

一种基于种子点与连通性分析的 快速水体边界提取方法

万显荣, 舒 宁, 郑建生
(武汉大学 湖北 武汉 430079)

摘 要 : 水体是遥感影像中重要的专题信息之一 , 水体边界的提取又是水体信息提取的一个重要内容。本文在综合国内外相关研究的基础上 , 提出了一种基于种子点与连通性分析的半自动水体信息提取方法。

关键词 : 水体边界提取 ; 种子点 ; 连通性分析

中图分类号 : TP 753 文献标识码 : A 文章编号 : 1001 - 070X(2000) 04 - 0044 - 06

0 引言

水资源调查是一件十分有意义的工作 , 遥感作为一种先进的调查方法 , 其意义和价值正在逐步为人们所认识。从宏观的角度出发 , 水专题信息分为湖泊和河流两类。在卫星遥感影像上 , 湖泊大致表现为一块等值区域 , 河流为一线结构。在黑白遥感影像上 , 水体的纹理较均匀但色调较复杂 , 主要与水体的深浅、含沙量、受污染程度及河流的流速等因素有关 , 一般情况下 , 水体越深 , 色调越深 , 水体越浅 , 色调越浅 ; 水体的含沙量越大 , 色调越浅 ; 水体受污染的程度越重 , 色调越深 ; 静止的水体色调相对较深 , 湍流的河水色调相对较浅。在彩红外遥感影像上 , 水体主要通过影像色调及纹理来判断。水体一般呈蓝色 , 受污染较重的水体呈黑色 , 含沙量大的水体呈浅绿色。基于种子点的复杂等质区域提取法^[1]提取遥感影像(主要针对 TM 影像) 中水体信息的基本思想如下 :

(1) 在卫星影像上 , 选取水体区域内的一点作为种子点(在实际处理时 , 一般选取该种子点的一定邻域为种子区 , 以避免噪音的干扰) , 对种子区内的像点进行光谱特性分析 , 选择二值化参数 , 对彩色合成之后的影像进行二值化 ;

(2) 根据种子点提供的空间信息对二值化后图像进行连通性分析^[2] , 在连通性分析的同时进行噪音去除和连通区域边界标记(标记点在屏幕显示的影像上同时显现) , 并能够统计水体的面积。

1 种子点的选择与图像二值化

TM 有多个波段的数据 , 由于各个波段传感器的光谱响应不一样 , 且不同地物的波谱特性

也不同,为了综合利用各波段的信息,我们选取增强之后的 $TM2(B)$ 、 $TM3(G)$ 、 $TM4(R)$ 三波段数据进行假彩色合成,这样各波段不同的线性特征都融合在彩色影像中。在进行水体提取之前,先由人工对合成之后的卫星数字影像进行判读,找出存在的水体目标,由人工指定的这些目标点我们命名为种子点。

种子点信息主要包括光谱信息和空间信息,光谱信息(R_0, G_0, B_0)是进行彩色图像二值化的重要信息;空间信息(X_0, Y_0)是进行水体信息提取的参考点。根据种子点的光谱信息进行二值化的规则如下:

$$F(i, j) = \begin{cases} 255 & |R(i, j) - R_0| < T_R, |G(i, j) - G_0| < T_G, |B(i, j) - B_0| < T_B \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

T_R, T_G, T_B 分别为彩色图像三通道二值化的阈值,它们是三个依赖于影像特性的参数。在本文的实验中, T_R, T_G, T_B 均取值 20。关于二值化阈值的选择是一个重要的研究内容,其关键之处在于如何能够得到一个合理的自适应阈值,数据经过以上处理,与种子点相似的一些水体特征已基本提取出来。

2 二值图像中水体边界提取

2.1 算法中的一些定义

假设二值图像中目标像素点的灰度值为 255,简称白点,非目标像素点的灰度值为 0,简称黑点,图像中白点的一个聚集区域称为一个类。首先,给出以下几个定义:

