

# 断裂影像自动判读专家系统初探\*

吴景坤 张昌新 王振宇 王爱军 蔡军刚

(北方交通大学 北京 100044)

**摘要** 本研究是以专家系统为引导,数字图像处理和模式识别为证据的自动获取手段,采用人机交互方式和自动识别模块相结合的方法,建立以断裂构造为研究对象的半自动判读专家系统。本系统以PC机为主机,采用C语言编程。软件系统界面友好,操作方便。

**关键词** 断裂影像,专家系统,知识库,图像判读

## 1 概述

断裂地质构造是铁路勘测中经常遇到的问题,它会给工程带来隐患,是工程地质人员极为关注的问题之一。

多年来,利用遥感图像进行断裂构造的判读,已经取得了丰硕的成果,充分显示了遥感技术的优越性。但是,当今世界遥感技术在迅速发展,信息量在日益增大,常规的目视判读将不能满足实际需要。随着计算机、人工智能技术的发展,人们自然把解决这一矛盾的方法放在建立专家系统上。这也是当前遥感技术深入发展的一个研究方向。因此,我们吸取遥感地质专家对断裂构造影像判读的丰富经验,并将其条理化,与图像处理模式识别技术相结合,建立了断裂影像自动判读专家系统。它的建立,将可提高遥感图像的判读精度和速度,同时为图像判读增添了一种新的有效手段。

## 2 断裂影像自动判读专家系统(ARFES)的建立

### 2.1 系统总体结构

断裂影像自动判读专家系统的总体结构如图1所示。

### 2.2 知识库子系统

本系统是以专家系统的形式来分析遥感图像中是否存在断裂影像,必然要有关于断裂影像的判别知识库。为了能方便地对这些知识进行修改、删除、添加、查阅等操作,因此,设计编制了一个知识库操作工具。建立知识库时,首先总结了断裂影像判读标志,然后用知识表示方法对这些判读标志规范成知识规则形式(图2)。

#### 2.2.1 断裂构造影像判读标志

\* 本文为国家自然科学基金项目部分内容。

收稿日期:1994年9月5日;收到修改稿日期:1995年6月26日

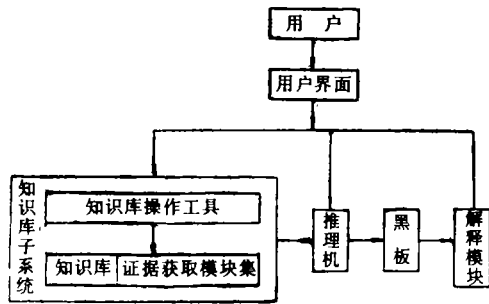


图 1 系统总体结构图

Fig. 1 System structure

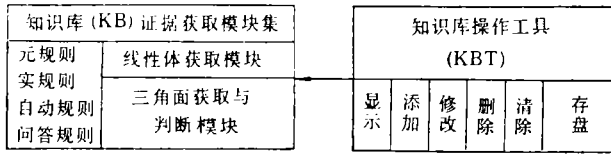


图 2 知识库子系统

Fig. 2 Knowledge-base sub-system

- ① 地质体被切断或错开：中断部位较平直，有明显的岩层不连续现象；
- ② 地貌单元突变：山区突然变为平原或盆地，突变部位呈直线；
- ③ 串珠状湖泊或泉水呈线状分布；
- ④ 数个火山呈线状排列；
- ⑤ 湖岸边为直线或折线影像；
- ⑥ 水系特征：河流直线段，数条河流呈直角或肘状拐弯，拐弯处可连成一条直线，有时直线两侧出现影像色调差异，格子状水系，倒钩状水系等；
- ⑦ 断层三角面、断层崖和断层牵引现象等影像特征；
- ⑧ 山脊错断、山垭口和对头沟部位；
- ⑨ 植被沿断层呈带状分布，具有整齐的边缘处。

