

油田开发调整方案的多指标群体综合评价方法及应用

潘玉厚,姚 爽,郭亚军

(东北大学 工商管理学院,沈阳 110004)

摘要:本文结合油田开发调整方案优选的多指标特征及群体评价特征,提出了一个多指标群体综合评价方法。该方法在序关系分析法的基础上,通过定义基于向量的诱导有序加权平均(V-IOWA)算子来确定专家群体的指标权重,进而得到专家群体的方案综合评价结果。最后,给出一个应用实例以说明该方法的有效性。

关键词:油田开发调整方案;群体综合评价;序关系分析法;V-IOWA 算子

中图分类号:C931 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-980X(2010)03-0031-04

油田开发调整是指在油田开发进入递减期后,为了延缓产量递减、保持产量相对稳定而采取的措施。这些措施包括井网调整、开发方式调整、层系调整、综合调整等。如不采取开发调整措施,大多数油田的稳产期只有3~5年。因此,油田开发调整是油田开发过程中一项非常重要的工作^[1]。已有研究对油田开发调整方案的评价多运用经济评价方法^[2-3]。如文献[2]针对油气田开发调整项目的技术特点和现金流分布,基于项目价值贡献的理论,分别采用增量成本收益法和增量贴现现金流量法建立评价模型,对开发调整项目进行了评价;文献[3]分析了油田开发加密调整的增产效果模式,并研究了现金流增量的分布模式和相应的经济评价指标及指标间关系的特点。油田开发调整需要考虑的因素很多,要做到全面考虑各种因素、合理取舍方案,就有必要对各油田开发调整方案做出全面的综合评价。而已有研究中运用多指标综合评价方法对油田开发调整方案进行评价则较少见,所采用的方法则主要是层次分析法(analytical hierarchy process, AHP)和群组层次分析法^[1,4]。本文在序关系分析法^[5]的基础上,提出一种油田开发调整方案的多指标群组综合评价方法,并与群组层次分析法进行比较,分析所提出方法的特点。然后,进行油田开发调整方案评价的应用例分析。

1 油田开发调整方案评价指标体系

油田实施开发调整方案的主要目标包括提高采油速度、采收率;减缓产量递减速度,保持相对稳产;提高投资效益等。因此,可从开发效果、经济效益和成本费用3方面,建立油田开发调整方案评价的指标体系。油田开发效果由最终采收率、综合递减率、采油速度3项指标构成;经济效益由净现值、内部收益率、利润总额、投资回收期4项指标构成;成本费用由总投资、吨油成本2项指标构成。油田开发调整方案评价指标体系的层次结构如图1所示^[1]。

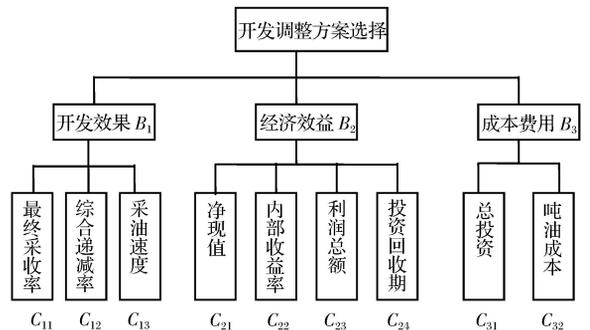


图1 油田开发调整方案评价指标体系

2 调整方案的多指标群组综合评价

评价指标权重的确定是综合评价的一个核心问

收稿日期:2010-01-16

基金项目:辽宁省财政科研基金项目(2007B002)

作者简介:潘玉厚(1972—),男,辽宁辽阳人,东北大学博士研究生研究方向:综合评价与决策支持;姚爽(1982—),女,辽宁盖州人,东北大学博士研究生,研究方向:综合评价与决策支持;郭亚军(1952—),男,辽宁开原人,东北大学教授,博士生导师,研究方向:综合评价与决策支持、技术经济。中国技术经济研究会会员登记号:1030800597S。

题。在多指标群组综合评价中,通常是群组成员分别对评价指标表达偏好信息,然后将单个群组成员的评价指标偏好信息进行集结,形成群体的指标偏好。具体思路为:单个群组成员采用序关系分析法,分别给出每一层次指标的偏好,计算单个群组成员相应层次指标权重系数;定义一个基于向量的诱导有序加权平均(V-IOWA)算子,集结单个群组成员的指标权重系数,得到群体的指标权重系数。

