

# 基于 ENVI + IDL 的水体提取后处理实现研究

陈超<sup>1,2</sup>, 杨树文<sup>2</sup>, 王亮<sup>1</sup>, 刘涛<sup>2</sup>, 李轶鲲<sup>2</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 2. 兰州交通大学 数理与软件工程学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**通过 IDL 语言调用 ENVI 二次开发函数库, 首先基于多波段谱间关系法实现华南山区细小水体的自动提取, 然后利用数学形态学膨胀滤波算法对图像进行断线连接和小孔填充, 最后通过对比形态学腐蚀算法和 Pavlidis 异步细化算法对图像进行细化处理, 从而得到比较理想的细小水体。结果表明: 该方法能够有效解决水体提取后断线连接、空洞填充及细小水体细化等问题, 从而为水体自动、快速提取和分类提供有力帮助。

**关键词:**水体提取; 多波段谱间关系法; 形态学膨胀滤波; 图像细化; IDL

中图分类号: TP312; TP75 文献标识码: B 文章编号: 1672-5867(2011)06-0064-03

## Study on the Implementation of Post-Processing after Water Bodies Extraction Based on ENVI + IDL

CHEN Chao<sup>1,2</sup>, YANG Shu-wen<sup>2</sup>, WANG Liang<sup>1</sup>, LIU Tao<sup>2</sup>, LI Yi-kun<sup>2</sup>

(1. Chinese Academy of Surveying and Mapping Beijing 100039, China;

2. School of Mathematics, Physics and Software Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** The IDL language calling the ENVI secondary development library firstly, this paper achieved the automatic small water-body extraction in the mountain area of south China based on method of multi-band spectral relationship, and then used the mathematical morphological dilation filtering algorithm to broken link and fill holes. Finally, by comparing the thinning result between morphological erosion algorithm and Pavlidis asynchronous thinning algorithm, it acquired an ideal small water-body. The conclusion proved this method can effectively solve the problem of broken link, filling holes and small water-body refining and so on, after picking-up water-body. Thus it provide quick and effective help for automatic picking-up water-body and classification.

**Key words:** water-body extraction; method of multi-band spectral relationship; morphological dilation filtering; image thinning; IDL

## 0 引言

随着遥感技术迅猛发展, 利用卫星遥感数据提取水体, 已在水资源调查、水资源宏观监测及自然灾害评估等方面, 得到了广泛的应用。许多学者对遥感影像中水体信息的自动提取方法进行了大量的研究, 基于遥感的提取方法主要有密度分割法、水体指数法、决策树法和谱间关系法等。其中谱间关系法精度高, 在水体信息提取方面应用广泛, 是一种较为理想的方法。文献[1]利用密度分割法从 TM 影像中提取水体的分布范围; 文献[2]提出了归一化差异水体指数(NDWI)来抑制与水体无关的背景信息; 文献[3]利用决策树法从 SPOT 影像上提取了水体信息; 文献[4]利用改进的谱间关系模型对极高山地区进行了水体信息的提取。然而, 上述方法中很少提及针

对水体提取后的处理, 如细小水体断线的连接、空洞的填充及水体细化等。针对这些问题, 笔者进行了相应的水体提取后处理研究。

论文利用多波段谱间关系水体提取模型, 基于 ENVI + IDL 二次开发技术实现研究区水体信息的遥感自动提取和水体后处理实现。

## 1 水体提取后处理方法

由于研究区属华南山区, 植被及地形阴影发育, 提取出来的细小水体部分不连续。因此, 有必要对提取出来的断线状细小水体进行膨胀滤波、腐蚀算法及图像细化算法等后处理之后, 才能将提取的结果应用到相应的调查和评估等方面。水体提取后处理流程如图 1 所示。

收稿日期: 2010-11-25

基金项目: 中铁第四勘察设计院集团有限公司基金项目(2009D-1)资助

作者简介: 陈超(1986-), 男, 云南曲靖人, 中国测绘科学研究院与兰州交通大学联合培养的地图学与地理信息系统专业硕士研究生, 主要研究方向为地理信息系统开发与应用。

