

文章编号: 1001 1986(2001)03 0044 04

基于人工神经网络的地裂缝危险性评价系统

陈佩佩, 武 强 (中国矿业大学资源开发工程系, 北京 100083)

摘要:现代地裂缝在世界许多国家普遍存在,已成为当今世界范围的主要地质灾害之一。利用地理信息系统(GIS)与人工神经网络(ANN)耦合技术建立了地裂缝灾情非线性模拟评价系统。作者在分析地裂缝灾害成因的基础上,利用地理信息系统(GIS)的空间分析功能,建立了构造、地下水开采、地层和地貌4个地学信息专题层图;采用人工神经网络(ANN)这一以工程技术手段模拟人脑神经网络的结构和功能特征的技术系统,建立了地裂缝灾害危险性非线性模拟评价模型,开发研制了危险性评价系统,进而对榆次地裂缝灾害危险性进行了非线性模拟评价,将研究区按危险性系数进行了分区,为榆次城建、环保和国土规划等部门的正确决策提供了重要的科学依据。

关键词:人工神经网络;地裂缝;地理信息系统

中图分类号: P694 **文献标识码:** A

引言

现代地裂缝作为一种表生的地质灾害现象^[1],其灾情发生频率与灾害规模逐年加剧,已成为一种区域性地质灾害的主要灾种。我国区域性地裂缝灾害相当严重,在陕西、山西、河南、山东、安徽等省均有地裂缝造成破坏的报道,据不完全统计资料,至90年代初,由地裂缝灾害所造成的直接和间接损失已达数十亿元^[2]。因而详细研究地裂缝灾害的分布特征及类型,搞清地裂缝形成机理,有效预测地裂缝发展趋势,提出控制及减轻地裂缝灾害的最佳方案,具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。本文利用地理信息系统(GIS)为主控模块,应用其强大的数据采集、处理、管理、显示、分析功能,在对山西省榆次市地裂缝成因分析的基础上,利用人工神经网络这一以工程技术手段模拟人脑神经网络的结构和功能特征的技术系统,对榆次地区地裂缝灾害活

动性进行评价,并建立了较为完善的灾害预测系统。

人工神经网络

人工神经网络(Artificial Neural Network)简称神经网络(ANN),是基于现代生物学研究人脑组织的成果基础上,用大量简单的处理单元广泛连接组成的复杂网络,有模拟人类大脑的学习、记忆、推理、归纳等功能。

人工神经网络的种类很多,而反向传播神经网络(又称BP网)是应用最广泛、效果最好的方法,它与其他传统模型相比,有更好地持久性和适时预报性。故本文选用的网络模型为BP网络模型。该模型一般有3层:输入层、隐含层和输出层。其网络结构如图1所示。

输入层到隐含层关系为:

$$x_j = \sum_{i=1}^n w_{ji} x_i - \theta_j, \quad (1)$$

收稿日期 2000 11 24

基金项目:国家计划委员会防灾减灾项目(批准号:1998[6号])和中国矿业大学(北京校区)“211”工程项目资助

作者简介:陈佩佩(1974—),女,安徽省寿县人,中国矿业大学博士研究生,主要研究方向为水文地质与工程地质、灾害地质与环境地质

SHEN Nai qí, YANG Jian wéi, ZHENG Xi píng²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

(2. Corporation of Geotechnical Engineering, Shenzhen 518028, China)

It is introduced that the BP neural network model of prediction of mining collapse is established based on the survey's data and main factors at a mine field where the collapse had happen. The model structure is 7-10-2. After several learning parameters are optimized, the prediction of mining collapse at the field is made with this model. The results show that BP neural network model is feasible and effective in prediction of mining collapse.

mining collapse; BP neural network model; prediction

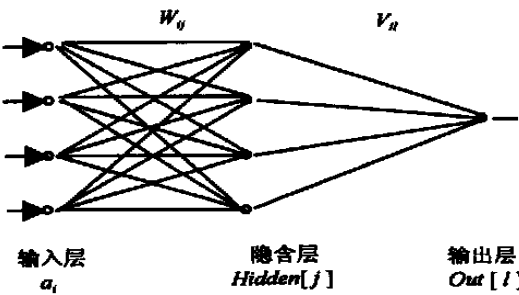


图 1 BP 神经网络结构图

隐含层到输出层关系:

$$Out[i] = \sum_{j=1}^n W_{ij} \cdot Hidden[j] - \theta_i \quad (2)$$

式中 θ_i ——第 i 个输入;

$Hidden[j]$ ——为第 j 个隐含层结点输出;

