

基于 GIS 的宝鸡市土地生态环境敏感性评价

李淑芳¹, 马俊杰¹, 唐升义², 杨磊³

(1. 西北大学 环境科学系, 陕西 西安 710127; 2. 陕西省宝鸡市国土资源局,
陕西 宝鸡 721000; 3. 陕西省兴平市环境监测站, 陕西 兴平 713100)

摘 要: 以陕西省宝鸡市为研究对象, 在 GIS 系统支持下, 运用单要素敏感性评价和综合敏感性评价两种方法, 从土壤侵蚀、生境、地质灾害 3 个方面对宝鸡市土地生态敏感性及其空间分布进行了研究。研究结果表明, 宝鸡市土地生态敏感性区域差异比较明显, 轻度敏感区占市域总面积的 62.1%, 中度敏感区占 37.0%, 高度敏感区所占的比例较小, 占 0.9%。最后结合生态敏感性评价结果, 提出了各区块的土地生态环境建设和保护对策, 为宝鸡市区域土地生态环境保护提供决策依据。

关键词: 土地生态环境; 敏感性评价; 宝鸡市

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)04—0200—05

中图分类号: Q148, X826

Assessment of GIS-based Land Eco-environmental Sensitivity in Baoji City

LI Shu-fang¹, MA Jun-jie¹, TANG Sheng-yi², YANG Lei³

(1. Department of Environmental Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China;

2. Baoji Land and Resources Bureau of Shaanxi Province, Baoji, Shaanxi 721000, China;

3. Xingping Environmental Monitoring Station of Shaanxi Province, Xingping, Shaanxi 713100, China)

Abstract: By taking Baoji City of Shaanxi Province as a research object, land sensibility and its spatial distribution are studied in views of the sensitivities to soil erosion, bio-diversity protection, and geology disaster under support of GIS technologies. Single and comprehensive element sensitivity assessment is used in the study. Results show that regional differences of land eco-environmental sensitivity in the city are comparatively obvious. The proportion of slightly sensitive area to the total area is 62.1%; the moderately sensitive area accounts for 37%; and highly sensitive area shares the smallest proportion, only accounting for 0.9%. By combining with the result of eco-environmental sensitivity assessment, countermeasures for eco-environmental construction and protection of each of the areas are proposed and a basis for government making land policy is provided.

Keywords: land eco-environment; sensitivity assessment; Baoji City

土地是国民经济及社会发展的重要物质基础,其利用状况在整个国民经济发展中占有举足轻重的作用。随着我国社会经济的快速发展,土壤侵蚀、水土流失、土地酸化等土地生态环境问题日益突出,土地资源的缺乏和需求量的持续上升成为制约区域发展的重大矛盾^[1]。进行土地生态敏感性评价,确定需要优先或重点开展生态环境建设和保护的区域,指导区域社会经济建设是目前世界各国和地区普遍采用的战略^[2]。所谓生态环境敏感性(ecological sensitivity)是指生态环境对区域内自然和人类活动反应的敏感程度,用来反映产生生态失衡与生态环境问题的可

能性大小^[3]。敏感程度较高的区域,当受到人类不合理活动影响时,就容易产生生态环境问题,应该划为生态环境建设与保护的焦点^[4]。本研究通过对陕西省宝鸡市土地生态环境敏感性评价,为制定不同分区生态建设和环境保护的方案提供理论支撑。

1 研究区概况

宝鸡市地处陕西省关中平原西部,东连咸阳、西安,南界汉中,西、北与甘肃天水市和平凉市毗邻。东西长 156.6 km,南北宽 160.6 km,总面积 18 172 km²;辖渭滨、金台和陈仓 3 区及凤翔、扶风、岐山、眉

县、陇县、千阳、麟游、凤县和太白 9 县。宝鸡市地质结构复杂,主要由南部秦岭褶皱带、北部鄂尔多斯地台南缘和中部渭河复式地堑 3 个单元构成。南部为秦岭中高山地,海拔 1 200 ~ 3 767 m;中部为渭河平原和黄土台塬,海拔 440 ~ 850 m;北部为土石山地,海拔 850 ~ 1 900 m 之间。全市的河流以秦岭为界,分属黄河、长江两大流域。秦岭以北为黄河流域的渭河及其支流水系;秦岭以南为长江流域的嘉陵江上游河段及汉江部分一级河源段水系。研究区水资源总量为 $4.88 \times 10^9 \text{ m}^3$,气候属于暖温带半湿润大陆性季风气候,南部秦岭山地气候垂直分异明显。森林和草地是宝鸡市生态系统的主体,2007 年林地面积为 $1\,005\,564 \text{ hm}^2$,占国土总面积的 55.4%;草地面积为 $101\,606 \text{ hm}^2$,占总面积的 5.6%。

宝鸡市是新欧亚大陆桥经济带具有很大发展潜力的中等城市,2007 年全市总人口为 3.76×10^6 人,其中非农业人口 9.45×10^5 人。全市国内生产总值 4.77×10^{10} 元,人均国内生产总值达到 12 642 元。第一产业收入 4.97×10^9 元,第二产业收入 2.80×10^{10} 元,第三产业收入 2.47×10^{10} 元,其产业结构比为 1 6 3。宝鸡市是陕西省重要的粮油和农副产品生产基地,也是西北地区重要的工业基地。

