

# 基于改进 AHP-BP 神经网络的幼儿发展评价模型<sup>①</sup>

李顺喜<sup>1,2</sup>, 蒲宝明<sup>2</sup>, 韩爽<sup>1,2</sup>, 李相泽<sup>3</sup>, 张笑东<sup>1,2</sup>, 王帅<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院大学, 北京 100049)

<sup>2</sup>(中国科学院 沈阳计算技术研究所, 沈阳 110168)

<sup>3</sup>(东北大学 计算机科学与工程学院, 沈阳 110819)

通讯作者: 李顺喜, E-mail: [easyboy519@163.com](mailto:easyboy519@163.com)

**摘要:** 现有的幼儿健康发展评估方案有着评估周期长、个人主观意识强以及评价指标单一等缺陷, 对幼儿的长期发展以及学前教育的信息化有着诸多方面的限制和影响. 因此, 本文引入了改进的 AHP-BPNN 评估方法, 根据幼儿发展的生理和心理特性, 利用 AHP 层次分析方法建立科学的、多维化的评价体系, 同时对各项评价指标初始化; 利用改进的 BPNN 对评价指标权重进行分析和优化, 得到最优的参数解. 通过对沈阳某幼儿园 214 名幼儿 90 天的连续实践观察表明, 本文所提的方法大大减少了教师的主观性评价, 使评价体系更加科学、合理和完善, 对幼儿健康发展给出了全面性的指导.

**关键词:** 幼儿; 健康评估模型; 层次分析方法; BP 神经网络

引用格式: 李顺喜, 蒲宝明, 韩爽, 李相泽, 张笑东, 王帅. 基于改进 AHP-BP 神经网络的幼儿发展评价模型. 计算机系统应用, 2018, 27(3): 168-172. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/6259.html>

## Preschool Child Health Assessment Model Based on Improved AHP-BPNN

LI Shun-Xi<sup>1,2</sup>, PU Bao-Ming<sup>2</sup>, HAN Shuang<sup>1,2</sup>, LI Xiang-Ze<sup>3</sup>, ZHANG Xiao-Dong<sup>1,2</sup>, WANG Shuai<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

<sup>2</sup>(Shenyang Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110168, China)

<sup>3</sup>(School of Computer Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

**Abstract:** The existing healthy development evaluation scheme has defects like a long life cycle, subjective sense, single evaluation index and many others, which has restrictions on the children's long-term development and preschool education informatization. Therefore, this paper introduces the evaluation method of AHP-BPNN. According to the physiological and psychological characteristics of children's development, it uses the AHP analytic hierarchy process to establish scientific and multidimensional evaluation system. Meanwhile, the initial weights is initialized. Then it makes the improved BPNN analysis to optimize the weight, to get a more optimal parameter solution. Based on the continuous practice of 214 children in a kindergarten in Shenyang for 90 days of observation, it shows that the proposed method greatly reduces the subjectivity of teacher evaluation, makes the evaluation system more scientific, reasonable and perfect, and gives a comprehensive guide.

**Key words:** preschool child; health assessment model; AHP; BP neural network

学前教育的智能信息化是社会发展的趋势, 近年来在幼儿专家、心理学家以及教育学者的共同探索下, 幼儿发展评价体系不断完善. 20 世纪 90 年代, 国内外专家提出了档案袋法评估幼儿健康发展<sup>[1,2]</sup>; 张琼提出

① 收稿时间: 2017-06-27; 修改时间: 2017-07-10; 采用时间: 2017-07-20; csa 在线出版时间: 2018-02-09

了调查问卷与幼儿专家打分来构建评价体系<sup>[3]</sup>; 杨璐帆提出了灰色多层次综合评价体系<sup>[4]</sup>; 赵圆圆提出了基于 AHP-模糊综合评判的幼儿发展评价系统<sup>[5]</sup>. 对于上述专家提出的方案, 档案袋法存在着评价周期长的缺陷; 调查问卷质量难以得到保证, 耗费人力和时间, 且权重设置带有较强的主观性; 层次分析方法一定层次上丰富了评价主体, 但仍伴随着较强的主观评价意识; AHP-模糊综合评价合理解决了评价过程中的模糊性, 一定程度上降低了个人的主观意识, 但可能会出现超模糊现象. 综上所述, 建立一个科学、全面、多维的评价体系仍是许多幼儿园面临的问题. 本文以东北某幼儿园为研究背景, 提出基于 AHP-BPNN<sup>[6-8]</sup>的幼儿健康评估模型, 大大提高了评价的准确性和可信度. 为幼儿园教育工作者评价提供理论依据, 提高教学质量.

