

基于 DEM 的土地利用与地形因子关系研究

——以商州区张地沟小流域为例

贺敬滢¹, 张桐艳¹, 李光录¹, 周茂玲²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 洋县水土保持工作站, 陕西 洋县 723300)

摘 要: 依据遥感影像和 DEM 数据, 通过引入地形分布指数和土地利用程度综合指数, 进行 Kendall 双参数相关性分析, 研究张地沟小流域不同地形因子条件下土地利用的分布特征, 以揭示流域内土地利用与地形因子的相互关系。结果表明: 张地沟小流域土地利用基本符合自然规律; 人类活动主要集中在海拔较低的缓地和斜坡地, 坡向多为阴坡和半阳坡; 高程、坡度和坡向对草地、林地和建设用地的分布影响较为显著, 农地和果园的分布受地形因子影响不显著。针对目前土地利用现状, 丹江上游低山丘陵区土地利用结构优化建议为: 虽然地形较平坦, 但海拔高水热条件较差的山顶区应退耕还林或还草以减少水土流失; 整治坡耕地, 护沟保地; 依据坡向光照条件, 调整作物布局。

关键词: DEM; 土地利用; 地形因子; 小流域

中图分类号: F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)02-0206-07

土地利用是人类主要生产活动方式的反映, 作为全球环境变化研究的一个重要组成部分, 长期以来一直受到国内外的广泛关注^[1-2]。土地利用的分布及景观特点能够影响土壤水分和土壤养分的时空分异, 从而减少或增加径流和土壤侵蚀^[3]。地形因子作为自然环境的重要因素, 它的空间特征在不同程度上影响着土地利用的格局, 特别是高程、坡度和坡向这 3 个土地资源的重要因子, 对土地的利用方式和空间格局有着直接的作用。水土流失过程与土地利用和地形之间有着紧密的联系。在流域尺度上, 土地利用类型及其空间分布影响着水质状况^[4]。

丹江流域发源于秦巴山地, 是我国南水北调中线工程的重要水源地。流域内的生态环境状况一直是人们关注的重点, 特别是水土流失及其伴随产生的面源污染问题, 将对水质产生深远影响。据全国第 2 次遥感调查, 水源区水土流失面积达 5.08 万 km², 占土地总面积的 54.4%, 库区部分支流水质指标超过国家地表水环境质量 II 类标准, 其中总氮明显超标。因此, 研究丹江流域土地利用分异及地形因素对评价整个工程的环境保护与生态建设措施意义重大。前人关于丹江流域的研究大多集中在坡耕地水土流失研究^[5]与流域径流养分的研究^[6], 对土地利用格局的研究主要集中在以整个丹江流域为研究对象, 而对流域水土流失具有重要影响的农业小

流域的研究非常缺乏。沈泽昊等^[7]指出, 丹江流域水质的主要负面影响因素(土地退化、非点源污染、水土流失等)都集中在海拔 1 000 m 以下的丘陵区, 是水质保护和环境恢复治理的重点地段。张地沟小流域位于丹江流域二级阶地, 属于典型的低山丘陵区, 流域内土地利用类型相对完整, 坡度组成、土壤侵蚀及水土流失状况与整个商州丹治项目区情况较为接近, 在丹江上游低山丘陵区具有很强的代表性, 被列为商州区丹治项目生态修复区。本文以张地沟小流域为例, 应用 GIS 的空间分析模块, 探讨了流域内土地利用的空间分布格局, 分析了地形因子对土地利用空间分布的影响, 为小流域土地的合理利用和优化布局提供建议, 同时也为我国水源保护区土地资源规划与调整、生态环境建设与保护提供参考, 具有一定的指导意义。

1 研究区概况

张地沟小流域位于陕西省商洛市西北部, 距离商洛市区 8 km, 距西安市 90 km。介于北纬 33°53'6" ~ 33°53'28"、东经 109°50'54" ~ 109°51'27"之间, 流域面积约 0.47 km²。该流域属半湿润暖温带季风性气候, 年均气温 12.8℃, 平均降水量 725.5 mm, 降水集中在 7—9 月。地带性土壤为黄棕壤和黄褐土, 耕性和通透性差, 不耐旱涝。研究区地处秦岭东段南侧,

