

基于粒子群优化BP神经网络的高校科研管理评估研究

朱 晴^{1,2}, 王晶晶³

(1.电子科技大学, 四川 成都 610054; 2.河南省商务中等职业学校, 河南 郑州 450001;

3.大象出版社, 河南 郑州 450001)

摘要：针对高校科研管理部门面临的科研绩效评估问题,提出一种基于粒子群优化的BP神经网络评估模型。该模型采用粒子群算法优化BP神经网络预测模型的初始权值和阈值,然后训练BP神经网络预测模型并预测。分别使用10个科研指标、绩效评价值作为神经网络的输入和输出,并以多个高校历年科研管理数据为训练和测试样本进行验证分析。Matlab仿真实验结果表明,相比标准BP神经网络模型,提出的优化BP神经网络预测模型具有较快的收敛速度和较高的预测精度。

关键词：高校科研管理; 绩效评估; 粒子群算法; BP神经网络; 模型预测; 预测精度

中图分类号：TN911-34; TP301

文献标识码：A

文章编号：1004-373X(2019)07-0087-03

Research on university scientific research management evaluation based on particle swarm optimization algorithm and BP neural network

ZHU Qing^{1,2}, WANG Jingjing³

(1. University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China;

2. Henan Business Vocational School, Zhengzhou 450001, China;

3. Elephant Press, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Aiming at the problem of scientific research performance evaluation of university scientific research management departments, a BP neural network evaluation model based on particle swarm optimization is proposed. The particle swarm optimization algorithm is used to optimize the initial weights and thresholds of the BP neural network prediction model, and then train and predict the BP neural network prediction model. Ten scientific research indicators and performance evaluation values are used as the input and output of the neural network respectively, and the scientific research management data of several universities over the years is taken as training and test samples for verification and analysis. The Matlab simulation results show that the proposed BP neural network model has faster convergence speed and higher prediction accuracy than the standard BP neural network prediction model.

Keywords: university scientific research management; performance evaluation; particle swarm optimization algorithm; BP neural network; model prediction; prediction accuracy

0 引言

随着国家对高等教育事业的重视程度不断提高,各级政府对高校的扶持力度也不断加大。虽然我国各大高校的发展规模和影响力正逐年提高,但是创新型国家建设与中国高等教育改革正成为我国高等教育所必须

面对的挑战。我国高等教育需要在创新人才培养、自主创新、技术开发、文化创新、科学技术知识推广等方面展开重点关注^[1]。科研创新竞争力是衡量大学科研实力的重要参照标准。目前,各大高校都紧紧抓住“双一流建设”的重大历史机遇,通过探索新型科研组织模式,引导科研发展方向、规范科研管理、强化科研核心力量,使得

收稿日期:2018-07-10

修回日期:2018-08-15

基金项目:马克思人本思想对现代职业教育实践的启示;以河南省中等职业教育为例(ZJC18033)

Project Supported by the Enlightenment of Marx's Humanistic Thought on Modern Vocational Education Practice: Taking Henan Province's Secondary Vocational Education as an Example (ZJC18033)

学校的科研工作实现跨越式发展^[2]。

现阶段我国高等院校的科研水平评估研究还处于起步阶段,有效、合理的定量分析与评价还存在一定的困难。高校科研能力评定涉及很多方面,特别是科研绩效评估。对于高校科研水平的准确绩效评估有利于高校资金管理的科学化,揭示相关机构的研究目标和技术发展的主流方向,以便实现科研管理水平的全面提升^[3]。因此,必须构建合理、系统的科研绩效评估体系,从而更加高效地利用有限的科研人力和科研经费资源,使得传统教学型高校科研管理形式从粗犷形式向技术形式转变,这对加速向创新型大学发展具有十分重要的意义。如何评估科研资金的使用效果、评估高校科研人员工作的完成情况,成为目前各大高校科研管理部门迫切需要解决的难点问题。文献[4]提出一种基于决策树算法的高校科研管理评估算法,具有一定的信用度且算法难度适中。文献[5]提出一种基于DEA方法的江苏省高校科研效率评价方法。

本文在此背景下,提出一种基于粒子群优化的BP神经网络评估模型,仿真结果显示提出的优化模型可以定量分析与评估高校的科研项目,有效促进了高校科研项目管理工作的发

1 BP神经网络架构

BP神经网络的本质是一种多层次的前馈网络,典型的架构为3层感知模型^[6]。3层BP神经网络模型结构图包含一个输入层、一个隐含层和一个输出层。

在第一层(输入层)中输入和输出分别为:

$$I_i^{(1)} = x_i, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

$$O_{ij}^{(1)} = I_{ij}^{(1)}, \quad i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

