

基于 BP 神经网络的摇臂式波浪发电平台取能效率预测

陈丽雪¹, 李德堂², 华军¹, 赖文斌², 申宏群²

(1. 浙江海洋大学 港航与交通运输工程学院 舟山 316022; 2. 浙江海洋大学 船舶与机电工程学院 舟山 316022)

摘要:取能效率是衡量波浪发电装置设计合理与否的重要参考标准。文章首先介绍了摇臂式波浪发电平台,接着对 BP 神经网络的原理和算法进行了描述,最后以水池试验过程中收集的数据为样本数据,在 Matlab 平台上运用 BP 神经网络对实海况下摇臂式波浪发电平台的取能效率作了仿真预测。仿真结果表明:实海况下摇臂式波浪发电平台的取能效率达到了预期目标,进一步说明 BP 神经网络成功训练出可靠的网络,在此基础上预测的数据具有一定的参考价值。

关键词:BP 神经网络;数据预测;发电平台;取能效率;Matlab

中图分类号:TM6;P74 文献标志码:A 文章编号:1005-9857(2020)03-0080-05

Energy Efficiency of Rocker Wave Power Generation Platform Based on BP Neural Network Prediction

CHEN Lixue¹, LI Detang², HUA Jun¹, LAI Wenbin², SHEN Hongqun²

(1. Port and Transportation Engineering College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China;
2. School of Civil and Mechanical Engineering, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China)

Abstract:Energy efficiency is an important reference standard for measuring the rationality of wave power plant design. This paper introduced the rocker-type wave power generation platform, and described the principle and algorithm of BP neural network. The data collected during the pool test process was taken as the sample data, and the BP neural network was used to shake the real sea state on the Matlab platform. The energy-receiving efficiency of the arm wave power platform was simulated and predicted. The simulation results showed that the energy efficiency of the rocker-type wave power generation platform reached the expected range under real sea conditions, which further demonstrated that the BP neural network had successfully trained a reliable network, so as the predicted data would have certain reference value.

收稿日期:2019-07-13;修订日期:2020-02-18
基金项目:江苏高校高技术船舶协同创新中心项目(HZ20180007).
作者简介:陈丽雪,硕士研究生,研究方向为海上安全保障技术
通信作者:李德堂,教授级高工,研究方向为船舶与海洋工程

Key words:BP neural network,Data prediction,Power generation platform,Energy efficiency, Matlab

0 引言

随着社会经济的高速发展,可利用的不可再生能源日益减少,寻找新的可再生能源逐渐成为社会热议的话题^[1]。而海洋面积占地球总面积的 70%,自然而然成为人们探索的对象。经世界能源委员会的调查显示,全球海洋能源中可利用的波浪能达 20 亿 kW^[4],数量相当可观。为了更好地利用波浪能,团队自主研发一套新型摇臂式波浪发电平台,与之前团队研发的振荡浮子式波浪发电平台^[3]相比,该装置能同时收集横、纵两个方向的波浪能,具有更高的能量转化效率。

人工神经网络是一种模仿生物神经网络行为特征,进行信息处理的算法数学模型,其中 BP 神经网络是目前应用最广泛的神经网络^[5]。它是一种按照误差逆向传播算法训练的多层前馈神经网络,其主要特点是:向前传播信号,反向传播误差,过程中通过不断调整网络权重值,使网络的结果输出与期望输出尽可能相近,以达到训练的目的。

本研究通过试验验证与 BP 神经网络相结合,预测实海况下新型摇臂式波浪发电装置的取能效率,从而验证了该装置设计的合理性,在一定程度上减少了经济损失。

1 摇臂式波浪发电平台的组成及工作原理

摇臂式波浪发电平台主要由三桩腿支撑平台、浮筒、群组油缸、液压泵、蓄能器、液压马达、发电机及灯泡(负载)组成,如图 1 所示。该装置的工作原理是:浮筒随着波浪的运动在横、纵两个方向捕获波浪能,将波浪能转化为浮筒的机械能。浮筒的运动带动群组油缸运动,群组油缸带动活塞做上下运动,液压泵通过液压回路将浮筒的机械能转化为液压能存储在蓄能器中。蓄能器释放稳定的液压油,

