

矿产资源评价系统 (MRAS) 的一些改进*

Some Improving of Mineral Resource Appraise System (MRAS)

肖克炎¹ 杨东来² 严光生² 陈郑辉¹ 薛群威¹ 李海滨³ 朱裕生¹

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100083; 3 吉林大学, 吉林 长春 130026)

Xiao Keyan¹, Yang Donglai², Yan Guangsheng², Chen Zhenghui¹, Xue Quanwei¹,
Li Haibin³ and Zhu Yusheng¹

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Development Research Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China; 3 Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China)

摘 要 以多元地学 GIS 空间数据库为基础平台, 研究矿产资源评价辅助决策系统是目前资源调查评价的重要研究方向。本文讨论了目前在矿产资源评价 MRAS 系统的一些新改进和发展, 以供今后用户使用和开发资源评价系统参考。论文讨论了系统的总体结构、改进成果描述和今后的系统发展方向。

关键词 矿产资源评价 GIS MRAS 改进

随着计算机信息技术特别是地学 GIS 技术的飞速发展, 大量的地物化遥等地质矿产区域综合地学空间数据库的成功建设, 迫切需要为矿产资源数据综合和评价提供实用的辅助分析工具。如澳大利亚地调局 Wyborn 等人在 GIS 平台上开发出从澳大利亚成矿系统出发的成因概念模型 GIS 评价系统, Bonham-Carter 研制出基于栅格数据结构 GIS 多源信息综合评价系统 (肖克炎等, 1999)。我国在 1996 年原地矿部地质信息研究院和地质调查局开始了 GIS 资源评价试点工作, 1998 年原科技司组织实施了 MAPGIS 矿产资源评价辅助决策系统原型的开发。由中国地质科学院成矿远景区划室研发了 Mineral Resource Assessment System Based on GIS (MRAS) (肖克炎等, 2000), 在全国金铜成矿远景评价中取得一定效果。2001 年在中国地质调查局和发展研究中心的领导下, 试图以软件工程学为指导, 开发出实用的可以推广的软件产品, 目前研究已进入用户测试和实验阶段。和原有软件相比, 在系统稳定性、功能的完善性和使用的方便性较以前有较大提高。

1 MRAS 系统的开发完善

1.1 软件开发工程控制

本次开发较严格的按照中国地质调查局地学软件开发有关工作标准和指南执行, 项目组成员学习了现代软件工程学的有关知识, 进行了软件开发的工程化试验。着重进行了矿产资源评价数据综合辅助决策系统的需求分析, 先后召开了 3 次专家需求研讨会, 听取了领域专家对评价工作的计算机辅助的工具要求。编写了较详细的系统需求分析报告和软件的概要和详细设计报告, 使用了面向对象的程序设计 UML 语言进行系统设计, 并对系统中功能的测试进行了严格控制。MRAS 系统此次开发遵循了如下原则:

(1) 开发的软件功能要为矿产资源评价实用;

* 本文得到国家重大基础研究项目 (G1999043216) 资助

第一作者简介 肖克炎, 男, 1963 年生, 博士, 研究员, 主要从事矿产资源评价系统、数学地质研究。

- (2) 尽量包括目前国内外常用成熟的资源评价方法;
- (3) 方法开发应吸取各种资源评价学派中的优势(王世称等, 2000; 赵鹏大, 1983);
- (4) 开发的软件应独立于具体地区的空间数据库, 可以在任意地区应用;
- (5) 系统采用目前先进的 VISUAL C++ 为编程工具, 将原系统 BORLAND C++ 的程序全面移植到 VC++ 程序中。

1.2 系统中的总体结构

和原来的没有大的变化, 主要是两大子系统, 一是单学科成矿信息分析与提取; 第二是多元数据综合评价子系统, 总体系统结构如图 1:

在总体系统结构上, 增加了两个子系统, 即区域地质成矿信息提取子系统和数据综合子系统。在需求分析中, 许多地质专家认为应该研究区域地质因素对成矿作用影响的计算机辅助工具。应该从内生金属矿产的构造、岩浆岩、地层等 3 大地质因素的成矿作用研究方法出发, 因此系统开发以赵鹏大成矿地质异常的研究方法为指导, 总结和开发了针对构造、岩浆岩、地层和矿产等四类专题信息的提取分析方法。构造的成矿定量分析提供了构造的属性提取、构造的方位提取、成矿构造提取、构造方位和密度统计, 单元等密度图、地质构造与重磁、遥感构造关联等功能。数据综合整理子系统主要针对目前数据库状况而编写的, 因为许多数据库是在不同的软件格式上建设的, 而且坐标系统不一样, MRAS 系统需要一个具可以将非 GIS 图形数据如 DBF、MDB 等格式的数据到入到 MRAS 系统中, 同时数据整理子系统还具有不同坐标的数据转换, 使得数据能够在统一的坐标系统。为了完成 MRAS 中矿产资源评价成果图件的辅助制图工作, 在此子系统中选取和调用了 MAPGIS 图形编辑、打印等功能函数。

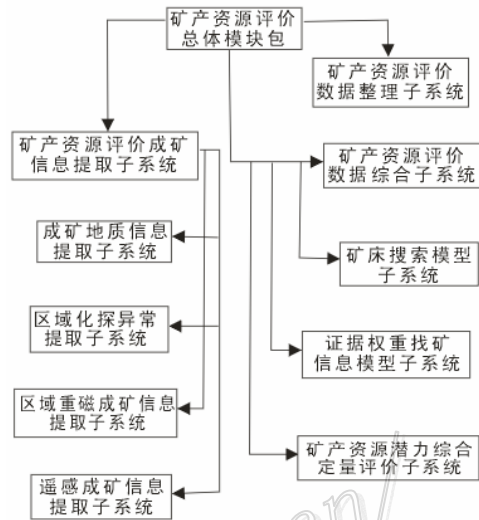


图 1 总体系统结构

2 MRAS 中一些功能具体变化

2.1 区域化探成矿信息提取子模块

主要变化如下:

(1) 文件处理方面 除原来可读取本系统中 GED 和区域化探数据库格式外, 增加了读取 ARCVIEW 的 SHP 格式、DBF 格式、WT 格式等, 同时还增加了文件添加功能, 便于不同图幅文件的添加处理。系统设置了文件的导出功能, 可以对单元素或计算结果写成 SUFFER 的 GRD 或文本格式。

(2) 文件数据编辑处理 增加了数据的调平处理, 目的是解决相邻图幅由于分析方法不一样, 造成的数据台阶, 原理是相邻图幅的相邻地区在去掉异常值后的元素背景的一致性, 此外还增加了属性检索和任意区域的数据空间检索。

(3) 数据处理方面 对聚类分析谱系图开发了基于图形的绘图方法(原来是由文字打出图形), 增加了区域变差函数的最优化回归分析方法, 对自动克立格网格化方法的应用有益, 该方法能够保证变差函数模型中参数的非负解。系统增加了泛克立格异常估值和趋势分析方法; 在化探异常分类方面增加的 BP 非线性分类方法; 增加了利用地形高程数据进行汇水盆地自动圈定功能, 该功能有待进一步改进和完善。

(4) 图形可视化方面 增加了视三维和虚拟飞行异常可视化功能; 增加了简单的图形编辑功能, 如加图名、编辑区、线等; 增加异常的图示自动生成功能, 任意方向剖面。

2.2 区域重磁成矿信息提取子模块

重磁处理程序改动较少，主要变化如下：

（1）文件和数据编辑方面 变化和区域化探数据处理一样，在文件读入方面支持了航磁平剖图数据的读入和可视化功能；

（2）在数据处理方面 增加了数据扩边和去边，数据反演方面可视化更好；

（3）图形可视化方面 增加了视三维和虚拟飞行异常可视化功能。

2.3 矿产资源 GIS 数据综合评价

该部分内容变化较大，主要有：

（1）证据权方法 增加了按任意区域进行预测的模板功能，这样可以完成对非规则的预测区资源预测问题；对证据因素的独立性检验进行研究，增加了证据因子的条件独立性检验的计算结果；