收稿日期: 2011-10-28

基金项目: 陕西省丹治流域水源保护项目(K331020903)

作者简介: 贺敬滢(1986—), 女, 山西朔州人, 在读硕士, 主要从事土地资源利用与管理研究。E-mail: jyhe008@163.com。

通讯作者: 李光录(1964—), 男, 甘肃永靖人, 副教授, 博士, 主要从事土地利用与土壤侵蚀研究。E-mail: guangluli@nwsuaf.edu.cn。

丹江上游,海拔 810 ~ 950 m 之间,地貌类型属于低山丘陵区。主沟为东西向,长约 114.6 m,支沟从南北两面汇入。流域内主要交通干道由沟底沿主沟道向山顶延伸,西北坡短,坡脚陡,东南坡长而缓。流域内林木以刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.)、侧柏 (*Biota orientalis*) 和毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr.) 等乔木为主;草本植物主要包括鬼针 (*Bidens bipinnata* Linn.)、茅草 (*Imperata cylindrica* (Linn.) Beauv.) 等杂草以及黄姜 (*Rhizoma curcumae* Longae) 等部分中药材;经济作物主要为核桃 (*Juglans regia* L.)、柿子 (*Diospyros kaki*) 及板栗 (*Castanea mollissima*);主要农作物有玉米 (*Zea mays* L.)、小麦 (*Triticum aestivum*) 和马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 等。

2 数据的获取及处理

2.1 数据来源及处理

本研究数据主要来源于张地沟小流域 1:10 000 (2007 年) 地形图和 2009 年 6 月 IKONOS 卫星遥感影像图。

通过地理信息系统软件 ArcGIS 9.3 对扫描后的地形图进行配准、数字化,生成研究区数字高程模型 DEM (图 1)。利用 GIS 空间分析模块提取高程、坡度和坡向信息,并进行重分级定义。用于进行土地分类的高分辨率 IKONOS 影像包括全色影像 (分辨率为 1 m) 和多光谱影像 (分辨率为 4 m)。将 IKONOS 多光谱影像波段与全色波段进行融合,通过配准好的地形图对其进行几何校正,并用研究区的流域边界矢量文件对遥感影像进行剪裁。

影像解译前,于 2010 年 10 月进行了野外考察,了解该流域土地利用的基本特征。以 ENVI 4.7 软件为平台,选取明显地物对遥感影像图进行土地分类,同时利用聚类分析、过滤分析和去除分析对图像进行处理,去除图像中的孤立点和小图斑。在实地调查过程中采用对坡勾绘的方法对分类后的土地利用图进行修正,对矢量化后的图斑属性、边界和拓扑关系进行重新划分和修正,得到张地沟小流域土地利用现状图 (图 2)。将土地利用图分别与地形因子等级图进行叠置,提取各地形因子不同等级内的土地利用信息并进行数据统计和整理。图像处理过程中,所有图像的投影系统均定义为 Gauss_Kruger Xian_1980_3_Degree_GK_Zone_37,栅格数据大小为 3.37 m × 3.37 m。

2.2 土地利用分类

根据国家土地资源遥感宏观调查采用的土地利

用分类系统^[8],结合张地沟小流域自身生态环境特点,将流域内土地利用分为 5 个一级类型:林地、草地、农地、果园和建设用地。其中果园为核桃、板栗等经济林木,建设用地包括居民的房屋建筑用地和交通用地。

