

基于模糊认知图的工程项目争端处理决策研究

吕文学,张磊,毕星

(天津大学 管理与经济学部,天津 300072)

摘要: 本文通过文献查阅和专家访谈,归纳出与工程争端处理决策相关的25个因素,建立了工程争端输入、过程和结果因素体系和模糊认知图。中心度分析发现,双方间关系和对争端处理结果的主观认知在争端解决中占有核心地位。简单动态分析发现,各因素紧密相关,某一因素发生变化,将会引起其他因素的连锁效应。通过设置情景,对各因素在达到稳定之前的变化情况进行分析,发现第三方公正程度会显著影响争端双方对结果的主观认知。

关键词: 工程项目;争端处理决策;模糊认知图

中图分类号: F062.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-9753(2014)10-0165-09

Study on Decision of Construction Project Dispute Resolution Based on Fuzzy Cognitive Maps

LU Wen-xue, ZHANG Lei, BI Xing

(College of Management and Economics, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Based on literature review and key informant interviews, 25 factors relating to dispute resolution are summarized, and the factor system as well as the fuzzy cognitive map of the construction dispute's input, process and outcome is established. Based on an analysis of centrality degree, this paper finds that the relationship between parties and the subjective cognition of dispute resolution outcome occupy core status in dispute resolution. The simple dynamic analysis suggests that all factors are so closely related that once a certain factor changes, other factors will suffer and the chain effect will emerge. By setting up scenarios, the variation of factors is analyzed, and results show that the fairness of the third party has a significant effect on the subjective cognition of dispute resolution outcome.

Key words: construction project; decision of dispute resolution; fuzzy cognitive maps

一、引言

工程项目的大型化^[1]和复杂化产生的不确定性,导致工程争端频发。非理性地解决争端不仅耗费巨额成本和时间,而且损害双方合作关系,导致施工效率降低、质量缺陷等问题^[2]。对争端的处理决策,需要考虑项目性质、争端特点、证据、双

方关系等多种影响因素,而这些因素间存在复杂的交互作用。探究因素间的交互作用方式和变化程度的影响效应,对顺利解决争端,取得双赢结果至关重要^[3]。

当前对工程争端解决的研究主要集中在三个方面:争端解决的策略选择、争端解决过程和对解

收稿日期:2014-05-20 修回日期:2014-09-17

基金项目:国家自然科学基金面上项目(71172147)、国家自然科学基金重点项目(71231006)。

作者简介:吕文学(1964—),男,河北石家庄人,天津大学管理与经济学部副教授,博士,研究方向:项目管理、工程谈判、工程合同管理。

决结果的评价。在争端解决的策略选择方面,主要聚焦于研究和建立争端解决多属性效用模型,并根据专家对各属性的偏好程度,选取合适的争端解决方式^[4]。研究表明,诸如调解、和解等替代性争端解决方法(Alternative Dispute Resolution, ADR),不仅能够有效地节约时间和成本,而且可以很好地维系争端双方的合作关系^[5]。但是,如果另一方没有任何合作与积极解决问题的态度,则应当采用诉讼等具有强制力的方式来解决争端^[6];ADR 在这种情况下并不适用,因为 ADR 有可能会被无合作意愿的一方当成拖延的策略^[7-8]。

在争端解决过程方面,双方对争端过程和结果的控制程度会影响双方间的关系和对公平的认知^[9]。对过程和结果的控制程度越高,认知到的公平程度越高,越有利于促进双方关系的维持,并在一定程度上降低争端复发的可能性。一定程度的冲突水平对满意度产生正向影响,但当冲突水平上升至某一临界点时,将会产生负面影响^[10]。

在争端解决结果方面,主要聚焦于研究争端双方对结果的满意程度。采用人工神经网络^[11]和逻辑回归法^[12]对争端解决满意度进行分析和预测,取得了较好的预测效果,其中设计变更是影响满意度的最主要原因。采用交易成本对工程争端的解决结果进行评判,不同的争端解决方式、争端解决主体和争端复杂程度会对争端解决交易成本产生影响^[13]。用量化的交易成本来衡量争端解决结果较为直观和客观,但成本量化的数据难以获得,特别是争端隐性成本的测度尚未有普遍认可的方法,限制了这种方法的应用。

Cheung S-O(2002)^[14]将争端解决方式属性归纳为四个维度:本质属性、第三方属性、解决结果和损益。其中,本质属性(双方合作意愿、方式的灵活性等)和第三方属性(中立程度、知识水平等)分别作为内部和外部输入,共同对解决结果(公正的认知、协议的达成等)和损益(时间、成本和关系维持等)产生影响。在 Mitropoulos(2001)^[15]提出的争端发展和解决过程模型中,高度的不确定性、不合理的合同约定以及低问题解决能力是导致争端解决结果不令人满意的主要因素,并认为争端

