

# 基于 DEM 提取黄土丘陵区沟沿线

朱红春<sup>1</sup>, 汤国安<sup>2</sup>, 张友顺<sup>2</sup>, 易红伟<sup>2</sup>, 李明<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学 地球信息科学与工程学院, 山东 泰安 271019; 2. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 黄土丘陵区的沟沿线, 是反映该区地形地貌特征的重要的地形结构线。以陕北绥德县韭园沟流域为实验样区, 探讨利用数字高程模型 (DEM) 实现自动提取沟沿线的原理方法, 并以航片及地形图等高线为依据, 对所提取沟沿线的精度进行了对比分析。实验结果证明, 利用 DEM 自动提取沟沿线是一种快速、有效的技术方法。

**关键词:** 黄土丘陵区; DEM; 沟沿线

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2003)05-0043-03

**中图分类号:** P208

## Thalweg in Loess Hill Area Based on DEM

ZHU Hong-chun<sup>1</sup>, TANG Guo-an<sup>2</sup>, ZHANG You-shun<sup>2</sup>, YI Hong-wei<sup>2</sup>, LI Ming<sup>2</sup>

(1. *Geo-information Science & Engineering College, Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, Shandong Province, China*; 2. *Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, China*)

**Abstract:** The thalweg in loess hill area is an important terrain structural line, reflecting topography and landform character. A case study is conducted in Jiuyuan valley of Suide county, north Shaanxi province. The principles and methods of distilling automatically thalweg are discussed in the context of a DEM, and the precision of results relative to charts and terrain maps is analyzed. The study shows that the technology and method of distilling the thalweg using DEM are practical and effective.

**Keywords:** the loess hill area; DEM; thalweg

## 1 引言

地形结构线是地貌的骨架线, 同时也是自然地理区域单元的基本分界线, 所以, 是一种极其重要的地形结构线。一般来讲, 在黄土丘陵区, 沟沿线将地面划分成其上部的沟间地与下部的沟坡地、沟底地。此外, 该界限又往往是明显的土壤侵蚀类型和土地利用分界线。在不同信息源上, 科学、有效地提取沟沿线, 对于研究黄土丘陵地区土壤侵蚀的类型与强度、制定合理的水土保持规划, 都具有十分重要的意义。

然而, 在黄土丘陵区, 直接利用地形图等高线勾绘沟沿线有相当大的难度, 而且利用航空相片直接根据影像勾绘又牵扯到后期的转绘等较为复杂的技术环节。虽然前人在利用 GIS 技术自动提取沟沿线方面也进行了一定的探索研究, 但是基本上只提出了原则方法, 还没有形成一套较为完整的技术路线。该文在总结前人研究成果及大量实验的基础上, 利用了地貌形态学和地貌成因学的理论, 以及 DEM、地形图、航空像片等多源信息对比分析的方法, 提出了一套基

于 DEM 数据提取地面沟沿线的技术思路, 并对其精度特征进行了分析。

## 2 沟沿线形态特征及提取依据

沟间地、沟坡地和沟底地是黄土丘陵区最基本的地貌单元。表 1 为 3 种地貌类型的基本特征对比。沟沿线, 作为沟间地和沟坡地的基本分界线, 在地形地貌学研究以及水土保持规划中具有重要意义。

### 2.1 提取沟沿线的主要依据

地貌形态特征主要从地面坡度和曲率两方面分析。沟沿线两侧在地面坡度的变化上最为明显, 呈现由沟间地的一般  $< 25^\circ$  到沟坡间地的一般  $> 35^\circ$  的明显转折变化; 在沟沿线上, 地面的剖面曲率值呈现区域极值。地貌成因特征: 根据地面在流水与重力侵蚀的作用下溯源侵蚀的特点, 在坡面没有明显转折的复杂情况下, 一般以坡面上冲沟、切沟顶部的连线作为沟沿线。土地利用特征: 沟沿线也往往是明显的土地利用类型分界线, 沟沿线之上的沟间地一般用作耕地, 与下部沟坡地上的荒草形成明显的差异。

