

网络出版时间:2013-06-20 15:47

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130620.1547.020.html>

基于 GIS 的渭北黄土高原立地类型划分的 研究——以永寿县永平乡为例

王 飞^{1a}, 赵 忠^{1a}, 郝红科^{1a}, 王 琤^{1b}, 李永启²

(1 西北农林科技大学 a 林学院, b 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西太白山国家级自然保护区管理局, 陕西 眉县 722300)

【摘 要】【目的】基于 GIS 技术, 快速、准确地实现渭北黄土高原小流域范围内立地类型的划分。【方法】以地处黄土高原南缘残垣沟壑区复杂地形的永寿县永平乡为试验区, 采用相对位置指数法提取地形部位信息, 利用数字高程模型 (DEM), 对研究区地形部位在空间上的相对位置进行了量化, 结合坡向和坡度因子进行立地类型划分, 最后利用现地立地因子信息样点对分类结果进行验证。【结果】利用上述方法将地处黄土高原南缘残垣沟壑区复杂地形的永寿县永平乡划分成 19 种立地类型, 并对其面积进行了统计; 经与实地立地类型划分结果进行比对, 显示本研究方法的划分结果精度达 92%。【结论】借助 GIS 技术不仅能快速地在小流域内实现该区域立地类型划分, 而且精度高, 能够为当地林业生产信息化提供技术支撑。

【关键词】 GIS; 黄土高原; 相对位置指数; 立地分类; 永寿县

【中图分类号】 S718.5

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)07-0133-08

GIS based landsite classification in Weibei Loess Plateau: A case study in Yongping Town, Yongshou County

WANG Fei^{1a}, ZHAO Zhong^{1a}, HAO Hong-ke^{1a}, WANG Cheng^{1b}, LI Yong-qi²

(1 a College of Forestry, b College of Natural Resource and Environment, Northwest A&F University,

Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Taibai Mountain National Nature Reserve, Meixian, Shaanxi 722300, China)

Abstract: 【Objective】The goal of this study was to quickly and accurately achieve landsite classification at small basins in the Loess Plateau area based on the geographical information system (GIS). 【Method】Landform was abstracted and quantified from digital elevation model (DEM) by the relative position index (RPI) method in the study area. The landsite was classified using the quantified landform, slope and aspect factors. Furthermore, the classification results were verified using the true site information collected from the study area. 【Result】The study area was divided into 19 landsite types and each site type area was calculated. Compared with the indeed landsite type, the accuracy of landsite classification was 92%. 【Conclusion】Using GIS, landsite of small basins can be quickly and accurately classified.

Key words: GIS; Loess Plateau; relative position index; landsite classification; Yongshou county

传统的森林立地类型需大量的野外调查和资料 搜集工作, 对人力、物力、财力的要求较高, 难以在较

* [收稿日期] 2012-12-07

[基金项目] “十二五”国家科技支撑计划重点项目(2012BAD22B0302); 国家级森林培育学教学团队建设项目

[作者简介] 王 飞(1988—), 男, 陕西佳县人, 在读硕士, 主要从事“3S”技术在林业中的应用研究。

E-mail: wangfei2008@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 赵 忠(1958—), 男, 甘肃宁县人, 教授, 博士生导师, 主要从事森林培育理论与技术研究。

E-mail: zhaozh@nwsuaf.edu.cn

短时间内完成大面积范围的立地分类,从数据的可靠性和资料的适时性方面都存在许多问题,如调查的数据受人为主观性影响较大,数据不易更新、查询、表达等。

与传统依靠人力进行立地类型划分工作相比,基于 3S 技术(GIS、RS、GPS)的立地类型划分极大地降低了外业工作量,可节约成本、缩短工期、提高时效性。特别是通过空间分析,GIS 能够帮助人们将立地数据库中无法看到的数据之间的模式和发展趋势,以图形的形式清晰、直观地表现出来,实现数据的可视化^[1],从而满足林业立地信息管理和经营者多维性决策的需求,解决林业上长期以来经营粗放、管理水平低下、信息技术落后的问题。近年来,3S 技术已逐渐应用于我国立地类型划分工作^[2-6],但由于各地地域存在差异,选取的立地因子也不尽相同,3S 技术在提取某些立地因子时会受到提取技术或者精度方面的限制,目前的研究工作仍需借助现地调查数据,并未完全实现仅利用 3S 技术对立地类型的划分。

