

神经网络在镇扬大桥工程区区域稳定性评价中的应用

汪明武¹, 罗国煜², 张杨松³

(1. 合肥工业大学, 合肥 230009; 2. 南京大学, 南京 210093;

3. 南京理工大学, 南京 210094)

[摘 要] 基于优势面区域稳定性评价理论, 运用 ANN 优势断裂评价模型来研究镇扬大桥工程区区域稳定性, 取得了较好的效果, 实践表明基于 ANN 找寻和评价优势断裂是可行的和有效的。

[关键词] 神经网络 优势指标 区域稳定性 网络结构

[中图分类号] U44 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)06-0080-03

0 引言

镇江至扬州长江公路大桥(现称润扬长江公路大桥)是江苏省“四纵四横四联”公路主骨架, 为国内第一座斜拉桥和悬索桥构成的组合型桥梁, 因桥位区地质条件复杂, 为确保大桥工程的合理设计和安全运行, 对桥位区作深层次的区域稳定性评价研究很有必要。在研究区域稳定性问题中, 优势面评价理论认为区域稳定性评价关键是找寻和研究优势活动性断裂。优势活动性断裂(优势断裂)是指影响工程场地的活动性断裂中具有控制作用的深大断裂。优势断裂主要划分为区域优势断裂、场区优势断裂, 它们可用数值化的优势指标来判定和划分类型。优势指标主要指那些决定优势断裂对区域稳定性和场区稳定性威胁程度的各种因素, 主要优势指标有规模优势指标、时间优势指标、距离优势指标和活动性优势指标等^[1,2]。以往优势断裂找寻常用专家判断法、数值计算法和专家系统法等, 但它们都存在主观性或不能随环境更新知识, 本文探讨了基于优势面理论运用神经网络技术来找寻和评价优势断裂, 以便提高优势断裂智能辨识水平与准确率, 使优势断裂的确定更数值化和客观化。

1 ANN 法评价流程

基于 ANN 优势断裂的评价模型详见文献^[3], 其评价流程为: 首先应确定神经网络类型及拓扑结构; 第 2 步据优势面理论找寻优势断裂确定 ANN 模型, 并据评价指标和优势断裂类型确定相应网络类型的输入层和输出层神经元个数; 第 3 步检索及搜集大量已验证相关资料, 代入构建神经网络模型训练获取知识, 并调整网络隐含层神经元数; 第 4 步检

验测试已训练好的网络, 即利用已知数据来检验和泛化网络; 第 5 步实际运用和改善网络功能及对比分析。

2 评价指标

断裂对区域、场区稳定性的影响取决于时间优势指标 TP(I)、规模优势指标 SP(I)、距离优势指标 DP(I)、活动周期与活动史指标 PP(I) 等。综合各优势指标, 区域(场区)优势断裂又可细分为 5 类, 即级、级、级、级、级优势断裂(表 1)。本文取 TPI、SPI、DPI 和 PPI 作为评价断裂活动特性的指标。故以优势指标向量作为网络的输入变量, 而以地质专家确定的断裂类型作为输出模式, 即级、级、级、级、级区域或场区优势断裂和非优势断裂。

表 1 综合优势指标与优势断裂等级表

综合优势指标 R_z	优势断裂等级
$R_z > 4.5$	
$3.5 < R_z \leq 4.5$	
$3.0 < R_z \leq 3.5$	
$2.5 < R_z \leq 3.0$	
$2.0 < R_z \leq 2.5$	

3 网络结构及数据预处理

本文采用了 BP 网络结构作为模式分类器, 网络拓扑结构为 (4, 5, 6)^[3] 即输入层为 4 个神经元, 输入特征向量调 X_{pi}^I 表示第 p 个训练样本第 i 个优势指标输入值; 输出层为 6 个神经元, 对应于 6 个输出模型; 隐层单元通过多次实验尝试, 发现隐含层神经元为 5 个时, 学习短时间网络就可达到所需精度。