收稿日期: 2003-02-16

修回日期: 2003-04-28

资助项目: 国家高技术研究发展计划 863 项目 (2001AA135080); 国家自然科学基金项目 (49971065); 测绘遥感信息工程国家重点实验室高访基金; 陕西省教育厅专项基金 (00JK149)

作者简介: 朱红春 (1977-), 男 (汉族), 山东泰安人, 硕士, 主要从事 GIS 与遥感应用技术研究。E-mail: sdney\_xa@163.com。

## 2.2 三种地貌类型的基本特征对比

沟间地。地面坡度相对平缓,一般 $<35^\circ$ ,地表径流量小,土壤的侵蚀主要表现为水蚀为主,在接近沟沿线的地区往往有细沟、浅沟发育,但少有切沟、冲沟发育,土地利用一般为耕地。

沟坡地。地面坡度陡峻,一般 $>35^\circ$ ,从沟间地下流的水流往往有较大的初速度,加之地面陡峻,产生强烈的土壤侵蚀,在地面坡度 $>35^\circ$ 的区域,由于超过 $36^\circ$ 的黄土临界休止角,重力侵蚀大量发生,地面有大量的切沟、冲沟发育,往往以很小的间距平行排列,形成沟壑密布的地面景观。土地利用一般为荒草地。

沟底地。主要为上部土壤侵蚀物质的堆积、沉积地区。少有侵蚀发生,地面坡度一般 $<6^\circ$ ,在沟台地和沟坝地,地面坡度往往 $<3^\circ$ 。土地利用一般为水浇地。

## 3 实验样区与实验数据

### 3.1 实验样区

实验样区位于陕西省榆林地区绥德县韭园沟流域,总面积约  $25 \text{ km}^2$ 。该区是典型的黄土丘陵地区,地表形态复杂,沟谷纵横,以充分发育的梁峁地形为主,最高海拔  $1103.50 \text{ m}$ ,最低海拔高程  $851.30 \text{ m}$ ,平均海拔高程  $980.06 \text{ m}$ ,沟壑密度  $7.18 \text{ km/km}^2$ ,地表平均坡度为  $28.7^\circ$ ,平均地面粗糙度  $1.18$ 。

### 3.2 实验数据

以  $1:10\,000$  比例尺地形图生成的 DEM 为基本实验数据,地形图上等高线的等高距为  $10 \text{ m}$ ,所生成 DEM 的水平栅格分辨率为  $5 \text{ m}$ 。以经过几何纠正的航空正射影像图为提取沟沿线精度分析的参考资料。

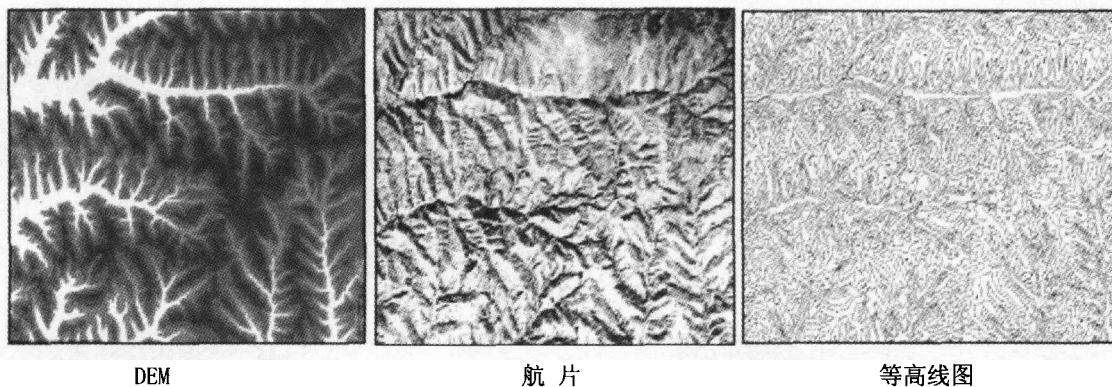


图 1 实验样区的 3 种不同信息源

## 4 DEM 提取沟沿线的方法

利用 DEM 提取沟沿线,是从以上对沟沿线的地学意义解释出发,综合利用沟间地和沟坡地 2 种地貌类型的坡度、沟壑分布特征,结合剖面曲率的方法,实现对沟沿线的识别。

