理想点法在矿床工业价值评价中的应用①

王 睿, 张立新

(贵州大学资源与环境学院, 贵州 贵阳 550003)

[摘 要] 应用理想点法的基本原理, 建立了一个矿床工业价值评价的数学模型, 以我国贵州省兴义市雄武地区铀矿床为实例, 构造评价函数得出最优解, 结果表明: 理想点法能够正确评价出矿床工业价值的大小, 为矿石的最优开采提供有价值的参考。

[关键词] 理想点法; 矿床工业价值; 评价

[中图分类号] P624.6 [文献标识码] A [文章编号] 1000- 5943 (2006) 04- 0282- 04

近年来, 数学模型技术广泛应用于地质学领域, 理想点法是数学建模的一种。本文将理想点法引入矿床评价中, 该方法计算过程简单, 易于实际操作, 是一种矿床工业价值评价的新方法。理想点法是将所有评价目标放在一起综合考虑, 统筹兼顾, 而非一定要追求全部目标的最优解。它的中心思想是定义一种模, 即 N 维欧氏空间中的一个点, 在这种模的定义下, 找到一个尽量接近理想点的点, 使理想点评价函数 S1最小和理想点评价函数 S2最大, 并构造出理想点贴近度函数 T, 通过函数 S1、S2和 T来判别评价方案的优劣性。该方法具有多目标性、多方案特点, 评价者可根据不同标准, 选择满意的评价方案, 从而提高矿床利用的科学性和精确性。

1 基本原理

假设影响矿床工业价值评价的指标有 n个, 即 $f_1(x)$, $f_2(x)$, …, $f_n(x)$, 对于每个指标函数分别有其最优值为 $f_i^* = \max_{x \in R} f_1(x) = f_i(x)$ (i = 1, 2, …, n)。如果点 x^* 是所有这些目标的最优解, 即在 $x = x^*$ 时, 所有的目标都同时达到各自的最优值, 但这种情况发生的可能性较小。因此只能把向量 $F^* = [f_1^*, f_2^*, \cdots, f_n^*]^T$ 看作向量函数 $F(x) = [f_1(x), f_2(x), \cdots, f_m(x)]^T$ 的一个理想点。F (x) 与 F^* 的偏差越小时, 目标的最优值就离理想点越近, 解就越优。在 n维空间定义一个模:

$$L_{xx}^* = \| F(x) - F^* \| = \left\{ \sum_{i=1}^{n} \omega_i [f_i(x) - f_i^*] \right\}^{\frac{1}{p}}; \quad p \in [1, \infty) \qquad (1)$$

(1) 式称为闵可夫斯基 (minkowski) 距离公式, 是理想点法最常用的公式。式中 f_i^* 为第 i个目标的希望值, fi (x) 为第 i个目标的实际值, W_i 为权重。当 p= 1时为海明距离或绝对距离, p= 2时为欧式距离, p= ∞时称切比雪夫距离 (李克娥, 2002), 以下我们都取 p= 2。

2 模型建立及评价步骤

2.1 建立评价矩阵

某个多目标评价问题, 设有 n个指标, 即 F (x) = [$f_1(x)$、$f_2(x)$、$f_3(x)$ … $f_n(x)$]^T, 相应权重为 W_1, W_2, … W_n, 有 m个方案 P_1, P_2, … P_m, 方案 P_i 在目标 $f_j(x)$ 下取值为 x_{ij}, 显然共有 n* m个指标值, 在数学上写成矩阵形式, 得到指标矩阵 D:

---

① [收稿日期] 2006- 08- 16

[作者简介] 王睿 (1981-), 贵州大学资源与环境学院在读硕士, 研究方向: 矿床学。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$D=\begin{Bmatrix} X_{11}X_{12}\cdots\cdots X_{1n} \\ X_{21}X_{22}\cdots\cdots X_{2n} \\ X_{m1}X_{m2}\cdots\cdots X_{mn} \end{Bmatrix};\quad W=[W_1W_2\cdots\cdots W_n]^T:$$