试验表明数据预处理可加快收敛速度, 数据预处理常为对输入特征的原始数据 X_{pi}^s 进行线性变

[收稿日期] 2001-01-10; [责任编辑] 王 玉。

[基金项目] 国家教育部博士点基金资助项目、江苏省交通科技项目和合肥工业大学博士专项基金资助项目。

换。本文采用归一化预处理,即

$$X_{pi}^I = \frac{X_{pi}^S - \min X_i}{\max X_i - \min X_i}$$

(1)

4 网络训练

训练样本的目标矢量 $(1,0,0,0,0,0)^T$ 、 $(0,1,0,0,0,0)^T$ 、 $(0,0,1,0,0,0)^T$ 、 $(0,0,0,1,0,0)^T$ 、 $(0,0,0,0,1,0)^T$ 、 $(0,0,0,0,0,1)^T$ 分别代表Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级区域优势断裂或场区优势断裂、非优势断裂(),训练样本总数为 105 个,其中属于Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级区域优势断裂、非优势断裂的样本分别是 3、7、11、10、36 和 38 个。训练数据取自文献[4~17],网络训练学习参数:学习因子取 0.328,势态因子取 0.186,均方差取 0.000050,训练时将断裂的 4 个优势指标值代入输入层,而以专家判断的优势断裂类型输入输出层进行学习,网络学习过程及原理详见参考文献[2,16],训练迭代 11400 次达到网络训练所需精度。通过 BP 网络的学习,实现了评价优势断裂的知识获取和表示。

5 应用

润扬大桥桥位区主要断裂的优势指标值和优势指标法判定结果见表 2,基于 ANN 的优势断裂评价结果见表 3。表中序号 1~23 为桥址区主要区域断裂,序号 24~33 为场区断裂。可见,ANN 法同优势指标法的判定结果基本吻合。影响桥址区的区域优势断裂有茅山断裂(Ⅱ级)、郟庐断裂(Ⅱ级)和长江

断裂(Ⅰ级);控制和影响场地稳定性是夹江场区优势断裂和世业洲场区优势断裂。

表 2 主要断裂优势指标值及判定等级

序号	走向	断 裂 名 称	TP	LP	DP	PP	等级
1	NNE	郟庐断裂	1.0	1.0	1.0	0.4	
2	NNE	茅山断裂	1.0	0.85	1.0	0.8	
3	NNE	镇海—三门断裂	0.5	0.8	0.1	0.2	
4	NE	淮阴—响水口断裂	0.1	1.0	0.75	0.2	
5	NE	江山—绍兴断裂	0.1	1.0	0.4	0.2	
6	NE	洪泽—沟墩断裂	0.5	1.0	0.75	0.2	
7	NE	盐城—南洋岸断裂	0.5	0.8	0.4	0.2	
8	NE	滁河断裂	0.5	0.8	0.75	0.2	
9	NE	建德—南汇断裂	0.5	1.0	0.4	0.2	
10	NE	屯溪—崇明断裂	0.1	1.0	0.75	0.2	
11	NE	江都断裂	0.1	0.8	0.95	0.2	
12	NE	泰州断裂	0.1	0.8	0.75	0.2	
13	NW	南京—上兴断裂	0.8	0.8	0.4	0.2	
14	NNW	无锡—宿迁断裂	0.1	1.0	1.0	0.2	
15	NNW	安吉—安海断裂	0.5	1.0	0.75	0.2	
16	EW	怀远断裂	0.5	1.0	0.75	0.2	
17	EW	颖上断裂	0.5	1.0	0.75	0.2	
18	EW	昆山—嘉定断裂	0.5	0.8	0.4	0.2	
19	EW	长江断裂	0.5	0.8	1.0	0.2	
20	EW	邗门—杭州断裂	0.1	1.0	0.1	0.2	
21	NNW	南黄海中央断裂	0.95	0.8	0.1	0.2	
22	NNW	苏北海岸断裂	0.5	0.8	0.1	0.2	
23	NNW	盐城—东台断裂	0.95	1.0	0.75	0.2	
24	EW	夹江断裂	0.5	0.45	1.0	0.2	
25	EW	汤山—东昌断裂	0.1	0.45	0.75	0.2	
26	EW	丹阳—小河断裂	0.1	0.65	0.4	0.2	
27	NW	世业洲断裂	0.8	0.1	1.0	0.2	
28	NW	丹徒—建山断裂	0.1	0.65	0.75	0.2	
29	NW	f ₁	0.1	0.65	0.95	0.2	
30	NW	f ₂	0.1	0.45	1.0	0.2	
31	NNW	f ₃	0.1	0.65	0.4	0.2	
32	NNW	f ₄	0.1	0.65	0.4	0.2	
33	NNE	f ₅	0.1	0.65	0.95	0.2	