本研究针对传统立地类型划分方法存在的问题,利用 GIS 技术,采用相对位置指数(RPI)提取地形部位的方法,对地形部位在空间上的相对性进行了定量描述,得到地形部位的量化分类结果,再结合坡向、坡度对永寿县永平乡的立地进行了类型划分,建立了小流域景观尺度下基于 GIS 技术的立地分类技术体系。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕西省永寿县永平乡,地处黄土高原南缘残垣沟壑区,地理坐标为北纬 34°55′10.64″~34°44′51.60″,东经 107°56′37.24″~108°05′57.97″。南北长 19.1 km,东西宽 14.2 km,面积约 170 km²。该区属暖温带大陆性气候,年均气温 10.8 ℃,年均降雨量 601.6 mm,主要集中在 7—9 月份,占全年降雨量的 52.2%。年均自然植被蒸腾量 807.4 mm。年降雨不均,加之自然植被蒸腾量较大,水分成为限制该区植被生长的主导因子。全乡地貌以丘陵沟壑为主,地形状况较复杂,海拔最低点 996.67 m,最高点 1 512.14 m,平均 1 266.5 m。坡度介于 0°~67.3°,平均坡度 21.4°。土壤以淋溶性褐土和黑垆土为主,其中淋溶性褐土占区域内大部分面积。

1.2 数据来源及采用的软件

本研究采用 1 : 10 000 的数字高程模型

(DEM),空间分辨率 5 m,从陕西省测绘地理信息局购买。采用的软件包括 ESRI 公司的 ArcGIS9. 3、简化数字地形分析软件^[7](SimDTA V1. 0. 2)和 Er-das2011。

1.3 立地因子的遴选及分级

土壤水分是黄土高原植物生长限制的主要因素^[8]。在小流域景观尺度下,地形部位是影响土壤属性的主要因素^[9-10]。不同地形部位具有不同的水文及微气候特征,进而影响到土壤的发生以及土壤属性在不同地形部位的分异^[11]。地形部位是地貌在空间中的位置分异的一种具体体现,在高程变化幅度不大的区域,地形部位能较好地反映地貌的分异及土壤属性的变化。罗伟祥等^[11]以气象因子中的热量和干燥度指标为依据,结合地貌类型,将陕西黄土高原划分为 3 个森林植物地带和 4 个类型区;在类型区内采用局部地形因子,如地形部位、坡向和坡度划分林地类型组,再采用土壤或母质类型划分立地类型。

鉴于研究区内林地土壤(母质)类型的单一性,本研究在立地分类时仅选用了坡向、坡度和地形部位等 3 个地形因子。我国目前没有专门针对造林规划设计的规程,森林资源一类、二类调查规程及《陕西省森林资源规划设计调查实施细则》(正式版)中只提及各坡向方位的分级,并未提及各方位在坡向(阴坡、阳坡)中的归属。故本研究坡向立地因子划分采用罗伟祥等^[11]、余其芬等^[2]、赵鹏祥等^[4]在立地类型划分中采用的坡向划分方法(该方法在生产实践中被广泛采用),并参照《陕西省森林资源调查设计实施办法》对其他地形因子的分级标准,确定了各因子的分级标准(表 1~3)。

表 1 地形部位立地因子的等级划分

地形部位 Landform position	相对位置指数(P_{ij}) Relative position index
山脊 Ridge	$0.75 \leq P_{ij} \leq 1$
坡面 Back slope	$0.25 \leq P_{ij} < 0.75$
沟底 Valley	$0 \leq P_{ij} < 0.25$

表 2 坡向立地因子的等级划分

坡向 Aspect	方位 Orientation	方位角范围/(°) Azimuth angle range
阳坡 Sunny slope	南 South	[157.5,202.5)
	东南 Southeast	[112.5,157.5)
	西南 Southwest	[202.5,247.5)
	西 West	[247.5,292.5)
阴坡 Shady slope	北 North	[337.5,22.5)
	西北 Northwest	[292.5,337.5)
	东北 Northeast	[22.5,67.5)
	东 East	[67.5,112.5)

表 3 坡度立地因子的等级划分

Table 3 Grading of slope landsite factors

坡度等级 Slope ranking	坡度范围/(°) Slope degree range
平缓坡 Gentle	[0,15)
斜坡 Incline	[15,25)
陡坡 Steep	[25,35)
极陡坡 Very steep	≥35

1. 4 立地因子的提取

1. 4. 1 地形部位的提取 目前,研究中多采用坡位这一地形属性来反映地形部位的空间分布,坡位提取的主要方法有相对位置指数法^[12]、模糊聚类法^[13-15]、基于模糊规则推理法^[16-17]。模糊聚类法仅在属性域内进行模糊聚类,忽视了空间位置信息,且其结果通常难以用专家知识进行解释^[18]。基于模糊规则推理法是,首先对各类坡位按照所应具有的地形属性值给出定义,再根据地形属性空间分布进行模糊推理获得各类坡位的渐变信息^[16-17],但该方法中地形属性的有效选择、定量及准确描述较困难,而不够详细、周全的定义将直接影响推理结果的正确性^[19]。秦承志等^[18]在总结前人利用栅格 DEM 提取坡位信息存在不足的基础上,提出了基于相似度的坡位信息模糊推理方法,并开发出了实现该方法的软件(SimDTA),其在小区域基本能对坡位的渐变信息进行准确提取^[19-20]。但利用 SimDTA 提取大区域模糊坡位信息时对计算机的硬件要求较高,运行时间较长。以往在立地类型的划分研究中,根据立地类型划分地域分异的原则,地形部位因子多选取绝对高程^[3,5]。在高程变化幅度不大的区域,高程对区域内生态及地学环境影响较小,植被的垂直分布也不明显。也有人采用坡位作为立地因子^[2,4],但坡位因子的获取通常采用人工解释^[2]或借助现地调查数据^[4],这种方法外业工作量较大,并不能基于 GIS 技术快速实现大面积范围内立地类型的划分。经过对前人研究中采用的坡位提取方法的优缺点进行比较,本研究采用适合研究区坡位提取的相对位置指数坡位提取法。