解决结果(交易成本、对过程和结果的满意度、争端复发的可能性)会对项目进展、双方关系和后续的争端解决过程产生反馈效应,但是,其并没有对这种反馈效应的影响及作用方式做进一步的研究。

上述文献分析可以看出,现有研究缺乏对争端解决整体性的认识,未考虑到争端解决影响因素间的交互作用和反馈效应可能对争端解决产生的影响。本文利用模糊认知图探究工程争端解决各因素间的交互作用和反馈效应。首先,对模糊认知图及其在工程争端解决方面的适用性进行分析;其次,归纳出与工程争端解决相关的因素,采用专家访谈法找到各因素间的关系,建立模糊认知图;最后,利用模糊认知图研究各因素间交互作用和反馈效应对争端解决全过程的影响。

二、模糊认知图及其在工程争端解决方面的适用性

模糊认知图(Fuzzy Cognitive Maps, FCM)是 Kosko^[16]在 Axelord 认知图基础上将概念间的三值关系 $\{1, 0, 1\}$ 扩展到区间 $[-1, 1]$ 上的模糊关系发展而来,将模糊反馈动力系统中的因果事件、参与值、目标与趋势等通过各概念间的弧线连接起来,形成认知图结构。FCM 由三部分构成:节点(表示因素)、有向弧(表示因素间影响关系)以及有向弧上的权重值(表示关系的强弱程度)。因其知识呈现方便、推理过程明晰等特点,FCM 被广泛应用于工业控制、医疗诊断等多个领域^[17]。

工程争端方面的知识,具有模糊、不确定及难以描述的特点^[18]。工程争端输入、过程和结果的影响因素十分繁杂,而 FCM 能够通过认知图方式清晰地呈现各因素间的交互作用^[3];对难以测度的概念,比如关系破裂程度、双方合作意愿等,进行模糊化处理,可有效解决工程争端知识模糊性的问题。

工程争端解决具有解决方案复杂、信息的不对称性和不可证实性高等特性,解决争端需要经过多轮谈判,其决策和处理过程是一个不断反复和循环的过程。而 FCM 能够很好地处理这种循环反复的过程^[19],通过 FCM 推理,可以得到项目争端处理的

最终稳定状态,全视角审视并更好地处理争端。

三、工程争端输入、过程和结果因素体系

工程项目的整个过程可以视为动态的开放系统,包括输入(资源)、进展(操作)和输出(结果)^[20],系统中任何一个因素的变化都会造成系统状态的变化^[21]。工程争端解决作为工程的一部分,可以被视为这个动态开放系统的子系统^[14]。根据这一观点,将工程争端解决的影响因素按工

程争端解决过程分为:争端输入因素(争端发生时,与争端解决相关的依据和事实)、争端过程因素(争端解决的进展情况)和争端结果因素(争端解决后可能导致的结果和影响)。通过文献分析,本文归纳出25个影响因素,专家访谈的结果与此相吻合;并根据专家的意见,对部分因素的定义进行了修正,最终形成工程争端输入、过程和结果因素体系(见表1)。

