

# 地震剖面图同相轴的 AR 自动追踪方法<sup>1)</sup>

周冠雄 胡志成

(华中理工大学计算机系, 武汉)

## 摘 要

应用模式识别与人工智能技术解决剖面图同相轴的自动追踪问题, 是目前地震勘探资料自动解释中所研究的主要问题之一. 本文提出了一种区别于文献[1, 2]的新的 AR 自动追踪方法, 首次应用 AR 模型描述同相轴, 在一种特定的数据结构和搜索策略下实现了同相轴的 AR 自动追踪. 与已有的研究结果相比, 该方法能修补断点, 保持同相轴的连续性; 对尖灭和断层给出了有参考价值的结果; 并显示以同相轴划分的大致层位. 该方法在结构上还有引入知识的接口, 从而提供了实现智能追踪的可能性.

**关键词:** 地震剖面, 同相轴, 断点, 尖灭, 基底.

## 一、前 言

近年来, 模式识别技术已逐步应用于解决石油地震剖面图同相轴的自动追踪问题, 相应的探索性工作由文献[1, 2]给出. 本文从一个新的角度出发解决该问题, 其基本思想是将同相轴视为具有某种动态规律的曲线, 通过一个广义的时间序列来描述, 并用动态系统分析中的 AR 模型去拟合这个时间序列.

一个剖面图  $T$  可表示为二维数组  $T(I, J)$ , 坐标  $I$  表示采样点序号, 坐标  $J$  表示道号, 每一元素是  $(I, J)$  处的离散数据值. 考虑到反射系数剖面图正向波峰特性明显, 故作为输入剖面, 此时  $T(I, J)$  为  $(I, J)$  处的反射系数.

设  $T$  中有同相轴  $S$ , 其长度为  $N + 1$ , 起始地震道为  $l_0$ , 终止道为  $l_0 + N$ , 令  $\beta' = \{l_0, l_0 + 1, \dots, l_0 + N\}$ , 将  $S$  表示为点集

$$F' = \{(x, y) | y \in \beta', T(x, y) \text{ 为反射系数的正向波峰}\}, \quad (1)$$

于是可定义一个广义时间序列

$$F = \{X_y | (x, y) \in F'\}, \quad (2)$$

称  $X_y$  为同相轴  $S$  在第  $y$  道的正向波峰特征深度, 单位为采样点数. 令

$$\beta = \{k | y = l_0 + k, y \in \beta'\}, \quad (3)$$

则  $\beta$  为相对道号集,  $k$  为由  $y$  转换成的相对道号, 此时, 则有广义时间序列(即正向波峰特征深度序列  $\{X_k | k = 0, 1, 2, \dots, N\}$ ). 由  $AR(n)$  模型的基本理论<sup>[3]</sup>知, 当  $n$  充分大时有

本文于 1987 年 5 月 14 日收到.

1) 国家自然科学基金资助项目.

$$X_k = \sum_{j=1}^n \alpha_j X_{k-j} + l_k. \quad (4)$$

于是,可应用文[4]的方法实现同相轴  $S$  之 AR 建模,并依据  $S$  上已知  $N$  个点的序列确定第  $N+1$  个点.

模拟数据及实际地震测线数据对模型进行验证的结果,说明该模型能很好地反映同相轴的动态规律,因此,在出现断点、尖灭和断层时,可用模型预测的方法实现自动追踪识别. 为了实现自动追踪,应用了一个特殊双向链表的数据结构形式和相应的发散式搜索策略,前者提供了灵活方便的追踪方法,后者为实现智能追踪提供了可能的接口.

## 二、AR 自动追踪方法

### 2.1. 数据结构与预处理的实施

视同相轴为由若干点组成的离散曲线,引入双向循环链数据结构以表示同相轴并方便地实现追踪.