### 1 基于 AHP 的幼儿评价体系建立

AHP 方法即层次分析方法, 该方法将定性与定量相结合, 能够准确地分析目标准则层次间的关系, 对于决策和评估有着很强的适用性<sup>[9]</sup>. 由于其简洁、实用, 在社会、经济以及管理等领域应用越来越广泛.

#### 1.1 建立评价体系

关于幼儿健康评价体系目前还没有一个统一的标准, 但不少的教育心理学家将幼儿的健康发展分为以下几个模块: 健康、语言、社会、科学以及艺术. 使用 AHP 层次分析方法可以分析复杂的决策评判问题, 通过将定量和定性结合起来分析, 用专家经验评分给予影响因子之间的权重. 结合教育心理学家的健康发展评估划分模块, 并与幼儿保育专家长期的经验相结合, 构建了如表 1 的评价体系. AHP 层次分析方法一般包含目标层、准则层以及方案层.

对于各方案层有一个评判集, 为 {优秀、良好、中等、一般、差}, 对应数值集合为 {5, 4, 3, 2, 1}. 根据此评判集为不同的准则方案打分, 将方案层的打分送入评价模型, 既可以得到综合评分.

#### 1.2 建立判断矩阵

从目标层、准则层、方案层自上而下逐步构建判断矩阵. 构造合理的判断矩阵是 AHP 成功的关键, 将同层指标相互之间进行两两比较, 确定每两个指标之间的相对重要程度. 各个指标同自身相比较重要程度为 1, 表示同等重要, 其次我们可以表示的程度可分为稍微重要、明显重要、重要得多、极端重要, 用数值

量化可表示为 3、5、7、9. 对于两相邻程度之间的取值认为介于这两个程度之间. 还有一个准则, 若 A 相对 B 稍微重要, 则 A 相对 B 的重要程度为 3, 那么反过来 B 相对 A 的重要程度为 A 相对 B 的重要程度的倒数, 即为 1/3, 其它情况以此类推. 对于准则构建判断矩阵如表 2.

表 1 评价体系

目标层	准则层	方案层
健康(A)	A1.	具有健康的体态, 身高体重符合《指南》标准
	A2.	情绪安定愉快, 不高兴时能较快缓解
	A3.	动作发展协调、灵活; 具有一定的力量与耐力
	A4.	具有良好的生活与卫生习惯, 独立进餐且不挑食
	A5.	能独立穿脱叠衣物, 鞋子等
语言(B)	B1.	愿意讲话, 能连贯较为完整地讲述所见所闻
	B2.	对成人及同伴的话能正确理解并及时回应
	B3.	敢于在集体面前发表自己的意见, 声音洪亮, 自然大方
	B4.	喜欢阅读, 具有初步的阅读理解与表述的能力
	B5.	有文明的语言习惯, 能主动使用礼貌用语, 不说粗话、脏话
社会(C)	C1.	乐于与同伴交流、游戏, 友好相处, 有经常一起玩的小伙伴
	C2.	对大家都喜欢的东西能轮流、能分享, 很少发生冲突
	C3.	有自信心, 自己的事情能尽量自己做, 不愿意依赖别人
	C4.	做错事勇敢承认, 不推卸责任, 不撒谎
	C5.	具有规则意识, 在游戏中能遵守规则; 自我控制能力较强
科学(D)	D1.	亲近自然, 喜欢探究, 乐于动手动脑
	D2.	喜欢提问题, 多周围事物好奇心强
	D3.	能对事物或现象进行观察比较, 并能用图画或符号进行记录
	D4.	感知和理解事物“量”的特征
	D5.	正确地感知形状与空间的关系
艺术(E)	E1.	乐于用多种材料表达自己独特的想法, 富有想象力和创造力
	E2.	能自己独立完成艺术活动, 无为难情绪, 不依赖他人
	E3.	节奏感较强; 动作协调, 模仿能力较好
	E4.	爱护自己及同伴的作品, 不乱丢、乱涂、乱撕
	E5.	熟练使用剪刀、画笔等学习工具

同样对于方案层, 分别对健康、语言、社会、科学以及艺术的各个具体评价方案相互之间构造判断矩阵, 构造过程类似于准则层. 构造完成可以得到 5 个方案层的判断矩阵.

