

· 研究报告 ·

湟水流域土地资源环境承载力分析

贾伟^{1,2},高小红^{1,2,3*},谷晓天^{1,2},牛月¹

(1. 青海师范大学地理科学学院,青海 西宁 810008;2. 青海省自然地理与环境过程重点实验室,青海 西宁 810008;3. 高原科学与可持续发展研究院,青海 西宁 810008)

摘要:以湟水流域为研究区,从生态敏感性、土地利用生态适宜性角度分析流域土地资源利用合理性,以生态用地为约束评价土地资源环境承载能力。结果表明:流域内中度敏感区占比最高,为41.70%,主要处于以高、中覆盖度草地、林地、水域及未利用土地为主的浅山区和脑山区的相交区域;高度敏感区占比15.13%,集中分布于以林地为主的脑山区。98.87%的城乡工矿居民用地处于非敏感区和一般敏感区内,流域内城乡建设用地类型空间布局总体上与生态环境相适应,布局合理;水域、高覆盖度草地和林地的改变会对生态环境造成很大影响,不适宜开发利用。

关键词:土地资源环境承载力;生态敏感性;生态脆弱区;湟水流域

中图分类号:X522;X26 文献标志码:B 文章编号:1006-2009(2020)06-0013-05

Analysis on Environmental Carrying Capacity of Land Resources in Huangshui Basin

JIA Wei^{1,2}, GAO Xiao-hong^{1,2,3*}, GU Xiao-tian^{1,2}, NIU Yue¹

(1. School of Geographical Sciences, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810008, China;

2. Qinghai Province Key Laboratory of Physical Geography and Environmental Process, Xining,

Qinghai 810008, China; 3. Academy of Plateau Science and Sustainability, Xining, Qinghai 810008, China)

Abstract: In this paper, the rationality of land resource utilization in Huangshui Basin was analyzed from the perspective of ecological sensitivity and land use ecological suitability, the environmental carrying capacity of land resources was evaluated with constraint of ecological land use. The results showed that in this basin, the proportion of moderate sensitive area was 41.70%, which was the largest and mainly located in high or moderate coverage grasslands and woodlands, water area, and the unused land in the intersection of Qianshan District and Naoshan District. The proportion of high sensitive area was 15.13%, which concentrated in Naoshan District, woodland-dominated. 98.87% of industrial, mining and residential land in urban and rural area located in non-sensitive or general sensitive areas. The spatial layout of urban and rural construction land was reasonable and adapted to ecological environment. The changes of water area, high coverage grasslands and woodlands had a great impact on the ecological environment, which was unsuitable for development and utilization.

Key words: Environmental carrying capacity of land resources; Ecological sensitivity; Ecological vulnerable area; Huangshui Basin

土地既是区域实现可持续发展的根本保障,也是制约因素之一。先进的技术水平使人们有更多方式干预土地,改变其覆被的类型、结构,给土地资源的可持续利用带来严重影响^[1-3]。土地资源环境承载力指在自然生态环境不受危害并维系良好生态系统的前提下,一个区域的资源禀赋和环境容

量所能承载的经济社会活动的规模,重点突出土地

收稿日期:2019-10-28;修订日期:2020-08-26

基金项目:青海省自然科学基金资助项目(2016-ZJ-907)

作者简介:贾伟(1988—),男,内蒙古乌兰察布人,讲师,博士研究生,研究方向为生态环境遥感。

* 通信作者:高小红 E-mail: xiaohonggao226@163.com

资源可利用空间^[4-5]。威廉·福格特^[6]在《生存之路》中提出的承载力的计算方法对之后的相关研究影响较大,而后出现了一系列土地资源环境承载力相关理论方法的探讨及个案分析^[7-12]。而基于土地利用/土地覆被的规范化土地资源环境承载力分析及评价的体系还不太成熟。

湟水流域地处青藏高原和黄土高原的过渡地带,地形起伏大,相对高差达3 205 m,地貌类型多样,水土流失严重,生态环境十分脆弱。随着西部大开发与丝绸之路经济带的建设实施,湟水流域经济带在青藏高原的集聚扩散作用更加明显。进入21世纪,流域内城市化进程加快,土地利用/土地覆被格局随之发生了明显的改变^[13-14],这种变化也导致现有土地资源环境承载能力的改变。今以Landsat 8 OLI影像和数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)为主要数据源,拟采用空间分析技术,结合主要的自然及人文要素对湟水流域的生态敏感性展开研究,进而分析现有土地资源环境的承载能力,可在全局性视角下审视该流域的土地资源环境承载力,为环境管理及生态保护提供一定的借鉴和参考。

