

人工神经网络在光伏中的应用综述

武汉纺织大学数学与计算机学院 ■ 何雅静*

复旦大学信息科学与工程学院 ■ 汪登

摘要: 神经网络具有非线性、非局限性、非常定性、非凸性等特点, 由于其具有自学习、联想存储及高速寻找优化解的能力, 常被应用在识别、预测等方面。该文对人工神经网络在光伏预测、系统监测、故障检测、系统优化等方面的应用进行了简述说明。

关键词: 人工神经网络; 监测; 故障检测; 光伏预测

0 引言

光伏是太阳能光伏发电体系的简称, 是一种基于太阳电池半导体材料的光生伏特效应, 是将辐射能直接转换为电能的一种新型发电体系, 目前存在独立运行和并网运行两种方式^[1]。近年来, 光伏发电发展迅速, 广泛应用于能源、交通、通信等领域。

神经网络算法是按照逻辑规则进行推理的过程: 它先将需要处理的信息化整为零, 并为之添加标记, 然后根据符号运算规则以串行方式进行逻辑推理; 上述过程可以写成串行的指令以供计算机执行^[2]。光伏发电需准确预测太阳辐射情况, 并根据季节、温度、湿度等气象条件, 以及土壤等周边环境做出及时调整, 从而才能更好地应用光伏系统。在此过程中, 神经网络算法发挥了巨大的作用, 使光伏系统的应用越来越广泛。

1 神经网络

1.1 神经网络介绍

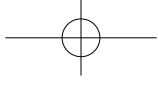
神经网络是由大量形式、状态相同的神经元连结在一起构成的。神经元是以生物神经系统的神经细胞为根本的生物模型。近年来, 随着人工智能越来越热, 人们对生物神经系统进行了大量研究, 在此过程中, 神经元数学化产生了神经元数学模型——神经网络。神经网络是一种高度非线性动力学系统, 其凭借自适应、自学习能力, 常被用在智能控制、寻找最优解及预测、监控等问题上。

1.2 神经网络分类

神经网络一般分为 2 种, 一种是生物神经网络, 指由生物的大脑神经元、细胞和触点等生理组织组成的生物系统; 另一种是人工神经网络, 通常被简称为“神经网络”或“连接模型”, 是

收稿日期: 2018-02-15

通信作者: 何雅静 (1997—), 女, 本科, 主要从事计算机科学与技术方面的研究。1075483759@qq.com



一种模仿动物神经网络行为特征,应用于类似大脑神经突触联接的结构进行信息处理的数学模型。这种人工神经网络依靠系统的复杂程度,通过调整内部大量节点之间相互连接的关系,从而达到处理信息的目的^[3]。本文探究的是人工神经网络。

1.3 人工神经网络的工作机制

人工神经网络在进行应用之前需先进行一系列的训练学习,通常其训练学习方式可分为2种:一种是有监督或有导师的学习,是利用给定的样本标准进行分类或模仿;另一种是无监督或无导师的学习,这种方式只规定学习方式或某些规则,具体的学习内容根据系统所处环境(即输入信号情况)而定,系统可以自动发现环境特征和规律性,具有更近似人脑的功能^[4]。在经过训练学习之后,人工神经网络会将学习的结果分布存储于网络的突触连接中,从而成功构建我们所需要的神经网络,之后我们就可以利用生成的神经网络对真实数据进行分类,从而将分类结果应用于各个方面。在光伏发电中,人工神经网络的这一工作机制发挥了重大作用。

2 人工神经网络在光伏中的相关应用

2.1 人工神经网络在预测中的应用

预测光伏系统输出功率对于光伏系统的应用极为重要。为获取准确的光伏系统输出功率,Yona等^[5]提出使用回归神经网络对光伏系统输出功率进行预测的想法,并进行了实验,实验结果表明,其所提出的系统模型可以在很短的时间内,仅使用历史数据就能预测优选结果。预测系统输出功率也可通过预测系统电流来实现。Ameen等^[6]提出了基于具有2个输入和1个输出的级联反向传播人造神经网络的新型光伏模块输出电流预测模型,实验结果表明,该模型在预测电流方面灵敏度较高。

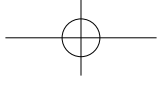
有些情况下,对光伏发电系统输出功率进

行直接预测较为困难,而太阳辐照度对光伏系统的输出功率具有较大影响。基于此,Mellit等^[7]提出了一种使用人工神经网络进行太阳辐射预报的实用方法,实验所得模型表现良好,结果表明,晴天天数相关系数在98%~99%,阴天天数相关系数在94%~96%。Cao等^[8]建立了对角线复现小波神经网络,结合小波的优良特性及对角线循环神经网络的动态特性的自学习能力,对太阳辐射进行准确预测。实验表明,该网络在预测非线性且频繁变化的太阳辐射方面表现出良好的性能。

为了对系统进行更高效率的预测,Zhou等^[9]提出使用小波函数代替神经网络隐藏层的船体函数,以小波神经网络来预测日常太阳总辐射量和光伏发电。实验结果表明,在不影响预测准确性的前提下,该算法在很大程度上缩短了模型的练习时间,提高了运行速度,避免了神经网络参与局部最优解。

