

基于 ANP 的建设项目动态联盟拟投标项目评价和实证

刘 雷 李 南
(南京航空航天大学, 南京 210016)

〔摘 要〕 对拟投标项目的科学评价, 关键在于构建项目选择的评价指标体系, 并采取定性定量相结合的系统评价。基于建设项目动态联盟项目选择内涵和相关文献的分析, 构建了评价的指标体系, 考虑指标间的相互影响与制约关系, 研究了网络分析法评价的可行性, 建立了项目选择评价模型, 应用网络分析法确定了模型中各层次各指标的权重, 并对某建设项目动态联盟拟投标的项目进行了系统评价与实证分析。

〔关键词〕 建设项目动态联盟 网络分析法 (ANP) 项目选择 评价模型 实证分析
〔中图分类号〕 F272 〔文献标识码〕 A

1 引 言

动态联盟是以分布、协调的方式实现项目任务的一种新的组织模式, 将这种模式应用到建设项目, 能有效地提高项目绩效, 国外建设行业已经注意通过集成的方式提高项目建设绩效^[1]。建设项目通常是由多个参与者组成的项目团队来完成。建设项目的参与者主要有业主、设计单位、建设监理、总包商、施工分包商、专业工程分包商、劳务分包商、设备材料供应商和咨询单位等。由于建设项目的一次性特征, 项目团队的存在也有一定的生命周期。建设项目临时性、分散性的本质就要求项目团队成员之间协作, 共享信息, 来确保建设项目的成功, 这就明显具有动态联盟的特征。动态联盟主要是基于企业核心能力^[2] (Core Competence) 资源的一种外部优化整合, 即企业将管理的注意力集中于企业本身的核心能力上, 而一些非核心能力或自己短时间不具备的核心能力则依靠外部的合作伙伴 (Partner) 提供。建设项目动态联盟就是指为响应市场机遇或对建设项目市场需求做出快速反应, 盟主企业以最快的速度集成优势互补的企业, 将内外部资源集成起来所形成的松散的灵活多变的虚拟组织^[3]。从系统的角度看, 建设项目动态联盟

功能的有机整体^[4]。其实质是突破企业的有形界限, 利用外部资源来延伸企业的功能, 加速实现企业的市场目标。建设项目动态联盟运行结构分为伙伴选择、任务分解、建设项目的组建、运营、绩效评价和治理等部分^[5], 如图 1。

项目选择是建设项目动态联盟面临的一个重要决策问题, 联盟项目选择策略的研究是建设项目动态联盟运行中的核心环节。面对不同的分包商、不同的联盟风险、有限的生产能力和资源, 联盟的决策层希望能有效判断一个项目对联盟的长期利益和短期利益, 挑选出符合联盟最大利益的项目进行投标。

本文从盟主的角度对建设项目动态联盟拟投标项目进行了分析和评估。对拟投标项目的选择可以看成是项目的排序问题。拟投标项目的特性可通过一组因素指标来刻画, 联盟决策者依据这些指标对拟投标项目进行择优排序并做出决策。这类问题涉及的因素较多, 需要一种简单、合理、并易于反应各因素间依赖关系的方法来处理。本文探讨了网络分析法 (ANP) 在项目选择中的应用, 通过一个实例分析了该方法的可行性与合理性。

2 建设项目动态联盟项目选择的内涵

建设项目动态联盟项目选择就是为充分利用联盟的资源, 最大化联盟的净收益, 通过评价能体现项目效益的指标, 识别候选的建设项目。建筑企业组成联盟进行投标或项目的建设, 由于联盟的资源是有限的, 因此不能同时承担所有项目的建设。联盟要选取能实现联盟效用最大化的项目, 能为联盟实现丰厚的利润, 提高联盟的声誉, 同时又能避免各个成员企业在技术等方面的缺陷。建设项目动态联盟项目选择是个多指标决策问

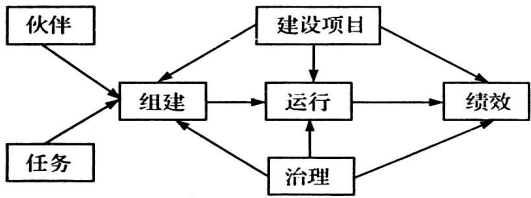


图 1 建设项目动态联盟运行结构

是基于建筑市场机遇, 以业务过程为核心, 由一系列相互关联的因素、环节、经济活动单位所组成的具有特定

收稿日期: 2007-07-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (项目编号: 70473037); 江苏省发展与改革委员会项目“亚欧大陆桥连徐段高速公路后评价研究”

