

基于 DEM 自动提取泥石流沟谷边缘线算法的试验

王一川 秦军

(西南交通大学测量工程系, 四川成都, 610031)

[摘要] 很多泥石流流域侵蚀程度的描述量, 与冲沟的边缘长度有关。本文提出了一种基于 DEM 自动提取沟边缘线的算法。提取步骤分为 DEM 平滑去除洼地、判断沟谷中心线、去短枝、初步提取边缘线、细化等几个步骤。最后按照这一方法以成昆铁路沿线的普歪沟为实验区, 提取了一条泥石流沟的沟谷边缘线。并将其与同一图像目视解译勾绘的沟谷边缘线比较, 表明这种方法不但能够将沟的边缘线提取出来, 而且提取出的边缘线更能够表现沟的细部特征。

[关键词] 沟谷边缘线; 数字高程模型 (DEM); 泥石流

测绘信息网 <http://www.othermap.com> 网友测绘人提供

The Test of Auto Extract Debris Flow Channels' Edge Arithmetic by DEM

WANG Yi-chuan QIN Jun

1 引言

泥石流是我国西部常见的地质灾害, 正确评价泥石流沟的侵蚀程度, 对泥石流的预报预测有重要的意义。而泥石流沟的边缘长度是用于描述沟谷的一个重要信息。对于一个确定的泥石流沟, 它的边缘长度可以辅助描述它对地面的侵蚀强度、沟的发育情况和沟的空间形态等许多因素, 在地形分析和地质灾害预测等各个方面都可以发挥作用。因此, 我们利用沟边缘长度来构建一个能够考虑到泥石流沟空间分布情况的量来度量它的发育情况。对于沟的空间分布情况, 当沟的面积一定时, 我们用沟的边缘长度来参与度量。因为, 对于面积一定的泥石流沟来说, 沟分布得越分散, 边缘长度就越长; 相反, 沟分布得越集中, 边缘长度就越短。

对于我们想要构建的参量, 若正确描述泥石流沟发育程度, 首先应该计算出沟的边缘长度。传统的方法是人工目视解译, 在航片上勾画出沟的边缘。但是这种方法费时费力, 要求解译人员要有一定的专业知识。同时, 沟的边缘位置不好判断, 容易画错。因此, 仅凭平面的信息和灰度的变化来确定泥石流沟边缘是不准确的。我们引入了能对泥石流沟的三维情况进行描述的 DEM 来帮助提取它的边缘。DEM 以离散分布的平面点来模拟连续分布的地形, 描述了地面的高程值, 能够模拟一定范围内的地形情况, 能够辅助提取多项地形因子, 如坡度、坡向和山谷、山脊等特征^[1], 所以用它来模拟

泥石流地区的地貌形态是可行的。

对于利用 DEM 提取地形因子, 已有许多学者做过研究。例如刘泽慧^[2]、陈永良^[3]等都提出了自己的算法。但大多是提取水系、山脊线或山谷线, 而关于用 DEM 来提取沟谷边缘的资料不多见。本文在提取沟谷中心线的基础上, 提出了一种利用 DEM 自动提取沟谷边缘线的算法。

2 沟谷边缘特征分析和提取算法

对沟谷边缘的定义, 我们认为是斜率突变的点的集合, 即斜率改变最大的点, 并且该点两边的斜率是同号的, 即同正或同负, 否则容易将山脊点或山谷点误判为边缘的点。如图 1 沟谷横截面图中 A 点。在 A 点处斜率改变最大, 而在 B 点和 C 点处斜率没有变化, 因此我们认为 A 点就是沟谷边缘点。在实际计算中, 我们采用规则格网模型 DEM, 每个高程点, 同相邻的高程点计算, 都有自己的斜率, 从而得到一个新的斜率的矩阵。对于这个斜率矩阵, 我们再对它做一次斜率的计算, 就得到了斜率的变化率这个新的矩阵。这个矩阵就作为我们判断的依据。在某一个方向上, 从沟谷中心线开始一定距离内, 斜率变化率最大的点, 我们就认为它是沟谷的边缘点。