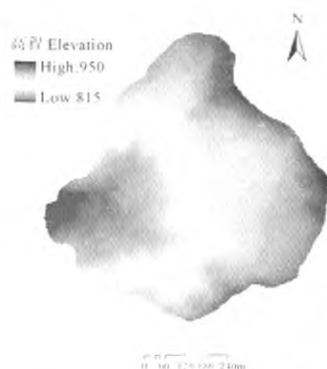


图 1 张地沟小流域 DEM 图

Fig.1 DEM of Zhangdigou small watershed

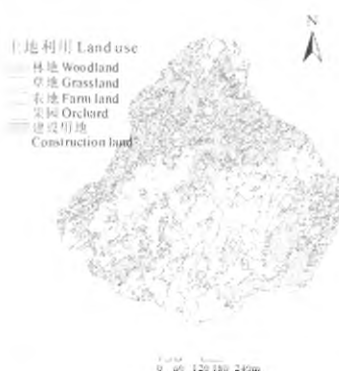


图 2 张地沟小流域土地利用图

Fig.2 Land use of Zhangdigou small watershed

2.3 地形因子分级

按照国家标准,基于研究区实际情况,对张地沟小流域进行地形因子分级。张地沟小流域最高海拔约 950 m,最低海拔约 815 m,因此,将高程 < 830 m 和 > 930 m 作为第一级和第五级,830 ~ 930 m 间以海拔 30 m 为步长划分为 3 级共 5 个高程带。在土地利用与坡度关系的分析中,借鉴水土流失调查中采用的 8° 作为缓坡和斜坡界线的方法,将研究区分为平地 (0 ~ 3°)、缓地 (3° ~ 8°)、斜坡地 (8° ~ 15°)、缓陡坡地 (15° ~ 25°) 和陡坡地 (> 25°) 共 5 级^[9]。在土地利用与坡向关系的分析中,以正北方向为 0°、45° 为步长,顺时针方向计算,取值范围为 0 ~ 360°^[10],将研究区划分为无坡向 (-1)、北坡、东北坡、东坡、东南坡、南坡、西南坡、西坡和西北坡。分级情况如表 1 所示。

表 1 地形因子分级表
Table 1 Classification of terrain factors

等级 Classification	高程 Elevation(m)	坡度 Slope(°)	坡向 Aspect
1	< 840	0 ~ 3	无坡向 No slope direction
2	840 ~ 870	3 ~ 8	北坡 North slope(0 ~ 22.5°, 337.5° ~ 360°)
3	870 ~ 900	8 ~ 15	东北坡 Northeast slope(22.5° ~ 67.5°)
4	900 ~ 930	15 ~ 25	东坡 East slope(67.5° ~ 112.5°)
5	> 930	> 25	东南坡 Southeast slope(112.5° ~ 157.5°)
6	—	—	南坡 South slope(157.5° ~ 202.5°)
7	—	—	西南坡 Southwest slope(202.5° ~ 247.5°)
8	—	—	西坡 West slope(247.5° ~ 292.5°)
9	—	—	西北坡 Northwest slope(292.5° ~ 337.5°)

2.4 研究指标

2.4.1 地形分布指数 由于土地利用的分布概率会受到不同地形等级区段的面积差异和各土地利用的面积比重差异的影响,因此,为消除面积差异量纲的影响,引入了地形分布指数^[11],计算公式为:

$$P = \frac{S_{ie}}{S_i} \times \frac{S}{S_e} \tag{1}$$

式中, P 代表分布指数; e 代表地形因子; S_{ie} 代表 e 地形因子特定等级下的 i 地类的面积; S_i 是 i 地类的面积; S_e 是整个区域 e 地形因子特定等级下的总面积, S 是整个区域面积。如果 P 值大于 1, 表示第 i 种地类在第 e 级地形上的分布水平高于该地类在区域中的平均分布水平, 即其在第 e 级地形上的分布属于优势分布, P 值越大, 优势度越高, 该级别地形适宜该类土地发育和分布的程度越大。反之则说明该地形级别不适宜该地类分布或者发育。

2.4.2 土地利用程度综合指数 土地利用程度综合指数采用刘纪元提出的数量化方法^[12], 将土地利用强度按土地自然综合体在社会因素下自然平衡保

持状态分为 4 级: 未利用土地级, 林、草、水域用地级, 农业用地级和城镇聚落用地 4 级, 并分别将指数设定为 1, 2, 3, 4, 计算公式如下:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \tag{2}$$

