

人工神经网络在水文水资源中的应用

张俊瑞

江苏省水文水资源勘测局泰州分局

DOI:10.12238/hwr.v8i5.5413

[摘要] 本文主要研究了人工神经网络在水文水资源管理中的有效应用。首先,本文回顾了人工神经网络的基本理论和主要特性。然后展示了人工神经网络在水文预测和水资源管理中的具体应用,并对其主要优点和局限性进行了讨论。最后对人工神经网络在水文水资源领域的未来发展进行了展望。

[关键词] 人工神经网络; 水文预测; 水资源管理; 模型; 应用

中图分类号: P331 文献标识码: A

Application of artificial neural network in hydrology and water resources Junrui Zhang

Junrui Zhang

Taizhou Branch of Jiangsu Provincial Hydrological and Water Resources Survey Bureau

[Abstract] This paper mainly studies the effective application of artificial neural network in hydrology and water resources management. Firstly, this paper reviews the basic theory and main characteristics of artificial neural network. Then, this paper shows the concrete application of artificial neural network in hydrological forecasting and water resources management, and discusses its main advantages and limitations. Finally, the future development of artificial neural network in the field of hydrology and water resources is prospected.

[Key words] artificial neural network; Hydrological forecast; Water resources management; Model; app; application

引言

近年来,人工神经网络的发展为水文学和水资源管理提供了新的研究工具。人工神经网络的非线性处理能力和自我学习调整特性使其在水文预测和水资源管理中具有极大的潜力。然而,人工神经网络在这一领域的具体应用和效果如何,还需进一步研究。

1 人工神经网络的基本理论与特性

1.1 人工神经网络的定义与发展

人工神经网络(Artificial Neural Networks, ANN)是一种模拟人脑神经元网络结构构建的计算模型,被广泛地用于机器学习和认知科学等领域,具有强大的数据建模和信息处理能力。进入21世纪,随着计算硬件的发展和大数据的出现,人工神经网络的训练和应用得到了前所未有的提升。尤其是深度学习的提出,使得神经网络模型的层数和复杂性得到大幅提升,广泛应用在图像识别、语言处理、自动驾驶等领域,展现出强大的学习和预测能力。

1.2 人工神经网络的工作原理

人工神经网络的基本构成单位是神经元(Neuron)。一个简单的神经元模型接收多个输入,每个输入有自己的权重,神经元将这些带权重的输入值加总,然后通过一个激活函数(Activation

Function)对结果进行转换,输出到下一层神经元或者作为网络输出。在一个完整的人工神经网络模型中,神经元按层级安排,每一层的神经元都与上一层的所有神经元全连接,这种结构可以非常方便地使用矩阵计算。人工神经网络的训练主要采用反向传播算法。简单来说,就是通过计算网络输出与实际值的误差,并将误差从网络的输出层向输入层逐层反向传播,在这个过程中,根据误差的大小调整神经元连接的权重,使得网络的预测值逐渐接近实际值。通过反复训练,人工神经网络能学习到输入与输出间复杂的非线性关系,从而达到分类、预测等目标。

1.3 人工神经网络的主要特性

人工神经网络是一种模拟人类大脑工作方式的复杂系统,由许多相互连接的神经元组成。这些神经元可以并行处理信息,模拟人类大脑对复杂数据的处理能力。以下是人工神经网络的主要特性:

(1) 自我组织和自我学习:人工神经网络可以通过学习样本数据自行调整权重和阈值,进而自我优化。此特性使得人工神经网络在数据挖掘、特征识别等任务中具有无可比拟的优势。

(2) 非线性映射:神经网络具有非常强的非线性映射能力,可以拟合任何复杂度的映射关系,尤其对于非线性、高维复杂数据的处理尤为显著。

(3) 并行性和分布性: 神经网络的一个显著特性是信息的并行处理和分布存储, 这使得神经网络在处理大量数据时具有较快的速度。

(4) 容错性: 人工神经网络的另一项特性是具有良好的容错性。在一些神经元损坏或者网络连接断裂的情况下, 网络仍然能够正常工作。

(5) 自适应性: 神经网络可以动态适应新的输入, 即使输入模式稍有改变, 网络也能进行自我调整以适应新的环境。

(6) 泛化能力: 由于网络通过训练学习内部参数, 所以神经网络具有很好的泛化能力, 可以在新的输入上进行预测, 使模型有着更广泛的应用。

2 神经网络在水文预测中的应用

神经网络因其强大的非线性拟合和自我学习的能力, 在水文预测中得到了广泛的应用。借助神经网络, 我们可以更准确、更快速地预测和响应各种水文事件, 有效减少或避免由此带来的负面影响。