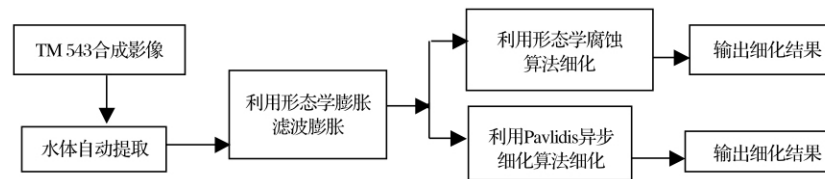


图1 水体提取后处理流程图

Fig. 1 Flow chart of post-processing after water bodies extraction

### 1.1 数学形态学膨胀滤波和腐蚀算法

数学形态学是由文献[5]提出的一种基于集合论的算法,被广泛应用于图像处理和图像分析方面。它的基本思想是用于原始图像在尺寸和形状上都有相关性的“结构元”在原始图像中填充探测图像几何结构,获得原始图像的尺寸、形状、连通性、凹凸性、平滑性以及方向性等信息<sup>[6]</sup>。

数学形态学首先用于二值图像处理,通过定义一定形态的结构元素对原图像进行位移、交、并等运算,然后输出处理后的图像。而二值形态学可以很容易地推广到灰度图像空间。其中,灰度数学形态学的运算对象不是集合,而是图像函数,二值图像中所用到的交、并运算在灰度图像中分别用最大、最小极值运算来代替。

数学形态学的基本形态变换包括膨胀、腐蚀、开运算和闭运算。设 $f(s, t)$ 是输入图像函数, $b(x, y)$ 为结构元素,用结构元素 $b$ 对输入图像函数 $f$ 进行膨胀和腐蚀运算,定义如下:

$$f \oplus b (s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x, y) \mid (s-x, t-y) \in D_f, (x, y) \in D_b\} \quad (1)$$

$$f \ominus b (s, t) = \min\{f(s+x, t+y) + b(x, y) \mid (s+x, t+y) \in D_f, (x, y) \in D_b\} \quad (2)$$

$D_f$ 和 $D_b$ 分别是 $f$ 和 $b$ 的定义域。灰度膨胀运算是在由结构元素形状定义中选取 $f \oplus b$ 的最大值,膨胀运算可以填平图像中小孔和弥合小裂缝<sup>[7]</sup>。灰度腐蚀运算是在由结构元素形状定义的领域中选取 $f \ominus b$ 的最小值,腐蚀运算可以去除图像中孤立的点和毛刺<sup>[7]</sup>。

论文中所用到的实验数据位于华南地区,该地区地形地貌复杂,对于山间细小水体,由于水草混杂以及山体阴影的影响,基于多波段谱间关系法提取出来的水体,出现不连续和间断。因此,采用数学形态学膨胀滤波算法对提取出来的水体进行膨胀运算,实现断线水体的连接及部分空洞的填充,最后经过图像细化算法,把水系的骨架线提取出来。

### 1.2 图像细化算法

细化就是经过一层层的剥离,从原来的图中去掉一些点,但仍要保持原来的形状,直到得到图像的骨架。图像的细化是特指在保持原图像拓扑结构的情况下尽可能地抽出一个单像素宽的骨架的过程,图像细化是数字图像预处理中的重要一环<sup>[8]</sup>。一个图像的骨架可以提供一个图像目标的尺寸和形状信息,因而在数字图像分析

中具有重要地位,图像细化(骨架化)是进行图像识别、线条类图像目标分析的重要手段。针对不同的应用,目前可用于图像细化的算法多种多样,对于不同的图像其优缺点各异,如基于形态学的腐蚀算法, Pavlidis 异步细化算法, Deutsch 算法, Zhang 快速并行细化算法等。

论文通过采用基于形态学的腐蚀算法和 Pavlidis 异步细化算法进行实验, Pavlidis 异步细化算法通过串行与并行的混合处理模式来对图像进行处理,实验比较发现基于形态学的腐蚀算法保持了原图像的信息,但对一些杂质不能有效地去除;应用 Pavlidis 异步细化算法,大体上保持了原图像的形状,可以有效地去除一些杂质,无细小短枝的产生,细化效果较为理想。

## 2 水体提取后处理实现

由于 IDL 语言与 C, C++ 语言相比,更容易掌握,加上 ENVI 提供的二次开发函数库,开发人员完全可以开发出功能强大的遥感系统。所以,论文研究过程中,目标水体的提取及后处理都是基于 ENVI + IDL 的二次开发实现。

