doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2018.02.004

基于双向交叉评价的投标方排序模型

黄东宾[1] 陈香[1] 李华文[2] 许慧[1]

1. 重庆邮电大学经济管理学院 重庆 400065;
2. 中国电信股份有限公司云南分公司 昆明 650100

摘 要 本文提出基于双向交叉评价的投标方排序优选模型用于承包商选择决策支持。模型以竞争性双向交叉评价矩阵生成的被动他评值和主动评他值信息，结合熵权 -TOPSIS 方法，分析投标方综合绩效指数，并进一步结合投标方原始报价作为具有自然属性的决策变量，进行成本 - 效益分析，计算综合竞争力指数和排名。本研究将模型应用于一公共基础设施承包商选择决策分析，结果显示，其分析结果与案例实际评标结果相比，表现出兼容性和优越性。

关键词： 竞争情报；多属性决策；交叉评价；评标分析
中图分类号： G350
开放科学（资源服务）标识码（OSID）

An Outranking Model of Bidirectional Cross Evaluation for Contractor Selection

HUANG Dongbin[1] CHEN Xiang[1] LI Huawen[2] XU Hui[1]

1. School of Economics and Management, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China;
2. China Telecom Yunnan Branch, Kunming 650051, China

Abstract This paper proposed an outranking model with bi-directional cross evaluation for contractor selection. The model utilized both the passive rated-value and the active rating-value of each bidder

基金项目： 国家自然科学基金青年基金项目（71601026）；教育部人文社科研究规划基金项目（13YJA630032）；重庆市基础前沿研究计划项目（cstc2017jcyjAX0359）。
作者简介： 黄东宾（1969-），毕业于瑞士苏黎世联邦理工学院，理学博士，教授，硕导，研究方向：数据与决策工程，Email: huangdb_yangtze@126.com；陈香（1991-），硕士研究生，研究方向：决策支持系统；李华文（1975-），硕士，经济师，研究方向：工程项目管理与企业运营管理；许慧（1988-），管理学博士，讲师，研究方向：基础设施风险管理。

which generated from the cross-evaluation matrix, adopted the entropy-TOPSIS method to compute the performance index which avails themselves of cost-benefit analysis by using the natural attribute of bid price. This method yielded an integrated competitiveness index for each bidders, and therefore assists contractor selection practice. We applied this model in a public infrastructure construction project bidding process, the results of the testaments showed that the method generated compatible and improved results compared with the method of current practice.

Keywords：Competitive intelligence; multi-criteria decision making; cross evaluation; tender evaluation

1 引言

竞争性工程招投标过程中，评标方法的有效性对于后续项目执行的质量及完工效率具有重要影响[1]。目前实践流行的评标方法主要是综合评估法，即分别评出技术标和商务标的得分，加权综合，高分赢标的模式。该方法因简便易行被广泛应用，但存在以下缺陷：1）由于招标方具有灵活设置评价指标及其权重选择的权利，因此具有实际内定中标操作的可能性，最终评标结果被预先设计或篡改，简称“设计结果偏见”；2）投标方在评标决策时自然地处于被动评价地位，但由于评标方法的固有缺陷使得投标方的被动评价地位，成为部分投标方对中标结果质疑、不满的主观原因之一[2]，甚至导致潜在纠纷与冲突风险，简称“被动地位偏见”；3）报价在平均价格左右的投标者易中标，而对于其他技术指标相当、成本控制更优秀的投标方反而不利。我们把这个缺陷称之为“平均报价偏见”。

为了解决以上评标方法的缺陷，本文提出应用双向交叉评价矩阵生成的被动他评值和主动评他值信息，计算投标方综合绩效指数；并进一步结合投标方原始报价，计算综合竞争力指数和排名。最后将模型应用于公共基础设施承包商选择决策分析具体案例，检验并讨论其有效性。

2 相关研究现状

目前评标决策问题的研究取得多方位的进展[3-6]，如 Darvish 等[7]用图论及矩阵模型方法对所参与评价的承包商进行排序选择，Xia 等[8]用内容分析法评价设计人员的选择。研究及应用最广泛的是多属性决策模型，Jato-Espino[9]对此进行了较全面的综述。Safa 等[10]提出应用竞争情报分析方法用于支持承包商选择，但尚未给出一个模型化的解决方案。

