

文章编号: 1000-6788(2001) 03-0059-05

AHP法专家调查法与神经网络相结合的综合定权方法

梁 杰, 侯志伟

(沈阳工业大学经管学院, 辽宁 沈阳 110023)

摘要: 针对多目标决策中评价指标权系数的确定问题, 在分析现有两大类方法(主观赋权法、客观赋权法)优缺点的基础上, 提出一种以层次分析法、专家调查法与误差逆传播神经网络技术(BP网)相结合的综合分析方法, 同时运用 MathWorks 公司开发的 MATLAB5.1 作为系统工具进行程序编制, 得出最终结果。

关键词: 赋权法; 人工神经网络; 矩阵实验室

中图分类号: F4-32 **文献标识码:** A

A Synthetic Weighting Method of Connecting AHP and Delphi with Artificial Neural Networks

LIANG Jie, HOU Zhi-wei

(Shenyang Polytechnic University, Shenyang 110023, China)

Abstract In this paper, aiming at the problem of weighting in multi-object decision, a synthetic weighting method of connecting AHP and Delphi with artificial neural networks based on analysing two kinds of weighting methods is presented, at the same time the software Matlab5.1 is used to draw a final conclusion.

Keywords weighting method; artificial neural networks; MATLAB

1 引言

随着我国社会主义市场经济体制改革的不断深入, 世界经济一体化的趋势越发强烈, 在各个领域开展客观公正的评价工作成为社会发展的必然趋势。大到国家的综合国力评价、省市的经济实力评价, 小到企业的综合业绩评价、竞争力评价、人力资源评价等工作, 目前都已在不同程度上开展起来。

在开展各项评价工作时影响评价结果客观准确性的最重要的两个问题是:

- 1) 评价分指标的选择;
- 2) 评价分指标权系数的确定。

本文仅针对第二个问题进行探讨。

目前关于权系数的确定方法有数十种之多, 根据计算权系数时原始数据的来源不同, 这些方法大致可分为两大类: 一类为主观赋权法, 其原始数据主要由专家根据经验主观判断得到, 如古林法、AHP法、专家调查法等; 另一类为客观赋权法, 其原始数据由各指标在被评价单位中的实际数据形成, 如均方方法、主成份分析法、离差最大化法、熵值法、代表计数法、组合赋权法等。这两类方法各有优缺点: 主观赋权法客观性较差, 但解释性强; 客观赋权法确定的权数在大多数情况下精度较高, 但有时会与实际情况相悖, 而且解释性比较差, 对所得结果难以给出明确地解释。基于上述原因, 人们提出了综合主、客观赋权法的第三类方法, 即组合赋权法。本人提出的以 AHP法、专家调查法与误差逆传播神经网络技术(BP网)相结合的综合分析方法正是组合赋权法中的一种。

2 主 客观赋权法的优缺点

2.1 主观赋权法的优缺点

目前对于主观赋权法的研究比较成熟,这些方法的共同特点是各评价指标的权重是由专家根据自己的经验和对实际的判断给出.选取的专家不同,得出的权系数也不同;这类方法的主要缺点是主观随意性大,这一点并未因采取诸如增加专家数量、仔细选专家等措施而得到根本改善.因而,在某些个别情况下应用单一一种主观赋权法得到的权重结果可能会与实际情况存在较大差异.

该类方法的优点是专家可以根据实际问题,较为合理地确定各指标之间的排序,也就是说尽管主观赋权法不能准确地确定各指标的权系数,但在通常情况下,主观赋权法可以在一定程度上有效地确定各指标按重要程度给定的权系数的先后顺序.

2.2 客观赋权法的优缺点

客观赋权法的原始数据来源于评价矩阵的实际数据,使系数具有绝对的客观性.视评价指标对所有的评价方案差异大小来决定其权系数的大小.

这类方法的突出优点是权系数客观性强,但有时会与实际不符.在实际情况中,依据上述原理确定的权系数,最重要的指标不一定具有最大的权系数,最不重要的指标可能具有最大的权系数.

