

地形图点状符号的自动提取和识别

陈飞¹ 王秀芳² 王坤¹ 农宇¹

摘要 针对扫描地形图的点状符号, 提出了一种基于距离变换进行提取和识别的新方法. 首先优化分版图的提取结果, 根据弯曲密度和线划密度过滤掉非点状符号的线划, 利用加壳变换和蜕皮变换进行点状符号的图文分离. 然后根据加权距离函数来度量符号的全局特征, 由骨架线的一致性来度量符号的几何形状特征, 并结合这两个特征来识别点状符号. 最后, 提出了错切文字注记和线状要素注记的识别方法.

关键词 地形图, 点状符号, 距离变换, 线划弯曲度, 符号骨架线
中图分类号 TP391

Automatic Extracting and Identifying of Point-shaped Symbols on Topographic Map

CHEN Fei¹ WANG Xiu-Fang² WANG Kun¹ NONG Yu¹

Abstract This paper presents a new method of extracting and identifying point-shaped symbols of scanned topographic maps based on distance transformation. First, we optimize the extracting results of element maps, and filter the lines which do not meet the features of point symbols according to camber density and line density, and detach the symbols from the map based on shelling transformation and molting transformation. Next, we measure the whole features of symbols by a weighed distance function and the geometry shape feature by the consistence of symbol skeleton, and identify symbols by these two features. The algorithm can identify the shear transform Chinese character and annotations of line symbols.

Key words Topographic map, point-shaped symbol, distance transformation, line camber, symbol skeleton

1 引言

地图模式识别是由计算机来对地图进行识别与理解, 研究和分析地图上的各种符号信息, 获取地图要素的质量意义. 地图点状符号包括独立地物符号、数字和文字注记, 对它们的提取与识别是地图模式识别的一项重要内容, 包括两个步骤: 首先将符号从复杂的背景中提取出来, 然后进行符号的识别, 其中符号提取的质量直接关系到符号识别的好坏. 地图上各类要素如线条、文字、符号组合交织在一起, 相互覆盖、相互影响, 为提取、识别带来困难.

目前, 有关符号提取方面的研究有: 文献 [1] 采用视觉组织技术和计算机图形学提取地图中的各种要素; 文献 [2] 应用数学形态学提取地图中的数字字符; 文献 [3] 采用改进后地图分色及断点连接的方法实现地图中线状符号的识别与获取; 文献 [4] 根据轮廓形态特征把符号分解成多个基元, 然后对基元进行聚类从而提取地图数字注记; 文献 [5] 根据相邻像素的灰度梯度值提取地图要素的骨架, 然后利用数学形态学提取汉字符号. 这些算法对复杂背景下的

符号提取效果不是很理想. 有关符号识别方面的研究有: 文献 [6] 利用神经网络的方法实现字符的识别; 文献 [7] 先提取符号的结构线, 并以此识别手写字符; 文献 [8] 利用傅里叶系数描述地图符号的形狀; 文献 [9] 将符号的背景像素分成 16 级, 根据这 16 值背景特征进行地图符号的识别. 这些算法对符号提取的效果要求都比较高, 但地形图要素复杂, 其提取结果不可避免地存在噪声和变形的影响.

本文应用距离变换^[10]的方法, 首先根据符号的拓扑关系和形态特征实现了符号的提取, 然后在充分考虑噪声和符号变形的基础上, 实现了符号的识别, 其效果达到了满意的程度.

2 基本方法

2.1 距离变换

地图代数的距离变换是计算并标识空间点集各点到参照体的距离的变换或过程, 分为欧氏距离变换和出租车距离变换. 前者标识的是欧氏距离, 适用于自然形态的图形; 后者标识的是曼哈顿距离, 适用于规则形态的图形^[10]. 在后文中, 这两种变换统称为距离变换. 距离变换包括内距变换和外距变换, 当计算并标识空间的是实体本身(非实体)的空间点集时, 参照体是非实体(实体本身)的空间点集, 称为内距变换(外距变换)^[11]. 通过外距变换和内距变换可以实现对复杂实体的加壳变换与蜕皮变换^[10].

收稿日期 2007-3-5 收修改稿日期 2007-5-14
Received March 5, 2007; in revised form May 14, 2007
1. 武汉大学资源与环境科学学院 武汉 430079 2. 武汉大学遥感信息工程学院 武汉 430079
1. School of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430079 2. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079
DOI: 10.1360/aas-007-1074

2.2 线划的弯曲度

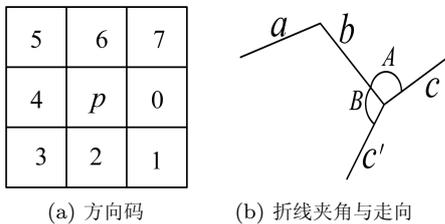
从形状理论的观点出发, 认为曲线的弯曲程度与构成曲线的折线间的夹角和折线走向有关. 在图像中, 用相邻像素的方向差表示线划的夹角大小, 用相连折线的走向偏差表示线划的走向变化.