在第二层(隐含层)中,利用高斯函数对上一层的数值进行分类。该层的输入和输出分别为:

$$I_i^{(2)} = \frac{(O_{ij}^{(1)} - \alpha_{ij})^2}{\beta_{ij}^2}, \quad i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$O_{ij}^{(2)} = \exp(I_{ij}^{(2)}), \quad i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

式中 α_{ij} 和 β_{ij}^2 分别为高斯函数的中心和宽度^[7]。

输出层的输入和输出分别为:

$$I^{(4)} = \sum_{p=1}^m O_p^{(3)} W_p \quad (5)$$

$$O^{(4)} = \frac{I^{(4)}}{\sum_{p=1}^m O_p^{(3)}} \quad (6)$$

式中 W_p 为连接权重。

参数 α_{ij} 和参数 β_{ij} 的更新方法如下:

$$\alpha_{ik}(t+1) = \alpha_{ik}(t) - \frac{\partial J}{\partial \alpha_{ik}} + \lambda(\alpha_{ik}(t) - \alpha_{ik}(t-1)) \quad (7)$$

$$\beta_{ik}(t+1) = \beta_{ik}(t) - \frac{\partial J}{\partial \beta_{ik}} + \lambda(\beta_{ik}(t) - \beta_{ik}(t-1)) \quad (8)$$

2 提出的粒子群优化BP神经网络预测模型

针对高校的科研管理评估问题,文献[8]提出一种基于BP神经网络的高校科研能力评价算法。但是,在开展训练之前BP神经网络3层结构的初始化连接权值和阈值均为随机或者经验设定,导致BP神经网络的训练过程经常出现收敛速度慢的现象,此外精度不高,全局最优能力不强。因此,本文采用粒子群算法优化BP神经网络预测模型的初始权值和阈值,然后训练BP神经网络预测模型并预测。

2.1 基本粒子群算法

粒子群算法是基于群体的随机优化法^[7]。设 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 表示 S 维空间内 n 个粒子构成的种群, $W_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in})^T$ 表示第 i 个粒子的一个 S 维向量,其速度表示为 $V_i = (V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{is})^T$,在迭代计算步骤中,寻找两个粒子,前一个粒子为找到其自身最优解,也就是说是其个体极值,表示为 $P_i = (P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{is})^T$;后者即为现阶段种族的最优解,也就是全局最优解,表示为 $P_g = (P_{g1}, P_{g2}, \dots, P_{gs})^T$ 。

利用种族最优解和自身,粒子更新本身的位置和速度的公式如下:

$$P_g^k = \{P_1^k, P_2^k, \dots, P_n^k\} \mid f(P_g^k) = \min\{f(P_1^k), f(P_2^k), \dots, f(P_n^k)\} \quad (9)$$

$$P_i = \frac{\varphi_1 P_{id} + \varphi_2 P_{gd}}{\varphi_1 + \varphi_2} \quad (10)$$

$$m_{best} = m \sqrt{\prod_{i=1}^m P_i} \quad (11)$$

$$W_{id}^{k+1} = \tau(P_{id} - P_{gd}) \pm \gamma |m_{best} - W_{id}^k| \times \ln\left(\frac{1}{u}\right) \quad (12)$$

式中: $d = 1, 2, \dots, s$; $i = 1, 2, \dots, n$; k 表示迭代次数; $\varphi_1 = c_1 r_1$, $\varphi_2 = c_2 r_2$, c_1 和 c_2 表示非负常数,也就是加速因子, r_1 和 r_2 表示两个随机数,分布范围为 $[0, 1]$; m_{best} 表示种群中平均最优数值; γ 表示扩张调节因子,能够调节收敛速度; u 和 τ 表示两个随机数,取值范围为 $(0, 1)$ 。

2.2 模型建立的步骤

使用BP神经网络构建高校社科科研绩效评估模型的步骤如下:

步骤1:粒子群参数初始化,设定种群规模及相关参数。

步骤2:创建BP神经网络,包括确定输入层节点数、隐含层节点数和输出层节点数。本文选取了10个科研指标(专著数、国家基金项目数、发明专利数、CSSCI收

录论文数、CSSCI被引次数、教学成果奖项数、科研支出经费、省级以上科研项目参加次数、职称、学历)作为输入层的输入,即输入层节点数为10。经过多次训练,隐含层节点最佳数目为15。输出层节点数为1,因为只输出高校科研管理绩效的预测值。