表 2 准则层判断矩阵

	A	B	C	D	E
A	1	3	5	6	8
B	1/3	1	2	4	5
C	1/5	1/2	1	3	5
D	1/6	1/4	1/3	1	3
E	1/8	1/5	1/5	1/3	1

### 1.3 计算权重及一致性检验

建立判断矩阵之后, 计算出各个判断矩阵的特征向量以及最大特征值. 准则层权重为  $W = [0.4836; 0.2490; 0.1532; 0.0745; 0.0395]$ ; 最大特征值为 5.1928. 同理求得方案层权重与特征值.

最后对矩阵进行一致性检验, 一致性检验公式如下:

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

$\lambda_{\max}$  为矩阵的最大特征值,  $n$  为矩阵的阶数.  $CI$  与矩阵的一致性成反比,  $CI$  越大, 不一致性越严重,  $CI$  越小, 一致性越好. 工程上矩阵随机一致性比率  $CR$  小于 0.1 认为这个矩阵满足矩阵的一致性检验.  $RI$  计算公式如下:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

其中平均随机性一致性指标  $RI$  由表 3 给出. 对上判断矩阵经过计算, 均通过一致性检验.

通过层次单排序后, 计算层次总排序, 经计算得到总权重.

表 3 一致性指标

阶数	12	3	4	5	6	7	83	9
$RI$	00	0.5440	0.8980	1.1313	1.2515	1.3495	1.4190	1.4592

## 2 建立 BP 神经网络模型

### 2.1 改进的 BP 神经网络

BP 神经网络是神经网络中最为广泛的一种数据模型, 具有完备的理论体制和学习机制. 它模拟人脑神经元对外部激励信号的反应过程, 建立多层感知器模型, 利用信号的正向传播和误差反向调节的学习机制, 通过不断的迭代学习, 成功的搭建出处理非线性信息的智能化网络模型. 常见的 BP 神经网络激励函数包

括 logsig 函数、tansig 函数等. 传统 BP 神经网络实质上是一种最速下降静态寻优方法, 按照梯度下降法不断修改权重, 不利于累计学习经验, 可能会出现局部最优的状况, 不适合本文的应用场景. 本文采用自适应调节学习速率的方法改进 BPNN, 自适应调节决策方案为: 如果通过第  $N$  次迭代总误差  $E$  减小则加大学习速率, 反之亦然. 学习速率调整公式如下:

$$v(N+1) = \begin{cases} av(N) & E(N+1) < E(N) \\ bv(N) & E(N+1) > E(N) \\ v(N) & E(N+1) = E(N) \end{cases} \quad (3)$$

对于公式 (3),  $v$  表示学习速率,  $N$  为训练次数,  $E$  表示误差函数, 初始化学学习速率  $v(0)$  一般随机选取, 或赋予经验值. 通过该方法可以使得网络能保持一个较稳定的学习速率, 当采用一个较大的学习速率时, 若误差增大, 那么减小学习速率; 当采用一个较小的学习速率时, 若误差处于减小的趋势, 那么提升速率, 通过这种方式不断迭代, 最终网络误差达到一个理想值时停止迭代, 或是执行完所有的迭代次数停止迭代, 通过不断地实验调节参数, 使网络达到一个理想的状态.

改进的 BPNN 模型如图 1, 采用这种自适应的调节方式使得 BP 神经网络以最大的学习速率对训练集进行训练, 有效的提高了 BPNN 的收敛速率, 使得算法的性能得到了提升.

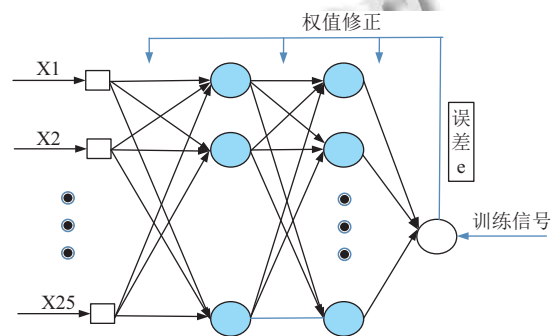


图 1 BP 神经网络模型

### 2.2 改进的 AHP-BP 神经网络算法

对于一些复杂系统的建模, 不能明确哪些自变量对因变量的影响更大, 利用现有的知识不能完全合理的解释, 对某些自变量的选择或是权重不能明确的界定. AHP 方法虽然能将多个自变量的重要程度数量化, 但在非线性拟合方面精度不够. BP 神经网络<sup>[10]</sup>有很好的函数逼近能力, 对于非线性关系也能得出一个很好的网络模型. 因此将 AHP 与 BPNN 相结合, 用 AHP