### 4.1 利用坡度变异提取沟沿线

沟间地和沟坡地在地面坡度上的差异是非常明显的:在沟坡地上坡度一般 $>35^\circ$ ,而在沟间地地区,地面坡度一般 $<35^\circ$ ,相对平缓。因此,可以根据 2 种地貌在坡度上的差异,来达到识别沟沿线的目的。具体方法是:首先在 DEM 栅格数据阵列基础上将坡度栅格数据矩阵提取出来;然后对提取的坡度数据层的分级进行调整,以  $5^\circ$  为公差对整个坡度数据层进行等差分级,以  $35^\circ$  为界限, $<35^\circ$  的坡度以淡色调标识, $>35^\circ$  的坡度以深色调标识;最后根据坡度层上色调的变化,色调明显变化区为沟沿线的分布,同样的道理,深浅色调的结合部位即为沟沿线(图 2)。这样,就可以将比较坡度变化均匀地区的沟沿线提取出来。

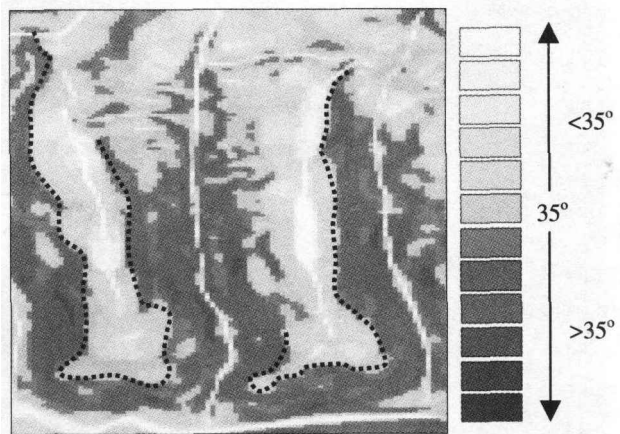


图 2 利用坡度变异提取结果

### 4.2 利用剖面曲率提取沟沿线

剖面曲率是地面上每一个微元栅格点的高程在垂直方向上的二阶导数,从另一个角度讲,地表曲面的剖面曲率也是对地面坡度的变化率情况的度量,它是一个具有微观区域特征的地形因子。利用这个数值

可以量化的表征地表曲面的在垂直方向的弯曲、变化程度,从而反映地面的复杂程度。

根据沟沿线划分地貌类型的特征,其上部属于坡度平缓的沟间地貌,下部则是坡度相对比较陡的沟坡地貌,反映在地表就形成了剖面曲线的弯曲变化特征,具体的剖面曲率数值在两种具有不同坡度组合特征的地貌类型区结合部位会相对较大。根据这个量化特征,可以将剖面曲率的大值区提取出来,经过取舍,提取出沟沿线(图 3)。

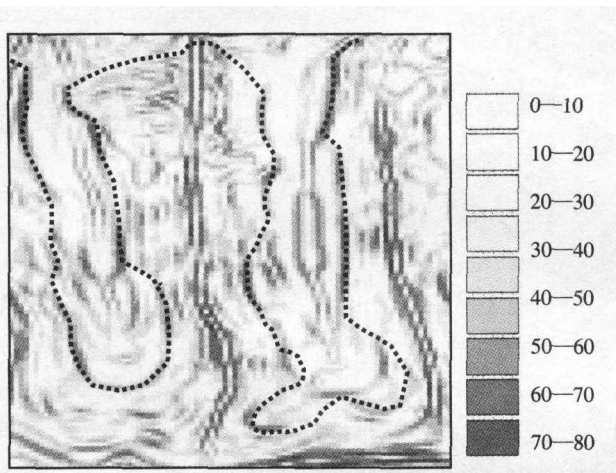


图 3 利用剖面曲率提取结果

#### 4.3 利用沟壑分布提取沟沿线

在黄土丘陵地区,沟沿线上上下下沟壑发育与形态特征存在着很大的差异,沟间地上一般仅发育细沟、浅沟,而沟坡地上切沟、冲沟广为发育。沟沿线往往亦是冲沟、切沟沟头的连线。基于这个特征,可利用 DEM 的水文分析思路与方法,首先提取沟坡地上的切沟与冲沟;以此为基准,构建栅格形态的缓冲区,并以沟头部位的缓冲距离为阈值,作等值连接,即形成沟沿线(图 4)。此种提取沟沿线的方法在沟壑充分发育的地区,比较容易实现。

