

文章编号: 2095-4980(2016)06-0934-05

受限玻尔兹曼机在装备保障方案评价中的应用

袁 成, 张榆平, 梁 洲, 张陈方

(电子科技大学 自动化工程学院, 四川 成都 611731)

摘 要: 使用受限玻尔兹曼机和反向传播(BP)神经网络相结合的方法, 充分利用受限玻尔兹曼机自动提取数据的内在特征的能力, 以及BP神经网络的学习能力, 对已建立的装备保障评价体系进行评估。利用 Matlab 对方法的有效性进行验证, 通过公共数据集进行仿真。结果表明, 用该方法获得的评估值精确度较高, 具有良好的识别率。

关键词: 受限玻尔兹曼机; 反向传播神经网络; 装备保障

中图分类号: TP183

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201606.0934

Equipment support plan evaluation based on Restricted Boltzman Machine

YUAN Cheng, ZHANG Yuping, LIANG Zhou, ZHANG Chenfang

(College of Automation Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan 611731, China)

Abstract: The method combining the Restricted Boltzmann Machine(RBM) with the Back Propagation (BP) neural network is employed to assess the established equipment support evaluation system. This method makes full use of the ability of automatically extracting the inherent characteristics of the data for RBM, and the learning ability of BP neural network. Using Matlab to validate the effectiveness of the method, the simulation results show that the proposed method can realize high precision assessment of the value with a good recognition rate for the public data sets.

Keywords: Restricted Boltzmann Machine; Back Propagation neural network; equipment support

装备保障能力是部队确保战斗力, 赢取战争胜利的重要因素, 因此做好装备的综合保障是提升部队作战能力和保障能力的一项重要工作。目前有很多文献研究装备的保障能力, 文献[1]研究了装备保障体系的必要性, 通过装备器材、人员、设备等几方面内容建立评估方法和步骤, 把评估过程全程量化。在研究装备保障方案模型中, 主要从影响装备保障的因素, 如保障设备在站点保障过程、保障活动、故障影响等级等方面建立保障模型, 为保障工作提供良好支持^[2]。装备保障方案^[3]是装备在实际使用过程中对保障体系的总体设想和规划。它既是对装备保障系统的充分阐述, 也是建立装备保障系统的依据。

本文提出了基于受限玻尔兹曼机神经网络的装备保障方案评估方法。战备完好及任务完成情况评价是一个较为复杂的过程, 各个因素之间的关系复杂, 在进行评价时要合理考虑各种因素。参数值的预处理一般方法有: 数据归一化、做加权变换或小波变换等方法进行处理。受限玻尔兹曼机特殊的结构可以将其应用于归一化、标准化处理当中, 将线性的处理方式转变为非线性的处理方式, 从而解决一些复杂问题, 提高BP神经网络的学习性能, 通过对样本的训练提高装备保障评价方案准确性。

1 建立评价体系指标

1.1 装备方案的评价指标体系

由文献[4]可知, 装备保障方案是根据保障机构的需求, 以保证作战任务顺利完成任务为前提, 确保作战效能和实施措施的基本依据。它解决了装备保障中的保障资源分配、利用等一系列问题, 最大限度保障能够顺利完成任务。

评价指标体系依赖于装备保障方案的制定, 而装备保障方案建立在保障机构的需求上。由文献[5]可以得出: 在不同的作战任务和需求下, 采用不同的标准, 装备保障方案可分为: a) 按照作战需求, 可分为战役战术装备

收稿日期: 2015-11-06; 修回日期: 2015-11-27

基金项目: 国家科研资助项目(No.9140A27040213DZ02403)

保障; b) 按照保障对象, 可分为多种装备保障方案。不同标准的划分有各自的特点, 因此对于装备保障问题要具体分析, 把握全局和局部要素, 多角度对装备方案进行科学的合理评价^[6]。

