

基于GIS的人工神经网络矿产预测系统设计

杨中宝, 彭省临, 李朝艳, 银霞

(中南大学 地学与环境工程学院, 长沙 410083)

摘要: 将地理信息系统(GIS)和人工神经网络(ANN)相结合, 提出基于GIS的人工神经网络矿产预测系统设计方案, 实现了从地质变量优选到人工神经网络成矿预测结果图形显示的计算机自动化处理, 并对其中的主要模块: 地质变量优选模块、数据库管理模块和神经网络成矿预测模块进行了介绍, 简要说明了各模块功能实现中所应用的主要技术。

关键词: 地理信息系统; 人工神经网络; 矿产预测

中图分类号: P612; P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2004)04-0275-05

1 引言

成矿预测的基本目的是预测未发现矿床的位置, 并大体知道这些矿床的基本类型、规模和品位^[1]。通常在综合地质分析的基础上, 结合各种统计分析方法, 研究各类地质变量的相互关系进行成矿预测工作。随着大量的多源地学信息数据的积累, 以及成矿预测学科自身的不断发展, 如何适应形势的变化, 充分利用这些丰富的资料, 快速、经济有效地进行成矿预测, 是地质工作者面临的一个重大问题。

80年代发展起来的地理信息系统(GIS), 以空间信息采集、存储、管理、查询、分析、显示和制图等为特点, 在计算机系统的支持下, 可以对复杂的地质数据进行有效的数据组织管理、空间分析及高质量高效率的成图处理, 从而为成矿预测工作快速、精确、综合地对矿床(体)进行空间定位, 对成矿系统演化进行过程分析提供了一个有利的工具, 极大地提高了找矿预测的工作效率。

然而, 通用GIS的空间分析功能主要是对点、线、面进行叠置分析、缓冲区分析、拓扑空间查询、空间集合分析(含逻辑交、并、差)、地学分析(含数字高程模型、地形分析、地学专题图)等。这种基于地理学的空间分析功能对成矿预测来说显得不尽完善。

首先, 成矿预测数据是典型的空间数据, 包括地质、物探、化探、遥感等文字或数据资料。就成矿预测的主要功能来说, 除了对各种源数据进行地理学分析以外, 更重要的是利用先进的成矿理论和信息科学理论作为指导, 对各种成矿信息进行有效的提取与综合, 建立成矿预测模型, 圈定成矿远景区。

其次, 成矿预测数据常常来源于不同的方法和手段。一方面, 不同方法所获取的信息只反映某地质现象特定属性, 这些信息之间的隐含关系就是整个地质现象的属性总和; 另一方面, 不同时期针对不同的研究内容获取的数据具有明确的应用目的, 所以成矿预测数据在很大程度上具有经验性、间接性和不完整性。显然, 每一种数据尽管都反映了整个地质现象的某一特点, 但特定的地质现象是在漫长的地质时序中各种地质事件耦合的结果。因此, 各种数据通过简单的线性分析处理并不能精确表述整个地质过程的演化历史, 也就难以达到准确成矿预测的目的。

人工神经网络是大量的简单神经元联结而成的非线性复杂动力学系统, 以其并行分布处理、自组织、自适应、自学习和健全性与容错性等独特性能引起关注, 在信息具有不完备性特点的情况下, 在模式识别、方案决策、知识处理等方面具有很强的能力^[2]。把人工神经网络引入成矿预测研究领域有助于理解成矿系统的非线性动力学行为, 把人工神经网络与地理信息系统相结合, 可以发挥各自信息处

收稿日期: 2003-11-15

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(编号: 2001BA609A-06)资助。

作者简介: 杨中宝(1971-), 男, 云南镇雄人, 工程师, 博士研究生, 2002年中南大学获硕士学位, 从事地理信息系统与成矿预测研究。

理方面优势,对于更精确地再现成矿系统演化过程具有重要的意义。

2 系统分析

成矿预测是普查找矿的先行步骤,是提高地质工作成效的重要措施。由于研究对象是复杂的地质体,虽有其共性,但也千差万别,因此矿产预测成为当代最重要、最复杂的地质课题之一,预测方法还不够成熟,目前正在探索过程中。总体上矿产预测程序大致可概括为:

