

投影寻踪模型在油气开发项目经济评价中的应用

刘锡健^{1,2} 匡建超¹

(1.成都理工大学 2.中国石化财务有限责任公司山东代表处)

刘锡健等.投影寻踪模型在油气开发项目经济评价中的应用.天然气工业,2006,26(7):139-141.

摘要 针对油气开发项目经济评价参数较多的特性,综合投影寻踪方法和加速遗传算法的优势,构建了投影寻踪评价模型。首先根据油气开发项目经济评价的决策矩阵信息,利用投影寻踪方法,把具有开发方案和经济评价指标的多维决策矩阵通过某种组合投影到低维子空间上,采用投影目标函数来衡量投影暴露某种决策结构的可能性大小;然后利用遗传算法全局寻优的特点,寻找出使投影指标函数达到最优的投影值;最后根据投影函数值的大小评价出方案优劣,从而为项目决策者提供一些依据,做出最终决策。胜利油田孤东七区中稠油区开发项目方案评价的实际应用表明,投影寻踪评价模型应用效果符合客观实际,可供借鉴。

关键词 油气开采 项目 经济评价 最优化 投影寻踪模型

目前,用于油气开发项目方案优选的方法很多,由于各种方法的出发点和适用对象不同,以致遇到具体评价问题时难以选择,也不能准确知晓结果是否可靠。基于这种现状,笔者综合投影寻踪方法(Projection Pursuit, PP)和遗传算法(Genetic Algorithm, AGA)的优点,建立了投影寻踪评价模型(Projection Pursuit Evaluation Model, PPE模型),将其运用于油气开发项目经济评价中,为项目决策者提供一些决策依据。

一、PPE模型的基本原理

方案优选的实质是降维数,投影寻踪方法是一种新的降维技术。由于油气开发项目经济评价指标较多,寻找高维空间上的点映射到低维上的最佳投影方向,需优化多个参数。传统优化方法同时优化多个参数相当困难。目前得到普遍发展的加速遗传算法能很好地解决这个问题。为此,笔者集合两者优点建立了PPE模型。

PPE模型特点:PP方法能成功地克服高维数据“维数祸根”带来的严重困难;可以排除与数据结构 and 特征无关的变量的干扰;可对高维数据投影后的一维数据进行分析,比较不同一维投影的分析结果,找出较好的投影。遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种随机搜索的全局优化算法,有选择、杂交、变异3种算子。其特点是:具全局优化能力,不易陷入局部极值,收敛速

度快并能得到较高优化精度和效率。

二、PPE模型建模步骤^[1-3]

1.建立投影数据 $X(i, j)$

设方案集为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 、指标集为 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_m\}$ 、方案 A_i 对目标 G_j 的指标值记为 $x(i, j)$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$); n, m 分别为方案个数和指标数目。本文经济评价指标有效益型、成本型、区间型之分。设向量 $Q = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}$ 为效益型指标, $Q = \{G_{k+1}, G_{k+2}, \dots, G_p\}$ 为成本型指标, $Q = \{G_{q+1}, G_{q+2}, \dots, G_m\}$ 为区间型指标。用模糊隶属函数对各方案指标值进行无量纲化处理。设结果为:

$$X = \{x'(i, j) \mid i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m\}$$

对效益型指标,其隶属函数为:

$$x'(i, j) = \begin{cases} 1 & x(i, j) \geq b \\ \frac{(x(i, j) - a)}{(b - a)} & a < x(i, j) < b \\ 0 & x(i, j) \leq a \end{cases} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n; j \in Q_1)$$

对成本型指标,其隶属函数为:

$$x'(i, j) = \begin{cases} 1 & x(i, j) \leq a \\ \frac{(b - x(i, j))}{(b - a)} & a < x(i, j) < b \\ 0 & x(i, j) \geq b \end{cases} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n; j \in Q_2)$$

作者简介:刘锡健,1971年生,高级会计师,博士研究生。地址:(610059)四川省成都市二仙桥东三路1号。电话:13981856566。E-mail:kjd@cdut.edu.cn

