

水利工程安全评价的主客观融合赋权模型初探

叶新霞,张瑶兰,周旭云

(河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098)

摘要:简介层次分析法主观赋权模型、人工神经网络客观赋权模型和因子分析法客观赋权模型,基于最优理论的融合原理,融合这 3 种赋权方法,尝试建立了水利工程安全评价的主客观融合赋权模型,并用工程实例初步验证了其确定权重的合理性。

关键词:层次分析法;人工神经网络;因子分析法;主客观融合赋权模型

中图分类号:TV513 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2004)07-0042-02

水利工程安全评价中确定权重的方法^[1]大致可分为两类:客观赋权法和主观赋权法。客观赋权法是依据决策矩阵提供的信息来确定权重的一种方法,如因子分析法、熵值法、多目标优化方差法、相关系数法。主观赋权法是依据各指数的主观重视程度进行赋权的一种方法,如层次分析法、Dephil 法、环比评分法、二项系数法、专家打分法等。人工神经网络赋权法是近几年兴起的赋权方法,本文将人工神经网络赋权法归入客观赋权法。客观赋权法以原始数据为基础,通过数学处理确定权重,虽然其客观性很强,但是仅仅简单地考虑了各数据之间的联系,且其要求的信息量较大,很难收集。主观赋权法主要依靠人们的经验和知识确定各因素的相对重要性,虽然在一定程度上反映了实际情况,但是忽视了实测的样本信息,带有很大的主观性和随机性,往往会偏离客观实际。为了更加合理地给各评价指标赋权,应该对由多种方法确定的权重进行融合。

1 层次分析法主观赋权模型

层次分析法^[2]是目前使用较为普遍的一种赋权方法,利用层次分析法推算因素的权重分配可较大幅度地减少人们的主观因素,其主要步骤为:①确定目标和评价因素集。②构造判断矩阵。③计算重要性排序。由判断矩阵求出最大特征值所对应的单位特征向量。④进行一致性检验。如判断矩阵的一致性不能满足,就需要调整判断矩阵,直到具有满意的一致性为止。

2 人工神经网络客观赋权模型

人工神经网络模型^[3]有多种多样,各有其特点和用途,如 BP 算法、统计算法、Hopfield 算法、ART 算法和 Kohonen 算法。其中,BP 神经网络模型的理论比较完善,方法比较成熟。典型的 BP 网络具有三层结构,即输入层、隐含层和输出层(图 1)。BP 网络的学习过程由正向传播和反向传播两部分组成,其基本步骤为:①收集工程各影响因素的初始值及其对应的评价值,组成 10~20 组训练模式对。②给网络的连接权及阈值赋初始值。③计算隐含层单元的输入和输出值。④计算输出层单元的输入和输出值。⑤计算输出层、隐含层单元的一般误差。⑥调整隐含层至输出层的权值及输出层各单元的阈值。⑦更新学习模式,重新训练网络,直至误差小于某指定值或者学习次数小于某指定值。

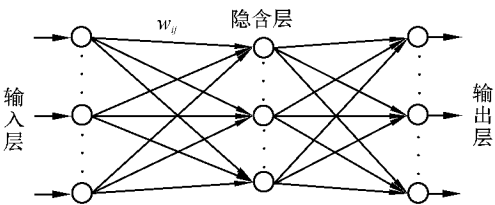


图 1 三层 BP 网络结构

3 因子分析法客观赋权模型

因子分析法^[4]是一种多元统计分析方法,它从所研究的全部原始变量中将有关信息集中起来,通过探讨相关矩阵的内部依赖结构,将多指标综合成少数因子(综合指标),再现指标与因子之间的相关

作者简介:叶新霞(1979—),女,江苏扬州人,硕士研究生,从事水利规划与水利经济研究。

关系,并进一步探讨产生这些相关关系的内在原因,其步骤为:①指标数据的标准化处理.②计算指标的相关矩阵.③找出相关矩阵的特征向量矩阵和特征值.④按方差贡献的要求,取 t 个特征值及其相应的特征向量,利用这 t 个特征值及特征向量建立初始因子载荷矩阵.⑤建立因子模型.⑥初始因子载荷矩阵旋转变换.⑦将因子表示为变量的线性组合.⑧确定权重.