- (1) 确定预测工作目的。确定预测区大小、矿种及比例尺等。
- (2) 全面搜集地质资料。包括地质、物探、化探、遥感等方面的资料。
- (3) 研究成矿规律。进行综合地质分析,确定有利成矿因素组合,建立地质模型。
- (4) 成矿预测。利用各种成矿预测理论对预测区进行类比综合,圈定成矿预测远景区。
- (5) 工程验证。对成矿远景较好的靶区进行工程验证。

成矿预测数据组成复杂,涉及地层、构造、岩石、古生物、地球化学、地球物理、遥感、测量、地质年代、地理、矿产、钻孔及其他现有成果的文字、表格等数据,各种数据之间相互依赖、互为验证。因此在具体矿产预测工作过程中,深入研究各种数据之间的传递关系(图 1)对于提高成矿预测的准确性有着举足轻重的作用。

3 系统设计

系统基于 MapX 4.0 利用 VC++ 6.0 为集成开发工具进行组件式开发。根据系统应用目的,除了基本的 GIS 功能以外,新增加了地质变量优选和人工神经网络成矿预测二大功能模块。系统具有自组织性和自动模式跟踪能力,对于新输入的矢量模式,网络系统会将其与记忆中的模式进行比较分类,从而达到对新输入的矢量模式进行预测的目的。这种模仿人脑思维模式的方法,大大提高了系统对于非线性问题

