

多目标决策灰色关联投影法油气回收绩效评价

王卫兵, 王磊, 孙毅

(哈尔滨理工大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 针对现有油气回收方法缺乏量化性比较评价的问题, 采用模糊数学中的灰色系统理论和工程优化中的多目标决策思想, 建立了基于多目标决策的灰色关联投影法油气回收绩效评价模型. 利用该模型对现有四种油气回收方法的指标数据进行综合量化分析, 结果表明, 该模型的量化评价结果与现有文献的非量化评价结果是一致的, 证明模型是有效可信的, 从而为石化企业油气回收的方法选择和方案设计提供决策参考.

关键词: 油气回收; 评价模型; 灰色关联投影法

中图分类号: TP273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2011)01-0094-04

Assessment Model of Economic Performance of Oil Vapor Recovery Based on Grey Relation Projection Method of Multi-criteria Decision

WANG Wei-bing, WANG Lei, SUN Yi

(School of Computer Science and Technology, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract Aiming at the problems that the lack of quantitative comparison evaluation of existing oil vapors recovery methods, the assessment model of economic performance of oil vapor recovery based on grey relation projection method of multi-criteria decision was established by using fuzzy mathematics in the gray system theory and multi-objective decisionmaking ideas in engineering optimization. The model comprehensive quantitative analysis of the indicator data of the existing four kinds of oil vapors recovery methods. The results show that quantitative evaluation of the model is equal to the non-quantitative evaluation of existing literature and prove that the model is effective and credible. Thereby it provides decision-making reference for petrochemical enterprises to select gasoline vapors recovery methods and design scheme.

Key words oil vapor recovery; assessment model; grey relation projection method

0 引 言

油气回收绩效评价模型的理论研究意义在于通过对油气回收的效益进行经济性评价研究, 从而进一步完善油气回收装置的设计, 以实现优化油气回收装置、提高油气回收效率的总体目标.

在石油的开采、炼制、储运、销售及应用过程中,

液态轻组分汽化, 造成油品的蒸发损耗, 进而带来了油品数量减少、经济损失、环境污染、影响人类健康和安全等一系列危害^[1]. 可见在当今油品收发作业日益频繁及能源日益紧张的情况下, 在加强管理的同时, 开展油气回收工作非常必要.

现有的油气回收方法有很多种, 国内主要有吸附法、吸收法、膜分离法及冷凝法油气回收技术^[2]. 对各种油气回收方法的优缺点进行比较的资料有很

多,但都缺乏量化性,很难为各企业在选择何种油气回收方法中提供可供参考的依据。作为一个石油企业最终选择何种油气回收方法,必然有其一定的价值取向。因此,本文采用基于多目标决策的灰色关联投影法模型为油气回收方法的绩效进行量化评价^[3-5]。最终得出结论,以供今后各个石油企业在实施其油气回收改造过程中作为参考。

1 基于多目标决策的灰色关联投影法模型的建立

1.1 问题的条件及设定

定义 1 设决策问题中待评价的方案有 n 个,即 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; 评价因素指标有 m 个,即 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$; 方案 x_i 关于第 j 个因素指标 v_j 的指标值(属性值)用 $y_{ij} = (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 表示; 则 n 个方案中的 nm 个指标值所构成的矩阵 $Z = (y_{ij})_{n \times m}$ 称为方案集对指标集的评价矩阵, 全部分析的数据信息都是从该数据矩阵中获得的^[6]。

其中常见的指标类型一般有效益型指标、成本型指标和适中值型指标等。所谓效益型指标是指指标值越大越好的指标,比如资金值率,资金利税率,全员劳动生产率等; 所谓成本型指标是指指标值越小越好的指标,比如流动资金占用率,流动资金的周转天数等; 所谓适中值型指标是指指标值既不能太大,也不能太小,恰好是适中的指标值^[7]。

1.2 决策矩阵及其初始化

定义 2 设决策问题的方案集合为 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 指标集合为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, 记相对理想决策方案 x_0 对指标 v_j 的属性值为 y_{0j} , 且满足: 当因素指标 v_j 为效益型指标时, $y_{0j} = \max(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj})$, 当因素指标 v_j 为成本型指标时, $y_{0j} = \min(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj})$, 当因素指标 v_j 为适中值型指标时, $y_{0j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{ij}$, 则称矩阵 $Y = (y_{ij})_{(n+1) \times m} (i = 0, 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$ 为方案集 X 对指标集 V 的决策矩阵^[8]。