2.1 单个群组成员评价指标权重的确定

在指标权重确定方法上,层次分析法^[6]受到了广泛的关注,但其存在以下几方面不足:构建判断矩阵的计算量大、判断矩阵需要通过一致性检验、比较判断的因素一般不超过 9 个。本文运用文献^[5]提出的序关系分析法(G 法)确定指标权重。该方法的特点是不借助判断矩阵,从而回避了判断矩阵的一致性检验问题;比较判断的计算量小,判断因素个数无限制等。

序关系分析法赋权包括 3 个基本步骤:确定指标 x_1, x_2, \dots, x_m 的序关系;给出 x_{k-1} 与 $x_k (k = 2, 3, \dots, m)$ 之间的相对重要程度的比较判断;计算权重系数 $w_k (k = 1, 2, \dots, m)$ ^[5,7]。

1) 确定指标序关系。

假设有 L 位专家共同对油田开发调整方案进行评价,专家对指标体系中某一层指标 x_1, x_2, \dots, x_m 分别给出了序关系,不妨记第 $l (l = 1, 2, \dots, L)$ 位专家给出的序关系为 $x_{l1} > x_{l2} > \dots > x_{lm}$,其中 x_{lk} 表示专家 l 按“>”(表示不劣于关系)排列的集 $\{x_k\} (k = 1, 2, \dots, m)$ 中的第 k 个元素。

2) 给出相邻指标之间相对重要程度的判断。

设专家 l 关于指标 $x_{l(k-1)}$ 与 $x_{lk} (l = 1, 2, \dots, L; k = 2, 3, \dots, m)$ 之间重要性程度之比的理性赋值为 $r_{lk} (l = 1, 2, \dots, L; k = 2, 3, \dots, m)$,其中 r_{lk} 满足 $r_{lk} = 1/r_{l(k+1)}$ 。通常 r_{lk} 的值可参考表 1。

3) 计算权重系数。

设指标 x_k 的权重系数为 w_k , 则有

$$w_{lm} = (1 + \sum_{j=2}^m \sum_{k=j}^m r_{lk})^{-1} \quad (1)$$

表 1 r_{lk} 赋值参考表^[7]

r_{lk}	说明
1.0	指标 $x_l (k-1)$ 与指标 x_{lk} 具有同样重要性(X)
1.2	指标 $x_l (k-1)$ 与指标 x_{lk} 稍微重要(S)
1.4	指标 $x_l (k-1)$ 与指标 x_{lk} 明显重要(M)
1.6	指标 $x_l (k-1)$ 与指标 x_{lk} 强烈重要(Q)
1.8	指标 $x_l (k-1)$ 比指标 x_{lk} 极端重要(J)
1.1、1.3、1.5、1.7	对应以上两两相邻判断的中间情况 (XS、SM、MQ、QJ)

$$w_{l(k-1)} = r_{lk} \times w_{lk} (k = m, m-1, \dots, 2; l = \{1, 2, \dots, L\}) \quad (2)$$

对于每一个专家 l , 集 $\{x_{lk}\}$ 与 $\{x_k\}$ 都是严格一对一的。这样对于每一个专家 $l (l = \{1, 2, \dots, L\})$, 都可以等价地求得指标权向量 $w_l = (w_{l1}^*, w_{l2}^*, \dots, w_{lm}^*)^T$ 。

2.2 群体评价指标权重的确定

“综合” w_1, w_2, \dots, w_L , 即可得到专家群体的指标权向量 $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$ 。已有文献通常是将单个群组成员的指标权重系数进行简单的算术平均来进行“综合”,或根据专家重要程度进行加权综合^[4,5]。本文通过定义一个基于向量的诱导有序加权平均(V-IOWA)算子来进行“综合”。OWA 算子及其拓展算子是近年来的研究热点^[8-11],这类算子通过位置权重的配置体现“与”、“或”、“偏与”、“偏或”等集结特征。

定义 1:称 F 为基于向量的诱导有序加权平均(V-IOWA)算子,若 $F([u_1, a_1], [u_2, a_2], \dots, [u_n, a_n]) = \sum_{j=1}^n b_j$,其中称 $[u_i, a_i]$ 中的第一个分量 u_i 为诱导分量, $a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})^T$ 为 m 维向量信息, $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)^T$ 是与 F 相关联的加权向量, $b_j \in [0, 1], \sum_{j=1}^n b_j = 1, b_j$ 是 $\{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 中第 j 个最大元素所对应的向量信息。

位置权向量的确定可参考已有 OWA 等算子的方法,如语义方法^[8,12]、熵方法^[13]等。这里采用模糊语义量化算子的方法。

权重向量可由下式给出:

$$b_j = Q(j/n) - Q((j-1)/n) (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