2.2.2 知识表示

本系统的知识表示形式，首先采用传统的 IF 条件 THEN 结论(置信度)产生式规则形式<sup>[4]</sup>，如：

IF 线性影像与城镇连接  
 THEN 该线性影像是公路 cf = 0.8  
 IF 数个湖泊呈线状分布  
 THEN 断层存在 cf = 0.8

进一步又赋予这些规则两个属性：第一个叫策略属性，该属性说明某规则是元规则还是一般性推理规则；第二个叫求值属性，该属性说明某规则的证据求值方式是程序自动实现

还是向用户提问。规则的策略属性使系统具备启发式搜索推理能力,从而大大提高了推理速度与效率。规则的求值属性是规则与证据获取模块联系的纽带,当推理机得知某规则为自动规则时,便到证据获取模块集中去寻找与本规则匹配的证据获取功能函数,进行求值。下面是一个规则的具体形式:

规则号: 1

规则名: 直线体

内 容: getline

策略属性: 1

求值属性: 1

置信度: (0.80,0.00,0.00,0.00,0.00)  
(0.70,0.00,0.00,0.00,0.00)

提问选择:

上级规则:

下级规则: 断层属性 地形 河流 线性体形状 线性体色调

规则的结论均为对断裂构造、公路、铁路、岩石层理和山脊线的肯定程度。

规则置信度是一个 5 维的空间向量,它刻画本规则的结论对断裂构造、公路、铁路、层理、山脊线 5 种线性影像的不同肯定程度。

上、下级规则是为元规则设置的,用以改变推理的进程。

本系统用 C 语言定义的规则表示形式为:

```
typedef struct rulestruct {
    char rname [20];/*规则名*/
    char content [100];/*规则内容*/
    int rgetf; /*策略属性*/
    chioce ch; /*求值属性,其中 chioce 为已定义的另一结构*/
    cf f1,f2; /*可信度,其中 cf 为已定义的另一结构*/
    int rf; /*提问选择*/
    char last[5][20]; /*上级规则*/
    char next1 [5][20]; /*下级规则*/
    char next2 [5][20];
} rule;
```

### 2.2.3 知识库操作工具的设计

知识库操作工具主要是将规则文字输入知识库。传统的方法是将这些规则按一定形式存入文本文件中,然后由知识库编译程序对文本进行编译,把每一规则的内容以机器码形式添入知识库框架中去。这种方法最大的缺点是文本输入容易出错,而且编译起来比较麻烦。为此,设计了一个知识库操作工具软件,规则的每一项内容的出入,由软件提示,从而大大降低了错误的概率,而且内容是直接放入知识库结构中去的。此外,规则的修改、删除等操作也都是在菜单提示下进行。规则内容的编辑与修改也都是全屏幕编辑方式。

### 2.3 推理机制

#### 2.3.1 系统推理策略

本系统采用正向推理方式，推理的终止条件是断裂构造、公路、铁路、岩石层理和山脊线中任一项的可信度达到系统设定的阈值，或者是知识库中的所有规则都已搜索完毕。在一般情况下，推理机按照深度优先的原则搜索知识库，当遇到元规则时，则顺着元规则指定的方向推理，如“水系”这条规则，当水系不存在时，则推理机不再去启动关于水系的