定义 1. 设单线划中的第 i 个像素点为 p , 在 3×3 模板中, 方向码如图 1(a) 所示, 与 p 相连的前一个点的方向码为 $c_1(i)$, 下一个点的方向码为 $c_2(i)$, 则线划在该点处的方向差 $d(i)$ 为

$$d(i) = |4 - |c_1(i) - c_2(i)|| \quad (1)$$

这样, p 与相邻像素的夹角愈小, 方向差 $d(i)$ 愈大, 并且当它们在同一条直线上时, 方向差 $d(i)$ 为 0.

下面考虑折线的走向偏差. 如图 1(b) 所示, a 、 b 、 c 和 c' 是互相连接的折线, 其中 b 与 c 的夹角为 A , b 与 c' 的夹角为 B , 考虑 abc 所构成的曲线和 abc' 所构成的曲线, 虽然夹角 A 与 B 相等, 但曲线 abc 的弯曲程度比曲线 abc' 的弯曲程度要小, 这是因为 c 与 a 的走向相近, 而 c' 与 a 的走向几乎相反.



(a) Direction code (b) Angle and trend of section line

图 1 线划的弯曲度

Fig. 1 Line camber

定义 2. 设当前折线为 l_i , 方向码如图 1(a) 所示, 与 l_i 相连的前一个折线的方向码为 $b_1(i)$, 下一个折线方向码为 $b_2(i)$, 则当前折线的走向偏差 $B(i)$ 为

$$B(i) = |4 - |b_1(i) - b_2(i)|| \quad (2)$$

定义 3. 设当前折线为 l_i , 其走向偏差为 $B(i)$, 折线的第一个端点的方向差为 $d_1(i)$, 第二个端点的方向差为 $d_2(i)$, 则该折线的弯曲度 $S(i)$ 为

$$S(i) = 2^{B(i)} \times \frac{d_1(i) + d_2(i)}{2} \quad (3)$$

线划的弯曲度就是该线划上所有折线的弯曲度的总和.

3 点状符号提取

3.1 分版图的优化处理

我国的地形图中通常采用四色版图(棕、蓝、绿、黑)印制, 背景呈现为白色. 地形图分色就是根据颜

色信息把扫描地形图的要素分成黑、棕、蓝、绿四个分版图, 以减少要素识别之间的相互干扰. 文献 [12] 应用最小二乘法拟合 Munsell 色样, 对扫描地形图按颜色要素自动分割. 本文在文献 [12] 基础上, 对分版图的提取结果进一步优化处理.

在真彩图中, 由于扫描质量或压盖、粘连等问题, 在要素的边缘会产生由深到浅的过渡色, 优化处理的目的就是去掉这些过渡色像素对提取分版图的影响. 对这些像素, 需要根据周围像素的属性来决定其归属.

如图 2(a) 所示, 要素符号 S_0 周围区域为 S_1 , 当 S_1 的外围区域 S_2 为背景像素时, 可以认为 S_0 的周围不存在其它要素符号, 故将 S_1 归于 S_0 保留; 当 S_2 不是背景像素时, 可以认为 S_0 的周围可能存在其它的要素作用, 需要将 S_1 归于 S_2 从而与 S_0 分割开来. 结合经验, 借助加壳变换工具, 可以有效地实现对复杂实体周围区域的定位, 方法如下: 要素符号周边的过渡色宽度为 1~2 个像素, 因此对 S_0 进行 2 个像素的加壳变换可以得到 S_1 区域(过渡色的区域), 进行 3 个像素的加壳变换可以得到 S_2 区域, 根据 S_2 区域像素是否为背景色来判断是否把 S_1 区域归于 S_0 . 需要说明一点: 在上面的加壳变换中, 用临时变量记录变换的结果 (S_1 和 S_2 区域), 而原来符号 (S_0 区域) 的形状在加壳变换过程中并不改变, 只有当 S_2 区域像素为背景色时才把 S_1 区域归于 S_0 .

图 2(c) 是文献 [12] 中方法的提取效果, 图 2(d) 是本文方法的提取效果, 可见本文方法不但能把线划周围的过渡象素提取到相应分版图中, 而且还解决了颜色相近的符号之间的粘连现象.

