

数字化地形模型 (DTM) 在 水土保持中的应用

刘 静

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要

试以安塞、固原、长武、准格尔四个代表黄土高原不同类型区的小流域综合治理试验示范区为例,介绍了利用 microBRIAN 图象处理系统,从DTM中提取坡度、坡向等地形要素,以便于适合分析,说明了DTM所提供的可靠的空间基础在地理信息系统中的重要作用。

关键词 数字化地形模型 遥感 黄土高原

长期活跃的构造运动和严重的水土流失,造成了黄土高原梁峁起伏、支离破碎、沟谷纵横的黄土地貌。反过来,在影响水土流失的诸多自然因子(地形、地貌、气候、水文、植被等)中,地形地貌又起着决定性和控制性的作用,制约着其它因子的发生和发展。所以建立数字化地形模型对于黄土高原水土保持综合治理有其特殊意义。本文试以黄土高原综合治理试验示范区为例,介绍数字化地形模型的建立及其在水土保持中的应用。

1 研究区概况

我们选择了代表梁峁状黄土丘陵的安塞试区;代表宽谷梁状黄土丘陵区的固原试区;代表黄土高原沟壑区的长武试区和具风沙景观特征的准格尔试区。这4个试区从东到西、从南到北基本上概括了黄土高原的主要地形特征。

1.1 安塞试区

安塞试区位于陕西省安塞县中部,居黄土高原腹地。侵蚀沟充分发育,梁峁起伏,地形破碎。既有梁的连续性,又有突出峁的形态,属典型的梁峁状黄土丘陵,黄土层厚达70~80m,属于侵蚀强烈的地区,土壤以发育在黄土母质上的幼年土壤黄绵沙土为主。试区内沟壑密度高达 $8.06\text{km}/\text{km}^2$,土壤侵蚀模数为 $14\,000\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$,海拔1100~1400m,最大相对高差205.7m,上下游沟床高差210m,平均纵比降37%,沟谷大部分已切入基岩。

1.2 固原试区

固原试区位于宁夏南部固原县河川乡。是以梁为主的丘陵沟壑区,受古地形制约,加

表1 研究区概况

试区名称		安 塞	固 原	准格尔旗	长 武
所属流域		延河支流杏子河	泾河支流小川河	皇甫川支流十里长川	泾河支流黑河
地理位置	东经	109°13'33" - 109°21'33"	106°26'17" - 106°29'26"	111°07'00" - 111°09'1"	107°40'30" - 107°42'30"
	北纬	36°41'40" - 36°49'30"	35°59'44" - 36°02'15"	39°43'1" - 39°46'00"	35°12'00" - 35°17'00"
海拔(m)		1013.3~1431.3	1535~1823	1095~1225	950~1220
面积(km ²)		8.27	15.48	7.70	6.30
气候分区		暖温带半干旱	中温带半干旱	中温带半干旱	暖温带半干旱
年均气温(℃)		8.8	7.0	5.8	9.1
年均降水(mm)		549	472	400	588
≥10°积温天数		168	140	150	166
无霜期(d)		159	152	120	171
全年日照(h)		2415	2500	3117	2226
主沟道(河)长(km)		1.900	6.450	2.625	4.850
0.5km 以上 冲沟	条 数	19	24	16	15
	总长度 (km)	15.475	26.325	15.650	12.550
沟壑密度(km/km ²)		8.06	2.16	2.37	2.76
地面切割深度(m)		100~150	100~150	100	180
土壤侵蚀模数(治理前)(t/km ² ·a)		10000~12000	>5000	<10000	6560

之现代流水侵蚀较弱,形成谷宽、梁顶平缓的地形,尚有许多未被现代冲沟切开的坪地、湾掌地。土壤以黄绵土和黑垆土为主,沟谷陡坡有红土出露。沟壑密度为 2.16km/km²,土壤侵蚀模数大于 5 000t/km²·a。海拔 1 500~1 800m,地面切割深度为 100~180m,相对高差 130m。

1.3 长武试区

长武试区位于陕西省长武县洪家乡,地处高原沟壑区。冲沟发育,沟深坡陡,重力侵蚀严重,既有宽阔平坦的塬面,又有切割破碎的梁峁沟壑,可以明显的看出塬→梁→峁的发育过程。塬面最高海拔 1 274m,沟道最低海拔 847m。侵蚀模数 6 485t/km²·a。

1.4 准格尔旗试区

准格尔旗试区位于内蒙南部准格尔旗海子塔乡。按中国自然区划属内蒙古高原西部鄂尔多斯高原,处在黄土高原向风沙区的过渡地带。地貌为黄土残积丘陵,梁峁顶部为二迭纪紫红色披砂岩裸露,坡中部覆盖黄土,下部及阳坡为流动沙地。主沟深切入基岩,沟深坡陡,地形破碎,风蚀、水蚀交替作用,属于侵蚀最强的类型。沟壑密度为 2.37km/km²。地面切割深度为 180m,土壤侵蚀模数达 10 000t/km²·a。

