

一种基于预测跟踪技术的地图识别方法

吕建平 赵树芾 王正光

(西安电子科技大学)

摘 要

地图是由表示各种地物及其空间关系的大量曲线和符号组成,本文在 Freeman 码的基础上,针对地图的具体特点,提出了一种适于地图要素轮廓描述的“预测跟踪”技术,在识别过程中,充分利用了地图的先验知识,通过学习来抽取地图各要素的分析特征。最后,本文给出以二值化、大比例尺的地图为实验对象的实验结果。

关键词: 地图, Freeman 码, 预测跟踪。

一、引 言

地图广泛用于经济建设、国防建设以及科学研究的许多部门和领域,利用计算机分析和处理地图具有重要意义。但是,由于地图数据量大、精度高、内容复杂,所以目前人工将地图输入到计算机的作法,效率较低,难以满足应用要求。现在虽能用扫描仪或传真机将地图图象自动输入到计算机,但只能输入原始图象而不能提取隐含于地图内的各种地理信息,因此不能代替地图的人工输入。解决地图自动输入的关键在于,设法用计算机从图象数据中自动识别出隐含的地理信息。本文运用模式识别的理论与方法,探讨和解决地图要素的计算机自动识别问题,从而实现地图的自动输入。

一幅普通地图的要素有水系、地貌、植被、居民点、交通、境界以及独立地物七类。此外,地图上用以说明各要素的名称、特征、质量和数量的文字及数字叫注记。地图的要素是采用一定颜色的点、线、几何图形表示,这些点、线、几何图形叫做地图的符号,它是地图的语言,不仅能反映地物的形状、大小,而且也能给出地物的质量、数量及其相互关系^[1]。

为便于地图识别工作的进行,将把各要素在地图中的表示符号看作它们各自的轮廓,这样地图有如下主要特点:

- 1) 图文混合;
- 2) 各要素的轮廓线呈随机变化;
- 3) 各要素的轮廓线有封闭和不封闭之分;
- 4) 各要素轮廓线的线条粗细、纹理特点有所不同;
- 5) 各要素的轮廓线之间频繁地出现各种交叉现象。

两点说明: 1) 由于我们缺乏精度较高且具有彩色输入能力的设备, 因此本文所述内容只是针对二值化、大比例尺的地图而言; 2) 地图中既有图形, 又有文字, 对于其中的文字注记, 本文不进行具体的识别工作, 只是把它们当作一种图形看待, 予以分割并归入“文字注记”类。

二、预测跟踪算法的设计

1. 基本设计思想

Freeman 码即方向链码, 是一种可用来描述二值图形边界或线型图形轮廓的有效编码^[2]。一个二值化图形的轮廓线方向链码描述通常是以如下形式给出的:

$$s_0 x_{00} y_{00} d_{00} d_{01} \cdots d_{0n_0} e_0 s_1 x_{10} y_{10} d_{10} d_{11} \cdots d_{1n_1} e_1 \cdots s_m x_{m0} y_{m0} d_{m0} d_{m1} \cdots d_{mn_m} e_m \$$$

其中, s_i 和 e_i 是描述第 i 条轮廓线的子描述符的开始符和终止符; x_{i0} , y_{i0} 是第 i 条轮廓线的起始点坐标; d_{ij} 为第 i 条轮廓线上第 j 点到第 $(j+1)$ 点的方向码且满足

$$d_{ij} \in \{1, 2, \cdots, 8\};$$

$\$$ 是整个图形描述的终止符。

预测跟踪算法通过对地图要素的轮廓跟踪, 自动地产生 Freeman 链码, 从而实现对地图要素的轮廓描述。它采用右边缘规则, 即沿轮廓线跟踪前进时, 前进方向的右边必须是“·”点(“·”为非象素点, “*”为象素点)。