由于决策问题中的各个指标间的量纲不同, 指标值的数量级相差也很大, 所以在决策前, 必须对原始数据(指标值)进行无量纲处理, 用以消除量纲和量纲单位所带来的不可公度性, 使各指标之间具有可比性。

定义 3 用序列 y 的初值(第一个数) $y(1)$ 去除序列 y 中的每一个数, 从而得到一个新序列的方法

叫初值化生成。记初始化生成为 $NGO: y \rightarrow y'$ 。
所有初值化序列无量纲, 且有公共交点 $y_i(1) = 1$ 。
定义 4 令

$$y'_{ij} = \begin{cases} \frac{y_{ij}}{y_{0j}}, & i \in I_1 \\ \frac{y_{0j}}{y_{ij}}, & i \in I_2 \\ \frac{\min\{y_{ij}, y_{0j}\}}{\max\{y_{ij}, y_{0j}\}}, & i \in I_3 \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

其中 I_1, I_2, I_3 分别表示效益型、成本型和适中值型指标值的下标集合, 称矩阵 $Y' = (y'_{ij})_{(n+1) \times m}$ 为矩阵 $Y = (y_{ij})_{(n+1) \times m}$ 的初始化矩阵。显然, 经过初值化处理以后, $y'_{0j} = 1 (j = 1, 2, \dots, m)$, $x'_0 = (y'_{01}, y'_{02}, \dots, y'_{0m}) = (1, 1, \dots, 1)$, 即为理想方案^[9]。

1.3 方案的关联度计算

理想方案 x_0 用向量 $x'_0 = (y'_{01}, y'_{02}, \dots, y'_{0m}) = (1, 1, \dots, 1)$ 表示, 待评方案 x_i 用向量 $x'_i = (y'_{i1}, y'_{i2}, \dots, y'_{im})$ 表示, y'_{0j} 与 y'_{ij} 分别为 x'_0 与 x'_i 的第 j 点的数值, 则定义 x'_0 与 x'_i 在第 j 点的关联系数为 $r_j(x'_0, x'_i)$, 简记为 r_{ij} , 其计算公式为

$$r_{ij} = \frac{\min_{i \in I_1} \min_{j \in I_1} |y'_{ij} - y'_{0j}| + \rho \max_{i \in I_1} \max_{j \in I_1} |y'_{ij} - y'_{0j}|}{|y'_{ij} - y'_{0j}| + \rho \max_{i \in I_1} \max_{j \in I_1} |y'_{ij} - y'_{0j}|} \quad (2)$$

其中, 常数 ρ 称为分辨率系数, $\rho \in (0, 1)$ 。它的作用在于调整比较环境的大小。当 $\rho = 0$ 时, 比较环境消失; $\rho = 1$ 时, 比较环境“原封不动”地保持着。通常取 $\rho = 0.5$ 其意义是消弱最大绝对差数值太大引起的失真, 提高关联系数之间的差异显著性^[9]。

1.4 因素指标权重的确定

设评价指标间的加权向量为 $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T > 0$ 。 W 的确定方法有主观、客观赋权法两大类。 本文由专家对回收方案的评价指标 $v_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 进行两两比较, 由比较的结果确定其判断矩阵 B , 有

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

评价指标 $v_1, v_2, \dots, v_m$ 权重为 $w = [w_1 w_2 \dots w_m]$, 应用权的最小平方方法有

$$Cw^T = \omega \quad (4)$$

其中: $\omega = [-\lambda \quad -\lambda \quad \dots \quad -\lambda]^T$

$$C = \begin{bmatrix} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 1}}^m b_{i1}^2 + m - 1 & -(b_{12} + b_{21}) & \cdots & -(b_{1m} + b_{m1}) \\ -(b_{21} + b_{12}) & \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq 2}}^m b_{i2}^2 + m - 1 & \cdots & -(b_{2m} + b_{m2}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(b_{m1} + b_{1m}) & -(b_{m2} + b_{2m}) & \cdots & \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq m}}^m b_{im}^2 + m - 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

又

$$w_1 + w_2 + \cdots + w_m = 1 \quad (6)$$

故权重 w 和系数 即可由式 (4)、(6)求得^[3].

1.5 计算加权灰色关联度

定义 5 称由 $(n+1)m$ 个 r_{ij} 组成的矩阵称为多目标灰色关联度判断矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} r_{01} & r_{02} & \cdots & r_{0m} \\ r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

灰色关联度判断矩阵之所以要这样建立是鉴于如下的考虑,即一个设计方案是由 m 个因素指标所确定的,它构成 m 维因素指标空间 V 中的一个离散的方案点,进行多目标决策,就是比较空间 V 中各个方案点与理想方案点的关联度.由于灰色关联度分析对数据分布类型及变量之间的相关性无特殊要求,适用于信息不完全确知的小样本系统,因此,对企业的绩效评价具有一定的优势^[10].