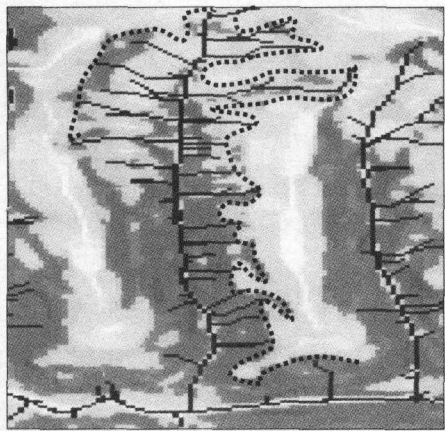


图 4 利用沟壑分布提取结果

沟沿线是一个综合反映诸如坡度、剖面曲率、沟壑等多种地形特征的地形结构线,所以基于坡度变异、剖面曲率和沟壑分布 3 种方法提取出只是反映各自特征的沟沿线分布图,准确的沟沿线应该是将 3 种结果叠加,进行综合取舍,最后再经模糊处理去脏后得到沟沿线提取过程及结果,详见图 5。

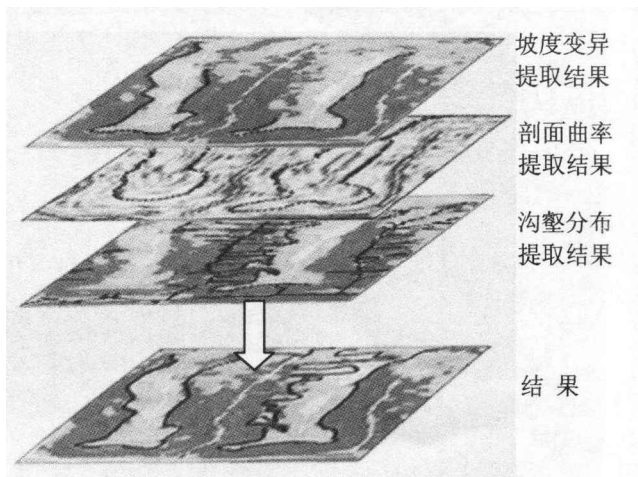


图 5 沟沿线提取过程及结果

## 5 沟沿线的提取精度分析

表 1 显示利用 DEM 提取沟沿线在提取精度、效率方面同地形图、航片的对比。

利用地形图、DEM、航空像片为信息源提取沟沿线在精度上基本一致,由于 DEM 不可避免地损失一部分地形信息,所提取的沟沿线稍短于其它 2 种所提取的结果。而在提取所耗用的时间上,以 DEM 为信息源仅为地形图提取的 1/10、航片的 1/8。

表 1 基于 3 种信息源提取沟沿线数量指标对比统计

项 目	DEM	地形图	航片
实验区沟沿线长度/km	39.94	41.47	42.75
沟沿线密度/(km · km <sup>-2</sup> )	12.11	12.57	13.03
提取所用时间统计/h	0.30	3.00	2.50

## 6 结 论

(1) 利用高精度 DEM 数据进行沟沿线提取,与传统方法相比具有方便快捷的优点,传统沟沿线提取费时费力,以 DEM 作为信息源来提取沟沿线节省时间,效率高。(2) 本方法改变了以往的仅局限于地貌形态学的方法,综合考虑地貌发生学与形态学原理,所提取的结果综合反映了坡度变异、剖面曲率和沟壑分布等多种地形、地貌特征。具有更好的效果。

(下转第 61 页)

