DOI：10.15986/j.1006-7930.2019.01.023

国际工程 EPC 总承包商联合体伙伴优选研究
——基于任务和情境视角

卢　梅，李卓元

(西安建筑科技大学 管理学院，陕西 西安 710055)

摘要：国际工程 EPC 总承包项目往往需要组成联合体进行投标及实施，联合体伙伴的选择往往关系到项目的成败，是极需要解决的问题. 本文在任务和情境视角下，分析了 EPC 联合体组成企业之间的关系和特点，构建了联合体伙伴选择指标体系，并采用考虑主体可靠程度的 Z-number 模糊数建立评价模型，将模糊推理引入 PROMETHEE 方法建立优选模型完成方案的排序与选择. 最后，文章用实例验证了所提出的模型并证实了该优选决策模型能合理对评价结果进行处理并对备选方案进行排序，为选择合作伙伴提供一种新的思路和方法.

关键词：国际工程；EPC 总承包；联合体伙伴选择；Z-number 模糊数

中图分类号：TU723；F407.9　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1006-7930(2019)01-0147-08

Research on consortium-partner selection of international engineering EPC general contractor based on tasks and context

LU Mei, *LI Zhuoyuan*

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: International project EPC contracting projects often need to form a consortium to bid and implement. The selection of consortium partners is often related to the success or failure of the project and is a problem that needs to be solved. From the perspective of task and context, this paper analyzes the relationship and characteristics of EPC consortiums, constructs a consortium partner selection index system, and adopts a Z-number fuzzy number that considers the reliability of the subject to establish an evaluation model. Introduced is the PROMETHEE method to establish the optimal model to complete the ordering and selection. Finally, the paper verifies the proposed model with examples that the optimal decision model can reasonably process the evaluation results and sort the alternatives. A new idea and method for selecting partners is provided.

Key words: international projects; EPC general contraction; consortium partner selection; Z-number

自上世纪 70 年代进入国际工程市场，中国承包商正经历从价值链的底端向顶端的发展过程；在国内土地和资源限制、劳动力成本上涨的背景下[1]，工程企业更多地关注国际市场并投入其中. 与成熟的欧美国家国际承包商相比，我国承包商的国际化程度仍然较低，而个别国家对外国投资者设置的各种壁垒更是为我国承包商走出去增加难度，根据 2016 年对外承包商会公布的数据显示，在新签的合同额中，房屋建筑工程、交通运输基础设施工程和电力供应基础设施工程三大领域合计占比达 65.2%，目前亚洲、非洲、拉丁美洲等大部分国家随着经济开放程度的加大，基础设施建设缺口仍然很大，我国的建设企业具有较强的技术实力和较为丰富的实施经验，在国际市场上有一定的竞争优势. 根据美国设计建造学会(DBIA)统计，到 2015 年工程总承包模式在市场上的采用份额已经超过 55%，而 EPC 模式又在总承包模式中使用比例较高，研究显示 EPC 项目 75% 以上的成本需要在设计阶段确定[2]，勘察设计企业从事 EPC 总承包业务在设计的“可建造性”和“可生产性”上有先天优势[3]，所以本文以设计院转型后的 EPC 承包商为研究对象. 其具有突出的设计业务能力、完整的设计组织架构和人才管理架构，在以设计为重的 EPC 模式中无疑占有很大的优势，但如何更好在国际市场发展需要研究.

整理在亚洲及非洲国家对于外来承包商的政

收稿日期：2017-12-03　　**修改稿日期**：2019-01-15

基金项目：陕西省教育厅哲学社会科学重点研究基地项目(14JZ022)

第一作者：卢　梅(1971－)，女，博士，副教授，硕士生导师，主要研究项目管理. E-mail：lumei@xauat.edu.cn

通信作者：李卓元(1993－)，男，硕士生，主要研究项目管理. E-mail：thomaslee6666@163.com

策要求时发现，很多国家设置了关于外国承包商需与本国企业联合投标的规定：如巴基斯坦就规定外国承包企业必须与当地企业组成联营体参加项目投标，纳米比亚对在本国设立办事处的外国投资者有优惠. 因此本文将研究国际 EPC 项目我国承包商在工程所在国的联合体伙伴选择问题，在综合考虑了 EPC 项目的特点和我国承包商的基本情况下，从任务-情境视角建立了评选指标体系，借助模糊推理等方法构建了联合体伙伴选择模型，为我国国际 EPC 承包商提供了一种新的决策方法.

