

遥感图像线性特征的交互式提取

王润生

(地质矿产部地质遥感中心)

1987年2月9日收稿

摘 要

遥感图像线性特征的交互式卷积增强提取过程,分为预处理、方向卷积滤波、平滑与噪声压缩、线性体的交互式提取、总线性体图的制作和线性体与原图像的叠合六个步骤。本文简要介绍了该方法的实施过程,分析了其优缺点,并以山东蒙阴和安徽铜陵地区 MSS 图像线性体提取为例,说明该法的地质应用效果。

一、前 言

遥感图像线性特征的研究,对区域地质构造和矿产资源调查等方面都具有重要的意义。遥感图像线性特征的增强和提取技术的研究一直是遥感地质研究的一个重要领域。

近年来,世界各国的大学和研究机构陆续发展了多种线性特征的自动检测方案¹⁾。如线性体的局部方差及梯度趋势提取法^[1]、多重搜索拟合法^[2]、超平面拟合法^[3]以及五步数字卷积滤波法^[4]等,都是较成功的线性体自动检测方案。

五步数字卷积滤波法(Five-steps Digital Convolution Procedure)的五个步骤为:图像的平滑处理;方向卷积滤波;用平滑滤波压制噪声;用正弦扩展方法提取高梯度点;与原始图像相加^[4]。该方法应用梯度阈值法的原理,提取梯度值大于阈值的那些边缘点。显然,提取的结果随着阈值的不同而变化。为了选取合适的阈值,往往需要进行多次试验。另一方面,在图像上“线段”的两侧,正负梯度往往相伴生出现,经正弦扩展后,所提取的线性体呈黑白线段相伴生出现,从而造成一些混乱。

利用图像处理系统的交互式处理能力,动态地改变阈值,提取图像上高梯度的边缘点,可克服五步卷积法中上述的两个缺点,达到客观地提取图像上线性特征的目的。

二、方 法

线性体交互式卷积增强提取方法可分为以下六个步骤:图像的预处理;方向卷积滤波;平滑和噪声压缩;线性体的动态提取;总线性影像图的产生;线性与原始图像的叠合。

1. 图像的预处理

图像预处理的第一个目的,是增强图像上线性体的反差。线性反差扩展、分段线性扩

¹⁾ 杨廷槐,国外遥感地质应用与技术开发动态,地质科技动态,(7),1986。

展、高斯扩展和直方图均衡等都是常用的一些方法。

预处理的第二个目的,是消除一些干扰噪声,平滑卷积滤波或中值滤波可起到压制噪声的目的,同时也造成部分高频损失,使线性影像变粗、变模糊。条件平滑滤波或条件中值滤波,既可对均质区进行平滑,又可保持线性影像的反差。用方向中值滤波还可起到增强某一方向的线性特征,压制另一方向线性特征的作用。

2. 方向卷积滤波

用方向卷积滤波进一步增强某一方向上边界和线段的反差。

3. 平滑与噪声压缩

方向卷积滤波增强了边界和线段信息,同时也引入了一些谐波噪声和附加噪声。需用平滑滤波或中值滤波方法加以压制。

4. 线性特征的动态提取

在边缘增强图像上,边界和线段与其周围的像元具有高反差,因此,线性体的信息集中在直方图的头部和尾部,头部包括了高正梯度值部分,负值包含了高负梯度值部分,两者常相伴生出现。选择适当的阈值,将边缘增强图像转换为二值图像,提取正或负高梯度值的那些像元,分别形成黑底白线或白底黑线的线性影像图。

阈值的选取对结果影响很大,阈值越接近于边缘增强图像的众值,检测出的线段越多,主要线性特征的连续性也更好,但干扰噪声也越强。因此在实际应用中,需在被检测的线性体和噪声水平间作一权衡。这往往需要作多次试算后才能确定。美国地质调查所一般将阈值点选在累积直方图的 10% 和 90% 处^[4]。

采用交互式处理方法,在交互式图像处理系统上,动态地改变阈值,将是解决这一问题的较好办法。对应于某一阈值条件下的线性影像图适时地显示在监视器屏幕上。判读人员可对图像进行观察分析,对各种阈值条件下得到的图像进行比较,选择最佳的结果输出。根据我们的经验,当图像上主要的线性特征显示清晰、连续性较好、孤立噪声点较少时,效果最佳。