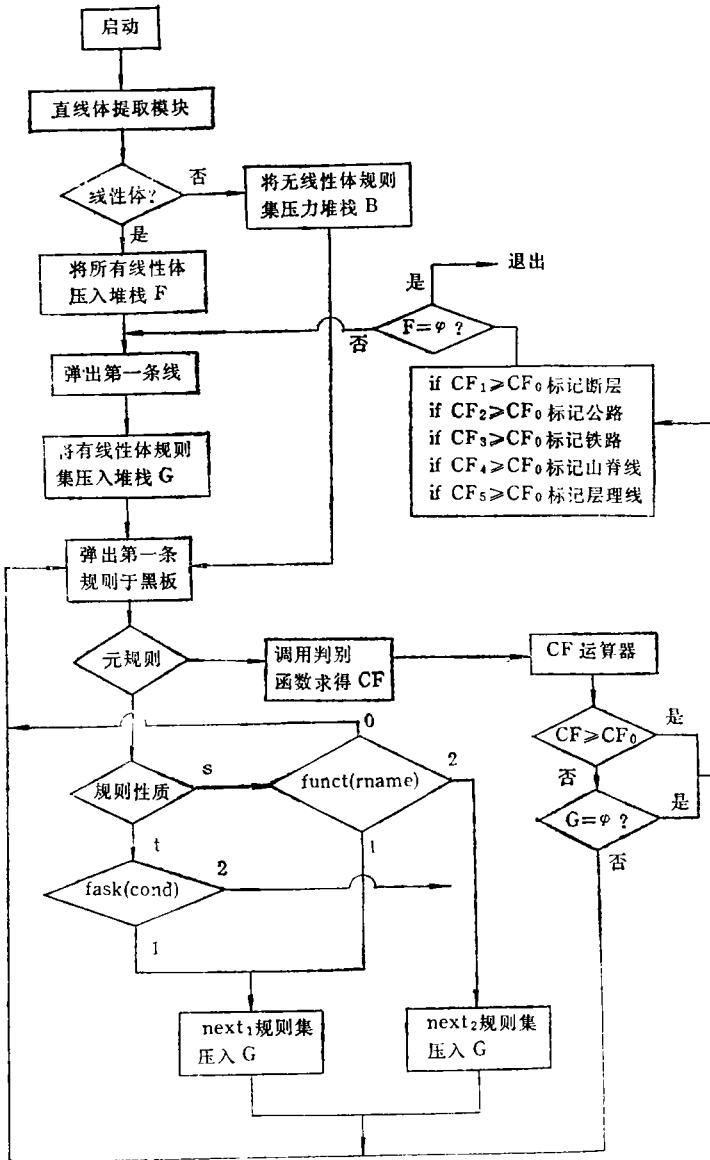


图 3 系统推理机工作流程框图

Fig. 3 Flowing chart of system reasoning

一系列规则,这样就提高了效率。图 3 是系统推理机的流程图。

从图 3 可知,推理的过程首先提取直线体,如果直线体存在,应用与直线体有关的规则对每一条线依次进行推理,最后得出每一条线的所属类型,否则应用没有直线体情况下的那些规则进行推理,判断是否存在 5 种线性影像的某一种。推理完毕,结论在结论窗中显示。如果用户认为已得到所关心的线性体的结论,可以终止推理。

### 2.3.2 不精确推理算法

系统推理过程中,应用的每条规则都输出一个置信度向量  $cf$ ,同时系统存在一个当前可信度向量  $CF$ , $cf$  与  $CF$  用不精确推理算子进行运算,得出新的当前可信度  $CF$ ,即:

$$CF_{新} = CF + cf$$

目前定义为下式算法

$$CF_{新} = CF + cf - CF * cf$$

具体展开为:

$$CF_{新} \cdot f_1 = CF \cdot f_1 + cf \cdot f_1 - CF \cdot f_1 * cf \cdot f_1$$

$$CF_{新} \cdot f_2 = CF \cdot f_2 + cf \cdot f_2 - CF \cdot f_2 * cf \cdot f_2$$

式中  $f_1, f_2, \dots, f_n$  表示断裂构造、公路、铁路、山脊线和岩层。

### 2.3.3 解释推理

系统的解释功能可以帮助用户回顾推理过程,通过一个有向链表来记忆推理路径。推理的结果置于结论窗中。结论窗可能有几条线的推理结论,用户可以用光条任选其中一条,查看其推理过程。解释时,屏幕显示所有用过规则的内容,回答或求值的情况,以及当前的可信度,可信度的变化情况。

## 3 证据自动获取模块的设计

断裂影像自动判读专家系统,应该是推理过程中的信息源仅仅是遥感数字图像来实现断裂构造特征的提取和识别,不需要任何人为的干预。但是,由于遥感图像信息的复杂性,特征提取的难度是相当大的,加上本课题的研究时间有限,所以,本系统还只能是两种方式并存的半自动化系统。目前,仅在直线体提取、断层三角面提取和判断等两个方面可以进行自动获取和判读。

