

文章编号: 2095-2163(2020)07-0053-04

中图分类号: TP301

文献标志码: A

基于模糊 TOPSIS 的石油钻井物料众包供应方案评价方法

谭蓉, 方明

(西安石油大学 计算机学院, 西安 710065)

摘要: 为提高石油钻井物料供应的效率,降低钻井企业物资供应成本,本文提出基于网络众包的钻井物料供应方式,并针对钻井物料众包供应方案评价的不确定性,采用 TOPSIS 方法,构建基于模糊 TOPSIS 方法的石油钻井物料众包供应方案评价模型和评论系统,实现对钻井物料众包供应商的优化选择。

关键词: 石油钻井; 众包; 模糊 TOPSIS 方法; 物料供应

Evaluation method of crowdsourcing supply schemes of oil drilling materials based on Fuzzy TOPSIS

TAN Rong, FANG Ming

(School of Computer, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

[Abstract] In order to improve the efficiency of oil drilling materials supply and reduce the materials supply cost of drilling enterprises, the paper puts forward the method of drilling materials supply based on network crowdsourcing. In view of the uncertainty of the evaluation of the drilling materials crowdsourcing supply schemes, this paper uses TOPSIS method to build the evaluation system and evaluation model of the oil drilling materials crowdsourcing supply schemes based on Fuzzy TOPSIS, so as to realize the optimal selection of the drilling materials crowdsourcing suppliers.

[Key words] Oil drilling; Crowdsourcing; Fuzzy TOPSIS method; Materials supply

0 引言

石油钻井涉及的钻井物料种类多、型号多、价值高,钻井过程所使用的钻井物料所占钻井成本的比重大,钻井企业根据不同油气井钻探需要,有效进行钻井物料的采购供应是企业降低成本、提高效率的重点。传统的钻井物料供应方式是企业内部自主采购和库存相关物料,存在采购与库存成本高、周期长等问题。本文提出基于网络众包的钻井物料供应方式,重点研究针对钻井物料众包供应方案评价的主观模糊性强的特点,将模糊数学理论与 TOPSIS 方法相结合,构建基于模糊 TOPSIS 方法的石油钻井物料众包供应方案评价指标体系和评价系统,通过对模糊不确定指标的量化处理,确定最佳的石油钻井物料供应众包方。

1 石油钻井物料众包供应方案评价系统总体结构

众包是指一个公司或机构把过去由员工执行的工作任务,以自由自愿的形式,外包给非特定的大众网络的做法,具有低成本生产、联动潜在生产资源、提高生产效率,以及满足用户个性化需求等优势^[1]。随着互联网技术的发展,市场竞争越来越激烈,企业物料供应正逐步从以往依靠内部来进行,转

向通过互联网,依托线上潜在海量的供应商,以网络众包方式参与企业物料供应活动,从而为企业提供更为快捷、节省、高效的物料供应^[2]。

石油钻井企业生产物料供应量和投入资金大,且钻井作业地区地域辽阔、偏远荒芜,具有物料供应成本高、风险大、配送难等特点^[3]。为降低物料供应成本,提高物料供应效率,本文提出采用网络众包模式,借助外部资源实施钻井物料供应,形成基于网络众包的钻井物料供应方式。

在基于网络众包的钻井物料供应中,供应商在众包平台上根据钻井企业物料需求,提供其物料供应方案,参与竞争,争取其方案被采纳,最终使发包方钻井企业实现优质、高效、低成本的物料供应。这一过程中,由于石油钻井作业过程中所使用的钻井器材成本高,钻井材料消耗数量大,且随机不确定,为了有效实现基于网络众包的钻井物料供应,提出构建相应的发包方钻井企业对众包方供应商方案的评价系统,借助该系统遴选优化方案和众包供应商^[4],系统结构如图1所示。

众包供应商针对钻井物料供应需求,通过外部接口,在网络众包平台上提交物料供应方案,系统评

作者简介: 谭蓉(1996-),女,硕士研究生,主要研究方向:管理信息系统;方明(1963-)男,博士,教授,主要研究方向:管理信息系统。

收稿日期: 2020-04-21

价模块依据评价机制对接收到的各众包方的供应方案,由评估专家依据评价指标打分,再基于模糊TOPSIS方法进行评价,最后将评价出的最佳方案保存到相关的数据库中,使钻井企业选择到合适的物料众包供应商。

