

基于灰色关联分析和BP神经网络的“互联网 + 支教”培养效果评价研究

林 嘉, 莫宏敏

吉首大学数学与统计学院, 湖南 吉首

收稿日期: 2024年7月19日; 录用日期: 2024年8月10日; 发布日期: 2024年8月21日

摘 要

为科学、系统、全面地对云支教效果进行及时反馈, 本文采用了灰色关联分析和BP神经网络相结合的评价方法。首先, 使用变异系数法和DEMATEL确定综合权重, 并结合相关文献与资料确定云支教培养效果评价指标体系, 以各指标为输入, 灰色关联分析综合评价结果为输出, 训练神经网络, 仿真结果显示, 模型训练效果良好。

关键词

变异系数法, DEMATEL法, 灰色关联分析, BP神经网络

Research on the Evaluation of Training Effect of “Internet + Teaching” Based on Grey Correlation Analysis and BP Neural Network

Jia Lin, Hongmin Mo

School of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou Hunan

Received: Jul. 19th, 2024; accepted: Aug. 10th, 2024; published: Aug. 21st, 2024

Abstract

In order to scientifically, systematically and comprehensively provide timely feedback on the effect of cloud tutoring, this paper adopts the evaluation method combining grey correlation analysis and

BP neural network. First of all, using the coefficient of variation method and DEMATEL to determine the comprehensive weights and combining relevant literature and information to determine the evaluation index system of the training effect of cloud tutoring, using the indicators as inputs, grey correlation analysis comprehensive evaluation results as outputs, and training neural networks, the simulation results show that the model training effect is good.

Keywords

Coefficient of Variation Method, DEMATEL Method, Grey Correlation Analysis, BP Neural Network

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

发展农村教育事业是培育乡村振兴内生动力的重要任务,“互联网+支教”可以发挥互联网功能优势,催生新的知识生态系统,促进城乡均衡发展,而目前非常缺乏科学、系统、全面的评价模型对其培养效果进行及时的反馈,且由于各云支教团队的培养方案各不相同,本文采用了灰色关联分析-BP神经网络的评价模型[1]来对云支教培养效果进行评价。

2. 云支教培养效果评价模型

2.1. 培养效果评价指标体系的构建

培养效果评价指标体系的构建是为科学、全面、客观地及时反馈云支教的培养效果,本文查阅相关文献研究结果,结合线上教学的特点和云支教的培养方案,共选取了能力提升、情感态度与道德培养、身心健康三个一级指标,并在此基础上选取了12个二级指标(见表1)。

Table 1. Indicator system for evaluating the effectiveness of cloud teaching training

表 1. 云支教培养效果评价指标体系

一级指标	二级指标
能力提升 B1	学习成绩 C1
	合作与交流能力 C2
	独立思考能力 C3
	提出与解决问题能力 C4
情感态度与道德培养 B2	学习自主性 C5
	学习专注度 C6
	学习积极性 C7
	社会责任感 C8
	互助意识 C9
身心健康 B3	身体素质 C10
	心理压力 C11
	社交关系和人际交往能力 C12

2.2. 指标权重的确定

2.2.1. 变异系数法确定客观权重[2]

变异系数法是一种可以计算出系统各指标变化程度的统计学方法, 权重的大小能够反映指标的分辨信息丰富程度, 若各个被评价对象在某项指标上的数值差异较大, 可以明确地将各被评价对象区分开来, 代表该指标的分辨信息较为丰富, 因而赋予较大的权重, 反之, 若某项指标之间的数值差异较小, 则被赋予较小的权重, 这种之间利用各指标所包含的信息计算得到指标权重的是一种客观赋权, 可以用于确立云支教培养效果中各评价指标的权重。

其具体步骤如下:

Step 1: 假设有 m 个待评价对象, 一共有 n 个评价指标, 指标的评价矩阵 X 可以表示为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

式中, x_{ij} 代表第 i ($i=1,2,\dots,m$) 个评价对象的第 j ($j=1,2,\dots,n$) 个评估指标的特征数据。

Step 2: 计算第 j 个指标的均值:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{a=1}^m x_{aj}$$

Step 3: 计算第 j 个指标的标准差。

2.2.2. DEMATEL 法确定主观权重[3]

DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)法是一种决策分析方法, 用于研究复杂系统中因果关系的定量和定性影响。该方法将影响因素分为原因因素和结果因素, 并通过专家判断和数学模型来确定它们之间的关联程度。DEMATEL 法主要包括以下步骤:

$$\bar{\sigma}_j = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{a=1}^m (x_{aj} - \bar{x}_{aj})^2}$$

Step 1: 建立直接影响矩阵 M

对收集到的问卷数据进行分析, 并根据数据对各指标进行比较, 以关系等级 $U = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\} = \{\text{没影响, 影响弱, 影响比较弱, 影响较强, 影响很强}\}$ 为标准进行打分, 建立矩阵 M , 具体如下所示:

$$M = (m_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \vdots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

式中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n$ 。

Step 2: 标准化直接影响矩阵:

$$L = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n m_{ij}} M = [l_{ij}]_{n \times n}$$