1 联合体的定义及运作模式

1.1 联合体的各国解释

对于联合体的定义，日本把工程建设联合体(Project Contracting Joint Venture, PCJV)规定为：工程承包中，两个以上的事业体通过共同计算来分担收益和损失，经营共同的事业的行为[5]；美国《承包商协会合营指南》中解释为：在工程承包市场中，两个及以上的经营体(例如公司)为完成和实现一个基于盈亏的特殊目标而进行的资产和能力的合营经营；我国有学者把联合体(consortium)定义为：为承包一个工程项目，两个或两个以上的企业之间在平等自愿基础上为追求一定经济目的而实行联合经营的实体[6].

1.2 联合体的分类及运行模式

联合体按照相应组建方式、是否有明确分工界限和是否共负盈亏三个主要区别项可以分为法人型、合伙型以及混合型三种，与 EPC 模式进行结合可得如下概述：

(1)法人型 EPC 模式联合体需在工程所在国注册成立新的经济实体公司，各参与方按照成立合资公司时出资比例来确定盈亏的分配方式. 联合体成员没有分工界限，成员们需要全程参与项目建设因此较其他形式的联合体来说其持续时间最长，有更容易获得外部资金和独立法人的优点，但也有组织形式层级多而灵活性差、日常管理工作事项多、终止合作手续复杂等缺点.

(2)合伙型 EPC 模式联合体是指以合同契约进行组建的组织，不需要成立新的经济实体. 在联合体协议中对 EPC 模式各方承担的任务分工和接口管理工作进行界定，这种情况下利润按照合同中各自承担的工作的多少进行分配，如业主未另行规定，该类型联合体成员仅对自身承担工作进行负责，对其他成员承担有限连带责任. 该类型有组建手续简单、成员之间责任明确且财务透明、易于终止的优点，但也有出现内部争议和利己主义的缺点.

(3)混合型 EPC 模式联合体是一种以法人型联合体为主要框架，在其中的某一流程和某些工序下再由部分合伙人形成合伙型联合体的多层次、跨专业的一种相对复杂的组织形式. 该类型参与者之间的关系因不同组建方式而不同，且成员可能不止一种身份，该类型常见于参与者之前有良好的合作经历且技术难度大、需要强强联手的项目.

综合以上说明，结合我国主要国际承包市场为发展中国家现状，基于风险可控和过程灵活的特点，考虑在 EPC 模式下让不同专业的合作者负责各自擅长领域，并承担有限责任，将研究的类型确定为合伙型联合体.

2 国际 EPC 工程联合体伙伴选择指标体系

2.1 相关文献综述

关于 EPC 模式伙伴的选择问题的研究由来已久，但相关研究的成果还大多局限于定性的分析影响因素和业主对 EPC 总承包商的选择，对于 EPC 模式下的合作伙伴选择的定量研究较少，在合作伙伴指标选择类型上 Brouthers[7] 认为企业在选择合伙人时应该从互补、文化理解、目标一致、风险明确四个维度建立评价指标，Flores[8] 分析了联合体融合的可能性；Singh D[9] 通过实例调研得出选择指标需要考虑：绩效、财务能力、公司潜力等方面，廖开际[10] 提出从差异与互补性、技术能力等方面进行选择、Das T. K[11] 认为信誉和文化协同等因素同样需要考虑吴松强[12] 等、柯洪[13] 等也通过实证分析了个别因素对合作的影响；而对于合作伙伴选择的方法上主要有模糊综合评价法[14]、多目标群决策迭代算法[15] 和粒子群算法[16] 等.

总结现有关于合作伙伴选择的研究结果，存在以下不足：(1)指标体系构建原则大同小异，现有研究缺乏针对不同的模式进行区别化的指标体系构建方法，大多数的指标构建视角都固定于选择方而未对其他因素进行考虑；(2)指标数量过多，有些研究结果给出的指标数量过多，该情况会造成内容的相似和重叠以及实际操作的复杂；(3)选择方法未考虑专家可靠程度，现有的文献都很少考虑决策者做出评价的可靠度.