得出来的结果作为 BP 神经网络的学习训练样本, 把幼儿的学习能力与学习习惯反馈数据作为 BP 的输入, 建立 AHP-BPNN 模型, 其流程图如图 2, 基本步骤如下:

- 1) 建立评价体系, 构建判断矩阵, 验证一致性, 得到初始权重作为 BPNN 的输入变量, 输入节点数为 25 个.
- 2) 设定输出层节点个数为 1, 即幼儿评价得分. 并初始化学习精度、迭代步数, 隐藏层数目、隐节点数以及节点间的初始权重.
- 3) 对各项指标进行打分, 并计算出总分.
- 4) 将第 3) 步得到的数据进行预处理.
- 5) 采用改进的 BP 算法训练网络, 迭代更新权重.
- 6) 达到学习精度时算法终止, 否则继续迭代 BP 网络, 即回到第 5) 步.

使用改进的 AHP-BP 神经网络算法, 最终得到一个较为稳定的幼儿健康发展评价模型, 且随着数据的丰富, 该模型会不断提高完善, 能大大减少个人主观意识, 提高评价的工作效率.

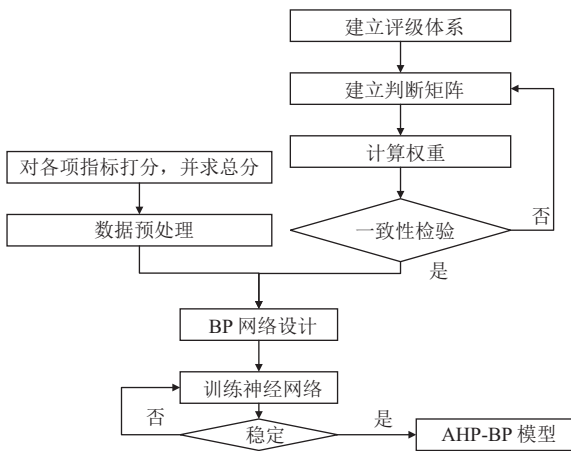


图 2 AHP-BP 算法流程图

### 3 实验分析

本实验以东北某幼儿园部分学生的成绩评估表作为训练及测试数据, 其中 170 人的数据用于训练得到网络模型, 44 人数据作为测试用例, 检测模型的适用性. 通过多次拟合得到了一个比较理想的模型, 对测试数据应用该模型, 其预测输出与期望输出如图 3, BP 预测误差趋势如图 5. 如图可以看出, 期望输出与预测输出基本接近, 误差范围基本控制在正负 0.1 以内.

相较于传统的评价方法, 档案袋法评价周期长, 对幼儿发展的评价也不够全面, 且评价结果受个人主观

意识影响大. AHP 方法的引入使得评价更加全面, 但在个人主观意识影响因素方面没有得到改进. AHP 模糊综合了多个评价个体的影响因素, 解决了评价过程的模糊性, 一定程度上提高了评价的准确度和可信度, 采用 AHP 模糊方法对 AHP-BP 的测试集分析输出与期望输出如图 4, AHP-模糊预测误差如图 6. 从图 3 与图 4 对比来看, AHP-BP 相较于 AHP-模糊预测输出更接近期望输出, 对比两种方法得到的预测误差图图 5 和图 6, AHP-BP 误差相对更为平稳且基本控制在 0.1 以内, 而 AHP-模糊的误差范围更广, 且波动较大.

