

# 基于 GIS 遥感区域构造的空间信息集成研究

周东岱, 叶水盛, 王世称

(吉林大学朝阳校区综合信息矿产预测研究所, 吉林长春 130026)

**摘要:** 主要论述在综合信息矿产预测中基于 GIS 的遥感资料自动解译原理和实现方法, 通过对遥感资料的数据处理并结合已建立的重磁构造格架, 进行空间信息的自动关联识别, 提取有地质意义的遥感线性、环形构造. 探讨了实现遥感空间信息自动集成技术和其在遥感图像中的具体应用.

**关键词:** 遥感图像; 区域构造; 信息关联.

**中图分类号:** P627      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2383(2002)01-0055-04

**作者简介:** 周东岱(1970—), 男, 博士生, 1998 年毕业于长春光机学院, 获硕士学位, 主要研究领域为遥感技术和地理信息系统. E-mail: zhoupeng@mail.jl.cn

## 1 国内外研究现状分析

利用遥感技术预测和评价矿产资源的一般方法可以概括为<sup>[1~3]</sup>: (1) 直接基于遥感数据的分类; (2) 从遥感数据中提出找矿所需要的地质体特征(线性构造, 环形构造, 蚀变岩等); (3) 遥感数据与地球物理和地球化学以及地质资料的复合处理. 近年来, 一些专家学者提出了基于求异理论的地质异常理论<sup>[4]</sup>, 而在地质异常的分析中, 遥感影像异常分析占有重要的地位和作用. 遥感图像反映了地物辐射, 而在地质上, 最关心的是图像中和背景偏离的那一部分——影像异常(地质体或地质现象引起的影像异常)和图像反映的影像特征(地质体的特征, 如线性构造, 环形构造). 遥感地质识别与异常分析的地质意义主要表现在以下三方面<sup>[5]</sup>: (1) 区域构造体系的信息识别分析; (2) 地层、岩石类型的识别分析; (3) 蚀变类型与矿物含量的识别分析.

利用遥感影像信息进行成矿预测的核心内容是如何进行遥感影像信息的提取. 近 10 年来, 国内外在遥感影像信息提取方法的研究上作了大量的工作<sup>[6~11]</sup>, 然而, 在地质上提取遥感地质异常主要途径还是人工目视解译. 异常分析、遥感影像地质异常与其他地质异常的复合分析, 以及成矿预测还必须

针对具体地区由专家手工进行.

## 2 基于 GIS 遥感空间信息集成模型

在利用遥感空间信息进行矿产资源预测的过程中, 针对具体的区域地质环境、应用目的来选择合理的图像特征以及处理方法是必要的<sup>[12]</sup>. 遥感影像线性、环形特征的自动提取方法中有较多的阈值需要预先确定<sup>[9, 13]</sup>, 在制定这些阈值时, 必须针对具体应用目的, 结合专家在图像判读中的经验知识来合理选择; 否则提取的结果与实际地质构造之间会有较大的差异. 遥感空间信息集成模型包括 2 个核心内容: 一是知识库, 二是推理机. 知识库是与遥感影像相关的知识和经验的集合, 既包括地质体自身的知识, 也有专家关于遥感判读方面的经验和方法. 推理机主要包括数字遥感影像处理和分析算法、应用算法的策略, 推理机在知识库的支持下完成空间信息的集成. 其模型框架结构如图 1 所示.

## 3 遥感空间信息集成的方法步骤

### 3.1 遥感线性特征的自动提取

(1) 平滑滤波预处理. 应用边缘保持滤波器对图像进行平滑处理. 在去除噪声的同时, 又不致使图像边缘过分模糊. 边缘保持算法如下: 对灰度图像的每

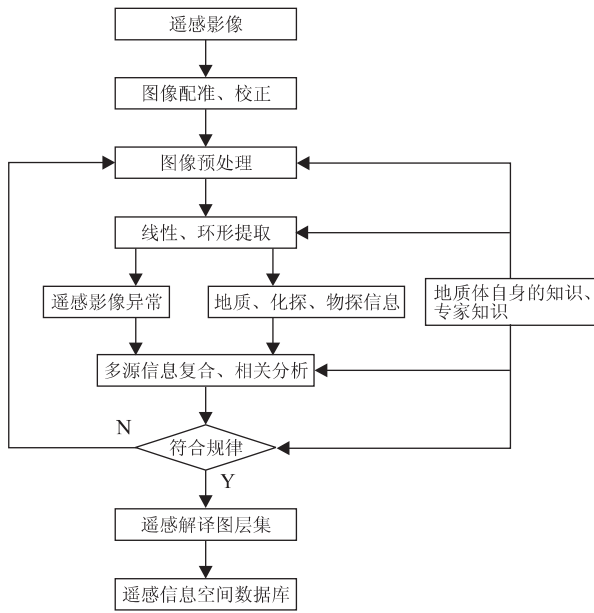


图 1 遥感空间信息集成框架模型

Fig. 1 Structure of remote-sensing information integrating system

一个像素点 $(i, j)$ 取适当大小的一个邻域,分别计算 $(i, j)$ 的左上角子邻域,左下角子邻域,右上角子邻域,右下角子邻域的灰度分布的均匀度 $V$ ,然后取最小均匀度对应域的均值作为该像素点的新的灰度值。