3 AHP法、专家调查法与误差逆传播神经网络技术 (BP网)相结合的综合分析方法

3.1 原始数据的归一化

原始数据的归一化工作利用 S型传递函数 ($Y_{ij} = \frac{1 - e^{-M_{ij}}}{1 + e^{-M_{ij}}}$)来完成.此函数是非线性递增函数,当 $M_{ij} \rightarrow 0$ 时, Y_{ij} 的导数 $d_{ij} = f'(M_{ij})$ 逐渐变大, $Y_{ij} = f(M_{ij}) \rightarrow 0$, 函数曲线越来越陡; 当 $M_{ij} \rightarrow \infty$ 时, Y_{ij} 的导数 $d_{ij} = f'(M_{ij}) \rightarrow 0$, $Y_{ij} = f(M_{ij}) \rightarrow \pm 1$, 函数曲线越来越平缓.如此归一化处理,一方面可以防止某一指标过大时左右整个综合指标,另一方面当原始值小于平均值时,其效用函数为负,体现“奖优罚劣”.

3.2 AHP法与专家调查法的基本原理

由于 AHP法与专家调查法的使用已有数十年的历史,应用范围又较为广泛,其基本原理也早已为广大学者熟知,故于本文中,本人不在累述.

为防止使用单一主观赋权法所得权重重要程度排序与实际情况不符,本人在所提出的综合赋权法中分别采用 AHP法和专家调查法得出两套权重重要程度排序结果.比较两套结果是否一致,若一致则可利用得到的一致权重重要程度排序结果作为检验神经网络所得权重结果重要程度排序的标准.若不一致,则需重新调整上述两种方法直到一致为止.这样便可在很大程度上提高主观赋权法重要度排序的准确性.

3.3 误差逆传播神经网络技术 (BP网)的基本原理

神经网络技术是近年来才兴起的一门新兴技术,由许多并行运算的功能简单的单元组成,这些单元类似于生物神经系统的单元.这些神经元函数模型为:

$$S_j = \sum_{i=0}^n W_{ij}^* X_i + b_j, Y_j = f(S_j)$$

其中 Y_j 为输出, X_i 为输入, b_j 为偏差, W_{ij}^* 称为连接权系数, $f(\cdot)$ 为变换函数.神经网络是一个非线性动力学系统,其特色在于信息的分布式存储和并行协同处理.虽然单个神经元的结构极其简单,功能有限,但大量神经元构成的网络系统所能实现的行为却是极其丰富多彩的.和数字计算机相比,神经网络系统具有集体运算的能力和自适应的学习能力. BP网络的产生归功于 BP算法的获得. BP算法是最著名的多层神经网络的训练方法,依照 Adaline网络所采用的最小误差学习方法及修改后 Delta学习规则,以适应多层网络. BP算法的主要思想为:对于 q 个学习样本: p_1, p_2, \dots, p_q , 已知与其对应的输出样本为: T_1, T_2, \dots, T_q . 学习的目的是用网络的实际输出 A_1, A_2, \dots, A_q 与目标矢量 T_1, T_2, \dots, T_q 之间的误差来修改其权值, A_l ($l = 1, 2, \dots, q$) 与期望的 T_l 尽可能的接近;即:使网络输出层的误差平方和达到最小.它是通过连续不断地在相对于误差函数斜率下降的方向上计算网络权值和偏差的变化而逐渐逼近目标的.每一次权值和偏差的

变化都与网络误差的变化成正比,并以反向传播的方式传递到每一层. BP算法是由两部分组成: 信息的正向传递与误差的反向传播. 在正向传播过程中,输入信息从输入经隐含层逐层计算传向输出层,每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态. 如果在输出层没有得到期望的输出,则计算输出层的误差变化值,然后转向反向传播,通过网络将误差信号沿原来的连接通路反传回来修改各层神经元的权值直至达到期望目标.

设输入为 p ,输入神经元有 r 个,隐含层有 s_1 个神经元,激活函数为 F
1.输出层内有 s_2 个神经元,对应的激活函数为 F_2 ,输出为 A ,目标矢量为 T .