恒压驱动液压马达,液压马达带动永磁发电机发电,将液压能转化为电能,使负载稳定工作。其中发电装置能量转化图如图 2 所示,液压装置工作原理图如图 3 所示。

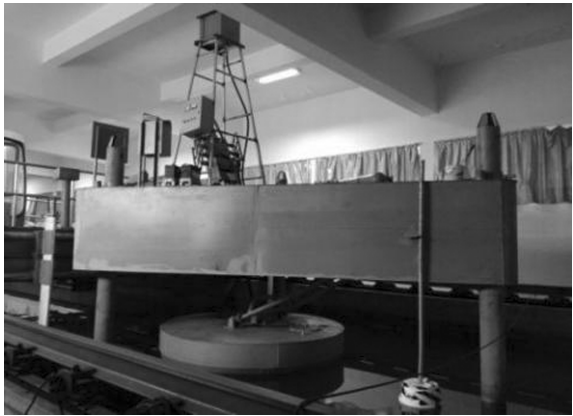


图 1 摇臂式波浪能发电平台

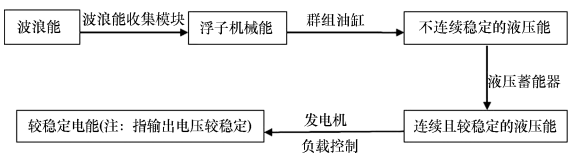
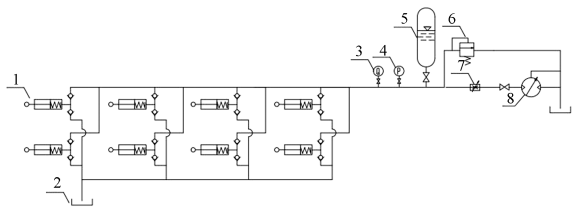


图 2 三级能量转换系统



- 1. 液压油缸;2. 油箱;3. 流量传感器;4. 压力传感器;
- 5. 蓄能器;6. 溢流阀;7. 比例流量调节阀;8. 变量马达

图 3 试验平台液压原理

2 BP 神经网络

BP 神经网络,即误差反向传播算法的学习过

程,它包括信息的正向传播和误差的反向传播两个过程。BP 网络模型一般由多层神经元组成,其中第一层称为输入层,最后一层称为输出层,其他各层均被称为隐含层。

BP 神经网络的工作原理是:输入层各神经元负责接收来自外界的输入信息,并传递给中间层各神经元;中间层处理输入层输出的数据,负责信息变换;输出层接收最后一层隐含层的信息,经进一步处理后,即完成一次学习的正向传播,此时由输出层输出信息处理结果。若输出结果与期望结果的误差在允许范围内,则代表学习成功;若输出结果与期望结果的误差超过允许范围,则进入反向传播过程,将误差信号沿原路传递返回,通过修改各神经元间的权值和阈值,再次计算返回正向传播过程,直到误差达到允许范围内,此时网络学习过程结束^[13]。

最常见的 3 层 BP 神经网络结构如图 4 所示。

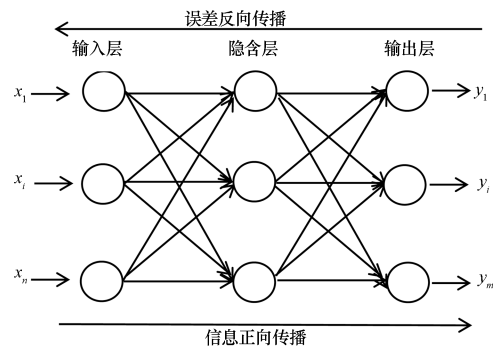


图 4 3 层 BP 神经网络结构

3 取能效率预测

3.1 数据的选择

将影响装置取能效率的因素作为输入参数,包括水深、浮子半径、系统压力、波高、频率、浮子吃水深度和负载(灯泡)数量。试验在浙江海洋大学定海校区水池实验室进行,选取 600 组实验数据作为样本数据进行网络训练,25 组数据作为检验样本检验训练模型的可靠性,25 组数据作为测试样本预测不同条件下的取能效率。

