

多层次权重的灰色斜率关联度分析^{*}

——临涣矿井综采地质条件评价

高文华 (湘潭矿业学院勘探系 411201)

摘要 提出了一种新的多层次下各权重的确定方法——灰色斜率关联度分析法。在临涣井田实际应用表明,由该方法所求得的理论权重与实际十分吻合。

关键词 权 关联度分析 灰色系统 地质条件 综合评价

中国图书资料分类法分类号 P628.1

1 引言

权重系数 a_i 的确定是模糊综合评价的核心之一。因素模糊子集 \bar{A} 确定得恰当与否,直接影响综合评价结果。 \bar{A} 的确定方法有多种,常用的方法有德尔菲(Delphi)法、专家调查法和判断矩阵分析法。但这些方法都要求调查的对象是本专业内阅历广、专业知识丰富且有实际工作经验的专家,因而局限性大,工作量大,定量程度不高。

为了探讨模糊综合评价中权重系数的确定方法,特别是多层次下权重系数的确定方法,笔者提出了权重系数的灰色斜率关联度分析方法。

从原理上说,灰色关联分析是对两个事物之间关联程度的分析,对综采地质条件综合评价而言,可以把反映综采地质条件好坏的某一量值作为母因素,以影响综采的各种地质条件作为子因素,从而可以通过灰色关联分析来确定影响综采的各个地质条件(子因素)与总的综采地质条件(母因素)的好坏,即相关性,实际上也就等于确定了各因素的权重,这就是权重分析的基本思想。

过去对因素之间的相关分析都采用回归分析、方差分析、主成分分析等数理统计方法来处理。由于统计方法要求的样本量大,而且要求变量有典型的概率分布,这在实际工作中往往难以满足;而灰色系统理论中的关联分析恰好克服了数理统计的这些不足,为权重系数的确定提供了一种简便而又科学的方法。

2 斜率关联度分析的基本思想

从数学上讲,关联度是指函数相似的程度。一条曲线的变化趋势可以用该曲线的斜率变化来描述,如果两条曲线的斜率处处相等,那么这两条曲线的变化趋势就接近平行。

3 斜率关联度分析的基本方法和步骤

a. 计算两数列(母因素序列和子因素序列)在各块段的关联系数:

$$\zeta(t) = \frac{1}{1 + \left| \frac{\Delta x(t)}{\sigma_x} - \frac{\Delta y(t)}{\sigma_y} \right|}, t \in T \quad (1)$$

其中: $\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2}$

* 煤炭科学基金资助项目成果的一部分

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2}$$

式中:
 x_t —子序列因子数;
 \bar{x} —子序列均值;
 y_t —母序列因子数;
 \bar{y} —母序列均值;
 σ_x, σ_y —子序列、母序列的标准差;

$\Delta x(t), \Delta y(t)$ —子序列、母序列因子数增量值;

$\zeta(t)$ —关联系数;

T —评价区域;

$t=1, 2, \dots, N$ —块段号

b. 计算两序列的关联度 r

$$r = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^{N-1} \zeta(t)$$

c. 计算各因素的权重

4 斜率关联度分析法的优点

a. 计算简便, 原始数据不需要标准化和选择参考点, 便于用计算机处理;

b. 原始数列中含有零值和负值时不受影响;

c. 在关联系数计算公式(1)中, $\Delta x(t), \Delta y(t)$ 分别除以各自的标准差, 即可消除量级之间的差异, 统一到同一量级上, 这样作相当于加上一滤波器, 通过滤波处理后, 在计算关联度时两序列均起作用;

d. 关联度的分辨率较高。

5 子序列和母序列参数的选取

通过对临涣井田综采地质条件分析, 确定出3个一级指标, 6个二级指标, 15个三级指标。由于三级指标各隶属度的大小分别从不同角度反映了综采地质条件的优劣, 故以15个三级指标的隶属度作为子序列(图1)。

