

黄土高原乡级尺度土地利用适宜性评价

——以宁南山区河川乡为例

方 炫¹, 刘德林², 李壁成³

(1. 南京师范大学 地理科学学院, 南京 210023; 2. 河南理工大学 应急管理学院,
河南 焦作 454000; 3. 中国科学院 水土保持与生态环境研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以宁南山区河川乡为例,开展黄土高原乡级尺度的土地利用适宜性研究。根据河川乡自然与社会经济的实际情况,从土地利用的地形、土壤养分、土壤侵蚀、水源条件等方面建立土地利用适宜性评价指标体系,采用层次分析法确定评价指标权重,将 GIS 空间分析方法与综合指数评价模型相结合,对河川乡土地的适宜性与适宜程度进行了定量评价。结果表明:河川乡土地可以划分为高度宜农地、中度宜农地、宜林地、宜林牧地和宜牧地,它们占总面积的比例分别为 7.34%,13.49%,2.47%,41.37%,35.33%。评价结果可为河川乡土地利用格局的优化提供理论依据和数据基础。

关键词:土地利用; 适宜性评价; 黄土高原; 乡级尺度; GIS; 河川乡

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0174-05

Assessment of Land Use Suitability at Town Scale on Loess Plateau

—A Case in Hechuan Town, Guyuan City, Ningxia Hui Autonomous Region

FANG Xuan¹, LIU De-lin², LI Bi-cheng³

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 223800, China; 2. School of Emergency Management, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China; 3. Research Center of Soil and Water Conservation and Ecological Environment, Chinese Academy of Sciences, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The land use suitability at town scale on Loess Plateau was evaluated in this study by taking Hechuan Town of Guyuan City in Ningxia Hui Autonomous Region as an example. The assessment index system of land use suitability including terrain, soil nutrient, soil erosion, water factors was established based on considering the natural and social economic situation of Hechuan Town. The index weight of suitability assessment was determined by the analytic hierarchy, the spatial analysis method on GIS and the comprehensive index method were conducted to assessment the land use suitability. The results showed that the land of Hechuan Town was classified into five categories which were the land highly suitable for agriculture, moderately suitable for agriculture, suitable for forestry, suitable for forestry and stockbreeding, suitable for stockbreeding, and accounted for 7.34%, 3.49%, 2.47%, 41.37% and 35.33%, respectively. This assessment results could provide data basis to determine the best land use plan of the study area.

Key words: land use; suitability assessment; Loess Plateau; Town Scale; GIS; Hechuan Town

土地利用适宜性评价是指对土地某种用途的适宜性和适宜程度进行评价,旨在确定土地利用最合适的空间模式,是土地利用总体规划的重要内容之一^[1-2]。黄土高原是我国乃至全球土壤侵蚀最为严重的地区之一,长期以来不合理的土地利用,加剧了土

壤侵蚀和生态环境恶化^[3-4]。在黄土高原地区开展土地利用适宜性评价,对于其土地资源的优化配置以及水土保持与生态恢复有重要意义。目前,黄土高原的土地适宜性研究得到了不少学者的关注,总结已有研究成果可以看出,其研究内容广泛,包括针对某一土

地用途或某一物种的单一土宜评价,也包括针对某一区域的多种土地用途综合适宜性评价。单一土宜评价的代表性研究有何英彬等对生态脆弱区山西寿阳县开展的粮食作物耕作适宜性评价^[1],思祖等^[5]的黄土高原沟壑区杏树林地土壤水分适宜性研究,姚小英等^[6]对甘肃省黄土高原进行的旱作玉米水分适宜性研究等。区域多土地用途的综合适宜性评价研究,有张友焱等^[7]以山西省中阳县为例开展黄土丘陵沟壑区土地适宜性的综合评价,魏宏安等^[8]的延安市黄土丘陵沟壑区沟道土地整治适宜性评价,刘德林等^[9]对黄土高原上黄试区开展的土地利用适宜性评价等。从研究对象的空间尺度来看,黄土高原土地适宜性研究涉及市、县、村级等区域尺度,而乡级尺度的研究相对缺乏。在研究方法上,地理信息系统由于其高效的空間分析及可视化等功能,已逐步成为区域土地资源评价的重要方法与手段^[8-10]。