其中 $Q(r)$ 为模糊语义量化算子,当其采用“大多数”时定义 $Q(r) = r^{\frac{1}{2}}, r \in [0, 1]$ ^[12]。

本文中, L 位专家的指标权向量 w_1, w_2, \dots, w_L 即为待集结的向量信息 a_1, a_2, \dots, a_L 。因此, V-IOWA 算子中诱导分量 $u_i (i = 1, 2, \dots, L)$ 的定义可以从 $w_i (i = 1, 2, \dots, L)$ 间的相似度出发,考察专家 i 的指标权向量 w_i 与其他所有专家的指标权向量 $w_j (j = 1, 2, \dots, L; j \neq i)$ 的相似程度。这里给出诱导分量 $u_i (i = 1, 2, \dots, L)$ 的如下定义。

定义 2:令 $u_i = \cos(w_i, w_0) (i = 1, 2, \dots, L)$, 其中 w_0 为与向量 w_1, w_2, \dots, w_L 夹角之和最小的向量。

w_0 由如下规划问题得出^[14]:

$$\max_{i=1}^L [w_0^T w_i]^2; \quad (3)$$

$$s. t. \quad w_0^T w_0 = 1. \quad (4)$$

定理 1^[14]:对于 $\forall w_0 \in \mathbf{R}^L$, $\max_{w_0^2=1} \sum_{i=1}^L [w_0^T w_i]^2 = \sum_{i=1}^L [(w_0^*)^T w_i]^2 = \lambda_{\max}$ 。

其中, λ_{\max} 为实对称矩阵 $W W^T$ 的最大特征根, $W = (w_1, w_2, \dots, w_L)$; w_0^* 为 λ_{\max} 对应于 $W W^T$ 的正特征向量,且 $w_0^{*2} = 1$ 。

在油田开发调整方案的群组评价中,运用所定义的基于向量的诱导有序加权平均(V-WA)算子进行信息集结,上述位置权向量与诱导分量 u_i 的设定表明重视与群体意见相似程度大的专家意见,这不同于根据专家权威性确定其意见重要程度的一般

做法。

通过对位置权向量与诱导分量 u_i 的设定,不仅能够处理专家重要程度未知的情形,而且专家重要程度 u_j^* ($j = 1, 2, \dots, L$) 已知还可视为它的特例。例如,取 $u_j = u_j^* = u_j^*$ ($j = 1, 2, \dots, L$),即根据专家权威性确定其意见重要程度。

3 应用案例

某油田提出 8 个开发调整方案供选择,其各项指标数据见表 2。

表 2 某油田各开发调整方案单项指标数据^[1]

方案	开发效果 B_1			经济效益 B_2				成本费用 B_3	
	最终采收率 (%) C_{11}	综合递减率 (%) C_{12}	采油速度 (%) C_{13}	净现值 (亿元) C_{21}	内部收益率 (%) C_{22}	利润总额 (亿元) C_{23}	投资回收期 (年) C_{24}	总投资 (亿元) C_{31}	吨油成本 (元/吨) C_{32}
S(1)	39.7	4.24	2.00	0.654	20.6	7.50	8.5	3.44	101
S(2)	34.9	7.76	2.79	1.790	32.0	8.67	4.8	3.45	96.6
S(3)	34.3	8.63	2.97	2.240	38.8	9.19	4.1	3.82	96.5
S(4)	47.6	5.60	2.64	1.950	34.4	9.26	4.8	3.82	94.2
S(5)	34.8	11.17	3.26	2.600	47.3	9.45	3.7	4.19	95.8
S(6)	35.5	4.49	1.89	0.137	16.1	6.86	13.2	3.66	107
S(7)	33.5	7.33	2.59	1.830	34.2	8.64	4.8	3.29	94.3
S(8)	36.7	7.08	2.68	1.350	27.1	8.22	5.8	3.84	100

运用序关系分析法确定每一层次的指标权重。专家组由 4 位成员组成,各位专家运用序关系分析法给出指标之间重要性程度的判断信息如下。

专家 1:经济效益/开发效果 = S,开发效果/成本费用 = S;最终采收率/综合递减率 = Q,综合递减率/采油速度 = J;净现值/利润总额 = S,利润总额/投资回收期 = Q,投资回收期/内部收益率 = J;总投资/吨油成本 = X。

专家 2:经济效益/开发效果 = M,开发效果/成本费用 = S;最终采收率/综合递减率 = J,综合递减率/采油速度 = Q;净现值/投资回收期 = S,投资回收期/利润总额 = S,利润总额/内部收益率 = S;总投资/吨油成本 = S。