### 2.1 IDL

IDL (Interactive Data Language 交互式数据语言) 是美国 ITT VIS 公司推出的第四代交互式、跨平台、面向矩阵处理的编程语言,具有快速的数据分析、图像处理和强大的可视化功能。ENVI (The Environment for Visualizing Images) 遥感影像处理软件是美国 RSI 公司推出的由专业的遥感科学家基于交互式数据语言 IDL 开发的一套功能强大的遥感影像处理系统,可以很方便地通过 IDL 进行二次开发。由于 ENVI 平台中所具有的图像处理功能大部分都以函数方式提供,我们可以很方便地通过 IDL 调用这些函数。利用 IDL 本身具有开发 GUI 的功能优势,于是可以快速的基于 ENVI + IDL,通过调用 ENVI 提供的 API,借助 IDL 开发一个独立于 ENVI 界面和操作方式的独立平台。

### 2.2 形态学膨胀滤波 IDL 实现

#### 2.2.1 算子模型

在形态学的应用中,采用单一的结构元素,往往不能达到预期的效果。由于不同的结构元素对不同形状具有很好的适应性,所以在膨胀过程中,采用多方位的形态结构元素来提高对图像相关信息的获取。本文采用  $5 \times 5$  的算子模型(结构元素)进行数学形态学膨胀处理。

在实验中,我们选取  $5 \times 5$  的算子模型,取如图 2 所示的 3 个方向作为基本的形态结构元素,交叉迭代,迭代 3 次。

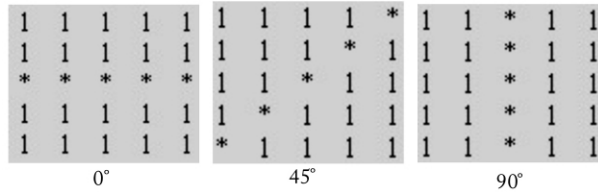


图 2 三方向形态学结构元素  
Fig. 2 Morphological structure elements  
of three direction

### 2.2.2 实现关键代码

通过 IDL 调用 ENVI 提供的形态学膨胀滤波函数,从而对提取出来的水体进行膨胀滤波,程序实现的关键代码如下:

```
envi_doit 'morph_doit' fid = fid ,pos = pos ,dims = dims ,
$ ; 执行形态学膨胀滤波
method = 1 ,gray = 1 ,kernel = kernel ,value = value ,cycles = 3 , $
out_name = ( * pStr ) . filename r_fid = r_fid
```

### 2.2.3 实验结果及分析

本实验利用多波段谱间关系模型,基于 ENVI + IDL 二次开发技术进行水体自动提取。图 3 其大小为  $192 \times 168$  像素,是为了对比和验证提取的水体结果,对目标区域进行 ETM<sup>+</sup>543 的假彩色合成(近似真彩色)图像;图 4 为基于多波段谱间关系模型提取的水体结果;图 5 为  $5 \times 5$  算子的形态学膨胀算法处理结果。

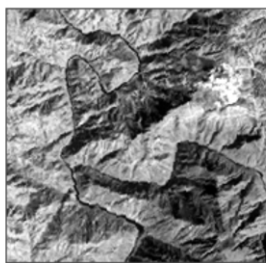


图 3 TM 543 合成影像  
Fig. 3 TM 543 composite image

其中,图 5 是对图 4 采用  $5 \times 5$  的算子,选取如图 2 所示的 3 个方向中的  $0^\circ$  方向作为基本形态结构元素进行一次数学形态学膨胀处理。为了验证水体提取后处理的效果,本文采用两种不同细化算法进行了大量计算机图像处理实验。

### 2.3 图像细化 IDL 实现

在水体细化过程中,通过采用基于形态学的腐蚀算法和 Pavlidis 异步细化算法进行实验,程序实现的关键代码如下:



图 4 基于多波段谱间关系法提取的水体结果  
Fig. 4 The results of water extraction based  
on multi-band spectral method



图 5 形态学膨胀算法处理结果  
Fig. 5 The results of morphological dilation  
algorithm processing

#### 1) 基于形态学的腐蚀算法关键代码

```
envi_doit 'morph_doit' fid = fid ,pos = pos ,dims = dims ,
$ ; 执行形态学腐蚀运算
method = 0 ,gray = 1 ,kernel = kernel ,value = value ,cycles = 3 , $
```

```
out_name = ( * pStr ) . filename r_fid = r_fid
```

#### 2) Pavlidis 异步细化算法关键代码

```
TH = READ_tiff( FILEPATH( ti_2. tif , ROOT_DIR = E:\cut_image\change ) )
RETH = REBIN( TH ,130 ,159 ) ; 返回一个指定范围的数组
```

```
th_result = thin( RETH , /NEIGHBOR_COUNT ) ; 调用 IDL 提供的 Pavlidis 细化算法
```