式中, L_a 为土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级的土地利用程度分级指数; C_i 为 i 级土地利用分级面积百分比; n 为土地利用分级指数, $n = 4$ 。土地利用程度既反映土地利用中土地本身的自然属性, 同时也反映了人为因素和自然因素对土地利用方式的综合效应。

3 结果与分析

3.1 土地利用分布特征

对张地沟小流域土地利用数据进行统计可看出(表 2), 林地和农地面积比例较大, 其次是果园, 占流域总面积的 22.11%, 草地分布较分散, 约为果园面积的一半, 建设用地面积较小, 不足流域面积的 5%。

表 2 张地沟小流域土地利用统计表
Table 2 Statistics of land use in Zhangdigou small watershed

土地利用 Land use	林地 Woodland	草地 Grassland	农地 Farm land	果园 Orchard	建设用地 Construction land
比例 Proportion(%)	31.44	11.38	30.42	22.11	4.65

3.2 基于高程等级的土地利用分布特征

通过分析可看出(图 3(a)): 农地在 1、2 高程等级内分布指数大于 1, 随着海拔高度的增加, 分布指数逐渐减小, 从土地适宜性角度而言, 低海拔地区较适宜耕作。果园随海拔高度的增加, 分布指数呈先增后减的趋势, 其适宜分布的高程范围为 840 ~ 900 m; 林地和草地在 1 ~ 3 高程等级 (< 900 m) 由于人类活动干扰较大, 分布指数均小于 1, 随着海拔的增加

二者均有上升趋势。在第 5 高程等级内, 农地和建设用地的分布指数均大于 1, 主要由于低山丘陵区山顶较为平坦, 易于耕作和建设。综合分析, 建设用地随海拔变化没有明显的规律; 农地、林地、草地以及果园均随高程表现出规律性变化, 这是海拔对水分、光照等植物生长及人类生活必须条件再分布影响的响应。

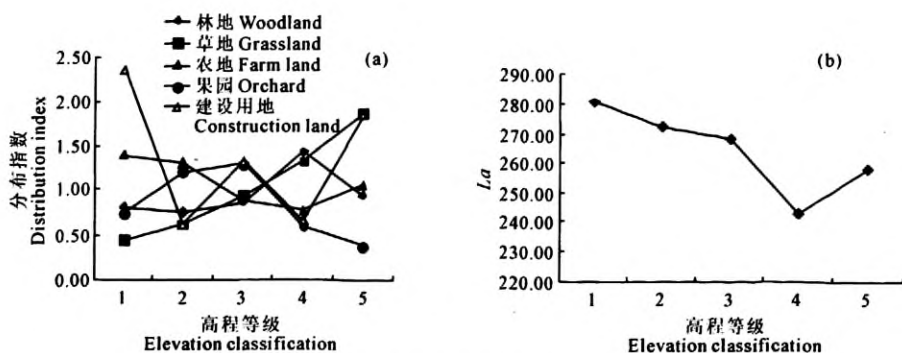


图3 高程等级上土地利用分布指数(a)和土地利用程度综合指数(b)

Fig.3 Distribution index of land use (a) and comprehensive index of land use degree (b) based on elevation classification

从图3(b)中可以看出,随着高度的增加,指数呈下降趋势,说明海拔增加时,人类活动随之减弱。在第5高程等级,即海拔高于930 m时,指数又有一定程度的增加趋势,与地形分布指数反映的规律相一致。

3.3 基于坡度等级的土地利用分布特征

分析流域坡度图(图4)及土地利用图和坡度图叠加后导出的ASC数据,张地沟小流域大部分属于斜坡和缓陡坡。 $8^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 范围内涵盖了流域72.65%的土地面积,坡度大于 25° 的土地占流域总面积的8.63%。

从图5(a)可知:农地和草地在平地分布指数大于1,随着坡度的增加,草地分布指数大幅减小,坡度 $>15^{\circ}$ 时又逐渐增加,并成为该坡度等级最优土地利用方式;农地和果园的分布与草地呈相反趋势,一般来说, 3° 以下较适宜耕作,随着坡度的增加,一方面不适宜作物生长,另一方面也增加了人们从事农业活动的难度。在坡度 $>25^{\circ}$ 的陡坡上,水土流失严