W_{ij} 、 V_{jk} ——为输入层到隐含层、隐含层到输出层的权值;

f ——为响应函数。

BP 算法的思路为:首先按随机给定的初始权值,由 (1)、(2) 式计算输出值,然后计算模型输出值与理想输出值之间的误差,如其不符合要求,则沿误差最大的方向反传回去,对各层权值进行调整,直至误差小于预定值。为了使权值调整方向是误差减少方向,构造一个误差函数 (E),只要使连接权按误差函数梯度方向修正,就能保证误差不会向增大方向调整,取响应函数为 Sigmoid 函数: $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$,设绝对误差的均方值为:

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} (Target[i] - Out[i])^2 \quad (3)$$

则输出层到隐含层权值 (W_{ij}) 调整量应为:

$$\Delta W_{ij} = \eta \cdot (Target[i] - Out[i]) \cdot f'(x)$$
 (η 为学习率)

隐含层到输入层之间的 (V_{jk}) 调整值应为:

$$\Delta V_{jk} = \eta \cdot \sum_{i=1}^n (Target[i] - Out[i]) \cdot f'(x) \cdot W_{ij}$$
 (η 为学习率)

地裂缝成因机理分析

根据导致地裂缝的营力条件,地裂缝可以分为构造地裂缝和非构造地裂缝两种基本类型。 (谢广林, 1988) 构造成因地裂缝由内营力作用引起,地震、火山活动和构造蠕动是其主要成因;而非构造地裂缝则是由外营力导致的,滑塌、塌陷、胀缩、湿陷、潜蚀、沉降及冻融等动力地质作用均可导致地裂缝的形成。

地裂缝中以构造蠕动地裂缝比较普遍,但现代区域性地裂缝往往很少表现为单因素成因。至今国内外集中发生的一些区域性地裂缝灾害,虽然普遍具有新构造活动的背景,但大都叠加有人类工程—

经济活动作用和一些非构造因素的影响。

我国地裂缝比较集中地发育于汾渭地堑、郯庐断裂带、华北平原和大别山北麓断裂系,构造因素的影响都很明显,同时与由地下水开采引起的地面沉降关系密切。地下水的过量开采,水位逐年下降,形成降落漏斗区导致了欠固结土层产生释水、压密、变形,于是产生不均匀沉降,在不均匀沉降的有利部位则出现地裂缝。

随着研究的深入及大量长期观测资料的积累,人们在比较普遍接受地裂缝的构造及地面沉降复合成因观点的同时,也深深认识到地裂缝成因机理的多样性和复杂性。

模型的建立

影响地裂缝灾害的因素较多,如新构造、地下水开采、地层和地貌等,这些因素均具有空间分布特征。地理信息系统 (GIS) 具有传统方法所不及的空间信息处理功能,因此,本文充分利用 GIS 的空间分析、建立缓冲区、绘制等值线等功能,进行构造分区、绘制水位等值线、地层分区和地貌单元划分,对各致灾因子进行量化处理,进而进行空间区域的地裂缝灾害的活动性评价。本次系统中,设计采用四输入,一个隐含层的 BP 网络模型进行计算。在计算过程中可以采用试算的方法确定隐含层节点数。与两层网络不同的是,由于三层网络中引入了中间隐含层,每个隐含神经元可以按不同的方法来划分输入空间,也就是说,它能够抽取输入空间中包含的某些特征,从而形成更为复杂的分类区域,这样就大大提高了神经网络的分类能力。图 2 为工作流程图。

地裂缝活动性评价预测系统的建立

系统设计

为了实现对地裂缝信息全面管理、分析的目标,本次开发的地裂缝活动性评价预测系统是一个集成

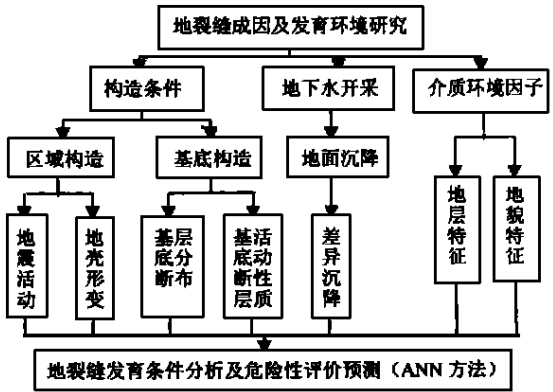


图 2 工作流程图

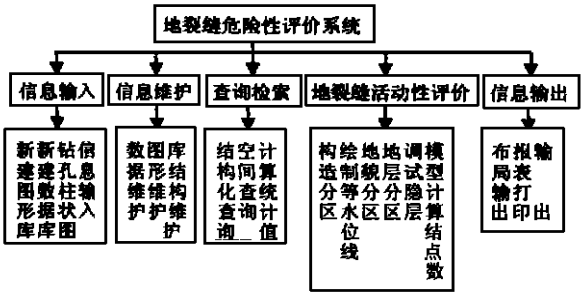


图 3 系统结构图

的信息系统,它具有以下几个特色:

充分利用 GIS 的空间分析与图形处理功能,使地裂缝活动性评价模型与系统完全融合,实现模型的可视化;

基于 Windows 环境,中文系统,人机界面友好,操作方便,适合于多层次用户,适用于各种数据、图形图像的集成、获取、存储、交换、处理和管理;

标准化开放系统,对于各种不同应用软件采用逐级支持的方式:计算机系统→应用集成→应用软件。

图 3 是地裂缝危险性评价系统的结构图。

系统的功能模块

本次开发的地裂缝危险性评价系统将办公自动化功能、事物处理功能和决策支持功能集于一体,达到互为调用,相互通讯的目的。它的功能模块包括 5 个部分,分别负责信息输入、维护、查询检索、地裂缝危险性评价和信息输出功能。

信息输入模块

用户通过这一模块输入信息,地裂缝危险性评价系统的图形库支持各种图形输入方式,概括起来有 4 种:数字化输入、自动扫描输入、计算机自动绘图以及其他系统图形数据的转入。

信息维护模块

用户通过这一模块对数据库和图形库中的数据进行编辑。本次开发的基于 MapInfo 的图形库,具有强大的图形编辑功能,可以满足不同用户的图形编辑需要。用户通过信息维护功能模块,可以修改、增加和删除地图元素(点、线、面)或整个图形对象,还可以对图形进行分割、旋转及相互转化等操作。

查询检索

本系统充分发挥集成系统对数据的综合管理能力,开发了功能强大的查询模块,用户可以通过一个 SQL 查询对话框同时对数据库和图形库中数据进行查询,另外还提供了方便快捷的查询工具,使对具体空间对象的信息查询简单到只需点击对象即可完成。

地裂缝危险性评价

用户可根据空间数据库中的数据,在 GIS 软件强大的空间分析、缓冲区分析、绘制等值线等功能的支持下,完成对各影响因子的量化,调用人工神经网络计算模块,选择合适的隐层个数进行计算。

信息输出模块

可以根据用户的需要,把分析结果以数据、表格、报告、专题图件等形式,在屏幕上显示,或输出到打印机、绘图仪上,或存储在磁盘、磁带上。

实例

研究区概况

榆次市位于晋中盆地东北端的盆、岭结合部,晋中盆地是山西地堑的几个主要地堑盆地之一。盆地东北边缘外侧为黄土丘陵、黄土高地地貌。榆次市地裂缝分布区位于榆次市北郊及北东部一带。(图 4)根据地质调查及地裂缝勘查成果,其平面展布呈断续状,且具有一定的分带性及严格的方向性。就其延展的方向性而言,以近南北向为主,北东向次之,东西向为少数,且基本上与研究区的主要断层平行。榆次市地裂缝发育区处于地区液压件厂至市政府地下水降落漏斗的扩展边缘,漏斗中心的液压件厂水井地下水位 1977 年埋深观测值为 8 m, 1996 年水位埋深达 38.6 m,累计年均下降速率为 1.61 m。地裂缝发育区的北郊变电所一带 1977 年地下水位埋深观

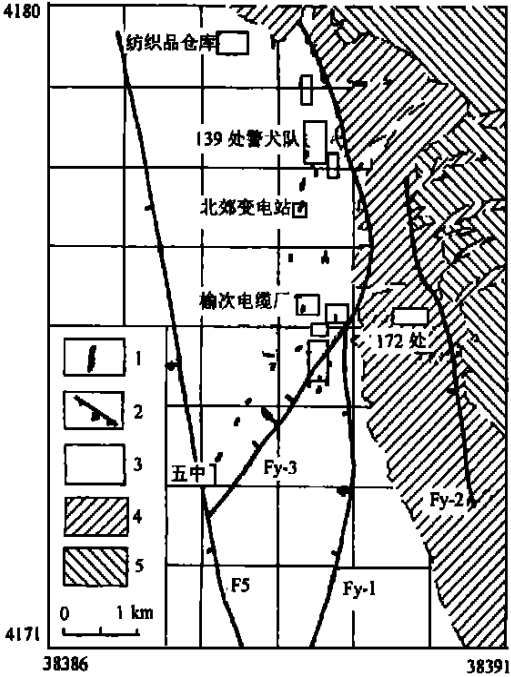


图 4 榆次市地裂缝分布图

1——地表破裂; 2——断层; 3——盆地;
4——一级裂缝; 5——二级裂缝

表 神经网络模型参数

| 参数 | 爆= 1 | 爆= 2 | 爆= 3 | 爆= 4 |
|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 爾 插 | - 9 302 644 979 967 | - 16 679 688 791 697 | - 29 435 276 044 219 | - 41 687 649 440 928 |
| 爾 插 | 14 300 488 110 297 | - 19 486 698 697 923 | 0 814 471 945 064 | - 17 712 228 440 687 |
| 爾 插 | - 75 351 356 076 339 | 103 278 466 590 833 | 28 638 411 751 431 | - 52 270 693 665 768 |
| 爾 插 | - 4 064 020 009 095 | - 1 770 943 768 163 | - 2 025 587 023 532 | - 4 050 806 233 685 |
| 狙 插 | 7 733 460 525 636 | - 1 143 994 543 959 | 5 546 384 014 609 | - 53 252 873 251 031 |