工矿行业在数量上主要以采石场、矿山及砖瓦厂、取料场等为主,工业区和开发区数量少。工矿行业是造成水土流失的主要因素,采矿严重破坏植被,占用土地,并造成地表地下土层松动,移动大量岩石土体,一遇暴雨极易形成滑坡、崩塌等重力侵蚀,更加剧了水土流失。开发区建设造成土地最高的侵蚀速度产生在建设阶段,这阶段有大量裸露地面和由于运输和开挖引起很大的扰动,而且建设要延续一个相当长的时期,连续不断破土施工的工程产生的土壤工程侵蚀必然会相当严重。因此,工矿项目是我们监督管理的主要对象。

(4) 各设区市分布情况。工矿行业最多的是龙岩市,共有1228个,占全省工矿项目总数的28.1%,其次为泉州市889个,宁德市578个,福州市428个。

#### 4 问题与思考

(1) 通过这次的调查工作,基本上摸清了开发生产建设项目的的基本情况,从中也发现存在一些问题:一是各市、县(市、区)工作开展不平衡,一些地方工作开展很细致,收集大量的第一手资料,而一些地方调查资料比较粗糙。二是一些地方主观上也不够重视,存在应付的思想,调查项目较少,资料不全。三是各地水土保持部门人员相对较少,水土保持监督行政执法装备不足,执法用具简陋,工作量大,在一定程度上制约了对开发生产建设项目的保持监督管理工作

的开展。据省站去年摸底调查,目前全省水土保持执法机构88个,平均每个机构只拥有汽车0.4辆、摩托车0.35辆、测量设备0.14套。缺乏必要的交通、调查器具等基本装备,很难适应调查工作的要求。

(2) 今后工作思考:一是要不断拓宽水土保持监督管理领域。水土保持执法工作涉及许多部门和行业,必须加强横向联合,积极争取各有关部门的支持和帮助,才能取得事半功倍之效。今后要进一步加强同计划、建设、公路、电力、通信、煤炭、环保、国土等有关部门联系,依照水土保持法律、法规和规章的有关规定,就开发生产建设项目的保持监督管理,作出明确规定,以便督促各开发建设项目业主单位(个人)切实履行水土保持应尽的义务,避免形成对某些行业或领域的执法“真空”,做到所有开发生产建设项目纳入水土保持监督管理范围。二是开展水土保持监督管理规范化建设。加强监督人员的培训工作。要针对现有人员的文化素质和执法经验状况,有计划、有步骤、有针对性地加强与水土保持执法有关的业务培训,统一规范标准和方法。增加经费投入,改善执法所必需的交通、调查取证器具等基本装备,适应水土保持执法工作形势发展的需要。三是根据本系统业务特点,今后必须加快建立开发生产建设项目动态信息管理体系。要对水土保持监督执法密切关联的开发建设、生产经营企事业单位(或个人),进行全面深入的调查摸底,并进行跟踪调查,在此基础上,建立计算机管理信息系统。

(上接第45页)

(3) 由于DEM在沟沿线自身成因或者形态特征等理论上还没有达到成熟的程度,也给本方法的完善带来了一定的困难。如果能够在栅格的面域分析方法上有新的突破,将为该类空间分析方法的实施创造更好的条件。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 汤国安,赵牡丹.地理信息系统[M].北京:科学出版社,2000.118-128.
- [2] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,2000.169-191.
- [3] 汤国安.黄土丘陵沟壑区地面坡度分级研究[J].水土保持通报,1987,7(1):17-19.

- [1] 阎国年,钱业东,陈钟明.黄土丘陵沟壑区沟谷网络自动制图技术研究[J].测绘学报,1998,27(2):131-137.
- [5] 李本纲,陶澎.用数字高程模型进行地表径流模拟中的几个问题[J].水土保持通报,2000,20(3):47-49.
- [6] De Vantier B A, Feldman A D. Review of GIS applications in hydrologic modeling[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1993, 119: 216-261.
- [7] Shreve R L. Infinite topologically random channel networks[J]. Journal of Geology, 1967(75):178-186.
- [8] Band L E. Topographic Partition of Watersheds with Digital Elevation models [J]. Water Research, 1986 (22):15-21.