重,不宜垦种,但流域内仍有部分农地分布在陡坡。林地分布指数随坡度增加而逐渐增大,且在缓陡坡地和陡坡地($>15^{\circ}$)成为仅次于草地的适宜利用方式,说明林地和草地对坡度的限制具有较强的适应性。建设用地随坡度增加亦呈现先增后减趋势,主要由于流域内主要干道的分布在一定程度上决定了建设用地分布指数。

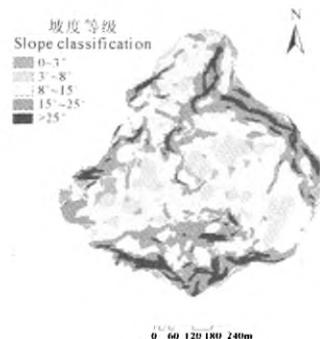


图4 张地沟小流域坡度等级图

Fig.4 Slope classification of Zhangdigou small watershed

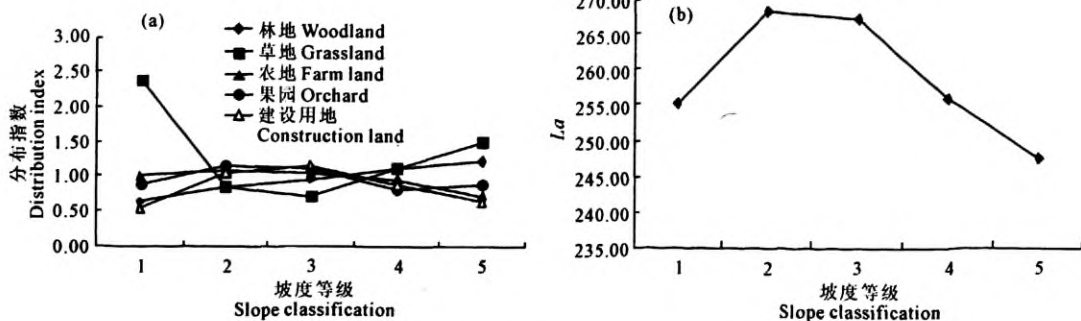


图5 坡度等级上土地利用分布指数(a)和土地利用程度综合指数(b)

Fig.5 Distribution index of land use (a) and the comprehensive index of land use degree (b) based on slope classification

从图5(b)来看,除第1等级外,土地利用程度随坡度的增加逐渐减弱,这是由于平地主要分布在山顶,人类活动干扰小。土地利用程度综合指数在2、3坡度等级($3^{\circ} \sim 15^{\circ}$)较大,说明人类活动在缓地

和斜坡地较强,在 $>25^{\circ}$ 的区域内由于地势较陡,人类活动最弱。

3.4 基于坡向等级的土地利用分布特征

基于流域坡向图(图6)及相关统计数据(表3):

张地沟小流域以西南坡、西坡和西北坡为主,整体偏西。林地主要分布在南坡、西南坡以及西坡;草地主要分布在西北方向;农地和果园分布较为一致,均分布在西南坡、西坡和西北坡;建设用地多分布在南坡和西南坡。

将坡向按阴坡和阳坡分级^[13],作出土地利用在坡向上的分布指数曲线图(图 7(a)):农地和无坡向和半阳坡分布指数大于 1,其他各坡向的分布较为均匀,主要由于研究区广种薄收的经营思想较严重,为获得经济效益而没有考虑光照等对农作物生长的影响。林地在阳坡和半阳坡的分布指数较高,草地的分布指数在平坡以及阴坡、半阴坡较大,该区光照、水分条件较差,说明草地适应性强。果园多分布于阴坡与半阴坡,该区水分条件较好,能满足植株生长所必须的水分。建设用地分布指数在阳坡最大,且在所有坡向中占有绝对优势,主要由于房屋采光