宁南山区气候干旱、水土流失严重、自然灾害频繁,农业生产率低下,是黄土高原的缩影。彻底摆脱该地区落后局面和改善生态环境,必须对当地的土地资源进行评价,根据土地自然属性与经济社会发展要求,实现土地资源的合理配置。为此,本研究以宁南山区河川乡为例,运用GIS技术,实现黄土高原乡级尺度的土地利用适宜性评价,为研究区土地利用规划提供理论依据。

1 研究区概况

河川乡位于宁夏南部固原市的原州区东南部,地处黄土高原西部宽谷丘陵区,地理位置为东经 $106^{\circ}18'43''$ — $106^{\circ}32'16''$,北纬 $35^{\circ}54'59''$ — $36^{\circ}06'05''$,东西约20 km,南北约17 km,总面积约215.58 km²。该区属于暖温带大陆性半干旱气候区,年均降水量420 mm。土壤以黄绵土和黑垆土为主,海拔高度1 540~2 106 m,沟壑纵横,梁峁起伏,水土流失严重。

河川乡地属我国有名的“西海固”老少边穷地区,当地人们曾为了获得温饱,在缺乏科学指导的情况下不断地开垦土地,而生活水平并未得到明显改善,甚至一度处于“愈垦愈穷、愈穷愈垦”的境地。至2002年退耕还林工程实施以前,耕地面积增加到总面积的约60%,在土地利用方式中占主导地位,同时本土植被天然草地急剧退化。退耕后土地利用方式与植被覆盖发生重大变化,2008年,林地、草地和耕地占总面积比例分别为34.05%,31.92%和27.27%,构成了河川乡的土地利用基本格局。随着退耕还林工程的实施及土地利用格局的变化,以种地和放牧维持生存的传统生产方式发生改变,果园、畜牧、外出务工等

丰富了当地的经济来源。2008年底,河川乡总人口为16 245人,人口密度约76人/km²。

2 研究方法

2.1 数据获取与处理方法

土地适宜性评价采用的基础数据包括数字高程模型、土壤数据、土壤侵蚀数据和土地利用现状数据等。数字高程模型是通过将1:5万地形图(数据来源于宁夏林业厅提供的林业普查用地形图)数字化后进行内插得到^[11],分辨率为10 m。土壤数据是在中国黄土高原地区资源与环境遥感系列图编委会的1990年1:50万黄土高原地区土壤图的基础上,通过2010年对河川乡土壤实地调查更新得到。土壤侵蚀数据是按照水利部标准《全国土壤侵蚀调查技术规程》,对中科院遥感所提供的2000年1:10万土壤侵蚀数据进行遥感更新获得。土地利用数据是由2008年多光谱、10 m分辨率SPOT5影像经过人机交互目视解译得到,影像分类精度Kappa指数为0.89,符合最低允许判别精度Kappa指数 ≥ 0.70 的要求^[12]。为研究方便,所有数据均统一为GRID格式,并统一投影坐标(Albers投影和Krasovsky-1940坐标系统)和栅格大小(10 cm \times 10 cm)。对基础数据进行地形分析和缓冲区分析等GIS空间分析,建立适宜性评价指标数据。上述数据处理过程利用ArcView 3.2, ArcGIS 8.3及ERDAS软件完成。

2.2 评价指标体系的构建

根据综合性和主导性相结合、因地制宜、针对性等土地适宜性评价指标体系构建的一般原则,综合考虑研究区自然、社会经济条件以及土地利用的实际情况,结合研究区乡级空间尺度特征以及数据的可得性等因素,最终确定考虑地形、土壤养分、水源、土壤侵蚀4个方面的因素来评价河川乡土地对农业、林业、牧业的适宜性。具体评价指标包括海拔、坡度、坡向、土壤有机质、距水域距离和土壤侵蚀强度(表1)。