表 1 四种油气回收方法的评价指标值

回收方法	仪器投资 /万元	能耗 $J/(kW \cdot h/m^3)$	工作效率 %	回收量 /t	使用寿命 /年	维修保养 /万元	环境影响 %	安全性 %
吸附法	567	0.2	98	1 536	35	16	85	82
吸收法	513	0.6	95	1 264	30	18	80	88
冷凝法	507	0.5	94	1 095	25	20	90	92
膜法	713	0.4	97	1 379	30	22	80	87
理想方法	400	0.1	100	1 600	40	15	60	100

注:理想方法的属性值是在调研所得数据基础上的,选择目前还不能达到,但经过不断地研究和方法改进,有望达到的装置优化属性值.

2.2 油气回收方法评价指标矩阵的建立和规范化

根据表 1中的四种油气回收方法和理想回收

1.6 决策模型

定义 6 记为一组新的因素指标权值矢量,称其为灰色关联投影权值矢量.且满足下式:

$$\sigma_j = \frac{w_j^2}{\sum_{j=1}^m w_j^2}, \quad j = 1, 2, \cdots, m \quad (8)$$

则称决策方案 x_i 在理想方案 x_0 上的投影值为灰色关联投影值 D_i ,有

$$D_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} \sigma_j = \sum_{j=1}^m r_{ij} \cdot \frac{w_j^2}{\sum_{j=1}^m w_j^2}, \quad i = 1, 2, \cdots, n \quad (9)$$

经过以上步骤,就可以得到各个决策方案的投影值 D_i .最后,根据这些投影值的大小,对多指标的各个决策方案就可以作出科学的排序、比较和分析.投影值越大,说明该决策方案与理想方案越接近,则该方案就越优秀^[8].

2 油气回收绩效评价

2.1 油气回收技术评价的指标选择

石油企业作为一个盈利性企业,它具有其商业的一般特性,即追求利润的最大化.因此,对各种油气回收方法进行比较所要选择的指标应该从经济学和安全角度进行综合考虑,则主要有装置的仪器投资、能耗、工作效率、回收量、使用寿命、维修保养、环境影响及安全性这八项指标.通过向已经实施油气回收装置安装的部分石油企业和国内各主要油气回收装置生产或销售厂家针对上述八项指标进行了调研,经过分析统计,最后得出四种油气回收技术和理想技术的评价指标值,数据如表 1所示.

方法的数据,可得到方案集对指标集的决策矩阵 Y :

$$Y = \begin{bmatrix} 567 & 0.2 & 98 & 1\,536 & 35 & 16 & 85 & 82 \\ 513 & 0.6 & 95 & 1\,264 & 30 & 18 & 80 & 88 \\ 507 & 0.5 & 94 & 1\,095 & 25 & 20 & 90 & 92 \\ 713 & 0.4 & 97 & 1\,379 & 30 & 22 & 80 & 87 \\ 400 & 0.1 & 100 & 1\,600 & 40 & 15 & 60 & 100 \end{bmatrix} \quad (10)$$

在油气回收技术的评价指标中, 仪器投资、能耗、维修保养费用 and 环境影响是属于越小越好的成本型指标; 而工作效率、回收量、使用寿命和安全性则属于越大越好的效益型指标. 这些指标往往具有不同的量纲, 且数值间的差异较大. 为了消除它们对决策结果的影响, 需要对决策矩阵 Y 作初值化处理, 转化为规范化矩阵 Y' . 因此, Y 的初始化解矩阵为:

$$Y' = \begin{bmatrix} 0.705\,5 & 0.50 & 0.98 & 0.96 & 0.875 & 0.94 & 0.71 & 0.82 \\ 0.779\,7 & 0.17 & 0.95 & 0.79 & 0.750 & 0.84 & 0.75 & 0.88 \\ 0.789\,0 & 0.20 & 0.94 & 0.68 & 0.625 & 0.75 & 0.67 & 0.92 \\ 0.561\,1 & 0.25 & 0.97 & 0.86 & 0.750 & 0.68 & 0.75 & 0.87 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

2.3 油气回收技术评价指标权重的确定

由各个石油企业将近二十名油气回收方面的专家对油气回收方法的八项评价指标进行了两两比较并打分, 对比较的结果进行统计得到指标权重的判断矩阵. 利用式 (5) 对判断矩阵进行运算, 再利用式 (4) 和式 (6), 采用权的最小平方方法得到权重系数方程组, 通过线性方程组的规划求解得出加权系数如下:

$$w = [0.065\,2 \quad 0.080\,3 \quad 0.092\,5 \quad 0.143\,7 \quad 0.100\,8 \quad 0.022\,1 \quad 0.315\,2 \quad 0.180\,2] \quad (12)$$