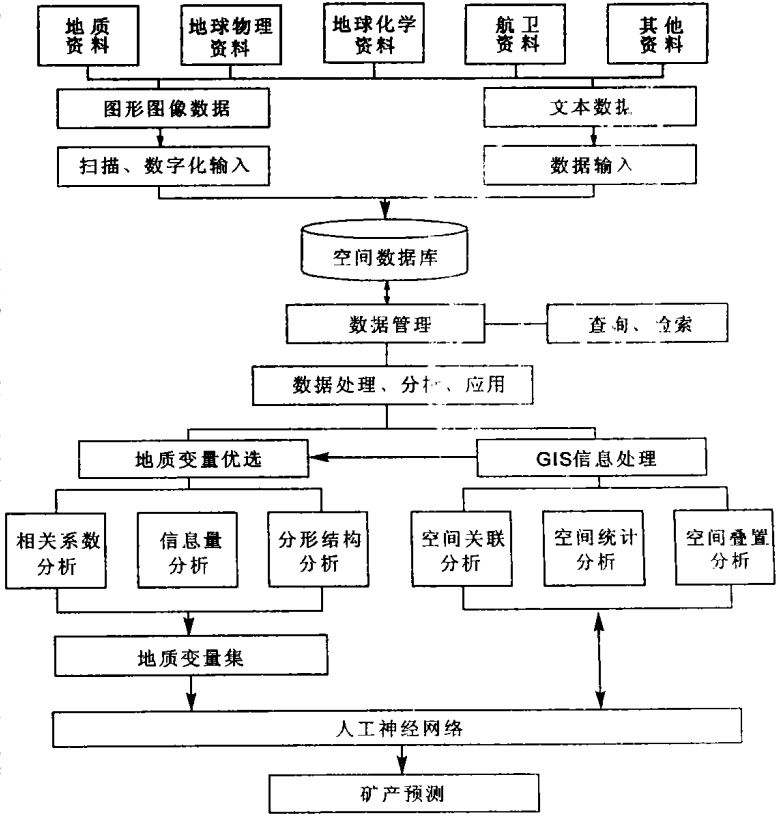


图 1 数据处理流程

Fig. 1 Flow sheet of data procession

求解的能力,从而更逼近地质对象的本质属性。

系统结构主要由成矿预测系统主菜单、基本 GIS 图形处理功能模块、地质变量优选模块、人工神经网络预测模块和空间数据库管理模块所组成(图 2)。

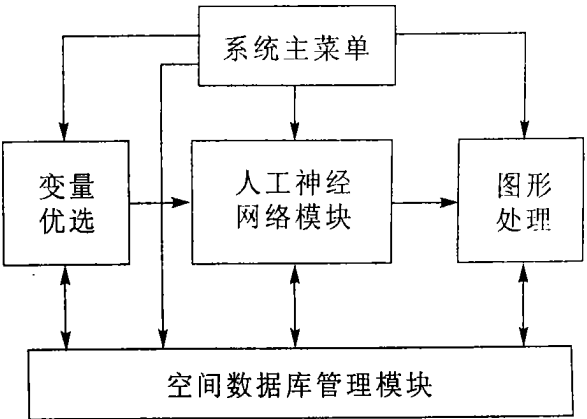


图 2 系统结构示意图

Fig. 2 Sketch showing the system structure

3.1 系统菜单

是本系统运行的主界面菜单,只起到协调各功能模块工作的作用,其接口设计成双接口的形式,为

样本编号	输出1	输出2	输出3
1	0.595668	0.0014227	0.5092387
2	0.5956681	0.0015271	0.5090421
3	0.5957438	0.0011153	0.5086418
4	0.5957024	0.0003080	0.5083603
5	0.5954478	0.0011377	0.5088115
6	0.5957388	0.001453	0.5084853
7	0.5956612	0.005473	0.508650
8	0.5956611	0.004298	0.5089324
9	0.5956758	0.000881	0.508571
10	0.5956628	0.002765	0.508521
11	0.5956624	0.001777	0.508548
12	0.5956647	0.0014701	0.5088116
13	0.5956635	0.017114	0.504252
14	0.5956628	0.0151187	0.5088848
15	0.5956658	0.0013888	0.5088178
16	0.5956645	0.013742	0.508358
17	0.5956658	0.000522	0.5087887
18	0.5956628	0.000723	0.5082088
19	0.5956617	0.000683	0.5081548
20	0.5956622	0.000954	0.5087375
21	0.5956611	0.004783	0.5081328
22	0.5956615	0.011727	0.5087844
23	0.5957793	0.002848	0.508282
24	0.5956614	0.000553	0.5087321
25	0.5956618	0.000786	0.5085296
26	0.5956611	0.000287	0.505322

图 4 网络预测数据输出窗口

Fig. 4 The prediecte data output window for network

能,对预测区进行图形运算、空间分析,为人工神经网络的成矿预测结果与相应的预测单元进行配权处理,以各种图形的形式再现人工神经网络的预测输出结果(图 5)。

3.6 各模块之间的数据连接

由图 1、图 2 可以看出,除系统主体框架直接调用各系统模块以外,其他各模块之间是相互独立的,它们之间是通过数据库进行数据传输与共享达到相互连接的。

3.6.1 地质变量优选模块与图形处理模块之间的数据交换

地质变量优选模块与图形处理模块之间的数据连接主要表现在:首先,图形处理模块为地质变量优

选模块提供不同尺度的预测区域。地质变量优选程序根据预测区域提供的地质特征,从空间数据库中提取相应的属性值进行地质变量的选取并存入相应的数据表内。然后,图形处理程序可以通过空间数据库对各地质变量进行空间分析并改变图形数据。

3.6.2 地质变量优选模块与人工神经网络成矿预测模块之间的数据交换

首先,人工神经网络模块从空间数据库中提取预测区域内已知矿床(点)的各地质变量值作为学习样本,然后,再从数据库中提取相应预测区域内各预测单元的地质变量属性值进行成矿预测。

3.6.3 人工神经网络成矿预测模块与图形处理模块之间的数据交换

人工神经网络成矿预测模块与图形处理模块之间的数据连接主要表现在:首先,图形处理模块为人工神经网络成矿预测模块提供不同尺度的预测区域。人工神经网络成矿预测模块对预测区域进行自动预测单元划分,并从空间数据库中提取相应的单元各地质变量的属性值进行网络处理并把预测结果存入空间数据库。然后,图形处理程序通过空间数据库获取网络预测结果,对其进行空间统计分析和单元配权分析,并以图形的形式显示各预测单元的预测结果。

4 结束语

资源需求快速增长与资源短缺之间的矛盾为成矿预测提出了新的挑战。成矿预测特别是隐伏矿预测问题已成为当前成矿学和成矿预测学研究的前沿和重点,其预测的准确度和可靠性已成为衡量和反映人类对隐伏矿认识能力和预测水平的重要标志,随着现代信息学及现代成矿预测学的发展,矿产预测特别是隐伏矿预测实质上已转化成为能否利用科技进步进行快速、经济有效地进行成矿预测的问题。