1 数据源与方法

1.1 数据源

文中所用数据源为成像于2014—2016年夏季的4景Landsat 8 OLI影像,包括30 m分辨率的多光谱波段和15 m分辨率的全色波段。OLI影像预处理包括辐射校正、图像融合、图像拼接和裁剪。通过随机森林分类法对预处理后的OLI影像作土地利用/土地覆被分类,总体分类精度达到86.49%,Kappa系数达0.85^[15]。DEM数据的空间分辨率为30 m。

1.2 评价指标和方法

土地资源环境承载力的评价指标体系选取关系到计算结果可否客观、真实反映研究区域的土地资源环境承载力,是承载力分析的关键因素^[16]。今在对湟水流域的生态环境现状实地调查的基础上参照文献^[17-20],选取对流域生态敏感度影响较大的地形地貌因子、土地利用/土地覆被、距离要素、生态敏感区4类8个因子对生态敏感性作分析,具体操作流程如下。

(1) 因子重分类。基于DEM提取坡度、坡向数据,按照实际划分的分类临界值对高程、坡度、坡

向(阴阳坡)重分类;将土地利用/土地覆被数据按照各类型的敏感程度重分类;将距离要素和生态敏感区域根据设定的距离进行欧氏距离制图,制图后重分类。

(2) 赋权重值。采用层次分析法(AHP)确定各影响因子的权重,将影响因子按各因子间的相互关系构建层次结构图,并按其重要性程度评定等级,检验系数 $CR < 0.1$,通过一致性检验。

(3) 复合分析。综合地形地貌、土地利用/土地覆被、距离因素和距生态敏感区的距离进行空间叠加分析加权求和计算,见公式(1)。

$$SS = \sum w_i(a_1 + a_2 + \dots + a_i) \quad (1)$$

式中:SS为综合生态敏感性指数; w_i 为第*i*个因子的敏感性权重; a_i 为第*i*个因子的敏感性等级分级结果, $i = 1, 2, \dots, 8$ 。

根据《联合国可持续发展委员会(UNCSD)可持续发展指标体系》,参照现有研究成果,结合研究区的实际情况将生态敏感性划分为高度敏感区、中度敏感区、一般敏感区和非敏感区4个类型。其中, $SS \in (7.5, 10]$ 为高度敏感区,土地资源处于强压力状态,环境承载能力基本处于饱和; $SS \in (5, 7.5]$ 为中度敏感区,土地资源压力较大,环境承载空间有限; $SS \in (2.5, 5]$ 为一般敏感区,土地资源与人口、经济社会处于基本平衡状态,还有一定的环境承载空间; $SS \in [0, 2.5]$ 为非敏感区,土地资源处于无压力状态,具备较大的环境承载空间。据此,将 $SS > 5$ 的区域视为生态用地,以30 m分辨率的栅格单元为单位、以4个敏感区的界限为地理边界,采用空间叠加分析法将土地利用/土地覆被数据与生态敏感性评价结果叠加分析,从而计算出基于不同生态敏感性的土地利用/土地覆被类型的面积及占比,分析其空间分布的合理性,进而分析生态用地约束下的土地资源承载力,并提出空间调整和优化的建议。