本文研究对象合伙型联合体中合作伙伴之

间有明确的分工界限，而 EPC 模式的特点又要求各分工之间能有效沟通和协作；这就表明对合作伙伴的选择中不仅要有对专业技术能力的考察，同时也要考虑其合作意愿、与团队契合度等，而 Borman 和 Motowidlo[17] 提出绩效的二维分类，将绩效分为考察对工作熟练掌握程度的任务绩效和考察主动承担自身工作以外推动任务顺利完成的情境绩效的方法对文章的指标体系构建提供了新的思路；韩翼[18]等通过实证分析得出了该分法的合理性；刘亚楠[19]证实了在不同的环境中由任务绩效和情境绩效组成的二因素模型优于整体绩效模型. 由此将从任务-情境视角构建指标体系.

2.2　选择指标体系构建的原则

对国际 EPC 项目，需要在有限的投标准备期完成合作伙伴的选择并与其合作完成投标工作，而本文的选择对象是目标国本地的合作伙伴，一方面与其组成联合体满足基本的投标硬性要求；另外一方面希望在与其的合作中降低部分政治风险和经济风险，在保证与合作伙伴相容性的前提下完成组建工作，借鉴绩效二维因素模型的构建思路，从任务绩效和情境绩效两个维度出发构建得到指标体系. 在指标体系的构建原则上遵循以下基本原则：

(1)相容性最大原则：目前已有学者对企业间合作相容性的作用与重要性进行研究，国际工程 EPC 模式下的各个参与方之间亦存在着合作相容性问题，并且合作相容性的程度决定着工程项目是否能够顺利实施与完成.

(2)任务-情境视角下综合识别原则：本文从任务-情境视角对指标进行识别并构建指标体系，任务指标是对 EPC 项目中联合体伙伴应该具备的硬性指标描述，情境指标是在合作组织中对伙伴的柔性指标方面的要求，通过后文综合识别这些指标完成指标体系构建[20].

(3)简明操作性强原则：对于国际工程 EPC 模式下的合作伙伴选择问题涉及的实际性较强，在指标体系选择的过程中，指标数量的选择应该代表性强，数量适当避免指标内容的遗漏和重叠，同时指标应易获取.

2.3　指标体系的构建过程

本文采用“频次统计→专家调查→体系建立”的研究路线，在大量参阅已有的 EPC 模式相关文献资料统计指标频次基础上得出初级指标体系，通过任务-情境视角下对设计、采购、建造、融资各阶段的能力进行识别，然后采用 Likert 的 5 级量表向涉及 EPC 国际项目的国内设计院、化工企业、电力集团相关从业人员进行问卷调查与访谈，最后回收到有效问卷 126 份，通过 SPSS 23.0 完成问卷信度检测和指标的筛选与优化，在满足指标体系构建原则下得出国际 EPC 项目合作伙伴选择的关键性指标：其中一级指标 8 个，二级指标 26 个. 该指标体系考虑到不同阶段的合作伙伴需要的能力不同，因此在选择的时候应该有针对性的选择不同的任务指标，但是情境指标需要全部考虑.

3　联合体伙伴选择模型构建

Z-number 模糊数由一对有序的模式数(A，B)作为基础进行描述，$A=\{[x,\mu_A(x)]\mid x\in X\}$ 其中 $\mu_A:X\to[0,1]$ 是隶属函数 A，模糊隶属函数值 $\mu_A(x)$ 表述 $x\in X$ 在 A 中的隶属程度，$B=\{[x,\mu_B(x)]\mid x\in X\}$，$\mu_B:X\to[0,1]$. 其中的 A 表示对于评价对象的模糊评价程度，B 表示对于该模糊评价程度的可靠性程度，Z-number 多考虑了评价者评价的真实可靠程度，例如某方案的评价是(中等，较高)，分别就表示了该评价者对该方案的评价为中等，该评价结果的可靠性为较高. 因此，本文建立的基于 Z-number 模糊数模型的步骤如下：

(1)整理评价原始数据.

(2)生成评价过程模糊矩阵. 根据图 2、图 3 中明确的对应原则，将收回的评价专家结果进行相应的语言文字到数学文字的转化.

(3)完成评价结果的矩阵运算.