根据综采地质条件的要求, 在综合分析对比的基础上, 选取参数 M 。

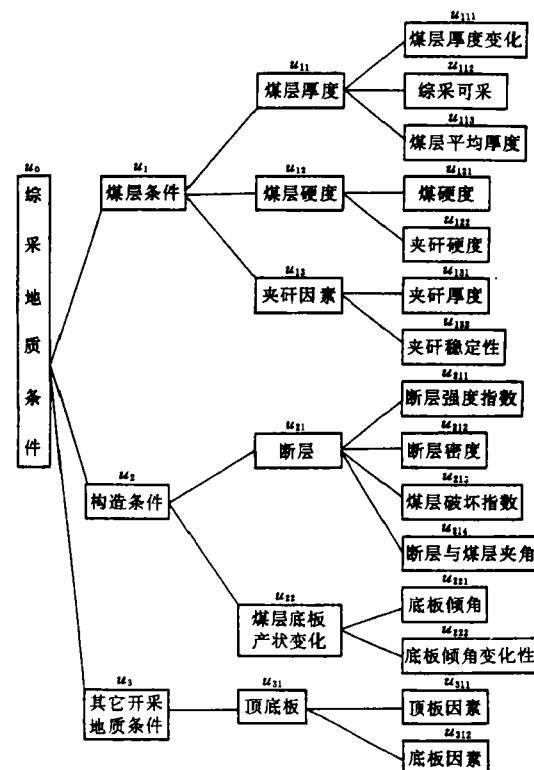


图1 临涣井田综采地质条件综合评价因素关系模型图

$$M = (\sum_{i=1}^N \mu_i) \frac{Q_{\text{综}}}{Q_{\text{总}}}$$

式中: μ_i —某块段某因素的隶属度;

$Q_{\text{综}}$ —某块段中等于或大于1.4 m适合于综采的储量;

$Q_{\text{总}}$ —某块段中等于或大于0.7 m的储量。

作为反映综采地质条件好坏的量值, 即母因素。通过理论分析和实际检验, M 值能较好地反映综采地质条件的好坏。

上式可进一步简化成:

$$M = (\sum_{i=1}^N \mu_i) \frac{S_{\text{综}} \cdot h_{\text{综}}}{S_{\text{总}} \cdot h_{\text{总}}}$$

式中: $S_{\text{综}}$ —某块段煤厚 ≥ 1.4 m的平面积;

$h_{\text{综}}$ —某块段 ≥ 1.4 m煤厚点的平均煤厚;

$S_{\text{总}}$ —某块段煤厚 ≥ 0.7 m的平面积;

表 1 7_2 煤层母序列 (M) 子序列 (μ) 基础数据

| 因素项 | I | II | III | IV | V | VI | VII | IX | X | XI | XII | XIII | XIV | |
|-----------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| M | 8.597 | 10.209 | 12.155 | 6.888 | 10.112 | 7.441 | 9.062 | 9.206 | 9.210 | 10.152 | 9.341 | 8.615 | 8.123 | 7.748 |
| u_{111} | 0.000 | 0.402 | 0.513 | 0.000 | 0.238 | 0.000 | 0.410 | 0.202 | 0.800 | 0.625 | 0.550 | 0.366 | 0.000 | 0.000 |
| u_{112} | 0.709 | 1.000 | 1.000 | 0.764 | 1.000 | 0.964 | 1.000 | 0.691 | 1.000 | 1.000 | 0.855 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| u_{113} | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.800 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.755 | 0.925 | 0.958 | 0.862 | 0.538 |
| u_{121} | 0.950 | 1.000 | 1.000 | 0.700 | 0.950 | 0.950 | 0.900 | 0.950 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.950 | 1.000 |
| u_{122} | 0.900 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.900 | 0.900 | 1.000 | 1.000 | 0.900 | 1.000 | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 1.000 |
| u_{131} | 0.489 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.828 | 0.396 | 1.000 | 1.000 | 0.779 | 1.000 | 1.000 | 0.377 | 0.518 | 1.000 |
| u_{132} | 0.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.311 | 0.576 | 1.000 | 1.000 | 0.089 | 1.000 | 1.000 | 0.200 | 0.289 | 1.000 |
| u_{211} | 0.178 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 1.000 | 0.606 | 0.036 | 0.000 | 0.599 | 0.000 | 0.000 |
| u_{212} | 0.000 | 0.113 | 0.725 | 0.088 | 0.913 | 0.775 | 0.000 | 0.688 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.425 | 0.000 | |
| u_{213} | 0.808 | 0.889 | 0.942 | 0.795 | 0.803 | 0.807 | 0.792 | 0.952 | 0.867 | 0.508 | 0.771 | 0.931 | 0.863 | 0.843 |
| u_{214} | 0.556 | 0.750 | 1.000 | 0.648 | 0.889 | 0.611 | 0.526 | 0.519 | 0.488 | 0.556 | 0.377 | 0.396 | 0.537 | 0.156 |
| u_{221} | 1.000 | 0.958 | 0.875 | 0.767 | 1.000 | 1.000 | 0.967 | 0.783 | 0.975 | 0.900 | 0.717 | 0.174 | 0.441 | 0.808 |
| u_{222} | 0.000 | 0.000 | 0.800 | 0.367 | 0.233 | 0.500 | 0.333 | 0.333 | 0.000 | 0.100 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.393 |
| u_{311} | 0.900 | 0.800 | 0.800 | 0.800 | 0.800 | 0.900 | 0.900 | 0.800 | 0.800 | 0.800 | 0.800 | 0.900 | 1.000 | |
| u_{312} | 0.500 | 0.400 | 0.500 | 0.500 | 0.450 | 0.400 | 0.500 | 0.400 | 0.650 | 0.650 | 0.450 | 0.800 | 0.450 | 0.400 |

