

转换 GPS 高程的神经网络方法

胡伍生¹ 华锡生² 鲍兴南³

(1.东南大学交通学院,江苏 南京 210018;2.河海大学土木工程学院,江苏 南京 210098;
3.江苏省地质测绘研究院,江苏 南京 210008)

摘要:介绍了神经网络 BP 算法的基本结构,提出了转换 GPS 高程的神经网络模型——经改进的 5 层 BP 网络结构.该 BP 网络结构包括:输入转换层、输入层、隐含层、输出层和输出转换层.由于 BP 网络激活函数的数据限定区间为[0,1],在工程应用中,增加设置输入转换层和输出转换层是必要的.通过某工程实例,对 5 层 BP 网络的具体模型结构进行了一些试验研究,如输入输出层的结构设计、隐含层最佳节点数的选取等.最后得到了一些有工程实用价值的结论.

关键词:GPS 高程;神经网络;BP 算法

中图分类号:P228 文献标识码:A 文章编号:1000-1980(2001)06-0087-03

人工神经网络是一门新兴交叉科学.20 世纪 80 年代中、后期,许多领域的科学家掀起了一次研究人工神经网络的新高潮,现已取得了不少突破性进展^[1].工程界也有众多学者对人工神经网络及其应用正在进行深入研究,希望它能在用传统理论和方法难以解决的问题方面发挥较大作用.例如,GPS 测量经平差所得的高程是相对于 WGS-84 椭球的大地高 H_{GPS} ,它是一个几何量,没有物理上的意义,在工程应用中应将 H_{GPS} 转换为我国工程上使用的水准高程(正常高) H_0 ,两者之间的差值称为高程异常 ξ .因此,转换 GPS 高程的关键是求得精确的高程异常 ξ .目前,转换 GPS 高程一般有几种方法:用地球重力场模型直接求 ξ 数学模型拟合法^[2];常用二次曲面拟合法^[2];神经网络方法^[3].本文主要讨论转换 GPS 高程的神经网络方法.

1 神经网络 BP 算法

基于 BP 算法的神经网络结构可参见图 1.网络不仅有输入层节点、输出层节点,而且有一层或多层隐含节点.BP 算法的主要思路是把学习过程分为两个阶段:第一阶段为正向传播过程,给出输入信息,通过输入层经隐含层逐层处理并计算每个单元的实际输出值;第二阶段为反向过程,若在输出层未能得到期望的输出值,则逐层递归地计算实际输出与期望输出值之差(即误差),以便根据此差调节节点与节点之间的连接权值.上述两阶段反复进行,直至误差满足要求为止.BP 网络是目前工程上使用最广泛的神经网络.

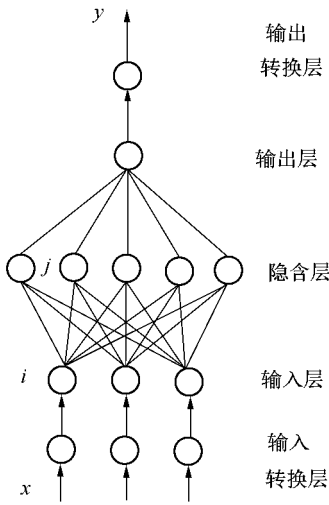


图 1 转换 GPS 高程的
5 层 BP 网络结构
Fig.1 Five-layer BP network
structure for GPS height transformation

2 转换 GPS 高程的 BP 网络

2.1 转换 GPS 高程的 BP 网络结构

根据工程特点,应用 BP 算法的网络结构如图 1 所示.网络只设一个隐含层,但另外增加了一个输入数据转换层和一个输出数据转换层.增加设置这两个转换层是必要的,因为采用 Sigmoid 标准激活函数的神经网络,其标准输入、输出数据限定范围为[0,1].本文主要是结合某工程实例,对图 1 中的 BP 网络的不同结构进行了试验分析研究,如输入层、输出层的节点数的确定、隐含层不同节点数的比较等.

2.2 工程实例

某市 D 级 GPS 网共布设 96 个观测点,区域面积约为 300 km²,其中 45 个 GPS 点进行了三等水准联测.作者选用此 45 个点中的 6~12 个均匀分布于整个区域的点作为学习集样本数据.然后对学习集样本数据用 BP 算法进行学习训练,若学习误差满足要求,则转入工作阶段.45 点中除学习集以外的其他各点构成对应的工作集,利用通过 BP 算法训练过的神经网络对工作集进行计算,由工作集各点神经网络输出值与已知值之差可计算神经网络转换 GPS 高程的中误差,以检验所建立的映射关系的精度.

2.3 BP 网络结构试验

a. 输入输出层设计

首先,对输入层和输出层的节点数的选择拟定了三个方案,三种方案比较结果见表 1.