Z-numbers 模糊数需要经过适当转换以后才可进行计算，参考 Kang B[21] 的做法，转换的过程如下：

①可靠程度 B 的转换：

$$\alpha=\frac{\int x\mu_{\tilde{R}}(x)\mathrm{d}x}{\int \mu_{\tilde{R}}(x)\mathrm{d}x} \tag{1}$$

②α 是一个权重，需要将其与评价结果共同计算完成转换为权重值，转换后的 Z-number 可以表述为：

$$\tilde{Z}^{\alpha}=\{(x,\mu_{\tilde{A}^{\alpha}})\mid \mu_{\tilde{A}^{\alpha}}(x)=\alpha\mu_{\tilde{A}}(x),x\in[0,1]\} \tag{2}$$

③把 $\tilde{Z}^{\alpha}$ 转化为经典模糊数：

$$\tilde{Z}'=\{(x,\mu_{\tilde{Z}^{\alpha}})\mid \mu_{\tilde{Z}^{\alpha}}(x)=\mu_{\tilde{A}}(\frac{x}{\sqrt{a}}),x\in[0,1]\} \tag{3}$$

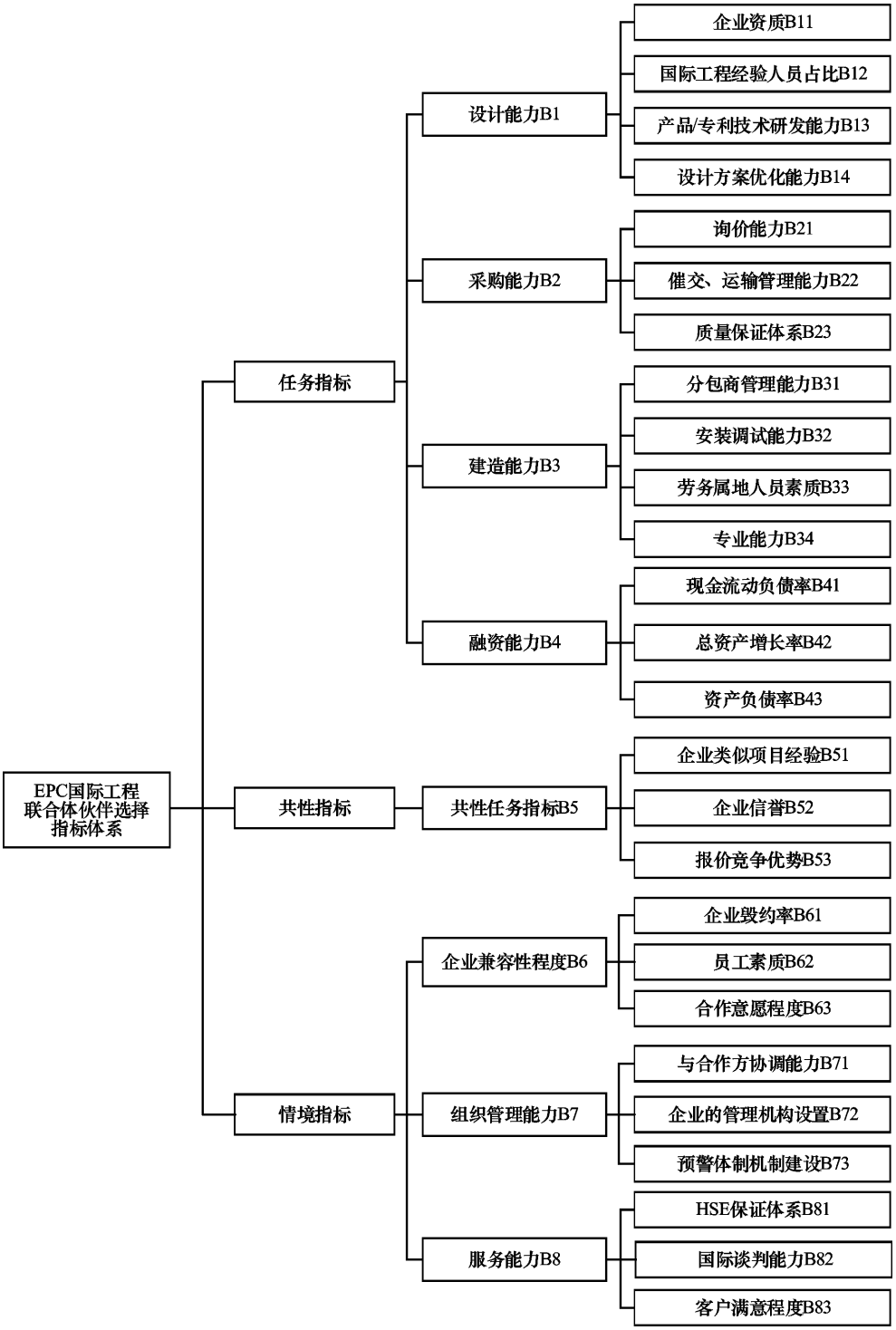

图 1 EPC 国际联合体伙伴选择指标体系

Fig. 1 EPC international consortium partner selection indicator system

按照上述方法对所有的评价结果进行对应的运算后得到评价矩阵：

$$M=\begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{ns} \end{pmatrix} \tag{4}$$

