

# 航空遥感影像中道路的半自动提取\*

刘少创 林宗坚

(武汉测绘科技大学信息工程学院,武汉市珞喻路 39号, 430070)

摘 要 为了达到各种信息融合的目的,针对不同的情况,提出了多种信息约束下的道路提取方法。为了对提出的方法进行检验,给出了航空影像中不同类型的道路提取的例子。

关键词 航空影像;道路提取;可变模型

分类号 TP751.1

## 1 航空影像中道路的几何表示

### 1.1 直线表示法

对于影像中的直线,可以采用下式描述:

$$y = ax + b \tag{1}$$

其中  $a$  表示直线的斜率,  $b$  表示直线的截距。也可以采用下面的形式:

$$d = x \cos\theta + y \sin\theta \tag{2}$$

其中  $d$  表示坐标原点到所描述的直线的垂直距离,  $\theta$  表示  $d$  与  $x$  轴正向的夹角。

### 1.2 抛物线表示法

航空影像中道路的中心线及与它平行的两条轮廓线都可以用文献 [1] 中的方程近似表示:

$$x(t) = a + bt + ct^2, y(t) = d + et + ft^2 \tag{3}$$

### 1.3 椭圆 Fourier 表示法

曲线形状的 Fourier 表示法是一种以正交基为基础的表示方法。一条闭曲线可以由  $\in [0, 2\pi)$  的两个周期函数  $x(t)$  和  $y(t)$  表示。以矩阵形式表示如下<sup>[2~4]</sup>:

$$\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ c_0 \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^{\infty} \begin{bmatrix} a_k & b_k \\ c_k & d_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos kt \\ \sin kt \end{bmatrix} \tag{4}$$

此处,  $a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} x(t) dt$ ,  $c_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} y(t) dt$ ,  $a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} x(t) \cos kt dt$ ,  $b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} x(t) \sin kt dt$ ,  $c_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} y(t) \cos kt dt$ ,  $d_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} y(t) \sin kt dt$ 。

这样,闭曲线的外部轮廓线就可以用参数向量  $P = (a_0, c_0, a_1, b_1, c_1, d_1, \dots)$  表示。这种形式的描述有许多优点,而最显著的特点就是利用这种分解方式可以获得以椭圆为依据的几何解释。(4)式中前两个系数  $a_0$  与  $c_0$  分别是目标轮廓线上  $x(t)$  与  $y(t)$  的平均值,它们表示目标的几何中心;而累加项中的每一个  $2 \times 2$  矩阵的 4 个元素分别表示一个椭圆的几何参数。另外,(4)式中的参数  $t$  可以是弧度,  $t = 2\pi s/S$ ,  $s$  代表从起始点开始的弧长,  $S$  代表轮廓线的总长度。

描述目标轮廓线的每一个椭圆的性质都可以由相应的椭圆矩阵的 4 个元素得到,即半长

轴的长度, 半短轴的长度, 旋转量及相位变化:

$$A^2 = \frac{T_+}{2} \frac{T^2 - 4U^2}{2}, B^2 = \frac{2U^2}{T_+} \frac{2U^2}{T^2 - 4U^2}, \theta = \arctg \frac{Ac+ Bb}{Aa - Bd}, h = \arctg \frac{Ba - Ad}{Ac+ Bb} \quad (5)$$

其中  $T_+ = a^2 + b^2 + c^2 + d^2$ ,  $U = ad - bc$  取  $A$  的符号为正,  $B$  的符号与  $U$  一致, 就得到了统一的符号约束。这时描述目标的形状参数向量变为  $P = (a_0, c_0, A_1, B_1, \theta_1, h, \dots)$ , 从而达到了用椭圆参数来表示目标形状的目的。

直接采用上述的表示方法描述开曲线会出现不连续的情况。为此, 可以采用与文献 [5] 类 似的处理方式, 即以曲线的一端为起始点, 沿着曲线到达其终点, 再沿曲线由反方向返回, 从而 得到一条封闭曲线。这样, 就得到以下关系:

$$X(t) = X(2\pi - t), Y(t) = Y(2\pi - t) \quad (6)$$

此时  $X(t)$  和  $Y(t)$  变成了偶函数, 从而导致了 Fourier 表示式中正弦项  $b_k$  和  $d_k$  为零。因此, 在 用三角函数表示任意的一个偶函数时, 它的基函数中仅包括偶函数项:

$$h_{\text{even}} = \left\{ \frac{1}{2\pi}, \frac{\cos x}{\pi}, \frac{\cos 2x}{\pi}, \frac{\cos 3x}{\pi}, \dots \right\} \quad (7)$$