表1 工程争端输入、过程和结果因素体系

编号	因素	定义	支持文献
I1	项目复杂程度*	项目在环境、社会经济和技术等方面的复杂程度	[13,15,22-24]
I2	项目执行状态	项目在进度、成本、质量和安全等方面的执行状况	[23-25]
I3	双方关系良好程度	项目中业主和承包商间总体关系的良好程度	[11,12,15,22,23]
I4	争端事件的复杂程度	争端事件处理的难度	[4,5,13,22-24,26]
I5	争端额度	索赔方最初提出的索赔金额	[24,27,28]
I6	争端次数	项目进行过程中争端出现的总次数	[13,22,23,27-29]
I7	第三方的专业知识程度*	第三方处理争端事件的工程专业知识和能力	[4,230,31]
I8	第三方的公正程度*	第三方保持中立和公正的程度	[4,14,31-34]
I9	第三方的介入程度	第三方对争端处理过程的介入情况	[4,35]
I10	争端处理的保密程度	双方的商业机密等信息保密的程度	[4,29,30,33-35]
I11	争端处理的灵活性	双方对争端处理程序和实体等内容自主协商决定的程度	[4,5,29]
I12	决定的执行力	争端处理结果对双方具有强制约束力的程度	[4,14,32-35]
I13	合同约定的详细程度*	合同对风险分配、可索赔范围、争端解决程序等方面约定的详细程度	[11,31,36-38]
I14	证据的充分程度	双方所掌握的索赔或反索赔证据的充分程度	[22,39]
I15	文档管理能力*	双方对项目日常文档的管理水平,特别是与争端事件有关的证据资料收集和管理的的能力	[39]
P1	争端双方对争端解决过程的控制程度	双方对争端处理过程的控制程度	[9,32,40-42]
P2	争端双方对争端解决过程的认同程度	双方对争端处理过程专业性和公正性的认同程度	[9,15,42]
P3	双方的合作意愿	双方为有效解决争端采取的合作或妥协的态度	[5,11,14,22,24]
P4	双方冲突程度	双方间因争端事件导致的冲突升级程度	[10,43,44]
O1	争端解决所花费的直接成本	为最终解决本次争端而花费的直接成本	[15]
O2	争端解决所花费的时间	解决本次争端问题需要花费的全部时间投入	[14,28,30,32,33,35]
O3	双方合作机会	双方在未来可能存在的进一步合作机会	[11,12,22,26,45,46]
O4	双方关系损害程度	此次争端导致双方合作关系的损害程度	[4,25,35]
O5	双方对结果的满意程度	双方对争端处理结果是否认同,结果符合自身预期的程度	[15,24]
O6	争端复发的可能性	类似争端重复发生的可能性大小	[15,28]

注:I(input)表示争端输入因素,P(process)表示争端过程因素,O(outcome)表示争端结果因素。

*表示因素为纯输入因素,即该因素不受其他因素的影响。

四、数据收集与处理

(一)数据收集

为获取各因素间的影响关系,本文选取了36

位工程争端解决方面的实业界专家,其中,63.9%的专家拥有超过10年的工作年限,所有受访专家的从业经验均在5年以上,保证了结果

具有较高的可信度。专家访谈分为两个步骤:首先,需要专家确认因素间的影响关系,用{+, -, 0}表示,“+”表示因素间存在正向影响关系,即某一因素的增加会直接导致另一因素的同向增加;“-”表示因素间存在负向影响关系;“0”表示因素间没有影响关系。其次,对影响关系的强弱程度进行衡量,采用1-9(1表示极弱,9表示极强)打分制。

(二) 数据处理

采用递进的两种准则筛选数据。第一,若超过2/3的专家对{+, -, 0}关系状态持相同意见,直接确定该影响关系^[47];第二,针对因素间的每一影响关系,计算影响关系强弱程度的得分平均值,如果平均值的绝对值小于2,说明该影响关系微

弱,可以认为该影响关系不存在^[47]。如果平均值的绝对值大于2,则根据平均值的正负确定因素间的正负影响关系。在最终得到的认知图中,25个因素间共有134个正向影响关系和113个负向影响关系,如图1所示。

采用计算均值的方法对专家的打分结果进行汇总(见公式1),得到因素间关系的权重值。其中,w为两因素间的关系权值,n表示有n个专家认为该因素之间存在直接的影响关系,w_i表示第i个专家对影响关系的具体打分数值,1/9表示将专家1-9的打折算到[0,1]上的数值。

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n} \times \frac{1}{9} \quad (1)$$