2.1 定量降水预测

降水是驱动水文循环的关键因素之一, 定量降水预测对于水资源管理、灾害防御及其它水文水资源的应用具有重要意义。然而, 降水是一个严重受许多地球系统因素影响的随机过程, 传统的统计和经验预测方法往往无法有效地拟合并预测这种复杂的非线性变化。神经网络(ANN)作为一种机器学习技术, 已被广泛用于定量降水预测。ANN的大脑神经元模拟机制使其具有处理复杂和非线性数据的能力, 使得它在预测精度上有着独特优势。ANN模型可以根据多输入参数(如温度、湿度、风速、云量等)综合预测降水量, 还可以根据历史降水数据, 学习其变化规律并进行预测。

2.2 洪水预测

神经网络在洪水预测方面的应用也显得尤为重要。洪水是一种自然灾害, 对人类生活和社会发展产生的影响不容忽视。因此, 预测洪水并及时采取防控措施, 是保障人类生活安全和社会稳定的重要环节。神经网络(ANN)具有强大的非线性建模能力, 可以通过学习复杂的、大规模、多变量的数据, 准确预测洪水发生的时间和程度。ANN模型通过使用一系列环境参数(如降雨量、气温、湿度、风速、地形等)作为输入, 输出洪水发生的可能性和强度。同时, ANN可以处理大量历史洪水事件数据, 通过学习这些历史数据的模式, 预测未来可能发生的洪水事件。然而, 神经网络在洪水预测中也有一些局限性。

2.3 水位预测

水位预测是水库运行管理、船舶航行安全等方面的重要任务。由于水位变化受多种因素影响, 如降雨量、蒸发量、入流量及上游水库出流量等, 这些因素之间存在着复杂的非线性关系。利用神经网络的强大非线性拟合能力, 我们可以将这些因素作为输入, 训练出能够准确预测水位的模型, 从而为水位调控提供了有效的决策依据。

3 神经网络在水资源管理中的应用

3.1 水资源规划

水资源规划是水资源管理的重要组成部分, 涉及到水资源的分配、利用以及保护等问题。基于神经网络的水资源规划可以提供更为精确和高效的决策支持。首先, 神经网络可以精确模拟和预测水资源系统的行为。例如, 利用神经网络, 我们可以更准确地预测未来的降雨量、蒸发率以及地下水位等水文地质参数, 为水资源规划提供科学依据。其次, 神经网络还可以优化水资源分配。通过将水资源需求、供应情况以及环境影响等因素输入神经网络, 我们可以得到最优的水资源分配方案, 满足各方用水需求, 同时也能确保水资源的可持续使用。

此外, 对于保护水资源、管理水质方面, 神经网络也可以有效应用。例如, 神经网络可以通过学习和建模污染物在水体中的扩散和转化规律, 对未来水质变化进行准确预测, 从而制定出合理的水资源保护策略。总的来说, 基于神经网络的水资源规划方法, 能够充分利用历史数据, 并通过学习和适应, 持续改进模型性能, 以期水资源管理提供更好的决策支持。

3.2 水资源分配优化

神经网络在水资源分配优化方面也表现出了显著的优势, 因为它可以有效地处理多种变量和复杂的非线性关系。水资源分配是一项复杂的任务, 涉及繁多的因素如地理位置、气候变化、人口增长、经济发展、环境保护等。根据历史数据和现有条件, 神经网络可以预测未来的水需求。这包括农业灌溉需求、生活用水需求、工业用水需求等。精确的需求预测是进行水资源分配的基础。神经网络可以预测未来的水资源供应量, 这既包括天然的水资源, 如降水、地下水等, 也包括人工的供水渠道, 例如水库和河流。在得知未来的水需求和供应情况后, 神经网络可以生成最优的水资源分配策略。这个策略指导了在不同的时期、不同的地方, 如何分配水资源以尽可能满足需求, 同时又要保持对环境的可持续性。在实施分配策略后, 神经网络可以预测响应情况, 如满足程度、环境影响等。这些预测反馈可以用于调整和改进策略, 提高水资源管理的效率。

神经网络的这种自学习和自适应能力, 使得它在水资源分配优化上有广泛应用前景。通过大量历史数据和即时数据的学习和训练, 神经网络逐渐提高分配效率, 实现在满足人类需求的同时, 也达到水资源的可持续利用。