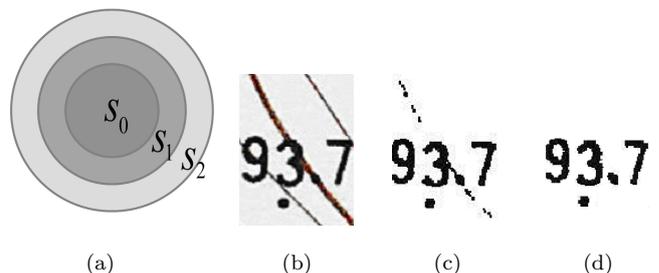


图 2 分版图优化技术 ((a) 符号周围区域; (b) 原图; (c) 文献 [12] 的方法; (d) 本文方法)

Fig. 2 Element map optimization ((a) Around region of symbol; (b) Original map; (c) Method in reference [12]; (d) Method of this paper)

3.2 复杂背景的简化

四个分版图提取完毕之后, 同一分版图的符号之间可能会出现粘连现象, 由于粘连要素中通常有一部分是宽度较细的线划, 可通过先蜕皮后加壳的方法来解决, 以下的讨论都基于分版图进行.

点状符号的弯曲密度和线划密度都大于线状符号的密度. 定义弯曲密度为线划的弯曲度与其外接矩形面积之商, 记为 D_c ; 定义线划密度为该线划的长度与其外接矩形面积之商, 记为 D_l . 根据大量试验结果得出, 点状符号的线划满足如下关系

$$\begin{cases} D_c \geq 0.35 \\ D_l \geq 0.015 \end{cases} \quad (4)$$

在分版图基础上, 依细化后的骨架线跟踪计算所有符号的上述特征值, 在结果图中把不满足式 (4) 的线划过滤掉. 通过这一方法, 可以得到基本上干净的纯点状符号的图像 (如图 3 所示).

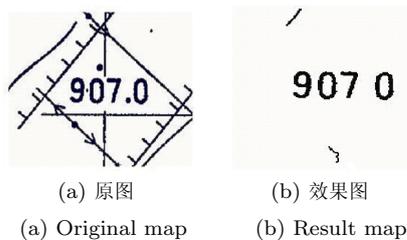


图 3 去除非点状符号

Fig. 3 Deleting symbols without point-shaped feature

3.3 点状符号的图文分离

将字符与图形分离简称为图文分离, 把点状符号从线状符号、面状符号中分离出来, 其目的是为了缩小识别过程的匹配区域, 提高效率, 另一方面可以进一步把其它非点状符号过滤掉. 地形图中的线状符号和点状符号形状复杂, 而且还会出现粘连交叉的情况, 利用传统的方法 (线长及外接矩形) 难以有效分离.

点状符号的线划密度比线状符号的要大, 同一类点状符号具有一定的规律, 其大小也相对较小, 因此可利用加壳变换和蜕皮变换方法将点状符号从背景中提取出来. 用 S_T 表示点状符号的线划之间的空隙间隔, 用 W_L 表示线状符号的最大宽度, 其实现步骤如下:

步骤 1. 对前面的结果图进行宽度为 S_T 的加壳变换, 把点状符号连成一个基本上呈现规则的连通区域, 其拓扑结构发生了很大的变化; 与此同时线划符号的宽度也会膨胀 S_T 个像素, 但其拓扑形状基本保持不变.

步骤 2. 进行 $S_T + W_L$ 的蜕皮变换, 经过加壳变换后线状符号的宽度小于 $S_T + W_L$, 因此蜕皮变换能够把线状符号去掉.

步骤 3. 进行 W_L 的加壳变换, 使经过步骤 1 和步骤 2 操作后的点状符号恢复原来的大小.

步骤 4. 提取连通区域的外接矩形, 在此基础上

向外扩展, 从而找到点状符号的外接矩形, 该矩形就是接下来要进行识别处理的符号区域.

通过以上处理, 同一注记的不同字符也会连成一个连通区域, 本文采用文献 [13] 的分割方法对字符串进行处理, 把字符中心点间距作为一个字符串分类的特征, 从而实现单个字符的切分.

4 点状符号识别

上述方法能较好地提取出点状符号的区域, 接下来就是对点状符号的识别. 常见的符号识别算法有模板匹配法和几何形状特征法等, 前者采用全局比较的方法, 满足硬匹配的要求, 但是传统的模板匹配法只注重全局硬匹配, 忽略了对符号局部特征的比较; 后者往往只关注符号的某些特征, 而忽略了其它的重要信息, 对噪声比较敏感.