3.2 BP 网络模型的构建

BP 网络模型建立步骤如下:

(1)确定输入输出数据。将影响装置取能效率的因素作为输入层数据,即输入层神经元个数为 7;将取能效率作为输出层数据,即输出层神经元个数为 1。

(2)确定隐含层神经元个数。根据需要,本研究训练一个单隐层的 3 层 BP 网络,根据如下经验公式^[11-12]选择隐含层节点数:

$$n' = \sqrt{n + m} + a$$

式中: n 为输入层节点个数; m 为输出层节点个数; a 为 1~10 之间的常数。所以建立的网络隐含层神经元个数可设为 4、6、8、10、12。经过试验验证,当隐含层神经元个数为 8 时,效果最好。因此,此网络选定隐含层神经元个数为 8。

(3)本模型中,输入层与隐含层之间的激活函数选用 tansig 函数,隐含层与输出层之间的连接函数选用 tansig 函数,训练函数为 trainlm 函数。

(4)创建网络,设置相应的参数。使用函数 premnmx 将数据进行归一化处理,用 newff 函数创建网络。

(5)训练网络用 train 函数。

(6)进行数据预测。

3.3 训练过程及结果分析

BP 神经网络训练模型如图 5 所示。设置 BP 神经网络的训练次数 epoch=5 000,训练误差 goal=0.000 000 1,学习效率 Lr=0.1。根据 BP 神经网络训练过程的性能曲线(图 6)和结果回归曲线(图 7),可知经过 303 次训练后误差达到要求,回归系数为 0.978 21,接近 1,均方误差为 0.003 475,在误差范围之内,可见网络训练结果可靠。

通过选取 25 组工况对装置取能效率进行预测,预测结果与试验结果如图 8 所示。从图 8 中可知,预测结果与实验结果均在 20%上下浮动,符合装置设计时的期望输出。通过公式计算,预期结果与实验结果的相对误差最大为 0.11,进一步说明了 BP