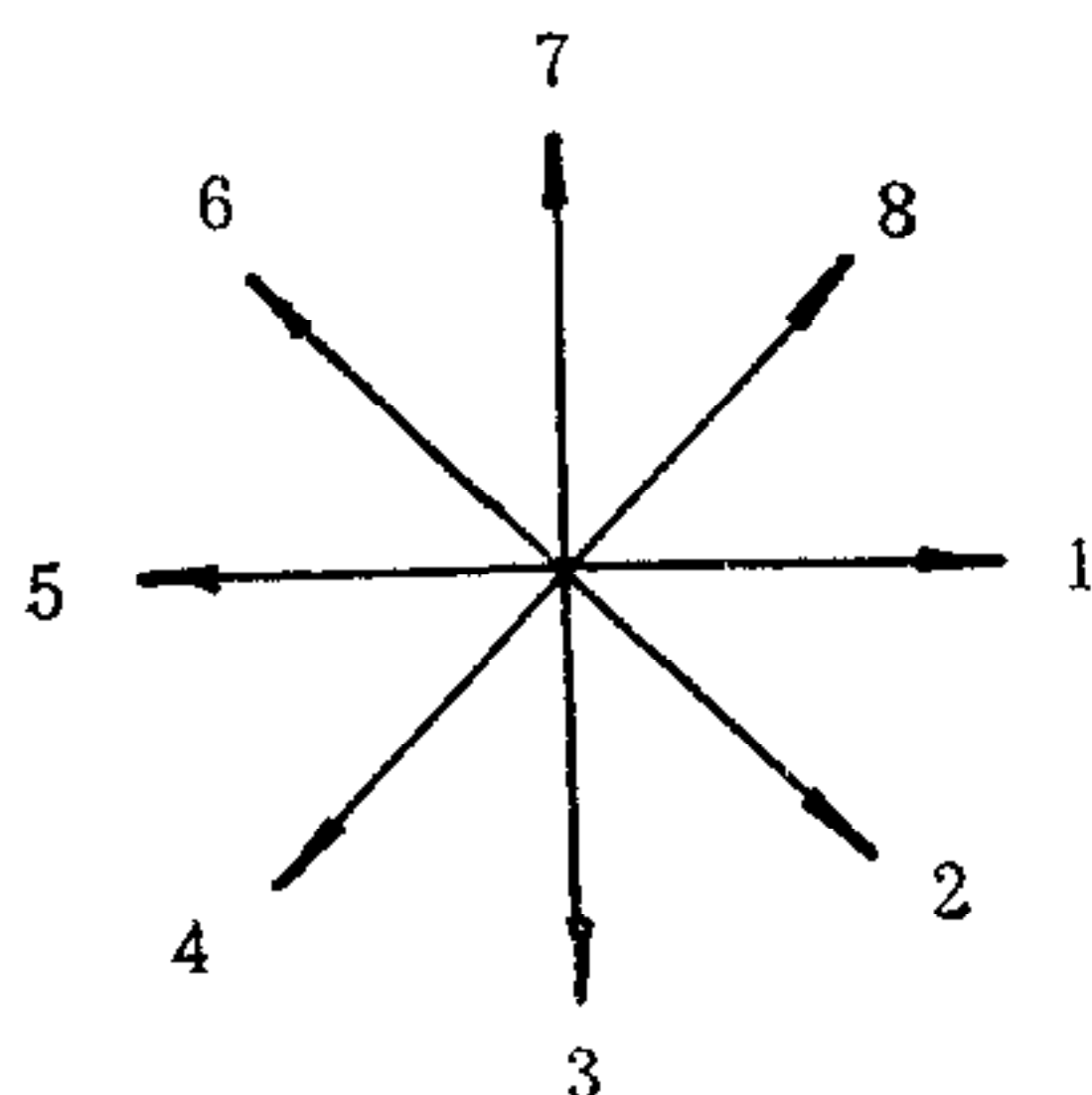


图1 8-方向编码

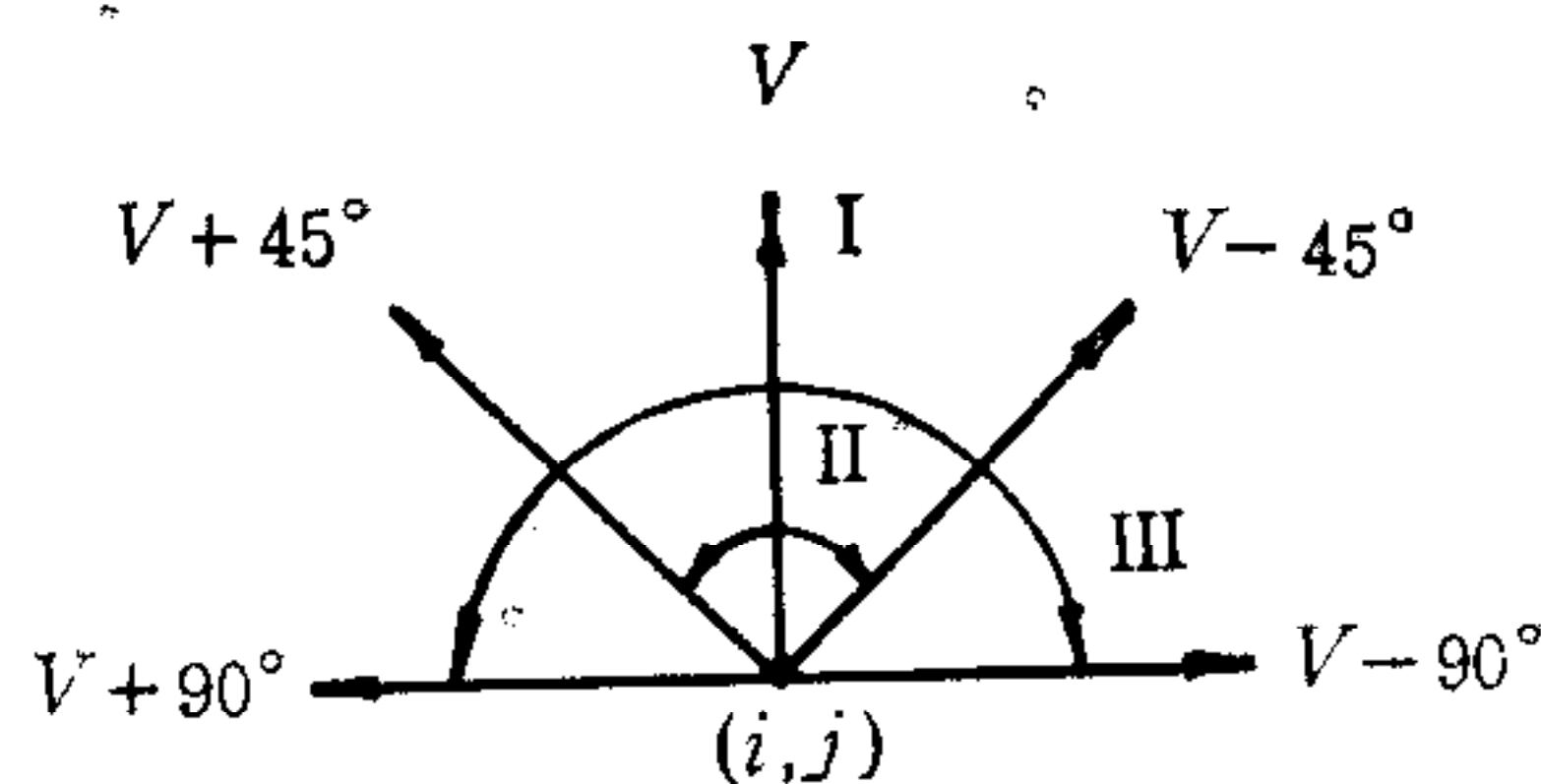


图2 扇形判优域

($0^\circ \leq \text{圆心角 } \theta \leq 180^\circ$)

2. 判优预测法

所谓判优预测法, 指的是在跟踪中, 若 (i, j) 为当前跟踪点, V 为当前跟踪方向, 则按照指定步长寻找下一点 (g, h) 时, 可按图 2 所示的扇形判优域进行。即首先沿方向 V 择点“*”, 若有, 取之作为 (g, h) , 若无, 再依次按 $V \pm 45^\circ$, $V \pm 90^\circ$ (先左后右) 进行。这意味着在判决过程中, V 方向的优先级最高 (I), $V \pm 45^\circ$ 次之 (II), $V \pm 90^\circ$ 再次之 (III)。在判优预测法中, 跟踪的步长值是可变的, 每跟踪一步, 先采用较大的步长值在扇形判优域中搜索, 当其失效后, 再用较小的步长值试之, 直至步长的最小值 1 出现。

如果在以 V 为中心线的扇形判优域里无法确定出下步跟踪点 (g, h) 时, 说明曲线有可能发生陡变。在这种情况下, 令 $\bar{V} = V \pm 180^\circ$, 然后在以 \bar{V} 为中心线的扇形判优域里继续寻找 (g, h) , 从而分两步完成了全向搜索。