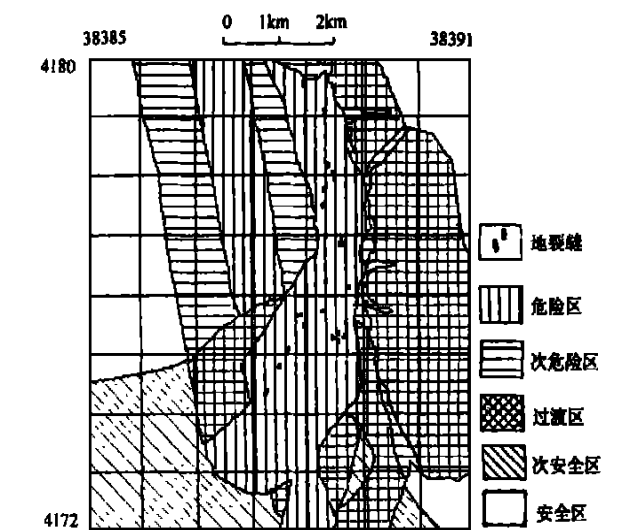


图 5 榆次市地裂缝危险性分区图

测值为 16~ 18 m, 1996 年水位埋深 41.6 m, 累计年均下降速率为 1.35 m。地裂缝分布于降落漏斗边缘的空间特点是地下水位变化诱发地裂缝产生的重要证据。通过对地裂缝的展布、研究区地质构造、地貌及地层情况的分析研究,认为断层与地下水超采是地裂缝产生的主要原因,同时研究区特殊的地貌与地层条件,对地裂缝的产生也有一定的影响。

地裂缝模型的建立与检验

将研究区资料输入地裂缝危险性评价系统中,建立地裂缝危险性评价的神经网络模型,取隐层节点数为 4,取阈值都为 0,将 39 个裂缝点的数据代入

模型计算,训练 4 897 次后,误差 爆= 0.000 737,表 1 是模型的计算参数。

将研究区根据模型输出值的大小利用榆次市地裂缝危险性评价系统的空间处理功能划分为 5 个区域,利用布局输出功能加以整理输出,可以得到一张直观的地裂缝危险性分区图。(图 5)

结论

我国地裂缝灾害发生的频次、范围和程度是世界最严重的国家之一。由于自然灾害发生的突然性和随机性,往往难以预料和防范。地裂缝活动性评价系统在充分研究地裂缝的成因机理、非线性特征的基础上,利用高新技术来评价区域地裂缝的活动性,为区域规划提供依据,保证实现区域可持续发展。随着对地裂缝研究的逐步深入,地裂缝危险性评价系统还会进一步得到完善。

参考文献

[1] 谢广林 地裂缝 [M] 北京:地震出版社,1988
[2] 王景明 我国地裂缝及其灾害分析 [C] 第四届全国工程地质大会论文选集(一) 北京:海洋出版社,1992 81—86
[3] 姜振泉,武强,隋望华 临汾地裂缝的成因及发育环境研究 [M] 徐州:中国矿业大学出版社,1999
[4] 焦李成 神经网络系统理论 [M] 西安:西安电子科技大学出版社,1990 33—38
[5] 魏一鸣等 基于神经网络的自然灾害灾情评价模型研究 [J] 自然灾害学报,1997,6(2)

CHEN Pei pei WU Q iang (China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)
Modern earth fissure appears in almost every country recently and it has been a main kind of geo hazard up to the present day. Based on the coupling technology of GIS & ANN, this article has developed the nonlinear simulation and assessment system of earth fissure. On the basis of analyzing the causes of earth fissures, this article setups four geo information layers (such as structure, groundwater mining, stratum and physiognomy) with the spatial analyzing function of GIS. And this article setups the nonlinear simulation and assessment model of earth fissure with ANN, the engineering technology of simulating the neural net of mankind. And with this assessment system, this article evaluates the fatallness of earth fissure in Yuci Shanxi, plots the fatal grade according to fatallness coefficient, and provides the scientific basis for the decision making of city construction, environmental protection and land programming in Yuci City.
artificial neural network; earth fissure; GIS