相对位置指数(RPI)是某一点到沟谷的最短欧氏距离与该点到山脊及沟谷的最短欧氏距离之和的比值^[12],可较好地反映区域地形中地形部位在空间分布的相对性,该方法提取坡位的操作比较容易掌握,适合软件操作技术力量相对薄弱的基层林业生产部门。秦承志等^[7]将该算法应用到其开发的简化数字地形分析软件(SimDTA)中。

本研究采用坡位来反映地形部位的空间分异,

其提取方法主要包括 2 个步骤:1)提取山脊线、沟谷线。从算法设计的原理上来分,目前提取山脊线和沟谷线的方法大致可以分为以下 5 种方法^[21]:基于图像处理技术的方法;基于地形表面几何形态分析的方法;基于地形表面流水物理模拟分析的方法;基于地形表面几何形态分析和流水物理模拟分析相结合的方法;平面曲率与坡型组合法。本研究采用平面曲率与坡型组合法。采用该方法提取山脊线和沟谷线,可通过平面曲率的大小来调节山脊及沟谷的宽度,方法简便,效果好。在实际应用中,平面曲率的提取比较繁琐,而坡向变率(SOA)在一定程度上可以很好地表征平面曲率,因此经常采用 SOA 代替平面曲率。基本处理过程为:首先利用 DEM 数据地面的 SOA 及地面的正负地形,取正地形上 SOA 的大值即为山脊,取负地形上 SOA 的大值即为沟底。该过程所有操作环节都在 ArcGIS9. 3 空间分析模块中的栅格计算器中实现。

2)相对位置指数法提取地形部位。将上述步骤中获取的山脊、沟谷线转换成 ASCII 码格式,导入简化数字模型分析软件 SimDTA V1. 0. 2^[6]中,利用相对位置指数法提取地形部位。

1. 4. 2 坡向、坡度的提取 在 ArcGIS9. 3 支持下,利用其空间分析模块,从研究区 5 m×5 m 的数字高程模型(DEM)提取坡向、坡度,并根据坡向、坡度划分等级,利用 ArcGIS9. 3 空间分析模块中重新分类的功能进行重分类,最终生成坡度及坡向图。

1. 5 立地类型图的生成

利用 ArcGIS 中的筛选提取(Select)功能,对坡度图层中坡度大于 35°的部分进行提取,生成一个单独的矢量图层,以该图层作为删除图层对各个立地因子图层利用 ArcGIS 叠置分析中的删除(Erase)功能做删除处理。将删除后的地形部位、坡向、坡度及极陡坡等图层,在 ArcGIS 中利用叠置分析中的交集(Intersect)功能做叠置分析,将研究区划分成 19 种立地类型,得到研究区立地类型图,并对叠置分析结果做属性统计。

1. 6 立地类型划分结果的精度验证

采用西北农林科技大学森林建康经营课题组在研究区前期积累的 88 个立地类型信息采样点资料,将其相关数据导入 ArcGIS,生成一个点状 Shapefile 图层,然后将该点状图层与立地类型划分结果面状图层通过叠置分析,得到本研究在采样点处划分出立地信息的点状 Shapefile 图层。

2 结果与分析

2.1 研究区各立地因子的提取结果

2.1.1 地形部位 利用平面曲率与坡型组合法提取了研究区的山脊及沟谷线(图 1),利用山脊线和沟谷线,在简化数字模型分析软件 SimDTA V1.0.2 中通过相对位置指数法提取地形部位的功能,将地形部位划分成山脊、坡面、沟底 3 个等级(图 1)。

2.1.2 坡向、坡度 利用 ArcGIS9.3 空间分析模块中提取坡向、坡度的功能,将 DEM 按照坡度、坡向立地因子分级标准,得到其初步分类结果;然后利用 Erdas2011,通过聚类分析(Clump)及删除功能(Eliminate)将分类结果面积较小、在实际生产实践中无意义的斑块去除,减少了数据的冗余,得到最终