步骤3:初始化粒子群,随机设定粒子的位置和速度。

步骤4:计算各粒子的适应度值,把粒子所在位置记为个体极值 p_{id} ,当前种群中最优粒子位置记为群体极值 p_{gd} 。

步骤5:更新粒子的速度和位置,并重新计算新粒子的适应度值。

步骤6:按照新的粒子适应度值对粒子的个体最优和全局最优更新。

步骤7:当达到最大迭代次数时,结束粒子群算法,并根据获得的最优粒子优化设置BP神经网络的初始权值和阈值,否则继续步骤3。

3 实验结果与分析

为了验证提出算法的性能,本文以6个高校科研管理数据为样本进行训练与预测。使用优化后BP神经网络进行学习训练。学习训练结束后的最终输出为高效科研绩效综合评估值,该数值越高,则评估结果的可信度越高。

3.1 实验参数

BP神经网络的训练参数如表1所示,次数为100,训练目标为0.000 1,学习率为0.02。实验采用粒子群算法的种群数量是20,最大迭代次数是200,加速因子 $c_1 = 2, c_2 = 2$,粒子位置和速度的取值区间分别为 $[-5, 5]$ 和 $[-1, 1]$ 。

表1 BP神经网络的训练参数
Table 1 Training parameters of BP neural network

训练参数	数值
训练次数	100
训练目标	0.000 1
学习速率	0.02

3.2 仿真结果

首先使用3所高校(高校1、高校2、高校3)的科研数据作为训练样本,对提出的粒子群优化BP神经网络预测模型和标准BP神经网络预测模型^[6]进行学习训练,然后对另外3所高校(高校4、高校5、高校6)的科研样本数据进行评估,网络输出误差结果如表2所示。

从表2的结果可以看出,相比标准BP神经网络预

测模型,提出的粒子群优化BP神经网络预测模型具有更低的预测误差,也就说提出优化评估模型能够以较高的精度对高校社科科研绩效进行评价和比较。

表2 预测误差结果对比
Table 2 Comparison of prediction errors

测试数据	标准BP神经网络 预测模型	粒子群优化BP神经 网络预测模型
高校4	0.000 6	0.000 3
高校5	0.000 7	0.000 4
高校6	0.000 5	0.000 3

4 结 语

本文提出一种基于粒子群优化的BP神经网络评估模型。该模型采用粒子群算法优化BP神经网络预测模型的初始权值和阈值,然后训练BP神经网络预测模型并预测。分别使用10个科研指标、绩效评价作为神经网络的输入和输出,并以多个高校历年科研管理数据为训练和测试样本进行验证分析。仿真结果显示提出优化模型可以定量分析与评估高校的科研项目,对高校科研项目管理工作的具有一定的指导意义。

参 考 文 献

[1] 李馨.高等教育大数据分析:机遇与挑战[J].开放教育研究, 2016,22(4):50-56.
LI Xin. Big data analysis of higher education: opportunities and challenges [J]. Journal of open education research, 2016, 22(4): 50-56.
[2] 任友群.“双一流”战略下高等教育国际化的未来发展[J].中国高等教育,2016(5):15-17.
REN Youqun. The future development of higher education internationalization under the "double first - class" strategy [J]. China higher education, 2016(5): 15-17.
[3] 杨紫曦,徐建良.高校科研信息管理中设备推荐系统算法分析[J].微型机与应用,2016,35(16):16-19.
YANG Zixi, XU Jianliang. Algorithm analysis of equipment recommendation system in scientific research information management in colleges and universities [J]. Microcomputer & application, 2016, 35(16): 16-19.
[4] 李建军,吴文亮.基于决策树算法的高校科研管理评估研究[J].科技通报,2014(3):180-183.
LI Jianjun, WU Wenliang. Research on evaluation of scientific research management in universities based on decision tree algorithm [J]. Bulletin of science and technology, 2014(3): 180-183.
[5] 王惠,王树乔,李小聪.基于DEA方法的江苏省高校科研效率评价研究[J].科技管理研究,2015,35(7):92-96.