题，这就要建立一系列指标体系来评价项目，通过评价，对候选项目以优先顺序进行排列，获得分值最高的项目优先执行。

Mohanty (1992) 提出一个有潜力的建设项目具有四个重要特点^[6]：投资最小化；较低的技术水平要求；建设期限短；较高的回报。考虑到业主对建设项目的质量要求、联盟的声誉和联盟应承担的社会责任，具有上述四个特点的建设项目在现实中是不存在的。建设项目选择决策要依赖于一系列指标的评价以确保所选的建设项目是可行的。现实中，能体现建设项目效益的指标间、候选项目间都存在着依赖关系，这些依赖关系可分为三类：技术依赖关系；资源依赖关系和收益依赖关系。考虑到这些依赖关系，建设项目选择决策就能优化联盟的资源利用。

3 建设项目动态联盟项目选择评价指标体系和模型

Chun - Wei R. Lin (2004) 提出决策属性应包括定性属性与定量属性，应考虑属性间的相互依赖性^[7]。Ji - Feng Ding (2005) 提出评价指标应包括主观指标和客观指标^[8]。Ching - Torng Lin (2004) 认为承包商投标时应考虑的因素有投标的本质、竞争、投标机会价值、资源能

力和公司声誉^[9]。戚安邦（南开大学，2004）提出工程建设项目经济评价的指标有时间性指标、价值性指标、比率性指标和不确定性指标^[10]。裴菁（东北大学，2002）提出评估项目的获利水平和风险性^[11]。Eddie W. L. Cheng, Heng Li (2005) 从业主的角度应用网络分析法建立了项目选择的模型^[12]。考虑到建设项目动态联盟进行投标是一种竞争行为，对拟投标项目的选择评价应考虑竞争对手的情况。

基于以上的文献分析和对建设项目动态联盟项目选择内涵的理解，本文认为拟投标的项目应符合联盟利益最大化的目标，并考虑项目涉及的风险因素；项目业主有较好的履约信誉、易于沟通、有良好的公共关系，并有与联盟合作的意向；还应考虑拟投标项目的竞争情况。本文以拟投标项目优先次序为目标，从拟投标项目的获利能力和风险性、业主情况、投标竞争度等四个方面来研究建设项目动态联盟项目选择评价问题，建立了四个层次的网络分析评价模型，如图 2 所示。第一层是决策问题，即拟投标项目优先次序；第二层是准则层，包括四个准则：项目获利能力、项目风险性、项目业主情况、项目投标竞争度；第三层是指标层，包括 15 个指标；第四层是方案层，包括五个可选方案。