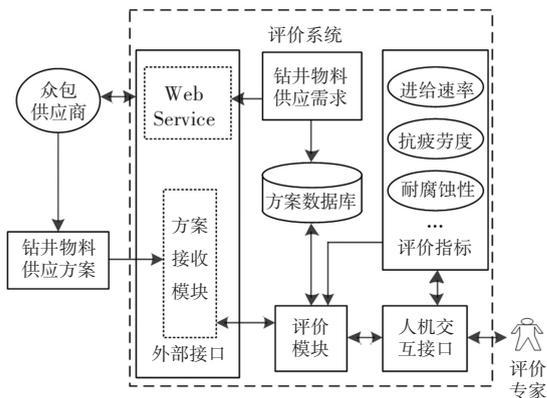


图1 石油钻井物料供应众包供应商评价系统结构图

Fig. 1 Evaluation system structure for oil drilling material supply crowdsourcer

2 基于模糊 TOPSIS 的评估模型的建立

针对石油钻井物料供应众包商方案选择所面临的不确定性,采用模糊 TOPSIS 的方法,构建相应的众包供应方案评价指标体系和评价模型。

2.1 评价指标的构建与处理

TOPSIS 方法是一种接近理想方案的排序法,根据评价对象与理想解、负理想解的距离来衡量对方案的满意度^[5]。模糊 TOPSIS 法则是先将不确定因素进行模糊处理,再根据欧几里得距离来评判方案优劣的多目标决策方法。

模糊TOPSIS的应用,首先需确定相关的评价指标。在石油钻井物料众包供应方案评价时,影响

评估主要需考虑的评价指标包括钻井物料的进给速率、抗疲劳度、耐腐蚀性、关联性和物料设计成本等因素。由于这些评价指标值存在不确定性,因此需要由评价专家将众包供应商方案按上述指标,利用三角形函数对其指标值进行模糊化处理。

定义三角形模糊数 $x = (a, b, c)$, a 和 c 分别为三角模糊数的下界值和上界值,其隶属度函数为,式(1)^[6]:

$$f_i(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ 0, & \text{其他} \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x < c \end{cases} \quad (1)$$

将评估过程中不确定指标值发生程度的大小用五级模糊语言变量“非常低、低、中等、高、非常高”等来表示,根据 Chen 等人提出的转换方法转化成三角模糊数,见表 1。

表 1 模糊变量及模糊数

Tab. 1 Fuzzy variables and fuzzy numbers

模糊语言	三角模糊数
非常低	(0,0.1,0.3)
低	(0.1,0.3,0.5)
中等	(0.3,0.5,0.7)
高	(0.5,0.7,0.9)
非常高	(0.7,0.9,1)

例如,在石油钻井物料众包供应商方案评价系统中,系统综合 3 位专家的五级模糊评估语言对选取的 3 个物料供应成本分别为 1.65 万、1.53 万、1.58 万元的物料供应众包方进行决策评估,初始评估结果见表 2。

表 2 众包方初始评估结果

Tab. 2 Initial evaluation results of crowdsourcer

众包方	专家	进给速率	抗疲劳度	耐腐蚀性	关联性	成本(万)
m1	r1	高	中	高	非常高	1.65
	r2	非常高	高	中	高	
	r3	高	非常高	中	中	
m2	r1	中	高	高	中	1.53
	r2	高	高	高	中	
	r3	中	非常高	中	高	
m3	r1	非常高	高	低	非常高	1.58
	r2	高	高	中	高	
	r3	非常高	中	中	高	

2.2 建立评价模型

(1)评价矩阵规范化。在多属性决策问题的描述中,决策分析主要以决策矩阵为基础。在石油钻井物料供应众包方案评价过程中,需要综合评价方

案与各影响因素之间的关系,建立决策矩阵,按照一定的标准对各方案进行评价选择。

假设众包方个数为 m , 评价指标为 n 个,评价专家为 r 个,建立 $m \times n$ 阶初始模糊评价矩阵 X , 式(2):

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

用三角模糊数 $x_{ijk} = (a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk})$ 来表示第 k 个评价专家对第 i 个钻井物料供应众包方案关于第 j 个指标的模糊评价, 则综合模糊评价矩阵可由式 (3) 得出:

$$x_{ij} = \frac{1}{r} \otimes (x_{ij1} \oplus x_{ij2} \oplus \cdots \oplus x_{ijr}), \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n). \quad (3)$$

将综合模糊矩阵进行清晰化处理, 矩阵中三角模糊数可表示为式 (4):

$$a_{ij} = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r a_{ijk}, b_{ij} = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r b_{ijk}, c_{ij} = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r c_{ijk}. \quad (4)$$

三角模糊数是特殊的梯形模糊数, 可通过式 (5) 将综合模糊矩阵清晰化。

$$x_{ij} = \frac{a_{ij} + 2b_{ij} + c_{ij}}{4}. \quad (5)$$

在多指标综合评价中, 指标值越大、评价越好的为极大型指标, 极小型则为指标值越小、评价越好的指标^[7]。因此, 先对具有不同属性的指标用“倒数逆变换法”进行同趋势化, 再通过式 (6) 对综合模糊矩阵进行归一化, 得到规范化决策矩阵 $Y = [y_{ij}]_{m \times n}$, y_{ij} 表示为各众包方案在第 j 个指标下所占的比重^[8]。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}. \quad (6)$$