计节点位置。实验数据表明,提出的AAL算法能够在资源受限的条件下估计节点位置。进一步优化生物背包,减少背包重量,同时,计划引用单向麦克风采集信号,这些都是后期的工作方向。

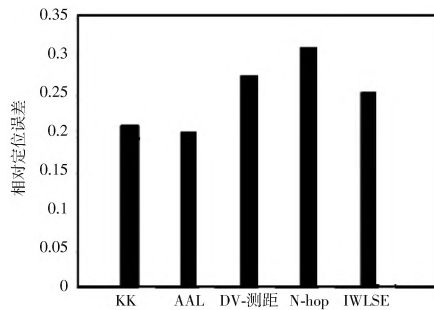


图9 相对定位误差

Fig. 9 Relative position error

参 考 文 献

- [1] 彭玉青,李木,高晴晴,等.基于动态模板匹配的移动机器人目标识别[J].传感技术学报,2016,29(1):58-63.
PENG Yuqing, LI Mu, GAO Qingqing, et al. Mobile robot target recognition based on dynamic template matching [J]. Chinese journal of sensors and actuator, 2016, 29(1): 58-63.
- [2] WANG J, GHOSH R K, DAS S K. A survey on sensor localization [J]. Chinese journal of sensors and actuators, 2013, 8(1): 2-11.
- [3] XIONG H, SICHITI M L. KickLoc: simple, distributed localization for wireless sensor networks [C]// 2016 IEEE 13th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems. Brasilia: IEEE, 2016: 228-236.
- [4] XIONG H, LATIF T, LOBATON E, et al. Characterization of RSS variability for biobot localization using 802.15.4 radios [C]// 2016 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks. Austin: IEEE, 2016: 1-3.
- [5] PRIYANTHA N B, CHAKRABORTY A, BALAKRISHNAN H. The cricket location-support system [C]// Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. Boston: ACM, 2015: 32-43.
- [6] GIROD L, ESTRIN D. Robust range estimation using acoustic and multimodal sensing [C]// Proceedings of 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Maui: IEEE, 2014: 1312-1320.
- [7] PENG C, SHEN G, ZHANG Y. BeepBeep: a high-accuracy acoustic-based system for ranging and localization using cots devices [J]. ACM transactions on embedded computing systems, 2012, 11(1): 23-32.
- [8] SALLAI J, BALOGH G, MAROTI M, et al. Acoustic ranging in resource-constrained sensor networks [C]// 2014 IEEE International Conference on Wireless Networks. [S. l.]: IEEE, 2014: 467-512.
- [9] 郭亚强,王鹏,白艳萍.基于PSO-BP神经网络的矢量水听器的DOA估计[J].传感技术学报,2016,29(8):1229-1233.
GUO Yaqiang, WANG Peng, BAI Yanping. Direction of arrival estimation of vector hydrophone based on PSO-BP neural network [J]. Chinese journal of sensors and actuators, 2016, 29(8): 1229-1233.
- [10] 江春冬,赵黎媛.基于改进QPSQ粒子滤波的信号源定位方法[J].仪表技术与传感器,2017,6(4):107-114.
JIANG Chundong, ZHAO Liyuan. Based on improved QPSQ particle filter signal source localization method [J]. Instrument technique and sensor, 2017, 6(4): 107-114.
- [11] PATWARI N, ASH J N, KYPEROUNTAS S, et al. Locating the nodes: cooperative localization in wireless sensor networks [J]. IEEE signal processing magazine, 2015, 22(4): 54-69.
- [12] LATIF T, WHITMIRE E, NOVAK T, et al. Towards fenceless boundaries for solar powered insect biobots [C]// Proceedings of 2014 the 36th Annual International Conference IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Chicago: IEEE, 2014: 1670-1673.
- [7] INBARANI H H, AZAR A T, JOTHI G. Supervised hybrid feature selection based on PSO and rough sets for medical diagnosis [J]. Computer methods & programs in biomedicine, 2014, 113(1): 175-185.
- [8] 张曾莲.基于BP神经网络的高校科研能力评价研究[J].科技管理研究,2011(18):54-57.
ZHANG Zenglian. Research on the evaluation of scientific research capability of universities based on BP neural network [J]. Science and technology management research, 2011(18): 54-57.

作者简介:臧景才(1970—),男,江苏泗阳人,副教授,主要研究方向为计算机网络应用、多媒体应用、远程教育、成人教育等。

刘 萍(1979—),女,博士,副教授,主要研究领域为计算机网络。

(上接第89页)

WANG Hui, WANG Shuqiao, LI Xiaocong. Research on the evaluation of scientific research efficiency of universities in Jiangsu Province based on DEA method [J]. Science and technology management research, 2015, 35(7): 92-96.

- [6] REN C, AN N, WANG J, et al. Optimal parameters selection for BP neural network based on particle swarm optimization: a case study of wind speed forecasting [J]. Knowledge-based systems, 2014, 56(3): 226-239.

作者简介:朱 晴(1982—),女,河北泊头人,硕士,高级讲师,研究方向为信息化教育教学、计算机技术与应用等。