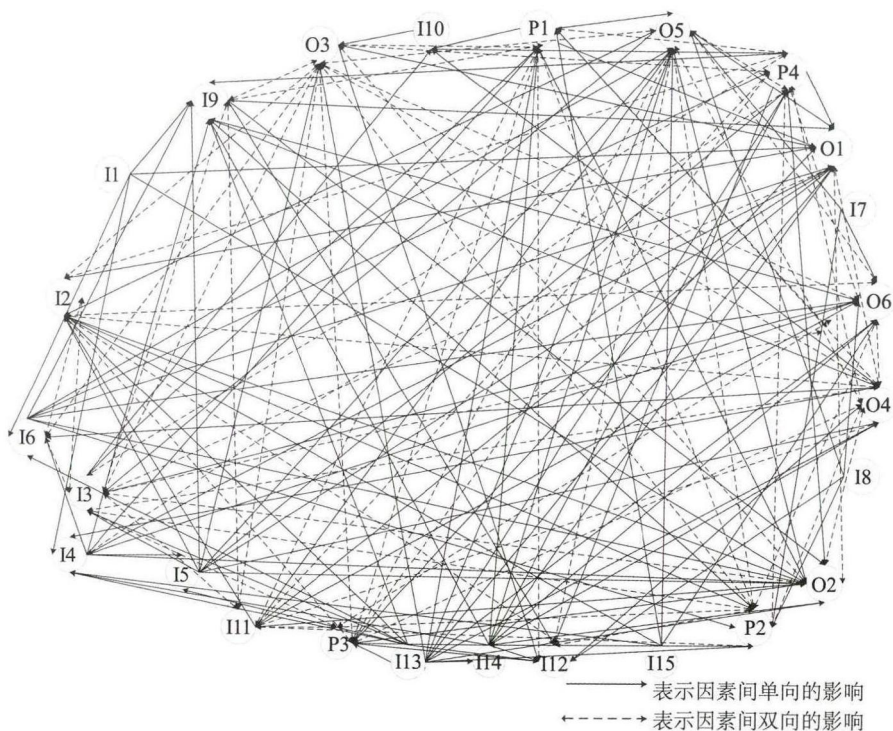


图1 工程争端输入、过程和结果模糊认知图

五、实证分析

(一) 有效性分析

由于FCM半量化的性质,很难对模型的有效性做出数值上的验证,必须在建立过程中保证FCM的有效性^[48]。本文首先确认了所要研究的问题,并利用文献浏览和专家访谈法获取认知图中的各个因素,保障了认知图边界的准确性和概念节点的有效性。

(二) 影响效应分析

对认知图中各因素间247个影响关系的分析发现,争端输入因素会对争端过程因素、结果因素产生一定的影响,争端过程因素同样会对结果因素产生影响,如图2中的①③⑤所示;争端输入、过程和结果内部的各因素之间均存在相互影响,如图2中的⑦所示;同时发现,除纯输入因素和争端

额度、争端处理的保密程度以及证据的充分程度外,其他各因素间均存在交互作用。争端的处理结果会对项目实施、双方的合作意愿等因素产生作用,从而会对下一轮工程争端处理决策造成影响,即产生反馈效应,如图2中的②④⑥所示。

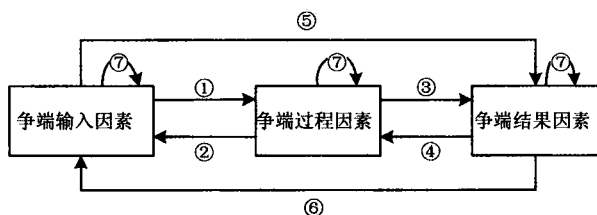


图2 工程争端解决影响因素间的交互作用及反馈效应

(三) 中心度分析

概念节点的中心度 $c_i = od(v_i) + id(v_i)$, $od(v_i)$ 和 $id(v_i)$ 分别表示通向概念节点 v_i 或从 v_i 发出的关系权重和,取权重的绝对值。

利用中心度可以初步判断因素的相对重要程度^[49]。高中心度的因素会受到较多其他因素的影响并同时对其他因素有较强的影响作用^[50],即在模型中处于中心地位。表2给出了中心度排名在前七位的因素。

表2 各因素中心度表(前七位)

排序	因素	中心度
1	双方冲突程度	15.96
2	双方关系良好程度	15.78
3	双方关系损害程度	15.44
4	双方未来合作机会	14.23
5	争端双方对争端解决过程的认同程度	13.98
6	争端复发的可能性	13.84
7	争端双方对结果的满意程度	12.81

从表2中可以看出,双方冲突、关系良好和关系损害程度的中心度居于前三位,这三个因素从不同角度描述了争端双方的关系。这表明,关系在中国工程争端处理中居于首位,体现了强调“和谐”的中国传统文化价值观。关注彼此间关系的维护,可促进争端的顺利解决。

对争端解决过程的认同和结果的满意程度同样具有较高的中心度,这两个因素均是对争端结

果的主观衡量。双方对争端结果的主观认知会对争端解决产生显著的影响,这种主观认知既包括对直接结果(财务指标),也包括对间接结果(关系、机会等)的认知。而当前对争端解决的评价大多是从处理结果的客观情况出发,从争端解决所花费的成本和时间的角度对争端解决作出评判,对主观认知的重视程度明显不足^[51]。因此,后续的研究需要明确争端双方主观认知的重要性,建立起合理的主观评价体系,对双方的主观认知进行较为准确的衡量。