3. 交叉点的处理

地图中各要素的轮廓线之间频繁出现各种形式的交叉，这种现象极易造成跟踪的错误进行，因此，能否正确检测和有效处理交叉点，就成为预测跟踪算法设计好坏的关键。

各要素轮廓线间的交叉现象，主要有如图 3 所示几类^[3]。

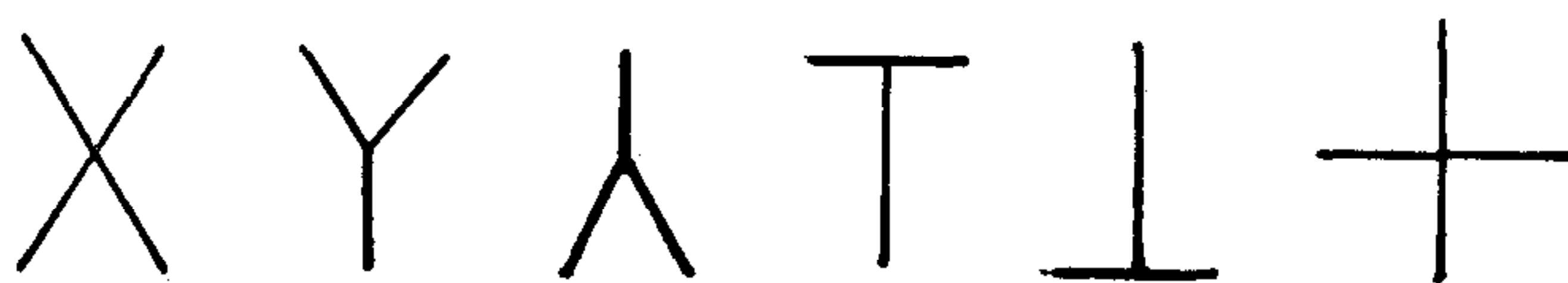


图 3 几种不同类型的交叉现象

定义 1. 所谓交叉点，就是从此点出发至少有三个或更多个分枝存在。即当跟踪至该点时，至少有两个可选择的方向前进。

定义 2. 从当前跟踪曲线出发，依顺时针方向至与之交叉的另一曲线时所转过的角度，称之为两交叉线间的夹角，记作 $\hat{\theta}$ 。

定义 3. 夹角 $\hat{\theta} < 15^\circ$ 时的交叉现象称为小角度交叉。

用以检测和处理交叉点的算法遵循如下准则：

- 1) 满足 $15^\circ \leq \hat{\theta} \leq 165^\circ$ 的交叉特征可被检测出；
- 2) 只用来检测和处理那些与图 3 形式相同或相似的交叉现象；
- 3) 在两种不同性质的要素轮廓线交叉时，检测和处理对它们各自的轮廓特征，如线条粗细、纹理特点敏感。

为了有效地检测交叉点，跟踪中采用了超前扫描的方法。这种超前扫描，是通过检测以当前跟踪方向矢量 v 为中心且与之同向等距的两个矢量 s_1, s_2 上是否有连续象素点 ‘*’ 来实现的。

存在交叉点必须同时具备以下四个条件：

- a) 矢量 s_1 上有两个或两个以上连续 ‘*’ 点；
- b) 矢量 s_2 上有两个或两个以上连续 ‘*’ 点；
- c) s_1 的终点处不为 ‘*’ 点；
- d) s_2 的终点处不为 ‘*’ 点。

在满足上述条件的情况下，为了避免由拐点等造成的假交叉现象，还有必要再增大 s_1, s_2 与 v 之间的距离，进行交叉点的二次确认，当且仅当再次判定有交叉点的存在时，这一交叉点方被认可。

交叉点的处理主要是抽取和研究交叉双方的轮廓特征(如线条粗细、纹理特点等)，在保证和当前跟踪曲线特征一致的前提下，跨越交叉点，继续跟踪。因此，当交叉双方轮廓特征相差较大时，这一工作易于进行，但在差别较小，也就是交叉双方轮廓特征相近时，就难以确定出当前跟踪曲线的走向。对此，可按照判优预测法，选定与当前跟踪方向 v 夹角最小的方向作为继续跟踪的方向，而把其它可能的方向依与 v 的夹角大小压入堆栈，做备用跟踪方向，同时建立回溯标志。若在以后的跟踪中，出现轮廓特征与前已建立的标