式中, $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq n, 0 \leq l_{ij} \leq 1$ 。

Step 3: 确定综合影响矩阵:

$$O = \lim_{n \rightarrow \infty} (L + L^2 + \dots + L^n) = L(I - L)^{-1}$$

式中, I 为单位矩阵。

Step 4: 计算各指标的影响度 p_i 和被影响度 q_j :

$$\begin{cases} p_i = \sum_{j=1}^n o_{ij} \\ q_j = \sum_{i=1}^n o_{ij} \end{cases}$$

Step 5: 计算中心度 a_i 和原因度 b_i :

$$\begin{cases} a_i = p_i + q_i \\ b_i = p_i - q_i \end{cases}$$

Step 6: 计算权重

将中心度进行归一化处理得到的值即为权重 W_i 。

2.2.3. 权重的确定

我们将最终综合权重设置为 $0.7 \times \text{主观权重} + 0.3 \times \text{客观权重}$, 利用 MATLAB 2018 求解, 结果如下表 2 所示。

Table 2. Determination of evaluation indicator weights

表 2. 评价指标权重的确定

指标	主观权重	客观权重	综合权重
学习成绩 C1	0.107	0.107	0.075
合作与交流能力 C2	0.108	0.108	0.068
独立思考能力 C3	0.080	0.080	0.091
提出与解决问题能力 C4	0.090	0.090	0.094
学习自主性 C5	0.098	0.098	0.072
学习专注度 C6	0.081	0.081	0.091
学习积极性 C7	0.116	0.115	0.093
社会责任感 C8	0.040	0.040	0.081
互助意识 C9	0.056	0.057	0.082
身体素质 C10	0.045	0.045	0.087
心理压力 C11	0.089	0.089	0.082
社交关系和人际交往能力 C12	0.090	0.090	0.084

2.3. 灰色关联分析综合评价[4]

2.3.1. 模型的建立

灰色关联分析法是一种用于分析事物之间关联程度的方法, 尤其适用于系统性能评价、多因素关联分析等领域。它常被用来研究一些非线性、不确定性、不完备性较强的系统。这种方法通过建立数学模型, 对不同因素之间的关联程度进行评估和分析。

具体而言, 灰色关联分析法通常包括以下几个步骤:

Step 1: 数据处理

将原始数据全都转换为极大型指标并进行归一化处理, 使不同指标之间具有可比性。

Step 2: 确定参考序列

由于处理后的数据为极大型数据, 因此选取每个指标标准化后的最大值为参考序列, 在此为 $A_0 = (1, \dots, 1)$ 。

Step 3: 计算灰色关联系数

对于某一个因素, 其中的每个维度进行计算, 得到一个新的序列, 这个序列中的每个点就代表着该子序列与参考序列对应维度上的关联性(数字越大, 代表关联性越强)。

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}$$

式中, $|x_0(k) - x_i(k)|$ 表示每个数据与该行参考序列数据的差的绝对值。 ρ 是分辨系数, 一般位于 0 到 1 之间, 往往取 0.5。

Step 4: 计算灰色加权关联度

根据已知的权重与该列数据对应相乘即为最终得分:

$$r_i = \sum_{k=1}^n w_i \zeta_i(k)$$

2.3.2. 模型的求解

通过设计的问卷, 共发放问卷共 102 份, 其中有效数据共 97 份, 有效率达 95.1%, 利用 MATLAB 2018 求解结果得出部分数据如下表 3 所示。

Table 3. Comprehensive evaluation results
表 3. 综合评价结果

序号	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	综合得分
1	83	95	94	81	81	94	85	94	91	91	92	81	0.560347
2	95	95	92	95	93	94	94	94	91	94	94	95	0.466245
3	85	73	73	81	85	75	93	95	83	62	72	84	0.699313
4	94	83	94	83	91	84	83	71	71	84	72	84	0.655695
5	72	85	74	84	71	73	82	65	71	44	72	83	0.755514
6	85	85	83	83	81	83	81	84	84	83	85	83	0.656454
7	82	71	85	71	74	71	82	83	81	75	81	82	0.762884
...													
97	84	84	84	83	95	72	93	83	85	81	95	92	0.608508

3. 仿真训练

3.1. BP 神经网络介绍[5]

BP 神经网络可以通过对已有数据的不断迭代和修复自身权重来找到输入变量和输出变量之间的关系, 并估计出准确的函数关系。BP 神经网络主要由两步组成:

Step 1: 正向传播

正向传播途径如图 1 所示。

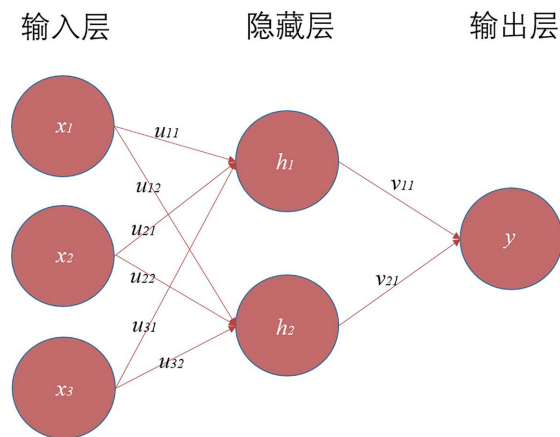


Figure 1. BP neural network propagation diagram

图 1. BP 神经网络传播图

上图中的输入层即我们需要输入的变量，其中两个节点之间的连线成为连接权重，即我们需要不断修正的参数。当数据被输入时，数据将会通过权重进入到隐含层中，其中隐含层的输入为：

$$h_{i1} = x_1 u_{11} + x_2 u_{21} + x_3 u_{31}$$

即其输入参数的加权和，其输入是输出的 sigmoid 函数：

$$h_{01} = \text{Sigmoid}(h_{i1})$$

其中，sigmoid 函数称为激活函数，将加权和进行处理可以将数据限制在 0 到 1 的范围内，避免数据过大的问题。

同样地， y 的输入和输出也遵循上述原则：

$$\begin{cases} y_i = h_1 v_{11} + h_2 v_{21} \\ y_0 = \text{Sigmoid}(y_i) \end{cases}$$

输出 y_0 后就完成了一次正向传播。

Step 2: 反向传播

反向传播可以将误差作为信息传播，即网络输入的 y_0 与真实值 y 的差距。这种差距一般用均方差损失函数来表示：

$$E = \frac{1}{2}(y_0 - y)^2$$

不难发现，该误差越小，网络越接近真实的关系，反向传播就是根据正向传播计算出来的误差，来反向计算出使误差最小化的权重再更新权重，当所有的参数都更新完成后就完成了一次反向传播。

分别经过一次正向和反向传播，网络内各个参数都能被更新一次，则可以说完成了一次网络的训练。因此，训练网络就是不断地进行正向传播和反向传播，不断更新网络中的连接权重。当网络训练完毕以后，代入一组新的值就可以根据我们训练好的网络得到一个预测值，这个预测值往往可以达到一个很好的效果。

3.2. 仿真结果及结果分析

3.2.1. 仿真结果

本文将 97 个数据划分成训练集、测试集和验证集, 并使用 MATLAB 2018 进行仿真实验, 得出的仿真结果如图 2 所示。

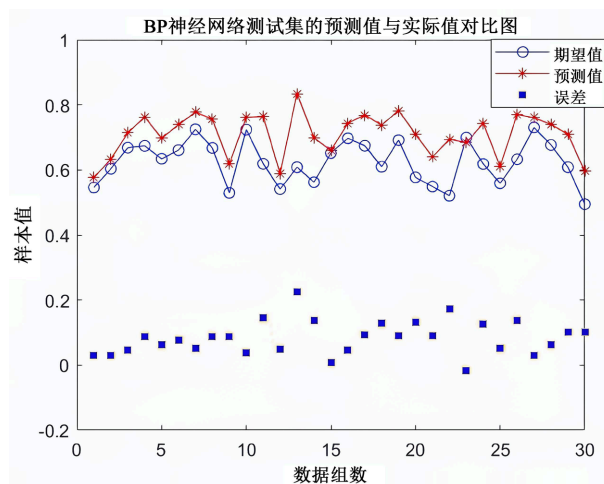


Figure 2. Comparison diagram of the true and predicted values of the BP neural network prediction set

图 2. BP 神经网络预测集的真实值和预测值对比图

3.2.2. 结果分析

通过观察上图的预测值与实际值, 可以看到预测值和实际值基本吻合, 大部分的预测值和实际值一致, 建立的云支教培养效果评价模型的误差在允许范围内, 说明模型较好, 能够有效地对培养效果进行评价。

4. 结语

本文利用灰色关联分析和 BP 神经网络相结合的评价方法构建的云支教培养效果评价模型对各云支教团体及时收到教学效果的反馈具有一定的参考意义和推广价值。

参考文献

- [1] 柳雅婧, 陈明新, 李洪毅. 基于灰色关联与 BP 神经网络的大学生内卷成因及影响的统计分析——以长沙市高校为例[J]. 兰州文理学院学报(自然科学版), 2023, 37(3): 27-34.
- [2] 王毅, 陈曦, 潘子桐, 等. 基于变异系数法的县域环境承载力评价[J]. 资源环境与工程, 2023, 37(6): 697-708.
- [3] 范玉峰, 张天航. 基于 AHP-DEMATEL 综合权重与灰色关联分析法的石化厂区消防应急救援能力评估研究[J]. 山东化工, 2024, 53(3): 224-228.
- [4] 鲍宏苗, 侯赵玉, 钱景杨, 等. 矮生芍药观赏性的层次分析与灰色关联分析评价[J/OL]. 南京农业大学学报, 2024: 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1148.S.20240416.1008.003.html>, 2024-04-20.
- [5] 宋端超, 闻传花, 王行自. 基于 BP 神经网络的军校课堂教学质量评价模型[J]. 继续教育, 2017, 31(12): 47-49.