表 3 基于 ANN 优势断裂评价结果

序 号	断裂名称	ANN 模型识别结果						等 级
1	郟庐断裂	0.000000	0.009916	0.994630	0.000012	0.000000	0.000000	
2	茅山断裂	0.000014	0.993750	0.003760	0.000000	0.000000	0.000000	
3	镇海—三门断裂	0.000000	0.000041	0.000000	0.000000	0.000036	0.999957	
4	淮阴—响水口断裂	0.000000	0.000130	0.000000	0.000009	0.993218	0.007935	
5	江山—绍兴断裂	0.000000	0.000042	0.000000	0.000000	0.000041	0.999951	
6	洪泽—沟墩断裂	0.000000	0.000958	0.000000	0.007088	0.992208	0.000058	
7	盐城—南洋岸断裂	0.000000	0.000064	0.000000	0.000001	0.003933	0.995755	
8	滁河断裂	0.000000	0.000301	0.000000	0.000043	0.999918	0.000070	
9	建德—南汇断裂	0.000000	0.000248	0.000000	0.000023	0.999804	0.000230	
10	屯溪—崇明断裂	0.000000	0.000130	0.000000	0.000009	0.993218	0.007935	
11	江都断裂	0.000000	0.000005	0.000000	0.000006	0.970840	0.032888	
12	泰州断裂	0.000000	0.000040	0.000000	0.000000	0.000128	0.999851	
13	南京—上兴断裂	0.000000	0.000306	0.000000	0.000047	0.999899	0.000075	
14	无锡—宿迁断裂	0.000000	0.000000	0.000000	0.000035	0.999975	0.000024	
15	吉安—安海断裂	0.000000	0.000958	0.000000	0.007088	0.992208	0.000058	
16	怀远断裂	0.000000	0.000958	0.000000	0.007088	0.992208	0.000058	
17	颖上断裂	0.000000	0.000958	0.000000	0.007088	0.992208	0.000058	
18	昆山—嘉定断裂	0.000000	0.000064	0.000000	0.000001	0.003933	0.995755	
19	长江断裂	0.000000	0.001271	0.000000	0.026165	0.973813	0.000057	
20	邗门—杭州断裂	0.000000	0.000041	0.000000	0.000000	0.000000	0.999958	
21	南黄海中央断裂	0.000000	0.000230	0.000000	0.000020	0.999507	0.000531	
22	苏北海岸断裂	0.000000	0.000041	0.000000	0.000000	0.000036	0.999957	

续表 3

序 号	断裂名称	ANN 模型识别结果						等 级
28	丹徒—建山断裂	0.000000	0.000038	0.000000	0.000000	0.000038	0.999955	
23	盐城—东台断裂	0.000000	0.001166	0.000000	0.017293	0.977982	0.000054	
24	夹江断裂	0.000000	0.000232	0.000000	0.000020	0.999660	0.000402	
25	汤山—东昌断裂	0.000000	0.000039	0.000000	0.000000	0.000035	0.999958	
26	丹阳—小河断裂	0.000000	0.000041	0.000000	0.000000	0.000035	0.999958	
27	世业洲断裂	0.000000	0.000175	0.000000	0.000010	0.993139	0.007660	
29	f ₁	0.000000	0.000005	0.000000	0.000001	0.000354	0.999597	
30	f ₂	0.000000	0.000003	0.000000	0.000000	0.000054	0.999936	
31	f ₃	0.000000	0.000041	0.000000	0.000000	0.000035	0.999958	
32	f ₄	0.000000	0.000041	0.000000	0.000000	0.000035	0.999958	
33	f ₅	0.000000	0.000005	0.000000	0.000001	0.000354	0.999597	