2 结果与讨论

2.1 生态敏感性评价

2.1.1 单因子评价

评价指标体系遵循科学性、地域性、主导性及可操作性原则,构建湟水流域生态敏感性评价指标框架,如表1所示。

(1) 土地利用/土地覆被敏感性。湟水流域是青海省的主要农业区,流域内林地和水域的分布面

表 1 生态敏感性评价因子指标
Table 1 Evaluation factors of ecological sensitivity

因素	因子	生态敏感度	分级标准	赋值	权重
土地利用/土地覆被	土地利用/土地覆被类型	高度敏感	林地、水域	10	0.180
		中度敏感	耕地(旱地、水浇地),草地(高、中、低覆盖度)	6	
		一般敏感	未利用土地	3	
		非敏感	城乡工矿居住用地	1	
地形地貌	高程(km)	高度敏感	≥3.2	10	0.127
		中度敏感	2.6~3.2	6	
		一般敏感	2.0~2.6	3	
		非敏感	<2.0	1	
	坡度(°)	高度敏感	≥25	10	0.114
		中度敏感	15~25	6	
		一般敏感	5~15	3	
		非敏感	<5	1	
坡向(°)	高度敏感	阴坡 0~45,315~360	10	0.116	
	中度敏感	阳坡 135~225	6		
	一般敏感	半阴坡 45~135、半阳坡 225~315	3		
	非敏感	平缓坡 -1	1		
距离因素	与主要交通道路距离(km)	高度敏感	≥3.0	10	0.109
		中度敏感	2.0~3.0	6	
		一般敏感	1.0~2.0	3	
		非敏感	<1.0	1	
	与居民点距离(km)	高度敏感	≥3.0	10	0.082
		中度敏感	2.0~3.0	6	
		一般敏感	1.0~2.0	3	
		非敏感	<1.0	1	
	与水域距离(km)	高度敏感	≤0.5	10	0.118
		中度敏感	0.5~1.0	6	
		一般敏感	1.0~1.5	3	
		非敏感	>1.5	1	
敏感区	与生态敏感区距离(km)	高度敏感	≤0.5	10	0.154
		中度敏感	0.5~1.0	6	
		一般敏感	1.0~1.5	3	
		非敏感	>1.5	1	

积虽然很少,分别占流域总面积的 11.31% 和 0.33%,但对居住区的生活、生产及生态保障都起到重要作用。基于此将林地和水域设定为高度敏感区,耕地(水浇地、旱地)和草地设定为中度敏感区,未利用土地设定为一般敏感区,城乡、工矿、居住用地设定为非敏感区。

(2) 地形地貌敏感性。地形地貌是影响人类居住空间分布及土地利用的重要自然因素,包括高程、坡度和坡向 3 个因子。流域内海拔 2 600 m 以下为河谷地区,地势平坦;海拔 2 600 m~3 200 m 为浅山区,以低山丘陵为主;海拔高于 3 200 m 为脑山区,以中、高山地为主,山体陡峭。故而海拔越低,坡度越小,生态敏感性越低;坡向中,阴坡接受太阳辐射能量少,土壤湿度大,水分蒸发量较少,故阴坡的敏感性高于阳坡。

(3) 距离敏感性。研究区内受地形因素的限制,主要道路、居民点和水域多沿河谷分布。距主要道路、居民点的距离越远,生态敏感性越高;距水域距离越近,生态敏感性越高。

(4) 生态敏感区敏感性。主要包括海东市互助土族故土园旅游区和塔尔寺 2 个 5A 景区和日月山、金银滩草原等 37 个自然保护区、文物遗迹。距生态敏感区的距离越近,生态敏感性越高。

2.1.2 综合评价

对 8 个因子进行空间叠加分析和加权求和分析,得到湟水流域综合敏感性结果(见图 1),采用等间距划分法对研究区生态敏感性进行划分,同时结合研究区地形特点进行地理分区,详见参考文献 [13],对各生态敏感区与各地理分区叠合分析。

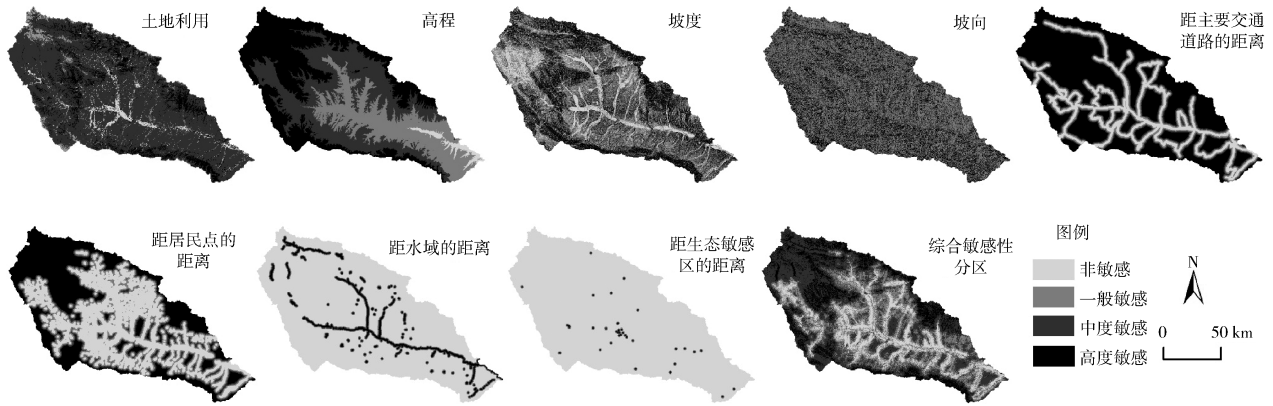


图 1 湟水流域生态敏感性分区

Fig. 1 Ecological sensitivity division in Huangshui Basin

根据统计结果,高度敏感区的面积为 2 436. 61 km²,占流域总面积的 15. 13%,占比最低,集中分布于以林地为主的脑山区;少量分布于浅山区和川水区的水域附近及自然保护区、文物遗迹的附近。中度敏感区的面积为 6 715. 94 km²,占流域总面积的 41. 70%,占比最高,主要处于以高、中覆盖度草地、林地、水域及未利用土地为主的浅山区和脑山区的相交区域;其中脑山区占 51. 26%,该区域居住人口较少,人类对自然干预少,是天然草场和林地的分布区。一般敏感区的面积为 4 331. 47 km²,占流域总面积的 26. 90%,分布