2.3 评价指标分级与权重的制定

根据研究区各评价指标的变幅及其对于农、林、牧三种土地用途的影响和限制强度,通过专家咨询并参考相关研究报道^[9-10],确定分级等级及临界值;然后根据各个指标的每一个分级对于农、林、牧适宜程度的大小,确定评价指标的等级指数分值,分值越高说明适宜程度越强(表1)。考虑到不同指标在评价体系中的重要程度不同,即对土地适宜性的影响大小不同,本研究采用层次分析法来确定评价指标的权重(表2),即通过建立指标两两判断矩阵计算各指标权重值,并通过一致性检验判断权重是否合理,如果一致性检验值 $C.R < 0.1$,则表示通过一致性检验。

表 1 土地适宜性评价指标体系及等级指数

指标	分级	等级	量化值			指标	分级	等级	量化值牧		
			农	林	牧				农	林	牧
海拔/m	<1600	1	95	100	100	土壤侵蚀强度	微度侵蚀	1	100	100	100
	1600~1675	2	90	95	100		轻度侵蚀	2	90	100	100
	1675~1750	3	75	95	100		中度侵蚀	3	60	70	90
	1750~1825	4	55	90	100		强侵蚀	4	25	50	80
	1825~1900	5	45	90	100		极强或剧烈	5	0	25	50
	>1900	6	30	80	90	距水源距离/m	0~100	1	100	100	100
坡度/(°)	<3	1	100	100	100		100~500	2	90	100	100
	3~8	2	90	95	100		500~1000	3	75	90	90
	8~15	3	75	95	100		1000~2000	4	50	75	75
	15~25	4	50	75	100		2000~4350	5	30	50	75
	25~35	5	0	55	100	土壤有机质/%	1.5~2.0	1	100	100	100
	≥35	6	0	45	100		1.0~1.5	2	75	100	100
坡向	阳坡	1	100	75	75		1~0.5	3	50	75	75
	半阳坡	2	75	75	100		<0.5	4	25	50	75
	半阴坡	3	50	75	100						
	阴坡	4	25	75	75						

表 2 土地适宜性评价各指标权重

项目	海拔	坡度	坡向	侵蚀强度	土壤有机质	水源条件	C. R
宜农权重	0.1353	0.2896	0.2299	0.1353	0.0745	0.1353	0.0108
宜林权重	0.2686	0.2588	0.1554	0.1234	0.0485	0.1453	0.0235
宜牧权重	0.1596	0.2366	0.1421	0.1421	0.0542	0.2656	0.0144

2.4 适宜性评价模型与等级确定

本研究采用综合指数法进行土地利用适宜性评价,其公式为:

$$S=\sum_{i=1}^nW_iU_{ij}$$

式中:S——各评价单元的适宜性得分;W_i——第 i 个评价指标的权重值;n——评价指标的个数;U_{ij}——第 i 个评价指标第 j 个等级的得分。该评价过程在 ArcView 软件支持下完成,即利用地图运算功能进行空间加权叠加分析得到评价单元的适宜性得分。根据研究区实际情况,将宜农、宜林、宜牧的适宜等级分值划分为 4 个等级,具体见表 3。

表 3 宜农、宜林、宜牧适宜等级分值

适宜类	最适宜	中等适宜	勉强适宜	不适宜
宜农	100~85	85~75	75~65	65~0
宜林	100~85	85~75	75~65	65~0
宜牧	100~85	85~75	75~65	65~0

3 评价结果分析

根据表 1 中评价指标分级的具体要求,利用重分类功能,建立各评价指标分级图层,结果见图 1。在

此基础上,根据表 1 中针对不同土地用途的评价指标分级量化值,对各指标分级进行重新赋值即 0~100 分值,从而利用评价模型进行适宜性评价。土地资源具有多宜性,因此首先进行单宜性评价即分别评价土地的宜农、宜林及宜牧程度,然后根据研究区土地生产力的实际情况、农业发展和生态保护等要求,按照农、林、牧顺序优先选择,最终确定研究区的宜农、宜林、宜牧分布范围^[9],结果见表 4 和图 2。