图 6 为  $5 \times 5$  算子的形态学腐蚀算法处理结果;图 7 为 Pavlidis 异步细化算法处理结果。

图 6 是对图 5 采用  $5 \times 5$  的算子,选取如图 2 所示的 3 个方向作为基本的形态结构元素进行数学形态学腐蚀处理的最终结果。其中,膨胀和细化是交叉进行处理的,文中进行 3 次交叉迭代。图 7 是采用 Pavlidis 异步细化算法进行膨胀和细化交叉迭代处理得到最终细化的结果。

通过上述实验可以看出,采用形态学腐蚀算法和 Pavlidis 异步细化算法,均可保证对图像完全细化,而形态学腐蚀算法进行细化很多地方不是单像素宽线条且有些地方还是出现不连续,而基于 Pavlidis 异步细化算法能得到较平滑的单像素点宽的骨架线,图像基本上达到连续,可以有效地去除噪声等,从而达到预期的效果。

(下转第 75 页)



图 3 选点删点时保存工程报错  
Fig. 3 Errors on preserving program when we select and delete points

提取高程等方面的差异程度。

从上述结果看,文中的测试技术路线和方法是合理的,达到了预期的目的,所以本文描述的测试方案是正确的。事实上,按照实际生产项目的要求,本次测试采用 Ortho 系统得到了合格的 DOM 产品,实现了快速纠正和自动匹配的目标,因此建议缺陷被修正后 Ortho 系统应用于实际生产。

### 4 结束语

系统测试是一项长期的、连续的、复杂的工作,故对 Ortho 系统的测试还没有结束,它需要经受市场项目的考验和用户的连续反馈,才能迈向成熟。

随着测绘科技与生产实践的紧密结合,系统测试的重要性越来越被凸显出来。本文旨在抛砖引玉,用一次真实的测试实践来验证某一测试方案的正确性,希望能让读者受益。

### 参考文献:

[1] 朱少民. 软件测试方法和技巧 [M]. 北京: 清华大学出版社 2005.  
[2] 冯秀丽,王珂,楼立明,等. ERDAS 的遥感影像正射图的制作 [J]. 遥感技术与应用 2003(3): 176 - 179.  
[3] 史济民. 软件工程原理方法与应用 [M]. 北京: 高等教育出版社 2001.  
[4] 李海洋,王丽英. 基于 PCI 的遥感正射影像图制作 [J]. 矿山测量 2009(4): 44 - 47.

[编辑:宋丽茹]

(上接第 66 页)



图 6 形态学腐蚀算法处理结果  
Fig. 6 The results of morphological erosion algorithm processing



图 7 Pavlidis 异步细化算法处理结果  
Fig. 7 Pavlidis asynchronous thinning algorithm processing

### 3 结束语

本文基于多波段谱间关系法对华南山区细小水体进行提取,采用数学形态学及 Pavlidis 异步细化算法对图像进行处理,通过实验发现选取不同的结构元素,对某一局

部范围的实验区具有较好的处理效果,但对整个实验区的范围处理效果不理想,需要对这些算法进行相应的改进。在整个实验区不仅有线状河流,还有面状河流,如何有效地对水体进行分类,然后只对线状河流进行形态学膨胀及细化,从而达到预期的效果,这些问题有待进一步深入研究。

### 参考文献:

[1] 刘建波,戴昌达. TM 图像在大型水库库情监测管理中的应用 [J]. 环境遥感, 1996, 11(1): 53 - 58.  
[2] McFeeters S K. The Use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features [J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7): 1425 - 1432.  
[3] 都金康,黄永胜,冯学智,等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究 [J]. 遥感学报 2001 5(3): 214 - 219.  
[4] 张明华. 用改进的谱间关系模型提取极高山地区水体信息 [J]. 地理与地理信息科学 2008 24(2): 14 - 16 22.  
[5] Maragos P, Schafer R W. Morphological Filter Part I: Their Set - Theoretic Analysis and Relation to Linear Shift Invariant Filter [J]. IEEE Trans. . ASSP, 1987, 35(8): 1153 - 1169.  
[6] 岳洪伟,李扬,蔡肯,等. 数学形态学在图像处理中的应用与展望 [J]. 影像技术 2006(2): 19 - 21.  
[7] 崔屹. 图像处理与分析——数学形态学方法及应用 [M]. 北京: 科学出版社 2002.  
[8] 张昊,徐刚. 基于四邻域的二值图像细化算法 [J]. 信息技术与信息化 2004(6): 24 - 27.

[责任编辑:王丽欣]