(四) 简单动态分析

对FCM中概念的初始状态赋值为1,表示该因素被启动,状态发生变化,0表示因素的状态保持不变。简单动态分析是只对模型的一个或几个因素的初始状态赋值为1,其余皆为0,以研究在该一个或几个因素发生变化时整个模型的变化情况。在递推过程中,第t步时将各因素状态值A(t)与关系权重W相乘,经过转换函数(见公式2)的转换,最终得到t+1步时的状态值,直到各因素达到稳定状态。

$$fA(t)W = \begin{cases} 1, & A(t)W > 0 \\ 0, & A(t)W = 0 \\ -1, & A(t)W < 0 \end{cases} \quad (2)$$

研究发现,一旦启动某一因素,除纯输入因素和证据的充分程度外,其余因素的稳定状态均为1或-1,表明其状态发生变化。这一特点说明,在工程争端解决中,与争端解决相关的各因素之间是密切联系的。一旦争端解决的某一因素发生变化,将会引起其他因素的整体性变化,产生全局连锁效应。

(五) 情景分析

本文采用情景分析法探究模型中各因素间的交互作用及反馈效应的影响,通过设置不同的情景(对初始状态赋予[-1,1]上不同的数值),推算在此情景下产生的结果,设置的情景反映了现实中的客观情况或决策者的策略选择。

本模型中需要表示因素减少的程度,存在[-1,0]上的状态,并且考虑到tan函数能够以较少的递推次数就达到稳定状态^[52],故采用tan函数作为转换函数,如公式3所示,其中λ取值为5,

能使得转换后各因素状态值的离散程度最好^[53]。

$$f(A(t)W) = \frac{e^{\lambda A(t)W} - e^{-\lambda A(t)W}}{e^{\lambda A(t)W} + e^{-\lambda A(t)W}} \quad (3)$$

本文主要从第三方属性(争端解决方式属性之一)的变化程度对争端解决产生的影响视角进行情景分析,第三方属性包括第三方的专业知识程度、公正程度和介入程度以及争端处理的保密性。作为争端解决策略选择的衡量标准,第三方属性对争端解决具有重要的影响作用。设置四种情境,每种情境选择第三方属性中的一个因素并赋初始值为 0.2,其余 24 个因素初始值为 0,研究第三方属性中的四个因素单独变化时,对其他因素的影响程度并进行对比分析。

对递推数据的分析发现,第三方专业知识和公正程度对双方对争端处理过程的认同和结果的满意程度有正向的影响作用,并会降低争端复发的可能性。其中,在递推的开始阶段,第三方的公正程度对这三个因素造成的影响作用均比第三方的专业知识程度大,说明争端双方更看重第三方的公正程度。因此,在争端处理阶段,应当努力寻求使双方都能得到公正对待的解决策略。

第三方介入程度的增加会直接导致争端解决所花费的时间和费用的上升,同时导致双方对过程控制程度的减弱和未来合作机会的降低,对争端解决造成极为不利的影 响。因此,在争端解决过程中,要尽量避免第三方的介入。争端处理的保密程度会直接导致双方未来合作机会的增加,但增加的幅度并不明显,对于其他的因素没有直接的影响作用,说明双方对争端处理的保密性重视程度较低。

六、结论与管理启示

本文采用模糊认知图法,建立了基于模糊认知图的工程争端输入、过程和结果模型,对工程争端输入、过程和结果因素及其相互间关系进行了分析。通过分析,得到如下结论:

(1)在解决争端时,双方对彼此间的关系最为看重;另外,双方对争端结果的主观认知也会对争端解决产生显著的影响。

(2)争端解决各因素之间是密切相关的。一旦某一因素发生变化,将引起争端解决全局的

整体性变化。

(3)双方对第三方公正程度的重视要高于其专业知识;第三方的介入程度越深,直接导致争端解决所花费的时间和费用的上升,同时导致双方对过程的控制程度的减弱和未来合作机会的降低,对双方关系产生不利影响。

上述研究结论带给我们的管理启示是:

在争端解决过程中,要注重对双方关系的维持。通过制定更为详细的合同条款(防止双方解释上的分歧),采取更灵活的争端处理策略和方式(如采取整合式的谈判策略),加强决定的执行力(提升争端处理的公正程度,使得双方对处理较为认同),达到改善和维护双方关系的目的。

由于第三方的介入程度的增加会对双方关系产生不利影响,双方应尽量采用协商谈判方式解决争端;如果第三方的介入难以避免,应寻求使双方都能获得公正对待的解决策略。若采用调解的方式解决争端,尽量找到公正严明、专业知识能力强的调解者;若采用仲裁,需要考虑合同中指定仲裁机构的声誉和专业能力;若采用诉讼,需要考虑具有管辖权的法院是否存在偏袒一方的可能。