2.2 人工神经网络在监测中的应用

除了预测功能,人工神经网络在系统监测方面也发挥着重大作用。针对市场上光伏监控系统运行效率不高、发电量预测忽略太阳辐照度,以及缺少嵌入预测功能等问题,海涛等^[10]提出了一种基于RBF神经网络预测发电量的高效的光伏监控方案,将串口服务器作为数据采集网关,用面向对象的方法描述设备,并结合多线程、模块化思想。结果表明,该系统具有运行效率高、可扩展性强、发电量预测精度高等优点。赵巍巍等^[11]建立了一种基于BP神经网络的阀控密封式铅酸蓄电池(VRLA)的剩余容量(SOC)预测模型,以此对光伏发电系统中的蓄电池SOC进行监控。该模型利用Matlab工具对3层BP网络模型进行仿真校验,采用相关硬件控制电路对VRLA进行实时数据采集,得到工作组的控制电路和SOC预测值,实现对蓄电池组的放电工作状态的智能监测与控制。实验结果表明,该系统能做到蓄电



池 SOC、端电压、充放电电流等参数的实时监控、数据传输及状态显示等,具有较高的实际应用价值。张文瑾^[1]从另一个角度提出了一种综合 ZigBee 无线通信和 BP 神经网络算法的光伏电站远程监控系统。该智能系统集成数据采集、数据分析显示、故障诊断为一体,通过实时监测能快速确定故障原因,并将监测所得数据存储下来,为工作人员迅速准确地排除故障提供了极大帮助,实现了监控光伏电站的功能。为提高系统精度,张钰浩^[12]提出使用对角递归神经网络对光伏系统的电压、电流、温度等特性曲线进行建模仿真,利用对角递归网络隐层节点具有自反馈功能的特点,提高了系统精度。仿真结果证明,该监测系统监测结果较为理想。

为了解决光伏组件状态自动监测的问题,肖慧明^[13]提出采用 BP 神经网络算法构建光伏组件功率的估算模型,并对其进行了改进,最终形成了基于改进 BP 神经网络的光伏组件等效最大功率估算算法,利用该算法的估算结果与历史数据进行比较,可判断光伏组件状态。经过实际验证,确认该方法能够满足实际需求。

2.3 人工神经网络在故障检测中的应用

在故障检测方面,许多科研人员也进行了一系列基于人工神经网络的尝试。在光伏发电技术和人工智能技术迅速发展的同时,也滋生了光伏发电系统的故障问题,这就要求相关诊断技术也应向智能化迈进。兰琴丽等^[14]提出一种基于 BP 神经网络的光伏发电系统的故障诊断方法,实验结果表明,该系统具有一定的实用性。针对光伏阵列的故障特点及传统故障诊断方法的局限性,张文瑾等^[15]提出了一种基于 BP 神经网络的光伏阵列智能故障诊断系统。实验结果表明,该系统在神经网络结构、连接权值和阈值中体现了光伏阵列的故障状态与故障原因之间的对应关系,将实验测得数据输入到提前训练好的故障诊断神经

网络中,可实现光伏阵列的在线故障诊断。此外,还有两种更加易于实现的算法。刘玉英等^[16]提出了一种设备简单、易于实现且精度较高的 BP 神经网络算法,该方法将网络故障信息作为系统的样本输入,利用神经网络强大的自适应能力和非线性映射能力,建立起网络故障信息与故障模式输出之间的映射。测试结果证明了该方法的有效性和可行性,其不仅具有诊断精度高的特点,同时还易于实现,因此可用于并网光伏发电系统的故障诊断。王元章等^[17]提出了基于 L-M 算法的 BP 神经网络的故障诊断方法,该方法操作简便、成本低,仿真及实验结果均验证了该方法能够有效检测出光伏阵列短路、断路、异常老化及局部阴影等 4 种故障。

除此之外,李练兵等^[18]针对光伏并网系统工作过程中可能发生的故障,提出了一种将故障树和双向联想记忆神经网络相结合的故障诊断方法。该方法首先通过故障树分析法(FTA)得到系统的所有故障模式,再根据维修经验得到的故障分析归纳出 BAM 的学习样本,即故障模式与故障分析之间的对应,进行一系列实验后的结果表明,该方法具有很好的实时性和有效性。

2.4 人工神经网络在光伏系统优化中的应用

如何使用人工神经网络优化光伏发电系统也是研究的一个方向。由于气象数据变化多端,找到适合光伏发电系统的模式相对较为困难。Mellit 等^[19]提出了一种可在不同气候条件下运行的独立光伏系统建模和仿真的自适应人工神经网络。该预测模型允许独立光伏系统的用户预测每个模型的不同信号,并在不同的气候条件下识别系统的输出电流。模拟结果表明,对于每个预估的信号,获得的相关系数为 90%~96%。相较于传统的模糊逻辑控制器,模糊神经网络可以传递更多的功率,Su 等^[20]提出了一种基于模糊神经网络的光伏发电系统最大功率点跟踪算法。从模