3.1 高度宜农地

高度宜农地的土地面积有 158 083 hm²,占河川乡总面积的 7.34%,这部分土地分布在地势最为平坦、土壤侵蚀最弱的河滩地和河台地,是区域内土壤水肥条件最好、高产稳产的地段。20 世纪 90 年代以后,中科院水土保持研究所专家们在此推行以早酥梨、红梅杏等优良果树为中心的庭园经济高效农业技术,果园从此成为当地人们经济收入的主要来源之一,原来水肥条件好的台耕地被用来发展果园产业。目前,这部分土地最主要利用方式是果园,耕地其次。

3.2 中度宜农地

中度宜农地土地面积为 290 343 hm²,占河川乡总面积的 13.49%,其土地利用条件仅次于高度宜农

地,也主要集中分布在海拔较低、坡度较为平缓的、土壤侵蚀相对较轻的人工梯田和部分河沟台地。该地

段生产潜力较大,土地利用主要受水分条件限制,是区域内粮食生产潜力所在。

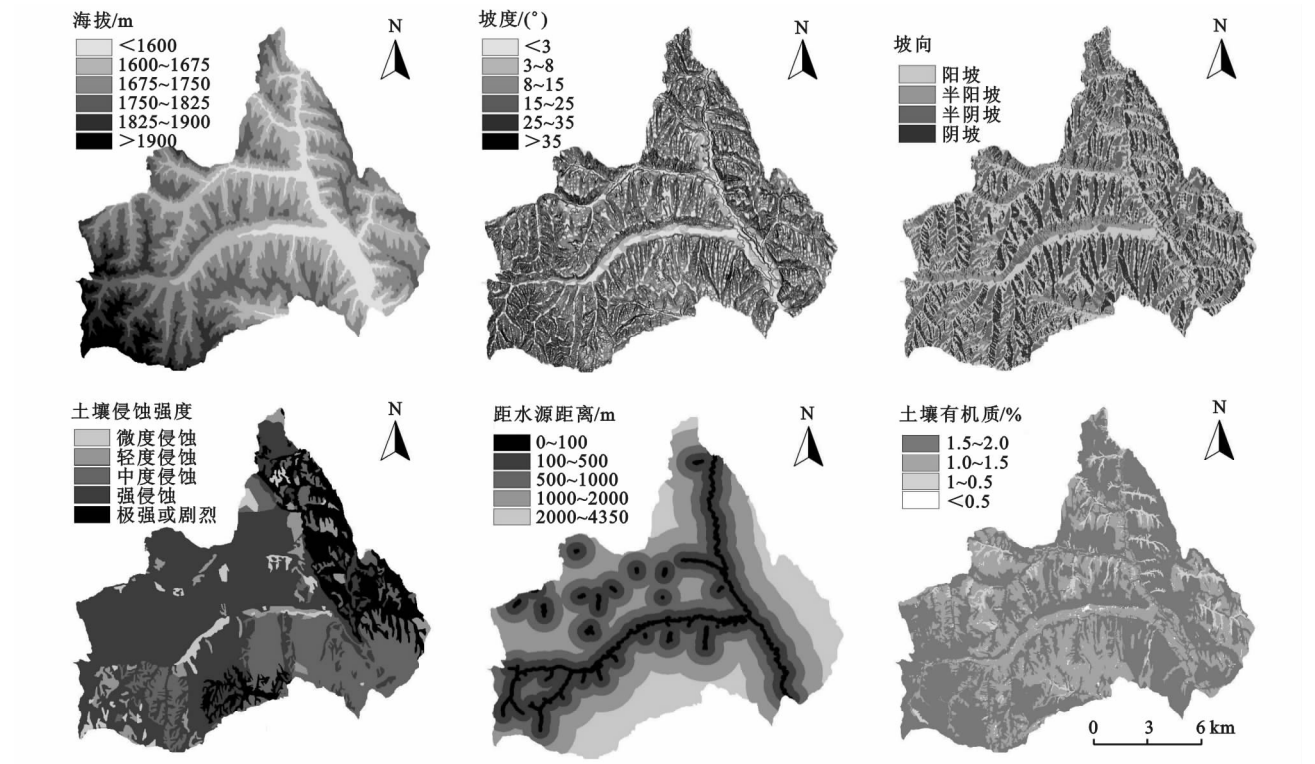


图 1 适宜性评价指标分级

表 4 河川乡土地资源适宜性评价结果

	高度宜农	中度宜农	宜林	宜林牧	宜牧
面积/hm ²	158083	290343	53136	890687	760540
比例/%	7.34	13.49	2.47	41.37	35.33

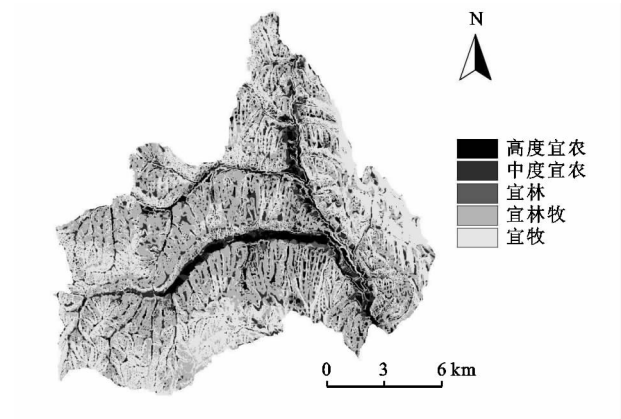


图 2 河川乡土地适宜性评价结果

3.3 宜林地

宜林地是高度宜林地去除高度和中度宜农地的部分。面积为 53 136 hm²,所占比例最小,仅占河川乡土地的 2.47%,这部分主要位于峁顶和峁坡,土地质量较好,是可以作为发展经济林的主要用地。但由于坡度较缓、土壤侵蚀不严重等原因,这部分土地实际利用方式多为耕地。