表 1 输入输出层方案结构比较

Table 1 Comparison of schemes for input and output layer

方 案	输入层元素	输出层元素	学习集中误差/mm	迭代收敛次数	工作集中误差/mm
1	x, y, H_{GPS}	H_0	± 10.0	77 639	± 52.8
2	x, y, H_{GPS}	$\xi = H_0 - H_{\text{GPS}}$	± 1.0	11 422	± 10.8
3	x, y	$\xi = H_0 - H_{\text{GPS}}$	± 1.0	8 837	± 9.7

注:学习集样本数为 10,工作集样本数为 35,隐层节点数为 15.

方案 1 的效果不理想,其主要原因是输出层元素 H_0 的转换问题.方案 2 和方案 3 的效果比方案 1 明显要好.相比较而言,方案 3 为最优方案,一方面工作中误差比方案 2 要稍小一些,另一方面,收敛速度也要快一些.

b. 隐含层节点的选择

隐含层的节点数的选取是一个十分复杂的问题,是一种艺术.隐单元数太少,网络不能训练出来,但隐单元数太多又使学习时间过长,误差也不一定最佳.取 4 种学习集样本数的情况来讨论,相应的神经网络模拟结果见表 2.

表 2 不同隐含层节点数的结果

Table 2 Results for different node numbers of the implicit layer

序 号	样本数	隐层节点数 n	5	10	15	20
1	学习集 = 6	收敛次数	975	1 213	1 484	1 922
	工作集 = 39	工作中误差/mm	± 34.2	± 27.4	± 28.3	± 27.7
2	学习集 = 8	收敛次数	振荡	6 432	8 028	7 317
	工作集 = 37	工作中误差/mm	-	± 12.4	± 11.5	± 11.8
3	学习集 = 10	收敛次数	振荡	9 680	8 837	12 495
	工作集 = 35	工作中误差/mm	-	± 11.4	± 9.7	± 9.6
4	学习集 = 12	收敛次数	振荡	12 043	16 290	14 759
	工作集 = 33	工作中误差/mm	-	± 10.9	± 9.6	± 9.8

注:取学习中误差为 ± 1.0 mm 作为网络训练收敛的控制参数.

从表 2 中可看出,隐含层节点数取 15 较为理想.另外,在神经网络模拟过程中还发现:学习中误差的大小对工作中误差的影响较大.一般来说,学习中误差越小,迭代次数越多,工作中误差也越小.因此,在实际工程应用中,应尽可能提高学习精度.

3 结 论

- a. 对于工程应用来说 ,神经网络的输入、输出层设计尤为重要 .转换 GPS 高程采用经改进的 5 层 BP 网络结构较为理想 ,增加设置输入数据转换层和输出数据转换层是必要的 .其中输入层节点数取 α 分别为 x,y) ,输出层节点数取 1 (为高程异常 ξ) ,效果比较理想 .
- b. 隐含层的节点数选择对网络的性能影响较大 ,所以隐含层节点数需要进行适当的选择 .对于图 1 中的转换 GPS 高程的 BP 网络结构 ,经实例分析 ,作者认为隐含层节点数选 15 为佳 .
- c. 学习中误差对工作中误差影响较大 ,为了获得最佳模拟效果 ,应尽可能提高学习精度 .

参考文献 :

[1] 袁曾任 . 人工神经网络及其应用 [M] . 北京 : 清华大学出版社 ,1999 . 66 ~ 130 .
[2] 岳东杰 , 黄腾 . GPS 高程的抗差拟合推估 [J] . 河海大学学报 ,1999 27(6) 90 ~ 93 .
[3] 杨明清 , 靳蕃 , 朱达成 , 等 . 用神经网络方法转换 GPS 高程 [J] . 测绘学报 ,1999 28(4) 301 ~ 307 .

Neural Network Method for GPS Height Transformation

HU Wu-sheng¹ , HUA Xi-sheng² , BAO Xing-nan³

- (1. College of Traffic and Transportation Engineering , Southeast Univ . , Nanjing 210018 , China ;
- 2. College of Civil Engineering , Hohai Univ . , Nanjing 210098 , China ;
- 3. Jiangsu Institute of Surveying and Mapping of Geology , Nanjing 210008 , China)

Abstract : The basic structure of BP algorithm of neural network is briefly introduced , and a neural network model—an advanced five-layer structure of BP network is proposed for GPS height transformation . The present neural network model consists of an input transformation layer , an input layer , an implicit layer , an output layer and an output transformation layer . For ordinary engineering application , the input transformation layer and output transformation layer are needed because the input and output of the Sigmoid standard active function $f(x)$ are limited in the range of 0 to 1 . Combined with a practical project , a series of experimental studies are made on the structure of the specific model , such as the structural design of the input and output layer , and the selection of the optimal node number for the implicit layer . Finally some conclusions of practical value are drawn .

Key words : GPS height ; neural network ; BP algorithm