工程争端解决各因素间具有密切联系性,应充分结合项目性质和争端特点,选择合适的争端解决方式;同时,注重培养双方在争端解决过程中的合作意愿,防止冲突水平的进一步升级;从而实现降低争端解决时间和成本、提升双方满意度的目标,杜绝类似争端重复发生。

本文采用专家访谈方法建立模糊认知图模型,83%的受访专家来自承包单位,因此最终建立的认知图仅能代表承包商的认知和观点,限制了其适用性。进一步的研究可以探究承包商和业主在工程争端解决方面认知的差异,为更好地解决争端奠定基础。

参考文献:

- [1]熊华平,迟成成,田勇.中国建筑业对外经济合作与产业增长研究[J].中国软科学,2013(2):175-183.
- [2]Cheung S. Mapping dispute resolution mechanism with construction contract types[J]. Cost Engineering, 2002, 44(8):21-28.
- [3]Xue X, Shen Q, Ji Y et al. Cognition driven framework

- for improving collaborative working in construction projects: Negotiation perspective [J]. *Journal of Business Economics and Management*, 2010(2):227-242.
- [4] Cheung S, Suen H C. A multi-attribute utility model for dispute resolution strategy selection [J]. *Construction Management & Economics*, 2002, 20(7):557-568.
- [5] Chau K W. Insight into resolving construction disputes by mediation/adjudication in Hong Kong [J]. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2007, 133(2):143-147.
- [6] Brooker P. Survey of construction lawyers' attitudes and practice in the use of ADR in contractors' disputes [J]. *Construction Management & Economics*, 1999, 17(6):757-765.
- [7] Bercovitch J, Gartner S S. Is there method in the madness of mediation? Some lessons for mediators from quantitative studies of mediation [J]. *International Interactions*, 2006, 32(4):329-354.
- [8] Brooker P, Lavers A. Perceptions of alternative dispute resolution as constraints upon its use in the UK construction industry [J]. *Construction Management & Economics*, 1997, 15(6):519-526.
- [9] Aibinu A A. The relationship between distribution of control, fairness and potential for dispute in the claims handling process [J]. *Construction Management and Economics*, 2006, 24(1):45-54.
- [10] Leung M, Liu A M, Ng S T. Is there a relationship between construction conflicts and participants' satisfaction? [J]. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 2005, 12(2):149-167.
- [11] Cheung S O, Tam C M, Harris F C. Project dispute resolution satisfaction classification through neural network [J]. *Journal of Management in Engineering*, 2000, 16(1):70-79.
- [12] Cheung S O, Yiu T W, Chan H W. Exploring the potential for predicting project dispute resolution satisfaction using logistic regression [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2009, 136(5):508-517.
- [13] Gebken R J, Gibson G E. Quantification of costs for dispute resolution procedures in the construction industry [J]. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 2006, 132(3):264-271.
- [14] Cheung S, Suen H C, Lam T. Fundamentals of alternative dispute resolution processes in construction [J]. *Journal of construction engineering and management*, 2002, 128(5):409-417.
- [15] Mitropoulos P, Howell G. Model for understanding, preventing, and resolving project disputes [J]. *Journal of construction engineering and management*, 2001, 127(3):223-231.
- [16] Kosko B. Fuzzy cognitive maps [J]. *International journal of man-machine studies*, 1986, 24(1):65-75.
- [17] Papageorgiou E I. Review study on fuzzy cognitive maps and their applications during the last decade [M]. *Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg, 2013:281-298.
- [18] 雷丽彩, 周晶, 李民. 基于相对熵原理的大型工程项目交互式多属性群决策方法研究 [J]. *中国软科学*, 2011(2):166-175.
- [19] 熊中楷, 耿丽娟, 聂佳佳. 基于 FCM 的逆向物流供应商评估建模和算法 [J]. *管理工程学报*, 2011, 25(1):34-39.
- [20] Walker A. *Project management in construction* [M]. London: Granada, 1984.
- [21] Ackoff R L. Towards a system of systems concepts [J]. *Management science*, 1971, 17(11):661-671.
- [22] Diekmann J E, Girard M J. Are contract disputes predictable? [J]. *Journal of construction engineering and management*, 1995, 121(4):355-363.
- [23] Li H, Arditi D, Wang Z. Factors that affect transaction costs in construction projects [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2012, 139(1):60-68.
- [24] Marzouk M, El-Mesteckawi L, El-Said M. Dispute resolution aided tool for construction projects in Egypt [J]. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2011, 17(1):63-71.
- [25] Musonda H M, Muya M. Construction dispute management and resolution in Zambia [J]. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 2010, 3(4):160-169.
- [26] Harmon K M. Resolution of construction disputes: a review of current methodologies [J]. *Leadership and Management in Engineering*, 2003, 3(4):187-201.
- [27] Chen J, Hsu S C. Hybrid ANN-CBR model for disputed change orders in construction projects [J]. *Automat Constr*, 2007, 17(1):56-64.
- [28] Menassa C, Mora F P. Hybrid model incorporating real options with process centric and system dynamics modeling to