交叉效率评价模型使得各投标方进行最有利于自身的自评并交互他评，在交叉评价计算环境中得出综合竞争优势，具有综合原始评标数据和主动评价动机的特征。但是大多数研究根据交叉评价矩阵得出的综合评价值，实质为被动他评值，即所有其他竞争者对任一决策单元的评价值，而忽略了交叉评价矩阵另一个维度的信息，主动评他值，即任一决策单元对所

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2018.02.004

有其他竞争者的评价均值所包含的有用信息。

Talluri 等[11]首次提出，主动评他值 (rating value) 能反映特定决策单元所具备的特殊优势，且偏好方向为最小化，即越小越能体现特定决策单元区别于其他决策单元的竞争优势。同时，被动他评值(rated value)的偏好方向为最大化。在处理具有相反偏好方向的双维度信息时，双基点方法 (TOPSIS 方法) 具有同时考虑效益型指标（最大化优化方向）和成本型指标（最小化优化方向）的方法属性。一般的简单加权平均方法对于具有相反偏好方向的指标数据却不适用[12]，双基点方法能满足这种要求，具有规范性、科学性的优势[13]。

另外，由于招投标报价评价方法必须同时限制高价和低价竞标，通常以所有各方未知的一个报价均价为满分基准，偏离基准价则扣分，偏高者多扣，偏低者少扣。这个方法虽具有必要性和合理性，同时也必然地导致中标价格聚集现象，即报价在平均价格左右的投标者易中标，而对于其他技术指标相当、成本控制更优秀的投标方反而不利，简称为“平均报价偏见”。解决这个问题的核心在于，在评标决策方法中，报价在被打分后，其作为价格的自然属性应在评标决策中得以应用。

3 模型方法

本文模型思想是，将被动他评值作为效益型指标，主动评他值作为成本型指标，通过熵权 -TOPSIS 方法计算绩效指数，按照高效益 - 低成本的理性优选原则，将以上综合绩效指数与投标方原始报价结合，再次利用双基点方法分析投标方综合竞争力评价值，作为中标选择依据。模型方法主要由评标数据预处理、被动他评值和主动评他值计算、绩效指数计算，以及投标竞争力指数计算四个步骤构成。

3.1 评标数据预处理

评标专家按照招标方提供的评分细则，在规范的组织和程序下完成评分。通常采取多个专家并行评分的均值，以弱化单个评价主体的影响。按照同类同性质指标可合并的原则，我们将评分细则中原有的u个指标进行指标合并，得维度降低的 u 个指标及相应评分，按 DEA 数据分析规范，分成输入输出指标，并相应地按照以下方法将输入输出数据规范在 [1,2] 区间内，输入数据偏好方向为最小化，输出数据偏好方向为最大化。

令 X_m^F为第 m 个输入指标的满分值，X_{km} 表示任意投标方 k 的第 m 个输入指标的专家评分原始数据，则投标方 k 输入指标 m 与完美评分 (满分) 的差距值 a_{km} 为：

$$a_{km} = X_m^F - X_{km} \tag{1}$$

将以上输入指标的完美差距值进行归一化处理，同时为了避免输入指标达到完美时差距为“0”的计算陷阱（注：输入变量为 DEA 效率计算的分母），我们定义任意投标方 k 的第 m 个输入指标数据 x_{km} 为：

$$x_{km} = 1 + \frac{a_{km} - \min(a_{km})}{\max(a_{km}) - \min(a_{km})} \tag{2}$$

其中 $\max(a_{km})$ 表示所有投标方 k 第 m 个输入指标的完美差异最大值；$\min(a_{km})$ 表示所有投标方中第 m 个输入指标的完美差异最小值。

