

人工神经网络在风暴潮增水 预报中的应用

薛彦广¹, 沙文钰¹, 徐海斌¹, 李少斐²

(1. 解放军理工大学气象学院, 江苏 南京 211101 2. 北海舰队航空兵 92886 部队气象台, 山东 胶州 266311)

摘 要: 本文根据 1967~1982 年间影响湛江站增水的热带气旋资料, 选取了其中对湛江站增水影响比较显著的因子, 运用人工神经网络中的 BP 算法, 建立了湛江站风暴潮增水预报的人工神经网络模型, 并使用贝叶斯优化算法提高了 BP 网络模型的预报能力, 结果表明所建 BP 网络模型的训练拟合效果和预报效果都比较好。表明该网络模型可以用于湛江站风暴潮增水的预报。同时本文也为其它的港口、码头等近岸海洋工程风暴潮增水的预报提供了一个有效可行的方案。

关键词: 增水极值; 人工神经网络; BP 算法

中图分类号: P731 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 0239 (2005)02 - 0033 - 05

1 引言

人工神经网络(Artificial Neural Network - ANN), 简称为“神经网络”(NN)。作为对人脑最简单的一种抽象和模拟, 是探索人类智能奥秘的有力工具, 是近年来发展起来的一门十分活跃的交叉学科。它具有分布并行处理、非线性影射、自适应学习等特性, 使得神经网络有着广泛的应用前景^[1]。

B-P 神经网络通常是指基于误差反向传播算法(BP 算法)的多层前向神经网络, 它是 D. E. Rumelhart 和 J. L. McClelland 及其研究小组在 1986 年研究并设计出来的。BP 算法可参见陈希、李妍、沙文钰^[2]等的神经网络在台风浪预报中应用的技术原理。事实上, BP 算法已经成为目前应用最为广泛的神经网络学习算法。

风暴潮(storm surge)、浪是来自海上的一种巨大的自然界的灾害现象, 系指由于强烈的大气扰动——如热带气旋、温带气旋、爆发性气旋等天气系统所伴随的强风和气压骤变所致使得海面异常升降及狂浪的现象^[3]。它若和天文潮特别是天文大潮、高潮阶段叠加, 往往会使其影响所及的海域水位暴涨、摧毁坡堤, 乃至海水浸满内陆, 酿成巨灾^[3]。据统计, 风暴潮灾害是我国海洋灾害中最严重的灾害^[3]。

湛江港位于广东省西部雷州半岛东北侧, 东接吴川县, 西北临遂溪县, 是一个重要

的商港、军港、海洋石油勘测基地和远洋渔业基地等多功能的综合性港口。湛江港地处热带北缘，受季风和海洋的影响，形成了湛江港独特的热带海洋性季风气候。热带气旋是影响湛江港的主要灾害性天气，由其引发的台风风暴潮和风暴海浪容易在沿岸地区造成巨大危害。所以本文选取湛江港作为我们的研究站点，利用人工神经网络的 BP 算法建立湛江站的风暴潮增水预报网络模型，来预报台风增水。

2 资料和网络模型的说明

原始资料为 1967 年~1982 年间影响湛江站增水的 12 次台风过程，共计 169 个增水资料。为了突出对极值增水的预报，取大于 40cm 的增水个例作为研究对象对原始样本进行筛选，筛选后的样本为 52 个(见表 1)。