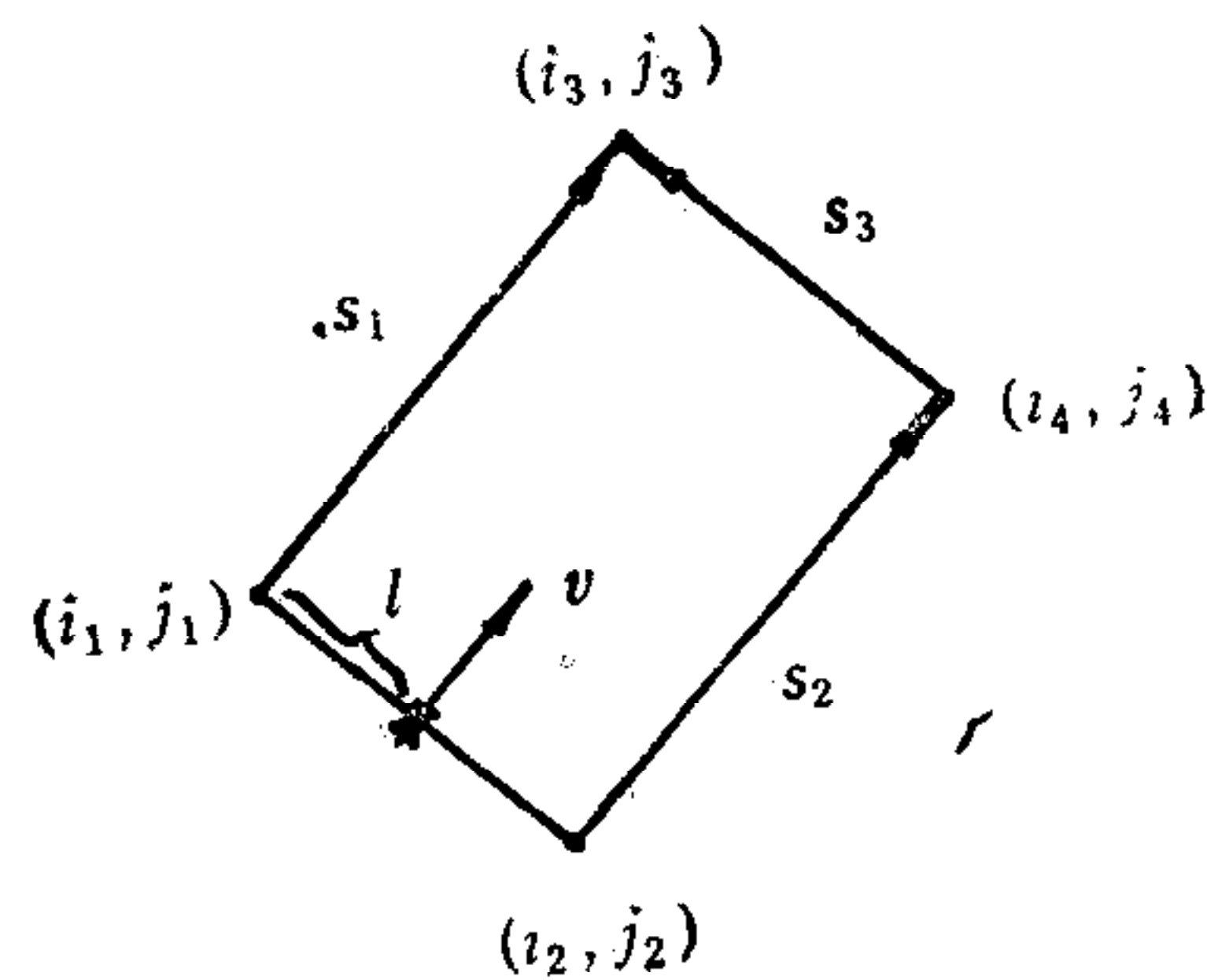


图 4 交叉点检测框

志不相符合的情况,即说明跟踪错误,则回溯到原交叉点处,从堆栈中依次弹出备用方向,实施跟踪,并进行识别判定,直至获得正确跟踪。

三、地图要素的识别

定义 4. 设: (i, j) 为当前跟踪点; v 为当前跟踪方向; (i_0, j_0) 为轮廓线跟踪始点; I_{\min}, J_{\min} 为地图行、列下界; I_{\max}, J_{\max} 为地图行、列上界。

在轮廓线跟踪过程中,当满足下述任一条件时,称之为跟踪的正常结束。

1) 跟踪至边界,即满足

$$\begin{aligned} & (i < I_{\min} + 2 \text{ AND } (V = 6 \text{ OR } 7 \text{ OR } 8)) \\ & \text{OR}(i > I_{\max} - 2 \text{ AND } (V = 2 \text{ OR } 3 \text{ OR } 4)) \\ & \text{OR}(j < J_{\min} + 2 \text{ AND } (V = 4 \text{ OR } 5 \text{ OR } 6)) \\ & \text{OR}(j > J_{\max} - 2 \text{ AND } (V = 1 \text{ OR } 2 \text{ OR } 8)) \end{aligned}$$

2) 闭合,即满足

$$\begin{aligned} \Delta i &= |i - i_0| < 5 \text{ 点(表示距离),} \\ \Delta j &= |j - j_0| < 5 \text{ 点,} \\ \sqrt{\Delta i^2 + \Delta j^2} &< 7 \text{ 点.} \end{aligned}$$

3) 与他线呈“T”或“⊥”型交叉且沿当前跟踪方向 V 处再无“*”点。

4) 跟踪终止于表示居民点的符号。

根据定义 4,再由跟踪过程中轮廓线所呈现出的连续性及封闭性,可把地图要素分为如下几类:

a) 点状符号: 在轮廓线跟踪过程中出现了间断(也就是非正常结束),而这种间断又不是由地图数字化所引起的,把轮廓线呈这种性质的要素看作是点状符号,如:文字注记、独立地物、居民点等。

b) 线状符号: 轮廓线跟踪满足定义 4 中 1), 3), 4) 结束条件的要素,可看作是线状符号,如公路、铁路、小路、河流、开等高线等。

c) 面状符号: 轮廓线跟踪满足定义 4 中结束条件 2) 的要素,可看作是面状符号,如闭等高线、湖泊、水库等。

跟踪实现了对地图要素点、线、面的粗分类,而进一步细分以至完成地图要素的最终识别,还有赖于在识别程序中地图先验知识的使用及一定的学习功能。

譬如,地图中往往通过一簇等高线来刻画地貌,这簇等高线的变化曲率大致相同,它们之间的间隔反映了高度的变化。识别正是利用了这种先验知识。当要素轮廓线每跟踪一步时,在当前跟踪点处沿曲线左侧建立一垂直于当前跟踪方向矢量 v 的矢量 w (即 $v \cdot w = 0$, 其模 $|w|$ 可视具体情况而定大小),检测并记录“*”,“·”的变化情况。如果在整个轮廓线的跟踪过程中, w 上始终有多段“*”,“·”区域相间出现,且这种间隔又大致相等,“*”区纹理也与当前所跟曲线纹理相同,那么就可以把当前跟踪曲线看作等高线。

识别程序对地图先验知识的使用,主要反映在以下两个方面:

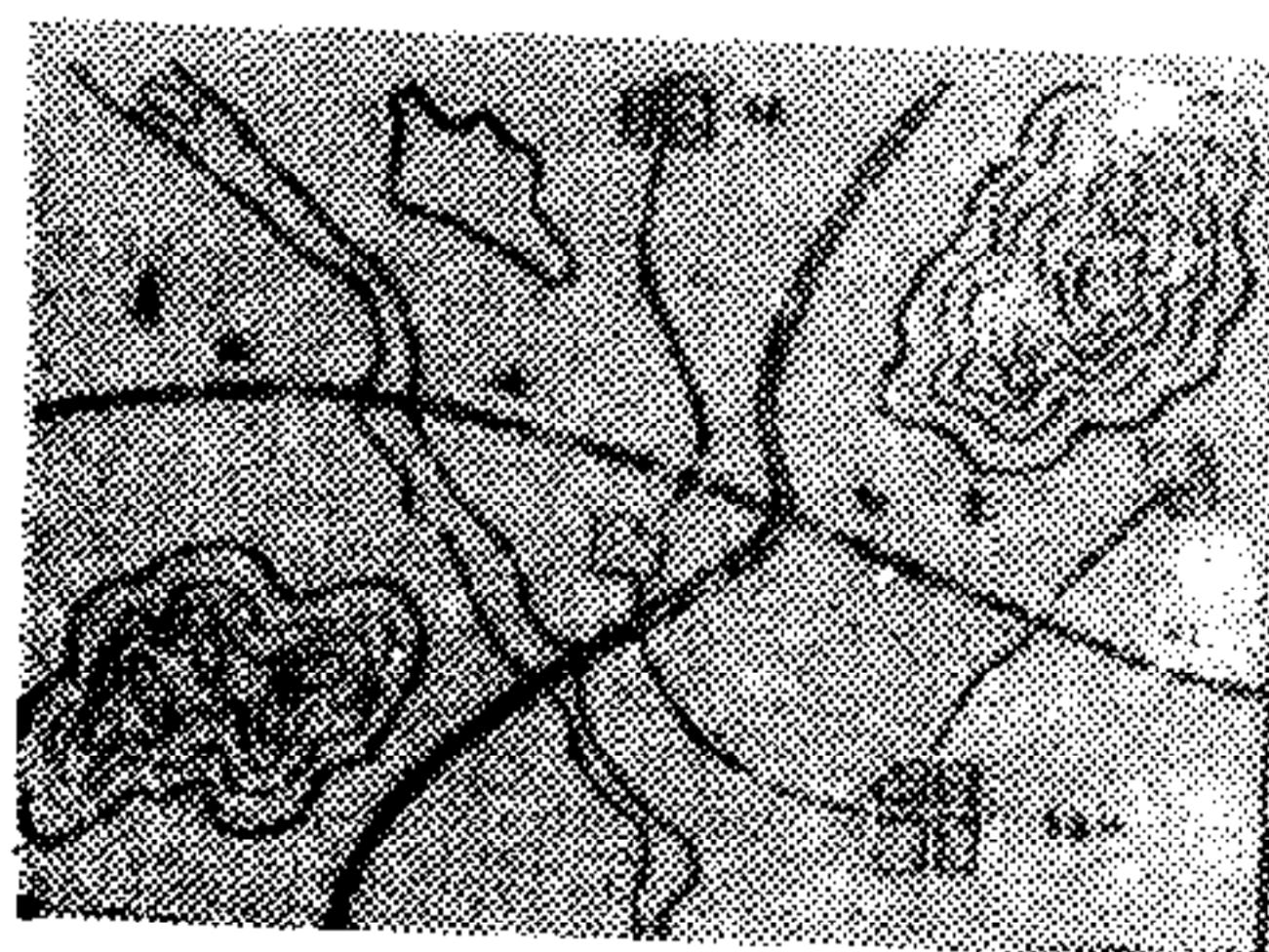
1) 注重要素间的相互关联,如: 等高线之间的关联;道路与居民点的关联;河流与道路交叉时常有桥梁出现等。

2) 纹理是识别和理解地图要素的一个极重要的信息源。关于纹理, W. Pratt 曾给出定义: 纹理是在某一确定的图象区域中, 以近乎周期性的种类和方式重复其自身的局部基本模式元^[4]。按照这一定义, 在二值化地图中, 纹理指的是一个界限了的区域中, 有规律且相互依赖的象素点的面积分布, 它显示出地图中所反映的各种地理现象。不同要素, 如居民点、公路、铁路、植被等的纹理有所不同。因此, 纹理可用于每一地图要素的特性描述及其分类。

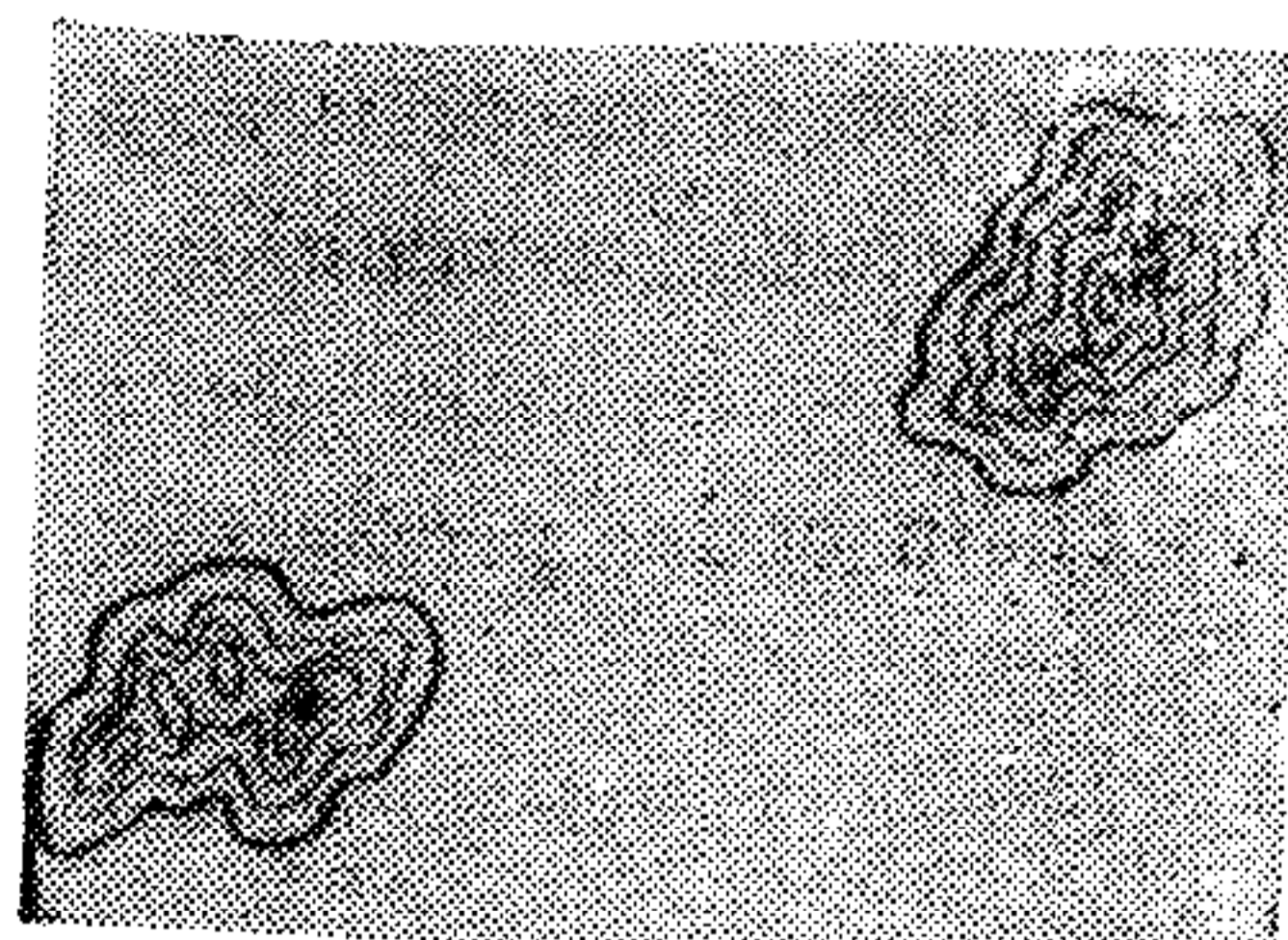
识别程序所具有的学习功能表现为, 在要素轮廓线跟踪过程中, 通过分析跟踪环境, 如关联物、附带物、交叉状况等来了解地图要素之间的相互制约和联系, 同时也对所跟轮廓线的线条粗细、纹理特点进行分析。在地图要素的识别过程中, 往往是跟踪、学习、识别三者同时进行, 互相作用。因为对某些地图要素, 如等高线、河流来说, 抽取局部特征难以说明问题, 只有全面考察其整个轮廓线的变化情况, 才能得出正确结论。