令 Y_{ks} 表示任意投标方的第 s 个原始输出数据，$\max(Y_{ks})$ 为所有投标方第 s 个输出指标

数值中的最大值，min(Y_{ks}) 为最小值。由于输出指标偏好方向为最大化，则任意投标方的第 s 个输出数据 y_{ks} 可表示为：

$$y_{ks}=1+\frac{Y_{ks}-\min(Y_{ks})}{\max(Y_{ks})-\min(Y_{ks})} \tag{3}$$

3.2 计算被动他评值及主动评他值

考虑一个由 n 个决策单元组成的竞争系统 $\{\mathrm{DMU}_i\}=\{[\mathbf{x}_i,\mathbf{y}_i]\}\in(\Re_+^m,\Re_+^s)$，$i$=1,…,$n$，其中 $\mathbf{x}_i=(x_{1i},...,x_{mi})^{\mathrm{T}}\in\Re_+^m$ 为 m 维非负输入变量，$\mathbf{y}_i=(y_{1i},...,\mathrm{y}_{si})^{\mathrm{T}}\in\Re_+^s$ 为 s 维非负输出变量。

假设：1）所有决策单元的输入输出变量给定，决策单元 DMU_i 在输出和输入变量中分别应用权重向量 $\mathbf{p}_i$ 和 $\mathbf{q}_i$ 评价自己和其他所有决策单元，进行竞争性效率对比。一般地，$E_k^i=\mathbf{p}_i\mathbf{y}_k/\mathbf{q}_i\mathbf{x}_k$ 为 DMU_i 对 DMU_k 的评价值，$E_i^i=\mathbf{p}_i\mathbf{y}_i/\mathbf{q}_i\mathbf{x}_i$ 为 DMU_i 的自我评价，其中，E_j^i 表示决策单元 i 对 j 的评价值，E 的上标为主动评价方，下标为被动评价方。2）在竞争性关系中，所有决策单元的权重选择理性为，最大化自身效率值，同时最小化其他竞争者的评价值。根据 Doyle 和 Green[14]，我们定义最大化自我评价标准如下：

定义 1 最大化自我评价标准 决策单元 i 的最大化自我评价标准 $\mathbf{p}_i^*,\mathbf{q}_i^*$ 满足：

(1) 最大化 $E_i^i=\mathbf{p}_i\mathbf{y}_i$，约束：$\mathbf{q}_i\mathbf{x}_i=1$，$E_i^k\le1$，$\mathbf{p}_i,\mathbf{q}_i\ge0$；

(2) 最小化 $E_\bullet^i=\mathbf{p}_i\sum_{k\ne i}\mathbf{y}_i$，约束为 $\mathbf{q}_i\sum_{k\ne i}\mathbf{x}_i=1$，$\mathbf{p}_i\mathbf{y}_i-E_i^i(\mathbf{q}_i\mathbf{x}_i)=0$，$E_i^k\le1$，$\forall k\ne i$，$\mathbf{p}_i,\mathbf{q}_i\ge0$，其中 $E_\bullet^i$ 表示决策单元 i 对所有其他竞争者的评价值之和。

条件 (1) 求出的 $\mathbf{p}_i^*,\mathbf{q}_i^*$ 一般不唯一，尤其是多输入、输出变量时，条件 (2) 在以上多解集合中，进一步选择有利于自身竞争优势的权重向量。

定义 2 主动评他值 决策单元 DMU_i 的评他值是其应用其最大化自我评价标准对所有其他同行决策单元 DMU_k 的效率评价值的均值，记为 $\alpha_\bullet^i=\frac{1}{n-1}\sum_{k\ne i}^{n}E_k^i$。

定义 3 被动他评值 决策单元 DMU_i 的他评值是其他竞争性同行 DMU_k 对 DMU_i 的效率评价值的均值，记为 $\pi_i^\bullet=\frac{1}{n-1}\sum_{k\ne i}^{n}E_i^k$。