考虑到点状符号中的汉字注记是一个大集合, 而且存在很多噪声或变形、符号之间易混淆等种种情况, 单用模版匹配法或几何形状特征法都不能很好解决地形图上点状符号的识别问题.

本文结合模板匹配法和形状特征法的优点, 提出一种新的点状符号识别的方法. 首先利用基于距离变换的加权距离函数来衡量符号与模版之间全局特征的相似度, 在此基础上根据骨架线的一致性来判断符号与模版之间的几何形状特征是否相似, 最后结合全局特征和几何形状特征来识别点状符号.

由于符号数量多, 为了提高识别速度, 在识别符号之前, 根据周长、面积、距离和连通区域等量的相似度^[14]进行符号的粗分类. 文字注记中同一文字可能存在多种字体, 不同字体的符号可能不一样, 本文首先对文字注记根据上述 4 个相似度进行粗分类, 确定该字符有可能属于哪种字体的哪些文字, 然后以这些文字的模板为参考对字符进行识别.

4.1 加权距离函数

设 x_{ij} 为匹配图像的像素值, y_{ij} 为标准模板的像素值, 定义“差异像素”表示匹配图像与模板的差图像, 包括“外壳像素”和“残缺像素”, 前者满足 $x_{ij} = 1$ 并且 $y_{ij} = 0$, 后者满足 $x_{ij} = 0$ 并且 $y_{ij} = 1$. 由于扫描质量和噪声的影响, 提取出来的图形与原图形往往会出现 1~2 个像素的变形, 这些差异像素到原图形的距离值不会超过 2, 在模板匹配时应该被认为是原图形的像素. 定义距离值大于 2 的差异像素为异常像素, 可以认为异常像素不属于原图形的范围, 且满足: 离原图形越远, 异常像素对距离函数的贡献越大.

加权距离函数的目的在于对每个像素点加入相应的权重信息, 使算法既保留模板匹配本身硬匹配的性能, 又能根据差异像素离原图形的远近调整对

距离函数的贡献率, 具有更强的可区分性.

基于上述分析, 提出加权距离函数为

$$D_1 = \frac{\sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W [(x_{ij} - y_{ij})^2 \times w_{ij}]}{H \times W \times \sum_{i=1}^H \sum_{j=1}^W w_{ij}} \quad (5)$$

式中, x_{ij} 为匹配图像的像素值, y_{ij} 为标准模板的像素值, H 为图像的高度, W 为图像的宽度, w_{ij} 为 (i, j) 位置点的权重.

地图代数的距离变换能精确标识符号空间中每点的距离值, 其中外距值 (内距值) 可以度量外壳像素 (残缺像素) 到模板符号的距离. 在计算权重时, 以模板符号为参照体进行外距变换和内距变换, 对于自然形态的符号, 采用的是欧氏距离; 对于比较规则的符号, 为了保持符号的直角特征点信息, 采用的是出租车距离. 记 s_{ij} 和 t_{ij} 分别表示 (i, j) 位置的外距值和内距值, 权重满足如下关系

$$w_{ij}(s) = \begin{cases} s_{ij}^p & s_{ij} > 2 \\ 0 & s_{ij} \leq 2 \end{cases}, \quad w_{ij}(t) = \begin{cases} t_{ij}^p & t_{ij} > 2 \\ 0 & t_{ij} \leq 2 \end{cases} \quad (6)$$

并且 $w_{ij} = \max[w_{ij}(s), w_{ij}(t)]$, 其中 p 是任意实数, 由实验得知 p 取 2 较佳.

4.2 符号的几何形状特征

利用距离变换方法提取图形的骨架线^[10], 并对骨架线进行细化. 对于细化后的骨架线, 可以分为两种情况: 1) 有交点; 2) 无交点. 若两个骨架线的交点个数不相同, 则它们不一致; 若交点个数相同, 则以交点作为断点打断骨架线, 生成多个弧段, 对于每个交点, 按逆时针顺序记录与该节点相连的弧段序号. 下面我们考虑交点个数相同的骨架线之间的一致性.

两个骨架线之间的一致性, 可以由构成它们的弧段上点的内距值中误差来衡量, 分为两步, 第一步, 找出两个骨架线上点与点的对应关系, 称这个过程为点匹配关系的建立; 第二步计算骨架线弧段的内距值中误差.

判断两个交点是否匹配, 不仅要考虑它们的弧段分支数是否一致, 更重要的还要考虑与它们相连的弧段之间的拓扑结构是否一致.