表 1 湛江站增水 40cm 样本个例

台风号	年	月	日	时	增水值	台风号	年	月	日	时	增水值
6706	1967	8	2	2	43	7812	1978	8	27	14	96
6706	1967	8	2	8	41	7812	1978	8	27	20	94
6715	1967	9	5	8	66	7812	1978	8	28	2	55
6715	1967	9	5	20	74	7818	1978	9	29	20	46
6715	1967	9	6	8	103	7818	1978	9	30	2	53
6715	1967	9	6	20	59	7818	1978	9	30	8	71
6715	1967	9	7	8	45	7818	1978	9	30	14	54
6720	1967	11	7	8	70	7818	1978	9	30	20	65
6720	1967	11	7	14	78	7818	1978	10	1	2	76
6720	1967	11	7	20	99	7818	1978	10	1	8	72
6720	1967	11	8	2	55	7818	1978	10	1	14	86
6720	1967	11	8	8	119	7818	1978	10	1	20	105
6720	1967	11	8	14	47	7818	1978	10	2	2	76
7220	1972	11	7	20	46	7818	1978	10	2	8	136
7220	1972	11	8	8	63	7818	1978	10	2	14	63
7220	1972	11	8	14	105	7820	1978	10	14	2	72
7220	1972	11	8	20	62	7820	1978	10	14	8	48
7405	1974	6	6	2	56	7820	1978	10	14	14	55
7405	1974	6	6	8	70	7820	1978	10	14	20	57
7405	1974	6	6	8	71	7820	1978	10	15	8	53
7405	1974	6	7	2	49	7820	1978	10	16	8	61
7405	1974	6	7	8	66	8007	1980	7	22	14	107
7513	1975	10	4	20	58	8007	1980	7	23	8	92
7513	1975	10	5	8	67	8007	1980	7	23	20	40
7812	1978	8	27	2	61	8208	1982	7	17	2	62
7812	1978	8	27	8	83	8208	1982	7	17	14	83

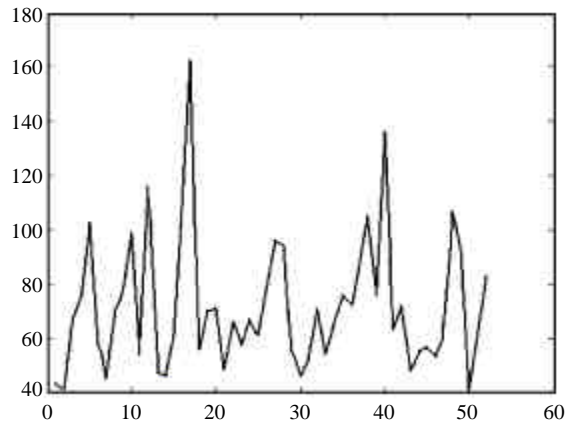


图 1 样本资料的增水曲线（纵坐标单位：cm，横坐标为样本数）

为直观表示，如图 1 所示 52 个个例的增水曲线图。

本文采用人工神经网络中的 BP 算法建立湛江站台风增水预报模型。标准的 BP 网由三个神经元层次组成，即输入层、隐含层、输出层，各层次的神经元之间形成全交互连接，各层次内的神经元间彼此独立^[2、4]，BP 网中因为训练样本的信息经过特定的传递函数逐步向前传播，如果输出结果不能达到预先设定的阈值。那么输出信号与阈值之间的误差将返回到输入层，然后再修改其权重函数，因此也称其为误差反传算法。通过样本反复训练学习，并达到设定的误差后。权重系数矩阵和阈值矩阵得以最终确定，并以此权值、阈值矩阵系数进行预报。

3 风暴潮增水预报网络模型的建立及模拟预报结果

3.1 因子的选取

造成台风风暴潮增水的原因很多，有风、气压、台风强度、路径、海况等等，是极其复杂的过程。就固定港湾来讲，地形、水深的变化成为一个常数，综合反映在该港的增水值 H 之中，而台风强度和路径可用本站风、气压变化表现出来^[3、5]。

为了避免选取的因子过多，使得建立的网络不稳定，所以这里只选取对湛江站风暴潮增水影响比较显著的三个因子来构建网络模型：即台风中心距湛江站的距离、台风中心气压和台风移速。

3.2 网络模型的建立及模拟预报结果

在所定时段中（见图 1）湛江站增水大于 40cm 的个例有 52 个，选取其中 40 个个例进行网络模型的训练，其余 12 个作为后报结果检验。

BP 神经网络的学习规则采用的是误差反向传播算法，网络的权值和阈值通常是沿

着网络误差变化的负梯度方向进行调解的,最终使网络的误差达到极小值,即在这一点误差梯度为零。不过梯度下降算法固有缺陷,使得网络收敛速度慢,容易陷入局部极小值。所以本文采用贝叶斯正则化方法,这种方法可以在网络训练过程中自适应地调节比例系数的大小,能够提高网络的推广能力。