根据式 (8) 可以得到一组新的加权矢量, 即灰色关联投影权值矢量 σ_j .

$$\sigma_j = [0.010\,0 \quad 0.015\,1 \quad 0.020\,0 \quad 0.048\,4 \quad 0.023\,8 \quad 0.001\,2 \quad 0.232\,6 \quad 0.076\,0]$$

2.4 关联度系数的确定

对式 (11) 进行 $y_{0j} - y_{ij}$ 的操作, 得到:

$$\bar{y} = \begin{bmatrix} 0.294\,5 & 0.50 & 0.02 & 0.04 & 0.125 & 0.06 & 0.29 & 0.18 \\ 0.220\,3 & 0.83 & 0.05 & 0.21 & 0.250 & 0.16 & 0.25 & 0.12 \\ 0.211\,0 & 0.80 & 0.06 & 0.32 & 0.375 & 0.25 & 0.33 & 0.08 \\ 0.438\,9 & 0.75 & 0.03 & 0.14 & 0.250 & 0.32 & 0.25 & 0.13 \end{bmatrix} \quad (13)$$

由式 (13) 可得

$$\max_{1 \leq i \leq 41} \min_{1 \leq j \leq 8} (y_{0j} - y_{ij}) = 0.83 \quad (14)$$

$$\min_{1 \leq i \leq 41} \min_{1 \leq j \leq 8} (y_{0j} - y_{ij}) = 0.02 \quad (15)$$

将此结果和分辨率系数 $\rho = 0.5$ 代入下面公式:

$$r_{ij} = \frac{\min_{1 \leq i \leq 41} \min_{1 \leq j \leq 8} (y_{0j} - y_{ij}) + \rho \max_{1 \leq i \leq 41} \max_{1 \leq j \leq 8} (y_{0j} - y_{ij})}{(y_{0j} - y_{ij}) + \rho \max_{1 \leq i \leq 41} \max_{1 \leq j \leq 8} (y_{0j} - y_{ij})} \quad (16)$$

得关联系数:

$$r_{ij} = \frac{0.435}{(y_{0j} - y_{ij}) + 0.415} \quad (17)$$

由式 (13)、(17) 可得灰色关联度判断矩阵 R , 即

$$R = \begin{bmatrix} 0.613\,1 & 0.475\,4 & 1.000\,0 & 0.956\,0 & 0.805\,6 & 0.915\,8 & 0.617\,0 & 0.731\,1 \\ 0.684\,7 & 0.349\,4 & 0.935\,5 & 0.696\,0 & 0.654\,1 & 0.756\,5 & 0.564\,1 & 0.813\,1 \\ 0.694\,9 & 0.358\,0 & 0.915\,8 & 0.591\,8 & 0.550\,6 & 0.564\,1 & 0.583\,9 & 0.878\,8 \\ 0.509\,4 & 0.373\,4 & 0.977\,5 & 0.783\,8 & 0.654\,1 & 0.591\,8 & 0.564\,1 & 0.798\,2 \end{bmatrix} \quad (18)$$

2.5 计算各个决策方案在理想方案上的投影值

在已经得到灰色关联度判断矩阵 R 和一组新的加权系数 σ_j 的基础上, 最后根据公式 (9), 计算得出各个方案的投影值.

$$D_i = [0.169\,8 \quad 0.155\,9 \quad 0.153\,5 \quad 0.158\,3]$$

2.6 油气回收方法评价结果及分析

由上述计算得到四种油气回收方法决策方案在理想方案上的投影值见表 2

表 2 4 种油气回收方法的投影值

油气回收技术	投影值 D_i
吸附法	0.169 8
吸收法	0.155 9
冷凝法	0.153 5
膜法	0.158 3

由表 2 可知, 四种油气回收方法的综合绩效优先顺序为: 吸附法, 膜法, 吸收法, 冷凝法. 因此, 对整个油气回收方案来说, 吸附法为最优的油气回收方法, 膜法次之. 各个石化企业可以根据自身的条件, 通过计算得出适当的油气回收方法, 采取其中的一种或几种方法相结合的方式对油气回收.

实验证明, 该油气回收绩效评价模型结论与现有文献的非量化评价结论一致. 并且该模型具有普适性, 简单易行, 可操作性强且更客观, 易于推广, 具有较强的现实意义.