记模板骨架线中的交点为 P , 分支数为 Q , $A(P, k, i)$ 表示与 P 点相连的按照逆时针方向递增的第 k 个弧段, 弧段序号为 i , 且 k 与 i 之间存在函数关系 $i = f(k)$; 记待识别骨架线中的交点为 P' , 分支数为 Q' , $A'(P', k', i')$ 表示与 P' 点相连的按照逆时针方向递增的第 k' 个弧段, 弧段序号为 i' , 且

k' 与 i' 之间存在函数关系 $i' = g(k')$. 记弧段的长度分别为 $L(i)$ 和 $L'(i')$ 、弧段的弯曲度分别为 $S(i)$ 和 $S'(i')$, 设 $Q' = Q$, 则弧段 $A(P, k, i)$ 与 $A'(P', k', i')$ 之间的距离为

$$D_A(i, i') = w_l[L(i) - L'(i')] + w_s[S(i) - S'(i')] \quad (7)$$

其中 w_l 和 w_s 为权重系数, 由实验得知, w_l 和 w_s 分别取 0.35 和 0.65 较佳.

由于符号可能存在旋转及扭曲的情况, 交点 P' 的第 1 个弧段不一定与交点 P 的第 1 个弧段相匹配. 当匹配参数为 u 时, 定义交点 P 与 P' 间的距离为

$$D_P(u) = \sum_{k=1}^Q D_A(f(k), g(k'_u)) \quad (8)$$

$$k'_u = \begin{cases} k + u & k < Q - u \\ k + u - Q & k \geq Q - u \end{cases} \quad (9)$$

$$D_P = \min[D_P(u), u = 1, 2, \dots, Q] \quad (10)$$

若最小值 D_P 小于给定的阈值, 则 P 与 P' 为相匹配的交点, 表示为 $\{P, P'\}$. 此时取得距离最小值的 u 就是 P 与 P' 的弧段匹配参数, 其弧段匹配关系表示为 $\{f(k), g(k'_u)\}$.

在搜索匹配交点的过程中, 同时也确定了与该交点相连的弧段的匹配关系, 当完成了所有交点的匹配, 同时也建立了所有弧段的匹配关系.

在确定了弧段的匹配关系后, 接下来就需要计算匹配弧段的内距值中误差. 设弧段 $H_j\{h(i)\}$ 和 $G_j\{g(i)\}$ 分别为骨架线 F 与 F' 上第 j 个互相匹配的弧段, 弧段上点的个数分别为 n 和 m , 因为 n 与 m 不一定相等, 所以设定

$$h(i) = \begin{cases} t_h(i) & i \leq n \\ 0 & i > n \end{cases}, \quad g(i) = \begin{cases} t_g(i) & i \leq m \\ 0 & i > m \end{cases} \quad (11)$$

其中 $t_h(i)$ 和 $t_g(i)$ 分别表示它们第 i 个点的内距值. 取 n 和 m 的最大值为 k , 则弧段 H_j 与 G_j 之间内距值的中误差公式为

$$\xi_j(H, G) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k [h(i) - g(i)]^2 \quad (12)$$

且骨架线 F 与 F' 的内距值中误差为

$$\xi(F, F') = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \xi_j(H, G) \quad (13)$$

其中 N 为骨架线弧段的个数. 若 $\xi(F, F')$ 小于给定的阈值, 则可认为这两个骨架线一致.

对于骨架线没有交点的情况,即骨架线只有一个弧段,此时可通过该弧段的内距值中误差来衡量骨架线的一致性。

4.3 图像匹配区域的确定

由于各种变形及噪声的影响,待识别图像与模板图像的尺度可能不同,一种情况是它们之间存在收缩现象,另一种情况是待识别图像存在噪声的影响.本文采用图像距的方法求取符号图形的重心,并由图形的重心来判别属于上述的哪一种情况.图像距为

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y) \quad (14)$$

由此可得符号图形的重心坐标为

$$a_x = \frac{m_{01}}{m_{00}}, \quad a_y = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad (15)$$

求出待识别符号与模板符号的重心,若重心重合,则属于第一种情况;若重心有所偏移,则属于第二种情况.对于第一种情况,先把待识别符号进行一定程度的缩放,使经过缩放后的符号与模板的尺度一致,然后再进行识别.对于第二种情况,噪声的影响使匹配图像的原点与模板的原点不一定是最佳的匹配点.考虑到点状符号集较大,很可能出现两个图像不相似而它们之间的直方图也很相近的情况,在此借助直方图找到两者间的候选匹配点.设两个元素个数不等的直方图分别为 $H\{h(i), i=1, 2, \dots, m\}$ 和 $G\{g(i), i=1, 2, \dots, n\}$, 其中 m 大于 n , 则参考原点移到 H 的 u 位置时的距离公式为

$$D(h_u, g) = \sum_{i=1}^n [h(u+i) - g(i)]^2, \quad 0 \leq u \leq (m-n) \quad (16)$$