2.2　权重的确定

目前常采用特尔菲法和层次分析法。

(1) 特尔菲法: ①专家选择; ②评价意见征询表设计; ③专家征询与轮询的信息反馈; ④权

重确定结果的数据处理。

公式为:

$$E=\sum_{i=1}^{n}\alpha_i/m;\quad \delta^2=\frac{1}{(m-1)}\sum_{i=1}^{n}(\alpha_i-E)^2$$

式中: E – 均值, δ^2 – 方差, m – 专家总人数, i– 第 i位专家的评分值。

用均值表示最可能的权重值, 用方差表示不同意见的分散程度。

(2) 层次分析法:

由美国 AISaaty教授提出, 设论域 u= [u1, u2……un]T, 若已知它们客观上有一个某一特性的隶属度向量 w= [w1, w2……wn]T, 其中 Wi表示 ui对该特性的隶属度, 即权重。其目的就是求 W, 取论域中两元素 ui、uj, 其隶属度比为 Wi/Wj, 构造权重比矩阵 M:

$$M=\begin{Bmatrix} w_1/w_1\cdots w_1/w_2\cdots w_1/w_n \\ w_2/w_1\cdots w_2/w_2\cdots w_2/w_n \\ \cdots\cdots \\ w_n/w_1\cdots w_n/w_2\cdots w_n/w_n \end{Bmatrix}$$

权重向量 W 右乘权重比矩阵 M, 有 M·W = n·w (式中, n为 M的一个特征根)。因此, 论域 u的 ui个因素的重要性权数可通过解特征值问题求得, 即由 MW = λ_{max}·w 求出正规化特征向量而得。

2.3　构造加权特征化决策矩阵

$$P=\begin{Bmatrix} P_{11}P_{12}\cdots\cdots P_{1n} \\ P_{21}p^{22}\cdots\cdots P_{2n} \\ P_{m1}P_{m2}\cdots\cdots P_{mn} \end{Bmatrix};\qquad P_{ij}=\frac{X_{ij}}{\overline{X_J}}\cdot W_j;$$

将具有不同量纲的指标 X_{ij}·$\overline{x}$j化为无量纲的系数第 j列指标的平均水平, j= 1, 2…n。

2.4　确定理想点和反理想点

通常将所遇到的指标分为有益型指标 E1(指标值越大越好, 例如有用矿物量) 和损失型指标 E2 (指标值越小越好, 如脉石矿物量等) 两大类。假定指标单调变化, 从而定义理想点 M1与反理想点 M2如下:

当指标属于有益型指标集 E1时:

$$M1_j=(\max p_{ij},\ \in E1,\ I=1,\ 2\Lambda m)=(p'_1,\ p'_2,\ \Lambda p'_n)$$

$$M2_j=(\min p_{ij},\ \in E1,\ I=1,\ 2\Lambda m)=(p''_1,\ p''_2,\ \Lambda p''_n)$$

当指标属于损失型指标集 E2时:

$$M1_j=(\min p_{ij},\ \in E2,\ I=1,\ 2\Lambda m)=(p'_1,\ p'_2,\ \Lambda p'_n)$$

$$M2_j=(\max p_{ij},\ \in E2,\ I=1,\ 2\Lambda m)=(p''_1,\ p''_2,\ \Lambda p''_n)$$

上述理想点和反理想点的含义是: 当指标属于 E1是, 理想点为矩阵 P的列向量最大值, 反理想点为最小值; 当指标属于 E2时, 理想点为矩阵 P的列向量最小值, 反理想点为最大值。

2.5　理想点评价函数

即计算指标到理想点 M1和反理想点 M2的“距离”, 第 i个评价方案 (i= 1, 2, …m) 到 M1和 M2两点的“距离”分别用 Si和 S2i表示。

$$S1_i=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(P_{ij}-p'_j)^2}\quad (i=1,\ 2,\ \cdots,\ m)$$

$$S2_i=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(P_{ij}-p''_j)^2}\quad (i=1,\ 2,\ \cdots,\ m)$$