信息的正向传递

1) 隐含层中第 i 个神经元的输出为: $a_1 = f\left(\sum_{j=1}^r w_{1j}p_j + b_1\right)$, $i = 1, 2, \dots, s_1$

2) 输出层中第 k 个神经元的输出为: $a_2 = f\left(\sum_{i=1}^{s_1} w_{2ki}a_1 + b_2\right)$, $k = 1, 2, \dots, s_2$

3) 定义误差函数为: $E(W, B) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{s_2} (t_k - a_{2k})^2$

利用梯度下降法求权值变化及误差的反向传播

1) 输出层的权值变化

对从第 i 个输入到第 k 个输出的权值有:

$$\Delta w_{2ki} = - Z \frac{\partial E}{\partial w_{2ki}} = - Z \frac{\partial E}{\partial a_2} \cdot \frac{\partial a_2}{\partial w_{2ki}} = Z(t_k - a_2)f_2' a_1 = \Delta W_{ki} a_1$$

其中: $W_{ki} = (t_k - a_2) = e_k f_2'$, $e_k = t_k - a_2$

同理可得:

$$\Delta b_{2k} = - Z \frac{\partial E}{\partial b_{2k}} = - Z \frac{\partial E}{\partial a_2} \cdot \frac{\partial a_2}{\partial b_{2k}} = Z(t_k - a_2)f_2' = \Delta W_{ki} a_1$$

2) 隐含层的权值变化

对从第 j 个输入到第 i 个输出的权值有:

$$\Delta w_{1ij} = - Z \frac{\partial E}{\partial w_{1ij}} = - Z \frac{\partial E}{\partial a_2} \cdot \frac{\partial a_2}{\partial a_1} \cdot \frac{\partial a_1}{\partial w_{1ij}} = \sum_{k=1}^{s_2} (t_k - a_2)f_2' \cdot w_{2ki} \cdot f_1' p_j = \Delta W_{ij} p_j$$

其中: $W_{ij} = e_i \cdot f_1'$, $e_i = \sum_{k=1}^{s_2} W_{ki} w_{2ki}$

同理可得: $\Delta b_{1i} = \Delta W_{ij}$.

但是由于 BP网涉及复杂的多维输入和输出空间,因而其误差面可能有一些局部的最低点 (Local minimum). 在网络训练时,往往权重矢量被调节在局部的最低点,而不能达到实际的最小误差. 同时神经网络是“黑箱推理”,全部知识都存在于网络内部,难以对最终的结果提供可信的解释. 因而在确定评价企业经营业绩指标体系的权重时,结合上述两种方法,扬其所长、避其所短,形成一种综合分析方法.

3. 4 MATLAB5. 1(矩阵实验室)神经网络工具箱简介

MATLAB是 MathWorks公司于 1982年起开始推出的一套高性能的数值计算和可视化软件. 它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体,构成了一个方便的、界面友好的用户环境. MATLAB5. 1 是于 1997年 5月推出的,包括神经网络(neural network),信号处理(signal processing),控制系统(control system),图象处理(image processing),鲁棒控制(robust control),非线性系统控制设计(nonlinear control system design),系统辨别(system identification,最优化(optimisation),分析与综合(analysis and synthesis),模糊逻辑(fuzzy logic),小波(wavelet),样条(spline)等工具箱.

神经网络工具箱中的实用函数包括误差分析函数, W函数,设计,初始化,学习规则,矩阵,邻域,绘图,仿真,训练,传递函数. 利用这些函数和 MATLAB提供的基本命令、函数便可以方便、快捷、直观地进行神经网络设计,完成繁复的工作.

3.5 综合分析方法运用步骤

1) 分别运用 AHP法、专家调查法和 BP网络得出合理的权重。

2) 判断上述两种方法得出的结果中各指标的权系数重要程度排序是否一致。

在多目标决策中,各指标的相对重要程度是不同的。指标按其重要程度可分为若干等级,依次为 P_1, P_2, \dots, P_k ,重要性依次降低。每一类指标等级中又含有若干个指标,这些指标重要程度的差别远小于跨等级指标之间的差别。

比较利用 BP网络训练、检验后得出的结果与使用 AHP法、专家调查法定性分析得出的重要等级排序是否一致。如果一致,则说明 BP网络在训练过程中没有陷入到误差面中的局部最小点,达到了真正的最小点,得出的结果可以信赖。如果不一致,则说明 BP网络在训练过程中陷入到误差面中的局部最小点,没有达到真正的最小点,这就需要采取:重新选择初始权重、训练数据、增加隐层神经元数、改用动量算法等措施来重新训练、检验网络,得出新的权重值,直到与使用 AHP法、专家调查法定性分析得出的重要等级排序一致为止。