的需要。

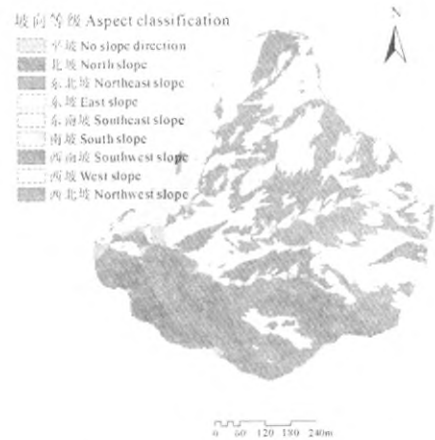


图 6 张地沟小流域坡向等级图
Fig.6 Aspect classification of Zhangdigou small watershed

表 3 土地利用在不同坡向上的面积比例(%)
Table 3 Area proportion (%) of land use in different aspect

项目 Item	无坡向 No slope direction	北坡 North slope	东北坡 Northeast slope	东坡 East slope	东南坡 Southeast slope	南坡 South slope	西南坡 Southwest slope	西坡 West slope	西北坡 Northwest slope
林地 Woodland	1.12	8.18	1.31	0.94	10.18	20.82	21.60	22.29	13.56
草地 Grassland	6.46	14.98	5.25	3.17	3.43	7.12	16.57	14.87	28.15
农地 Farm land	2.54	9.46	2.26	0.55	2.21	9.25	22.44	30.12	21.17
果园 Orchard	2.10	16.98	2.06	0.29	2.29	6.14	19.73	25.43	24.98
建设用地 Construction land	1.33	2.07	5.71	0.50	4.19	22.95	30.63	18.91	13.71

分析图 7(b)可以看出,无坡向上土地利用程度综合指数最低,阴坡和半阳坡土地利用程度综合指

数大于半阴坡和阳坡,说明张地沟小流域对阳坡利用程度较低。

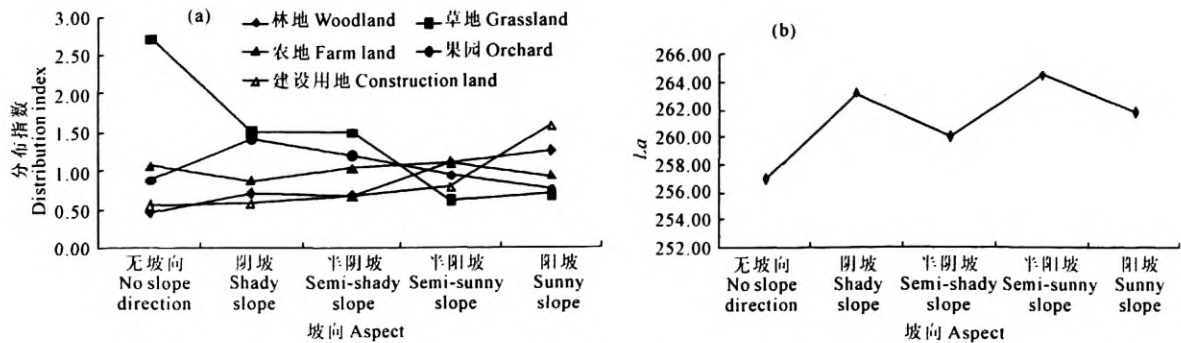


图 7 坡向等级上土地利用分布指数(a)和土地利用程度综合指数(b)
Fig.7 Distribution index of land use (a) and the comprehensive index of land use degree (b) based on aspect classification

3.5 地形因子对土地利用分布的影响
kendall 非参数检验被广泛应用于数据序列的相

关性分析。应用 SPSS 软件对高程、坡度、坡向与土地利用的分布指数进行双参数 Kendall 检验,分析土

地利用分布指数随地形因子变化的趋势及影响显著程度。检验表明(表 4):对林地分布的影响作用坡度 > 坡向 > 高程;对草地分布影响高程 > 坡向,坡度对草地的分布基本不影响;农地分布受高程和坡度