$$V = \sum f^2(i, j) - [\sum f(i, j)]^2 / N. \quad (1)$$

(2)边缘提取. 由于地质构造一般是有一定连续性的构造线,所以采用边缘跟踪算法提取线性体的效果较好. 边缘跟踪算法如下:①对图像中的每一个点进行光栅扫描,分别判读 16 个方向 $(0^\circ \sim 180^\circ)$ 的差分是否大于阈值 $T$ ;如果某点某方向的差分大于阈值 $T$ ,则该点作为起点,沿该点开始跟踪. ②判断该方向下一个点的 16 个方向,找出最大差分方向,判断是否大于阈值 $T$ ,如果大于则继续循环执行此步;否则判断跟踪长度是否大于长度阈值 $L$ ,如果大于则输出跟踪后的边缘图像,如果小于,则放弃该跟踪起点的该方向跟踪。

(3)自动线性体提取. 基于表决原理的霍夫(Hough)变换<sup>[9]</sup>,可以完成图像空间到参数空间的映射. 在霍夫变换中,参数空间一般设计成一个累加器阵列,表示离散参数值,根据变换方程,图像空间中直线上每一个点可以表决若干参数组合,而参数空间的峰值就是表征该曲线的参数. 这样就可以把对边缘图像中线性体提取问题转化成了在参数空间找峰值的问题. 基于霍夫变换的线性体提取的算法

如下:

①将原始图像旋转,完成到参数空间的坐标变换. 变换方程为

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta; y' = -x \sin \theta + y \cos \theta. \quad (2)$$

其中: $x, y$  为原始图像空间坐标, $x', y'$  为参数空间坐标.

②量化参数空间 $(x', y')$ ,量化间隔为 $(\Delta x', \Delta y')$ ;假定参数空间的每一个单元都是一个累加器,置累加器阵列 $A(x', y')$ 的初值为零.

③空间的每一点 $(x, y)$ ,在其所满足的参数方程对应的累加器上加 1.

④水平和垂直方向上扫描累加器阵列 $A(x', y')$ ,如果某个阵列元的值大于阈值 $T_v$ ,则该阵列元被认为是一个线元. 如果多个线元间的间隔小于阈值 $T_s$ ,则这些线元构成“线段”. 第一个和最后一个线元分别是这个线段的起点和终点.

⑤进行参数空间到原始图像空间的变换

$$x = x' \cos \theta - y' \sin \theta; y = x' \sin \theta + y' \cos \theta. \quad (3)$$

其中: $x, y$  为原始图像空间坐标, $x', y'$  为参数空间坐标.

⑥线段的连接. 由于线性构造在图像上具有断续的特征,所以可以把方向相似,距离接近的线段当作同一线性构造而进行连接. 连接的判定条件:

$$\Delta d = |d_2 - d_1| < T_1. \quad (4)$$

其中: $d_1 = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}$ ;  $d_2 = \sqrt{(x_0 - x_2)^2 + (y_0 - y_2)^2}$ ;  $x_0, y_0$  为图像中心点坐标, $x_1, y_1, x_2, y_2$  分别为两线段的中点坐标, $T_1$  为预定的距离差阈值.

$$d_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} < T_d; \quad (5)$$

$T_d$  为预定的两线段中心点间的距离阈值.

$$\Delta \alpha = |\alpha_2 - \alpha_1| < T_\alpha; \quad (6)$$

$T_\alpha$  为预定的角度差阈值, $\alpha_1, \alpha_2$  分别为两线段的倾角.

### 3.2 遥感影像环形特征的自动提取

3.2.1 平滑滤波预处理 (1)与线性特征提取中的方法相同;(2)二次微分卷积模板;(3)高斯滤波器.