定义 1 基类:行相同,列相邻的目标像素点(白点)属于同一类,称为一个基类。基类是进行连通性分析的最小单位。

定义 2 当前基类:正在处理的基类,称为当前基类。

定义 3 当前类:当前基类归属类,称为当前类。

定义 4 以前类:不属于当前类的类称为以前类。

当前基类可能被归并到以前类中某一类,这时该以前类变为当前类。如果当前基类没有同任何以前类合并,则当前基类就是当前类。下面,给出两种数据结构:

```
struct BASE_CLASS /基类/{
    int class_order; /类号/
    int coordx; /起始点的行坐标/
    int coordy; /起始点的列坐标/
    int length; /列相邻的目标点总数/
    struct BASE_CLASS leftson; /左子指针/
    struct BASE_CLASS parent; /父指针/
    struct BASE_CLASS rightsib; /右兄弟指针/
    /上述三个指针用于各类之间的合并,以形成一树结构/
} /用于存储基类信息/

struct VOL {
    int line, column; /行号/
```

```
int class_order ; /类号/
```

```
}; /用于存储最近访问某一列的基类的类号和行号/
```

```
定义 struct VOL vo[ WID ]; /WID 表示图像列数/
```

假设当前基类为 c ,距离阈值为 d_1 ,令 $p = (c \rightarrow coordy) - d_1$, $q = (c \rightarrow coordy) + (c \rightarrow length) - 1 + d_1$, $vol[j]$ 用于存储最近访问第 j 列的基类的类号及行号。判断当前基类 c 的归属问题时,新算法不是考察所有的以前类,而是只考察 $vol[p]$ 到 $vol[q]$ 记录中存储的以前类,并且,不是考察这些以前类中所有的点,而是只考察集合 $X = \{ (j, vol[j].line_num) \mid j \in [p, q] \}$ 中的点,这样的点共有 $c \rightarrow length + 2d$ 个,因为如果 $j \notin [p, q]$ 则对于任意的 x ,点 (j, x) 与基类 c 的列间距(水平距离)大于 d_1 ,欧氏距离肯定大于 d_1 。为了计算 $x_j \in X$ 与当前类 c 的距离 d ,我们给出如下定义:

定义 5 若当前基类 c 的起点为 $S(p, c \rightarrow coordx)$ 终点为 $E(q, c \rightarrow coordx)$,则点 $x_j \in X$ 与 c 的距离定义为:

如果 $(j < p)$ 则 $d = |S - x_j| = \sqrt{(p - j)^2 + (c \rightarrow coordx - vol[j].line_num)^2}$

如果 $(j > q)$ 则 $d = |E - x_j| = \sqrt{(q - j)^2 + (c \rightarrow coordx - vol[j].line_num)^2}$

否则 $d = c \rightarrow coordx - vol[j].line_num$

根据定义 1 和定义 2 ,可以把当前基类 c 看成是一条起点为 $S(p, c \rightarrow coordx)$ 终点为 $E(q, c \rightarrow coordx)$ 的水平线段 L ,如图 1 所示,定义 5 是根据点与 L 的三种关系(如图 1 中 x_1, x_2, x_3 与 L 的关系),将点 x_j 与基类 c 间距离的计算问题化为计算两个点的欧氏距离。

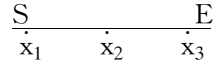


图 1 点 X 与基类三种的关系

2.2 算法的实现过程

第一步:初始化。令当前类号 $kindnum = 0$,对任意的整数 $j \in [0, WID - 1]$, $vol[j].class_order = -1$, $vol[j].line_num = -1$;

第二步:按行扫描图像,生成当前基类,并为其申请一个 BASE_CLASS 类型的节点,赋给其一个临时类号 $itskind$,并令 $itskind = kindnum$;

第三步:从集合 X 中任取一点 x_j ,计算 x_j 与 c 的距离 d ,如果 $d \leq d_1$,归并当前类与以前类 $vol[j].class_order$,否则继续;

值得说明的是,在计算 x_j 与 c 的距离时,一般算法是先计算 x_j 与 c 中所有点的距离,再从中选取最小值,我们应用定义 5 简化了问题,减少了计算次数和时间。另外,一旦某以前类因为其中某个点与当前类间的距离小于等于 d_1 而与当前类归并后,对于 X 中属于该以前类中的点不予考察;

第四步:依次从集合 X 中取点,并令 $X = X - x_j$,如果 $X \neq 0$,转第三步,否则继续;

第五步:根据当前基类所跨越的列、行及所在类号修改 vol 相关记录内容。如果当前基类不能同任何以前类归并,则为当前基类建立一个新类,类号为 $itskind$,同时更新当前类号,即令 $kindnum = kindnum + 1$,否则继续;