显然, 用 S1和 S2进行评价时, 得出 S1值最小、S2值最大的最优规划方案。

2.6　计算理想点的贴近度 T

$$T_i=\frac{S2_i}{S1_i+S2_i}\qquad (i=1,\ 2,\ \cdots,\ m)$$

显然 Ti∈ [0, 1], 用指标 T评价时, T值最大的评价方案是最佳评价方案。

2.7　根据贴近度 Ti的大小排序

对 m个方案进行评价, 可以得 m个 Ti值的大小对它们排序, Ti大的是整体最佳效益的评价方案。若算出两 Ti值相同, 则以与理想点的“距离”值较小者为优选方案。

3　矿床工业价值评价实例研究

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.1 研究区域的条件

贵州省兴义市雄武地区位于兴义市南面 40km，北西部以黄泥河为界，河西为云南省乐平县。大地构造位置处于右江造山带北缘，弥勒—师宗—富源多金属成矿带南东部，南部临近北东向南盘江深断裂。区内出露地层：石炭系中上统、二叠系、三叠系，以后两者为主。该区主要是雄武背斜，由于断层破坏，特别是轴部及南东翼均被断层切割，地层残缺不全。

大际山铀钼矿点矿床位于雄武背斜南东翼大际山向斜中，向斜轴向 NE50°~ 60°，长 1 000m，宽 200~ 400m。铀矿化学成分以 CaO（3.59% ~ 30.36%）、MgO（3.50% ~ 30.36%）、SiO_2（3.12% ~ 39.63%）、Al_2O_3（1.31% ~ 16.69%）为主。铀矿化带北东方向延伸，长 400~ 500m。铀钼矿体小而分散，一般为似层状、透镜状、扁平状。矿体长 20~ 50m，最长 40~ 80m，厚 0.7~ 2.0m，延伸 40~ 60m。铀品位 0.05% ~ 0.125%。

窝米铀矿点位于雄武背斜南西近轴部。矿石的化学成分：SiO_2（55.00% ~ 69.00%）、Al_2O_3（5.69% ~ 14.05%）、CaO（1.19% ~ 6.56%）、MgO（0.44% ~ 3.45%）组成。铀矿化带断续长 200m，走向 NE30°~ 50°，南东倾斜，倾角 70°~ 75°。矿体为透镜状、不规则团块状。矿体长 10~ 25m，厚 114~ 410m，延深 30~ 60m，铀品位 0.045% ~ 0.124%。

春树洼和下偏坡的铀矿石化学成分主要由 SiO_2，Al_2O_3，CaO，Fe_2O_3 组成。铀矿化带主要分布在雄武背斜南东翼，铀矿体为透镜状、似层状、囊状。沿走向、倾向变化大，一般矿体长 30~ 60m，南东倾斜，局部北西，倾角 20°~ 30°，最大 60°~ 80°，延深 15~ 60m，矿体厚 0.8 ~ 3.0m，品位 0.049% ~ 0.097%（郑懋荣，2005）。

3.2 建模研究

3.2.1 建立评价矩阵

设有 11个指标，即各个矿体主要含有的 11种化学成分，而指标相应权重为 W_1，W_2，…W_n，有 4个矿体 P1，P2，P3，P4，矿体 P_i 在指标 fj（x）下取值为 X_{ij}，显然共有 11• 4个指标值，见表 1：

表 1　铀矿石化学成分表　单位:%

指标	大际山 P_1	窝米 P_2	春树洼 P_3	下偏坡 P_4
U	0.062	0.067	0.031	0.072
SiO_2	20.45	63.87	1.31	66.24
Al_2O_3	5.20	9.21	13.29	15.55
Fe_2O_3	3.77	9.87	9.85	4.89
FeO	1.65	1.16	2.12	0.67
TiO_2	2.00	0.70	2.50	2.50
MnO_2	0.010	0.014	0.025	0.010
P_2O_5	0.22	0.54	0.25	0.25
CaO	23.73	3.56	13.51	0.70
Mg	13.17	1.86	3.31	0.54
FeO/Fe_2O_3	0.44	0.12	0.25	0.14