影响,但不显著,其受坡向的影响最小;果园分布受高程和坡向影响,但极不显著,受坡度影响较小;建设用地受坡向影响最为显著,高程和坡度基本不影响建设用地分布。

表 4 地形分布指数与地形因子的 Kendall 双参数相关性分析

Table 4 The Kendall double parameters correlation analysis of terrain distribution index and terrain factors

检验参数 Inspection parameter	相关性参数 Correlation parameter	林地 Woodland	草地 Grassland	农地 Farm land	果园 Orchard	建设用地 Construction land
高程 Elevation	Sig. (双侧) Sig. (Two sides)	0.14	0.01	0.14	0.33	1.00
坡度 Slope	Sig. (双侧) Sig. (Two sides)	0.01	1.00	0.14	0.62	1.00
坡向 Aspect	Sig. (双侧) Sig. (Two sides)	0.05	0.05	1.00	0.33	0.01

4 结论与建议

运用 GIS 等软件,综合考虑高程、坡度和坡向 3 个地形因子,土地利用研究结果表明:

1) 张地沟土地利用以农地和林地为主,果园其次。农地主要分布于低海拔、缓坡地区;林地的空间分布特征较为明显,主要分布在海拔较高、缓陡坡和陡坡地的阳坡和半阳坡上;果园主要分布于低海拔、缓地和斜坡上的区域;草地由于受自然环境的影响较小,主要分布在高海拔的平坡和陡坡上,坡向为阴坡和半阴坡;建设用地主要分布于坡度较小且向阳的地方。土地利用程度综合指数表明,土地利用主要集中在海拔较低的缓地和斜坡地,且坡向多为阴坡和半阳坡。

2) 通过 Kendall 相关性分析可以看出,在低山丘陵区坡度对林地的分布影响最为显著,高程对草地的分布影响显著,建设用地受坡向的影响最为显著,农地和果园的分布受地形因子影响都已经不明显,这说明流域内土地利用分布对水分、光照等资源的利用并不十分合理。

3) 综合运用地形分布指数、土地利用程度综合指数和 kendall 非参数检验是研究土地利用与地形因子关系的一种有效手段,结果基本符合自然规律。小流域是较为理想的研究面源污染的监测单元^[6],因此本研究以张地沟小流域为对象,通过定量分析,其结果对丹江上游低山丘陵区土地利用规划和调整有着更为具体的指导意义。

根据该区现状,为保护生态环境、促进流域可持续发展,研究区需进行一定的土地利用规划和农业结构调整:

1) 研究区山顶分布有相当的农地,虽然该区域

较平坦,但高海拔区水热条件较差,作物产量并不理想,建议对该区域土地进行退耕还林或还草,同时也可以减少水土流失。

2) 研究区农地主要分布在坡耕地,且在 > 25° 的陡坡仍有分布,是该区水土流失和滑坡发生的主要诱因之一。因此建议配套适宜的坡面整治措施:对 3° ~ 8° 坡耕地进行坡改梯工程,修筑石坎梯田,以种植农作物为主;8° ~ 15° 坡耕地修建坡式梯田,以种植农作物和经果林为主;15° ~ 25° 坡耕地修建隔坡梯田,宜采取经济林 + 植物篱的措施; > 25° 应退耕还生态林。在耕地接近沟道部分布设植物过滤带,治沟保地,减少面源污染;在较高海拔坡地和沟底陡坡种植速生和侧根发达的树种,营造护坡林和沟底防冲林。

3) 坡向在土地利用分布中发挥着一定的作用,但研究区农地和果园在坡向上的空间分布规律不明显,建议充分考虑光照条件等对农作物生长的影响,根据地形适当将农地和果园在阳坡及半阳坡方向布置。

参 考 文 献:

[1] Bakker M M, Govers G, Kosmas C, et al. Soil erosion as a driver of land-use change[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 105: 467-481.

[2] 王思远,刘纪远,张增祥. 近 10 年中国土地利用格局及其演变[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523-530.