以上是我们从形态学的角度分析出的沟谷边缘确定方法。即只需要将所有满足在一个小区域内符合规定的点的集合提取出来即可。

但是泥石流沟作为一种地貌现象, 还要满足地

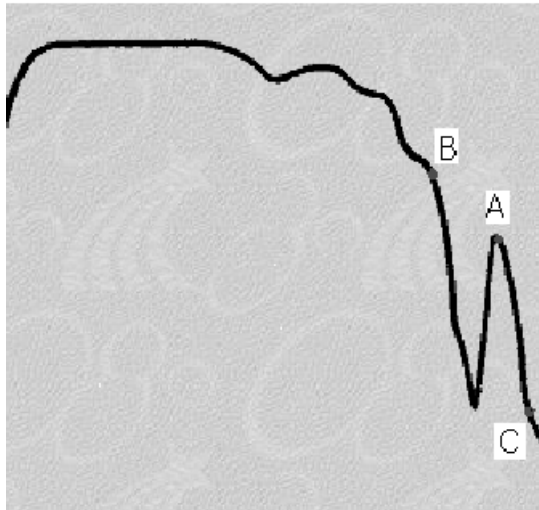


图1 沟谷横截面示意图

貌学上的特点。因此在提取沟边缘之前，要从地貌学的角度对所提取的地区进行预处理。所有的泥石流地区地貌不管复杂与否，大都分为三类：平地、坡地和洼地。其中洼地是我们在提取时会被误提的，应该去掉。

由于我们是从沟谷中心线开始寻找斜率变化最大的点，因此，我们的工作分为两步来完成：首先要做的工作是判断沟的中心线，再提取沟谷边缘线。

2.1 沟谷中心线判断

如何从形态学的角度出发判断山谷，现在各学者的提取工作主要是将一个小窗口（如 3×3 , 5×5 ）在 DEM 上移动。在小窗口内（见图 2），若某一方向上存在某点比周围的点高程都低，则视为谷点。提取方向可有 4 方向和 8 方向。4 方向就是水平和垂直的 4 个方向。8 方向还要考虑斜交的 4 个方向。显然 8 方向法的精度要高许多，但是由于计算量也同时增大，一般都选用 4 方向法。其原理如下：

$r_{i-1,j-1}$	$r_{i-1,j}$	$r_{i-1,j+1}$
$r_{i,j-1}$	$r_{i,j}$	$r_{i,j+1}$
$r_{i+1,j-1}$	$r_{i+1,j}$	$r_{i+1,j+1}$

图2 3×3 窗口

(1) 如果 $(r_{i,j-1} - r_{i,j})(r_{i,j+1} - r_{i,j}) > 0$ ，且 $(r_{i+1,j} - r_{i,j})(r_{i-1,j} - r_{i,j}) < 0$

当 $r_{i+1,j} > r_{i,j}$ ，则此点为谷点；

当 $r_{i-1,j} < r_{i,j}$ ，则此点为脊点。

(2) 同理，如果 $(r_{i+1,j} - r_{i,j})(r_{i-1,j} - r_{i,j}) > 0$ ，且 $(r_{i,j-1} - r_{i,j})(r_{i,j+1} - r_{i,j}) < 0$

当 $r_{i+1,j} > r_{i,j}$ ，则此点为谷点；

当 $r_{i-1,j} < r_{i,j}$ ，则此点为脊点。

(3) 如果 $(r_{i+1,j} - r_{i,j})(r_{i-1,j} - r_{i,j}) = 0$ ，则 $r_{i,j}$ 在此方向上为平地。

但在实际的地形中，也要求我们从地貌学的角度来看，地形总是不可避免地存在鞍点、洼地和一些局部范围内的小平原。因此我们需要对 DEM 做一些预处理，来去掉这些特殊地形对提取工作的干扰。最后提取出来的沟谷线应该是连续的，没有局部的短线和离散的点。