专家 3:经济效益/开发效果 = J,开发效果/成本费用 = S;最终采收率/综合递减率 = Q,综合递减率/采油速度 = M;净现值/利润总额 = S,利润总额/内部收益率 = S,内部收益率/投资回收期 = S;总投

资/吨油成本 = X。

专家 4:经济效益/开发效果 = Q,开发效果/成本费用 = S;最终采收率/综合递减率 = S,综合递减率/采油速度 = M;利润总额/投资回收期 = X,投资回收期/内部收益率 = M,内部收益率/净现值 = S;吨油成本/总投资 = Q。

由式(1)和式(2)得每位专家 B 层指标的权重,见表 3。

表 3 每位专家 B 层指标的权重

专家	w1	w2	w3
专家 1	0.33	0.40	0.27
专家 2	0.31	0.43	0.26
专家 3	0.28	0.49	0.23
专家 4	0.29	0.47	0.24

同理,由式(1)和式(2)得每位专家 C 层指标的权重,见表 4。

表 4 每位专家 C 层指标的权重

专家	w11	w12	w13	w21	w22	w23	w24	w31	w32
专家 1	0.51	0.32	0.18	0.38	0.11	0.32	0.20	0.5	0.5
专家 2	0.53	0.29	0.18	0.32	0.19	0.22	0.27	0.55	0.45
专家 3	0.48	0.30	0.22	0.32	0.22	0.27	0.19	0.5	0.5
专家 4	0.41	0.34	0.25	0.18	0.22	0.30	0.30	0.38	0.62

运用 V-IOWA 算子得专家群体的 B 层指标权重为： $(w_1^{1.4}, w_2^{1.4}, w_3^{1.4}) = (0.30, 0.45, 0.25)$ 。专家群体的 C 层指标权重为： $(w_{11}^{1.4}, w_{12}^{1.4}, w_{13}^{1.4}) = (0.48, 0.31, 0.21)$ ， $(w_{21}^{1.4}, w_{22}^{1.4}, w_{23}^{1.4}, w_{24}^{1.4}) = (0.31, 0.19, 0.26, 0.24)$ ， $(w_{31}^{1.4}, w_{32}^{1.4}) = (0.49, 0.51)$ 。

对各项指标数据采用极值处理法^[1,7]进行无量纲化处理,得到表 5。

采用线性加权综合法,得到各开发调整方案的综合评价价值及排序结果,见表 6。根据表 6,应选择方案 4 作为最终开发调整方案。

表 5 指标无量纲转换值

专家	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃	Z ₂₁	Z ₂₂	Z ₂₃	Z ₂₄	Z ₃₁	Z ₃₂
S(1)	0.44	1.00	0.08	0.21	0.14	0.25	0.49	0.83	0.47
S(2)	0.10	0.49	0.66	0.67	0.51	0.70	0.88	0.82	0.81
S(3)	0.06	0.37	0.79	0.85	0.73	0.90	0.96	0.41	0.82
S(4)	1.00	0.80	0.55	0.74	0.59	0.93	0.88	0.41	1.00
S(5)	0.09	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.88
S(6)	0.14	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00
S(7)	0.00	0.55	0.51	0.69	0.58	0.69	0.88	1.00	0.99
S(8)	0.23	0.59	0.58	0.49	0.35	0.53	0.78	0.39	0.55

表 6 开发调整方案的综合评价价值及排序结果

方案	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)
综合评价价值	0.450	0.619	0.634	0.789	0.633	0.184	0.653	0.485
排序	7	5	3	1	4	8	2	6

4 结束语

为全面考虑各种因素、合理取舍方案,本文提出了一种油田开发调整方案评价的多指标群组综合评价方法。在评价指标权重确定中,与层次分析法构建判断矩阵并进行一致性检验不同,本文运用序关系分析法回避了判断矩阵一致性检验问题。同时,与一般根据专家权威性确定其意见重要程度的做法不同,定义了一个基于向量的诱导有序加权平均(V-IOWA)算子来集结每位专家的指标权重偏好信息,突出与群体意见相近的专家的作用,使得最终油田开发调整方案的选择体现了大多数专家的意见。相对于文献[1]的评价方法,本文的方法简单便于应用,在从个体评价到群体评价的拓展中评价意图更加明确。

参考文献

[1] 高燕云,何光渝,张风奎,等. 油田开发调整方案多指标综合评价方法[J]. 石油规划设计,2001,12(1):19-22.
 [2] 王灵碧,罗东坤. 基于价值贡献衡量的石油开发调整项目经济评价方法[J]. 技术经济,2007,26(7):36-38.
 [3] 杨雪雁,张广杰. 油田开发调整项目的经济评价与决策方法[J]. 石油勘探与开发,2006,33(2):246-249.
 [4] 宋杰鲲,张在旭,付峰. 基于区间型多属性决策的单井措施优选[J]. 甘肃科学学报,2009,21(1):93-96.
 [5] 郭亚军,潘德惠. 一类决策问题的新算法[J]. 决策与决策支持系统,1992,2(3):56-62.
 [6] SAATY T L. A scaling method for priorities in hierarchi-

cal structure [J]. Journal of Mathematical Psychology, 1977,15(3):237-281.

