factors in bid reasoning model[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2000, 126(5): 349-357

[29] Li H, Neural Network model for intelligent support of mark-up

- estimation[J], Journal of Construction Engineering and management , ASCE, 1996, (3): 69-82
- [30] Li H, Love P E D, Combining rule-based expert systems and artificial neural networks for mark-up estimation[J], Construction Management and Economics, 1999(17), 169-176
- [31] Li H, Shen L Y, Love P E D, ANN-based mark-up estimation system with self-explanatory capacities[J], Journal of Construction Engineering and management, 1999(3): 185-189
- [32] Lund A, Gorden N, Altounian A, Anaheim bid user' s guide[M], Montreal, Canada : Anaheim Technologies, Inc., 1989
- [33] 七省市建筑市场与招标投标有效论文集[M], 《建筑市场与招标投标》杂志编辑部, 七省市建筑市场与招标投标联席会, 2000. 25-26
- [34] 张宇, 肖四如, 宏观价格论[M], 北京: 中国物价出版社, 1992
- [35] 基于 MATLAB6. x 的系统分析与设计——神经网络[M], 西安: 西安电子科技大学出版社 2002
- [36] 赵恒峰, 邱菀华等 风险因子的模糊综合评判法[J], 系统工程理论与实践 1997(7): 93-96
- [37] 张立明, 人工神经网络模型及其应用[M]. 上海: 复旦大学出版社. 1993
- [38] A. N. 鲍德温, R. 麦卡弗, S. A. 奥泰法著, 张文祺, 周建平译, 国际工程编标报价
- [39] 杜训, 国际工程估价 [M], 北京: 中国建筑工业出版社, 1996
- [40] 王士同 模糊系统、模糊神经网络及应用程序设计[M], 上海: 上海科学技术文献出版社 1998
- [41] 彭细正 基于模糊神经网络的高维系统建模与预测研究[D]: [硕士学位论文] 广州: 华南理工大学 2002
- [42] 武妍 基于模糊神经网络的规则获取及控制[J], 第八届多值逻辑与模糊逻辑学术会议论文, 深圳, 1998 (12)
- [43] 贺京同, 潘凝等 基于模糊神经网络的宏观经济预警研究[J], 预测, 2002 (4): 42-45
- [44] John Seydel, David L. Olson Bids Considering Multiple Criteria[J], Journal of Constrection Engineering and Management 1990, 116 (4)
- [45] 柴继红 贷款风险的模糊神经网络评价模型及应用研究[D]: [硕士学位论文] 武汉: 华中科技大学, 2002
- [46] 殷国富 工程专家系统技术及其应用[M], 成都科技大学出版社 1993

- [47] 赵平, 谢行皓 工程项目投标报价专家系统的设计与实现[J], 西安建筑科技大学学报 1999, 31 (3): 266-303
- [48] 雷胜强 国际工程风险管理与保险[M], 北京: 中国建筑工业出版社 1996
- [49] 基于 MATLAB6. x 的系统分析与设计——模糊系统[M], 西安: 西安电子科技大学出版社 2002
- [50] 肖人彬, 罗云峰, 费奇, 决策支持系统发展的新阶段, 系统工程理论与实践, 1999 (1);
- [51] 马锐, 尤定华, 决策支持系统开发工具的模型管理技术, 北京理工大学学报, 2001, 21 (2);
- [52] 黄梯云, 冯玉强, 决策支持系统中的建模知识表示研究, 管理科学学报, 2001, 4 (1);
- [53] 孙明晔, DSS 的系统化分析与设计, 中国金融电脑, 2001, (1);
- [54] 黄明, 梁旭, 一种新的 DSS 中模型的数据表示方法, 大连铁道学院学报, 2000, 21 (4);
- [55] 朱顺泉, 决策支持系统 (DSS) 模型的关系表示及其应用, 中南工业大学学报 (社会科学版), 1999 (6);
- [56] 王红卫, 费奇, 决策支持系统中的模型知识化, 系统工程理论与实践, 1993 (11);
- [57] 张宏军, 黄志同, 决策支持系统生成器中模型的层次表示法, 管理科学学报, 1998 (6);
- [58] Shih.Wen Hsiao.Fuzzy logic based decision models for product design, International Journal of Industrial Ergonomics, 1998(21):103-116;
- [59] James H.Pack, Yang W.Lee, Thomas R.Napier, Selection of design/build proposal using fuzzy-logic system, Journal of Construction Engineering and Management , 1992(2):303-317 ;
- [60] 陈晓红, 高原康彦, 一种新的决策支持系统开发方法——层次模型法, 系统工程, 2000 (7);
- [61] 王宗军, 智能决策支持系统的结构模型及研究趋势, 决策与决策支持系统, 1997 (7);
- [62] 李敏, 徐福缘, 姚俭, 神经网络智能决策支持系统研究, 计算机与现代化, 1999 (6);

致谢

首先，把我最诚挚的谢意献给我的导师刘志镜教授和孙姜燕高级工程师。在我攻读硕士期间，两位老师为我创造了良好的学习和工作环境。他们渊博的专业知识，深厚的学术功底和独到的见解给我以莫大的帮助。他们严谨的学风、孜孜不倦的钻研和勤奋的进取精神令我终生难忘。他们广博的知识面和对国内外学术动态敏锐的洞察力更使我受益匪浅。

感谢田旭峰、董轩武同志在工作中给我无私的帮助。

特别感谢我的父母、家人给予我的关心和照顾，他们无私的爱和深切的期望是我专心学业的强大精神力量。

感谢母校的沐浴和栽培，感谢所有关心、帮助、爱护过我的人们。