作者从信息科学的角度出发,结合当代成矿学和成矿预测理论及非线性科学的最新研究成果,对上述问题作了初步尝试,使人工神经网络与地理信息系统在成矿预测工作中得到有

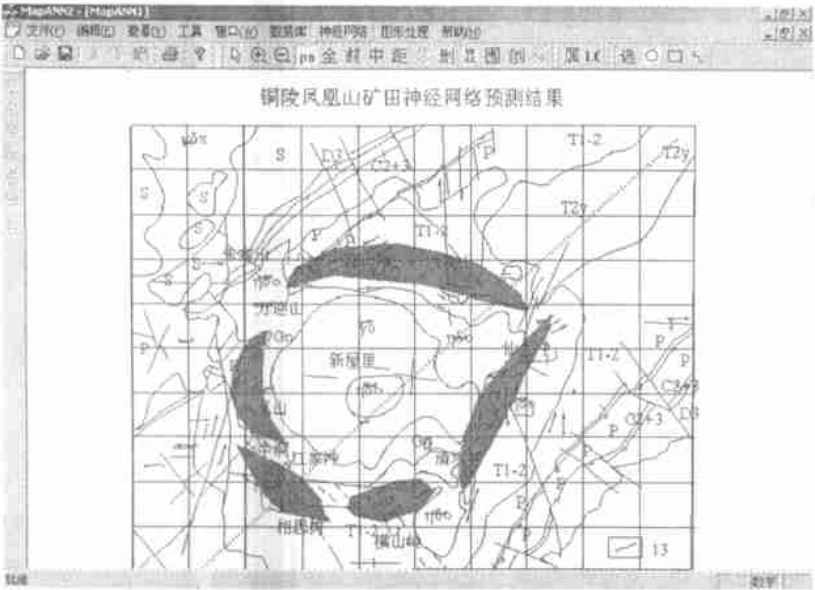


图 5 人工神经网络预测输出窗口

Fig. 5 ANN output window

机结合。在地质资料综合收集整理的基础上, 实现了从地质变量优选、人工神经网络成矿预测到预测结果的数据和图形输出完全自动化, 基本上满足了海量地质信息快速、经济有效的处理要求。

参考文献:

[1] 翟裕生, 邓军, 崔彬, 等. 成矿系统及综合地质异常[J]. 现代地质, 1999, 13(1): 99-104.

[2] 李双成, 郑高. 人工神经网络在地学研究中的应用进展[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 68-76.

[3] 李长江, 麻士华. 矿产勘查中的分形、混沌与 ANN[M]. 北京:

地质出版社, 1999. 107-109.

[4] 张均. 隐伏矿体定位预测的方法学基础及方法论[J]. 贵金属地质, 2000, 9(2): 100-104.

[5] Powell M J D. An Efficient Method for Finding the Minimum of a Function of Several Variables without Calculation Derivatives[J]. Computer J. , 1964, (7): 155-162.

[6] Bell R W. Data warehouse for the national water-quality assessment program of the U. S. Geological survey [A]. The 34th annual meeting of geological society of America, south-central section[C]. USA: Geological society of America, 2000.

[7] Forbes S R, Burke R G, Varma H. Designing and Building a CHS Bathymetric Data Warehouse[J]. International Hydrographic Review, 1999, (2): 111-124.

[8] 胡光道. 地质数据仓库设计中的几个问题[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, (5): 522-524.

DESIGN OF ORE PREDICTIVE SYSTEM BASED
ON INTEGRATED TECHNOLOGY OF GIS AND ANN

YANG Zhong-bao, PENG Sheng-lin, LI Chao-yan, YIN Xia

(College of Geoscience & Environment Engineering, Central South University, Changsha, 410083, China)

Abstract: The process and method of development of ore predictive system based on geographic information system and artificial neural network , with automatic processing from optimization of geological variable to graphical display of metallogenic prognosis, are described in this paper, design schedule of the system is put forward, sub-systems of database management , GIS and ANN ore prediction are introduced and technical requirements for realization of the system are briefly shown.

Key words: Geographic information system; artificial neural network; ore prediction