这种表示方式可以理解为是将曲线分解为退化的椭圆 (即直线), 则有:

$$A^2 = a^2 + c^2, B^2 = 0, \theta = \arctg c/a, h = 0 \quad (8)$$

在利用 (4) 式表示曲线时, 需要无穷项的累加, 而在实际中是无法做到这一点的, 只能根据 问题的性质取有限项的和, 而每一项的  $2 \times 2$  矩阵都与一个椭圆相对应。在实际表示曲线时, 一 般取 3~6 项的和, 即描述椭圆的阶数为 3~6 阶。

## 2 道路形状初始参数的获取

### 2.1 直线

在人工给定两个种子点  $(x_1, y_1)$  和  $(x_2, y_2)$  情况下, 可以得到过这两点的直线方程的参数。

### 2.2 抛物线

当在道路上给定 3 个种子点  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$  和  $(x_3, y_3)$  时, 可以得到两条线段的长度:

$$d_1 = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}, d_2 = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2} \quad (9)$$

假设  $D$  为  $d_1$  与  $d_2$  之和, 在表示道路的近似形状时, 用点间的直线距离近似表示对道路进行拟 合的曲线弧长, 则对 3 个种子点来说, 可得到以下的关系:

$$t_1 = 0, t_2 = 2\pi d_1/D, t_3 = 2\pi \quad (10)$$

由式 (3) 及上述关系可以得到下列两组方程:

$$X^0 = AX_a, Y^0 = AY_a \quad (11)$$

其中  $X^0 = [x(t_1) \ x(t_2) \ x(t_3)]^T$ ,  $Y^0 = [y(t_1) \ y(t_2) \ y(t_3)]^T$ ,  $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ t_1 & t_2 & t_3 \\ t_1^2 & t_2^2 & t_3^2 \end{bmatrix}^T$ ,  $X_a =$

$[a \ b \ d]^T$ ,  $Y_a = [d \ e \ f]^T$ 。解这两个方程组, 则可得到描述道路形状的参数:

$$X_a = A^{-1}X^0, Y_a = A^{-1}Y^0 \quad (12)$$

当给定的种子点的个数大于 3, 而小于用椭圆 Fourier 描述时所需要的最少点数时, 可以 利用最小二乘拟合来达到获取抛物线方程的初始参数的目的。

假设道路上有  $n_s$  ( $n_s > 3$ ) 个种子点,则可得到下述方程:

$$X^s = BX_P, Y^s = BY_P \quad (13)$$

$$\text{其中 } B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ t_1 & t_2 & \cdots & t_{n_s} \\ t_1^2 & t_2^2 & \cdots & t_{n_s}^2 \end{bmatrix}^T, X^s = [x(t_1) \quad x(t_2) \quad \cdots \quad x(t_{n_s})]^T, Y^s = [y(t_1) \quad y(t_2) \quad \cdots$$

$y(t_{n_s})]^T$ 。而  $X_P$  与  $Y_P$  和方程 (12) 中  $X_a$  及  $Y_a$  的意义一致

根据最小二乘原理可得到抛物线方程参数的初始值:

$$X_P = (B^T B)^{-1} B^T X_a, Y_P = (B^T B)^{-1} B^T Y_a \quad (14)$$

### 2.3 椭圆 Fourier 描述

若给定的种子点的个数  $n_s > n_p$  ( $n_p$  代表描述曲线所需的椭圆的阶数), 则可根据椭圆 Fourier 表示法对曲线进行描述。

当采用椭圆 Fourier 描述法对表示道路的曲线进行描述时, 初始参数也是由种子点的信息获得的。由种子点的坐标经过最小二乘拟合, 即可得到描述道路形状的初始参数:

$$X_P = (C^T C)^{-1} C^T X_e, Y_P = (C^T C)^{-1} C^T Y_e \quad (15)$$

其中,  $X_P = [a_0 \quad a_1 \quad \cdots \quad a_{n_p}]^T, Y_P = [c_0 \quad c_1 \quad \cdots \quad c_{n_p}]^T, X_e = [x(t_1) \quad x(t_2) \quad \cdots \quad x(t_{n_s})]^T,$

$$Y_e = [y(t_1) \quad y(t_2) \quad \cdots \quad y(t_{n_s})]^T, C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \cos t_1 & \cos t_2 & \cdots & \cos t_{n_s} \\ \cos 2t_1 & \cos 2t_2 & \cdots & \cos 2t_{n_s} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cos n_p t_1 & \cos n_p t_2 & \cdots & \cos n_p t_{n_s} \end{bmatrix}^T$$