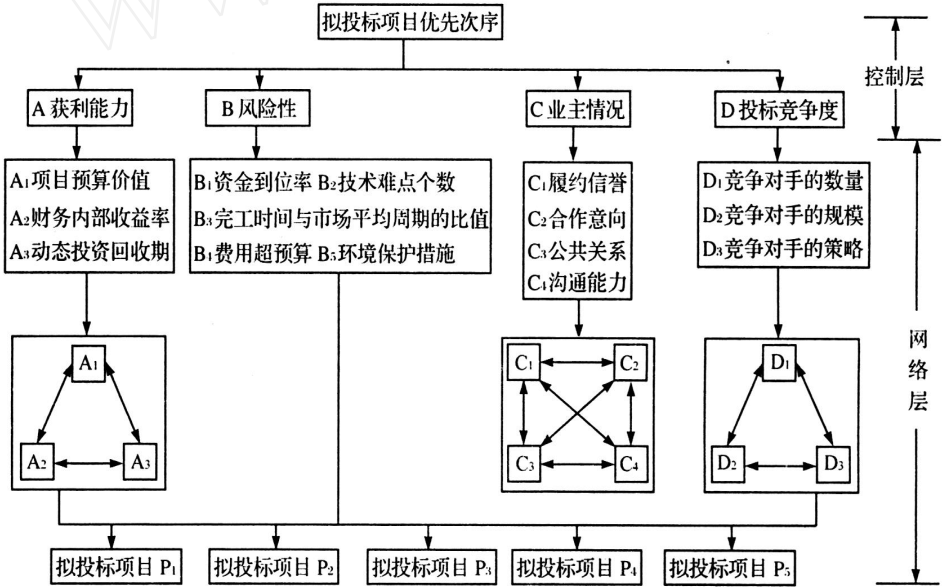


图 2 建设项目动态联盟项目选择评价模型

4 基于 ANP 的多指标综合评价方法

建设项目由许多因素构成，必须对相关因素作综合考虑，采用多指标的系统评价。同时，因为构成建设项目的各要素之间具有依赖关系，如项目预算价值、项目内部收益率、项目动态投资回收期等因素之间相互影响，这就需要一种能反应各因素间依赖关系的方法来处理。确定一个网络结构的关系或者依赖程度是网络分析法的主要功能，网络分析法是定性与定量相结合的方法，网

络分析法有助于处理决策模型多层指标间的相互依赖关系^[12]。使用网络分析法评价建设项目动态联盟的拟选项目，要建立该决策问题的层次结构，确定每个层次的因素，分析元素间的依赖关系。

4.1 层次分析法（AHP）

指标的权重应根据指标各层及各元素间的关系来确定。处理多指标综合评价问题的最常用方法是美国著名的管理决策与运筹学家 T.L. Saaty 于 1980 年建立的层次

分析法 (AHP)^[13]。层次分析方法是把决策问题分为多层次的递阶控制关系, 最高层为决策的目标层, 中间是准则层, 根据问题的需要可以有更多的子准则层, 最下层为方案层。在递阶的层次关系中, 下层元素受上层元素的控制, 通过两两比较的方法, 决定下层元素对于上层元素的重要度, 即权重。

4.2 网络分析法 (ANP)

AHP 方法的核心是将系统划分层次且只考虑上层元素对下层元素的支配作用, 同一层次中的元素被认为是彼此独立的。这种递阶层次结构虽然给处理系统问题带来了方便, 同时也限制了它在复杂决策问题中的应用。在许多实际问题中, 各层次内部元素往往是依存的, 低层元素对高层元素亦有支配作用, 即存在反馈。此时系统的结构更类似于网络结构。基于这种考虑, T.L. Saaty 在层次分析法的基础上于 1996 年提出了网络分析法^[13]。网络分析法把系统分为控制层与网络层两个部分。控制层包括问题目标与决策准则, 所有的决策准则均被认为是彼此独立的, 且只受目标元素支配, 控制因素中可以没有决策准则, 但至少有一个目标。控制层中每个准则的权重均可用传统 AHP 方法获得。网络层由受控制层支配的元素组成, 元素之间是相互影响的, 形成网络结构。图 3 为典型的 ANP 结构图。网络分析法考虑了不同的层次之间的信息反馈和同层元素之间的相互依存关系, 利用“超矩阵”对各种相互作用的元素进行综合分析得出其混合权重。

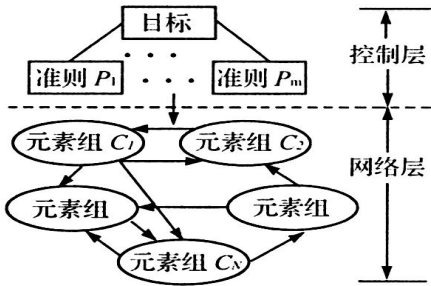


图 3 典型的 ANP 结构

4.3 应用 ANP 的基本步骤

第一步, 分析问题。将决策问题进行系统的分析、分解、组合, 形成元素和元素组, 这一步主要分析判断元素层次是否内部独立, 是否存在依存和反馈。

第二步, 构造 ANP 的典型结构。构造控制层 (Control Hierarchy) 和网络层 (Network Hierarchy)。先界定决策目标, 再界定决策准则, 形成控制层。分析元素组、元素间的依赖关系, 直到可供选择的方案, 形成网络层。

第三步, 构造 ANP 超矩阵计算权重^[13]。根据 T.L. Saaty 提出的 1 - 9 标度表, 对元素组、次元素组中元素的相对重要性通过两两比较, 形成单个矩阵, 从而得出单个矩阵的特征向量。对单个矩阵进行一致性检验,