式中： a, b 分别为各指标的上、下界。

对区间型指标，其隶属函数为：

$$x'(i, j) = \begin{cases} 1 - \frac{q - x(i, j)}{\max\{q, x^{\min}(j), x^{\max}(j) - q\}} & x(i, j) < q \\ 1 & q \leq x(i, j) \leq q \\ 1 - \frac{x(i, j) - q}{\max\{q, x^{\min}(j), x^{\max}(j) - q\}} & x(i, j) > q \end{cases} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n; j \in Q_s)$$

式中： $x^{\min}(j), x^{\max}(j)$ 分别为最小值和最大值。

2. 计算投影值 $Z(i)$

设 $a = \{a(1), a(2), \dots, a(m)\}$ 为投影方向，PP方法就是把 m 维投影数据 $X = \{x'(i, j) | j = 1, 2, \dots, m\}$ 综合成以 $a = \{a(1), a(2), \dots, a(m)\}$ 方向的一维投影值：

$$Z(i) = \sum_{j=1}^m a(j)x'(i, j) \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$$

3. 构造投影指标函数 $Q(a)$

在综合投影值时，要求投影值 $Z(i)$ 应尽可能大地提取 $x'(i, j)$ 中的变异信息， $Z(i)$ 的散布特征应为局部投影点尽可能密集，而在整体上投影点团之间尽可能散开。因此，本文投影指标函数可表示为：

$$\begin{cases} Q(a) = S_z D_z \\ S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z(i) - E(Z))^2}{n-1}} \\ D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (R - r(i, j)) \times u(t) \end{cases}$$

式中： S_z 为投影值 $Z(i)$ 的标准差； D_z 为投影值 $Z(i)$ 的局部密度； $E(Z)$ 为 $\{Z(i) | i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ 的平均

值； R 为局部密度的窗口半径， R 可以根据经验来确定，一般可取值 $0.1 S_z$ ； $r(i, j)$ 表示方案之间的距离； $u(t)$ 为一单位阶跃函数，当 $t \geq 0$ 时其值为 1，当 $t < 0$ 时其值为 0。

4. 优化投影指标函数

当各指标集的方案集给定时，不同投影方向反映不同数据结构特征，最佳投影方向就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向，因此可通过求解投影指标函数最大化来估计最佳投影方向，即：

$$\begin{cases} \max Q(a) = S_z \times D_z \\ s.t. \sum_{j=1}^m a^2(j) = 1 \end{cases}$$

上式是一个以 $\{a(j) | j = 1, 2, \dots, m\}$ 为优化变量的复杂非线性优化问题，本文用遗传算法来解决其高维全局寻优问题。

5. 优劣排序

由步骤 4 得到最佳投影方向 a^* ，再由步骤 2 计算可得各方案的投影值 $Z^*(i)$ ，从而确定了各方案的排序。

三、实例分析

以胜利油田孤东七区中稠油区开发项目为例进行分析。

1. 实例计算

本文选取的原始数据见表 1。对表 1 数据标准化之后用遗传算法求最大目标值。具体计算过程：选定父代初始种群规模为 $n = 400$ ，交叉概率 $P_c = 0.9$ ，变异概率 $P_m = 0.8$ ，优秀个体数目选定为 20 个， $a = 0.05$ ，加速次数为 30 次，采用 MATIAB 5.3 编程，进行演化迭代，当加速次数为 20 时，本实例得到最大值，即最大投影指标值为 0.3526。具体结果见表 2。

表 1 一体化经济评价指标计算结果表

指 标	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6	方案 7	方案 8	方案 9	方案 10
探井成功率(%)	40	39	37	32	42	38	42	44	48	46
探明储量丰度(10^4 t/km ²)	219.6	183.7	200.0	212.5	191.1	190.7	190.9	187.5	192.5	198.1
探明储量可采比(%)	78	76	75	80	84	81	83	82	82	85
剩余经济可采储量(10^4 t)	460	440	480	490	560	500	630	650	600	680
财务净现值(万元)	4290	4422	4466	5188	5583	5802	6351	8897	7051	8249
财务净现值率(%)	61.5	62.7	61.2	73.1	74.3	77.3	67.1	73.9	75.6	86.0
财务内部收益率(%)	21.7	21.7	21.58	23.8	23.9	24.24	22.3	24.4	24.5	25.5
动态投资回收期(a)	5.1	5.2	5.27	4.7	4.67	4.8	5.4	4.8	4.9	5.0
投资利润率(%)	10.7	10.8	10.9	11.3	11.5	12	10.8	10.1	10.5	11.8
投资利税率(%)	14.1	14.2	14.3	14.7	14.9	15.6	14.6	13.4	13.8	15.3
年均资产负债率(%)	55	50	55	50	48	46	50	55	50	55