3.3 计算绩效指数

以上交叉评价矩阵的被动他评值与主动评他值构成两维绩效评价矩阵 $\mathbf{H}=\begin{bmatrix}\pi_1^\bullet & \pi_2^\bullet\cdots\pi_n^\bullet\\ \alpha_\bullet^1 & \alpha_\bullet^2\cdots\alpha_\bullet^n\end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$，按照 TOPSIS 双基点多属性评价方法，令 $S_{id}=\frac{w_dH_{id}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}H_{id}^2}}$，其中 i=1,2…n，d=1,2，w_d 是第 d 列指标的权重，得规范化绩效评价矩阵 $\mathbf{S}$。假设决策者对于被动他评值和主动评他值没有主观赋权，本处采用经典的熵权法计算权重。（注：熵权法根据指标信息熵确定指标权重，信息熵越小，隐含信息量越多，其权重越大；反之，信息熵越大，权重越小。这里熵权法确定指标权重的步骤为：第一步，求指标 d 的熵值 $e_d=-1/\ln n\sum_{i=1}^{n}p_{id}\ln p_{id}$，$i$=1,2,…,$n$ 代表评价对象，d=1,2 代表被动他评值或主动评他值指标，其中由两维绩效评价矩阵 H 计算 $p_{id}=H_{id}/\sum_{i=1}^{n}H_{id}$；第二步，依 $w_d=(1-e_d)/\left(2-\sum_{d=1}^{2}e_d\right)$ 求指标 d 的熵权。）

令各属性值最优值构成正理想点 S^+，由于 $S_{i,2}$ 由被动他评值 H_{i2} 即 $\pi_i^\bullet$ 对应转化而来，优化方向为最大化，$S_{i,2}$ 由主动评他

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2018.02.004

值 H_{i2} 即 $\alpha_{\bullet}^{i}$ 对应转化而来，优化方向为最小化，则正理想点 $S^{+}=\{\max S_{i,1},\min S_{i,2}\}$；同理，令各属性值最劣值构成负理想点 S^{-}，则 $S^{-}=\{\min S_{i,1},\max S_{i,2}\}$。

定义 4 绩效指数 主动评他值和被动他评值经规范化处理的两维空间中，投标方 i 的综合绩效指数 $PI_i = D_i^- / \left(D_i^- + D_i^+\right)$，其中 D_i^- 为投标方 i 与负理想点的欧式距离，D_i^+ 为与正理想点的欧式距离，即 $D_i^- = \sqrt{\sum_{d=1}^{2}(S_{id} - S_d^-)^2}$，$D_i^+ = \sqrt{\sum_{d=1}^{2}(S_{id} - S_d^+)^2}$。

3.4 计算投标竞争力指数

将绩效指数 (PI) 与投标报价 (C) 构建成本效益矩阵 $\ddot{\mathbf{E}} = \begin{bmatrix} PI_1 & PI_2 \cdots PI_n \\ C_1 & C_2 \cdots C_n \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$，令 $Z_{id} = \dfrac{w_d \Lambda_{id}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \Lambda_{id}^2}}$，得规范化成本效益矩阵 $\mathbf{Z}$，其中 $i=1,2\ldots n$，$d=1,2$，w_d 是第 d 列指标的权重。招标方对于综合绩效评价指标和报价具有确定的偏好权重赋值，则采用给定的权重赋值。令成本效益分析的正理想点 Z^{+}，由于 $Z_{i,1}$ 由绩效指数（优化方向为最大化）对应转化而来，$Z_{i,2}$ 由成本（优化方向为最小化）对应转化而来，则成本效益正理想点 $Z^{+}=\{\max Z_{i,1},\min Z_{i,2}\}$，负理想点 $Z^{-}=\{\min Z_{i,1},\max Z_{i,2}\}$。

定义 5 投标竞争力指数 在投标报价和绩效指数规范化两维空间中，投标方 i 的综合竞争力指数 $CI_i = \delta_i^- / \left(\delta_i^- + \delta_i^+\right)$，其中 δ_i^- 为投标方 i 的成本效益与其负理想点的欧式距离，δ_i^+ 为与正理想点的欧式距离，即 $\delta_i^- = \sqrt{\sum_{d=1}^{2}(Z_{id} - Z_d^-)^2}$，$\delta_i^+ = \sqrt{\sum_{d=1}^{2}(Z_{id} - Z_d^+)^2}$，$CI_i$ 越高，投标方 i 越具备综合竞争力。