为了加快计算和收敛速度,对输入因子作了归一化处理。对训练样本进行训练,拟合 1000 步后,训练结果见图 2。

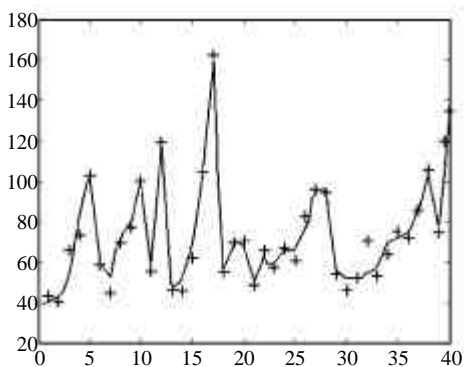


图 2 训练样本的增水拟合效果

(加号为实际增水值,实线为拟合曲线)

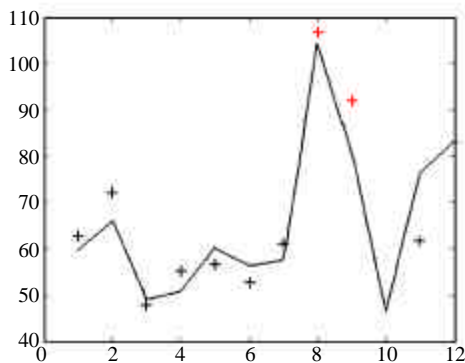


图 3 网络模型的预报增水检验

(图中纵坐标单位: cm, 加号为实际增水值, 实线为预报曲线)

从图中可以看出所建立的网络模型有很好的历史样本拟合能力。实际应用中,关键是能说明该网络模型的预报效果。为此,我们取其余的 12 个增水个例进行检验,用上述的技术原理和方法,图 3 便是网络模型的预报增水的结果。

从图 3 中可以看出所建立的 BP 网络模型对预报增水的结果和实际比较接近,说明该 BP 网络有较好的应用能力。可以满足风暴增水预报的需要。

4 小结

本文通过影响湛江站增水的 1967 年~1982 年的台风资料,用人工神经网络的方法建立了预报湛江站增水的网络模型,并进行了预报检验。因为人工神经网络技术有较强的非线性表达能力,所以比较适合对台风增水的预报^[6],并且本文使用贝叶斯优化算法提高了 BP 网络的推广能力,结果也表明人工神经网络对增水的预报效果比较好。其方法可以推广到诸如沿海港口、码头等海洋工程的风暴增水的预报。

本文存在的问题是实测资料比较缺少,在因子的选取和模型的建立上还有许多待改进的地方。

参考文献:

- [1] 许 东, 吴 铮. 基于 MATLAB 6. X 的系统分析与设计-神经网络 [C]. 西安电子科技大学出版社. 2002 ,21~26.
- [2] 陈 希, 李 妍, 沙文钰, 等. 人工神经网络技术在台风浪预报中的应用 [J]. 海洋科学. 2003 ,27(2) :63~67.

- [3] 沙文钰,等. 风暴潮、浪数值预报 [C]. 海洋出版社, 2004.
- [4] 胡守仁. 神经网络导论 [C]. 国防科技大学出版社, 1993, 113~119.
- [5] 海军南海舰队司令部气象台. 用多元线形回归预报湛江台风增水的探讨 [J]. 风暴潮, 1982, 1 :33~46.
- [6] 蔡煜东, 姚林声. 预报台风暴潮极值的人工神经网络方法 [J]. 海洋预报, 1994, 1 :77~81.

APPLICATION OF THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN STORM SURGE FORECAST

XUE Yan-Guang¹, SHA Wen-Yu¹, XU Hai-Bin¹, LI Shao-Fei²

(1. The College of Meterology, the Institute of Science and Engineering of the P. L. A Nanjing 211101, China; 2. Naval Oceanographic of North China Sea fleet, Shandong Jiaozhou 266311, China)

Abstract : According to the data of tropical cyclone which contributes to the surge tide level of Zhan Jiang station, we choose the key factors and use BP net of the artificial neural network to establish the storm surge forecast model of Zhan Jiang station. Then we use the method of Bayes regularization to improve the model ' s forecast ability. The results show that both the effect of exemplar train fitting and the effect of forecast are well. That is to say the model we established has the ability to forecast the storm surge of Zhan Jiang station during the typhoon period. Meantime, we also provide a valid method to forecast the storm surge for other stations or harbors.

Key words : storm surge ; Artificial Neural Network ; BP net