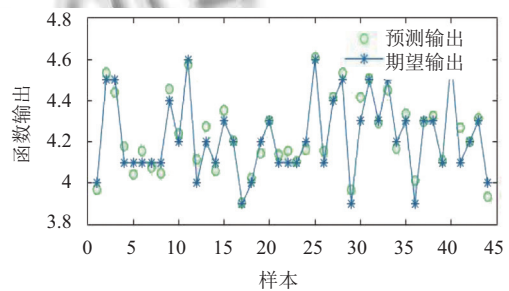


图 3 AHP-BP 预测输出与期望输出

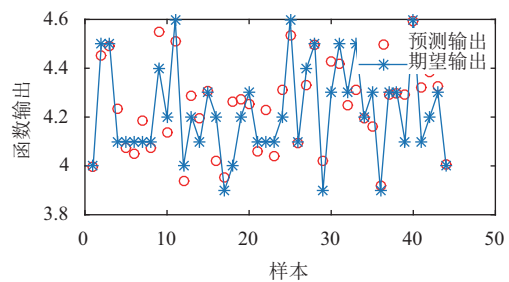


图 4 AHP 模糊预测输出与期望输出

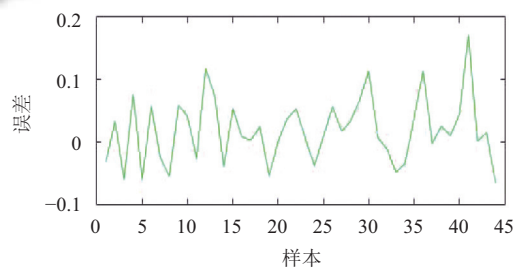


图 5 AHP-BP 预测误差

通过分析对比, AHP-BP 相较于其它方法, 评价周期更短, 对幼儿的发展也更加全面, 且很大程度上降低了个人的主观意识影响, 在评价性能上也有了更大的提高. 在实际应用方面, 是保育专家和评价老师完全认可的. 随着数据库数据的不断丰富, 该评价模型可以更

加成熟,在以后幼儿评价工作中完全可以得到应用,只要输入相应的指标数据就可以得到结果。

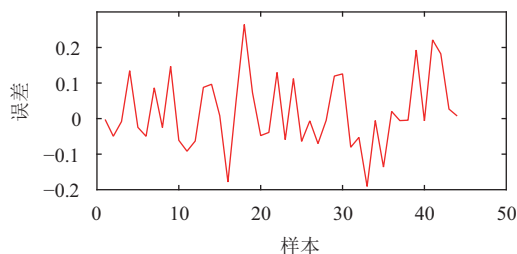


图6 AHP-模糊预测误差

#### 4 结论

本文将 AHP 层次分析方法和改进的 BP 神经网络进行结合,针对幼儿生理和心理的健康发展,构建了 AHP-BPNN 评估模型.确定了三层评价体系的结构,并且对判断矩阵及权重进行分析,检验了其一致性.同时,根据评价指标特点,构建了相应的 BP 神经网络,并通过实测数据进行训练,使其达到理想的拟合水平.通过 MATLAB 仿真分析实验表明, AHP-BPNN 评估模型稳定性较好,降低了幼儿健康发展评估的周期,评价指标也变的更加丰富,减少了幼教的主观评价意识.对于幼儿的生理和心理健康的评估更加科学、合理,可以用于对幼儿的健康发展评估。

#### 参考文献

- 1 张莉萍. 运用档案袋法评价小班幼儿发展的行动研究[硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2005.
- 2 Grace C. The portfolio and its use: Developmentally appropriate assessment of young children. ERIC Digest. Check Lists, 1992, 280(3): 3.
- 3 张琼. 学前教育信息化评价指标体系研究[硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2013.
- 4 杨璐帆. 幼儿园教育信息化评价指标体系及综合评价模型构建研究[硕士学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2013.
- 5 赵园园. 基于 AHP-模糊综合评判的幼儿发展评价系统的设计与实现[硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2015.
- 6 李小艳, 唐智勇. 基于 BP 神经网络的企业知识管理评价模型. 计算机应用与软件, 2014, (2): 93-95, 102.
- 7 Yan LJ. Employee demission risk assessment based on AHP and BP neural network. Proceedings of IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services. Nanjing, China. 2009. 1511-1516.
- 8 Li XF, Liu ZX. The establishment of AHP-BP neural network model and its application. Proceedings of the 2nd International Conference on Information Science and Engineering. Hangzhou, China. 2010. 4791-4794.
- 9 柳青, 黄道. 基于 AHP-BP 算法的供应链合作伙伴选择建模及其应用. 华东理工大学学报(自然科学版), 2007, 33(1): 108-114.
- 10 Haykin SS. Neural Networks and Learning Machines. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 2009.