（2）矿产资源综合定量评价子模块 该模块较以前功能更好，主要体现在：

① 预测工程文件方面 使用了树形控件管理多元地学数据图层，为了解决图层的灵活的叠加显示问题，增加了图层文件管理的上下移动、多层分级管理，对于预测因素图层可以任意添加、删除处理；

② 综合预测工程分解为有模型预测和无模型预测 考虑到在中大比例尺成矿预测中，已知矿床模型及少，一个、两个或者根本就没有矿床，因此从综合预测角度必须开发该类预测模型。由于有矿床模型的预测和无矿床模型的预测涉及的预测工程的数据管理和数据流程有许多不一样，如有模型预测要涉及到矿点专题数据图层管理、定量预测需要在预测等性单元设计资源量属性字段，因此本系统程序设计中，首先让用户选择具体地区有模型预测或者是无模型预测。

③ 在空间数据变量提取方面 本次结合了东昆仑金矿和全国金矿床预测实例，研究了多种数据挖掘提取方法，如对于地质体因素提取可以是因素存在、因素的属性提取、地质体的熵、地质体属性组合变量等；对线形构造图层变量提取，提供了线形体的方位、属性、等密度、组合变量等多种赋值方法；对于化探、物探等值线也可按其大小进行等性单元赋值；对于矿化信息点文件如区域化探数据、矿点专题图层，有专题图层属性的变量平均插值、单元的极值提取、矿化密度等功能，这些提取方法能满足不同用户的各种预测变量的赋值（图 2）。