3.4 宜林牧地

宜林牧地属于中度宜林地和高度宜牧地。面积

为 890 687 hm²,占河川乡总面积的 41.37%,分布最广。这部分林牧皆宜,可以种植柠条、沙棘、山杏等人工灌木和以苜蓿为代表的人工草被。有研究表明,灌木与比人工草地相比,对增加土壤有机碳氮储量的贡献更大,多种植灌木更有利于土壤生态环境。相反,人工草地是当地畜牧养殖的重要饲料来源,多种植人工草被可以节约农民开支。因此,林牧面积比例可根据实际需要来确定。

3.5 宜牧地

宜牧地 35.33%的土地为宜牧地,立地条件交叉,不适宜农、林业的发展,可以作为牧用地。为了草地生态的可持续发展,在适度利用的同时,结合草地生态恢复措施,防止水土流失与土地退化。

4 结论与讨论

本文根据研究区的自然与社会经济实际情况,从地形、土壤养分、土壤侵蚀、水源 4 个方面筛选出海拔、坡度、坡向、土壤有机质、土壤侵蚀和距水域距离 6 个指标,构建了乡级尺度土地利用适宜性评价模型。利用 GIS 技术、层次分析法和综合指数法,按照农、林、牧顺序优先原则,对河川乡土地利用适宜性进行评价,将河川乡土地利用类型划分为高度宜农地、中度宜农地、宜林地、宜林牧地和宜牧地 5 类。该结

果可为河川乡土地利用的规划与管理提供数据基础与理论依据。例如,评价结果显示宜农地(高度宜农地和中度宜农地之和)所占比例为 20.83%,这与 2008 年河川乡耕地的实际比例 27.27% 进行比较,可以得出,河川乡土地不合理利用情况仍然存在,退耕还林(草)等生态恢复工程还需进一步推进。同时,结合实时变化的遥感数据,可以实现及时有效地土地利用监督。