第六步:如果图像没有扫描完,转第二步,否则结束。

以图 2 为例(“+”代表目标点),设置 $d_1 = 1$,扫描第三行时,形成一个基类 c ,为它申请一个 BASE_CLASS 类型的空间,于是有: $c \rightarrow coordx = 3$, $c \rightarrow coordy = 2$, $c \rightarrow length = 4$ 。因

为 c 之前没有以前类, 所以为它新创一个类: 0 类, $c \rightarrow class_order = 0$, 又因为基类 c 所在行 3 跨越的列数为 2~5, 所以修改 $vol[2]$ 到 $vol[5]$ 记录的内容为: $vol[2].line_num = 3, vol[2].class_order = 0, \dots$ 。扫描第四行 3 至 5 列后, 形成当前基类 c , 然后依次考察 $vol[2]$ 到 $vol[6]$ 中存储的以前类。首先考察点 (2, $vol[2].line_num$) 即 (2, 3) 与 c 的距离 d , 按照图 1 中 x_1 的情形计算得 $d = \sqrt{2} > d_1$, 不能归并类; 接着考察点 (3, 3) 与 c 的距离 d , 易知 $d = 1 \leq d_1$, 归并 c 与 $vol[3].class_order = 0$ 即 0 类, 只简单地把 c 类链接 0 类上, 而后因为 $vol[4]$ 和 $vol[5]$ 中 $class_order = 0$, 所以不用再考察点 (4, 3) 和 (5, 3), 最后修改 $vol[3]$ 到 $vol[5]$ 记录的内容为: 行号为 4, 类号为 0。当扫描第 4 行第 7 列后, 形成当前基类, 因为它不能与任何以前类归并, 所以为它另创一个新类 1, 同时修改 $vol[7].line_num = 4, vol[7].class_order = 1$ 。当扫描第 5 行后形成当前基类 c , 先与 0 类归并, 当前类变为 0 类, 然后 c 又可以与 1 类归并, 这时将 0 类与 1 类归并为一个类。

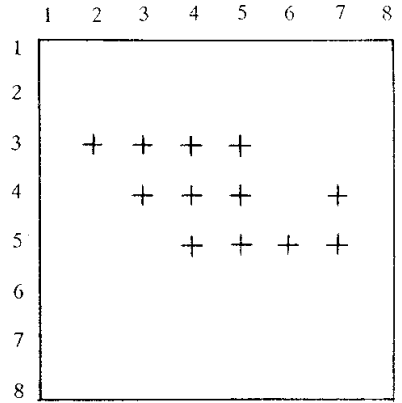


图2 二值图像连通分析

为了便于类的归并, 我们用树结构来保存类的信息, 树中每个结点的结构类型为 struct BASE-CLASS 型, 每个基类对应一个结点, 每个类由多个基类组成, 对应一棵树, 为缩短查询树根的时间, 在 BASE-CLASS 结构中加入 count 计数域, 记录以该结点为根的树中结点个数, 每次归并之前, 先比较两棵树的记数值, 再确定应并入哪棵树。下面给出两类归并和查找某结点对应树根的 C 代码描述程序:

```

MERGE( struct BASE-CLASS c1, struct BASE-CLASS c2 )    / 类 c1 和类 c2 归并 /
{
    if( c1 → count > c2 → count )    merge( c2, c1 );    / 类 c2 归并到类 c1 中 /
    else merge( c1, c2 );    / 类 c1 归并到类 c2 中 /
}

merge( struct BASE-CLASS c1, struct BASE-CLASS c2    / 类 c1 归并到类 c2 中 /
{
    struct BASE-CLASS b2 ;
    c2 → count++ = c1 → count ;
    b2 = c2 ;    / b2 指向 c2 /
    new struct BASE-CLASS temp = c1 ;
    delete c1 ; / 将 c1 从主链中删去 /
    / 将 temp( 实际上为 c1 )作为 c2 的最右兄弟 /
    while( b2 → rightsib != NULL ) b2 = b2 → rightsib ;
        b2 → rightsib = temp ;
    temp → parent = b2 ;
}    万方数据

```

```

ROOT( struct BASE_CLASS c )    / 求 c 所在根结点 ,并返回 c 指向其根结点 /
{
while( c → parent != NULL )    c = c → parent ;
}