四、结 束 语

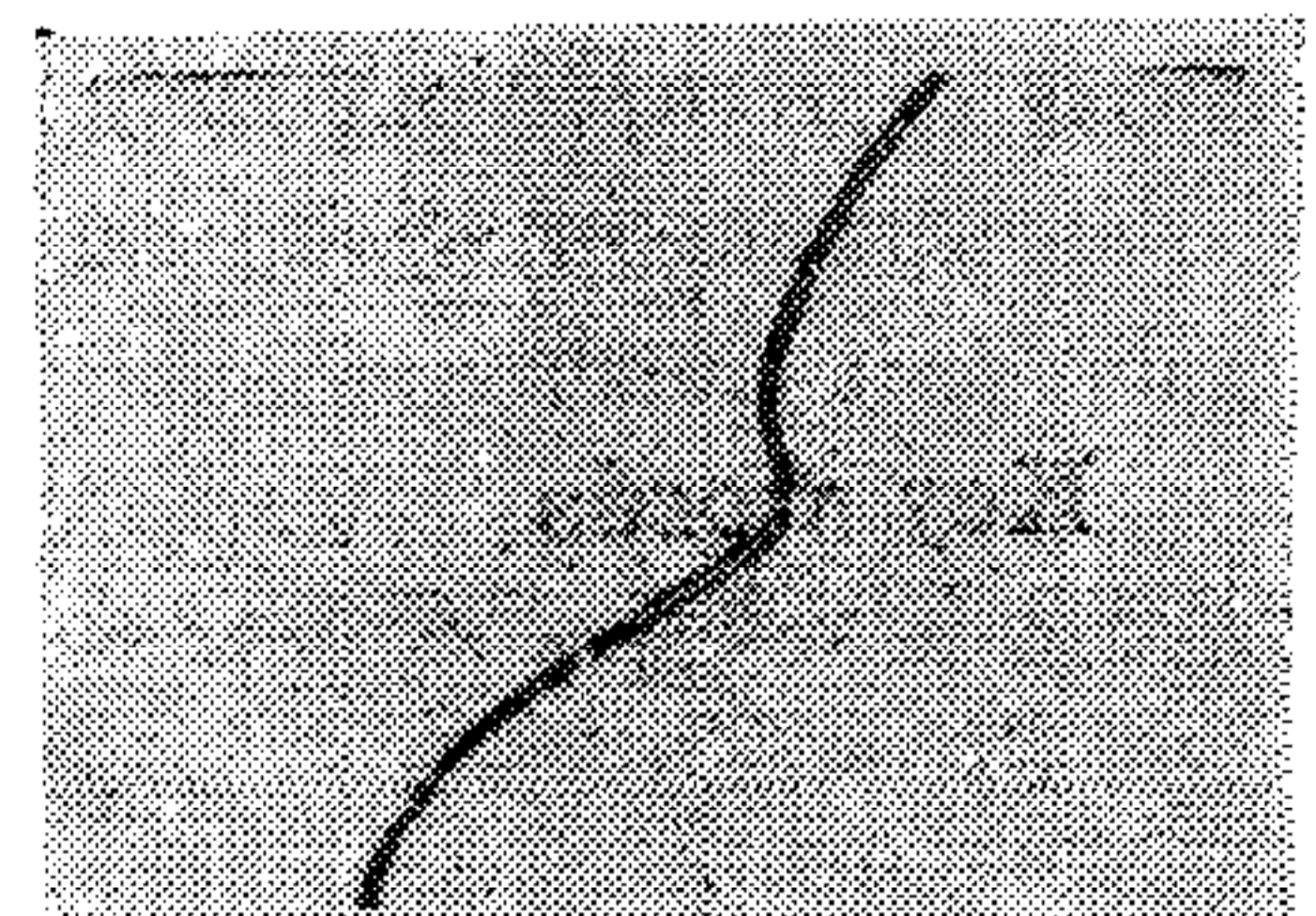
为了说明本文所提出的地图识别方法的有效性, 我们对由专业人员绘制的若干幅地图草图进行了识别实验, 图 5 是其中的一例。