4 模型应用

4.1 工程招投标项目案例

本节选用云南楚雄地区某工程招投标项目作为案例，阐述前述模型的应用及其有效性。招标方为业主委托的第三方专业招标代理单位，业主为云南某大型国有企业，通过资格预审的 33 家投标单位参与评标，计划择优选择 5 家承包商。评标专家组由 7 名评标专家组成，其中 4 位由招标方从外地聘请，减少利益冲突，其中 3 位由业主单位的评标专家组成，所有评标专家依据投标文件，和投标方提供（业主认可）的评标细则逐项并行打分。招标方录入所有按评标细则的逐项打分，将以上 7 位专家的评分数据逐项求均值，各项技术指标得分加总，得技术总评分。按业主要求，商务得分权重 0.6，技术得分权重 0.4，综合加权得投标方的综合评分，由高到低排序确定中标单位。

4.2 指标与数据处理

以上工程项目评标由技术评分与商务评分构成。商务评分按如下规则进行报价评分：令所有有效投标报价的算术平均值为基准价，基准价为满分 100，投标报价比基准价每高 1% 扣 1 分，比基准价每低 1% 扣 0.5 分。技术评分由评标专家参照招标方提供的评标细则，含综合实力、工程施工组织计划、人员及工具配备三方面共 13 项具体指标的评分标准。参照 Watt 等 [15] 关于承包商选择评价指标的研究，构成了承包商 DEA 交叉评价指标体系，如表 1 所示；并依据式 (1)、(2)、(3)，将输入和输出指标数据进行规范处理，得预处理数据如表 2 所示。

表1 承包商DEA交叉评价指标体系

输入指标	变量	输出指标	变量
施工组织计划	x_1	以往业绩	y_1
工程进度管控能力	x_2	项目完工后评价得分	y_2
施工保障措施	x_3	商务得分	y_3
专业化水平 / 能力	x_4		
项目运营可靠性	x_5		

表2 规范化处理后的输入输出指标数据

投标方	输入指标					输出指标		
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3
1	1.22	1.09	1.45	1.14	1.00	2.00	1.00	1.90
2	1.37	1.23	1.48	1.30	2.00	2.00	1.00	1.43
3	1.11	1.04	1.23	1.06	1.00	2.00	2.00	1.90
4	1.23	1.10	1.36	1.14	1.00	2.00	1.00	1.85
5	1.26	1.12	1.45	1.14	1.00	2.00	1.00	1.85
6	1.26	1.16	1.43	1.13	1.00	2.00	1.00	1.87
7	1.40	1.23	1.50	1.23	1.00	2.00	1.00	1.19
8	1.36	1.15	1.39	1.13	1.00	2.00	1.00	1.88
9	1.26	1.03	1.30	1.13	1.11	2.00	1.00	1.91
10	1.17	1.03	2.00	1.03	1.00	2.00	1.00	1.80
11	1.18	1.01	1.32	1.03	1.00	2.00	1.00	1.76
12	1.20	2.00	1.32	1.03	1.00	1.00	1.00	2.00
13	1.19	1.00	1.18	1.16	1.00	2.00	1.00	1.74
14	1.21	1.16	1.30	1.16	1.11	2.00	1.00	1.76
15	1.18	1.12	1.34	1.16	1.11	2.00	1.00	1.86
16	1.17	1.00	1.14	1.00	1.00	2.00	2.00	1.81
17	1.17	1.17	1.34	1.03	1.00	2.00	1.00	1.45
18	1.20	1.16	1.23	1.14	1.00	2.00	1.00	1.85
19	1.12	1.10	1.30	1.14	1.00	2.00	1.00	1.92
20	1.00	1.00	1.05	1.05	1.00	2.00	2.00	1.83
21	2.00	1.64	1.20	1.14	1.00	1.00	1.00	1.17
22	1.06	1.04	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.77
23	1.19	1.14	1.34	1.17	1.00	2.00	1.00	1.00
24	1.22	1.24	1.27	1.16	1.40	2.00	1.00	1.82
25	1.18	1.23	1.25	1.16	1.00	2.00	1.00	1.81
26	1.41	1.15	1.30	1.16	1.00	2.00	1.00	1.70
27	1.24	1.07	1.16	1.23	1.00	2.00	1.00	1.78
28	1.30	1.19	1.18	1.23	1.00	2.00	1.00	2.00
29	1.18	1.15	1.75	1.16	1.00	2.00	1.00	1.62
30	1.19	1.09	1.05	1.16	1.00	2.00	1.00	1.90
31	1.18	1.12	1.14	1.16	1.00	2.00	1.00	1.98
32	1.18	2.00	1.80	1.16	1.00	1.00	1.00	1.38
33	1.19	1.09	1.18	2.00	1.00	1.00	1.00	1.88