以上述初始参数为基础, 经过进一步的处理, 就可以完成多重信息约束下的道路提取

## 3 航空影像中道路提取的 Snake 方法

利用 Snake 模型进行目标提取的过程就是将影像的各种特征 (其中包括影像强度和梯度) 及连续性与平滑性约束在一个能量函数中表示出来<sup>[6]</sup>, 通过求能量函数的最小值来达到提取目标的目的。与其他的特征提取方法相比较, Snake 是主动的, 它在向期望提取的特征运动过程中总是在不断地减少自身的能量。Snake 的势能可表示为:

$$E_{\text{Snake}} = \frac{1}{2} \int_K [E_{\text{int}}(v) + E_{\text{ext}}(v) + E_{\text{Field}}(v)] ds \quad (16)$$

其中  $E_{\text{Snake}}$  表示 Snake 的总能量;  $E_{\text{int}}(v)$  代表 Snake 的内部势能, 它是 Snake 的内在的弯曲力与伸展力的函数;  $E_{\text{ext}}(v)$  代表由作用在 Snake 上的外部控制力引起的势能;  $E_{\text{Field}}(v)$  代表由影像的各种特征引起的势能

### 3.1 内部约束的能量

Kass 等将 Snake 的内部势能定义为如下形式<sup>[6]</sup>:

$$E_{\text{int}}(v(s, t)) = k_1(s) |v_s|^2 + k_2(s) |v_{ss}|^2 \quad (17)$$

其中  $|v_s|^2 \equiv |\partial v / \partial s|^2 \approx |v_i - v_{i-1}|^2, |v_{ss}|^2 \equiv |\partial^2 v / \partial s^2|^2 \approx |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2$

从  $|v_s|^2$  的表达式可以看出, Snake 的内部势能  $E_{\text{int}}(v)$  中的连续性约束实际上就是 Snake 上相邻两点之间距离的平方和。在优化求解过程中, 需要使 Snake 的总能量不断减小, 即总是

试图缩短 Snake 上的点间距。在某些情况下,由于这个约束的作用,可能会使 Snake 上的所有点都缩到一点。因此,采用这项约束作为连续项约束不是很恰当。Williams 等<sup>[7]</sup>建议用 Snake 的点间距与其上的点之间的平均距离之差的平方来代替两点之间的距离的平方作为内部约束的连续项约束。因为相邻点的平均距离等于内插时给定的点间距,故用  $|d_0 - |v_i - v_{i-1}||^2$  作为此项约束,其中  $d_0$  为 Snake 上点间的平均距离。本文在利用 Snake 进行航空影像中道路提取时,采用了笔者在文献 [8] 中提出的对连续性约束进行改进的方法,即利用  $\|v_i - v_{i-1} / d_0\|^2$ 。在根据 Snake 生长算法进行道路提取时, $d_0$  它应该是 Snake 扩展时采用的步距。在给定两个种子点进行道路提取时, $d_0$  就是在两点间进行内插时使用的点间距。

$|v_{ss}|^2$  是平滑性约束项,即对 Snake 的曲率的约束。采用  $|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2$  作为第  $i$  点的曲率的合理估计的前提是要求  $i$  与  $i+1$  点和  $i-1$  点之间的距离相等。由于在给定两个种子点的情况下,确定种子点之间的内插点时已要求点间距离相等,而使用 Snake 生长算法时,扩展的步距也是相同的。在这种前提下,将其作为  $v_i$  点的曲率的估计是合理的。