5. 全方位线性影像图的产生

将所提取的不同方向的线性特征图进行叠加或合成,即可获得一张全方位线性影像图或彩色合成线性影像图(图版 I 图 1)。

6. 线性影像与原始图像的叠合

将所提取的单方向线性影像图或全方位线性影像图与原始图像叠合,可得到以原图为背景的单方向或全方位的线性特征增强图(图版 I 图 2,图 3)。或用图形与图像的叠合技术将线性影像重叠于单波段或彩色合成图像上(图版 I 图 4)。与普通的卷积增强图像和边缘增强图像相比,这些图像所显示的线性体信息更强烈、更直观,更有利于专业人员作进一步的地质判读。

三、地质效果

1. 山东蒙阴地区

工作区位于郯庐断裂带沂水—临沂段西侧,蒙山—临沂活动断裂带北西—南东向贯

穿全区。在陆地卫星像片上(1977年2月27日,图版 I 图 5),断裂带表现为几条色调差别明显的色带^[5]。蒙山山体及工作区的东北角和西南端,主要出露太古界变质岩系及中酸性岩体,在卫星像片上呈灰白色夹一些暗红色斑块。蒙山山体北侧为汶河、蒙河河谷,在卫星像片上呈蓝和暗蓝色,南侧为浚河河谷,呈蓝—绿色。河谷中主要分布中新生代和古生代地层。沿这些色带的边界从北至南发育有新泰断裂、蒙阴断裂、蒙山南侧断裂和平邑—临沂断裂,在卫星像片上,它们都异常醒目。

用交互式检测法提取图像上的线性特征,将所提取的线性体叠加于 MSS 7, 5, 4 波段合成图像上,即得到以假彩色图像为背景的线性体图(图版 I 图 4)。从图上可见,由色调条带所表现出的北西向断裂在线性体图上显示得很清晰。其中北部的新的泰断裂和中部的蒙山南侧断裂连续性最好。所提取的线性体中还有一些是河流和地形线的反映,其地质意义尚待进一步验证。

除了北西向线性体外,在卫星像片上还可见到不少北东向和北北东向线性体,它们一般延伸较短,分布较密集。由于受北西向强反差色带的影响,除了图像下部的一些暗色色线外,在原始卫星像片上显示得都不很清楚。但在交互式提取的线性体图上,大部分线性体都得到不同程度的反映(图版 I 图 2, 图 4)。图版 I 图 2 为将线性体图与原图像进行合成所得到的线性体增强图像。从这幅图像中可见,不仅原图像中显示较明显的一些线性影像被提取出来,并且,还有原图上显示不很明显而易被忽略的一些线性体亦得到明显的增强。图版 I 图 2 中箭头所指的两条线性影像在原始图像上(图版 I 图 5)较难分辨,但在处理后的图像上则表现得非常清楚。沿着这两条线性体,山体发生显著错动或截断,具有明显的断裂影像特征,从区域构造上看,应属于沂源北东向大断裂的南延部分。

2. 安徽铜陵地区

铜陵地区位于下扬子台褶带中部。工作区主要出露以砂页岩为主的志留泥盆系和以碳酸盐为主的石炭二叠纪及早中三叠纪地层。本区在构造位置上处于华北地块和华南地块之间的挤压带中,基底断裂发育,岩浆活动剧烈,矿产资源丰富。矿床明显受断裂构造控制。因此,线性影像的研究对本区的矿产勘查具有重要意义。

从 1973 年 12 月 24 日陆地卫星 MSS 7, 5, 4 波段假彩色合成图像(图版 I 图 6)及其线性体目视判读图(图 7)上可以看出,区内线性体大致可分为北东、北西、南北和近东西向四组^[6]。它们在交互式提取的线性影像图上大部分表现的都比较清晰(图版 I 图 1)。