设立工作数组  $TV(I,J)$  及数组  $LTM(I,J)$ ,大小均与  $T(I,J)$  相同. 前者存储预处理时得到正向峰值,后者由三个域组成,分别记为  $LTM(I,J,L)$ ,  $LTM(I,J,R)$  及  $LTM(I,J,S)$ ,各自表示“同相轴左邻指针”、“同相轴右邻指针”及“同相轴序号”. 如果点  $(I,J)$  位于第  $K$  条同相轴,其左邻点为  $(I_L, J_L)$ ,右邻点为  $(I_R, J_R)$ ,则  $LTM(I,J)$  的值表示为图 1 的形式. 图 1 中  $I_L, I, I_R$  都是同相轴  $K$  的特征深度值. 当点  $(I,J)$  不属于任何一条同相轴时,三个域的值均为零;当点  $(I,J)$  是第  $K$  条同相轴的右端点时,  $LTM(I,J,R) = 0$ ;当点  $(I,J)$  是第  $K$  条同相轴的左端点时,  $LTM(I,J,L) = 0$ . 为了便于搜索同相轴的端点,设立一维数组  $QUE$ ,称为链头表,其元素  $QUE(K)$  表示同相轴  $K$  的端点,由两个域组成,左域是左端点指针,指向同相轴的左端点位置;右域是右端点指针,指向同相轴的右端点位置. 它们分别表示为  $QUE(K,L)$  及  $QUE(K,R)$ ,形如图 2 所示.

预处理分两步实施: 首先依据  $T$  对地震道实施过零点分割,取正波峰段为能量值,其值为能量中心,使工作数组  $TV$  变成能量中心数组  $TV$ ;然后逐点分析  $TV$ ,构造同相轴