洼地是一个局部的最低点，它周围点的高程都比本身要高，构成了一个凹陷区。在 DEM 中的洼地有些反映的是真实地貌，但有些是 DEM 本身的误差所造成的。不管是哪种，都要用洼地填充算法来改造 DEM，去除洼地。去除洼地最常用的方法是对 DEM 做平滑处理，然后再填充。其方法也是利用一个小窗口在整个 DEM 上进行遍历。首先判断窗口中心点是否比四周点的高程都低，如果低，即认为这个点是洼地点。若是洼地点，则将洼地点的高程值改为它 4 个方向中高程最小的值。

若 $r_{i,j} < \min(r_{i+1,j}, r_{i-1,j}, r_{i,j-1}, r_{i,j+1})$

则 $r_{i,j} = \min(r_{i+1,j}, r_{i-1,j}, r_{i,j-1}, r_{i,j+1})$

提取出来的山谷线和山脊线中会存在一些短枝。它的一端没有与其他连接线连接，而另一端与多个连接线连接。这些短枝不是我们想要得到的山谷线和山脊线，是由于我们生成 DEM 中产生的误差和 DEM 本身随机的干扰造成的，需要去除掉。利用短枝的特点，我们可以设定一定长度，在它之内（如 2 个像元）的短线都去掉。还有一些两端都不与任何线连接的而且长度很短的线段，我们也可以把它们去掉。

最后要做的是将提取出来的山谷线和山脊线细化。我们的模型最后得到的应该是单线，即只有一个像素的宽度。但实际往往不是这样的。由于泥石流沟的地形十分复杂，有些地方山谷线和山脊线的宽度可能是 2 个像元，甚至更大。因此必须要有个细化的过程来得到沟谷的中心线。

2.2 边缘线提取

判断出沟谷的中心线之后，我们开始提取沟谷的边缘线。

提取沟谷边缘线，我们也采用 4 方向法（见图 3），计算 4 个方向的斜率改变矩阵，寻找沟谷边缘。我们先说明其中一个方向上的计算方法。例如：对于矩阵 $r_{(3 \times 3)}$ ，我们计算它其中一个垂直方向的斜率矩阵 $e_{(3 \times 3)}$ 。

$e_{i-1,j-1}$	$e_{i-1,j}$	$e_{i-1,j+1}$
$e_{i,j-1}$	$e_{i,j}$	$e_{i,j+1}$
$e_{i+1,j-1}$	$e_{i+1,j}$	$e_{i+1,j+1}$

图3 3×3窗口

$$e_{i,j} = (r_{i-1,j} - r_{i,j}) / 1$$

$$e_{i-1,j-1} = (r_{i-2,j-1} - r_{i-1,j-1}) / 1$$

$$e_{i-1,j} = (r_{i-2,j} - r_{i-1,j}) / 1$$

$$e_{i-1,j+1} = (r_{i-2,j+1} - r_{i-1,j+1}) / 1$$

$$e_{i,j+1} = (r_{i-1,j+1} - r_{i,j+1}) / 1$$

$$e_{i+1,j-1} = (r_{i,j-1} - r_{i+1,j-1}) / 1$$

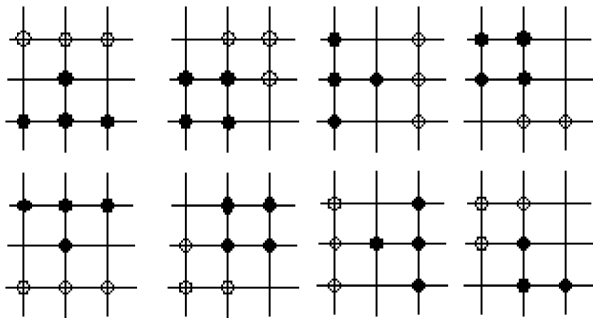
$$e_{i+1,j} = (r_{i,j} - r_{i+1,j}) / 1$$