本研究采用栅格数据进行评价运算,在评价精度上明显优于以地块为评价单元的评价,但在指导土地利用的实践中操作性相对较差。以地块为研究对象得到的适宜性评价结果对土地利用的指导更具可操作性。然而,研究区梁、峁、塬等地貌类型复杂多样,进行土地类型分类制图是一项复杂工程。借助于 GIS 与遥感等现代技术开展黄土高原地貌单元的自动提取研究,对于土地利用的评价、规划与管理具有重要的理论与现实意义。

参考文献:

- [1] 何英彬,姚艳敏,唐华俊,等. 基于尺度推绎方法的生态脆弱区耕作适宜性研究[J]. 中国农学通报,2011,27(1): 263-269.
- [2] 关小克,张凤荣,李乐,等. 北京市耕地后备资源开发适宜性评价[J]. 农业工程学报,2010,26(12):304-310.
- [3] Fu B J, Wang Y F, Lu Y H, et al. The effects of land-use combinations on soil erosion: a case study in the Lo-
- [8] Wackernagel M, Monfreda C, Erb K H, et al. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961—1999; comparing the conventional approach to an ‘actual land area’ approach[J]. Land Use Policy,2004,21(3):261-269.
- [9] Borucke M, Moore D, Cranston G, et al. Accounting for demand and supply of the biosphere’s regenerative capacity: The National Footprint Accounts’ underlying methodology and framework[J]. Ecol. Indic.,2013,24: 518-533.
- [10] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [R]. Cambridge, UK., 2001.
- [11] 任贤,张磊,王洋,等. 基于生态足迹理论的银川市生态安全评价[J]. 广东农业科学,2010(6):207-210.
- [12] 李中才,徐俊艳,姬宇. 基于改进生态足迹的区域生态

ess Plateau of China[J]. Progress in Physical Geography,2009,33(6):793-804.

- [4] Zheng F L. Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau[J]. Pedosphere,2006,16(4):420-427.
- [5] 思祖,李凯荣,易亮,等. 黄土高原沟壑区杏树林地土壤水分时空动态变化及适宜性研究[J]. 水土保持研究,2010,17(5):21-25.
- [6] 姚小英,蒲金涌,姚茹莘,等. 甘肃省黄土高原旱作玉米水分适宜性评估[J]. 生态学报,2010,30(22):6242-6248.
- [7] 张友焱,周泽福,程金花. 黄土丘陵沟壑区土地适宜性评价研究:以山西省中阳县圪针耳流域为例[J]. 水土保持学报,2003,17(1):93-95.
- [8] 魏宏安,王介勇. 延安市黄土丘陵沟壑区沟道土地整治适宜性评价研究[J]. 地域研究与开发,2013,32(3):129-132.
- [9] 刘德林,郝仕龙,李壁成. 黄土高原上黄试区土地利用适宜性评价[J]. 水土保持通报,2013,33(3):252-254.
- [10] 全斌. 黄土高原六盘山区土地利用变化及生态农业模式比较研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2007.
- [11] 师维娟,杨勤科,赵东波,等. 中分辨率水文地貌关系正确 DEM 建立方法研究:以黄土丘陵区为例[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2007,35(2):143-148.
- [12] Fang X, Xue Z J, Li B C, et al. Soil organic carbon distribution in relation to land use and its storage in a small watershed of the Loess Plateau, China[J]. Catena, 2012,88(1):6-13.

(上接第 173 页)

- [13] 俞立平,潘云涛,武夷山. 学术期刊综合评价数据标准化方法研究[J]. 图书情报工作,2009,53(53):136-139.
- [14] Wackemagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept[J]. Ecological Economics,1999,29(3):375-390.
- [15] 徐中民,张志强,程国栋,等. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析[J]. 应用生态学报[J],2003,14(2):280-285.
- [16] IPCC. Climate Change 2007: the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (R). Cambridge University Press. Cambridge, UK,2007.
- [17] Venetoulis J, Talberth J. Refining the ecological footprint[J]. Environ. Dev. Sustain.,2008,10(4):441-469.