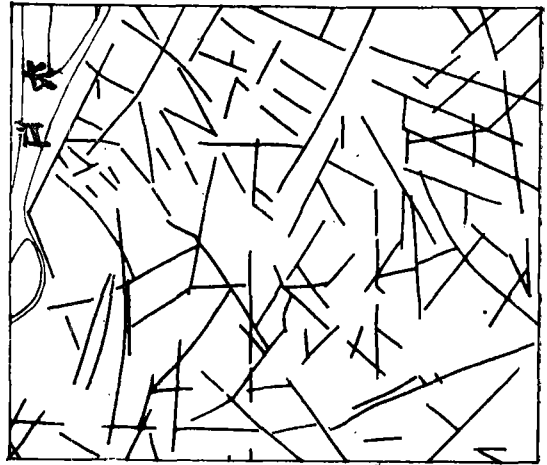


图 7 铜陵地区 MSS 图像线性体判读图
Fig. 7 Interpretation Sketch of Landsat
Image in Tonglin Area Shown in Fig.6
for Lineaments

北东和北西向线性体分布较密集,互相交切成菱形格子状。其中不少与已知的纵断裂或横断裂相吻合。还有一些表现为地层界线或地形线。

在卫星像片上该区内分别有四条南北向线性体和三条东西向线性体通过,在空间上大致呈等距分布。野外检查表明,它们都是断裂构造的反映。在航磁图上,都位于正负磁场梯度带上或异常等值线收缩中断处,表现为基底断裂的特征^[6]。其中最重要的一条位于工作区北部,走向近东西。从卫星像片及线性体图上(图版 I 图 1,图 6)可清楚地看出,该线性影像由许多近东西向的短小线性体组成,实际上为一条近东西向的断裂破碎带。这在交互式提取的线性影像图上呈现得十分明显。著名的铜官山、狮子山及新桥矿区都沿这一线分布,并都位于该断裂与南北向线性体的交汇部位。该断裂无疑是一条重要的控岩控矿构造。

对比图 1(图版 I)和图 7 可以看出,用交互式检测方法,区内大部分线性体都可提取出来。特别是在山区,效果更为明显。而对第四系覆盖区,效果不太理想。另外,还有一些线性体在原图像上表现得很不清楚。如图 1(图版 I)中箭头所指示的两条北西向线性影像,由于受到地形阴影的掩盖,在图 6(图版 I)上很难被发现,因而在目视判读时被忽视。但在交互式方法提取的线性影像图中(图版 I)图 1),这两条线性体显示得异常清晰,连续性较好,弥补了目视判读的不足。将提取的线性体叠加到原图上形成的线性体增强图像(图版 I 图 3),线性体的信息表现得非常强烈,为进一步的地质判读和分析提供了更有利的条件。

四、结 语

线性特征计算机交互式提取方法,是利用图像处理系统交互式处理的特点,动态地改变阈值,提取图像上高梯度边缘点及线段。由于处理过程中可有专业人员参与,因而,既可避免纯目视判读中的随意性,又可克服单纯依赖计算机的盲目性。

对山东蒙阴地区和安徽铜陵地区 MSS 图像处理结果表明,目视判读中所发现的绝大部分线性体都能为本方法所检测出来,对山区效果更好。并且,还能帮助发现一些为目视判读所忽略的线性影像,如图版 I 图 1 中箭头所指示的两条北西向线性体,以弥补目视判读的不足。

本法操作简便、快速,便于推广。在 M70 图像处理机上从一幅 512×512 大小的卫星图像上,提取一个方向的线性体仅需 5—10 分钟时间,所需机时与作一般卷积边缘增强相差无几。而处理结果所得到的线性体图及各种线性体增强图与一般卷积图像或边缘增强图像比较,线性特征表现得更突出,更适于作进一步的地质判读和制图。

参 考 文 献

- [1] S. R. Xu, C. C. Li, and N. K. Flint, Extraction of Geological Lineaments from Landsat Image by Using Local Variance & Gradient Trend, 1981 Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium Proceedings, pp. 113—122.
- [2] Richard G. Burdick and R. A. Speirer, Development of Methode to Detect Geologic Faults and Other Linear Features from Landsat Images, RI 8413, 1980.