式中，$x_{ij}=(x_{ij}^1,x_{ij}^2,x_{ij}^3,x_{ij}^4)$；$x_{ij}^1=\min\limits_m\{x_{ijm}^1\}$；$x_{ij}^2=\frac{1}{M}\sum\limits_{m=1}^{m}x_{ijm}^2$；$x_{ij}^3=\frac{1}{M}\sum\limits_{m=1}^{m}x_{ijm}^3$；$x_{ij}^4=\max\limits_m\{x_{ijm}^4\}$.

(4)将每个方案的模糊矩阵转化为精确值.

$$K=\frac{x_{ij}^1+x_{ij}^2+x_{ij}^3+x_{ij}^4}{4} \tag{5}$$

(5)指标权重的考虑. 本文指标体系中适用不同情况，各种情况下相应被评价对象的评价结果离散水平不同，所以拟采用熵值法确定指标的权重.

设已整理的评价结果矩阵 $V=(v_{xy})_{n\times s}$，第 y

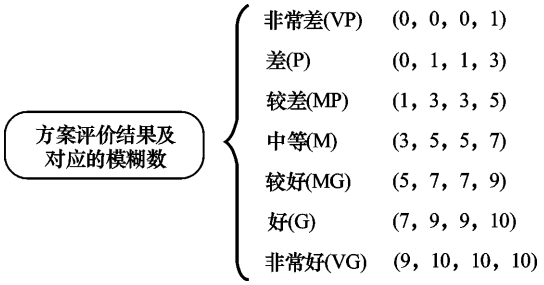

图 2　方案评价结果与对应的模糊数

Fig. 2　Scheme evaluation result and corresponding fuzzy number

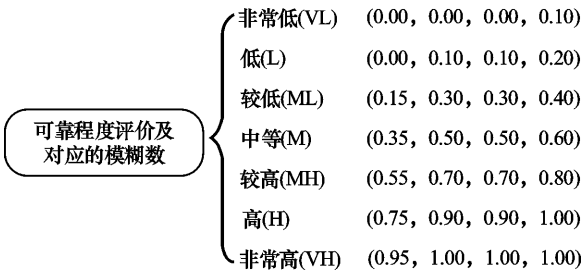

图 3　可靠程度评价与对应的模糊数

Fig. 3　Reliability evaluation and corresponding fuzzy number

项指标的信息熵值为

$$e_y = -K\sum_{x=1}^{n} P_{xy}\ln P_{xy}\ ,\ P_{xy} = v_{xy}/\sum_{x=1}^{n} v_{xy} \quad (6)$$

式中，常数 K 一般取 $1/\ln n$，所以定义 q_y 为第 y 项指标的信息有效值：

$$q_y = 1 - e_y \quad (7)$$

根据多层系统中熵的可加性原则，对下层结构每类指标的信息效用值求和，得到对应于上层结构的各类指标的效用值和，记作 $D_E(k=1, 2, \cdots, E)$，则全部指标效用值的总和 D 为

$$D = \sum\nolimits_E D_E = \sum_{f=1}^{y} d_f \quad (8)$$

$$w_E = D_E/D \quad (9)$$

(6)计算差别度．同一属性 b_y 下不同方案的差别度计算公式如下：

$$d_y(a_g, a_h) = K_y(a_g) - K_y(a_h) \quad (10)$$

其中，当 $K_y(a_g) - K_y(a_h) < 0$ 时，$d_y(a_1, a_2) = 0$.

(7)建立方案优选模型．框架适用优化后的 PROMETHEE 理论，过程中将使用 Mamdani 方法，采用 if-then 语句作为模糊规则的推理过程引入其中，完成优选模型的建立.

(8)根据偏好指数对方案进行排序．对于方案 a_i，其正流记为 $\varphi^+(a_i)$ 表示其优于其他所有方案的程度总和，即：

$$\varphi^+(a_i) = \sum_{r=1}^{n}\delta(a_i, a_r) \quad (11)$$

负流记为 $\varphi^-(a_i)$ 表示其他方案优于方案 a_i 的程度的总和，即：

$$\varphi^-(a_i) = \sum_{r=1}^{n}\delta(a_r, a_i) \quad (12)$$

所以，方案 a_i 的净流为：

$$\varphi(a_i) = \varphi^-(a_i) + \varphi^+(a_i) \quad (13)$$

根据方案净流的大小决定最终排序.