注：规范后的输入输出变量的数值范围都在 [1,2] 之间，输入变量偏好方向为最小化，输出变量偏好方向为最大化。

4.3 结果与讨论

4.3.1 模型分析结果

针对预处理好的数据(表2),按前述定义1、2、3，计算所有投标方的主动评他值和被动他评值，分散点图如图1所示。按照 TOPSIS 双基点综合评价方法，由以上主动评他值和被动他评值两个维度的交叉效率评价数据，计算投标方综合绩效指数（如表3），并再次应用 TOPSIS 方法，就投标方原始报价与综合绩效指数，进行成本效益分析，得综合竞争力指数，由高到低进行投标方排序优选（表3）。按招标计划，应选择5家中标单位。

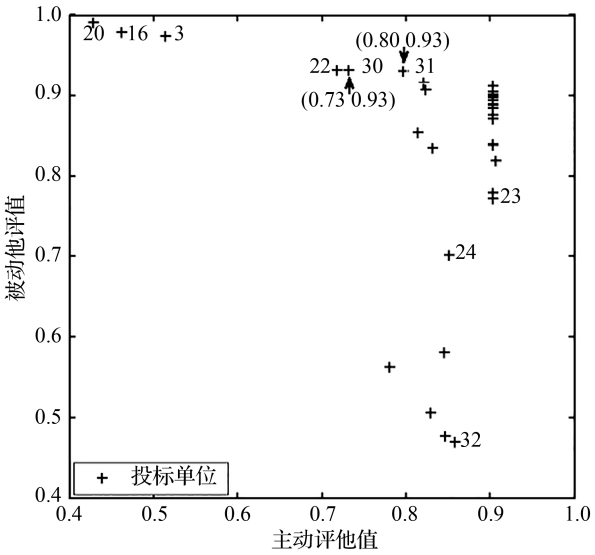

图1 交叉评价的被动他评值与主动评他值双向信息

以上模型选择的投标单位为：20、16、3、22 和 30；招投标官网发布的中标结果公示为：20、3、16、31 和 22。在本案例中，模型选择和实际招标选择的结果仅在投标方 30 和 31 的选择上出现了差异。第 30 家投标方在原始报价和本文提出的双维度交叉效率评价绩效指数上都是优于第 31 家投标方的。相对于招投标

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2018.02.004

实际应用方法，模型选择结果表现出优异的兼容性和优越性，如图 2 所示。

表3 综合竞争力排序

投标编号	绩效指数	报价（元）	综合竞争力
20	1.00	20819877	0.96
16	0.95	22280286	0.90
3	0.89	21344867	0.88
22	0.67	22025423	0.65
30	0.66	20797112	0.65
31	0.61	21341672	0.60
28	0.59	21356723	0.57
13	0.58	22459872	0.55
9	0.54	21639813	0.52
19	0.54	21647781	0.52
8	0.52	20413241	0.52
11	0.53	21878226	0.51
6	0.52	20462007	0.51
18	0.53	21590323	0.51
1	0.53	21630813	0.51
4	0.53	21596490	0.51
27	0.53	22188848	0.51
5	0.52	21953795	0.50
25	0.52	21921937	0.50
15	0.51	21961150	0.49
10	0.51	22012584	0.49
26	0.50	22522983	0.48
29	0.48	22310597	0.45
17	0.48	22620646	0.45
14	0.46	20824481	0.45
7	0.42	23108210	0.39
23	0.41	26001665	0.36
24	0.35	21123399	0.34
33	0.19	20135219	0.24
12	0.21	21368830	0.22
32	0.06	19698924	0.20
2	0.11	24126078	0.09
21	0.07	23961238	0.08