3 结 语

多目标决策灰色关联投影法综合分析了油气回收绩效评价模型的整个因素指标空间的影响, 尤其是在因素指标值样本量少而且数据离散的情况下, 它能 (下转第 101 页)

5 结 语

分割和增强是指纹图像预处理必不可少的部分, 本文采用分形维数区分前景和背景得到较好的效果, 同时用简化的 Gabor 滤波模板对指纹逐点滤波, 提高处理速度. 对断裂处的指纹脊线有很好的修复效果, 为后面的二值化和细化处理奠定基础.

参 考 文 献:

[1] CHEN F, ZHOU J, YANG C. Reconstructing Orientation Field from Fingerprint Minutiae to Improve Minutiae Matching Accuracy [J]. IEEE Transactions on Image Processing 2009 18(7): 1665–1670.

[2] 苑玮琦, 刘兆悦. 自适应的基于 Gabor 函数的指纹图像增强算法[J]. 激光与红外, 2008, 38(8): 844–848

[3] 徐坚江, 卢建刚. 基于 Gabor 滤波器和广义对称变换的指纹增强算法[J]. 江南大学学报, 2008 7(3): 255–257.

[4] 乌旭, 胡家升, 梁殿亮. 基于区域分割的指纹奇异性检测及中心点计算[J]. 光学精密工程, 2006 14(2): 229–235.

[5] SUN H, LAM K, GOLIMANN D. Efficient Fingerprint Code Classification [J]. IEEE Transactions on Information and Systems 2008 E91–D(5): 1252–1260

[6] 田杨. 精确直方图规定化[D]. 山东大学, 2008: 16–18

[7] 王小侠. 基于分形维数和小波图像的编码[J]. 江苏理工大学学报, 2006 22(6): 3–5

[8] KELLER J, CROWNOVER R, CHEN S. Texture Description and Segmentation through Fractal Geometry [J]. Computer Vision Graphics and Image Processing 1989, 45: 150–160.

[9] 毛克明, 王国仁, 于长永, 等. 一种改进的基于 Gabor 小波的指纹增强算法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2009 30(1): 46–49.

[10] DE GONZAGA S L O, VEDIA F, CONCEIA. An Approach for Enhancing Fingerprint Images Using Adaptive Gabor Filter Parameters [J]. Pattern Recognition and Image Analysis 2008 18(3): 497–506

(编辑: 付长纓)

(上接第 97 页)

够避免只将各个方案的单个因素指标值进行比较而引起的偏差, 全面地分析了各个指标间的相互关系, 反映了整个因素指标空间的影响.

本文采用模糊数学中的灰色系统理论和工程优化中的多目标决策思想, 建立了基于多目标决策的灰色关联投影法油气回收绩效评价模型. 利用该模型对现有的四种油气回收方法的指标数据进行综合量化分析, 结果表明, 吸附法最优, 膜法次之. 评价结果与现有文献的非量化评价结果是一致的, 证明模型是有效和可信的, 从而为石化企业油气回收的方法选择和方案设计提供决策参考. 油气回收的绩效还会受到环境的影响, 故各个地区的石化企业需根据当地的具体情况, 利用上述的计算方法进行综合考虑来决定最适合的油气回收方法.

参 考 文 献:

[1] 李荣强, 刘国荣, 周季乾, 等. 油气回收技术的研究现状[J]. 过滤与分离, 2009, 19(3): 45–48

[2] 侯德毅. 浅谈油气回收技术[J]. 油气田地面工程, 2009, 28(9): 85

[3] 庞庆, 闫洪国. 灰色关联系数理想决策方法研究[J]. 机械设计与研究, 2008 24(2): 19–24

[4] 杨开云, 冯卫, 王亮, 等. 多目标决策灰色关联投影法在建筑工程投资决策中的应用[J]. 四川建筑科学研究, 2009 35(5): 311–314

[5] 王广月, 刘建. 基于组合权重的灰色关联度方案决策模型及其应 [J]. 工业建筑, 2004 34(4): 61–65.

[6] 李秀红. 基于灰色关联度的多目标决策模型与应用 [J]. 山东大学学报: 理学版, 2007 42(12): 33–36

[7] 方志耕, 刘思峰, 朱建军, 等. 决策理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2009 1–120

[8] 吕锋, 崔晓辉. 多目标决策灰色关联投影法及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2002 22(1): 103–107.

[9] 邓聚龙. 灰理论基础 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003 87–437.

[10] 孙伟. 基于灰关联分析的上市公司绩效评价 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2006 11(1): 60–62

(编辑: 付长纓)