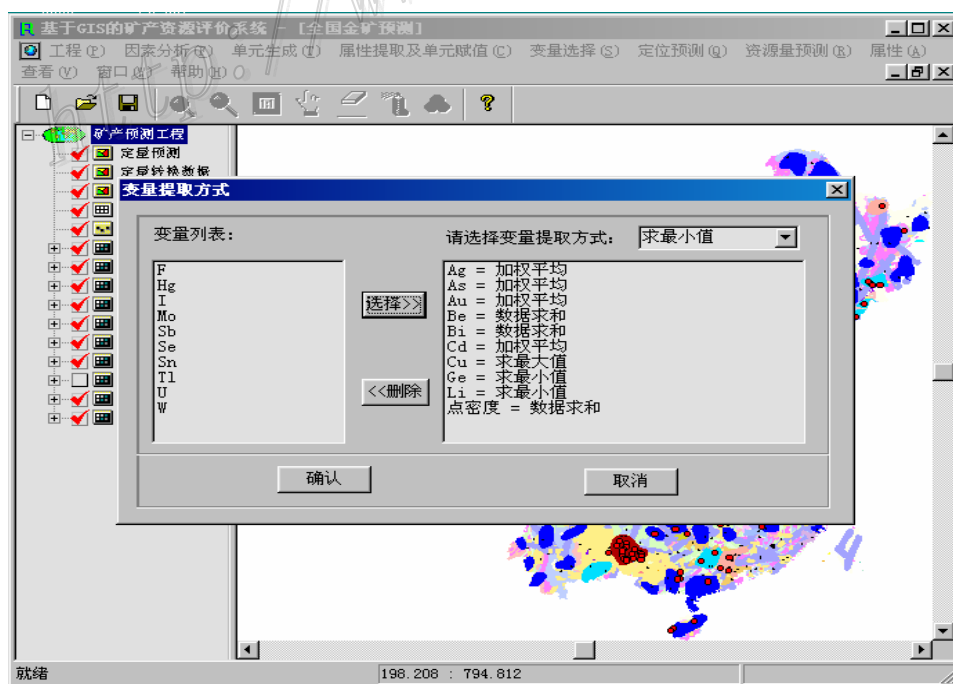


图 2 变量提取界面

④ 资源定量评价方法 在变量选取方面根据定位预测和定量预测的变量不同选取方法,对定位预测增加了信息量方法、相关频数法,资源量预测增加了秩相关系数、信息量法。对定位预测增加了 BP 神经网络模型、定量预测增加了区域地球化学异常法、丰度体积法、区域价值法、逻辑信息法等功能;在无模型预测中开发了动态聚类、ART 神经网络模型。在定量预测模型中特别解析了美国矿产资源定量评价 MARK3 软件的功能,添加了资源量、金属量总量的单变量与多变量模拟;为了研究经济成本滤波器,程序增加了品位-吨位模型;在成果图示图例方面添加了预测成果表达的图示功能。利用 BP 模型对东昆仑地区金矿进行了预测(图3)。

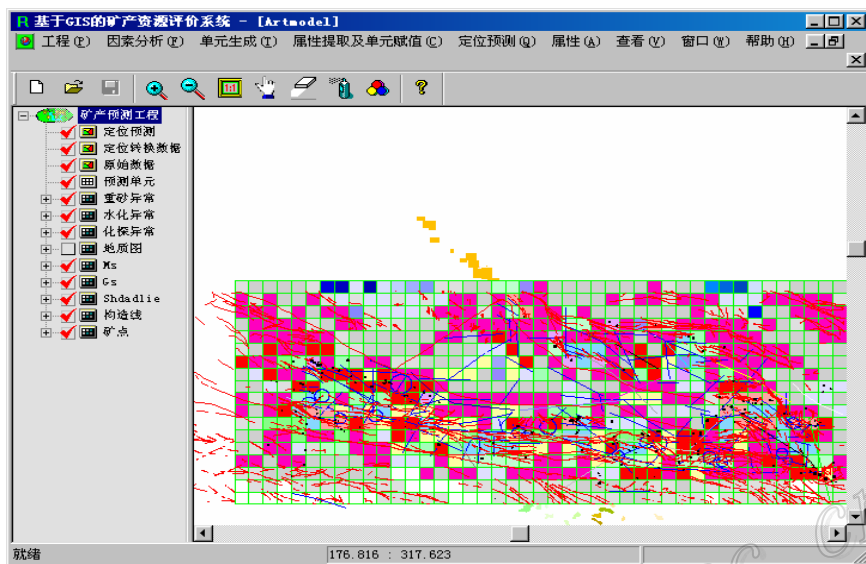


图3 计算结果图

3 MRAS 系统的进一步发展

主要在以下几个方面推进 MRAS 矿产资源定量评价应用:

- (1) 积极组织有关用户进行软件的测试应用,在具体应用中增加新方法模型,并完善应用系统;
- (2) 在区域化探成矿信息提取中完善汇水盆地计算机自动圈定程序和成矿汇水盆地的识别等功能;
- (3) 在区域重磁处理中,增加构造和隐伏岩体体的自动提取和构造关联程序开发,并进一步完善异常反演模型;
- (4) 在数据可视化方面增加异常与地形 DEM 联合虚拟模块;
- (5) 在资源综合评价中增加数字矿床模型预测子系统,将矿床专家知识与空间数据库结合起来。

致谢 系统开发得到了陈毓川、李裕伟、叶天竺等专家指导,得到了中国地质调查局李晨阳、王全明、陈永清、陈辉、李景朝等的支持,张德全研究员提供了东昆仑地区的系统数据,在此一并感谢!

参 考 文 献

- 肖克炎,朱裕生、张晓华、等.1999. 矿产资源评价中的成矿信息提取与综合技术. 矿床地质, 18(4): 379~384.
- 肖克炎,张晓华,王四龙,等.2000. 矿产资源 GIS 评价系统. 北京:地质出版社.
- 王世称,陈永良,夏立显.2000. 综合信息矿产预测理论与方法. 北京:科学出版社.
- 赵鹏大,胡旺亮,李紫金.1983. 矿床统计预测. 北京:地质出版社;