$$e_{i+1,j+1} = (r_{i,j+1} - r_{i+1,j+1}) / 1$$

再在 $e_{(3 \times 3)}$ 的基础上, 按同样的方法计算出斜率改变矩阵 $g_{(3 \times 3)}$ 。

从我们开始判断出的中心线分别向上、下、左、右四个方向, 确定一个寻找长度开始搜索。在寻找范围内, 若某点的 $g_{i,j}$ 最大, 则在此方向上, $g_{i,j}$ 为沟谷边缘线。

但是这时我们得到的沟谷边缘线不是我们最后想要的结果, 还要做以下两个工作: (1) 将所有搜寻的边缘线闭合。(2) 将得到的边缘线细化, 使之成为一个像素宽度的标准线。本文利用 8 个结构对 (如图 4), 从 8 个方向依次对提取结果进行修剪^[4], 循环迭代处理直到没有需要修剪的像素为止。



● 表示击中结构元素
○ 表示不击中结构元素

图4 8方向结构对

3 试验

本文选择的实验区是成昆铁路线上的普歪沟。它是一个已经发育成熟的泥石流沟, 地面破碎, 侵蚀切割强烈。

3.1 沟谷中心线的判断

得到 DEM 数据后, 首先做预处理, 即平滑处

理, 目的是去掉小的洼地、干扰地形和误差, 只突出沟谷和山脊的部分。这样得到的最后经过处理的 DEM 才是我们能够利用的数据源。

本次实验采用移动窗口法, 建立了 3×3 的小窗口在 DEM 间移动。数学模型和算法与前面介绍的相似: 如果在水平或竖直方向上两边的 DEM 高程都比中间点的高程大, 那么中间点就记为山谷点。然后将短枝和孤立点按照前面讲述的原理去掉。在此实验中我们去掉短枝的门限值为 3 个像元的长度, 即将长度小于 3 个像元的提取出的中心线去掉。

3.2 沟谷边缘线提取

在判断出的沟谷中心线基础上, 分别向上、下、左、右搜索 5 个像元的宽度。按照前面介绍的原理, 找出 5 个像元宽度内斜率变化率最大的点, 并标记出来。最后将所有的点连接成线, 做细化处理后, 就得到了普歪沟沟谷边缘线划图 (如图 5)。

我们将图 5 和人工提取的普歪沟沟谷图 (图 6) 做一个比较, 发现计算机自动提取的沟谷图更加细致, 对沟的局部特征刻画更明显。这是因为我们在提取时, 对沟的宽度是做了限定的, 最大宽度也不会超过我们寻找的像元数。观察两幅图中用圈围住的部分, 人工识别时把它笼统地作为了一个沟对待, 但是计算机识别的图中把它分为了好几个小的沟。这样我们对沟的了解就更加详细了。特别是在提取同一地区不同时相的航片中沟谷图时, 能更好地比较它们之间的差别。