3.3 水资源保护与可持续性策略

在水资源保护与可持续性策略方面, 神经网络的应用同样取得了一些重要的突破。神经网络通过提高预测精度, 改进资源分配策略, 为水资源利用的长期可持续性提供了有力保障。神经网络可以用于评估水环境的污染状况。通过将化学指标, 比如溶解氧、pH值、化学需氧量、生物需氧量等设置为输入参数, 神经网络可以学习并模拟水质变化与污染物之间的复杂关系, 为污染源控制和环境保护政策制定提供依据。神经网络可以用于建立和优化水资源分配模型, 通过最优化水资源的分配, 我们可以实现在满足经济发展的同时, 保障水资源的可持

续使用。神经网络以前的水资源消耗历史、气候变化数据、人口增加等因素作为输入变量,通过训练和深度学习,生成科学合理的水资源管理策略。神经网络可以帮助我们理解和预测水生生态系统的动态变化。比如,基于神经网络的生态模型可以预测剥夺水分后地面植被的反应,或者预测在不同水利工程操作下,湿地生态系统的可能变化。这些预测结果可以帮助我们制定出更符合生态保护的水资源利用策略。

4 人工神经网络的优点与局限性

4.1 优点

神经网络能够适应各种复杂的、非线性的众多参数,这是对于水文水资源研究极其重要的。例如,可以预测海平面变化、洪水状况、干旱程度等,并给出相关的应对策略。神经网络长期以来一直被用来模拟复杂的水文过程,包括雨水径流、地下水流动、河流径流、水质变化等。因为神经网络可以处理大量的输入变量并能处理高度非线性的关系,因此其预测精度通常较高。随着传感器技术的发展,现代水文观测数量巨大且变化复杂,传统方法很难处理这种情况。神经网络可以处理大规模的数据,提供更为精确的预测结果。

4.2 局限性

神经网络的运行过程或者说是决策过程是难以理解的,即所谓的“黑箱”性。这种情况在实际应用中可能会遇到一些问题,如用户需要理解模型如何得出其预测输出,或者模型需要进行审计等。当神经网络模型过于复杂或学习数据太多时,可能会导致过度拟合。过度拟合会导致模型在新的、未知的数据上性能较差,这对于水文预测来说可能是灾难性的。神经网络模型的训练非常依赖训练数据的数量和质量。如果训练数据质量较差或者数量不足,可能使得训练出来的模型与实际情况严重偏离。总的来说,虽然神经网络在水文水资源领域有很大潜力,但我们也要清醒地意识到其局限性,充分利用其优势并尽可能避免或减少其局限性带来的影响。

5 未来研究展望

未来,神经网络在水文水资源领域的研究将会更加深入且广阔。首先,更精细和逼真的模拟和预测将会是未来的主流研究方向,为此,可能会开发出新的神经网络模型,或者对现有

模型进行深度优化。其次,解决神经网络的“黑箱性”问题也将是一个重要的研究方向,有利于我们更好的理解神经网络的决策过程以及模型运行原理。再次,未来会有更多的研究关注如何有效避免或减少过度拟合现象。随着人工智能技术的成熟和普及,其在水文水资源领域的应用也将更加广泛。在日常水资源管理、洪水预警、干旱监控、水质保障等方面,神经网络的应用将深入到各个细节,使得相关决策更加科学、准确。同时,神经网络的推广应用也会推动相关设备和监测手段的更新换代,提升整个领域的技术水平。综上,神经网络在水文水资源领域的未来研究展望几乎是无限的,只要继续深入研究并且善于扩展应用,对于资源旺盛的地球水资源管理和保护会产生巨大的价值。

6 结束语

神经网络的介入为水文预测和水资源管理带来了新的可能性。虽然现在已经有一些具体的应用,但是神经网络在水文水资源领域的研究并未完全展开,有许多尚未探索的领域和挑战需要我们去面对。未来,我们希望看到更多相关的研究,以实现水资源的高效、节约和可持续利用,防汛抗旱的更加精准调度。

[参考文献]

- [1]李敬库.神经网络在水资源规划领域中的应用[J].水资源开发与管理,2017,(03):13-16.
- [2]宋萌勃,张旭红.神经网络在水文水资源研究中的应用[J].水利水电快报,2008,29(S1):188-189+205.
- [3]杨先野,付强.模糊神经网络在水文水资源应用中的研究进展[J].黑龙江水专学报,2007,(01):8-11.
- [4]冯艳.小波神经网络模型及其在水文水资源中的应用[D].东北农业大学,2007.
- [5]杨先野,付强.模糊神经网络在水文水资源应用中的研究进展[C]//中国农业工程学会农业系统工程专业委员会.农业系统工程理论与实践研究——全国农业系统工程学术研讨会论文集.农业系统工程理论与实践研究——全国农业系统工程学术研讨会论文集,2006:229-233.