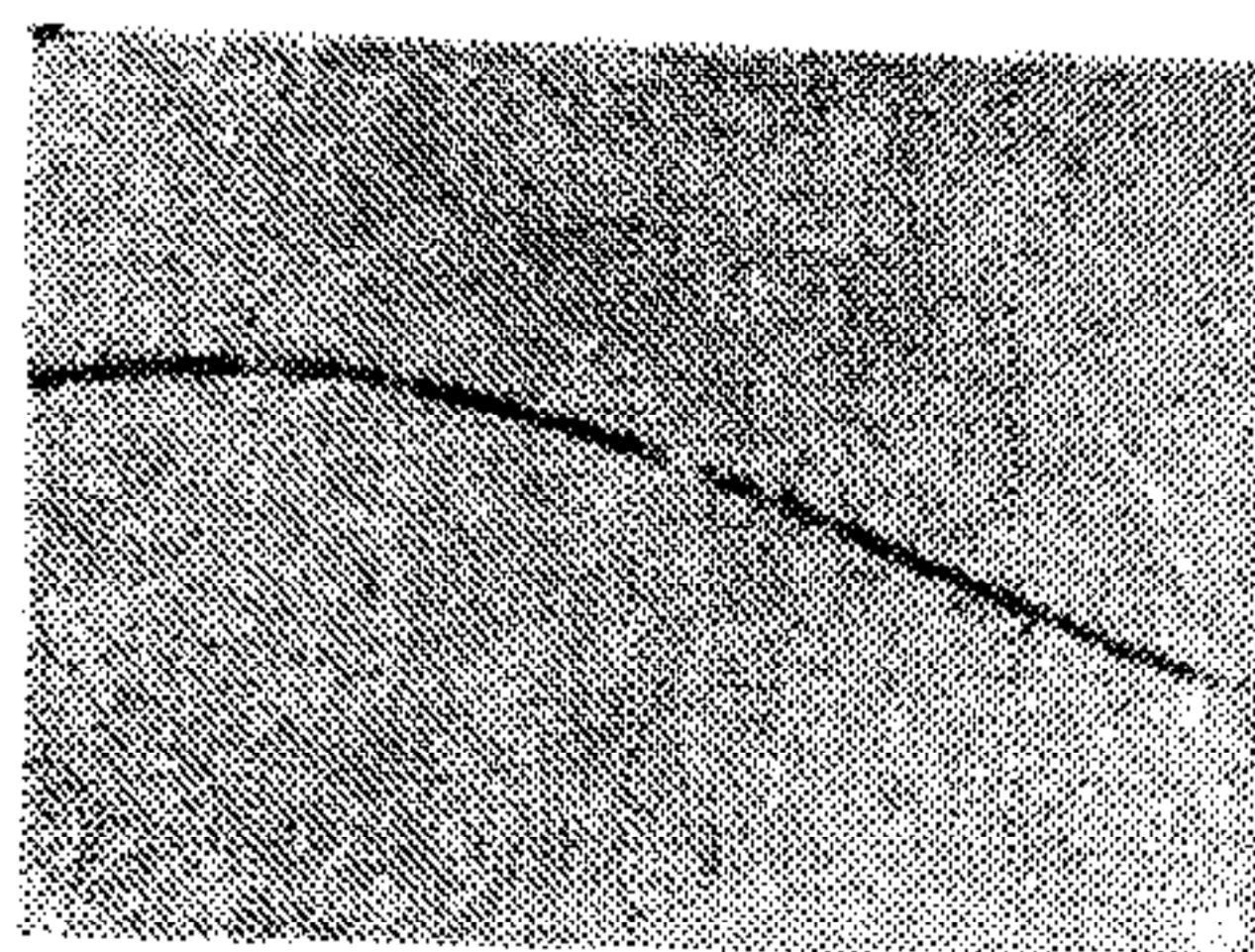
(a) 输入的原图



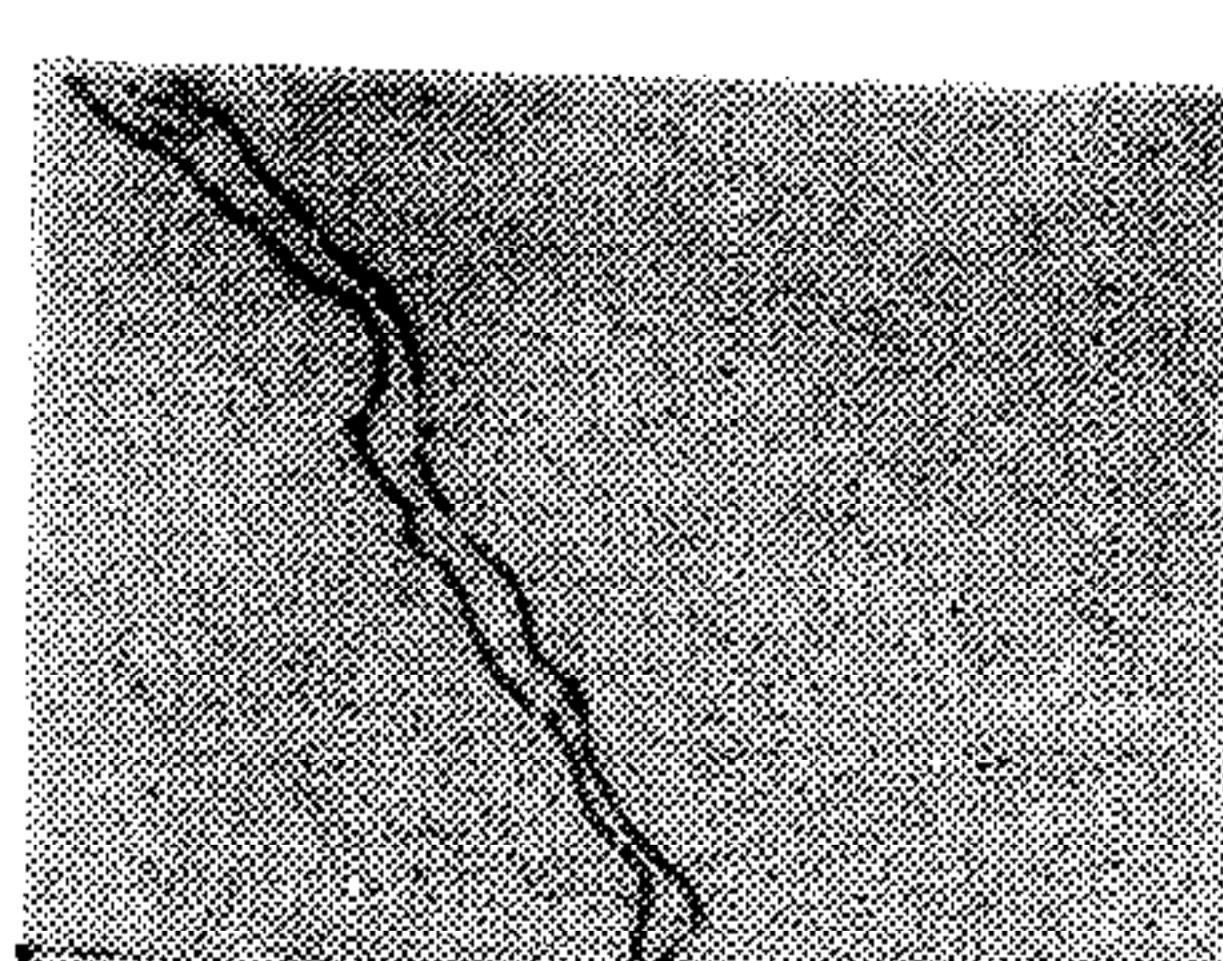
(b) 经自动识别后再复原的等高线



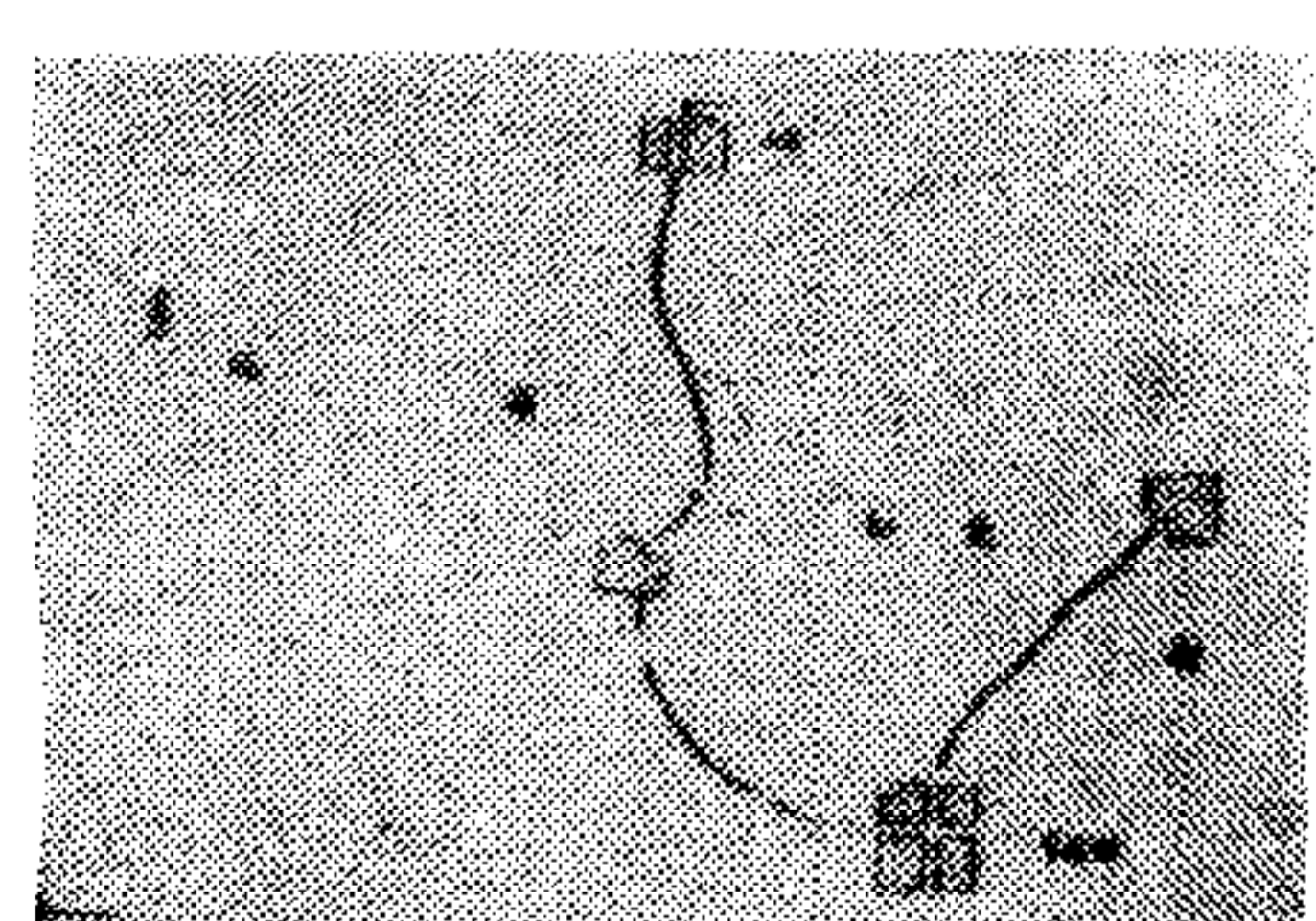
(c) 经自动识别后再复原的公路



(d) 经自动识别后再复原的铁路



(e) 经自动识别后再复原的河流



(f) 经自动识别后再复原的居民点, 小路等

图 5 识别结果例

地图的自动识别是一项极为复杂的研究工作。在这方面, 本文仅做了些有益的尝试。关于地图自动识别方法的其它一些问题, 如: 地图彩色信息的利用, 小角度交叉的检测与处理, 地名、注记的识别, 以及怎样把图形识别与文字注记的识别结合起来等, 尚待今后研究解决。

参 考 文 献

- [1] 张奠坤, 杨凯元, 地图学, 陕西人民出版社 (1986).
- [2] Rosenfeld, A. and Kak, A. C., Digital Picture Processing, Academic Press (1976).
- [3] Thomas, J. Sebok and Louis E. Roemer, An Algorithm For Line Intersection Identification, *Pattern Recognition*, **13** (1981), 159—166.
- [4] Pratt, W., Faugeras, O. D., Gagalowicz, A., Visual Discrimination of Stochastic texture Fields, *IEEE Trans. SMC-8* (1978), 796—804.

A METHOD OF MAP RECOGNITION BASED ON A PREDICTING-WHILE-TRACING TECHNIQUE

LU JIANPING ZHAO SHUXIANG WANG ZHENGQUANG

(Xian Xidian University)

ABSTRACT

A typical geographical map consists of a large number of lines, curves and symbols representing various physical entities and their spatial relationships. Based on the principle of Freeman's chain code, the authors propose a "predicting-while-tracing" technology, which is suitable for the contour recognition and representation of the elements of a map. In the process of recognition, the prior knowledge of maps is used sufficiently. The analytic features of the elements of a map are extracted through recognition with learning. Finally, experiment results on a number of binary valued large scale maps are also presented.

Key words: Map; freeman's chain code; predictable-while-tracing.