于旱地和中、低覆盖度草地为主的川水区和浅山区的相交地带,其中浅山区占 58. 28%,此处是流域内最大的旱作农业区。非敏感区的面积为 2 620. 39 km²,占流域总面积的 16. 27%,近 2/3 的面积处于人类活动集中的川水区,且多分布于道路两侧的城乡工矿居民用地、耕地等类别中;仅 0. 31% 的面积分布于脑山区。

2.2 生态用地约束下的土地资源承载力评价

在湟水流域生态敏感性分析的基础上,通过叠置分析将土地利用/土地覆被数据与生态敏感性评价结果叠加,结果见表 2。

表 2 不同生态敏感区下土地利用/土地覆被类型面积及其占比

Table 2 Area and its proportion of land use or land cover pattern in different ecological sensitive areas

土地利用/土地覆被类型	高度敏感区		中度敏感区		一般敏感区		非敏感区	
	面积 A/km ²	占比/%	面积 A/km ²	占比/%	面积 A/km ²	占比/%	面积 A/km ²	占比/%
水浇地	0. 22	0. 03	29. 55	3. 74	298. 32	37. 75	462. 08	58. 48
旱地	4. 68	0. 14	784. 59	24. 32	1 786. 33	55. 37	650. 61	20. 17
林地	814. 88	44. 75	888. 32	48. 79	103. 01	5. 66	14. 55	0. 80
高覆盖度草地	1 223. 02	24. 72	3 024. 28	61. 14	589. 11	11. 91	110. 14	2. 23
中覆盖度草地	323. 48	10. 36	1 327. 26	42. 51	1 063. 63	34. 07	407. 77	13. 06
低覆盖度草地	1. 05	0. 14	170. 15	22. 51	313. 37	41. 46	271. 26	35. 89
水域	8. 43	15. 61	29. 37	54. 39	14. 98	27. 74	1. 22	2. 26
城乡工矿居民用地	0. 17	0. 02	8. 52	1. 11	140. 92	18. 33	619. 02	80. 54
未利用土地	60. 68	9. 78	453. 90	73. 20	21. 80	3. 52	83. 74	13. 50

生态用地的总面积为 9 152. 55 km²,占流域总面积的 56. 83%。①建设用地,98. 87% 的城乡工矿居民用地处于非敏感区和一般敏感区内,可见,流域内城乡规划用地类型空间布局总体上与生态环境相适应,布局合理。②农业用地,96. 23% 的水浇地处于非敏感区和一般敏感区内,表明水浇地的分布格局也较合理;75. 54% 旱地处于非敏感区和

一般敏感区内,24. 46% 处于生态用地内,这部分耕地不适合耕种,应将其恢复为生态用地。③草地和林地,分别有 22. 65% 的低覆盖度草地、52. 87% 的中覆盖度草地、85. 86% 的高覆盖度草地和 93. 54% 的林地处于生态用地内,低覆盖度草地多分布于以城乡工矿居民用地和耕地为主的川水区内,而高覆盖度草地和林地多分布于脑山区、脑山

区与浅山区的相交带,该区域多以放牧为主,过量的放牧极易破坏草场,该区应采用生态恢复手段,恢复良好的生态环境。④水域,70.00%的水域处于生态用地内,流域内水体的面积虽然仅占流域总面积的0.33%,但为整个流域内的生产生活提供水源,在开发利用水资源的过程中要优先保护。⑤未利用土地,82.98%的未利用土地处于生态用地内,流域内的未利用土地以裸岩、裸土为主,多分布于脑山区,海拔高、坡度陡的区域,是极难利用的土地;17.02%的未利用土地处于非敏感区和一般敏感区内,多分布于城镇周边区域,主要用于以生态恢复为主的开发利用。