取得小于某个阈值的距离值的 u 就是直方图 H 和 G 之间的候选参考原点.对这些候选匹配点,按照其距离值由小到大的顺序排列,在识别时顺序取出候选匹配点进行符号的识别。

4.4 文字注记的处理

4.4.1 错切文字的预处理

地图上的文字注记有些发生了错切变换,比如海洋、河流、湖泊、山脉等的名称.根据错切变换的原理可知,同一行(列)的像素在错切变换前后的拓扑关系保持不变.在匹配错切变形文字之前,需要先进行投影变换.记投影变换前后的坐标分别为 (x', y') 和 (x, y) , 投影变换如下

$$\begin{cases} x = x' - p_y \\ y = y' \end{cases}, \quad \begin{cases} x = x' \\ y = y' - p_x \end{cases} \quad (17)$$

其中 p_y 为第 y 行像素中的最小 x 轴坐标, p_x 为第 x 列像素中的最小 y 轴坐标。

在实际的匹配过程中,首先对匹配图像和模板进行投影变换,然后再匹配它们的投影变换结果图,若结果图相似,则认为匹配图像就是模板所对应的符号。

4.4.2 线状要素的注记

地图上大部分注记的字隔较小,在符号提取的图文分离过程中,已把整个注记提取出来.但是,线状要素(如河流、道路等)的注记常采用较大的字隔,在符号提取时只是单个字符的提取,还需对单个字符进行配对以构成该要素的注记,称这些单个字符为配对字符。

为了方便字符的配对,首先把非配对字符过滤掉,并根据字符的外接矩形、颜色、旋转、变形等特性把配对字符进行分类,以下的分析主要是针对同一类配对字符进行.线状要素的注记通常是沿线配置在符号附近,因此在一定距离范围内离线状要素最近的配对字符构成了该要素的注记.地图上的线划要素往往错综复杂,首先利用文献[15]的方法找出属于同一线状要素的线划,然后同时对配对字符和线状要素作给定距离值的加壳变换,在变换后的图形中,与属于同一要素的线划相交的字符构成了该要素的注记.如图4所示的注记“古城河”为上述方法识别出来的河流注记。

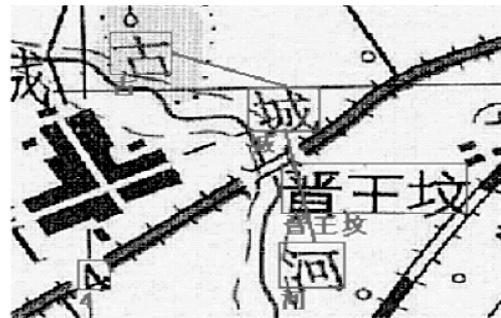


图4 线状要素注记的识别

Fig.4 Identification for annotation of line symbol

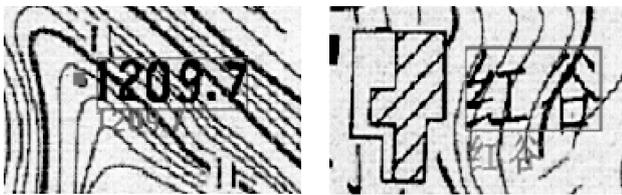
5 实验与分析

由于符号提取的最终目的是识别符号,本文对5幅比较典型的地形图进行点状符号的提取,然后在此基础上进行符号的识别实验,硬件配置为CPU 2.8 G,内存 256 M,这5幅地形图中包含大量的数字注记、地物符号和文字注记,存在不少粘连或易混淆的符号,以及错切文字和线状要素的注记.试验结果如表1所示。

表 1 点状符号识别的试验结果

Table 1 Result of identification of point symbols

参数	试验 1	试验 2	试验 3	试验 4	试验 5
数字注记	42	63	45	34	37
地物符号	22	28	25	19	23
文字注记	36	45	28	23	25
粘连符号	19	23	17	11	13
易混淆符号	16	24	10	12	18
错切文字	16	16	12	18	14
线状要素注记	16	16	12	18	14
误提取个数	1	3	1	1	1
提取准确率	99%	97%	98%	98%	98%
误识别个数	1	4	3	1	2
识别准确率	99%	97%	97%	98%	97%
耗时 (s)	29	35	31	24	25