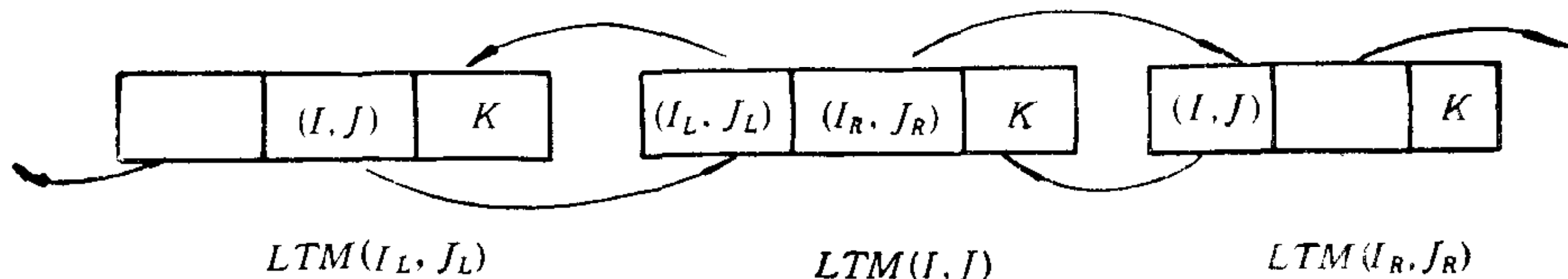


图 1

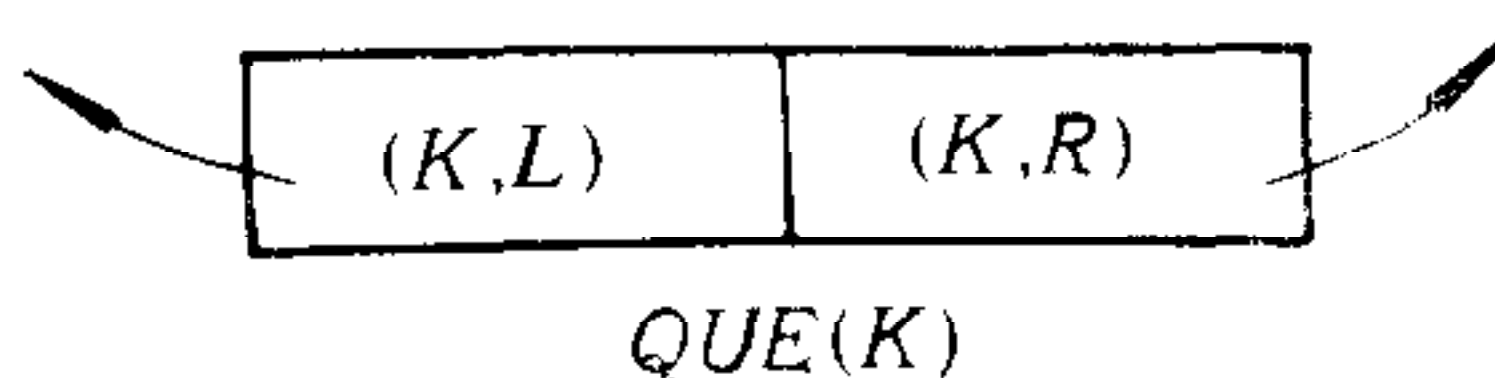


图 2

双向链结构。

## 2.2. AR 追踪

在  $T$  上以随机窗口方式实施 AR 追踪：按顺序考察通过窗口的链，找出一个端点（如左端点）后，沿该端点方向施实一扇形启发式搜索策略，搜索其它端点（链头）。如存在其它端点，则依据式(4)实行 AR 预测，并判断两端点是否连通。若连通则实施连通操作，直至沿该方向追踪到无法找出其它链头或无法实施连通为止（连通决策策略）；然后对另一端点（如右端点）实施同样步骤。过程终止后作能量均衡化处理即可输出追踪结果。

## 三、结果及分析

系统在 CYBER 中心用 FORTRAN 语言实现，并对实际剖面进行了文中所述的全部处理。现以图 3 所示的输入剖面为例说明其处理结果。图 4 是图 3 经过预处理后的结果，其中  $A, B, C, D, E, F$  六个区域都是模糊的，需要进一步识别判断；图 5 是对该图进行窗口 AR 追踪后的结果， $A, B, C, D$  处已变得非常清晰，并能确定  $A, C$  处为尖灭， $B, D$  处的断点已自动补上；图 6 则表明，同相轴  $M$  向右追踪至  $G$  处就停止了，与图 4 比