3.2.2 自动环形提取 (1)Canny 边缘检测<sup>[11]</sup>. 边缘检测的基本思想是在图像中找出具有局部最大梯度幅值的像素点. 但边缘检测算法存在抑止噪声和边缘精确定位间的矛盾<sup>[14]</sup>. Canny 边缘检测是高斯函数的一阶导数,可以在抗干扰和精确定位间折衷. 算法如下:①用高斯滤波器平滑图像;②用一阶偏导

的有限差分计算梯度的幅值和方向;③对梯度幅值进行非极大值抑制;④用双阈值算法检测和连接边缘<sup>[14]</sup>。(2)用傅立叶描述子进行边界逼近<sup>[14]</sup>。由于沿着封闭轮廓的位置函数具有周期性,因此傅立叶级数可以用来逼近轮廓,轮廓逼近的分辨率由傅立叶级数的项数来决定。封闭物体的边界可以用一个一维坐标序列  $u_n$  表示为:

$$u_n = x(n) + iy(n), n=0, 1, 2, \dots, N-1. \quad (7)$$

$u_n$  的离散傅立叶变换定义为:

$$u_n = \sum_{k=0}^{N-1} a(k) e^{i \frac{2\pi kn}{N}}, 0 \leq n \leq N-1; \quad (8)$$

$$a(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} u(n) e^{-i \frac{2\pi kn}{N}}, 0 \leq n \leq N-1. \quad (9)$$

复系数  $a(k)$  称为边界的傅立叶描述子。

### 3.3 基于 GIS 的重、磁、遥信息空间关联分析

建立成矿预测的区域构造格架,需要对反映地表信息的遥感线性体系与反映深部的重磁线性构造进行空间对应分析,通过对它们相关性研究来建立构造线性体系。基于 GIS 的空间分析功能,遥感线性构造与不同上延高度的重、磁构造的关联主要从以下 2 方面入手。

**3.3.1 知识库** 专家给出遥感线性体与重、磁解译构造线相关判定的基本规则是:(1)两条线形态、位置相近;(2)两条线的走向相近;(3)若与一条重、磁解译构造线相关的多条遥感线性体的走向相近,且这些线性体相间很小,则这些线性体属于同一线性构造;(4)对于重、磁深部线性构造,应有与其相关的较长遥感线性体的存在,否则重新进行遥感线性提取。

**3.3.2 基于数值计算匹配的线性相关算法** (1)选定图上某一轴线记为起始线  $L_1$ ,取与之对应叠置图上的一条轴线记为  $L_2$ ,计算线  $L_2$  与线  $L_1$  的平行间距  $S$ 。(2)分别计算线  $L_1, L_2$  上两两临近点构成的直线的角度和的平均值  $\theta_1$  和  $\theta_2$ ,分别作为这两条线的近似走向。(3)分别计算线  $L_1, L_2$  的长度值  $L_1$  和  $L_2$ 。(4)若同时满足  $S \leq \alpha$ , 且  $|\theta_1 - \theta_2| \leq \beta$ ,  $|L_1 - L_2| \leq \gamma$ ,判定  $L_2$  与  $L_1$  相关,否则,不相关。其中  $\alpha, \beta, \gamma$  是预先规定的阈值。

图 2 是遥感与重、磁解译的线性构造结果。图中反映了山东境内郯庐深大断裂中段的线性构造特征。三者构造走向为北北东,图中多条遥感线性体与重、磁构造吻合较好。遥感环形构造与重磁对隐伏地质体的圈定范围有关,重、磁遥感的环形相关性自动化解译研究较为复杂,目前尚未深入探讨。

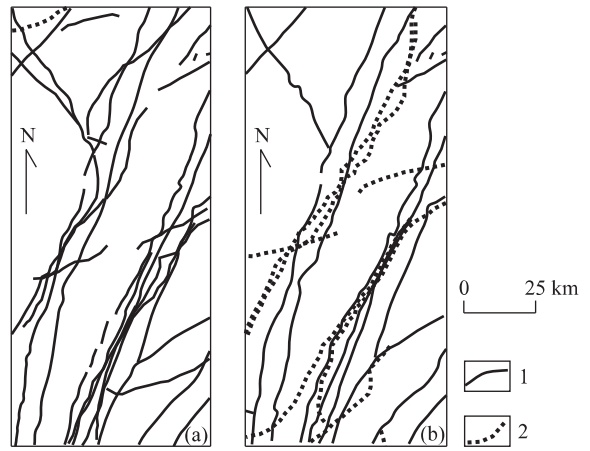


图 2 山东境内郯庐断裂中段重、磁、遥线性构造

Fig. 2 Part of aeromagnetic, gravitational and remote-sensing linear structure of Tanlu fracture

a. 重、遥解译的线性构造; b. 磁、遥解译的线性构造; 1. 遥感解译线性体; 2. 重、磁解译的构造线

## 4 结论

通过对反映地表信息的遥感线性体系与反映深部的重磁线性构造进行空间对应分析,研究它们的相关性,提取有地质意义的线环构造,可以有效地建立成矿预测的区域构造格架。而且值得指出的是:(1)遥感空间信息库的自动集成,需要与专家系统知识库相结合才能有效地实现。(2)反映深部构造的重磁解译结果是验证遥感波段选取、滤波预处理效果以及线环提取的一个重要的标准,也是建立区域构造体系的基础。(3)基于 GIS 的空间分析功能是多源地学信息综合集成的最佳途径。