4.3.2 讨论

1) 考虑双向交叉评价信息的必要性

如果按照常规的交叉效率评价，仅依据交叉评价矩阵的列均值一维信息，即被动他评值进行选择，投标方 30 和 31 的被动他评值相同，均为 0.93（如图 1 所示），因而无法选择。但是两者在主动评他值维度上具有差异，分别为 0.73 和 0.80；按照 Talluri[11] 竞争性评他值越小越好的优化逻辑，投标方 30 在某些特定指标上应该较投标方 31 具有比较优势。综合以上交叉效率评价的双维度信息，得投标方 30 的绩效指数为 0.61，投标方 31 的绩效指数 0.56（见表 3）。

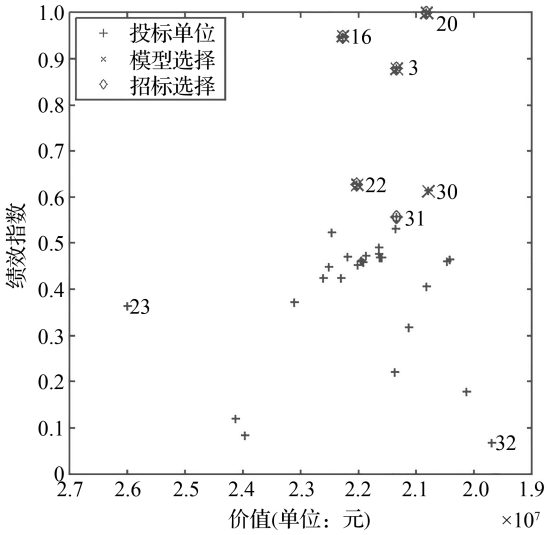

图2 模型选择与招标中标结果的对比

由此可见，综合分析“被动他评值”和“主动评他值”双向交叉评价信息，可以将常规方法所不能区分的决策单元有效地区分开来，显示出基于双向交叉评价信息的必要性，并将丢失的信息在分析中得以应用。

2）成本效益分析的必要性

如前所述，报价评分规则在一定程度上起到控制恶性竞价的作用，但是忽视报价作为具有自然属性的决策变量在成本效益分析中的必要性，同样会造成信息损失。表 4 列示了对第

30 家和 31 家投标方的原始专家打分数据（经指标合并）及其投标报价，以及两个情景假设：情景 1 假设第 30 家投标方提高报价，同第 31 家，因而同商务得分，其他不变；情景 2 假设第 31 家投标方降低报价，同第 30 家报价，其他同。

表4 投标报价在不同评标方法中的影响

	投标方	输入指标					输出指标			报价（元）	招标选择	模型选择
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_3			
原始数据	30	15.43	12.71	14.00	17.71	10	10	7	98.03	20797112		√
	31	15.57	12.29	13.43	17.71	10	10	7	99.47	21341672	√	
情景 1	30	15.43	12.71	14.00	17.71	10	10	7	99.47	21341672	√	√
	31	15.57	12.29	13.43	17.71	10	10	7	99.47	21341672		
情景 2	30	15.43	12.71	14.00	17.71	10	10	7	98.03	20797112	√	√
	31	15.57	12.29	13.43	17.71	10	10	7	98.03	20797112		

对比结果显示，在情景 1 与情景 2 双方价格竞争力一致的情景下，现行评标方法和本文模型分析得出的选择皆为第 30 家，而对于原始数据中第 30 家价格竞争力显著优越于第 31 家的情景，现行评标方法则做出错误判断。原因是评标方法中商务打分规则的限制以及商务得分所占的较大比重，投标方 31 的报价以更接近平均价格水平的“优势”，弥补了其在技术水平上的不足，最终反而赢标；而投标方 30 却因为其成本优势反而拉低了竞争水平。

与此对比，本文模型选择结果表现出更好的决策理性和可靠性。即在报价相同，第 30 家总体技术指标优于第 31 家的两种情景下，模型选择皆为第 30 家，而在第 30 家投标报价更优的实际情景下，继续选择第 30 家。显示将投标报价在进行商务得分评价的同时，作为具有自然属性的决策变量进行成本效益分析的必要性。