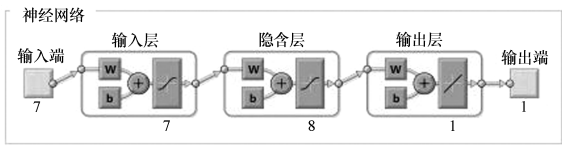


图 5 训练网络模型

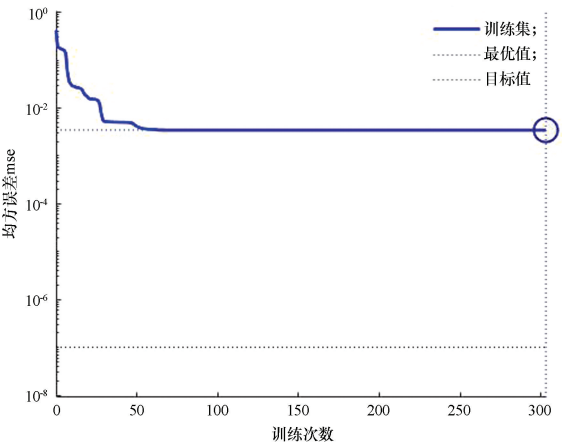


图 6 BP 神经网络训练性能曲线

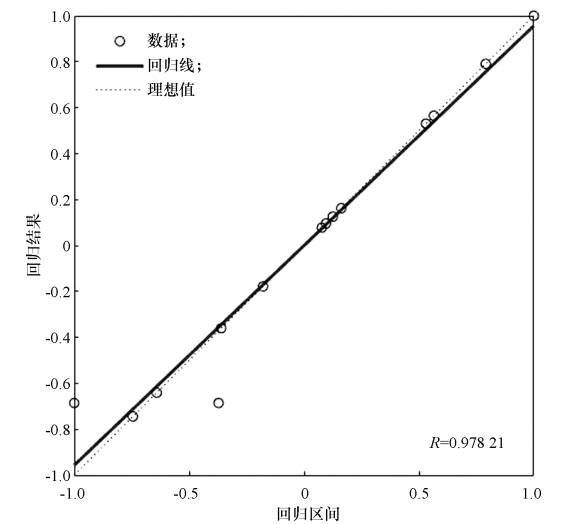


图 7 BP 神经网络训练回归曲线

神经网络模型的可靠性。因此,在已知水深、浮子半径、系统压力、波高、频率、浮子吃水深度和负载(灯泡)数量的前提下,可以通过建立 BP 网络模型来预测装置的取能效率。

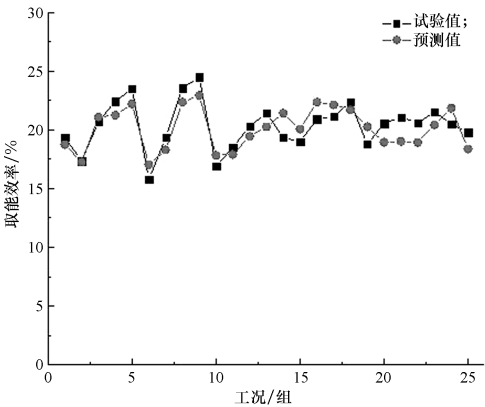


图 8 试验输出与预测输出

4 结语

BP 神经网络作为人工神经网络的一种,在数据预测中发挥着重要的作用。本研究在波浪发电装置的取能效率预测中引入了 BP 神经网络,并且在 Matlab 平台建立了取能效率的预测模型,通过仿真实现了不同工况下装置取能效率的预测。结合现场试验和数值模拟对 BP 网络模型进行检验,验证了建立的神经网络模型具有较好的精度,在一定参数范围内能够预测出波浪发电装置的取能效率。

对于 BP 网络来说,样本数据是非常重要的,以后将用更多的数据来训练更可靠的网络,为下一步的试验打好基础。

参考文献

[1] 李全林. 新能源与可再生能源[M]. 南京: 东南大学出版社, 2008.

[2] 游亚戈, 李伟, 刘伟民, 等. 海洋能发电技术的发展现状与前景[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(14): 1—12.

[3] 吕沁, 李德堂, 唐文涛, 等. 基于液压传动的振荡浮子式波浪发电系统设计[J]. 浙江大学学报(工学版), 2016, 50(2): 234—240.

[4] 盛仲飙. BP 神经网络在数据预测中的应用[J]. 软件导论, 2016, 15(1): 147—148.

[5] 王晨. BP 神经网络在中压加氢裂化装置多方面预测中的应用研究[J]. 石油炼制与化工, 2018, 49(7): 95—99.

[6] 邱占芝, 李世峰. 基于神经网络的 PID 网络化控制系统建模与

仿真[J].系统仿真学报,2018,30(4):1423—1432.

[7] 王霞燕.基于神经网络与灰色理论的水质参数预测建模研究[D].重庆:重庆大学,2010.

[8] 谭剑波.水轮机综合调节特性神经网络数字化建模仿真[D].咸阳:西北农林科技大学,2010.

[9] 罗静.电力负荷数据预测方法模型设计与分析[D].上海:复旦大学,2008.

[10] 严倩雯,蒋川,杨嵩,等.基于 BP 神经网络的 PTC 工质出口温

度研究[J].太阳能学报,2017,38(11):3029—3035.

[11] 陈尚沅,茅靳丰,韩旭.基于神经网络的垂直地埋管换热热量预测[J].太阳能学报,2017,38(11):3077—3084.

[12] 吴春华,冯夏云,袁同浩,等.基于 BP 神经网络的光伏故障电弧检测方法研究[J].太阳能学报,2016,37(11): 2958—2964.

[13] 喻宝禄,段迅,吴云.BP 神经网络数据预测模型的建立及应用[J].计算机与数字工程,2016,44(3).