### 3.2 影像约束力引起的势能

影像约束是指对影像的灰度与梯度的约束。灰度约束就是对提取的道路的轮廓线的灰度值的约束。对于不同的情况,这一约束可以采用不同的形式。当需要提取的是道路的中心线,或者是条状道路的轮廓线时,若需要将轮廓线趋向于较亮的部分时,可以采用以下形式:

$$E_{\text{Grey}} = 1 - \frac{K_{\text{Grey}}}{c_i} \int_s \text{Grey}(x, y) ds \quad (18)$$

若需要提取的轮廓线趋向于较暗的部分,则可以采用以下的形式:

$$E_{\text{Grey}} = \frac{K_{\text{Grey}}}{c_i} \int_s \text{Grey}(x, y) ds \quad (19)$$

其中  $E_{\text{Grey}}(v(s, t))$  表示灰度约束的能量;  $\text{Grey}(x, y)$  表示道路轮廓线上的点  $(x, y)$  处的灰度值;  $c_i$  为构成道路轮廓的 Snake 的总点数;  $s$  表示道路的轮廓线;  $K_{\text{Grey}}$  表示对灰度约束进行调节的参数,对于 256 个灰度级的影像,  $K_{\text{Grey}} = 1/255$ 。

梯度约束就是对道路的轮廓线的梯度值的约束。当沿道路的轮廓线的梯度的均值最大时,能量最小。梯度约束能量表示如下:

$$E_{\text{Gradient}} = 1 - \frac{K_{\text{Gradient}}}{c_i} \int_s \text{Gradient}(x, y) ds \quad (20)$$

其中  $E_{\text{Gradient}}$  表示梯度约束的能量;  $\text{Gradient}(x, y)$  表示轮廓线上  $(x, y)$  处的梯度值;  $K_{\text{Gradient}}$  为对梯度约束的能量值进行调节的常数,对于 256 个灰度级的影像,  $K_{\text{Gradient}} = 1/255$ 。

改进后的 Snake 总能量表示为:

$$E_{\text{Snake}} = E_{\text{int}} + E_{\text{Grey}} + E_{\text{Gradient}} \quad (21)$$

在考虑道路形状整体约束的情况下,应该取消其中的  $E_{\text{int}}$ ;而在没有考虑道路的整体形状约束的情况下,  $E_{\text{int}}$  应该采用以下的形式:

$$E_{\text{int}} = k_2(s) \sum_i |v_i - v_{i-1} / d_0|^2 + k_2(s) \sum_i |a - a^0|^2 \quad (22)$$

经上述改进后,计算的简洁性、能量函数所具有的物理意义等都有了较大改善。

## 4 航空影像中道路提取的优化算法

### 4.1 航空影像中道路提取的 Snake 生长算法

在道路结构比较简单、影像质量比较好的情况下,可以采用由人工给定一个种子点的方式

进行道路提取。在提取过程中以 Berger 提出的 Snake 生长算法<sup>[9]</sup>为基础:

- 1) 给出影像中道路轮廓线或中心线上的一点,将这一点作为种子点。
- 2) 以种子点为中心,以适当的长度为半径,则可在影像中得到一个圆。对这个圆上的灰度断面曲线或梯度断面曲线进行检验,可以得到灰度或梯度的极值点。
- 3) 以种子点和灰度或梯度断面曲线的两个极值点可以构成初始 Snake 的曲线  $s^0$ 。
- 4) 以  $s^0$  为基础,运用优化算法,则可由这段初始曲线提取道路的轮廓线或中心线  $c_0$ 。
- 5) 如果曲线的长度可以增加,则生成一个可以使整条曲线增长的  $\sigma$  序列:① 将 Snake 沿  $s^0$  的切线方向增长。② 以增长以后的曲线为 Snake 的初始位置,运用 Snake 优化算法进行处理,假设 Snake 收敛于曲线  $s_i$ 。③ 对  $s_i$  的质量进行评价,如果满足一定的条件则将  $s_i$  作为  $s^0$ ,使 Snake 继续增长。

在利用 Snake 生长方法进行道路提取的初始阶段,以人工给定的种子点为中心的圆弧半径的确定是一个重要问题。由于种子点一般要选在比较可靠的位置,因此受噪音影响不会很严重,而圆的半径要与 Snake 生长步距的大小相同。Snake 生长步距与对道路提取时需要的精度有关。当需要较高精度时,应该采用较小步距;而精度要求不高时,可以采用较大步距。