- [3] C. B. Chittineni, Edge and Line Detection in Multidimensional Imagery Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE-21, No. 2, April 1983, pp. 163—174.
- [4] Gerald, K. Moore, Objective Procedures for Lineament Enhancement and Extraction, Pho. Eng. & Rem. Sen., Vol. 49, No. 5, May 1983, pp. 641—647.
- [5] 姜刚仁、张大其,从卫星影像看 1668 年鲁南大震的构造特征,遥感地震地质文集,地震出版社,1985 年。
- [6] Wang Runsheng, Yang Wenjiu et al., Digital Processing of Integrated Images of Remote Sensing and Other Geodata Sources and Its Application to Mineral Resources Potential, Presented at Beijing International Symposium on Remote Sensing, Nov. 1986.

Interactive Extraction of Linear Features from Remotely Sensed Image

Wang Runsheng

(Center Remote Sensing Center of Geology)

Abstract

This paper described a digital convolution enhancement procedure for interactive extraction of linear features from remote sensing image. It consists six steps: (1) Preprocessing the image. (2) Directional convolution filtering for edge enhancement. (3) Smoothing and noise reduction. (4) Interactive extraction of linear features. (5) Producing a all direction lineament map. (6) Overlapping the lineaments onto the original image. Those images obtained using this procedure provide useful tools for further analysis and geologic interpretation of the lineaments.

The lineaments extrated from MSS image in Mongshan region of Shantong province and in Tongling area of Anhuci province are taken for two examples to illustrate the effect of this method.

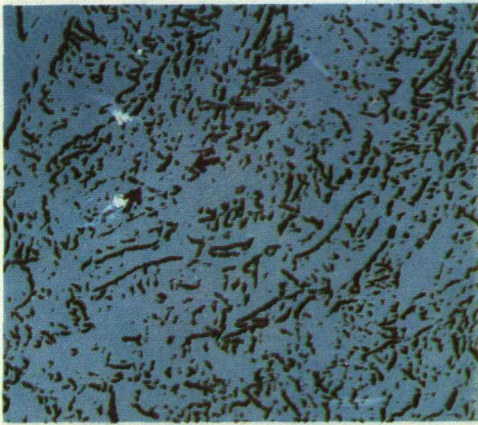


图 1 交互式提取的线性影像



图 2 提取的线性体与原图的叠加

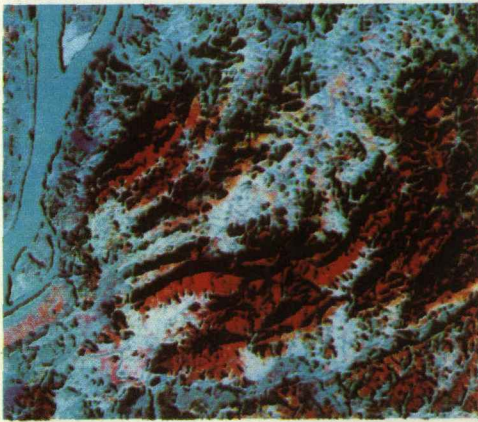


图 3 线性体增强图像

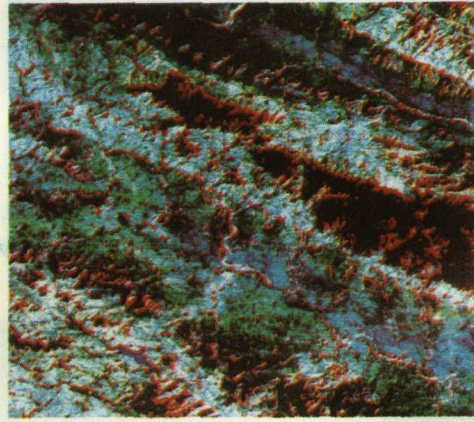


图 4 交互式提取的线性体 (以图5为背景)



图 5 山东蒙阴地区MSS7,5,4 合成图像

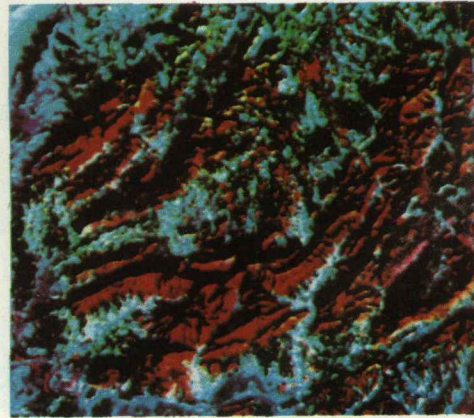


图 6 安徽铜陵地区MSS7,5,4 合成图像