2 数字化地形模型的建立

数字化地形模型实质上是按网格(经纬网或公里网)采集的高程数据集。

高程数据采集采用了两种方法:一种是用航测的方法;一种是由现有的地形图上机

器或手工读取高程。前一种方法选用了 1:10 000 航片和同期地面控制测量资料在立体测图仪上完成;后一种方法是用国家正式出版的 1:10 000 和 1:50 000 比例尺的地形图。我们是以每 0.2~0.5cm 的网格,读取高程数据的。

数据采集之后,为了便于应用,特别是适合于图形和图象变换,首先用 Lotus 123(或用 dBASZ)建立高程数据库,经过转换变成标准的 ASC II 形式。

由高程库向图象的转换是在微型 BRIAN 图象处理系统中完成的。微型 BRIAN 图象处理系统是由澳大利亚联邦科学和工业研究组织(CSLRO)水资源研究所、野生生物和草原研究所与微型计算机应用有限公司(MPA)合作研制的。它使图象处理从较大而集中的计算机中心转移到使用者的办公室,既可作为一个小站,又可作为一个独立的系统。它包括:图象管理、图象处理、图象分析、图象综合、应用程序等五大部分。特别适用于遥感图象处理。在 ASC II 文件转换成图象文化的过程中,要注意格式的给定与最大最小值的选择,为了使图象层次清晰,在赋值时,最大、最小值越接近实际,成图效果越好。如果研究区是几幅小图象合成,则选整个研究区内的最大值和最小值,这样处理能够尽可能的反映图中所包含的信息,不会因取值而遗漏。

当一幅图象在屏幕上显示出来,我们就要观察图象色调的变化、象元间的明暗程度是否协调。对于那些突亮、突暗、断开的象元则要进行检查和纠正。

3 数字化地形模型在水土保持中的应用

如上所述,在影响水土流失的诸多因子中,地形因子起着决定性的作用。因此,地形地貌也是实现水土保持综合治理措施合理配置的基本依据。提取和应用地形因子的传统方法是依据地形图上等高线的疏密程度和形状来判断基本地形地貌特征,编制地貌图、坡度图等等。随着电算技术的发展,机助制图与图象分类得到广泛的应用,对地形地貌的分析研究亦由定性发展为定量,而数字化地形模型为使用计算机进行地形因子分析提供了必要的基础数据,其中包括地势起伏、坡度、坡向、沟壑密度等。

数字化地形模型的建立使水土流失研究由定性向量化发展。数字化地形模型可将影响水土流失的自然因子数量化,建立多种单向因子数据库,进行水土流失综合研究。如通过光照模拟及边界提取,可做出坡度、坡向、切割深度图。

数字地形模型还可对沟道侵蚀进行动态模拟。我们利用长武试区的数字地形模型对长武试区塬面的沟道侵蚀进行了动态模拟。从中可以看出三条沟道由小而大不断切入塬面的过程,为研究黄土高原沟壑区的发生、发展提供了科学依据。

数字化地形模型的应用包括很多方面,下面仅就其中几点加以说明:

3.1 地形要素的提取

数字化地形模型的建立极大地方便了微地貌分析。作 mINSOL(光照模拟)处理后,原来等高线表示的地表面就变成了有阴、阳、向、背之分的立体感较强的图象。地貌特征的形象化分析使分析判断、特别是定量化分析有了基础。在模拟过程中,针对不同的地区可以设置不同的太阳高度角和太阳方位角。如对于黄土高原沟壑区的长武试区,由于冲沟陡而窄,太阳高度角大于 55 度较合适。而黄土丘陵区的固原试区其太阳高度角为 45 度则比较合适。经过以上处理既保持了黄土高原地区总的趋势,又突出了各试区不同的地

貌特点,为量化分析奠定了基础。

坡度、坡向是影响水土流失的重要因子。坡度、坡向的可计算性是水土流失定量化研究的基础。应用数字化高程数据光照模拟处理可自动求出平均坡度和坡向。一般梁顶、崩顶及阳坡有较高的亮度值,而沟底、阴坡亮度值则相对较低。对亮度值取一次微分,可判断坡向与坡度。一次微分为负值时则为阴坡,反之为阳坡;若一次微分绝对值较大则说明坡度较陡,反之则坡度较缓。若一次微分为零则表示沟底或崩顶,即为坡向转折点。这样逐点作出的坡度图能够比较真实的反映地面的变化。

坡度、坡向求出后,就可根据某一单元的高程及光照模拟后的亮度值确定其地形部位。另外还可以用空间统计的方法计算每一象元的局部标准差,把局部方差的平方根定义为结构,采用滤坡的方式计算出的图象就突出了地面上的剧烈变化,显示了不同的地表差异,为地面的粗糙度分析提供了可靠依据。

