

299-302 X 822
地质环境质量评价中的专家—层次分析定权法

蔡鹤生 周爱国 唐朝晖

(中国地质大学环境科学与工程学院, 武汉 430074)

摘 要 在地质环境质量评价中, 往往要选择多个环境因子一起参与评价, 确定它们的权值就显得十分重要。在分析权值及定权模型含义的基础上, 探讨了专家—层次分析定权法的基本原理和方法, 并进行了实际应用。应用结果表明, 该定权法合理、可行。

关键词 地质环境质量评价, 定权方法, 专家—层次分析定权法。

中图分类号 P442

第一作者简介 蔡鹤生, 男, 副教授, 1943年生, 1969年毕业于北京地质学院, 现主要从事水文地质工程地质、环境地质教学和科研工作。

在地质环境质量评价过程中, 往往要选择多个环境要素和环境因子一起参与评价。在这些评价因子综合时, 需要考虑它们对总体环境质量贡献大小的差异, 给予不同的权值。但由于这些评价因子既有定量因素, 也有非定量因素, 并且其个数往往较多, 使得定权有很大困难。目前尽管有较多的定权方法^[1], 如专家打分法、调查统计法、序列综合法、公式法、数理统计法等, 但是均存在不完善的地方; 因此, 有必要完善或者探索新的定权方法。作者认为专家—层次分析定权法是一种较好的定权方法, 它较为合理、可行。

1 权值及定权模型的含义

1.1 权值的含义

在地质环境质量评价中, 对众多的评价因子进行综合时, 对各个变量具有权衡轻重作用的数值, 即称为权值。权值要反映不同评价因子间重要性程度的差异, 而在“重要”与“不重要”两者间, 找不到明确的分界。两者的差异由一方到另一方中间经历了一个由量变到质变的连续变化的过程, 反映了两者差异的中间过渡性。故“重要”、“很重要”、“不重要”等描述重要性程度的概念都是不确定性的概念, 即模糊概念。“重要”、“不重要”等模糊概念在标志重要性程度的实数轴区间(0, 1)内没有明确的起点和终点, 即没有明确的划分边界^[1]。因此, 权值所要反映的

“重要”程度本身就有着明显的不确定性。

1.2 定权模型的含义

由权值的概念和意义可知, 既然环境质量评价中不同评价因子间的权值是反映相对某评价观点的“重要”程度的数值, 故可以理解为: 求权值的过程就是一种对于不同评价因子间“重要”性程度的分析过程, 属于程度分析的范畴。

但由于地质环境的复杂性、不可逆性、模糊性等, 科学、合理地评定各环境因子的权值有很大难度, 以致于在一些区域地质环境质量评价中, 由于对地质环境系统分析不够, 而过分地相信定权的数学模型, 反而使权值不尽合理。因此, 必须注意: 定权模型只是各环境因子间重要性差异的实际、简要的概化, 一个切合实际的定权模型只有对所研究的系统的构成、结构等有了深刻认识, 和对大量实际资料数据的占有, 以及掌握了实际问题的变化规律, 才能从实际系统中抽象出反映实际变化过程的概念模型来。所以, 要想从极其复杂多样的不确定性的地质环境中抽象出客观合理的概念模型是具有相当难度的, 它要求我们对所研究的地质环境进行深入、细致的系统研究。

从另一个方面讲, 数学模型的最终输出结果是由输入的数据决定的, 因而对地质环境系统的构成与结构的监测调查、分析研究必须深入、仔细, 以保证我们所提取的将要输入数学模型的性状参数的质量。此外, 在实际的地质环境质量评价及系统决策领域中, 现在仍有很多人喜欢依靠专家的职业性经验

表 1 地质环境质量评价中的定权方法

Table 1 Weighting methods in the geological environmental quality assessment

序号	定 权 方 法		
1	专家打分法		
2	调查统计法	(1)重要性打分法;(2)“栅栏”法;(3)“网格”法;(4)列表打勾	←集合统计法→ (1)频数截取法;(2)聚类求均值法;(3)中间截取求均值法
3	序列综合法	(1)单定权因子排序法;(2)多定权因子排序法	
4	公式法	(1)三元函数法;(2)概率法;(3)信息量法;(4)相关系数法;(5)隶属函数法	
5	数理统计法	(1)判别分析法;(2)聚类分析法;(3)因子分析法	
6	层次分析法		
7	复杂度分析法		

判断作为定权的基本手段,因为在有些条件下,对于难以进行模型抽象的、复杂的、具模糊性的、不确定的地质环境系统,这种经验判断的结论就更为可靠,当然这并不是否定定权的数学模型的重要性,但却恰恰说明了对于地质环境系统,在应用定权数学模型时要看到它的局限性,必须严格遵守其适用范围和前提条件。

