

BP神经网络在泥石流研究中的应用

鲁小兵

李德基

(中国科学院力学所 北京 100080) (中国科学院成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

摘要 以泥石流预测为例讨论了BP型神经网络在泥石流研究中的应用。首先针对泥石流情况对网络作了适当改进。结果表明,神经网络用于泥石流有广阔前景。

关键词 BP神经网络, 泥石流

1 引言

泥石流是一个多相体系,其产生及运动特性呈复杂的非线性。目前对其特性的研究还没有成熟的理论与方法,而神经网络具有与人脑类似的某些功能,如很强的非线性特性及容错性、自组织、自学习等,因此,神经网络用于泥石流研究是一种很有前景的方法,下面以泥石流预测为例说明其应用。

产生泥石流的影响因素很多,包括水文、地质、气象等方面的因素,但归结起来可以化为3类条件^[1]:(1)物质条件,即流域内松散固体堆积物贮量;(2)水源条件,包括前期降水量、发生前激发雨量、冰川融水等;(3)地形条件,或称能量条件,指沟道纵坡度。这3个条件是形成泥石流的主要条件,缺一不可。

上述各影响因子实测值一般为大于1.0的数,为了使计算方便,本文将网络作了适当的修正。

2 BP神经网络介绍及修正^[2]

本文选择3层网络模型,即输入层,包括3个神经元,分别对应3个泥石流形成的条件;中间层,包括6个神经元;输出层,含有2个神经元,分别对应产生与不产生两种状态。各层间的神经元之间形成全互连的连接,各层内的神经元之间没有连接(图1)。

为了在泥石流研究中能方便地应用神经网络,将能量函数取为:

$$O_j(x) = A / [1 + \exp(-x_j + \theta_j)] \quad (1)$$

其中A为根据实测数据取的任意常数值, x_j 为输入值, θ_j 为阈值,这样,网络权值将作如下形式调整:

根据神经网络理论可导出:

若 u_j 为输出神经元,则有:

$$\delta_{rj} = (t_{rj} - O_{rj})O'_{rj}(x_j) \quad (2)$$

1996年3月1日收到初稿,1996年7月9日收到修改稿。

若 u_j 为中间或输入神经元, 则有:

$$\delta_{pj} = O_j'(x_j) \sum_k \delta_{pk} w_{kj} \quad (3)$$

其中 δ_{pj} 为误差, w_{kj} 为权值。这样, 将式(1)代入前 2 式, 得到:

若 u_j 为输出神经元, 则

$$\delta_{pj} = (t_{pj} - O_{pj}) \cdot (1 - O_{pj}/A) \cdot O_{pj} \quad (4)$$

若 u_j 不为输出神经元, 则

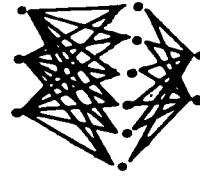
$$\delta_{pj} = O_{pj}(1 - O_{pj}/A) \sum_k \delta_{pk} w_{kj} \quad (5)$$

其中 t_{pj} 为理想输出。经过误差计算, 如果误差大于精度值, 则权值按下式调整;

$$W_{jk}(t+1) = W_{jk}(t) + \eta \delta_{pj} x_j \quad (6)$$

其中 η 为调速系数。

经过这样修改以后, 就可以将神经网络方便地用于泥石流预测。



输入层 中间层 输出层

图 1 BP 网络示意图
Fig. 1 Sketch of BP Net

表 1 训练组数据

Table 1 Data for training

沟道纵比降 10^{-3}	降水量 $\times 10^{10} \text{mm}$	固体物质贮量 $\times 10^7 \text{m}^3$	发生	不发生
1.63	5.41	6.75	10.0	0.0
2.38	3.35	0.78	10.0	0.0
0.65	7.6	61.51	0.0	10.0
1.21	27.3	17.8	10.0	0.0
0.44	7.6	52.1	0.0	10.0
4.44	7.6	0.44	10.0	0.0
3.96	7.6	0.43	10.0	0.0
2.57	13.2	3.14	10.0	0.0
2.04	7.6	2.15	0.0	10.0
2.18	5.41	3.19	10.0	0.0
3.28	9.33	1.59	10.0	0.0
4.32	13.19	5.36	10.0	0.0
2.74	7.6	9.75	0.0	10.0
1.32	9.36	35.48	10.0	0.0
3.48	14.89	3.42	10.0	0.0
2.46	7.6	5.15	0.0	10.0
1.56	14.89	10.36	10.0	0.0
3.73	14.89	3.72	10.0	0.0

表2 预测数据表

Table 2 Data for forecasting

沟道纵比降 10^{-3}	前期降雨量 10mm	固体物质贮量 10^7m^3	实际值		预测值	
			发生	不发生	发生	不发生
2.88	7.6	20.08	0.0	10.0	0.0	10.0
2.51	6.11	6.37	10.0	0.0	10.0	0.0
2.71	14.89	5.79	10.0	0.0	10.0	0.0
2.56	5.41	19.33	10.0	0.0	10.0	0.0
2.22	9.58	6.87	10.0	0.0	10.0	0.0
2.10	11.46	4.52	10.0	0.0	10.0	0.0
1.05	7.6	34.84	0.0	10.0	0.0	10.0
1.83	7.6	17.96	0.0	10.0	0.0	10.0
1.26	7.5	4.5	0.0	10.0	0.0	10.0

3 实例计算与结论

为了验证上述网络的可靠性及其在泥石流研究中的适用性,选择一组泥石流流实测资料进行训练及预报对比。其中网络输出值取为发生与不发生两种状态,其中分别取为0.0及10.0。网络初始参数值为:样本个数=18;单个误差限=0.0001;整体误差限=0.001;调整速系数=0.15, $\lambda=15$,训练组参数见表1,预测组数据见表2。训练经5700余次迭代结束。从计算结果可以看出,本文提出的方法是令人满意的,神经网络用于泥石流预测是十分有效的,在泥石流其它方面如泥石流沟分类、泥石流区划以及泥石流工程分析等也同样具有用武之地,因此,其实用价值是很可观的。

参 考 文 献

- 1 周必凡,李德基等:泥石流防治指南.北京:科学出版社,1991
- 2 胡守仁,余少波等:神经网络导论.长沙:国防科大出版社,1993

THE USE OF BP NET IN DEBRIS FLOW RESEARCH

Lu Xiaobing

(*Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing 100080*)

Li Deji

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Academia Sinica, Chengdu 610041*)

Abstract The use of BP net in debris flow research is discussed in which the debris flow forecasting is taken for example. The BP net is modified according to the condition of debris flow, and the result shows that BP net is very useful in research of debris flow.

Key words BP net, debris flow