#### 4.2 给定两个种子点时航空影像中道路的提取

当道路的曲率比较小时,可以人工给定两个种子点。假设人工给定的两个种子点的坐标为  $(x_{s1}, y_{s1})$  和  $(x_{s2}, y_{s2})$ ,人工给定的种子点之间加入了  $n$  个内插点以后,表示 Snake 初始位置的坐标序列为  $(x_{s1}, y_{s1}), (x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_{n-1}, y_{n-1}), (x_{s2}, y_{s2})$ 。以这个坐标序列为基础即可利用优化算法进行道路提取。Williams 提出的快速算法如下:

- 1) 给定 Snake 初始位置。设初始位置由  $n$  个初始点表示,对于 Snake 上每个起始点,将  $k_1(s)$  与  $k_2(s)$  设置为 1,并将  $E_{\min}$  设置成一个较大的值。
- 2) 对 Snake 上的每一点,在以这点为中心的一定大小的窗口内,计算这一点在窗口内每一点时 Snake 的能量值:

$$E_j = E_{\text{int}j} + E_{\text{Grey}j} + E_{\text{Gradient}j}$$

其中  $j = 0, 1, 2, \dots, m-1, m$  为窗口中像元的个数。

- 3) 若  $E_j < E_{\min}$ ,则  $E_{\min} = E_j$ ,并将当前点移到  $j$  所对应的位置。
- 4) 计算下一次迭代计算时的曲率极大值。对 Snake 上每一点计算曲率值:

$$a = |u_i \setminus u_i| - |u_{i-1} \setminus u_{i+1}| \quad (23)$$

其中  $a$  代表第  $i$  点的曲率;  $u_i$  代表第  $i$  点与第  $i+1$  点构成的向量。若 Snake 上这一点的曲率大于一定的值,并比它相邻的两个点的曲率大,同时影像在该点的边缘强度也大于一定的值,则该点的  $k_2(s)$  置零。

- 5) 检查 Snake 的总能量是否与上次相同。若相同,则停止迭代,否则转向 2),继续进行。

在优化计算收敛后,可以对得到的坐标序列进行检验。若满足共线条件,则可以用一条直线对这些点进行拟合,并用这条直线表示提取出的道路或道路的轮廓线。

#### 4.3 给定 3 个和 3 个以上的种子点时道路的提取

当给定 3 个种子点时,可以采用抛物线描述方法。种子点较多时,可以利用椭圆 Fourier 描述法进行描述。由于道路的中心线或轮廓线都可以看成开曲线,根据要求的精度不同,可以选择不同阶数的描述椭圆。道路提取算法如下:

- 1) 人工给定道路上的种子点,则可以得到这组起始点的坐标。假设种子点的个数为  $n_s$ ,种

子点的坐标序列则为  $(x^0, y^0), (x^1, y^1), \dots, (x_{n_s-1}^s, y_{n_s-1}^s)$

2) 假设能够对道路进行描述需要的椭圆的最低阶数为  $p$ , 则当  $n_s > (p+1)$  时, 按照式 (15) 给定的公式进行计算, 可以得到描述道路形状的椭圆 Fourier 初始参数; 如果  $n_s \leq (p+1)$ , 应该按照公式 (14) 进行计算

3) 根据第 2) 步得到的初始参数, 可按照一定的间隔得到一组内插点, 从而就得到了一个描述 Snake 初始位置和形状的坐标序列。

4) 根据公式 (21) 进行计算, 则可得到 Snake 的初始能量值  $E_{Initial}$

5) 从第一个种子点开始, 到最后一个种子点, 计算将每一个种子点移动到一定大小的邻域中的每一点时抛物线参数方程的参数值, 并由此得到每个种子点在不同位置时各个内插点的坐标序列

6) 根据公式 (21) 进行计算, 则可得到 Snake 的能量值  $E_{Snake}^{ij}$ , 其中  $i$  代表种子点的编号 ( $i=0, 1, 2, \dots, n$ ),  $j$  代表种子点一定大小的邻域内的像元的编号 ( $j=0, 1, 2, \dots, m$ ),  $m$  表示种子点邻域内的像元数。

7) 将  $E_{Snake}^{ij}$  与  $E_{Initial}$  进行比较, 如果  $E_{Snake}^{ij} < E_{Initial}$ , 则  $E_{Initial} = E_{Snake}^{ij}$ , 并将该种子点移到  $j$  处; 否则, 该种子点的位置保持不变。