[3] 邱 扬,傅伯杰. 土地持续利用评价的景观生态学基础[J]. 资源科学, 2000, 22(6): 1-8.

[4] 宋述军,周万村. 岷江流域土地利用结构对地表水水质的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(5): 712-715.

[5] 高宝林,程 胜. 丹江口库区坡耕地水土流失治理模式探讨[J]. 中国水土保持, 2009(12): 21-23.

[6] 涂安国,尹 炜,陈德强,等. 丹江口库区典型小流域地表径流

- 氮素动态变化[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 29(8): 926-932.
- [7] 沈泽昊, 张全发, 岳超, 等. 南水北调中线水源区土地利用/土地覆被的空间格局[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 633-644.
- [8] 何锦峰, 苏春江, 舒兰, 等. 基于 3S 技术的金沙江干热河谷区 LUCC 研究——以云南省元谋县为例[J]. 山地学报, 2009, 27(3): 341-348.
- [9] 李智广. 水土流失测验与调查[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [10] 王宏志, 李仁东, 毋河海. 基于空间分析的土地利用垂直分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 531-535.
- [11] 孙丽, 陈焕伟, 潘家文. 运用 DEM 剖析土地利用类型的分布及时空变化[J]. 山地学报, 2004, 22(6): 762-766.
- [12] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 10-14.
- [13] 符素华, 段淑怀, 李永贵, 等. 北京山区土地利用对土壤侵蚀的影响[J]. 自然科学进展, 2002, 12(1): 108-112.

Study on relationship between land use and terrain factor based on DEM

——Taking Zhangdigou small watershed as an example

HE Jing-ying¹, ZHANG Tong-yan¹, LI Guang-lu¹, ZHOU Mao-ling²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Water and Soil Conservation Working Station of Yangxian, Yangxian, Shaanxi 723300, China)

Abstract: Based on remote sensing data and DEM data, we studied the distribution characteristics of land use in the condition of different terrain factors by introducing the terrain distribution index and the comprehensive index of land use degree, and then analyzed the Kendall double parameters correlation, revealed the relationship between land use and terrain factors in Zhangdigou small watershed. The results showed that the distribution of land use in the watershed is basically in accordance with natural laws. Human activities are mainly on the lower altitudes, gentle slope and inclined land, and most in the shady slope and semi-sunny slope. Elevation, slope gradient and slope aspect have significant influence on the distribution of grassland, woodland and construction land, but little influence on that of farmland and orchard. Based on the actual status of the distribution pattern of land use, suggestions about optimizing land use structure for the hilly region in the upper reaches of the Danjiang River are put forward. Though the terrain of hill top area is flat, but due to poor condition of water and sunlight, the cultivated land there should be returned to woodland or grassland in order to reduce the soil erosion; the slope farmland should be renovated and the ditches be controlled to protect the land; the distribution of the crops should be adjusted according to slope aspect and sunlight conditions.

Keywords: DEM; land use; terrain factor; small watershed

(上接第 180 页)

Improvement and application of extension evaluation method for carrying capacity of water resources

XUE Xiao-jie, HUANG Si-xia, ZHANG Ze-zhong

(Key Lab of Northwest Water Resources and Environment Ecology of MOE at Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: The selection of the index system and the index weight is the key to the accuracy and depth of the model to evaluate the bearing capacity of water resources. Asymmetric close to the degree of extension evaluation method is proposed based on asymmetric close to the degree of centralization and thick heavy extension evaluation model, which solves the the problems of the failure and weight selection in the application of extension evaluation method to water bearing capacity. Game theory is used to objective weighting method (entropy) and subjective weighting method (AHP) for integration, making sure the deviation between the overall weight and a single weight vector is smallest, and the integration of the multiple participants favorite in determining the weight of law eliminates the one-sidedness of single weight method. The improved model is applied to the evaluation of water resources carrying capacity of the Taohe River. Compared with the evaluation results of the original one, the improved model integrates the favorite weight of multiple participants, which makes the evaluation results more possible to achieve win-win situation.

Keywords: water resources; extension evaluation; weight; game theory