1.2 确定评价指标的要素

本文从文献[5]所列出的评价模型出发, 确定 3 个战备完好性参数和 4 个任务持续性参数进行方案的评估, 见图 1。

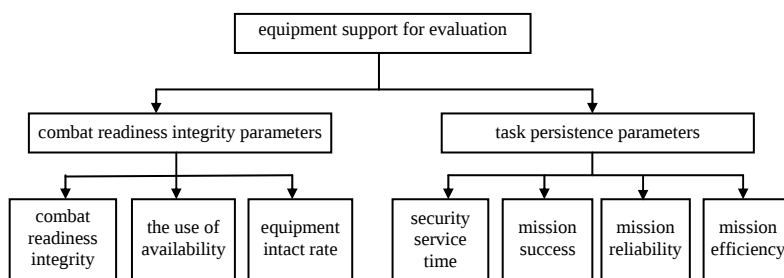


Fig.1 Equipment support evaluation system
图 1 装备保障评价体系

2 受限玻尔兹曼机神经网络保障方案评价模型

受限玻尔兹曼机和 BP 神经网络在模式识别领域应用广泛, 在解决模式分类和模式识别方面有较好的应用前景。玻尔兹曼机主要用在机器学习中, BP 神经网络主要用来学习样本数据, 对数据样本进行识别和分类, 它具有很好的泛化和处理非线性问题的能力。

2.1 受限玻尔兹曼机神经网络模型

基于受限玻尔兹曼机的 BP 神经网络模型, 对样本数据进行预处理, 再通过 BP 神经网络进行训练。首先利用受限玻尔兹曼机模型初始化训练数据, 避免 BP 神经网络在训练数据时对初始值的异常敏感。敏感值在 BP 神经网络中, 会破坏神经网络, 且增加整个网络的积累误差^[7]。积累误差在训练样本的迭代次数增加, 会影响 BP 神经网络训练的效果, 可能导致整个网络不收敛和网络振荡。因此, 直接对训练数据经过受限玻尔兹曼机模型预处理, 提取数据样本的内在特征, 确保 BP 神经网络的收敛性与网络精确度, 避免网络的局部最优, 保证该网络收敛性和全局最优, 且不引起整个网络振荡。

2.2 受限玻尔兹曼机神经网络的结构

受限玻尔兹曼机神经网络结构如图 2 所示。利用受限玻尔兹曼机方法^[8]预处理数据, 提取数据的内在特征, 主要依赖于受限玻尔兹曼机的无监督学习功能, 它能提供较好的初始权值, 避免神经网络在训练过程中积累误差。受限玻尔兹曼机主要通过能量函数来实现:

$$E(v, h) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} v_i h_j - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m v_i l_{ij} v_j - \sum_{j=1}^m b_j v_j - \sum_{i=1}^n c_i h_i \quad (1)$$

式中: $E(v, h)$ 为能量函数; w_{ij} 为连接系数; h_i 为隐含层节点; v_j 为可见层节点; b_j 为可见层的偏置; c_i 为隐含层偏置。

该能量函数通过吉布斯采样来近似逼近期望值。吉布斯采样基于马尔科夫链算法思想, 它是基于概率推理。受限玻尔兹曼机主要利用其条件概率状态转移进行采样, 保证其概率分布收敛^[9]。使用吉布斯采样可以确保每个隐含节点达到平稳分布。

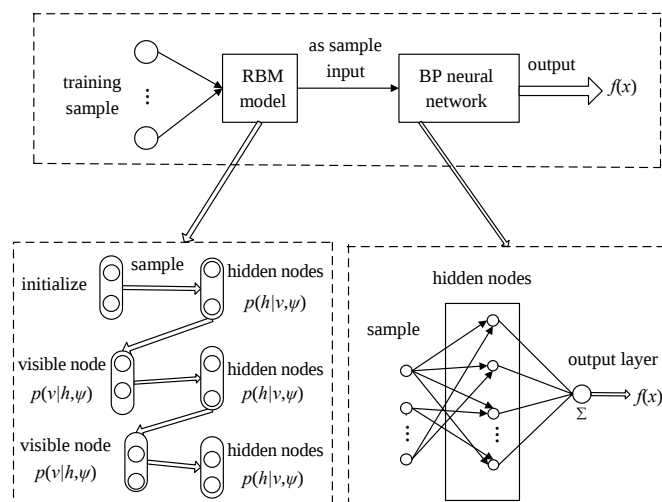


Fig.2 Neural network structure of RBM
图 2 受限玻尔兹曼机神经网络结构图

2.3 受限玻尔兹曼机神经网络的训练方法

受限玻尔兹曼机神经网络主要通过其预处理训练数据,把预处理的数据作为 BP 神经网络的初始化数据进行训练。训练方法如下:

1) 初始化隐含层权重 W , 可见层偏置 B , 隐含层偏置 C 。

2) 初始化 v_0 , v_0 为可见层的节点, h_0 为隐含层的节点, H_{h_0} 为隐含层随机生成矩阵数值, V_{h_0} 为可见层随机矩阵数值。通过以下公式计算状态估计值:

$$h_0 \leftarrow \text{logistic}(v_0 W + c) \quad (2)$$

$$h_0 \text{state} \leftarrow h_0 > H_{h_0} \quad (3)$$

$$v_1 \leftarrow \text{logistic}(h_0 \text{state} * W + B) \quad (4)$$

$$v_1 \text{state} \leftarrow v_1 > V_{v_1} \quad (5)$$

$$h_1 \leftarrow \text{logistic}(v_1 \text{state} * W + C) \quad (6)$$

3) 计算更新权重 dW, dB, dC , n 为样本数:

$$dW \leftarrow (v_0 * h_0 - v_1 \text{state} * h_1) / n \quad (7)$$

$$dB \leftarrow (\text{sum}(v_0, 1) - \text{sum}(v_1 \text{state} * h_1)) / n \quad (8)$$

$$dC \leftarrow (\text{sum}(h_0, 1) - \text{sum}(h_1, 1)) / n \quad (9)$$

4) 通过计算出的更新权重来更新隐含层权重 W , 可见层偏置 B , 隐含层偏置 C 。

5) 如果每次迭代误差大于阈值条件, 再通过增加学习率来更新权重和偏置值。

6) 通过受限玻尔兹曼机预处理的数据作为训练样本输入到 BP 神经网络训练。

7) 计算 BP 神经网络的权值函数和隐含层、训练误差; 判断 $|e^{n+1} - e^n| < \varepsilon$ (e^n 是第 n 次迭代误差), 是, 则结束, 否, 则通过 BP 反馈更新权值和隐含层。

具体的算法流程如图 3 所示。当 BP 神经网络的训练误差小于阈值时, 停止迭代。

3 受限玻尔兹曼机神经网络装备保障实验

本文的主要数据来源于公开发表文献, 如文献[3]的陆军防空旅装备保障方案数据。UCI 的数据 iris, 基于手写数字识别数据库 MNIST Handwritten Digits。使用以上 3 种数据对该模型进行验证, 均取得比较满意的结果。

实验和仿真结果, 主要给出训练样本数据的每次迭代的绝对误差图, 绝对误差收敛到恒定值, 就能保证模型的训练已经达到理想状态。

运用该模型在标准数据集上进行测试: MNIST Handwritten Digits 测试结果为 100%, 测试误差如图 4 所示。

UCI 数据集 iris 测试结果正确率 100%, 测试误差如图 5 所示。

在 iris 数据库上运行结果如图 5 所示, 在有限次迭代后, 可得到比较理想的收敛结果。

文献[5]中的数据基于陆军防空旅装备的保障数据, 是经过专家打分和归一化处理后展示的数据, 使用该模型对数据进行训练仿真, 测试结果达到 94.5%。该测试误差如图 6 所示。