4 基于最优理论的融合原理

假设采用 K 种方法确定评价指标 i 的权重,记对评价指标 i 采用第 k 种方法确定的权重为 W_{ki} ($k = 1, 2, \dots, K$).同时,假设融合权重中第 k 种方法的加权系数为 ω_k ($k = 1, 2, \dots, K$),并且满足归一化约束条件:

$$\sum_{k=1}^K \omega_k = 1 \tag{1}$$

进一步记评价指标 i 的融合权重结果为 W_i ,显然 W_i 对群组权重值 W_{ki} 的逼近程度愈近愈好.因此,可取最优化准则为

$$\min J_i = \sum_{k=1}^K \omega_k (W_i - W_{ki})^2, \quad p \neq 0 \tag{2}$$

即令 $\frac{\partial J_i}{\partial W_i} = 0 \Rightarrow \sum_{k=1}^K 2\omega_k (W_i - W_{ki}) p W_i^{p-1} = 0,$

$$p \neq 0, W_i \neq 0 \Rightarrow W_i^p \sum_{k=1}^K \omega_k - \sum_{k=1}^K \omega_k W_{ki}^p = 0 \tag{3}$$

又由归一化约束条件式(1)推出融合权重的模型为

$$W_i = \left(\sum_{k=1}^K \omega_k W_{ki}^p \right)^{\frac{1}{p}} \tag{4}$$

其中 $p \neq 0$,为模型的可调参数.

常见的融合权重形式有简单加权算术平均法 ($p = 1$)、简单加权平方和平均法 ($p = 2$)、简单加权平方根平均法 ($p = 1/2$)及简单加权调和平均法 ($p = -1$).不同组合方法得到的融合权重值虽然有差异,但其差异往往很小,可以忽略.基于上述分析,可建立水利工程安全评价的融合赋权模型.根据式(4),令 $p = 2$,设某因素层次分析法计算的权重为 $\omega_{ij}^{(1)}$,神经网络训练的相应权重为 $\omega_{ij}^{(2)}$,因子分析法计算的权重为 $\omega_{ij}^{(3)}$,则该因素的融合权重为

$$\omega_{ij} = \left(\alpha_1 (\omega_{ij}^{(1)})^2 + \alpha_2 (\omega_{ij}^{(2)})^2 + \alpha_3 (\omega_{ij}^{(3)})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

其中 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 分别为层次分析法赋权模型、人工神经网络赋权模型和因子分析法客观赋权模型的调整系数.

5 工程实例

利用所收集的长江某段堤防的工程及水文地质

资料、堤防建设和出险情况的历史资料等来具体说明如何利用层次分析法主观赋权模型、人工神经网络客观赋权模型和因子分析法客观赋权模型确定“外部条件”子系统评价指标的融合权重.

如图2所示的评价体系是一个包含多个子系统的三层安全综合评价系统.

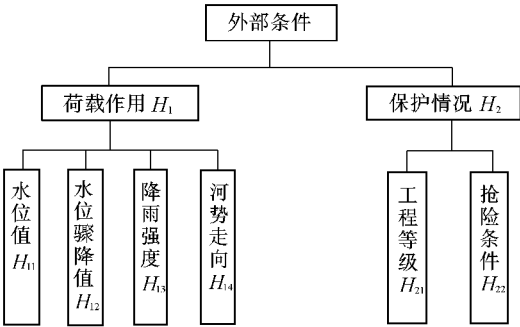


图2 简化的安全综合评价结构体系

根据层次分析法主观赋权模型、人工神经网络客观赋权模型和因子分析法客观赋权模型,计算出底层指标相对于第二层指标的权重分别为 $\omega_{ij}^{(1)}, \omega_{ij}^{(2)}, \omega_{ij}^{(3)}$.考虑到人工神经网络权重训练的样本集较少,令各权重调整系数为 $\alpha_1 = 0.41, \alpha_2 = 0.12, \alpha_3 = 0.47$,可得各指标的融合权重,计算结果见表1.

表1 底层指标的融合权重

权重	H_{11}	H_{12}	H_{13}	H_{14}	H_{21}	H_{22}
$\omega_{ij}^{(1)}$	0.398	0.287	0.159	0.156	0.601	0.399
$\omega_{ij}^{(2)}$	0.421	0.302	0.165	0.112	0.413	0.587
$\omega_{ij}^{(3)}$	0.411	0.289	0.156	0.144	0.611	0.389
ω_{ij}	0.407	0.290	0.158	0.148	0.587	0.422

然后再分别利用层次分析法主观赋权模型、人工神经网络客观赋权模型和因子分析法客观赋权模型计算出第二层因子相对于第一层因子的权重 $\omega_i^{(1)}, \omega_i^{(2)}, \omega_i^{(3)}$,最后两者相结合得因子的权重 W_i ,结果见表2.

表2 第二层指标的融合权重

权重	H_1	H_2	权重	H_1	H_2
$\omega_i^{(1)}$	0.65	0.35	$\omega_i^{(3)}$	0.48	0.52
$\omega_i^{(2)}$	0.54	0.46	W_i	0.59	0.45

参考文献:

[1] 吴恒杰.水利建设项目社会评价方法研究[D].南京:河海大学,2001.
[2] 黄健元.模糊集及其应用[M].银川:宁夏人民教育出版社,1999.248~251.
[3] 金菊良,魏一鸣,杨晓华,等.神经网络及其在水库调洪演算中的应用[J].灾害学,1997,12(4):1~5.
[4] 黄德春.投资项目后评价理论、方法及应用研究[D].南京:河海大学,2003.

(收稿日期 2004-08-16 编辑:马敏峰)