4　算例

F 企业为一家国有企设计院转型后主要承建化工项目的大型企业，在国家鼓励“走出去”的政策下积极拓展国际承包市场，现有意向对一处位于西亚的炼油厂项目进行联合体承包，拟寻找一家当地负责 EPC 工程中采购业务的企业完成联合体投标，经过初期的沟通与洽谈后决定通过优选模型对当地公司 a_1，a_2，a_3 进行筛选．评价过程由三位有丰富国际工程经验的工程师完成初步评价工作，按照指标体系构建原则，选择全部的情境指标和共性指标以及任务指标中的采购能力指标共同构成本次优选的指标体系.

(1)将初步评价结果结合图 2、图 3 建立模糊评价矩阵(将评价结果中的个别指标进行效益化的转化，比如企业毁约率高则其评价结果应该是低)，如表 1 所示.

表 1　模糊评价矩阵

Tab. 1　Fuzzy evaluation matrix

方案	属性	决策者					
		P_1		P_2		P_3	
a_1	企业类似项目经验	好	高	好	高	好	高
	……	……	……	……	……	……	……
a_2	企业信誉	好	高	较好	H	好	高
	……	……	……	……	……	……	……
a_3	员工素质	较好	高	较好	较高	较好	较高
	……	……	……	……	……	……	……

(2)将文字化语言转换为数字类语言. 比如专家1对第1家企业在指标"与合作方协调能力"中的评价根据转换公式(1)得到 $\alpha = 0.68$, 所以根据公式(3)得到的普通模糊数为(2.804, 3.925, 3.925, 5.047), 此步骤完成模糊矩阵的运算过程.

(3)根据得到的模糊矩阵按照公式(5)进行去模糊化得到精确值矩阵.

(4)根据式(6)～(9)计算出15个二级指标的权重后与对应的精确值相乘后得到在一级指标下的矩阵表.

(5)根据式(10)计算出方案之间的差别度(将负数按零处理), 如表2所示.

表2 方案之间的差别度

Tab. 2 Difference degree between programs

方案	对比方案	差别度				
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
a_1	a_2	0.041	0.082	0.142	0.169	0
	a_3	0	0.091	0.505	0.222	0
a_2	a_1	0	0	0	0	0.047
	a_3	0	0.009	0.363	0.053	0
a_3	a_1	0.008	0	0	0	0.067
	a_2	0.049	0	0	0	0.020

(6)利用Matlab软件中的模糊逻辑工具箱, 建立模糊推理编辑系统, 将整个系统定义为一个输入量为十五而输出量为一的系统, 其中输入的变量为 d_1, d_2, …, d_{15}, 输出变量为 $\delta(a,b)$. 输入、输出变量的隶属函数的类型和赋值如表3所示.

表3 各变量的语言值及隶属度函数

Tab. 3 Language value and membership function of each variable

变量	语言值	隶属度函数	
		类型	参数
d_j	低	Gaussmf	[0.04 0]
	中		[0.04 0.1]
	高		[0.04 0.2]
δ	很低	Trimf	[0 1 2]
	低		[1 2 3]
	中等		[2 3 4]
	较高		[3 4 5]
	高		[4 5 5]

模糊规则是建立在输入量 (d_1,d_2,d_3,d_4,d_5) 和输出量 $\delta(a,b)$ 之间的对应关系, 本文在与专家协商一致确定原则后共建立了66条if-then语句类的规则, 例如输入量为(0, 0.091, 0.505, 0.220, 0)则得出 $\delta(a,b)=3.02$, 根据表2中的差别度作为输入量完成运算得到表4.

表4 偏好指数表

Tab. 4 Preference index

方案		$\delta(a_i,a_r)$		
		a_i		
		a_1	a_2	a_3
a_r	a_1	—	2.72	3.02
	a_2	1.45	—	2.64
	a_3	1.55	1.53	—

表 5　正流、负流、净流和排序表

Tab. 5　Positive flow, negative flow, net flow and sort

方案	$\varphi(a_i)$	$\varphi^+(a_i)$	$\varphi^-(a_i)$	排名
a_1	2.74	5.74	3	1
a_2	−0.16	4.09	4.25	2
a_3	−2.58	3.08	5.66	3

(7)根据式(11)-(13)计算方案的正流、负流和净流并根据净流的大小排序得到表 5，计算结果显示得到的方案的排序为 $a_1 > a_2 > a_3$，因此推荐 a_1 为最佳联合体合作伙伴.