坡度及坡向因子分类图(图 2 和图 3)。

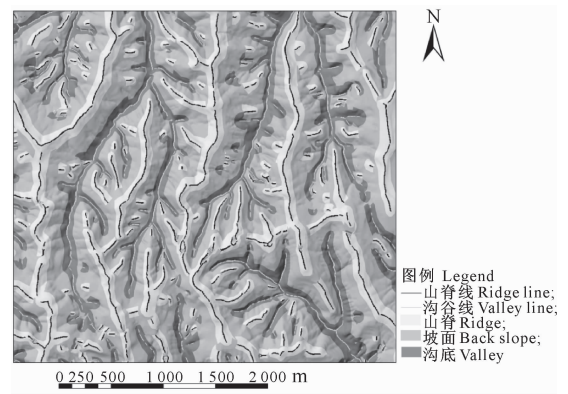


图 1 研究区山脊、沟谷线及地形部位的提取结果(局部)
Fig.1 Ridge, valley and slope position extraction in the study area

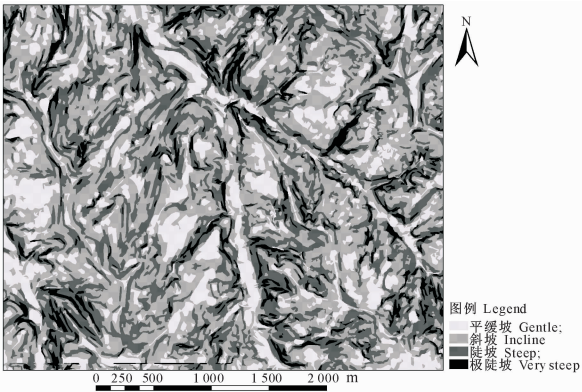


图 2 研究区坡度的提取结果(局部)
Fig.2 Result of slope division

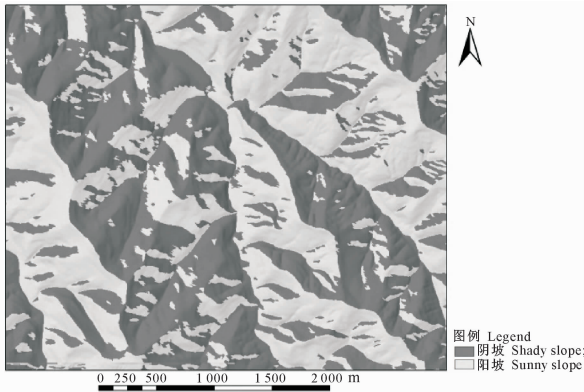


图 3 研究区坡向的提取结果
Fig.3 Result of aspect division

2.2 研究区立地类型的划分结果

利用 ArcGIS 中空间叠置分析功能,将地形部位、坡向、坡度 3 个图层叠加,结果可将研究区立地划分成 19 种立地类型(表 4),立地类型的命名除暂

不可造林地类型外,采用“地形部位-坡向-坡度”的形式,如“山脊-阳坡-缓坡”,生成的立地类型分布图见图 4。

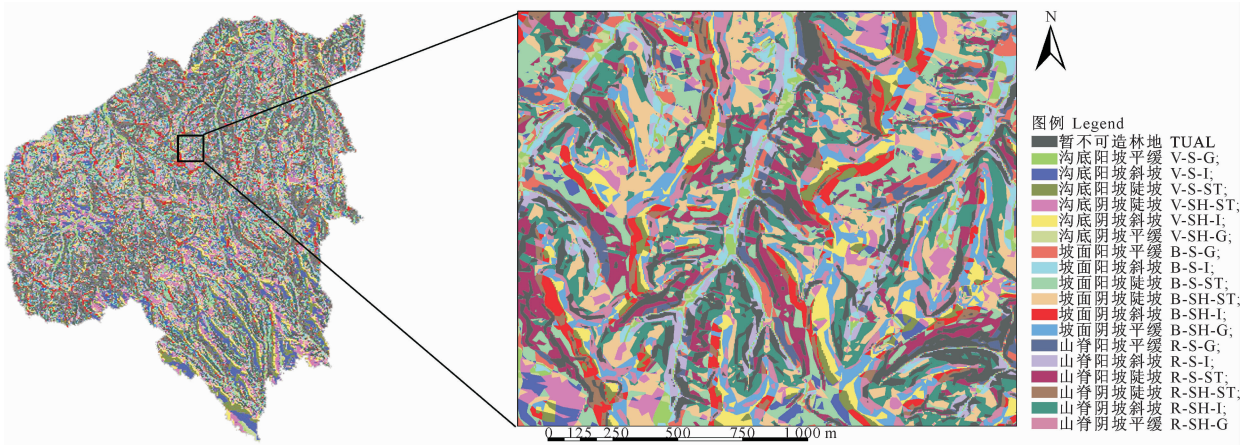


图 4 研究区立地类型划分结果
Fig.4 Result of landsite classification

表 4 研究区各立地类型面积及所占比例
Table 4 Area and ratio of each landsite type

代码 Code	立地类型 Site type	面积/hm ² Area	所占比例/% Percentage
R-S-G	山脊阳坡平缓 Ridge-Sunny-Gentle	1 018.12	6.14
R-S-I	山脊阳坡斜坡 Ridge-Sunny-Incline	683.03	4.12
R-S-ST	山脊阳坡陡坡 Ridge-Sunny-Steep	441.80	2.67
R-SH-G	山脊阴坡平缓 Ridge-Shady-Gentle	789.66	4.77
R-SH-I	山脊阴坡斜坡 Ridge-Shady-Incline	748.94	4.52
R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 Ridge-Shady-Steep	496.97	3.00
B-S-G	坡面阳坡平缓 Back-Sunny-Gentle	1 169.18	7.06
B-S-I	坡面阳坡斜坡 Back-Sunny-Incline	1 490.93	9.00
B-S-ST	坡面阳坡陡坡 Back-Sunny-Steep	1 268.70	7.66
B-SH-G	坡面阴坡平缓 Back-Shady-Gentle	884.85	5.34
B-SH-I	坡面阴坡斜坡 Back-Shady-Incline	1 494.73	9.02
B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 Back-Shady-Steep	1 348.77	8.14
V-S-G	沟底阳坡平缓 Valley-Sunny-Gentle	323.37	1.95
V-S-I	沟底阳坡斜坡 Valley-Sunny-Incline	516.15	3.11
V-S-ST	沟底阳坡陡坡 Valley-Sunny-Steep	528.33	3.19
V-SH-G	沟底阴坡平缓 Valley-Shady-Gentle	294.56	1.78
V-SH-I	沟底阴坡斜坡 Valley-Shady-Incline	507.50	3.06
V-SH-ST	沟底阴坡陡坡 Valley-Shady-Steep	529.28	3.19
TUAL	暂不可造林地 Temporarily unavailable afforestation land	2 035.63	12.28
合计 Total	—	16 570.51	100.00

2.3 研究区立地类型划分结果的精度分析

通过叠置分析得到点状 Shapefile 图层的属性表(表 5)。属性表中包含采样点立地信息与本研究划分出的立地类型结果,通过比对各立地因子,每个点中 3 个立地因子全部相同则认为划分准确,至少

一个立地因子不同则记作有误差。经统计,有 81 个采样点与现地调查立地信息相符,其余 7 个至少有 1 个立地因子与实际调查结果不相符,分类精度达 92%,满足林业生产实践的需求。