8) 对种子点坐标序列进行检验, 如果没有变化, 则停止计算; 否则, 返回 2), 继续处理。

## 5 实验与结论

为了验证本文提出的道路提取算法, 针对不同情况的航空影像中的道路进行了提取实验。图 1a 图 2a 为两幅包括道路的航空影像, 图 1b 图 2b 为最后提取的道路。本文提出的以 Snake 模型为基础的航空影像中的道路提取方法, 是一种综合了人的识别能力、航空影像中道路形状的先验知识及影像的各种特征进行目标提取的方法。还有以下问题需要解决: 1) 道路提取时种子点位置的自动确定; 2) 对于不同类型的道路, 种子点的个数的自动选择; 3) 构成较宽道路的两个轮廓线之间几何关系的引入; 4) 计算量比较大。

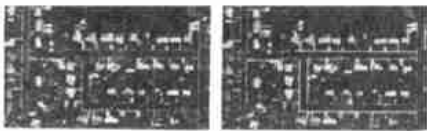


图 1b 提取出的道路



图 2b 提取出的道路

图 1a 原始影像

图 2a 原始影像

## 参 考 文 献

- 1 Mckeown D M, Denlinger J L. Cooperative Methods for Road Tracking in Aerial Imagery. In Proc. Computer Vision and Pattern Recognition. 1988. 662- 672
- 2 Kuhl F P, Giardina. Elliptic Fourier Features of a Closed Contour. CGIP, 1982(18): 236- 258
- 3 Lin C, Hwang C. New Forms of Shape Invariants from Elliptic Fourier Descriptors. Pattern Recognition, 1987, 20( 5): 535- 545
- 4 Staib L H, Duncan J S. Boundary Finding with Parametrically Deformable Models. IEEE Trans. on PAMI, 1992, 14( 11): 1 061- 1 075

- 5 Persoon E, Fu K. Shape Discrimination Using Fourier Descriptors. IEEE Trans. on PAMI, 1986, 8(3): 388~ 397
- 6 Kass M, Witkin A, Terzopoulos D. Snakes - Active Contour Models. Inter. J. of Computer Vision, 1988 (1): 321~ 337
- 7 Williams D J, Shah M A. Fast Algorithm for Active Contours and Curvature Estimation. CVGIP Image Understanding, 1992, 55(1): 14~ 26
- 8 刘少创,林宗坚.基于动态规划的航空影像中目标提取方法.图像图形学报,1996(1)
- 9 Berger M O. Snake Growing, Lecture Notes in Computer Sciences. Springer-Verlag, 1990. 571~ 572
- 10 Amini A A, Weymouth T E, Jain R C. Using Dynamic Programming for Solving Variational Problems in Vision. IEEE Trans. on PAMI, 1990, 12(9): 855~ 867
- 11 Terzopoulos D, Fleischer K. Deformable Models. The Visual Computer, 1988(4): 306~ 331

## Semi-automatic Road Extraction from Aerial Images

*Liu Shaochuang Lin Zongjian*

(School of Information Engineering, WTUSM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

**Abstract** A semi-automatic method for road finding is proposed in this paper. It can incorporate global shape information, grey feature and gradient feature for road finding in aerial image extraction. 'Semi-automatic' means that a road is extracted automatically after some seed points have been given by an operator through the activation of a mouse. By this method, road finding is enhanced by both considering the boundary as a whole and using model-based global shape information. Road finding is formulated as an optimization problem. Results from the method applied to road extraction from real aerial images are presented.

**Key words** aerial imagey; road finding; deformable models

---

### 科技简讯

由林宗坚教授主持研究的国家“八五”重点科技攻关项目“航空遥感图像结构信息提取和识别技术研究”最近结题通过鉴定。本成果在理论上及实践上解决了基于黑白航空正射影像的地物测绘问题,提出了几种有特色的新的地物信息提取算法,发展了知识辅助的面向地物目标的结构信息提取新技术,形成了人工引导的半自动地物测绘新模式,建立了图像图形一体化的数据采集与编辑实用系统,提出了影像多分辨率无缝镶嵌新技术。专家们认为,该成果达到国际领先水平,所研制的人机协同的航空影像地物测绘系统技术成果填补了国内空白,其生产应用的前景宽广。(周)