在 5 个石油钻井物料供应众包方案评价指标中, 除“成本”之外均为极大型指标, 因此需要将极小型指标“成本”的指标值正向化后, 再通过表 1 中的三角模糊数和公式 (2)、(3)、(4) 可以得到表 3 中的综合三角模糊数。

表 3 综合三角模糊数

Tab. 3 Comprehensive triangular fuzzy numbers

众包方	进给速率	抗疲劳度	耐腐蚀性	关联性	成本
m1	(0.57, 0.77, 0.94)	(0.5, 0.7, 0.87)	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.5, 0.7, 0.87)	0.606 0
m2	(0.37, 0.57, 0.77)	(0.57, 0.77, 0.94)	(0.43, 0.63, 0.83)	(0.37, 0.57, 0.77)	0.653 6
m3	(0.63, 0.83, 0.97)	(0.43, 0.63, 0.83)	(0.23, 0.43, 0.63)	(0.57, 0.77, 0.94)	0.632 9

针对不同量纲的指标, 可用公式 (5) 和 (6) 将综合三角模糊矩阵清晰化, 再计算出石油钻井物料众包供应方案在不同评价指标下的规范化决策矩阵。

$$X = \begin{bmatrix} 0.762 5 & 0.692 5 & 0.57 & 0.692 5 & 0.6 060 \\ 0.57 & 0.762 5 & 0.63 & 0.57 & 0.6 536 \\ 0.815 & 0.63 & 0.43 & 0.762 5 & 0.6 329 \end{bmatrix},$$

$$Y = \begin{bmatrix} 0.355 1 & 0.332 1 & 0.349 7 & 0.342 0 & 0.3 202 \\ 0.265 4 & 0.365 7 & 0.386 5 & 0.281 5 & 0.3 454 \\ 0.379 5 & 0.302 2 & 0.263 8 & 0.376 5 & 0.3 344 \end{bmatrix}.$$

(2) 构造加权规范化矩阵。信息熵可以用来衡量石油钻井物料众包供应商评价系统的随机性, 被定义为 $H(y_j)$, 式 (7); 熵值越大, 系统越稳定, 第 j 个评价指标的熵值为 E_j , 式 (8)^[9]。

$$H(y_j) = - \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij}, \quad (7)$$

$$E_j = \frac{H(y_j)}{\ln m}. \quad (8)$$

利用熵值确定不同评价指标值的变异程度 D_j , 式 (9) 再计算出各个指标的熵权 w_j , 式 (10)。

$$D_j = 1 - E_j, (j = 1, 2, \dots, n), \quad (9)$$

$$w_j = \frac{D_j}{\sum_{i=1}^n D_j}, (j = 1, 2, \dots, n). \quad (10)$$

最后用计算出的指标权重和规范化矩阵构造加权规范化决策矩阵 V , 式 (11):

$$V = [V_{ij}]_{m \times n} = [w_j y_{ij}]_{m \times n}. \quad (11)$$

由公式 (7) ~ 公式 (10) 可计算出石油钻井物料众包供应方案评价指标熵值 E_j 、熵权 w_j 。

$$E_j = (0.9 898, 0.9 972, 0.9 888, 0.9 936, 0.9 995),$$

$$w_j = (0.3 280, 0.0 900, 0.3 601, 0.2 058, 0.0 161).$$

用公式 (11) 构造的石油钻井物料众包供应方案加权规范化决策矩阵为:

$$V = \begin{bmatrix} 0.116 5 & 0.029 9 & 0.125 9 & 0.070 4 & 0.005 2 \\ 0.087 1 & 0.032 9 & 0.139 2 & 0.057 9 & 0.005 6 \\ 0.124 5 & 0.027 2 & 0.095 0 & 0.077 5 & 0.005 4 \end{bmatrix}.$$

(3) 众包供应方案优选排序。决策矩阵加权规范化后, 确定正理想解 V^+ 、负理想解 V^- , 分别由指标中极大三角模糊数和极小三角模糊数组成, 式 (12):

$$V^+ = (V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+), V^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-). \quad (12)$$

从加权规范化决策矩阵中找出极大值和极小值, 组成的正、负理想解分别为:

$$V^+ = (0.035 2, 0.009 3, 0.039 3, 0.021 9, 0.360 9),$$

$$V^- = (0.024 6, 0.007 7, 0.026 9, 0.016 4, 0.120 3).$$

(下转第 60 页)