拟和实验结果可以看出,该模型能够精确地估计可变大气条件,有助于增加跟踪速度和消除功率波动下的最大发电。为提高系统精度,Mellit等^[21]提出使用自适应神经——模糊网络方案的光伏电源系统进行建模,对系统进行优化。实验结果表明,仿真系统具有可靠性和准确性,预测精度良好。该作者还开发了一种基于人造神经网络的遗传算法(ANN-GA)模型,用于生成独立光伏系统的尺寸曲线。实验结果表明,该模型呈现出比传统回归模型更加准确的结果。Ashhab^[22]还提出了使用神经网络优化算法对光伏发电系统进行优化,由此推导出预测模型,预测值更加接近真实值,这种优化算法实现了光伏发电系统生产效率最大化的目标。

3 总结

人工神经网络在光伏发电系统的预测、监控、故障诊断和优化等方面有着极多的应用,并且已在这4个方面取得较多成果。目前,人工神经网络可实现对系统输出功率、输出电流、太阳辐射、温度等较为准确的预测;在监控和故障分析方面,研究主要集中在电流、电压等方面;在优化方面,研究主要集中在提高精度、速度和准确性。

参考文献

- [1] 张文瑾. 光伏电站远程监控系统的研究与实现[D]. 扬州: 扬州大学, 2014.
- [2] 邹恒. 基于神经网络和专家系统的连铸漏钢预报系统[D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [3] 陈宏达. 高光谱遥感图像的降维与分类研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013.
- [4] 杨春夏. 基于人工植物算法求解随机规划[D]. 太原: 太原科技大学, 2012.
- [5] Yona A, Senjyu T, Funabashi T, et al. Decision technique of solar radiation prediction applying recurrent neural network for short-term ahead power output of photovoltaic system[J]. Smart Grid & Renewable Energy, 2013, 4(6A): 32 – 38.
- [6] Ameen A M, Pasupuleti J, Khatib T. Modeling of photovoltaic array output current based on actual performance using artificial neural networks[J]. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2015, 7(5): 053107.
- [7] Mellit A, Pavan A M. A 24-h forecast of solar irradiance using artificial neural network: Application for performance prediction of a grid-connected PV plant at Trieste, Italy[J]. Solar Energy, 2010, 84(5): 807 – 821.
- [8] Cao J, Lin X. Study of hourly and daily solar irradiation forecast using diagonal recurrent wavelet neural networks[J]. Energy Conversion & Management, 2008, 49(6): 1396 – 1406.
- [9] Zhou H, Sun W, Liu D, et al. The Research of daily total solar-radiation and prediction method of photovoltaic generation based on wavelet-neural Network[A]. Power and Energy Engineering Conference[C]. IEEE, 2011.
- [10] 海涛, 梁挺兴, 黄曲达, 等. 一种高效的光伏监控方案及发电量预测[J]. 计算机测量与控制, 2015, (8): 2637 – 2639.
- [11] 赵巍巍, 王洪诚, 戴安全, 等. 太阳能光伏发电系统中蓄电池SOC预测模型及监控方法研究[J]. 电测与仪表, 2014, (16): 41 – 45.
- [12] 张钰浩. 基于对角递归神经网络的光伏电站数据采集监测系统[D]. 扬州: 扬州大学, 2010.
- [13] 肖慧明. 基于改进BP神经网络的光伏组件状态监控研究与实现[J]. 信息系统工程, 2014, (12): 131 – 132.
- [14] 兰琴丽, 章乐多. BP神经网络在光伏发电系统故障诊断中的应用[J]. 通信电源技术, 2011, (4): 38 – 40.
- [15] 张文瑾, 葛强, 黄澄扬, 等. 基于BP神经网络的光伏阵列智能故障诊断[J]. 扬州大学学报: 自然科学版, 2015, (1): 32 – 35.
- [16] 刘玉英, 冯英伟. BP神经网络光伏组件在线故障诊断系统开发[J]. 电源技术, 2014, (6): 1088 – 1089.
- [17] 王元章, 吴春华, 周笛青, 等. 基于BP神经网络的光伏阵列故障诊断研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, (16): 108 – 114.
- [18] 李练兵, 张秀云, 王志华, 等. 故障树和BAM神经网络在光伏并网故障诊断中的应用[J]. 电工技术学报, 2015, (2): 248 – 254.
- [19] Mellit A, Benghane M, Kalogirou S A. Modeling and simulation of a stand-alone photovoltaic system using an adaptive artificial neural network: Proposition for a new sizing procedure[J]. Renewable Energy, 2007, 32(2): 285 – 313.
- [20] Su H, Bian J. Maximum power point tracking algorithm based on fuzzy neural networks for photovoltaic generation system[A]. International Conference on Computer Application and System Modeling[C]. IEEE, 2010.
- [21] Mellit A, Kalogirou S A, Drif M. Application of neural networks and genetic algorithms for sizing of photovoltaic systems[J]. Renewable Energy, 2010, 35(12): 2881 – 2893.
- [22] Ashhab M S S. Optimization and modeling of a photovoltaic solar integrated system by neural networks[J]. Energy Conversion & Management, 2008, 49(11): 3349 – 3355. 太阳能