5 结论

本文提出基于双向交叉评价的投标方排序优选模型，并验证可有效用于承包商选择决策支持。该模型的贡献在于三个方面：1）应用双向交叉评价产生的“被动评他值”和“主动他评值”信息，分析计算投标方综合绩效指数，克服了以往文献中的被动评价值单向最优化的局限，将丢失的主动评他值信息有效地应用于投标方综合绩效指数的计算；2）将投标方报价与综合绩效指数综合，计算投标竞争力指数；避免了投标报价作为具有自然属性决策变量的信息丢失，有效规避了“平均报价偏见”；3）由于模型采用了双向交叉评价信息，任何针对个别投标方的设计或修改，对结果的影响较难预判；同时投标方的主动评价动机在模型中得以应用，有效地控制或减轻了招标方“设计结果问题”和投标方“被动地位偏见”。

Safa 等 [10] 提出应用竞争性情报分析方法支持承包商选择的思路框架，但未提出具体的数据分析模型。本文在多属性决策领域的交叉评价模型的基础上，提出了双向交叉评价方法，并进一步结合熵权 -TOPSIS 和给定权重 TOPSIS 方法，逐步计算综合绩效指数和投标竞争

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2018.02.004

力指数。为工程招投标投标竞争力的分析、评标数据的智能化分析，提供了可操作的方法支持。

参考文献

[1] San Cristobal J R. Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods[J]. Journal of Construction Engineering and Management-Asce, 2012, 138(6):751-758.

[2] Xiong B, Skitmore M, Xia B, Masrom M A, Ye K H, Bridge A. Examining the influence of participant performance factors on contractor satisfaction: A structural equation model[J]. International Journal of Project Management, 2014, 32(3):482-491.

[3] 王宏，陈宏民，杨剑侠．多维信息招投标中的最优机制及其实施 [J]. 管理科学学报，2010(8):1-14.

[4] 王明喜，谢海滨，胡毅．基于简单加权法的多属性采购拍卖模型 [J]. 系统工程理论与实践，2014(11):2772-2782.

[5] Abbasianjahromi H, Rajaie H, Shakeri E. A Framework for Subcontractor Selection in the Construction Industry[J]. Journal of Civil Engineering and Management, 2013, 19(2):158-168.

[6] Hosny O, Elhakeem A. Simulating the winning bid: A generalized approach for optimum markup estimation[J]. Automation in Construction, 2012, 22(3):357-367.

[7] Darvish M, Yasaei M, Saeedi A. Application of the graph theory and matrix methods to contractor ranking[J]. International Journal of Project Management, 2009, 27(6):610-619.

[8] Xia B, Chen Q, Xu Y L, Li M, Jin X H. Design-Build Contractor Selection for Public Sustainable Buildings[J]. Journal of Management in Engineering, 2015, 31(5).

[9] Jato-Espino D, Castillo-Lopez E, Rodriguez-Hernandez J, Canteras-Jordana J C. A review of application of multi-criteria decision making methods in construction[J]. Automation in Construction, 2014, 45:151-162.

[10] Safa M, Shahi M, Haas C T, Fiander-McCann D, Hipel K, MacGillivray S. Competitive intelligence (CI) for evaluation of construction contractors[J]. Automation in Construction, 2015, 59(11):149-157.

[11] Talluri S, DeCampos H A, Hult G T M. Supplier Rationalization: A Sourcing Decision Model[J]. Decision Sciences, 2013, 44(1):57-86.

[12] Afful-Dadzie A, Afful-Dadzie E, Turkson C. A TOPSIS extension framework for re-conceptualizing sustainability measurement[J]. Kybernetes, 2016, 45(1):70-86.

[13] Singh R K, Murty H R, Gupta S K, Dikshit A K. An overview of sustainability assessment methodologies[J]. Ecological Indicators, 2012, 15(1):281-299.

[14] Doyle J, Green R. Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses[J]. The Journal of the Operational Research Society, 1994, 45(5):567-578.

[15] Watt D J, Kayis B, Willey K. Identifying key factors in the evaluation of tenders for projects and services[J]. International Journal of Project Management, 2009, 27(3):250-260.