综上所述,流域内城乡建设用地类型空间布局总体上与生态环境相适应,布局合理。在城市建设方面应以环境容量为约束条件,以生态环境承载力为落脚点。生态用地区应严格控制该区城乡工矿居民用地的数量和规模,严格限制各类重工业企业的建设,划定生态保护红线,明确红线内禁止建设用地的准入门类,对处于该区的耕地按照国家相应政策做好相应的退耕还林、还草工作,对已破坏的生态环境尽快做好生态修复工作。

3 结论

(1)该方法可从总体规模、空间分布格局角度给出相对明确的评价结果,可用于流域内的土地资源环境承载力分析。总体来看,流域内中度敏感区占比最高,为41.70%;高敏感区占比最低,为15.13%。

(2)高度敏感区集中分布于以林地为主的脑山区内。中度敏感区处于以高、中覆盖度草地、林地、水域及未利用土地为主的浅山区和脑山区相交区域。一般敏感区处于以旱作农业为主的川水区和浅山区相交带。非敏感区主要处于人类活动集中的川水区。

(3)流域内城乡建设用地类型空间布局总体上与生态环境相适应,布局合理。处于生态用地内的水域、未利用土地、高覆盖度草地和林地的土地类型改变会对生态环境造成很大影响,不适宜开发利用。处于生态用地内的旱地,需要进行相应的调整。

[参考文献]

[1] 朱希希,程滢,卜伟,等.泰州全市及生态红线区“十二五”土地利用变化探究[J].环境监测管理与技术,2018,30(4):

69-71.

- [2] 贾伟.面向对象的复杂地形区土地利用信息提取研究——以湟水流域为例[D].西宁:青海师范大学,2015.
- [3] 张朋兴,袁希平,甘淑.基于遥感生态指数的江川区生态环境变化分析[J].环境监测管理与技术,2018,30(5):25-29.
- [4] 封志明,李鹏.承载力概念的源起与发展:基于资源环境视角的讨论[J].自然资源学报,2018,33(9):1475-1489.
- [5] 汪菲,杨德刚,王长建,等.基于改进相对资源承载力模型的天山北坡可持续发展研究[J].干旱区研究,2013,30(6):1073-1080.
- [6] 威廉·福格特.生存之路[M].张子美,译.北京:商务印书馆,1981.
- [7] SHAO M A, WANG Y Q, XIA Y Q, et al. Soil drought and water carrying capacity for vegetation in the critical zone of the Loess Plateau: A review[J]. Vadose Zone Journal, 2018, 17(1): 1-8.
- [8] LANE M, DAWES L, GRACE P. The essential parameters of a resource-based carrying capacity assessment model: An Australian case study[J]. Ecological Modelling, 2014, 272: 220-231.
- [9] LANE M, DAWES L, GRACE P. Scalar considerations in carrying capacity assessment: An Australian example[J]. Population and Environment, 2015, 36(3): 356-371.
- [10] SHI Y S, WANG H F, YIN C Y. Evaluation method of urban land population carrying capacity based on GIS: A case of Shanghai, China[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2013, 39: 27-38.
- [11] 黄宁生,匡耀求.广东相对资源承载力与可持续发展问题[J].经济地理,2000,20(2):52-56.
- [12] IHSAN, RASYID A R, ASFAN L O M, et al. Dynamics urban development to the carrying capacity of agricultural land Maros Region Province South Sulawesi[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 419(1): 12-17.
- [13] 贾伟,高小红,杨灵玉,等.面向对象方法的复杂地形区地表覆盖信息提取[J].兰州大学学报(自然科学版),2018,54(4):486-493.
- [14] 冯仕超,高小红,顾娟,等.基于CLUE-S模型的湟水流域土地利用空间分布模拟[J].生态学报,2013,33(3):985-997.
- [15] 谷晓天,高小红,马慧娟,等.复杂地形区土地利用/土地覆被分类机器学习方法比较研究[J].遥感技术与应用,2019,34(1):57-67.
- [16] 靳相木,李陈.土地承载力研究范式的变迁、分化及其综论[J].自然资源学报,2018,33(3):526-540.
- [17] 贾克敬,张辉,徐小黎,等.面向空间开发利用的土地资源承载力评价技术[J].地理科学进展,2017,36(3):335-341.
- [18] 史娜娜,全占军,韩煜,等.基于生态敏感性评价的乌海市土地资源承载力分析[J].水土保持研究,2017,24(1):239-243.
- [19] 双文元.基于生态文明的半干旱区土地资源综合承载力评价研究[J].中国农学通报,2017,33(25):81-87.
- [20] 温亮,游珍,林裕梅,等.基于层次分析法的土地资源承载力评价——以宁国市为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(3):1-6.