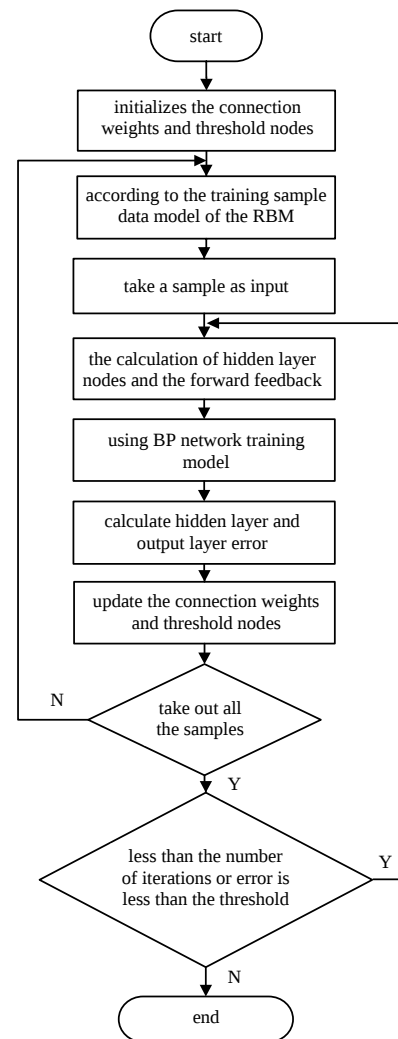


Fig.3 Training process of RBM neural network
图 3 RBM 神经网络训练过程

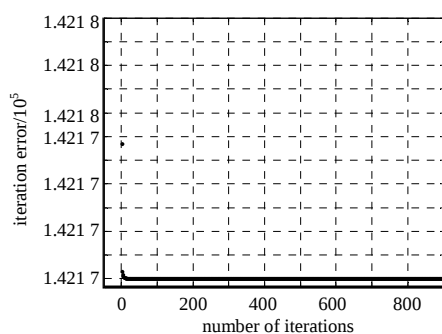


Fig.4 Absolute error of MNIST handwritten digits
图 4 MNIST handwritten digits 绝对误差图

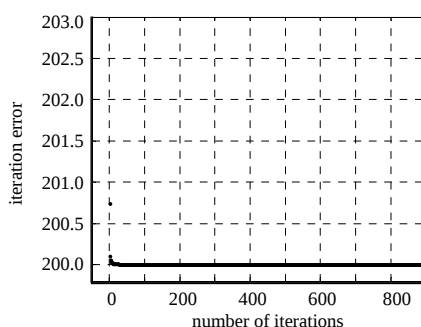


Fig.5 Iris absolute error
图 5 Iris 绝对误差图

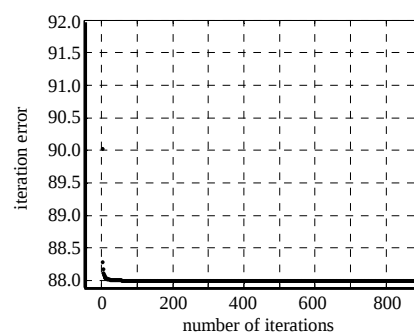


Fig.6 Reference data of the absolute error
图 6 引用数据的绝对误差

通过该模型测试, 以上数据集中的数据, 都达到了比较满意的结果。

通过与 BP 神经网络的实验进行对比(实验数据均来自发表的论文中的结果), 对于标准数据库 iris 和 MNIST Handwritten Digits 都能得到比较满意的结果, 对于文献[5]中的数据, 由于该数据出于保密已经过相关处理, 存在主观性和不确定性, 运用本文的模型, 同样取得了比较可靠的结果和精确度。

表 1 实验结果统计表

Tabel1 Results of experiment

data sets	BP neural network/%	RBM neural network/%
MNIST handwritten digits	95.5 ^[10]	100
iris	96.67	100
data from the literature ^[5]	89.5 ^[5]	94.5

4 结论

一般的数据经过简单处理, 通过专家评判和归一化^[11], 会使数据的内在特征不明显, 不能充分体现数据的本质特性, 降低数据的可用度^[12], 还有可能影响数据。本文提出基于受限玻尔兹曼机神经网络模型解决装备保障方案评估问题。对数据进行预处理, 通过受限玻尔兹曼机模型提取数据的内在特征, 在其模型中采用吉布斯采样处理数据, 保证了数据的内在特性, 再经过 BP 神经网络进行训练, 减少了在神经网络训练的积累误差, 保证了装备保障方案评估问题的收敛性和稳定性。建立相关的评价体系, 给出相关实验数据, 能够使用该方法对装备保障方案进行评价。

参考文献:

- [1] 毛国庆,滕奇志,吴拥,等. 基于BP神经网络的剩余油形态识别[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(6):858-864. (MAO Guoqing,TENG Qizhi,WU Yong,et al. Residual oil pattern recognition based on BP neural network[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(6):858-864.)
- [2] KANG Chuanguo. UML-based modeling of equipment maintenance support action[J]. Ordnance Industry Automation, 2012, 31(11):10-13.
- [3] 刘建伟,刘媛,罗雄麟. 玻尔兹曼机研究进展[J]. 计算机研究与发展, 2014,51(1):1-16. (LIU Jianwei,LIU Yuan,LUO Xionglin. Research into the Boltzmann machine[J]. Journal of Computer Research and Development, 2014,51(1):1-16.)
- [4] 张志明. 装备综合保障工程技术与方法研究[J]. 舰船电子工程, 2011,5(29):29-33. (ZHANG Zhiming. Engineering equipment integrated support technology and method research[J]. Journal of Ship Electronic Engineering, 2011,5(29): 29-33.)
- [5] 绳慧,于永利. 基于径向基小波神经网络的装备保障方案评价模型[J]. 指挥控制与仿真, 2011,33(3):57-64. (SHENG Hui,YU Yongli. Wavelet neural network based on radial basis for evaluation model of equipment support[J]. Journal of Command and Control and Simulation, 2011,33(3):57-64.)
- [6] 乔立坤,盛飞. 装备保障仿真评估方法研究[J]. 中国科技信息, 2009,11(1):331-333. (QIAO Likun,SHENG Fei. Equipment support simulation evaluation method research[J]. Journal of Information Science and Technology of China, 2009,11(1): 331-333.)
- [7] 傅勉,乔冠军,张杰,等. 基于遗传神经网络的装备研制作战需求方案评价[J]. 指挥控制与仿真, 2008,30(6):93-97. (FU Mian,QIAO Guanjuan,ZHANG Jie,et al. Based on genetic neural network equipment development for evaluation[J]. Operational Requirements of the Command and Control and Simulation, 2008,30(6):93-97.)

- [8] 杨莹,吴诚炜,胡苏. 基于受限玻尔兹曼机的中文文档分类[J]. 科技创新导报, 2012,16(2):35-36. (YANG Ying,WU Chengwei,HU Su. Chinese document classification based on restricted Boltzmann machine[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2012,16(2):35-36.)
- [9] 陆萍,陈志峰,施连敏. RBM学习方法对比[J]. 计算机时代, 2014,11(2):10-14. (LU Ping,CHEN Zhifeng,SHI Lianmin. Matter learning method comparison[J]. Computer Era, 2014,11(2):10-14.)
- [10] 薛智勇,娄雪芳. 基于BP神经网络手写数字识别[J]. 仪器仪表与分析监测, 2009(2):23-25. (XUE Zhiyong,LOU Xuefang. Handwriting digit recognition based on BP neural network[J]. Journal of Monitoring Instrumentation and Analysis, 2009(2): 23-25.)
- [11] YUAN Hui,WANG Fengshan. Precise damage analysis on active load section of protective engineering[J]. Journal of Computer Applications, 2012,32(9):2667-2671.
- [12] GUO Linhan,KANG Rui. Individual operational unit sustainability simulation measure model research[J]. Journal of System Simulation, 2009,21(2):325-329.

作者简介:



袁成(1991-),男,四川省德阳市人,在读硕士研究生,主要研究方向为模式识别与智能系统.email:Yc05049@163.com.

张榆平(1975-),男,山西省晋中市人,副教授,主要研究方向为智能信息处理与控制.

梁洲(1990-),男,四川省广安市人,在读硕士研究生,主要研究方向为模式识别与智能系统.

张陈方(1987-),男,湖北省黄冈市人,在读硕士研究生,主要研究方向为模式识别与智能系统.

(上接第 919 页)

- [6] 刘强. 功分移相馈电网络和圆极化定向微带天线技术研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2014. (LIU Qiang. Research on technologies of circularly polarized directional microstrip antenna and feed network for power distribution and phase shift[D]. Beijing:Beijing University of Posts and Telecommunications, 2014.)
- [7] 樊磊,骆延,黄卡玛,等. 一种基于分形结构的树生长微带天线设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(2):229-232. (FAN Lei,LUO Yan,HUANG Kama,et al. Design of a tree-growth microstrip antenna based on fractal structure[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(2):229-232.)
- [8] 伍韬,闫丽萍,刘长军,等. 一种用于WLAN的宽频带微带天线[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2007,5(2):111-114. (WU Tao,YAN Liping,LIU Changjun,et al. Design of a broadband patch antenna for WLAN[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2007,5(2):111-114.)

作者简介:



叶喜红(1986-),男,江西省德兴市人,讲师,博士,主要研究方向为天线理论与技术. email: xihongye@yeah.net.

何芒(1976-),男,安徽省安庆市人,教授,博士生导师,主要研究方向为计算电磁学及其应用、天线理论与设计.

王亚丽(1980-),女,河北省保定市人,讲师,博士,主要研究方向为视觉测量.

郝芸(1969-),女,天津市人,副教授,主要研究方向为控制理论与控制工程.

王冠(1985-),男,内蒙古自治区乌兰察布市人,工程师,主要研究方向为电磁兼容.