表 5 研究区立地类型划分结果的精度分析表
Table 5 Precision analysis of classification results

编号 Code	纬度 Latitude	经度 Longitude	划分出的立地类型 Site type	实地调查的立地类型 True site type	是否准确 False ortrue
1	34°45′20.927″	108°03′07.06″	坡面阳坡平坡 B-S-G	坡面阳坡平坡 B-S-G	是 Yes
2	34°46′19.387″	108°01′56.28″	坡面阴坡平坡 B-SH-G	坡面阴坡平坡 B-SH-G	是 Yes
3	34°46′19.362″	108°03′07.096″	沟底阴坡陡坡 V-SH-ST	沟底阴坡陡坡 V-SH-ST	是 Yes
4	34°47′17.833″	108°00′45.472″	沟底阴坡斜坡 V-SH-I	沟底阴坡斜坡 V-SH-I	是 Yes
5	34°47′17.819″	108°01′56.302″	山脊阳坡平坡 R-S-G	山脊阳坡平坡 R-S-G	是 Yes
6	34°47′17.797″	108°03′07.132″	山脊阳坡缓坡 R-S-G	山脊阳坡斜坡 R-S-I	否 No
7	34°47′17.761″	108°04′17.962″	坡面阴坡平坡 B-SH-G	坡面阴坡平坡 B-SH-G	是 Yes
8	34°48′16.24″	107°57′12.946″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
9	34°48′16.261″	107°58′23.79″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
10	34°48′16.272″	107°59′34.634″	山脊阳坡缓坡 R-S-G	山脊阳坡缓坡 R-S-G	是 Yes
11	34°48′16.268″	108°00′45.479″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
12	34°48′16.254″	108°01′56.323″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	是 Yes
13	34°48′16.232″	108°03′07.168″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
14	34°48′16.196″	108°04′18.012″	山脊阳坡缓坡 R-S-G	山脊阳坡缓坡 R-S-G	是 Yes
15	34°49′14.675″	107°57′12.913″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
16	34°49′14.696″	107°58′23.772″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	是 Yes
17	34°49′14.704″	107°59′34.631″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	是 Yes
18	34°49′14.704″	108°00′45.49″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
19	34°49′14.689″	108°01′56.348″	坡面阳坡缓坡 B-S-G	坡面阳坡缓坡 B-S-G	是 Yes
20	34°49′14.668″	108°03′07.207″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
21	34°49′14.632″	108°04′18.062″	山脊阳坡缓坡 R-S-G	山脊阳坡缓坡 R-S-G	是 Yes
22	34°50′13.11″	107°57′12.881″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	沟底阳坡陡坡 V-S-ST	否 No