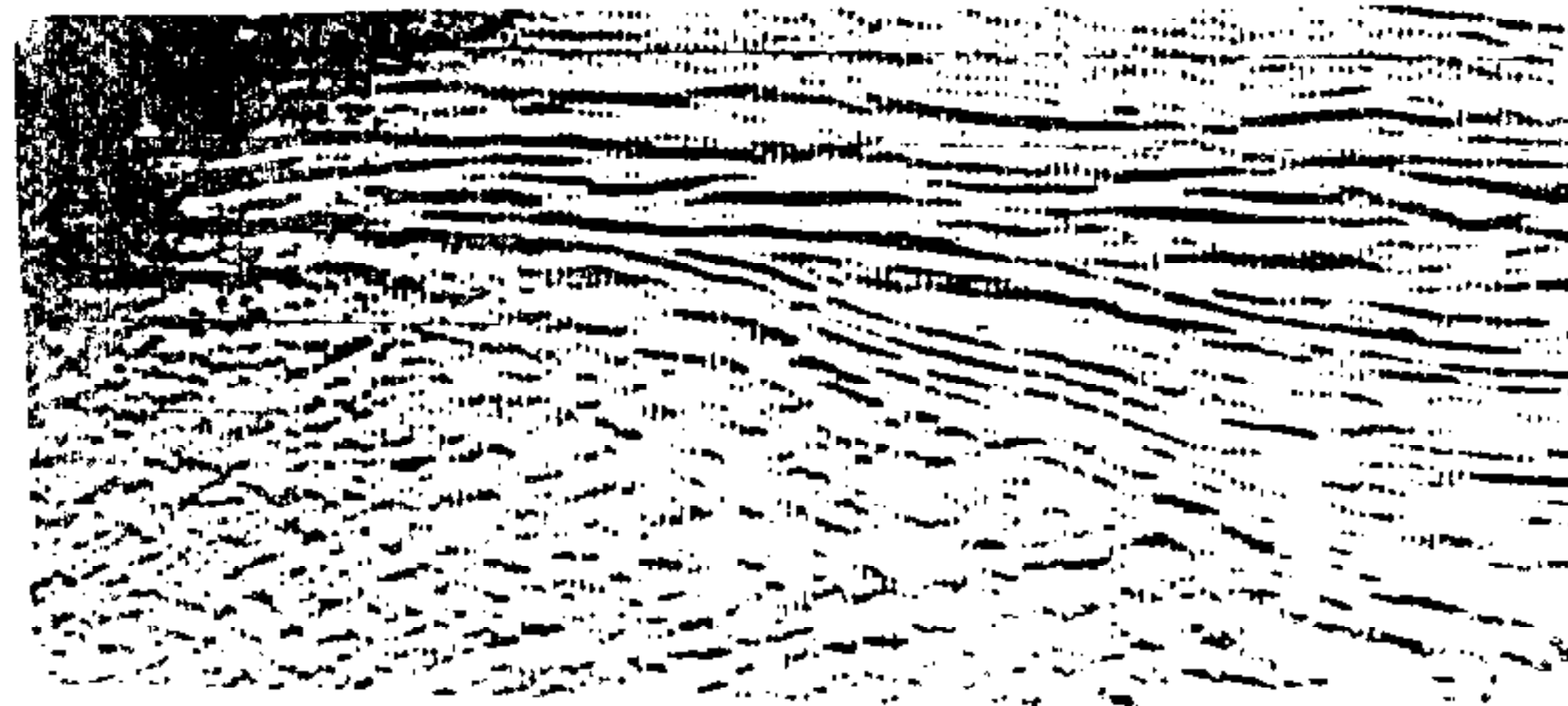


图 3

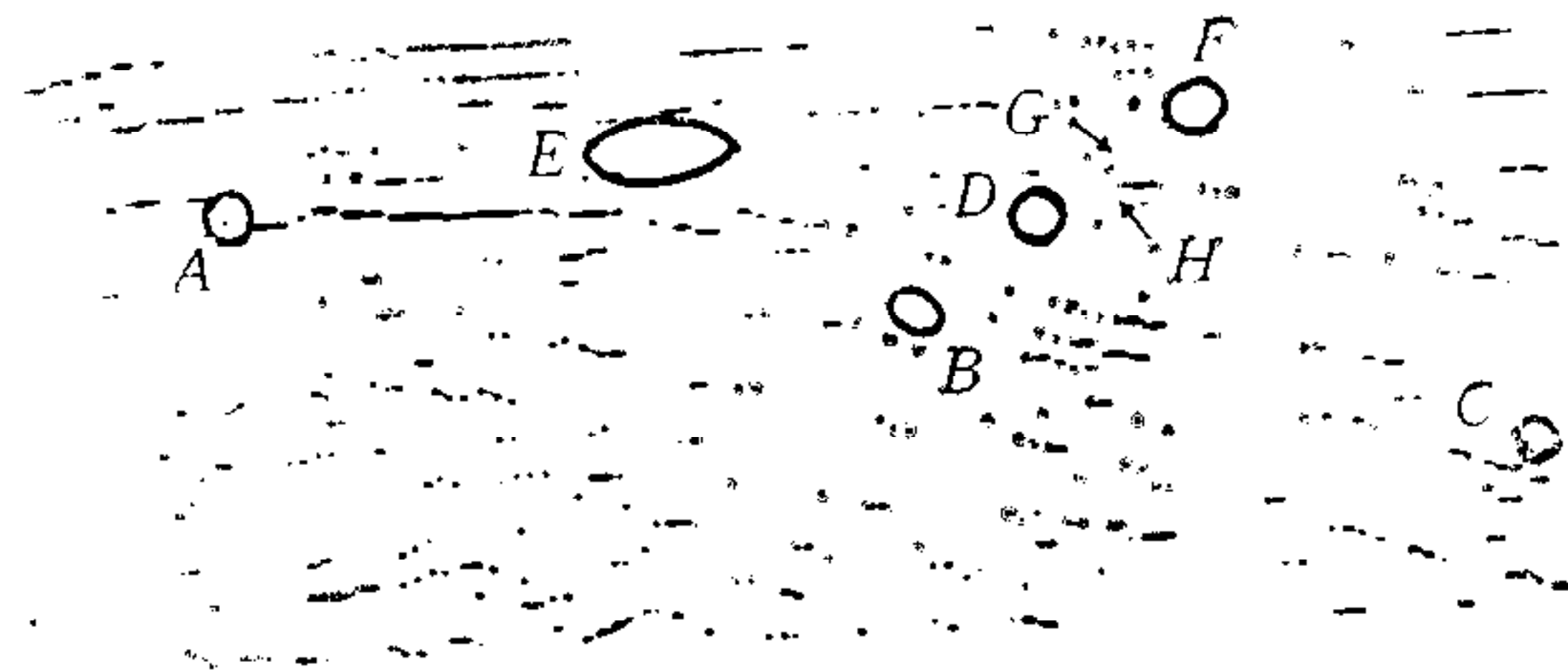


图 4

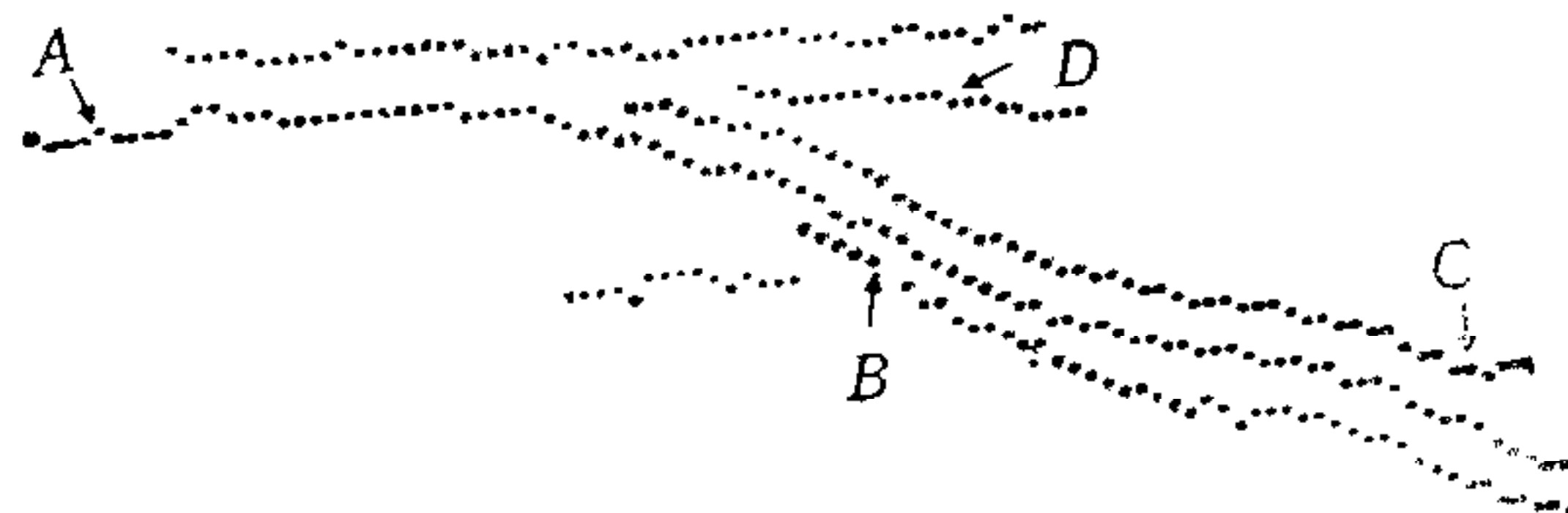


图 5



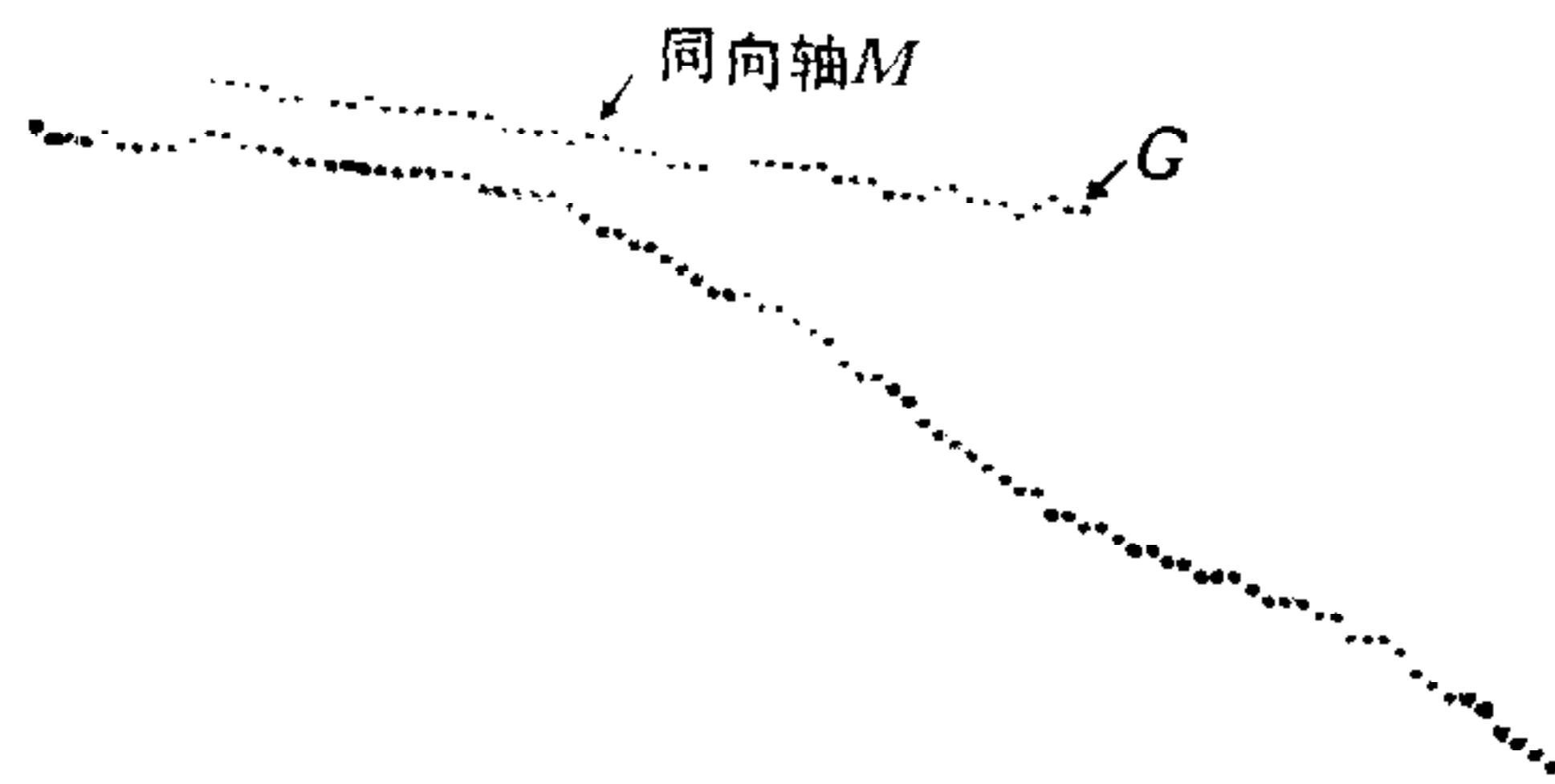


图 6

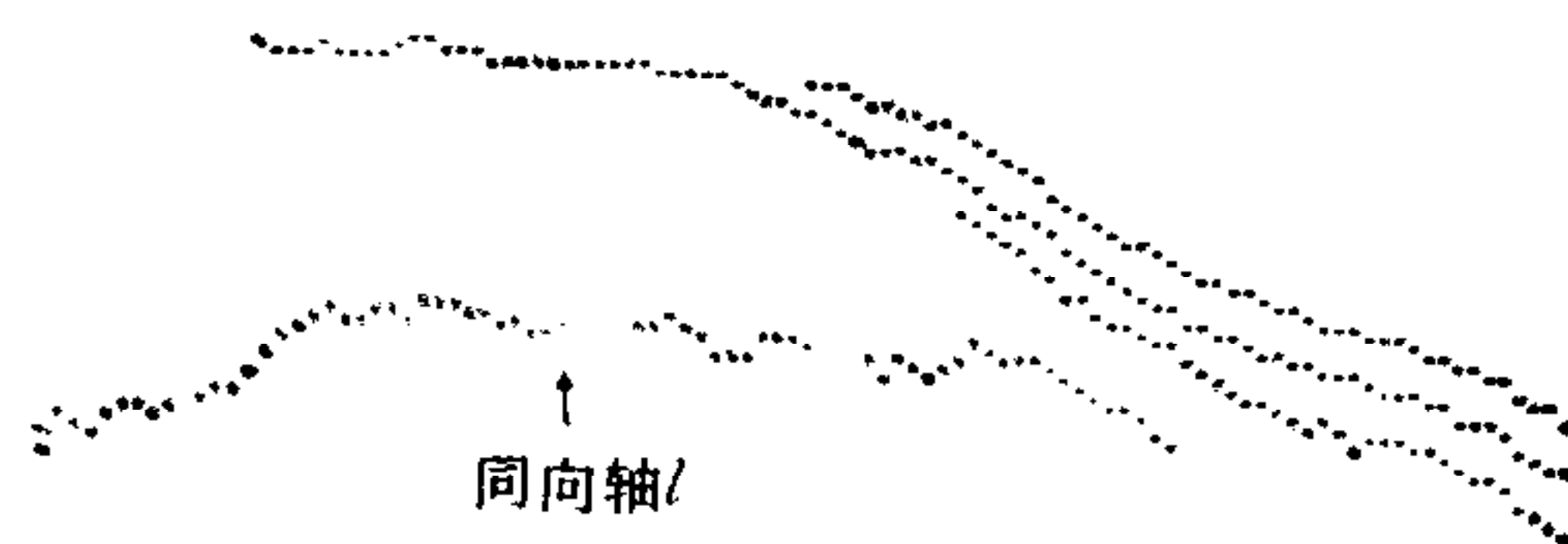


图 7

较,该处与 $H$ 处相当接近,据同相轴 $M$ 的走向及 $G, H$ 的相对位置分析, $GH$ 可能是断层,但亦不排除是尖灭的可能性,需更多的信息作进一步判断;图7为同相轴追踪结果及层位信息,且从整体结构看, $l$ 可能是基底,这是海上石油勘探中极有参考价值的信息。

最后指出,本系统是考虑用于岩性分析的模式识别专家系统中的 $PR$ 模块运行的,因而其处理结果将作为可能的知识库运行的子目标而得到进一步处理<sup>[6]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] Bois, P., Application