### 参考文献:

- [1] 冯筠,黄新宇. 遥感技术在资源环境监测中的作用及发展趋势[J]. 遥感技术与应用, 1999, 14(12): 59-65.  
Feng J, Huang X Y. Roles of remote sensing technology on monitoring resources and environment and its trends [J]. Remote Sensing Technology and Application, 1999, 14(12): 59-65.
- [2] 何国金,胡德永,从柏林,等. 卫星遥感数据开采与知识发现的信息论方法[J]. 遥感技术与应用, 1999, 14(3): 42-47.  
He G J, Hu D Y, Cong B L, et al. Information mining and knowledge discovery from satellite remote sensing data based on information theory — a study case on geological application [J]. Remote Sensing Technology and Application, 1999, 14(3): 42-47.

- [3] 张义彬, 曲家惠. 世界遥感技术发展现状及其地质应用 [J]. 国土资源遥感, 1998, (4): 67—75.  
Zhang Y B, Qu J H. Remote sensing technique development and its geological application [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 1998, 4: 67—75
- [4] 赵鹏大, 王京贵. 中国地质异常 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1995, 20(2): 117—127.  
Zhao P D, Wang J G. Geologic anomaly of China [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 1995, 20(2): 117—127.
- [5] 迟国彬, 李岩, 丁暄, 等. 基于 GIS 的矿产勘查综合预测方法研究 [J]. 地球化学, 1997, 26(5): 91—99.  
Chi G B, Li Y, Ding X, et al. The study of multidisciplinary prediction system of mineral prospecting based on GIS [J]. Geochimica, 1997, 26(5): 91—99.
- [6] Scott G J. Edge detection in petrographic images using the rotation polarizer stage [J]. Computer & Geosciences, 1999, 24: 745—751.
- [7] Lee J W, Kweon I S. Extraction of line features in a noisy image [J]. Pattern Recognition, 1997, 30(10): 1651—1660.
- [8] Bolton A G, Brown S F, Moran W. A computationally efficient algorithm for enhancing linear features in images [J]. Pattern Recognition, 1996, 29(12): 2017—2025.
- [9] Staib L H, Duncan J S. Boundary finding with parametrically deformable models [J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(11): 1061—1075.
- [10] Venkatesh R. Automatic lineament extraction from digital images using a segment tracing and rotation transformation approach [J]. Computer & Geosciences, 1995, 21(4): 555—591.
- [11] Starkey J, Samantaray A K. Edge detection in petrographic images [J]. Journal of Microscopy, 1993, 172(3): 263—266.
- [12] 王世称, 王於天. 综合信息解译原理与矿产预测图编制方法 [M]. 长春: 吉林大学出版社, 1989.  
Wang S C, Wang Y T. The principles of synthetic information interpretation and the compiling method of synthetic prognostic map [M]. Changchun: Jilin University Press, 1989.
- [13] 高景昌, 王光杰. 遥感图像线性构造信息微机机助提取 [J]. 环境遥感, 1994, 9(1): 62—67.  
Gao J C, Wang G J. Use of microcomputer in automated lineament detection from remotely-sensed imagery [J]. Remote Sensing of Environment, 1994, 9(1): 62—67.
- [14] 贾云得. 机器视觉 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.  
Jia Y D. Computer vision [M]. Beijing: Science Press, 2000.

## Study of Spatial Information Integration of Remote-Sensing Regional Structures Based on GIS

Zhou Dongdai, Ye Shuisheng, Wang Shicheng

(Institute of Mineral Resources Prediction of Synthetic Information, Chaoyang Campus of Jilin University, Changchun 130026, China)

**Abstract:** This paper presents the principle and application of automatic interpretation of remote-sensing spatial information based on GIS in mineral resources prognosis of synthetic information. It studied the remote-sensing spatial information integrating method, which includes remote-sensing data processing, data transformation, linear and circular structure extraction from remote-sensing images, and automatic recognition and connection of gravitation, magnetic and remote-sensing information. In addition, it illustrates an example of this method application.

**Key words:** remote-sensing image; regional structure; information connection.