4 结论

本文提出了利用 DEM 自动提取沟谷边缘线的算法, 此算法提取结果通过与人工提取的结果对比,

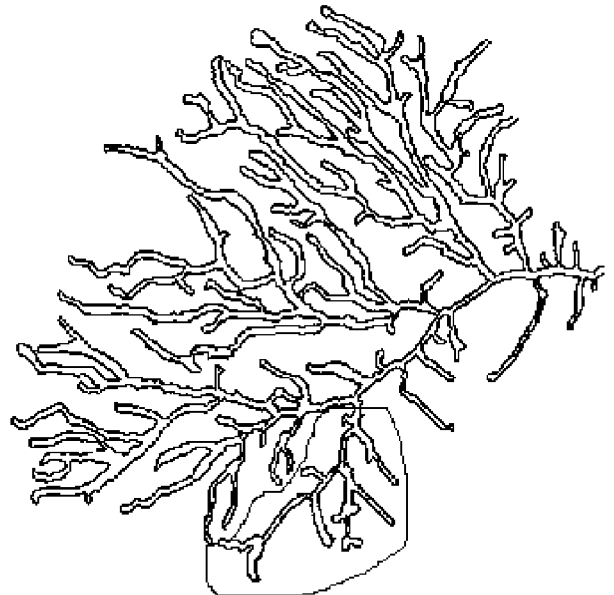


图5 计算机自动判别普歪沟沟谷图



图6 人工识别普歪沟沟谷图

表明它是可行的。该算法能够比较准确地将泥石流沟沿提取出来，并且很适用于对沟细部特征的提取。由于提取出的图细部特征明显，如果从多时相的遥感图像中提取同一沟谷边缘线，就更能表现出沟谷侵蚀的变化。

因此，本文提出的沟谷边缘线的自动提取算法，由于其速度快、准确度高、对细部变化敏感的特点，能够很大程度上节省人力资源，加快我们对泥石流地区侵蚀情况变化的了解，有利于灾害的预测预报。

但是提取出的沟谷，最大的宽度是我们事先已经定好的像元数，如果有的沟谷比我们设定的寻找像元数宽，这时我们提取出的沟谷就比实际的情况窄。因此，有些地方还是需要解译人员的修正。并且对于寻找像元宽度的值的设定在不同的地区要取不同的值，使操作人员不好掌握。这些缺陷在以后的研究中有待进一步解决。

参考文献

- [1] 黄杏元, 马劲松, 汤勤. 地理信息系统概论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 刘泽慧, 黄培之. DEM 数据辅助的山脊线和山谷线提取方法的研究 [J]. 测绘科学, 2003, (28): 33 - 36.
- [3] 陈永良, 刘大有. 一种新的山脊线和山谷线自动提取方法 [J]. 中国图象图形学报, 2001, (6): 1230 - 1234.
- [4] 崔屹. 图象处理与分析——数学形态学方法及应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[收稿日期] 2005 - 08 - 04

[作者简介] 王一川, 女, 西南交通大学硕士研究生。研究方向: 遥感技术应用。

[基金项目] 铁道部科学研究项目: 96G31; 国家自然科学基金项目: 40271092

(上接第 27 页)

房屋占地面积: " + m + " 平方米 " + chr \$ (10) & chr \$ (13) + " 受灾人数: " + p + " 人 " + chr \$ (10) & chr \$ (13) + " 经济损失: " + v/10000 + " 万元 "

3 结论

如何在谋求社会经济发展的同时, 尽量减少洪水所造成的灾害损失, 同时又尽量保持洪水在自然生态环境中所能发挥的洗涤、净化、补充地下水、改良土壤等重要作用, 基于地理信息系统 (GIS) 软件平台的防洪管理信息系统不失为解决这一问题的良策。本系统以广西梧州为研究对象, 在 MapInfo 软件平台下, 通过其二次开发语言 MapBasic, 对防洪减灾信息系统的建立做了初步探讨和尝试。但要作为一个实用型的系统为地方部门所用, 还有待进一步的深入和改进。

参考文献

- [1] 魏一鸣, 等. 洪水灾害风险管理理论 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 李观义. 基于 GIS 的洪灾损失评估技术及其应用 [J]. 地理与地理信息科学, 2002, (4).
- [3] 刘光. 地理信息系统二次开发教程语言 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [4] MapInfo Corporation. MapBasic User ' s Guide, MapInfo Corporation [Z].
- [5] 孙继光. 利用 MapBasic 建立县域土壤资源信息系统初探 [J]. 东北测绘, 2003, (2).
- [6] 李亿红, 周来东, 等. 基于 MaInfo 的成都市大气环境地理信息系统 [J]. 物探化探计算技术, 2003, (1).

[收稿日期] 2005 - 07 - 19

[作者简介] 刘彦花 (1972 -), 女, 汉族, 硕士讲师, 从事 GIS 的教学与科研工作。