$h_{\text{总}}$ ——某块段 ≥ 0.7 m 煤厚点的平均煤厚。

6 块段划分

根据临涣井田的地质情况,以构造边界为主,以开采水平为辅划分块段。 7_2 煤层共划分出 14 个块段。

7 子序列、母序列基础数据的获取

在块段划分的基础上,根据隶属函数计算出 7_2 煤层各块段的隶属度,此项即构成了子序列的基础数据。再根据(3)式求得各块段 M 值的大小(表 1)。

8 计算结果

在表 1 的基础上,按斜率关联度分析的基本方法和步骤,利用公式(1)可以计算出 7_2 煤层子序列和母序列的关联系数。通过公式(2)便可求得 7_2 煤层子序列和母序列的关联度。为便于分析比较,8、10 煤层各评价指标的关联度也一并列入表 2。根据表 2 各煤层各评价指标的关联度,可算得相应的权重

系数。各评价指标的权重系数按三个层次分别求得。具体计算方法如下:

第一层权重系数

$$A_1 = \sum_{i=1}^7 r_{ij} / \sum_{i=1}^{15} r_{ij}$$

$$A_2 = \sum_{i=8}^{13} r_{ij} / \sum_{i=1}^{15} r_{ij}$$

$$A_3 = \sum_{i=14}^{15} r_{ij} / \sum_{i=1}^{15} r_{ij}$$

第二层权重系数

$$\text{令: } \sum_{i=1}^7 r_{ij} = C, \quad \sum_{i=8}^{13} r_{ij} = D, \quad \sum_{i=14}^{15} r_{ij} = E,$$

$$\text{则: } A_{11} = \sum_{i=1}^3 r_{ij} = C, \quad A_{12} = \sum_{i=4}^5 r_{ij} = C,$$

$$A_{13} = \sum_{i=6}^7 r_{ij} = C, \quad A_{21} = \sum_{i=8}^{11} r_{ij} = D,$$

$$A_{22} = \sum_{i=12}^{13} r_{ij} / D$$

第三层权重系数

$$A_{111} = r_{1j} / \sum_{i=1}^3 r_{ij} \quad A_{112} = r_{2j} / \sum_{i=1}^3 r_{ij}$$

$$A_{113} = r_{3j} / \sum_{i=1}^3 r_{ij} \quad A_{121} = r_{4j} / \sum_{i=4}^5 r_{ij}$$

$$A_{122} = r_{5j} / \sum_{i=4}^5 r_{ij} \quad A_{131} = r_{6j} / \sum_{i=6}^7 r_{ij}$$