5　结语

EPC 总承包模式的广泛使用和我国承包商国际工程市场发展环境让研究与目标国当地企业组成联合体投标 EPC 项目提出需求，本文在总结现有研究的基础上按照组成合伙型联合体的组织架构进行研究，主要完成了：

(1)在综合考虑了对于联合体成员需要具备在融资、设计、采购、建造方面的能力下，从任务-情境的视角下识别指标并构建了选择指标体系，按照任务-情境的视角对 EPC 联合体成员应具备的能力进行了整理和识别，形成了一套能根据不同要求灵活组建的指标体系.

(2)采用了现有研究中鲜有分析评价者可靠程度的模型，引入 Z-number 模糊数理论；通过将模糊推理方法改进到 Promethee 排序中完成对评价对象进行评选. 最后通过案例完成模型验证，算例分析结果显示：该选择模型具有可操作性强，能对评选对象进行合适的排序，为科学合理快速的选择合作伙伴提供了一定的理论依据和实践案例分析.

参考文献　References

[1] 金锐. 国际工程新丝路[J]. 中国外汇，2015(22)：40-43.
JIN Rui. International engineering new silk road[J]. China Forex, 2015(22): 40-43.

[2] 马铁山，那焱. 我国海外 EPC 项目设计管理的问题和对策[J]. 建筑技术，2013，44(3)：258-260.
MA Tieshan, NA Yan. Problems in design management of oversea EPC project and countermeasures[J]. Architecture Technology, 2013, 44(3): 258-260.

[3] 李颂东. EPC 总承包模式设计管理研究[J]. 建筑经济，2012(7)：68-70.
LI Songdong. The investigation on designing management in EPC general contracting Pattern[J]. Construction Economy, 2012(7): 68-70.

[4] 黄胜华. 国际工程项目招投标中存在问题及对策分析[J]. 江西建材，2016(8)：245-245.
HUANG Shenghua. Problems and countermeasures in the bidding of international engineering projects[J]. Jiangxi Building Materials, 2016(8): 245-245.

[5] 王晓强，张坤生，赵冬梅，等. 国内 EPC 工程项目联营体总承包商风险因素研究[J]. 工程管理学报，2012(4)：98-102.
WANG Xiaoqiang, ZHANG Kunsheng, ZHAO Dongmei. Risk factors of the general contractor in domestic EPC joint venture mode[J]. Journal of Engineering Management, 2012(4): 98-102.

[6] 陶冶. 我国工程建设联合体经营管理问题的研究[D]. 合肥：合肥工业大学，2009.
TAO Ye. Research on Management Problem of Business for Engineering Construction Multiplex of China[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2009.

[7] BROUTHERS K D, BROUTHERS L F, WILKINSON T J. Strategic alliances: choose your partners[J]. Long Range Planning, 1995, 28(3): 18-25.

[8] FLORES-FILLOL R, IBANEZ-ZARATE G, THEILEN B. Domestic and international research joint ventures: The effect of collusion[J]. Economics Letters, 2014, 122(1): 79-83.

[9] SINGH D, TIONG R L K. Contractor selection criteria: investigation of opinions of singapore construction practitioners[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2006, 132(9): 998-1008.

[10] 廖开际，易聪. 基于 TRIZ 的企业技术创新能力评价模型[J]. 软科学，2010，24(10)：76-80.
LIAO Kaiji, YI cong. Evaluation model of enterprise technology innovation ability based on TRIZ[J]. Soft Science, 2010, 24(10): 76-80.

[11] DAS T K, HE I Y. Entrepreneurial firms in search of established partners: review and recommendations[J]. International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 2006, 12(3): 114-143.

[12] 吴松强，曹刘，王路. 联盟伙伴选择、伙伴关系与联盟绩效：基于科技型小微企业的实证检验[J]. 外国经济

与管理, 2017, 39(02): 17-35.
WU Songqiang, CAO Liu, WANG Lu. Alliance partner selection, partnership and alliance performance: an empirical study based on technology-based small micro enterprises[J]. Foreign Economics & Management, 2017, 39(02): 17-35.