- assess value of investments in alternative dispute resolution techniques[J]. *J Comput Civil Eng*, 2010, 24(5):414-429.
- [29] Teo E A L, Aibinu A A. Legal framework for alternative dispute resolution: examination of the Singapore national legal system for arbitration[J]. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 2007, 133(2): 148-157.
- [30] Hibberd P R, Newman P. ADR and adjudication in construction disputes[M]. Blackwell Science, 2000.
- [31] Stipanowich T J, O'Neal L K. Charting the course: the 1994 construction industry survey on dispute avoidance and resolution-part I[J]. *Construction Law*, 1995, 15:5.
- [32] Cheung S. Critical factors affecting the use of alternative dispute resolution processes in construction[J]. *International Journal of Project Management*, 1999, 17(3):189-194.
- [33] Brown H J, Marriott A L. ADR principles and practice[M]. London: Sweet & Maxwell, 1999.
- [34] Goldberg S B. Dispute resolution: negotiation, mediation, and other processes: 2002 supplement[M]. Aspen Publishers, 2002.
- [35] Chan E H, Suen H C, Chan C K. MAUT-based dispute resolution selection model prototype for international construction projects[J]. *Journal of construction engineering and management*, 2006, 132(5):444-451.
- [36] Al Qady M, Kandil A, Stuckey J M, et al. Legal review of conditions precedent to dispute resolution in construction contracts[J]. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 2012, 5(1): 27-34.
- [37] Cheung S O, Wong W K, Yiu T W, et al. Exploring the influence of contract governance on construction dispute negotiation[J]. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 2008, 134(4): 391-398.
- [38] Tanielian A. Arbitration still best road to binding dispute resolution[J]. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 2012, 5(2): 90-96.
- [39] 梅传书, 徐海峰, 赵明江. 水利工程项目建设中索赔的关键因素和策略[J]. *海河水利*, 2004(3):16.
- [40] David J. Dispute resolution for lawyers: overview of range of dispute resolution processes[M]. Committee for Postgraduate Studies in the Department of Law, University of Sydney, 1988.
- [41] Jannadia M O, Assaf S, Bubshait A A et al. Contractual methods for dispute avoidance and resolution (DAR)[J]. *International Journal of Project Management*, 2000, 18(1): 41-49.
- [42] Hale C L, Bast C, Gordon B. Communication within a dispute mediation: interactants' perceptions of the process[J]. *International Journal of Conflict Management*, 1991, 2(2): 139-158.
- [43] Kumaraswamy M M. Conflicts, claims and disputes in construction[J]. *Engineering Construction and Architectural Management*, 1997, 4(2):95-111.
- [44] Tazelaar F, Snijders C. Dispute resolution and litigation in the construction industry. Evidence on conflicts and conflict resolution in The Netherlands and Germany[J]. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 2010, 16(4):221-229.
- [45] Kamann D F, Snijders C, Tazelaar F et al. The ties that bind: buyer-supplier relations in the construction industry[J]. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 2006, 12(1): 28-38.
- [46] Martin G S, Thompson A J. Effective management of construction dispute resolution[J]. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 2011, 3(2):67-70.
- [47] Stylios C D, Groumpos P P. Modeling complex systems using fuzzy cognitive maps[J]. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on*, 2004, 34(1):155-162.
- [48] Kok K. The potential of Fuzzy Cognitive maps for semi-quantitative scenario development, with an example from Brazil[J]. *Global Environmental Change*, 2009, 19(1):122-133.
- [49] Khan M S, Quaddus M. Group decision support using fuzzy cognitive maps for causal reasoning[J]. *Group Decision and Negotiation*, 2004, 13(5):463-480.
- [50] Tan C O, öze smi U. A generic shallow lake ecosystem model based on collective expert knowledge[J]. *Hydrobiologia*, 2006, 563(1):125-142.
- [51] 谢天, 韦庆旺, 段锦云等. 谈判的主观结果: 衡量谈判质量的另一种方式[J]. *武汉大学学报: 人文科学版*, 2012, 65(4):75-80.
- [52] Bueno S, Salmeron J L. Benchmarking main activation functions in fuzzy cognitive maps[J]. *Expert Systems with Applications*, 2009, 36(3): 5221-5229.
- [53] 徐大丰, 李清, 谭旭, 等. 基于模糊认知图的产品回收处理策略的决策研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2009, 15(4): 732-740.