上面分析表明,对地质环境进行系统分析、深入理解是建立定权数学模型的前提。也说明,定权模型包含两方面含义:一是定性分析,这是前提和基础;二是定量描述,这是最终结果。其应该是定性与定量相结合,以定性分析的结果作为约束定量定权的框架。

2 专家—层次分析定权法

2.1 已有的定权方法

目前已提出并有实际应用价值的定权方法主要有表 1 所列方法。在这些定权方法中,专家打分法、调查统计法、序列综合法均属定性分析方法,较有代表性的是专家打分法。调查统计法、序列综合法是在专家打分法基础上发展起来的,其实质尚未脱离定性分析。因而,在定性分析方法中,较实用、且应用较多的仍是专家打分法。数理统计法所需数据较多,且数据处理复杂、运算量大、运用较少。公式法、层次分析法、复杂度分析法,运算简便,应用较多,但这些方法的物理意义有待于进一步明确。

2.2 专家—层次分析定权法的基本原理

前已说明专家打分法是应用较多的定性定权方法,它实际上是经验估计法与意义推求法的综合,即是由少数专家直接根据经验并考虑反映某评价观点后定出权值。这种直接由人给出权重的方法人为性较大。是否可以由专家对各环境因子进行重要性比

较后,只给出他们的定性判断,而以这些重要性判断为基础数据,采用适当的数学模型再进一步运算定权呢?在所有的定权方法中,层次分析法被一致认为是一种较合理、可行的定权方法。它是一种系统分析方法^[2,3],其原理和计算过程无可质疑,但其第一步还是要人为地给出判断矩阵。最终确定的权值大小、合理性都要取决于这一判断矩阵,此判断矩阵显然具有人为性。现在的关键是如何减少判断矩阵的人为性。

由上述分析可见,我们可以结合专家打分法定性分析的优点与层次分析法定量分析的优点,弥补两者的不足之处,即利用专家打分法来确定层次分析法所需要的判断矩阵。

2.3 专家—层次分析定权法的工作程序

工作程序见图 1 所示。

(1)确定判断矩阵。确定参与定权的环境因子后,可以基本上按照专家打分法的步骤进行。①请对所评价的地质环境进行过较长时间研究并有一定认识的技术人员组成专家组,向他们详细说明判断矩阵的概念、含义,以及判断的方法。②列出所有评价因子的判断矩阵表格,按评价因子个数确定表格的列与行数。③发给每个参予评价者一份上述表格,按④~⑧反复核对、填写,直至没有成员进行变动为止。④要求每个成员按 T. L. Satty 1—9 标度(表 2)两两比较后得出各自的判断矩阵。⑤要求所有的成员对各自的判断矩阵进行核实,看是否能反映自己的看法,如果发现有不妥之处,应重新构造判断矩阵,直至满意为止。⑥把每个成员的表格集中起来,综合专家组成员构造的判断矩阵为综合判断矩阵,并将其公布至全体成员征求意见。⑦专家组成员若有意见,则请其修改自己构造的判断矩阵。⑧集中修改过的判断矩阵,再综合后将其公布至全体成员征求意见,直至所有的专家对综合判断矩阵没有意见

为止,求得的判断矩阵即为最终判断矩阵。

(2)层次分析法确定权值.对上述的综合判断矩阵按层次排序法求权值.先假设有一同阶正则向量 A ,使得存在 $XA = \lambda_{\max} A$,解此特征方程所得的 A

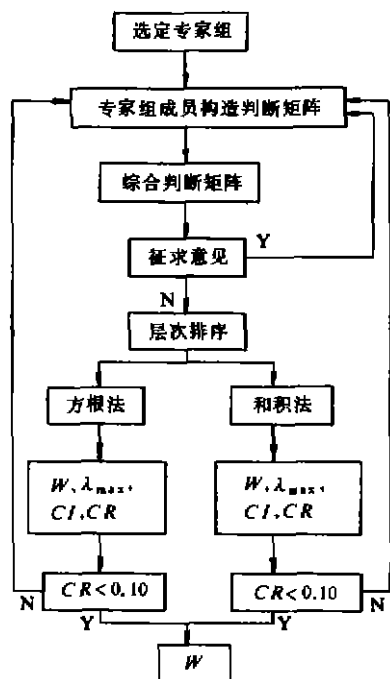


图 1 专家-层次分析定权法工作程序

Fig. 1 The program of expert-analytic hierarchy weighting process

表 2 层次分析定权法的判断矩阵标度及其含义

Table 2 Identification and implication of judging matrix in the expert-analytic hierarchy weighting process

标 度	含 义
1	表示两个因素相比,具有同等重要性
3	表示两个因素相比,一个比另一个稍微重要
5	表示两个因素相比,一个比另一个明显重要
7	表示两个因素相比,一个比另一个更为重要
9	表示两个因素相比,一个比另一个极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断之中值,表示重要性判断之间的过渡性
倒数	因素 i 与 j 比较得到判断 b_{ij} ,则因素 j 与 i 比较的判断 $b_{ji}=1/b_{ij}$