[13] 柯洪, 甘少飞, 杜亚灵, 等. 信任对 EPC 工程供应链管理绩效影响的实证研究:基于关系治理视角[J]. 科技管理研究, 2015, 35(12): 194-202.
KE Hong, GAN Shaofei, DU Yaling, et al. Research of the impact of trust on EPC construction supply chain management performance[J]. Science and Technology Management Research, 2015, 35 (12): 194-202.

[14] 戴彬, 屈锡华, 李宏伟. 基于模糊综合评价的技术创新合作伙伴选择模型研究[J]. 科技进步与对策, 2011 (1): 120-123.
DAI Bin, QU Xihua, LI Hongwei. Research on a model for choosing cooperation innovation partners based on fuzzy comprehensive evaluation[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2011 (1): 120-123.

[15] 宋波, 徐飞. 基于多目标群决策迭代算法的 PPP 项目合作伙伴选择[J]. 系统管理学报, 2011(6): 690-695.
SONG Bo, XU Fei. Partner-selection in public-private partnership project based on an iterative algorithm for the multi-objective group decision problem[J]. Journal of Systems & Management, 2011(6): 690-695.

[16] SUN W, LIN A, YU H, etal. All-dimension neighborhood based particle swarm optimization with randomly selected neigh- bors[J]. Information Sciences, 2017, 405:141-156.

[17] BORMAN W C. Expanding the criterion domain to include elements of contextual performance [J]. N. schmitt & W. c. borman Personnel Selection in Organizations, 1993: 71-98

[18] 韩翼, 廖建桥. 任务绩效和非任务绩效结构理论研究述评[J]. 管理评论, 2006, 18(10): 41-47.
HAN Yi, LIAO Jianqiao. A review of theoretical research on task performance and non-task performance structure[J]. Management Review, 2006, 18(10): 41-47.

[19] 刘亚楠, 王刚, 陈建成. 任务绩效和关系绩效的研究综述[J]. 经济视角, 2011(21): 3-5.
LIU Yanan, WANG Gang, CHEN Jiancheng. A review of research on task performance and relationship performance[J]. Economic Vision, 2011(21): 3-5.

[20] 李卓元. 我国国际 EPC 总承包商联合体伙伴优选研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2018.
LI Zhuoyuan. Optimization consortium-partner selection research of Chinese international EPC general contractor [D]. Xi′an: Xi′an Univ. of Arch. & Tech., 2018.

[21] KANG B, WEI D, LI Y, etal. A method of converting Z-number to classical fuzzy number[J]. Journal of Information & Computational Science, 2012, 9(3): 703-709.

(编辑 桂智刚)

(上接第 146 页)

[15] 俞卫刚,沈晋明.医院节能改造误解及释疑[J].中国医院建筑与装备,2013,14(4):30-32.
YU Weigang, SHEN Jinming. Misunderstandings and doubts about energy-saving renovation of hospitals [J]. China Hospital Construction and Equipment, 2013, 14 (4): 30-32.

[16] 田伟,李瑞杰,周志仁.上海医院建筑节能改造案例分析[J].建筑科学,2011,27(4):109-114.
TIAN Wei, LI Ruijie, ZHOU Zhiren. Case study on energy-saving renovation of Shanghai Hospital [J]. Architectural Science, 2011, 27 (4): 109-114.

[17] 刘燕敏, 刘飘. 用单位医疗量的能耗密度评价医院能耗水平的研究[J]. 暖通空调, 2016, 46(1):17-20.
LIU Yanmin, LIU Piao. Evaluation of Hospital Energy Consumption Level by Energy Consumption Density of Unit Medical Volume [J]. HVAC, 2016, 46 (1): 17-20.

[18] 魏峥,徐伟,李林涛,等.医院建筑运行能耗能效评价工具[J].中国物业管理,2018(5):62-63.
WEI Zheng, XU Wei, LI Lintao, et al. Energy efficiency evaluation tool for hospital building operation [J]. China Property Management, 2018 (5): 62-63.

[19] 中华人民共和国建设部. 民用建筑热工设计规范[M]. 北京:中国计划出版社, 2016
Ministry of construction of the people's republic of china. Code for thermal design of civil buildings [M]. Beijing: China Planning Publishing House, 2016

[20] 江亿,杨秀. 在能源分析中采用等效电方法[J]. 中国能源, 2010, 32(5):5-11.
JIANG Yi, YANG Xiu. The equivalent electric method is used in energy analysis [J]. China Energy, 2010, 32 (5): 5-11.

(编辑 桂智刚)