则评价矩阵为 D:

$$D=\begin{Bmatrix} 0.026 & 20.45 & 5.2 & 3.77 & 1.65 & 2 & 0.01 & 0.22 & 23.73 & 13.17 & 0.44 \\ 0.067 & 63.87 & 9.21 & 9.87 & 1.16 & 0.7 & 0.014 & 0.54 & 3.56 & 1.86 & 0.12 \\ 0.031 & 1.31 & 13.29 & 9.85 & 2.12 & 2.5 & 0.025 & 0.25 & 13.51 & 3.31 & 0.25 \\ 0.072 & 66.24 & 15.55 & 4.89 & 0.67 & 2.5 & 0.01 & 0.25 & 0.7 & 0.54 & 0.14 \end{Bmatrix}$$

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.2.2　研究分析及结果

为了问题的方便，假设各评价指标的权重相等。由矩阵 D可算出加权规格化评价矩阵 P和理想点矩阵 M1及反理想点矩 M2如下：

$$P=\begin{Bmatrix} 0.267 & 0.134 & 0.120 & 0.133 & 0.295 & 0.260 & 0.169 & 0.175 & 0.572 & 0.698 & 0.463 \\ 0.289 & 0.421 & 0.213 & 0.348 & 0.207 & 0.091 & 0.237 & 0.429 & 0.086 & 0.099 & 0.126 \\ 0.134 & 0.009 & 0.307 & 0.347 & 0.379 & 0.325 & 0.424 & 0.198 & 0.326 & 0.175 & 0.263 \\ 0.310 & 0.436 & 0.360 & 0.172 & 0.120 & 0.325 & 0.169 & 0.198 & 0.107 & 0.029 & 0.147 \end{Bmatrix}$$

M1 = [0.310, 0.436, 0.350, 0.348, 0.379, 0.325, 0.424, 0.429, 0.572, 0.698, 0.463];

M2 = [0.134, 0.009, 0.120, 0.133, 0.120, 0.091, 0.170, 0.175, 0.017, 0.029, 0.126];

因此，理想点法求 S1, S2, T矩阵如下：

S1= [0.580, 0.922, 0.802, 1.035];

S2= [0.981, 0.579, 0.635, 0.573];

T= [0.628, 0.386, 0.442, 0.356];

分析 S1, S2, T可以得出结论：S1, S2, T阵内均能反映大际山 P1的矿床工业价值最高，下偏坡 P4的矿床工业价值最低。矿床工业价值的高低依次为大际山 P_1 > 春树洼 P_3 > 窝米 P_2 > 下偏坡 P_4。

4　结论

在决定矿床工业价值的众多因素中，如矿床本身的特征和性质，国民经济和国防建设对矿产的要求，矿区的经济因素等等（袁见齐等，1984），只要确定了合适的权值，我们都可以用理想点法对其矿床的工业价值做出科学的，精确的和正确的评价。

[参 考 文 献]

[1] 谭跃进．定量分析 [M]．北京：中国人民大学出版社，2002. 6-230.

[2] 梁梁，陈刚．基于理想点的区间评价方法 [J]．预测，1996,（5）：60-61.

[3] 华中生．一种结合“理想点法”的优势分析法及其应用 [J]．系统工程理论与实践，1997,（8）：20-25.

[4] 袁见齐，朱上庆，翟裕生，矿床学 [M]．北京：地质出版社，1984.

[5] 陶世龙、万天丰、程捷，地球科学概论 [M]．北京：地质出版社，1999.

[6] 郑懋荣，贵州省兴义市雄武地区铀成矿特征及成矿条件 [J]．贵州地质，2005, 22（2）：112-116.

[7] 李克娥，理想点法综合评价学生数学成绩 [J]．荆州师范学院学报（自然科学版），2002, 25（5）：24, 25.

Application on the Method of Perfect Spot for Evaluation of Industrial Values in the Deposits

WANG Rui, ZHANG Li-xing

(Academy of Resources and Environment of Guizhou University, Guiyang 550003, Guizhou, China)

[Abstract] By application of basic principles in the method of perfect spot, a mathematic model for evaluation of the industrial values in the deposits is established with an instance of uranium deposit in the area of Xiongwu, Xingyi City, Guizhou Province, showing optimal solution in structural appraisal function, the results show the method of perfect spot may correctly evaluate the industrial values of the deposits in order to valuable reference for the optimal exploitation of the ores.

[Key Word] method of perfect spot; industrial values of the deposits; appraisal

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net