附录1 工程争端输入、过程和结果模型因素间关系权重表

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15	P1	P2	P3	P4	P5	O1	O2	O3	O4	O5	O6
I1	0	0	0	0.51	0	0.37	0	0	0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.44	0.43	0	0	0	0	
I2	0	0	0.59	0	0	-0.47	0	0	0	0	0	0.48	0	0	0	0	0	0.59	-0.48	0	0	0	0.58	-0.54	0	
I3	0	0.57	0	0	0	-0.48	0	0	-0.54	0.42	0.59	0.53	0	0	0	0.44	0.46	0.61	-0.56	-0.44	-0.44	0.71	-0.59	0.49	-0.53	
I4	0	0	0	0	0.51	0.56	0	0	0.61	0	0	0	0	0	0	-0.43	0	0	0.49	0.58	0.63	0	0	0	0.50	
I5	0	-0.47	-0.44	0	0	0	0	0	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.62	0.56	0.56	-0.44	0.46	-0.41	0	
I6	0	-0.50	-0.51	0	0	0	0	0	0.42	0	0	0	0	0	0	0	-0.44	0	0.60	0.58	0.61	-0.51	0	-0.46	0.56	
I7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.44	0	0	0	0	0	0	0.40	-0.40	
I8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46	0	0	0	0	0.58	0	0	0	0	0	0	0	-0.44	
I9	0	0	-0.49	0	0	0	0	0	0	0	-0.56	0.51	0	0	0	-0.53	0	0	0	0.56	0.57	-0.49	0	0	0	
I10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0	
I11	0	0.36	0.40	0	0	0	0	0	-0.49	0	0	0	0	0	0	0.48	0.44	0.48	-0.41	-0.47	-0.46	0.41	-0.39	0.43	-0.32	
I12	0	0.43	0.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.44	0.49	0	0	0	0	0	0	0	0	
I13	0	0.52	0.41	-0.47	-0.49	-0.51	0	0	-0.51	0	0	0.44	0	0.48	0	0.52	0.56	0.42	-0.49	-0.40	-0.38	0.40	-0.42	0.42	-0.48	
I14	0	0	0	-0.49	0	0	0	0	-0.48	0	0	0.49	0	0	0	0.49	0.53	0.46	-0.44	-0.41	-0.42	0	-0.43	0.49	-0.49	
I15	0	0.42	0	-0.41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.64	0	0.46	0.48	0	0	0	0	0	0	0.42	-0.47	
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.52	0.44	0.47	0.49	0	0	0	0	0.46	0.43	-0.41	-0.37	-0.39	0.37	-0.36	0.37	-0.39	
P2	0	0.42	0.40	0	0	0	0	0	-0.46	0	0.47	0.57	0	0	0	0.43	0	0.48	-0.44	-0.41	-0.43	0.40	-0.34	0.48	-0.42	
P3	0	0.40	0.37	0	0	0	0	0	-0.49	0	0.52	0.50	0	0	0	0.47	0.48	0	-0.42	-0.48	-0.43	0.36	-0.41	0.42	-0.40	
P4	0	-0.56	-0.57	0.49	0	0	0	0	0.61	-0.52	-0.56	-0.49	0	0	0	-0.49	-0.52	-0.42	0	0.56	0.56	-0.52	0.62	-0.51	0.59	
O1	0	-0.50	-0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.53	-0.42	0.44	-0.44	0	
O2	0	-0.49	-0.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.57	0	-0.40	0.42	-0.41	0	
O3	0	0.44	0.50	0	0	-0.46	0	0	-0.41	0	0.53	0.51	0	0	0	0.42	0.50	0.47	-0.49	0	-0.40	0	-0.46	0.40	-0.44	
O4	0	-0.51	-0.56	0.52	0	0.46	0	0	0.50	-0.44	-0.46	-0.47	0	0	0	-0.47	-0.47	-0.52	0.50	0.56	0.53	-0.59	0	-0.53	0.53	
O5	0	0.49	0.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0	0	0	0	0.50	0.53	-0.51	0	0	0.43	-0.41	0	-0.47	
O6	0	-0.49	-0.41	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0	0	0	0	-0.44	-0.48	-0.50	0.51	0.52	0.51	-0.50	0.53	-0.53	0	

(本文责编:王延芳)