表 3 层次分析法的平均随机一致性指标值

Table 3 Stochastic consistent average index in the analytic hierarchy process

矩阵阶数(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
平均随机一致性指标值 (RI)	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

经正规化后即各评价因子的权值.由于客观事物的复杂及对事物认识的片面性,构造的判断矩阵不一定是一致性矩阵(也不强求是一致性矩阵),但当偏离一致性过大时,会导致一些问题的产生.因此得到 λ_{\max} 后,还需进行一致性和随机性检验.检验公式为

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

$$CR = CI / RI$$

式中: CR 为一致性指标; λ_{\max} 为最大特征根; n 为矩阵阶数; RI 为平均随机一致性指标,取值见表 3; CR 为随机一致性比率.只有当 $CR < 0.10$ 时,判断矩阵才具有满意的一致性,所获取值才比较合理.

3 应用实例

在三峡水利枢纽库区某新城地质环境质量预测评价中,在对新址地质环境系统^[4]的各构成要素逐一分析的基础上,选择地形坡度、库岸稳定性、场地稳态为敏感因子,其状态分别为 $\varphi \geq 30^\circ$ 、不稳定(再造带内)、不稳定区(D区)和地质环境问题区(E区)进行了敏感因子评价.然后对余下的区域选择地形坡度($\varphi < 30^\circ$)、微地貌形态、地基土承载力、场地稳态(稳定区、基本稳定区、潜在不稳定区)为重要因子进行模糊综合评价,评价中,需要确定这 4 个环境因子的权值.为此,选用了专家-层次分析定权法.

对新址地质环境进行过较长时间研究并有较深入认识的 8 位技术人员组成专家组,按前述步骤确定了最终综合判断矩阵,见表 4.

然后采用方根法与和积法两种方法解特征方程 $XA = \lambda_{\max} A$,方根法计算得

$$W = (0.32, 0.172, 0.084, 0.424)$$

$$\lambda_{\max} = 4.018, CI = 0.006, CR = 0.007 < 0.10$$

和积法计算得

$$W = (0.313, 0.172, 0.090, 0.425)$$

$$\lambda_{\max} = 4.0175, CI = 0.0058, CR = 0.006 < 0.10$$

表 4 专家-层次分析定权法中构造的综合判断矩阵

Table 4 Synthesis judging matrix in the expert-analytic hierarchy weighting process

评价因子	地形坡度 ($< 30^\circ$)	微地貌形态	场地稳态	地基土承载力
地形坡度($< 30^\circ$)	1	2.375	3.375	0.667
微地貌形态	0.421	1	2.875	0.364
场地稳态	0.296	0.348	1	0.250
地基土承载力	1.500	2.750	4.000	1

这表明所获权值较为合理.这两种方法所求权值略有差别,但相差很小,在实际应用中这种误差是允许的.这里我们取这两种方法所求权值的平均值为最终权值,即

$$W = (0.316, 0.172, 0.087, 0.425)$$

这一权值得到了在该区域从事过环境地质工作的大多数专家的认可,并被用于实际的地质环境质量预测评价中.

4 结论

环境质量评价工作中不可避免地要确定权值,选择合适的定权方法十分重要.专家—层次分析定权法立足于权值与定权模型的含义分析,将定性分

析与定量分析相结合,发挥专家打分法、层次分析法的优点,这样确定的权值较为科学、合理,并在实际应用中得到了检验.然而,仍有必要进一步完善或者探索新的定权方法.

参 考 文 献

- 1 陆雍森,张寅,马仲文.环境评价.上海:同济大学出版社, 1990. 168~182
- 2 赵焕臣.层次分析——一种简易的新决策方法.北京:科学出版社,1986. 25~64
- 3 刘松基.系统工程与数学方法.北京:机械工业出版社, 1988. 32~45
- 4 张人权,靳孟贵.略论地质环境系统.地球科学——中国地质大学学报,1995, 20(4): 373~376

EXPERT-ANALYTIC HIERARCHY WEIGHTING PROCESS IN GEOLOGICAL ENVIRONMENTAL QUALITY ASSESSMENT

Cai Hesheng Zhou Aiguo Tang Zhaohui

(Faculty of Environmental Science and Geotechnique, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract The determination of the weight value of environmental factors is important as multiple factors are chosen for the geological environmental quality assessment. The essential principle and method about the expert-analytic hierarchy weighting process are discussed on the basis of the analysis of the implication of the weight value. The weighting model and the results show that this weighting method is reasonable and feasible by the experience of practice.

Key words geological environmental quality assessment, weighting method, expert-analytic hierarchy weighting process.