由单个矩阵的特征向量组成超矩阵, 提高超矩阵的幂次, 直到收敛, 就得出每个指标的权重。ANP 赋权的核心工作, 即解超矩阵, 是一种非常复杂的计算过程, 手工运算几乎不可能。实际应用中一般都用计算机软件进行, 如 SuperDecision 软件。

5 实证分析

某建设项目动态联盟面临着 5 个建设项目的投标机遇, 联盟决策层要对这 5 个项目做出选择。建立如图 2 的评价模型, 应用 ANP 方法评价拟投标项目。指标权重分配使用 T.L. Saaty 等提出的网络分析法确定。将各因素两两比较重要性, 并引入评分标准为 1 - 9 的标度^[13], 各指标的评分可用特尔菲专家调查法获得。

5.1 内部独立的指标层的权重确定

内部独立的指标层的权重的确定采用层次分析法。因为指标间是独立关系, 只要对上层准则 (元素) 之下的各次准则 (元素) 相对重要性进行两两比较即可。比如, 控制层中四个准则: A 获利能力、B 风险性、C 业主情况、D 投标竞争度, 只要计算其相对于其控制层——拟投标项目优先次序的权重即可。应用软件 superdecision, 对于拟投标项目优先次序, 可求得判断矩阵如表 1 所示, 同理可得风险性下的判断矩阵如表 2 所示。

表 1 在拟投标项目优先次序下的判断矩阵

优先次序	A 获利能力	B 风险性	C 业主情况	D 投标竞争度	权重
A 获利能力	1	1/4	1/3	1/2	0.1
B 风险性	4	1	1	2	0.37
C 业主情况	3	1	1	2	0.345
D 技术	2	1/2	1/2	1	0.185
C. R. = 0 < 0.1, 判断矩阵具有满意的一致性					

表 2 在风险性下的判断矩阵

B 风险性	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	权重
B ₁	1	1	2	2	2	0.292
B ₂	1	1	1	1	2	0.226
B ₃	0.5	1	1	1	1	0.168
B ₄	0.5	1	1	1	1	0.168
B ₅	0.5	0.5	1	1	1	0.146
C. R. = 0.0173 < 0.1, 判断矩阵具有满意的一致性						

5.2 内部依存准则的权重的确定

为了反映内部依存的准则 (元素) 之间所存在相互影响的关系, 除了相对于上层元素进行重要度比较分析

(纵向比较)外, 还需要横向比较不同的准则(元素)之间的重要性。比如, 在获利能力指标下有三个指标: 项目预算价值、财务内部收益率、动态投资回收期之间存在依存关系, 除了比较三者在获利能力准则下的重要性外, 还需比较它们之间相互影响的重要度, 如在项目预算价值准则下, 还要比较财务内部收益率与动态投资回收期的重要度, 如表 3 所示, 其余两个判断矩阵如表 4、表 5 所示。这三个判断矩阵说明了获利能力的三个指标之间是如何相互影响的。同样可以确定其他指标间的相互依存关系。

表 3 在项目预算价值下的判断矩阵

A ₁ 项目预算价值	A ₂ 财务内部收益率	A ₃ 动态投资回收期	相对权重
A ₂ 财务内部收益率	1	1/2	0.333
A ₃ 动态投资回收期	2	1	0.667
C. R. = 0 < 0.1, 判断矩阵具有满意的一致性			

表 4 在财务内部收益率下的判断矩阵

A ₂ 财务内部收益率	A ₁ 项目预算价值	A ₃ 动态投资回收期	相对权重
A ₁ 项目预算价值	1	1/2	0.333
A ₃ 动态投资回收期	2	1	0.667
C. R. = 0 < 0.1, 判断矩阵具有满意的一致性			

表 5 在动态投资回收期下的判断矩阵

A ₃ 动态投资回收期	A ₁ 项目预算价值	A ₂ 财务内部收益率	相对权重
A ₁ 项目预算价值	1	3	0.75
A ₂ 财务内部收益率	1/3	1	0.25
C. R. = 0 < 0.1, 判断矩阵具有满意的一致性			