```

2.3 算法评价

(1) 图像扫描过程与连通性分析过程一体化 ,结构紧凑。该方法只扫描一次图像 ,且扫描结束时 ,分析也随之完成。

(2) 计算量小 ,执行速度快。

3 实验结果

本文实验采用的数据为从 1998 年 8 月湖北省荆州地区洪灾期间的 TM 影像中裁剪的一块 256 像元 $\times$ 256 像元图像。图 3 为原始数据 ,图 4 为用本文的算法处理之后的结果。操作时 ,只须选取种子点。水体提取所包括的二值化、连通分析、边界点标记位置的确定等都在“后台”进行。“前台”(即屏幕)上只是看到边界点很快显示出来(图 4 中白色边界点)。从结果可看出 ,不仅上述算法执行速度快 ,而且边界提取准确。

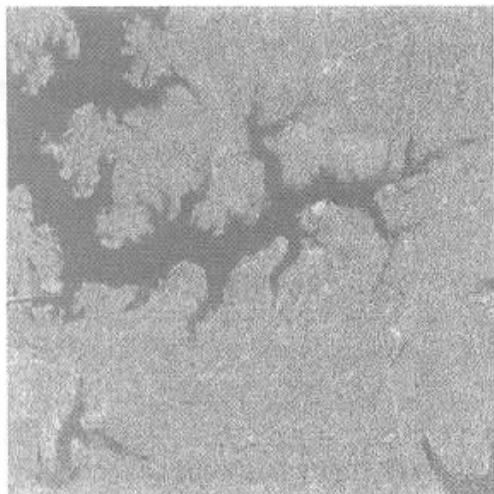


图 3 原始图像

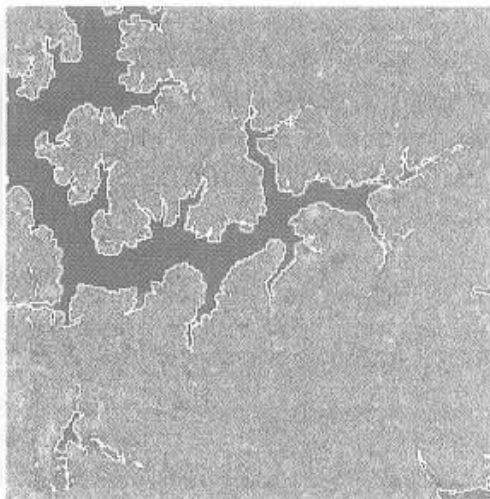


图 4 处理图像

一般在屏幕上用鼠标选取种子点后 ,即可将图像中所有水体边界提取出来 ,这种方法用于提取其它地类信息如林地、农田均可奏效 ,故为半自动提取遥感图像的面状类信息创造了条件 ,在利用遥感图像的专题信息提取应用中具有重要意义。比如目前的地形图更新生产都是人工操作 ,需要用鼠标在边界线拐点处一点一点地点击勾绘 ,象图 4 中复杂的边界线 ,至少需要一小时以上 ,而现在只须不到一分钟的时间 ,可见 ,该方法是值得推广的。

参考文献

- [1] 杜云艳,周成虎.水体的遥感信息自动化提取方法[J].遥感学报,1998,2(4):264~269.
- [2] 杨威.一种用于二值图像分割的快速聚类方法[J].计算机研究与发展,1998,35(8).
- [3] CAO Wufeng, QIN Qiming. A knowledge-based research for road extraction from digital satellite images[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis. 1998, 34(2~3).

FAST EXTRACTION OF WATER BODY BOUNDARY BASED ON SEED POINTS AND CONNECTIVITY ANALYSIS

WAN Xian-rong, SHU Ning, ZHENG Jian-sheng
(Wuhan Technical University, Wuhan 430079, China)

Abstract: As a kind of basic geographical information, water bodies extraction from satellite images is important in the practice and theory of automatic recognition. Its result can be used for the data updating of geographical database. This paper presents a method based on the seed points and a new fast connectivity analysis algorithm for image.

Key words Water recognition; Seed point; Connectivity analysis

第一作者简介: 万显荣(1974-)男,武汉测绘科技大学光电工程学院教师,主要从事电子仪器方面的教学工作,攻读硕士学位期间参与遥感图像处理的有关科研课题,为摄影测量与遥感专业研究生。