of Pattern Recognition to Oil and Gas Exploration, *IEEE, Trans.*, **GE-21** (1983), 4,416—426.
- [2] Justice, J.H., Hawkins, D.J. and Wong, G., Multidimensional Attribute Analysis and Pattern Recognition for Seismic Interpretation, *Pattern Recognition*, **18**(1985), 6, 391—407.
- [3] 邓自立、郭一新,动态系统分析及其应用,辽宁科技出版社,1975,41—59.
- [4] 周冠雄等,基于特征和知识的模式识别专家系统,机器人,1988, No. 2, 49—55.

## AN AR-METHOD FOR AUTOMATICALLY TRACKING SYNC-PHASE AXIS OF THE SEISMIC CROSS-SECTION GRAPH

Zhou Guranxiong Hu Zhicheng

(Huazhong University of Science and Technology)

### ABSTRACT

The problem of automatically tracking the sync-phase axis on the seismic cross-section images via pattern recognition and AI approaches is one of the major topics in seismic data explanation. This paper presents a method which employs AR model to represent the sync-phase axis and track the axis automatically by a special data structure and searching technique. Compared with the results described in [1] and [2], this method is capable of repairing the broken points, thus keeping the continuity of the axis. It can also provide useful information about the ends of the axis as well as the broken strata and their locations. The structure of the proposed system can be provided with an interface for knowledge input, thus making it possible to track intelligently.

**Key words:** Seismic section; seismic signal processing; rock base floor.