5.3 超矩阵的计算

把建设项目动态联盟项目选择评价指标体系中所有指标间的相互依存关系的影响权重组成矩阵, 得超矩阵, 通过解超矩阵得到各个指标的权重, 如表 6 所示。

表 6 超矩阵

准则	A			B			C			D					
次准则	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D ₁	D ₂	D ₃
	0.54	0.16	0.3	0.29	0.23	0.17	0.17	0.14	0.22	0.59	0.11	0.08	0.4	0.2	0.4
A ₁	0	2/3	3/4												
A ₂	1/3	0	1/4												
A ₃	2/3	1/3	0												
B ₁															
B ₂															
B ₃															
B ₄															
B ₅															
C ₁									0	0.54	0.24	0.25			
C ₂									0.63	0	0.63	0.59			
C ₃									0.22	0.21	0	0.16			
C ₄									0.15	0.24	0.13	0			
D ₁													0	1/2	2/3
D ₂													1/3	0	1/3
D ₃													2/3	1/2	0

通过应用软件 superdecision, 解超矩阵得到各个次准则的局部权重, 由各个次准则的局部权重乘以相应准则

的权重得到各个次准则的全局权重, 各个权重如表 7 所示。

表 7 准则的权重与各次准则的局部权重、全局权重

准则	A			B					C				D		
权重	0.1			0.37					0.345				0.185		
次准则	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D ₁	D ₂	D ₃
局部权重	0.42	0.23	0.35	0.29	0.23	0.17	0.17	0.14	0.29	0.38	0.17	0.16	0.37	0.25	0.38
全局权重	0.042	0.023	0.035	0.11	0.085	0.062	0.062	0.051	0.1	0.13	0.06	0.055	0.07	0.04	0.07

5.4 对拟投标项目的评价结果

目业主给出；定性指标（如：履约信誉、沟通能力）由专家打分给出数值，对于由专家打分的指标，每项指标取值区间为 [1, 9]。具体数据如表 8 所示。

现有 5 个拟投标项目，各项目的定量指标（如：技术难点个数、完工时间与市场平均周期的比值）由各项

表 8 指标原始数据

	A			B					C				D		
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D ₁	D ₂	D ₃
全局权重	0.042	0.023	0.035	0.11	0.085	0.062	0.062	0.051	0.1	0.13	0.06	0.055	0.07	0.04	0.07
P ₁	6	7	8	7	140	55	5	4	5	4	6	5	8	4	6
P ₂	7	4	7	7	100	50	7	6	4	5	8	7	6	5	7
P ₃	4	3	6	6	50	30	5	4	7	8	4	6	8	7	7
P ₄	5	6	7	8	80	45	6	5	7	6	6	7	5	6	8
P ₅	7	4	8	9	110	40	7	7	5	7	5	7	5	7	4
标准值 *	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[40,200]	[10,100]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]	[1,9]

注：标准值是建设项目动态联盟决策层制定的对拟投标项目各指标的统一标准。其中，B₂ 技术难点的单位是个数、B₃ 完工时间与市场平均周期的比值是百分数。

由于不同指标的数值单位通常是不同的，属性与属性之间没有可比性，所以要对指标进行无量纲化处理。指标无量纲化就是将所有的指标都转化为区间 [0, 1] 的一个数。指标主要是两种类型：指标值越大越好的效益型和指标值越小越好的成本型。本文采用比例转换法，对效益型指标，转换公式为： $r_j = \frac{y_j - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}}$ ；对成本型指标，转换公式为： $r_j = \frac{y_j^{\max} - y_j}{y_j^{\max} - y_j^{\min}}$ 。表 8 中的数据无量纲化后得到表 9：

表 9 指标无量纲化后的结果

	A			B					C				D		
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	D ₁	D ₂	D ₃
全局权重	0.042	0.023	0.035	0.11	0.085	0.062	0.062	0.051	0.1	0.13	0.06	0.055	0.07	0.04	0.07
P ₁	0.625	0.75	0.125	0.75	0.375	0.5	0.5	0.375	0.5	0.375	0.625	0.5	0.125	0.625	0.375
P ₂	0.75	0.375	0.25	0.75	0.625	0.44	0.25	0.625	0.375	0.5	0.875	0.75	0.375	0.5	0.25
P ₃	0.375	0.25	0.375	0.625	0.9375	0.22	0.5	0.375	0.75	0.875	0.375	0.625	0.125	0.25	0.25
P ₄	0.5	0.625	0.25	0.875	0.75	0.39	0.375	0.5	0.75	0.625	0.625	0.75	0.5	0.375	0.125
P ₅	0.75	0.375	0.125	1	0.5625	0.33	0.25	0.75	0.5	0.75	0.5	0.75	0.5	0.25	0.625