续表 5 Contiuned table 5

编号 Code	纬度 Latitude	经度 Longitude	划分出的立地类型 Site type	实地调查的立地类型 True site type	是否准确 False ortrue
23	34°50′13.132″	107°58′23.754″	沟底阳坡缓坡 V-S-G	沟底阳坡缓坡 V-S-G	是 Yes
24	34°50′13.139″	107°59′34.627″	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	是 Yes
25	34°50′13.139″	108°00′45.497″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
26	34°50′13.124″	108°01′56.37″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
27	34°50′13.099″	108°03′07.243″	山脊阳坡斜坡 R-S-I	山脊阳坡斜坡 R-S-I	是 Yes
28	34°50′13.063″	108°04′18.113″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
29	34°51′11.542″	107°57′12.848″	山脊阳坡陡坡 R-S-ST	山脊阳坡陡坡 R-S-ST	是 Yes
30	34°51′11.563″	107°58′23.736″	沟底阴坡斜坡 V-SH-I	沟底阴坡斜坡 V-SH-I	是 Yes
31	34°51′11.574″	107°59′34.62″	沟底阴坡斜坡 V-SH-I	沟底阴坡斜坡 V-SH-I	是 Yes
32	34°51′11.574″	108°00′45.508″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	否 No
33	34°51′11.56″	108°01′56.392″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
34	34°51′11.534″	108°03′07.279″	山脊阳坡斜坡 R-S-I	山脊阳坡斜坡 R-S-I	是 Yes
35	34°51′11.498″	108°04′18.167″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
36	34°52′09.998″	107°58′23.714″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
37	34°52′10.009″	107°59′34.616″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
38	34°52′10.006″	108°00′45.515″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
39	34°52′09.995″	108°01′56.417″	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	是 Yes
40	34°52′09.97″	108°03′07.315″	沟底阳坡斜坡 V-S-I	沟底阳坡斜坡 V-S-I	是 Yes
41	34°52′09.934″	108°04′18.217″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
42	34°52′09.887″	108°05′29.116″	山脊阴坡斜坡 R-SH-I	山脊阴坡斜坡 R-SH-I	是 Yes
43	34°53′08.444″	107°59′34.609″	暂不可造林地 TUAL	山脊阳坡陡坡 R-S-ST	否 No
44	34°53′08.441″	108°00′45.526″	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	是 Yes
45	34°53′08.426″	108°01′56.438″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
46	34°53′08.405″	108°03′07.351″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
47	34°53′08.369″	108°04′18.268″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
48	34°54′06.876″	108°00′45.533″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
49	34°54′06.862″	108°01′56.46″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
50	34°54′06.836″	108°03′07.391″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
51	34°54′06.800″	108°04′18.318″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
52	34°54′06.754″	108°05′29.245″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	暂不可造林地 TUAL	否 No
53	34°55′05.272″	108°03′07.427″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
54	34°55′08.246″	108°02′56.248″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
55	34°44′20.325″	108°04′07.08″	坡面阳坡平坡 B-S-G	坡面阳坡平坡 B-S-G	是 Yes
56	34°46′19.647″	108°01′57.14″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
57	34°45′18.232″	108°04′07.546″	山脊阴坡斜坡 R-SH-I	山脊阴坡斜坡 R-SH-I	是 Yes
58	34°45′17.823″	108°00′45.342″	坡面阳坡缓坡 B-S-G	坡面阳坡缓坡 B-S-G	是 Yes
59	34°47′15.419″	108°02′55.382″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
60	34°45′16.597″	108°05′07.232″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
61	34°47′17.761″	108°07′17.584″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
62	34°46′16.231″	107°55′12.546″	坡面阴坡缓坡 B-SH-G	坡面阴坡缓坡 B-SH-G	是 Yes
63	34°48′15.651″	107°59′23.785″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	是 Yes
64	34°45′16.542″	107°53′34.364″	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	是 Yes
65	34°48′16.768″	108°00′44.469″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	是 Yes
66	34°43′16.254″	108°07′56.833″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
67	34°48′16.232″	108°05′07.268″	坡面阴坡缓坡 B-SH-G	坡面阴坡缓坡 B-SH-G	是 Yes
68	34°48′16.196″	108°05′18.172″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
69	34°49′14.675″	107°57′12.423″	沟底阳坡缓坡 V-S-G	沟底阳坡缓坡 V-S-G	是 Yes
70	34°47′14.375″	107°56′22.462″	沟底阳坡陡坡 V-S-ST	沟底阳坡陡坡 V-S-ST	是 Yes
71	34°49′12.704″	107°58′34.731″	山脊阳坡缓坡 R-S-G	山脊阳坡缓坡 R-S-G	是 Yes
72	34°49′15.352″	108°00′45.486″	山脊阳坡平坡 R-S-G	山脊阳坡平坡 R-S-G	是 Yes
73	34°46′14.274″	108°03′56.738″	坡面阳坡平坡 B-S-G	坡面阴坡平坡 B-SH-G	否 No
74	34°49′13.348″	108°04′07.648″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
75	34°46′14.352″	108°03′18.252″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
76	34°50′13.483″	107°56′12.541″	山脊阳坡平坡 R-S-G	山脊阳坡平坡 R-S-G	是 Yes