[7] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用[M]. 北京:科学出版社,2007.
 [8] 陆影,任庆娟. 模糊多指标评价方法在连锁店选址中的应用[J]. 技术经济,2008,27(11):33-37.
 [9] 胡蕾,郭亚军,易平涛. 高新技术企业 R&D 人员动态绩效评价方法及应用[J]. 技术经济,2009,28(6):18-21,71.
 [10] YAGER R R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making[J]. IEEE Trans Syst Man Cybern,1988,18(1):183 - 190.
 [11] XU Z S,DA Q L. The ordered weighted geometric averaging operators [J]. International Journal of Intelligent Systems,2002,17(7):709-716.
 [12] YAGER R R,FILEV D P. Induced ordered weighted averaging operators [J]. IEEE Trans Syst Man Cybern, 1999,29(2):141-150.
 [13] XU Z S,DA Q L. An overview of operators for aggregating information [J]. International Journal of Intelligent Systems,2003,18(9):953-969.
 [14] YAGER R R. Quantifier guided aggregation using OWA operators [J]. International Journal of Intelligent Systems,1996,11(1):49-73.
 [15] FULLER R,MAJLENDER P. An analytic approach for obtaining maximal entropy OWA operator weights [J]. Fuzzy Sets and Systems,2001,124(1):53-57.
 [16] 邱苑华. 群组决策特征根法 [J]. 应用数学和力学,1997,18(11):1027-1031.

(下转第 50 页)

- [2] 游士兵,向一波.长江航运竞争力的多级模糊评价[J].中南财经大学学报,2009(2):89-94.
- [3] 孙卫东,刘志国,董莉,等.中小企业发展潜力的模糊评价[J].工业技术经济,2009,28(3):125-127.
- [4] 孔玉生.中小企业核心竞争力的模糊评价[J].江苏大学学报:社会科学版,2003,5(1):114-118.
- [5] 郭一戈.企业高层管理者的模糊评价[J].中国市场.2008(40):66-67.
- [6] 黄贯虹,方刚.系统工程方法与应用[M].广州:暨南大学出版社,2006:64-69.
- [7] 杜吉宾,韦筠寰,韩玉启.轨道交通装备制造产业系统环境评价[J].技术经济,2009(11):39-42.
- [8] 周德群,方志耕,潘东旭.系统工程概论[M].北京:科学出版社,2007:103-105.
- [9] 李士勇.工程模糊数学及其应用[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004:36-40,96-104.

Fuzzy Evaluation on System Environment of Regional Industry

Du Jibin, Wei Junhuan, Han Yuqi

(College of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract : This paper establishes an evaluation indicators of system environmen of regional industry , and determines the weights of indicators by the structure modeling technique and the Delphi method. Then ,it studies the fuzzy evaluation method of regional industrial system environment ,and evaluates the system environment of rail transit equipment manufacturing industry in Qishuyan district of Changzhou in Jiangsu. The results show that the industrial system environment of this region is well suitable for giving priority to the development of rail transit equipment manufacturing industry ,which provides the theory basis for local government to make decision.

Key words : regional industry ; system environment ; fuzzy evaluation

(上接第 34 页)

Comprehensive Multi-index Group Evaluation Method for Scheme of Oilfield Development Adjustment and Its Application

Pan Yuhou, Yao Shuang, Guo Yajun

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract : Based on the characteristics of optimization of oilfield development adjustment scheme as multi-index and group evaluation ,an comprehensive multi-index group evaluation method is proposed for the selection of oilfield development adjustment scheme. In this method , based on the rank correlation analysis method ,a Vector-Induced Ordered Weighted Averaging (V-IOWA) operator is defined for aggregating the experts' preference information to get the index weights of group ,then the group evaluation result is obtained. Finally ,an application example is given to illustrate the proposed method.

Key words : oilfield development adjustment scheme ;comprehensive group evaluation ;rank correlation analysis method ;V-IOWA operator