表 2 $7_2, 8_2, 10$ 煤层各评价指标关联度 r_{ij}

| 评价指标 | 7_2 煤 | 8_2 煤 | 10 煤 |
|-----------|---------|---------|---------|
| u_{111} | 0.563 3 | 0.490 4 | 0.540 6 |
| u_{112} | 0.487 3 | 0.680 0 | 0.522 6 |
| u_{113} | 0.503 2 | 0.500 3 | 0.537 3 |
| u_{121} | 0.579 7 | 0.350 4 | 0.379 8 |
| u_{122} | 0.457 6 | 0.473 6 | 0.472 6 |
| u_{131} | 0.511 2 | 0.515 1 | 0.381 1 |
| u_{132} | 0.453 9 | 0.340 4 | 0.521 4 |
| u_{211} | 0.392 1 | 0.593 6 | 0.702 2 |
| u_{212} | 0.504 1 | 0.461 9 | 0.483 3 |
| u_{213} | 0.455 4 | 0.556 4 | 0.484 7 |
| u_{214} | 0.615 5 | 0.380 2 | 0.484 3 |
| u_{221} | 0.434 4 | 0.486 2 | 0.552 9 |
| u_{222} | 0.504 1 | 0.467 6 | 0.618 2 |
| u_{311} | 0.437 6 | 0.505 3 | 0.514 4 |
| u_{322} | 0.440 5 | 0.497 8 | 0.543 0 |

注: $i=1, 2, \dots, 15$ 为评价指标个数;

$j=1, 2, 3$ 为煤层号

$$\begin{aligned} A_{132} &= r_{7j} / \sum_{i=6}^7 r_{ij} & A_{211} &= r_{8j} / \sum_{i=8}^{11} r_{ij} \\ A_{212} &= r_{9j} / \sum_{i=8}^{11} r_{ij} & A_{213} &= r_{10j} / \sum_{i=8}^{11} r_{ij} \\ A_{214} &= r_{11j} / \sum_{i=8}^{11} r_{ij} & A_{221} &= r_{12j} / \sum_{i=12}^{13} r_{ij} \\ A_{222} &= r_{13j} / \sum_{i=12}^{13} r_{ij} & A_{311} &= r_{14j} / \sum_{i=14}^{15} r_{ij} \\ A_{312} &= r_{15j} / \sum_{i=14}^{15} r_{ij} \end{aligned}$$

式中: $i=1, 2, \dots, 15$ 为评价指标个数;

$j=1, 2, 3$ 为煤层号, 分别代表 $7_2, 8_2,$

10 煤层

计算结果见表 3

9 结论

a. 权重大小反映了综采地质条件的差异。从表 3 可以看出, 煤层条件和构造条件的权重系数 (A_1, A_2) 都较大, 且相近, 其它开采地质条件的权重系数 (A_3) 较小, 说明煤层条件和构造条件是影响临涣矿井综采的主要因素, 本井田的实际情况的确如此。在煤层条件下, 又以煤层厚度变化为重要 (A_{11}), 煤层硬度和夹矸因素次之 (A_{12}, A_{13})。在构造条件

表 3 $7_2, 8_2, 10$ 煤层评价因素权重系数

| 权重 | 7_2 煤 | 8_2 煤 | 10 煤 |
|-----------|---------|---------|--------|
| A_1 | 0.48 | 0.47 | 0.43 |
| A_2 | 0.40 | 0.40 | 0.43 |
| A_3 | 0.12 | 0.13 | 0.14 |
| A_{11} | 0.44 | 0.49 | 0.48 |
| A_{12} | 0.23 | 0.24 | 0.25 |
| A_{13} | 0.27 | 0.27 | 0.27 |
| A_{21} | 0.88 | 0.87 | 0.85 |
| A_{22} | 0.32 | 0.33 | 0.35 |
| A_{111} | 0.36 | 0.29 | 0.34 |
| A_{112} | 0.31 | 0.41 | 0.33 |
| A_{113} | 0.33 | 0.30 | 0.33 |
| A_{121} | 0.56 | 0.43 | 0.46 |
| A_{122} | 0.44 | 0.57 | 0.54 |
| A_{131} | 0.53 | 0.55 | 0.42 |
| A_{132} | 0.47 | 0.45 | 0.58 |
| A_{211} | 0.20 | 0.30 | 0.33 |
| A_{212} | 0.26 | 0.23 | 0.22 |
| A_{213} | 0.23 | 0.28 | 0.23 |
| A_{214} | 0.31 | 0.19 | 0.22 |
| A_{221} | 0.46 | 0.51 | 0.47 |
| A_{222} | 0.54 | 0.49 | 0.53 |
| A_{311} | 0.50 | 0.50 | 0.49 |
| A_{312} | 0.50 | 0.50 | 0.51 |