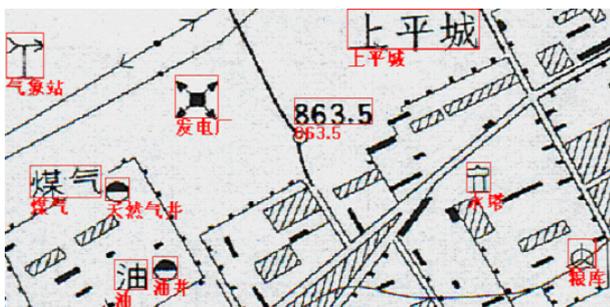
(a) 复杂背景

(a) Complex background



(b) 文字注记

(b) Text annotation



(c) 粘连符号

(c) Conglutinate symbols

图 5 点状符号的识别结果

Fig. 5 Identification of point symbols

表 1 中的耗时包括预处理、符号的提取和识别所用的总时间。在试验中所出现的点状符号被误提取或误识别的原因是该符号区域在扫描图中出现较大范围的黑色噪声块, 或者很多符号像素残缺, 由于噪声和残缺的影响符号已经失去了原来图形的大部分特征。由表 1 可以看出, 本文算法能较好地解决粘连、易混淆的点状符号的提取和识别问题, 其提取和识别正确率都在 97% 以上, 实验的效率较高。对于错切文字和线状要素的注记, 本文的方法也能较好地解决, 但对于一些噪声或变形严重的符号却无能为力, 而这是今后所要研究的方向之一。

图 5 是进行点状符号提取和识别的结果, 方框内的部分为识别出来的符号。利用文献 [2] 的方法对图 5 (a) 进行高程注记识别, 但无法识别注记“1209.7”; 利用文献 [5] 方法对图 5 (b) 进行文字识别, 但会把一些居民地误识别为汉字; 利用文献 [9] 方法对图 5 (c) 中的独立地物符号进行识别, 由于粘连的影响无法识别出“粮库”符号。可见本文方法相对于以前的方法适用范围更广。

6 结论

本文运用距离变换的方法实现了对扫描地形图上点状符号的自动提取和识别, 主要工作包括:

1) 在提取分版图过程中, 利用加壳变换和蜕皮变换的方法进行优化处理, 较好地解决了符号之间的粘连问题;

2) 提出了线划弯曲度的概念并给出其计算方法, 利用弯曲度特征把非点状符号的线划过滤掉, 较地去除了复杂背景对提取符号的干扰;

3) 采用距离变换的方法进行点状符号的图文分离, 实现了点状符号与背景的自动分离;

4) 提出了一种结合模板匹配和形状特征的点状符号识别方法, 利用加权距离函数进行模板匹配, 并根据骨架线的拓扑结构判断符号的几何形状特征;

5) 分析了错切文字注记和线状要素注记的特点, 并提出了较好的识别方法。

进一步的研究将集中在以下两个方面:

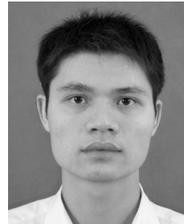
1) 对于存在严重噪声或变形的点状符号, 要充分利用符号的位置信息和颜色信息, 提高其提取准确率和识别准确率;

2) 目前处理对象仅局限于点状符号, 这有待于进一步研究通过建立不同符号模式, 改进和开发新的算法, 实现线状要素、面状要素符号的自动提取与识别, 实现扫描地图全要素信息的自动获取。

References

- 1 Zheng Hua-Li. Research on Automatic Recognition and Vectorization of Color Topographic Maps [Ph. D. dissertation], Nanjing University of Science & Technology, 2003