3) 利用已得权重结果对各待评对象进行评价。

使用 BP网络所得评价结果虽然准确度很高,但解释性极差,因而就必须同时运用 AHP法和专家调查法增强评价结果的解释性。

4 实证分析

表 1为我国 14个省、直辖市 1992年主要工业统计指标及综合评估值。

表 1

评价指标 省市	全员劳动生产率 (元/人)	资金利税率 (%)	销售利润率 (%)	工业产值占用 流动资金率(%)	产值利税率 (%)	综合评估值
北京	47177	16.61	8.89	31.05	15.77	0.7896
天津	43323	9.08	3.65	29.80	8.44	0.3238
上海	59023	13.84	6.06	26.55	12.87	0.7366
江苏	46821	10.59	3.51	22.46	7.41	0.4687
浙江	41646	13.24	4.46	24.33	9.33	0.5355
安徽	26446	10.16	2.38	26.80	9.85	0.2846
福建	38381	11.97	4.79	26.45	10.64	0.4862
广东	57808	10.29	4.54	23.00	9.23	0.5895
辽宁	28869	7.68	2.12	31.08	9.05	0.1543
山东	38812	8.92	3.38	25.68	8.73	0.3562
湖北	30721	10.87	4.15	30.36	11.44	0.3524
湖南	24648	10.77	2.42	30.71	11.37	0.2594
河南	26925	9.34	3.06	30.11	10.84	0.2571
江西	23269	8.25	2.58	32.57	8.62	0.1111

此问题是一个多指标决策与排序问题。上述 5个评价指标从主观上很难判断哪个指标更为重要,因此认为它们处于同一重要等级。使用 AHP法及专家调查法所得 5个评价指标权重值均在 0.2左右。

应用本文所述的基于人工神经网络的多指标综合评价方法,设有 5个输入节点,分别是全员劳动生产率、资金利税率、销售利润率、工业产值占用流动资金率、产值利税率。输出节点 1个,为综合评估指标。根据经验,隐层节点数选取为 6。

将表 1 数据分为两部分 ,前 14 组数据用作学习样本 ,作为训练神经网络连接权值用 ,学习精度为 $SSE = 0.001$,后 2 组数据作为检验用 . 经过 1606 次的训练 ,训练所得权重矩阵结果 (未详细列述)符合以 AHP 法和专家调查法所得的重要度基本一致的判断标准 . 由此可见 ,BP 网的训练是建立在权重重要程度排序与实际情况相符的基础上进行的 . 运用网络输出与样本期望值之间的差异结果分析本人所建 BP 网的自学习能力 ,详情见表 2.

表 2 网 络 输 出 与 样 本 期 望 值 差 异 比 较

省份	北京	天津	上海	江苏	浙江	安徽	福建
网络输出	0.7958	0.3145	0.7310	0.4690	0.5376	0.2990	0.4766
期望值	0.7896	0.3238	0.7366	0.4687	0.5355	0.2846	0.4862
相对误差	0.0078	0.0287	0.0076	0.0006	0.0039	0.0560	0.0197
省份	广东	辽宁	山东	湖北	湖南	河南	江西
网络输出	0.5930	0.1500	0.3663	0.3466	0.2447	0.2682	0.1165
期望值	0.5895	0.1543	0.3562	0.3524	0.2594	0.2571	0.1111
相对误差	0.0059	0.0279	0.0284	0.0165	0.0567	0.0432	0.0486

训练结束后 ,利用训练好的三层 BP 网 ,分别输入校验后的数据 ,得到的结果如下:

	网络输出	期望值	相对误差
河北	0.1865	0.1893	0.0148
山西	0.1619	0.1616	0.0018

由以上结果可以看出 ,利用 BP 网得出的训练数据输出值与样本之间的最大相对误差为 0.0567 ,检验数据输出值与期望值之间的最大相对误差为 0.0148 ,可见该网络的自学习能力非常强 ,网络性能很好 . 这说明此种综合评价方法是有效的 .

参考文献:

[1] 王明涛. 多指标综合评价中权系数确定的一种综合分析方法 [J]. 系统工程, 1999, 17(2): 56- 61.

[2] 戴文战. 基于三层 BP 网络的多指标综合评估方法及应用 [J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(5): 29 - 34.

[3] 张际先, 宓霞. 神经网络及其在工程中的应用 [M]. 北京: 机械工业出版社. 1996.

[4] 楼顺天, 于卫, 闫华梁. MATLAB 程序设计语言 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社. 1997.

[5] 楼顺天, 施阳. 基于 MATLAB 的系统分析与设计——神经网络 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社. 1998.