将 5 个拟投标项目各指标无量纲化后的数据组合用矩阵 Y 表示，w 表示 15 个指标的权重向量，则最后计算出 5 个拟投标项目优先次序的数值为 $X = w \times Y$ ，计算结果如表 10 所示，表 10 经归一化处理后的最终结果如表



11 所示。拟投标项目的依次排序为 P_5, P_4, P_3, P_2, P_1 。
显然, P_5 为最佳投标项目。

表 10 拟投标项目综合优度

拟投标项目	拟投标项目优先次序数值	次序
P_1	0.467125	5
P_2	0.519155	4
P_3	0.5287025	3
P_4	0.570805	2
P_5	0.5840225	1

表 11 最终计算结果

拟投标项目	拟投标项目优先次序数值归一化后的结果	次序
P_1	0.174966	5
P_2	0.19466	4
P_3	0.19803	3
P_4	0.2138	2
P_5	0.218751	1

6 结束语

本文将动态联盟理论应用到建设项目中,在前人研究的基础上建立了建设项目动态联盟项目选择的评价模型,然后应用 ANP 理论确定了各层次各指标的权重,该方法体现了指标的非线性关系,权重分配趋向均衡化,体现了指标内部间相互依存与制约关系,并通过实例说明了该方法的可行性与合理性。但是本文所建立的建设项目选择模型假设各准则之间、风险性准则下各指标之间是独立的,只考虑了获利能力准则、业主情况准则、投标竞争度准则下指标间的依赖关系,其实不同准则下的各指标间也存在依赖关系,如业主情况准则下的履约信誉指标会影响风险性准则下资金到位率指标,现实中,各准则之间也存在依赖关系,如项目的风险性会影响项目的获利能力。在将来的研究中,将探讨这方面的问题,使所建立的建设项目选择模型更能反映事物的原貌,从而求出的各指标的权重更真实,做出合理的建设项目选择决策,优化联盟的资源利用。

参 考 文 献

1. B. K. Baiden, A. D. F. Price, A. R. J. Dairty. The extent of team integration within construction projects [J]. International Journal of Project Management, 2006, 24: 13~23
2. C. K. Prahalad, Gary Hamel. The core competence of the corporation [J]. Harvard Business Review, 1990, 68

(3): 79~91
3. 刘雷, 李南. 建设项目动态联盟运作模式研究 [J]. 工业技术经济, 2007, 26 (3): 18~21
4. 石春生 等. 虚拟企业组织管理的几个基本问题 [J]. 航天工业管理, 1999, (7): 14-19
5. Sherif Mohamed. Performance in international Construction Joint Ventures: Modeling Perspective [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2003, 129 (6): 619~626
6. Mohanty, R. P. Project selection by a multiple - criteria decision making method: An example from a developing country [J]. International Journal of Project Management, 1992, 10 (1): 31~38
7. Chun - Wei R. Lin, Hong - Yi S. Chen. A fuzzy strategic alliance selection framework for supply chain partnering under limited evaluation resources [J]. Computers in Industry, 2004, 55: 159~179
8. Ji - Feng Ding, Gn - Shuh Liang. Using fuzzy MCDM to select partners of strategic alliances for liner shipping [J]. Information Sciences, 2005, 173: 197~225
9. Ching - Torng Lin, Ying - Te Chen. Bid/ no - bid decision - making 3/a fuzzy linguistic approach [J]. International Journal of Project Management, 2004, 22: 585~593
10. 戚安邦. 项目论证与评估 [M]. 机械工业出版社, 2004, 7: 396~399
11. 裴菁. 敏捷制造下动态联盟组建中的优化策略的研究 [D]. 沈阳: 东北大学博士学位论文, 2002, 1: 25~32
12. Eddie W. L. Cheng, Heng Li. Analytic Network Process Applied to Project Selection [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131 (4): 459~466
13. Thomas L. Saaty. The analytic network process: decision making with dependence and feedback [M]. RWS Publications, Pittsburgh, PA, 2001, 6: 84~136

作者简介 刘雷, 南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生。研究方向: 管理科学与工程、工程与项目管理。李南, 南京航空航天大学经济与管理学院教授, 博士生导师。研究方向: 管理科学与工程、工程与项目管理。