6 结束语

本文基于神经网络方法研究得出影响和控制润扬大桥的区域优势断裂和场区优势断裂,为大桥的稳定性评价奠定了基础,也为建在断裂带上特大型桥梁工程合理设计和安全运行提供了地质依据。研究表明神经网络能成功用于优势活动性断裂的找寻,断裂的优势指标特性可从训练所得网络权值结构中获得:ANN 在区域稳定性评价中的最佳用处是与传统方法结合,可充分利用其极强的模式识别、自适应、推理过程时间恒定和在带噪声的样本数据中发现隐式关系的能力。

[参考文献]

[1] 罗国煜,等. 区域稳定性优势面分析理论与方法[J]. 岩土工程学报,1992,14(6):10~18.

[2] 罗国煜,吴浩. 工程勘察中的新构造优势面分析原理[M]. 北京:地质出版社,1991,8.

[3] 汪明武,等. 基于神经网络的优势断裂预报[J]. 工程地质学报,2000,8(2):249~252.

[4] 中国地震学会地震地质专业委员会. 中国活动断层研究[M]. 北京:地震出版社,1994.

[5] 丁国瑜. 中国内陆活动断裂基本特征的探讨[M]. 见:中国活动断裂. 北京:地震出版社,1982.

[6] 张悼元,等. 工程地质分析原理[M]. 北京:地震出版社,1987.

[7] 邵云惠,等. 宁波地区区域稳定性研究[M]. 北京:地质出版社,1991.

[8] 《活动断裂研究》编委会. 活动断裂研究理论与应用(1~4)[M]. 北京:地震出版社,1991,1993,1994,1995.

[9] 许学汉. 新构造研究与应用[M]. 北京:地震出版社,1994.

[10] 陕西省地震局. 秦岭北缘活动断裂带[M]. 北京:地震出版社,1996.

[11] 刘松玉,罗国煜. 城市区域稳定性研究模型与综合评价[M]. 南京:东南大学出版社,1992.

[12] 罗国煜,等. 黄河下游悬河稳定性环境地质研究[J]. 地质论评,1997,43(4):441~448.

[13] 胡海涛,等. 长江三峡水利枢纽区域地壳稳定性研究及水库诱发地震问题探讨[J]. 地质科学院地质力学研究所刊,1988,(11).

[14] 刘国昌,等. 三峡地区的区域稳定性. 全国首届工程地质学术会议论文集[M]. 北京:科学出版社,1983.

[15] 江苏地矿局. 江苏省及上海市区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1985.

[16] 汪明武. 区域稳定性智能评价与控制的模型及方法研究—以镇江至扬州长江公路大桥工程区域为例[A]. 南京大学博士学位论文,1999.

[17] 汪明武,罗国煜,章杨松. 区域稳定性智能评价与控制系统的研究[J]. 地质论评,2000,46(增):212~217.

APPLICATION OF NEURAL NETWORK METHOD TO ASSESSMENT OF REGIONAL STABILITY FOR ZHEN- YANG BRIDGE PROJECT

WANG Ming - wu ,LUO Guo - yu ,ZHANG Yang - song

Abstract :Based on the preferred plane theory for regional stability , the preferred faults in the region of Zhen - Yang bridge project are searched and assessed using artificial neural network. The result is good. The model of ANN for the assessment of preferred fault is feasible and effective.

Key words :Neural network , superior index , regional stability , and network structure



[第一作者简介]

汪明武(1972年-),男,2000年获南京大学博士学位,现在合肥工业大学土木建筑工程学院工作,主要从事城市环境岩土工程、工程地质和计算机应用的教学和研究。

通讯地址:安徽省合肥市 合肥工业大学土建学院 邮政编码:230009