表 2 用遗传算法求实例的最大值表

加速次数	优选个体的变化区间					Q(a)
	1	2	3	4	...	
1	-1.000,1.000	-1.000,1.000	1.000,1.000	-1.000,1.000	...	-1.3592
15	0.5671,1.6782	0.3422,1.2368	0.5600,1.6739	-0.5591,1.6548	...	0.1108
20	0.9912,1.0068	0.9699,1.0032	0.9840,1.0078	0.9927,1.0326	...	0.3526
RAGA 估计	0.99998	0.9999	0.9997	0.9996	...	0.3526

由表 2 知最佳投影方向 $a^* = (0.0423, 0.0510, 0.3115, 0.2518, 0.2210, 0.4152, 0.1633, 0.3421, 0.1643, 0.1259, 0.2562)$, $Z^*(i) = (0.76, 0.65, 0.55, 1.49, 2.51, 1.8, 2.40, 2.23, 2.17, 2.91)$ 。将 $Z^*(i)$ 值从大到小排序, 得到各方案的优劣排序, $A_{10} > A_5 > A_7 > A_8 > A_9 > A_6 > A_4 > A_1 > A_2 > A_3$ 。结合方案生产井的设计, 笔者认为应首选方案 10, 方案 5 可作为首要的备选方案。

2. 对比分析

为说明 PPE 模型的可行性, 笔者进一步用目前常用 3 种优选模型对实例中 10 个方案进行了优选, 排序结果对比见表 3。从排序结果看, 本文的结果与主成分分析、多层次灰色分析、模糊物元分析基本相同, 仅方案 5 和方案 7 与其他方法结果有所不同。而从表 1 的原始观测数据可以看出, 在 10 个指标中, 方案 5 有 7 个指标优于方案 7, 优势比较明显。

表 3 排序对比表

优选序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PPE 模型	A10	A5	A7	A8	A9	A6	A4	A1	A2	A3
主成分分析	A10	A7	A5	A8	A9	A6	A4	A1	A2	A3
多层次灰色分析	A10	A7	A5	A8	A9	A6	A4	A1	A2	A3
模糊物元分析	A10	A7	A5	A8	A9	A6	A4	A1	A2	A3

3. 结果讨论

根据所计算的最佳投影方知, 实例中对综合评价指数影响最大的是财务净现值率和动态投资回收期, 即在方案优选时以经济效益为主要目标, 这反映了“少投入, 多产出”的油气田开发方针政策。

四、结束语

笔者利用投影寻踪方法和加速遗传算法, 建立了一种油气开发项目方案优选的新方法。通过对胜利油田孤东七区中稠油区开发项目方案优选的实例应用, 表明优选结果符合现场实际。笔者所用方法通过数学计算避免了人为的主观判断, 切合实际, 评价结果客观真实。另外, 本文研究模型的投资方案优选排序与现场实际基本相符, 说明本模型具有实用价值。

参 考 文 献

- [1] 金菊良. 基于实数编码的加速遗传算法[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2000(4).
- [2] 付强, 邢桂君, 王兆函, 等. 基于 RAGA 的 PPC 模型在节水灌溉项目投资决策中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2003(2): 139-142.
- [3] 中国石油天然气总公司计划局, 中国石油天然气总公司规划设计院, 编. 石油工业建设项目经济评价方法与参数 [M]. 2 版. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- [4] GOLDBERG D E. Genetic Algorithms in Search, optimization and Machine learning [M]. Addison-Wesley, 1989.
- [5] 范海军, 陈月明. 油气田开发方案综合评价新方法的探讨[J]. 天然气工业, 1998(4).
- [6] 匡建超, 胥碧华. 气田开发方案优选的新方法及其应用 [J]. 天然气工业, 2005(10).

(修改回稿日期 2006-04-21 编辑 赵 勤)