续表 5 Contiuned table 5

编号 Code	纬度 Latitude	经度 Longitude	划分出的立地类型 Site type	实地调查的立地类型 True site type	是否准确 False ortrue
77	34°50′13.132″	107°57′23.861″	坡面阳坡缓坡 B-S-G	坡面阳坡缓坡 B-S-G	是 Yes
78	34°47′17.463″	108°00′46.272″	坡面阳坡缓坡 B-S-G	坡面阳坡缓坡 B-S-G	是 Yes
79	34°47′17.819″	108°01′54.242″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
80	34°53′07.636″	108°01′53.436″	坡面阳坡斜坡 B-S-I	坡面阳坡斜坡 B-S-I	是 Yes
81	34°53′09.475″	108°03′07.351″	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	坡面阴坡陡坡 B-SH-ST	是 Yes
82	34°49′13.259″	107°58′34.747″	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	是 Yes
83	34°48′13.659″	108°00′46.597″	暂不可造林地 TUAL	暂不可造林地 TUAL	是 Yes
84	34°47′16.368″	108°00′43.369″	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	坡面阴坡斜坡 B-SH-I	是 Yes
85	34°48′16.434″	108°02′55.423″	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	坡面阳坡陡坡 B-S-ST	是 Yes
86	34°46′19.647″	108°03′66.18″	坡面阴坡平坡 B-SH-G	暂不可造林地 TUAL	否 No
87	34°46′19.462″	108°05′07.376″	沟底阴坡陡坡 V-SH-ST	沟底阴坡陡坡 V-SH-ST	是 Yes
88	34°53′08.541″	108°01′44.326″	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	山脊阴坡陡坡 R-SH-ST	是 Yes

3 结论与讨论

本研究在罗伟祥等^[11]采用传统方法对陕西省立地类型划分的基础上,利用相对位置指数法提取了研究区地形部位信息,结合坡向、坡度等立地因子,并基于 GIS 技术,对黄土高原南缘残垣沟壑区小流域景观尺度范围内进行了立地类型划分,同时根据对立地现地的调查结果,对立地类型划分结果做了进一步验证,分类精度达 92%,满足林业生产实践需求,表明该方法在渭北黄土高原小流域景观尺度范围单一土壤种类主导区域内对立地类型的划分是可行的。

与以往基于 GIS 技术的立地类型划分方法相比,本研究未过多借助野外调查及历史资料数据,完全利用 GIS 技术,极大地降低了该区域立地类型划分对人力、物力及财力的消耗,快速、准确地实现了研究区立地类型的划分。同时,该结果实现了对各种立地类型空间位置和属性的数字化,可方便森林资源管理和决策者对当地森林资源的查询、分析、统计和决策,对当地林业信息化有重大意义。

本研究区域以淋溶性褐土为主,土壤种类对这种单一土壤类型主导区域的立地条件影响不大,在土壤母质单一的小流域景观尺度范围内有较好的适用性。在大尺度范围内,特别是土壤种类变化较大的区域,利用该方法进行立地类型划分时,应考虑土壤种类因子。

由精度验证结果可知,坡度立地因子是导致误差的主要原因。这一方面可能与地形分析软件中坡度算法有关,另一方面可能与野外测定坡度仪器精度有关。本研究采用的 DEM 空间分辨率为 5 m,属高分辨率数字地形模型,在密级等级上属于保密级,在获取及保密方面要求较高,对于可免费获取中低

分辨率 DEM 在该区域进行立地类型划分的精度,还有待进一步探讨。

[参考文献]

[1] Lin H, Peng C H, Sun X Y. Geographic information system in forestry: Practices, problems and prospects [J]. Forestry Studies in China, 2000(1): 37-49.

[2] 余其芬,唐德瑞,董有福. 基于遥感与地理信息系统的森林立地分类研究 [J]. 西北林学院学报, 2003, 18(2): 87-90.

Yu Q F, Tang D R, Dong Y F. Forest site classification based on RS and GIS [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(2): 87-90. (in Chinese)

[3] 王永昌,张金池. 基于遥感技术的云台山立地分类及质量评价 [J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2007(1): 85-89.

Wang Y C, Zhang J C. The classification and evaluation of forest sites in Yuntaishan mountain area based on remote sensing technology [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2007(1): 85-89. (in Chinese)

[4] 赵鹏祥,徐国策,王鸿哲,等. 基于 GIS 的陕北农牧交错带立地类型划分研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2009, 37(10): 76-82.