### 3.1 直线体的自动提取

遥感图像中的线性影像有两个明显的特点,即沿线性影像上的像元灰度值相近及线性影像与两侧背景灰度值有明显的差异。因此,可以生成一幅二

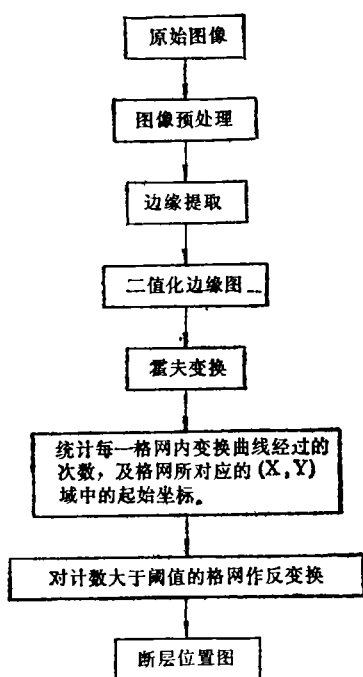
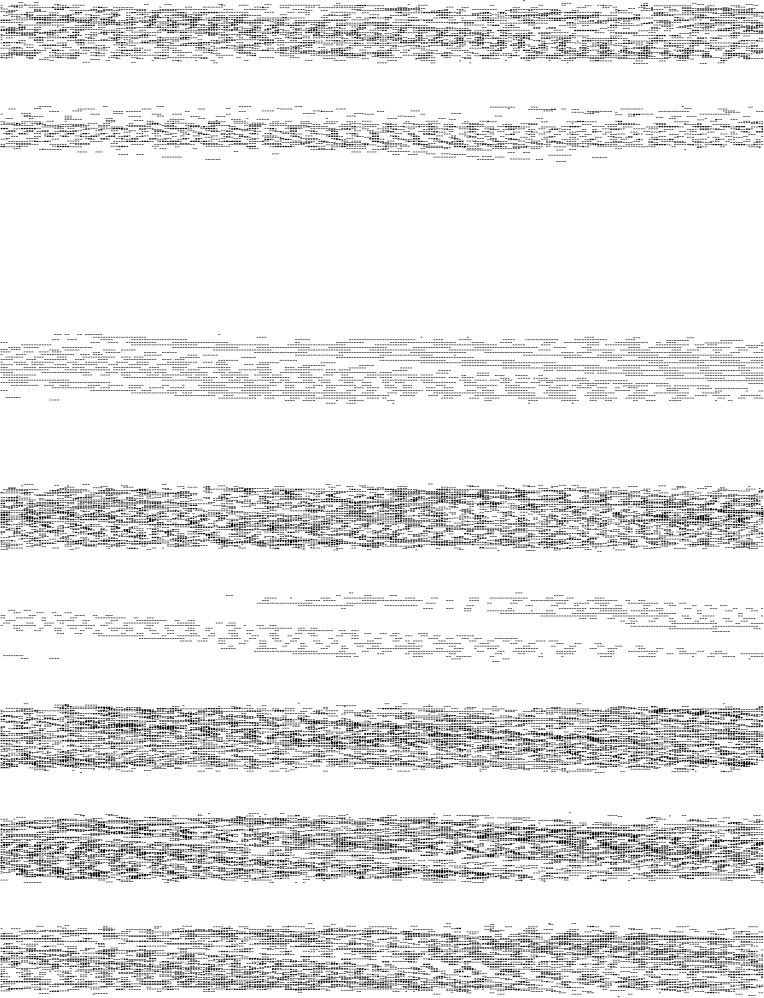


图 4 霍夫变换自动检测工作流程图

Fig. 4 Flowing chart of hough transform automatic detecting



实例：利用本系统对航空像片(图 5)中断裂构造的判读流程如下：

主 菜 单

1. 知识库操作
2. 图像处理
3. 系统运行
4. 退出系统

请输入您的选择：3

请输入图像名 FA1.IMG

图像输入后,该系统开始进行线性特征提取,获得的线性体为  $L_0(466,0;0,450)$ , 然后对检测出的  $L_0$  线性体利用专家系统进行判读:

问：线性体色调：

(屏幕显示 3 种情况：深色调？浅色调？不知道？

可从中选取一种)

答：浅色调

问：线性体形状

答：规则

问：河流是否存在

答：不存在

问：线性体附近地形

答：负地形

问：是否有下列地貌地形

(陡崖线状分布？山区与平原相接？不知道？)

答：不知道

问：植被分布情况

答：不知道

问：水系是否存在

答：不存在

问：断层三角面是否存在

这时自动调出断层三角面检测程序,检测出三角面,同时屏幕显示出三角面的顶点坐标。

三角面

$L_0$  and  $L_8$  (339,123)

$L_0$  and  $L_9$  (280,180)

$L_8$  and  $L_9$  (306,173)

The triangle exist!

最后系统得出结论： $L_0(466,0;0,450)$  是断层,其可信度为 0.82。

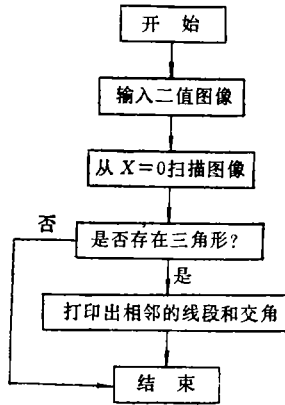


图 6 断层三角面识别框图  
Fig. 6 Flowing chart of fault triangle recognition

## 4 体会

本实验表明,人工智能用于遥感图像断裂构造影像的判读是可行的。系统中的自动识别部分仅是一个尝试。它的建成,对遥感图像断裂构造全自动判读的实现,是一个良好的开端。但是,由于断层等自然现象表现复杂,很难建立起数学模型。因此,自动判读在一定程度上还是有一定局限性的。

通过本系统的研制,我们认识到,断裂影像自动判读专家系统是一个涉及到数字图像处理、模式识别及人工智能的综合研究领域。这种学科的交叉必然带来更大的学术上、实践上和经济上的效益。

### 参 考 文 献

- [1] 黄可鸣,专家系统. 南京:东南大学出版社.
- [2] 王积分,张新荣编著. 计算机图象识别. 中国铁道出版社. 1988年.
- [3] JINFEI WANG, PHILIP J. HOWARTH. Use of the Hough Transform in Automated Lineament Detection. IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING. 1990, 28(4).
- [4] 闵卫东,盛晨光,唐泽圣. 线段集求交的改进的平面扫描算法. 计算机应用,1992,(10).

## Exploration of Expert System for Automatic Recognition of Fault Structure

Wu Jingkun Zhang Changxin Wang Zhenyu Wang Aijun Cai Jungang

(Northern Jiaotong University Beijing 100044)

**Abstract** With the development of remote sensing technology, the conventional manual approach for image interpretation can not meet the increasing needs of more and more information. The incorporation of artificial intelligence into remote sensing, such as an building for the expert system of automatic recognition which can greatly enhance the efficiency of image interpretation, is an important approach to solving this problem. The authors take the expert system as the guide, used the digital image processing and pattern recognition technique as the methods of evidence acquisition, and combined the quantitative with the qualitative abstraction so that we could build an expert system for automatic recognition of fault structure. This expert system is only an attempt to develop an approach to the automatic recognition of remote sensing images instead of conventional way. The basic structure of this expert system as shown in Fig. 1 includes the following parts:

1. Knowledge-base: It consists of facts and expert's knowledge associated with recognition of fault image. The knowledge is presented in the form of rules.
2. Inference engine: It utilizes the knowledge base, and its reasoning strategy is step forward.
3. Knowledge base management system: It manages the knowledge base by automatically organizing, propagating, modifying and deleting the stored knowledge.
4. User interface: It fulfils the communication between user and the expert system.
5. Automatic recognition system: It includes several subsystems such as abstraction and examination of linear body and triangle plane of fault structure, lake and the distribution of all the linear signs.

This expert system is completed on IBM-PC with C language. Whose user interface is friendly, there by leading to its practical applications.

**Key words** Fault sign, Expert system, Knowledge base, Image interpretation, Recognition of fault