中, 断层的权重系数 (A_{21}) 较大, 而煤层顶底板产状变化权重系数 (A_{22}) 较小。实际上本井田构造条件以断裂为主, 褶皱不发育。顶板和底板因素的权重系数 (A_{311}, A_{312}) 非常接近, 说明两者对综采的影响相同。

b. 不同煤层, 同一因素的权重不同。比较 $7_2, 8_2, 10$ 煤层各因素的权重, 这一点很明显, 这说明不同煤层因地质条件的差异会出现不同的权重。这正是灰色斜率关联度分析确定权重的优越性所在。因此, 利用灰色斜率关联度分析可以对不同区域、不同煤层的各因素很方便地赋以不同的权重, 从而更客观地反映实际。

总之, 灰色斜率关联度分析为权重的定量化, 特别是多层次权重的定量化提供了一条新的思路。该方法在使用中如何正确地选取子序列和母序列是关键, 目前尚无成熟的规则可以遵循。在实际工作中, 可以采取分析、

比较、优选的原则进行。对综采地质条件评价而言,母序列选 M 值,子序列选影响综采地质条件的各因素的隶属度值,能较好地刻画它们之间的权重关系。

工作中承蒙淮北矿务局地测处,临涣煤矿地质科等单位的大力支持,并得到导师高文泰教授的精心指导,在此一并致谢。

参考文献

- 1 邓聚龙.灰色系统理论教程.武汉,华中理工大学出版社,1991
- 2 张跃等编著.模糊数学方法及其应用.北京,煤炭工业出版社,1992
- 3 徐凤银等.矿井地质构造综合预测中指标权重的确定.中国矿业大学学报,1991;20(4):60~66

(来稿日期 1994-11-17)

MULTIPLE WEIGHT ANALYSIS OF GRAY SLOP CORRELATION COFFICIENTS

Gao Wenhua (Xiangtan Mining Institute)

Abstract Anew defining method of each level weight in multiple conditions,analysis of gray slop correlation cofficients is discussed in this paper. Practical example analysis makes clear that the theoretical weight obtained by this way is as very same as one obtained by practice.

Keywords weight;correlation coefficient analysis;gray system;geologic condition;comprehensive evaluation

“槽波地震探测技术适用范围及数据微处理 系统的研究”课题

槽波已是公认的在煤矿中探测小构造的有效物探技术。该课题的研究对发展、推广应用槽波技术及提高探测质量有积极意义。其成果如下:

a. 针对我国含煤地层特征,用数学模型方法从理论上系统地研究了煤层、顶底板及夹矸的槽波运动学和动力学特征,以及槽波的振幅空间分布规律。以实测岩石弹性参数及槽波资料,进行了槽波特性分析对比,提出了槽波适用性分类标准,并用该标准对所研究的煤层进行了分类,为应用槽波技术提供了理论依据。

b. 通过理论研究和实践,从槽波技术的应用、各种工作方法、槽波方法可提供的地质信息、槽波反射法的局限性及对策,以及对槽波适用性有重要影响的地质条件等多方面研究了槽波技术的适用

范围,大大拓宽了槽波的应用领域。

c. 设计了适合我国国情的 3 种槽波地震数据微机处理系统,完成了该系统硬件、外围设备的选型和配置;研制了 3 种与之配套的数据处理软件和绘图软件。该系统体积小,重量轻,功耗低,使用方便,软件运行速度快、精度高、功能全、适应性强,为煤矿广泛应用槽波技术创造了有利技术条件。

d. 对 15 个矿务局 29 个煤层 69 个盘区和工作面进行槽波实测表明,我国大部分薄—中厚煤层具有较好的槽导性,适用槽波探测技术。

该课题由煤科总院西安分院物探所承担,经鉴定,属国际领先水平。

(李信)