Zhao P X, Xu G C, Wang H Z, et al. Study on the site type classification in agriculture and pasturage interlaced zone of North Shaanxi based on GIS [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2009, 37(10): 76-82. (in Chinese)

[5] 丰绪霞,刘兆刚,张海玉,等. 基于 RS 和 GIS 帽儿山林场森林立地分类及质量评价 [J]. 东北林业大学学报, 2010(8): 27-30, 56.

Feng X X, Liu Z G, Zhang H Y, et al. Forest site classification and quality evaluation for Maoershan experimental forestry centre based on remote sensing and GIS technology [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010(8): 27-30, 56. (in Chinese)

[6] 李安怡,吴秀芹,朱清科. 陕北黄土区浅沟分布特征及其与立地类型的关系 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2010, 38(4): 79-85.

Li A Y, Wu X Q, Zhu Q K. Distribution characteristics and relation with site type of ephemeral gully in Loess Plateau of

- Northern Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2010, 38(4): 79-85. (in Chinese)
- [7] 秦承志, 卢岩君, 包黎莉, 等. 简化数字地形分析软件(Sim-DTA) 及其应用: 以嫩江流域鹤山农场区的坡位模糊分类为例 [J]. 地球信息科学学报, 2009(6): 737-743.
Qin C Z, Lu Y J, Bao L L, et al. Simple Digital Terrain Analysis Software (SimDTA) and its application in fuzzy classification of slope positions [J]. Journal of Geo-Information Science, 2009 (6): 737-743. (in Chinese)
- [8] 王云强, 邵明安, 刘志鹏. 黄土高原区域尺度土壤水分空间变异性 [J]. 水科学进展, 2012(3): 310-316.
Wang Y Q, Shao M A, Liu Z P. Spatial variability of soil moisture at a regional scale in the Loess Plateau [J]. Advances in Water Science, 2012(3): 310-316. (in Chinese)
- [9] Seibert J, Stendahl J, Sørensen R. Topographical influences on soil properties in boreal forests [J]. Geoderma, 2007, 141(1): 139-148.
- [10] Pennock D J, Corre M D. Development and application of landform segmentation procedures [J]. Soil and Tillage Research, 2001, 58 (3): 151-162.
- [11] 罗伟祥, 邹年根, 韩恩贤, 等. 陕西黄土高原造林立地条件类型划分及适地适树研究报告 [J]. 陕西林业科技, 1985(1): 1-16.
Luo W X, Zou N G, Han E X, et al. A report on site type classification and trees suitability to sites on the Loess Plateau [J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 1985(1): 1-16. (in Chinese)
- [12] Andrew K S. Terrain position as mapped from a gridded digital elevation model [J]. International Journal of Geographical Information System, 1990, 4(1): 33-49.
- [13] Irvin B J, Ventura S J, Slater B K. Fuzzy and isodata classification of landform elements from digital terrain data in Pleasant Valley, Wisconsin [J]. Geoderma, 1997, 77(2): 137-154.
- [14] De Bruin S, Stein A. Soil-landscape modelling using fuzzy c-means clustering of attribute data derived from a Digital Elevation Model (DEM) [J]. Geoderma, 1998, 83(1/2): 17-33.
- [15] Burrough P A, Van Gaans P F M, MacMillan R A. High-resolution landform classification using fuzzy k-means [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 113(1): 37-52.
- [16] Schmidt J, Hewitt A. Fuzzy land element classification from DTMs based on geometry and terrain position [J]. Geoderma, 2004, 121(3): 243-256.
- [17] MacMillan R A, Pettapiece W W, Nolan S C, et al. A generic procedure for automatically segmenting landforms into landform elements using DEMs, heuristic rules and fuzzy logic [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 113(1): 81-109.
- [18] 秦承志, 朱阿兴, 施 迅, 等. 坡位渐变信息的模糊推理 [J]. 地理研究, 2007(6): 1165-1174, 1307.
Qin C Z, Zhu A X, Shi X, et al. Fuzzy inference of spatial gradation of slope positions [J]. Geographical Research, 2007 (6): 1165-1174, 1307. (in Chinese)
- [19] Wood J. The geomorphological characterisation of digital elevation models [D]. England: University of Leicester, 1996.
- [20] 郭澎湃, 李茂芬, 刘洪斌, 等. 丘陵地区田间尺度农地景观坡位划分 [J]. 农业工程学报, 2011(4): 324-329.
Guo P T, Li M F, Liu H B, et al. Field scale slope position segmentation at agricultural landscape in hilly area [J]. Transactions of the CSAE, 2011(4): 324-329. (in Chinese)
- [21] 汤国安, 杨 昕. 地理信息空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 349-351.
Tang G A, Yang X. Geographic information spatial analysis experiments tutorial [M]. Beijing: Science Press, 2006: 349-351. (in Chinese)