- (郑华利. 彩色地形图的自动识别与矢量化研究 [博士学位论文], 南京理工大学, 2003)
- 2 Chen Rui, Zhang Zu-Xun, Zhang Jian-Qing. Identification of digital elevation annotation in scanned map. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2004, **27**(2): 190~198
(陈睿, 张祖勋, 张剑清. 扫描地形图中数字高程注记的提取和识别. 武汉大学学报信息科学版, 2004, **27**(2): 190~198)
 - 3 Guo Ling. Recognition and Acquisition of Line-like Elements in Color Maps [Ph. D. dissertation], Nanjing University of Science & Technology, 2003
(郭玲. 彩色地图线状要素的识别与获取 [博士学位论文], 南京理工大学, 2003)
 - 4 Guo Bing-Xuan, Li De-Ren, Lei Zhen. Numeric annotation abstraction from map based on contour shape analysis. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2001, **26**(3): 275~278
(郭丙轩, 李德仁, 雷震. 基于轮廓形状分析的地形图数字注记提取. 武汉大学学报信息科学版, 2001, **26**(3): 275~278)
 - 5 Zheng Hua-Li, Zhou Xian-Zhong, Wang Hong-Bo. A new algorithm of automatic Chinese characters extraction from topographic maps. *Computer Engineering and Applications*, 2003, **39**(3): 11~13
(郑华利, 周献中, 王宏波. 一种新的地形图汉字注记自动提取算法. 计算机工程与应用, 2003, **39**(3): 11~13)
 - 6 Lehireche A, Rahmoun A. The EE-method, an evolutionary engineering developer tool: neural net character mapping. In: Proceedings of IEEE ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications. IEEE, 2005. 137~144
 - 7 Ahmed M, Ward R K. An expert system for general symbol recognition. *Pattern Recognition*, 2000, **33**(12): 1975~1988
 - 8 Huang Wen-Qian. Shape description and recognition of digital map symbols. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 1999, **28**(3): 233~238
(黄文骞. 数字地形图符号的形状描述与识别. 测绘学报, 1999, **28**(3): 233~238)
 - 9 Ming De-Lie, Jiang Xin, Tian Jin-Wen. Method of map symbols recognition based on numerical background expression. *Journal of Huazhong University of Science and Technology (Nature Science)*, 2005, **33**(8): 72~74
(明德列, 蒋欣, 田金文. 基于数值背景表达的地形图符号识别方法. 华中科技大学学报 (自然科学版), 2005, **33**(8): 72~74)
 - 10 Hu Peng, You Lian, Yang Chuan-Yong. *Map Algebra*. Wuhan: Publish House of Wuhan University, 2002. 140~146
(胡鹏, 游连, 杨传勇. 地图代数. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 140~146)
 - 11 Li Sheng-Quan, Hu Peng, Yang Chuan-Yong. Research on algorithm and application of component Voronoi. *Computer Engineering*, 2005, **31**(10): 42~44
(李圣权, 胡鹏, 杨传勇. 图形部件 Voronoi 图生成算法与应用研究. 计算机工程, 2005, **31**(10): 42~44)
 - 12 Huang Hua-Wen, Chang Ben-Yi. The application of computer color vision to color separation of scanned map. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 1997, **26**(2): 134~139
(黄华文, 常本义. 计算机彩色视觉在地形图分色中的应用. 测绘学报, 1997, **26**(2): 134~139)
 - 13 Wang Kai, Wang Qing-Ren. Research on Chinese/English mixed document recognition. *Journal of Software*, 2005, **16**(5): 786~798
 - 14 Yu Li-Gong, Wang Qiang, Bu Jia-Jun, Chen Chun. Algorithm of seal imprint verification similarity. *Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics*, 2004, **16**(10): 1366~1370
(余立功, 王强, 卜佳俊, 陈纯. 印鉴识别相似度的计算框架. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, **16**(10): 1366~1370)
 - 15 Chen Mang, Cheng Zhi-Guo, Peng Jing. Map feature curve generation form pictorial map resources. *Journal of Shanghai Jiaotong University*, 2005, **39**(4): 565~569
(陈芒, 程治国, 彭静. 纸质地图的地图特征曲线提取. 上海交通大学学报, 2005, **39**(4): 565~569)



陈飞 武汉大学博士研究生. 主要研究方向为模式识别和地形可视化. 本文通信作者.

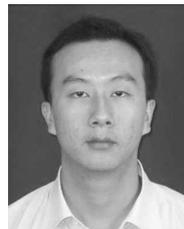
E-mail: chenfei_welcome@163.com

(CHEN Fei Ph.D. candidate at Wuhan University. His research interest covers pattern recognition and terrain visualization. Corresponding author of this paper.)



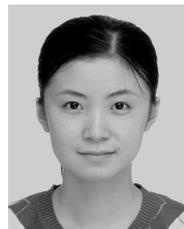
王秀芳 武汉大学硕士研究生. 主要研究方向为地图学与地理信息系统.

(WANG Xiu-Fang Master student at Wuhan University. Her research interest covers cartography and geographic information system.)



王坤 武汉大学博士研究生. 主要研究方向为土地利用与数字城市规划.

(WANG Kun Ph.D. candidate at Wuhan University. His research interest covers land use and digital urban planning.)



农宇 武汉大学硕士研究生. 主要研究方向为地理信息系统与土地管理.

(NONG Yu Master student at Wuhan University. Her research interest covers geographic information system and land management.)