3.2 数字化地形模型是地理信息系统的基础

地理信息系统(GIS)是在计算机硬件支持下,将所研究地区资源与环境信息按空间分布和地理位置进行存贮、检索、分析、显示、制图并综合分析应用的技术系统(见图1)。它提供将现实世界(如城市、流域等)作为与位置相关数据的表示方法。它是空间信息的载体,是反映和研究地球表层这个错综复杂巨大系统的现代化工具,侧重于同一空间范围内,多源、多时相的信息组合与集成分析。地理信息系统中地理信息数据库是其中的主要部分,而空间数据又是地理信息数据库的重要组成部分。数字化地形模型所反映的坡度、坡向、切割密度等地形因子是地理信息数据库不可缺少的空间数据。

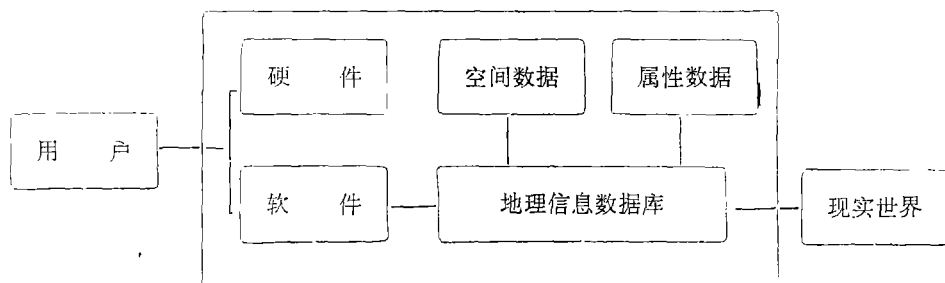


图1 地理信息系统示意图

“七五”期间,由西北水土保持研究所主持的“小流域综合治理信息系统”研究中,引进了数字化地形模型这一新的研究机制,提供了三维立体空间信息。在研究开发地形复杂地区计算机图象分类技术方面取得了一些进展,初步建立了一套适合于地形复杂地区遥感图象机助分类方法。而遥感数据与DTM等信息的叠合是其中必不可少的一部分内容,在“小流域综合治理信息系统”中,除必要的社会经济和生态环境信息外,还建立了土地资源信息库,其中既有反映质量和数量的属性数据,又有表示空间位置的图形、图象数据。由此可以看出,数字化地形模型在地理信息系统中具有不可替代的地位,是地理信息系统的基础。

3.3 数字化地形模型参加遥感分类极大地提高了分类精度

我们知道,遥感信息是地球表面资源环境信息的综合反映,获取速度快、周期短、现势

性强,可即时反映资源环境的动态变化,且具有多层次性,既可进行微观分析,又可用以宏观研究。但是,一般的遥感资料主要是提供光谱信息,它只是客观的反映了地面的综合特征,即:地面覆盖类型的反射和辐射性质以及地表形态引起的太阳能传到地面后发生的再分配。单纯依据遥感资料来进行分类往往会产生“同物异谱”、“同谱异物”现象。而数字化地形模型则提供了准确可靠的三维空间基础。数字化地形模型与遥感资料的有机结合,极大的丰富了信息源,数字化地形模型与各种“专题层”的迭合分析,为计算机自动化制图提供了基础,从合成图中可提取所需的地形、地貌、土壤、植被、坡度、坡向等指数,对于区分“同物异谱”和“同谱异物”有着重要的作用。我们将进行预处理后的TM(经提取的单因子图象)与DTM作为一波段、第二主成分(植被)作为第二波段、坡度作为第三波段、坡向作为第四波段,经过图象迭合后进行机助分类,对安塞地区的土壤侵蚀进行了分析,最后做出了土壤侵蚀图。利用这种方法还可以做出其它类型的图件。试验结果表明,数字化地形模型数据参加机助分类,使分类精度提高了20~30个百分点,极大的提高了分类精度。

DTM的参与,为计算机图象分类提供了坚实的基础,为地学与计算机科学的有机结合提供了条件。

参考文献

- [1] 李锐.黄土高原综合治理试验示范区航空遥感监测试验研究.黄土高原区域治理与评价,北京:科学出版社,1991
- [2] 刘志等.微机数字地形要素制图.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1989;10
- [3] 宋桂琴等.黄土高原综合治理试验示范区土地分类研究.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1989;10

ESTABLISHING AND APPLICATION OF DTM FOR SOIL AND WATER CONSERVATION

Liu Jeng

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia
Sinica and Ministry of Water Resources, Yangling,
Shaanxi, 712100)*

Abstract

The Digital Terrian Models (DTM) of four small watersheds located in Ansai, Changwu, Guyuan, and Zhungeer, which represent different landscape types in the Loess Plateau, have been established using micro BRIAN system, topographic elements, such as slope, landform, aspects, were extracted and classified. The results show that DTM can play a very important role in remotely sensed data classification topography analysis in Geographic Information System. It can supply a reliable spatial base.

Key words DTM remote sensing loess plateau