2 研究方法

2.1 评价指标体系

根据 2002 年国务院西部地区开发领导小组办公室及国家环境保护总局联合发布的《生态功能区划技术暂行规程》中的规定生态环境敏感性评价的内容有土壤侵蚀敏感性、沙漠化敏感性、盐渍化敏感性、石漠化敏感性、生境敏感性、酸雨敏感性 6 个方面。

根据国内的研究成果^[5-7]表明,宝鸡市土地沙漠化、盐渍化及酸雨特征不明显;基于宝鸡市水土流失较为严重、生物多样性遭到破坏及地质灾害时有发生^[8]等土地生态环境问题,从而确定宝鸡市土地生态环境敏感性评价指标体系主要包括土壤侵蚀、生境和地质灾害等一级评价指标;针对土壤侵蚀因子的复合型,选取了降雨因子(R)、土壤因子(K)、地形因子(LS)、植被因子(C)这 4 个因子作为土壤侵蚀评价的二级指标^[11]。

2.2 评价分级标准的确定

根据宝鸡市的实际情况,本研究分别从单要素评价与多要素综合评价两方面来考虑,具体的分级标准主要依照国家环保总局《生态功能区划暂行规程》附件 C 和相关研究确定如表 1 所示。

表 1 单要素敏感性分级标准

一级指标	二级指标	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
	年降水量/mm	< 600	600 ~ 700	700 ~ 800	800 ~ 900	> 900
土壤侵蚀	土壤质地	石砾、沙	粗砂土、细沙土、黏土	面砂土、壤土	沙壤土、粉黏土、壤黏土	砂粉土、粉土
	地形坡度/(°)	< 3	3 ~ 6	6 ~ 15	15 ~ 25	> 25
	植被类型	水体、草本沼泽、稻田、	阔叶林、针叶林、草甸、灌丛和新生矮木	两熟粮作、两熟水旱、稀疏灌木草原	一熟粮作	无植被
生境	生物多样性	无保护物种	地区性保护物种	省级保护物种	国家二级	国家一级
地质灾害	灾害密度/灾害 (点 · 100 ⁻¹ km ⁻¹)	0	0 ~ 25	25 ~ 50	50 ~ 80	80
	分级赋值 C	1	3	5	7	9
	分级标准(SS)	1.0 ~ 2.0	2.1 ~ 4.0	4.1 ~ 6.0	6.1 ~ 8.0	> 8.0

土壤侵蚀敏感性评价主要是综合考虑与土壤侵蚀密切相关的年降雨量、土壤质地、地形坡度及植被类型等因素。生境敏感性评价根据国家与省级保护对象的数量进行评价,反映重要物种的栖息地对人类活动的敏感程度^[9]。

地质灾害敏感性选取灾害密度作为评价因子,反映区域地质灾害易发程度。

2.3 评价方法

土地生态环境问题的形成和发展是多个因子综合作用的结果。土地生态环境问题的出现或发生率常常取决于影响生态环境问题形成的各个因子的强度、分布状况和多个因子的组合。因此,在生态环境敏感性评价时,常常采用单因子分析和多因子综合评价相结合的方法^[10]。

本研究首先在 GIS 软件支持下得到各二级评价指标的分布图,采用 ArcGIS 的 Spatial Analyst 菜单下的 Raster Calculator 计算得到一级单因子综合敏感性分布图,然后通过该模块进行进一步综合,得到研究区土地生态环境敏感性综合分布图。

土壤侵蚀单要素敏感程度的计算,主要依据国家环保总局颁发的《生态功能区划暂行规程》提出的土壤侵蚀敏感指数计算方法(式 1)。

$$SS_j = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n C_i} \quad (1)$$

式中: SS_j —— j 空间单元水土流失敏感性指数;
 C_i —— i 因素敏感性等级值。

土壤侵蚀单要素敏感程度的计算,只反映该要素的作用程度,不能将区域变异综合的表现出来^[4]。本研究采用多因子加权求和模型(式 2),通过专家打分法确定各单要素的权重值,在 ArcGIS 环境下对一级指标专题图进行像元的空间叠加运算,最终确定宝鸡市土地生态环境敏感性的等级和分布。

$$S = \sum_{i=1}^n W_i A_i \quad (2)$$

式中: S —— 土地生态敏感性等级; W_i —— 第 i 个评价因素的权重; X_i —— 第 i 个评价因素的描述性等级的数量化值; n —— 评价因素的个数。

3 评价及结果分析

3.1 单因子敏感性评价

3.1.1 土壤侵蚀敏感性评价 根据水土流失方程^[7],影响土壤侵蚀的因素主要有 5 个,包括降雨(R)、土壤(K)、地形(LS)、植被(C)和农业措施(P)等。其中,农业措施因子是与人类活动密切相关的因子,与土地生态环境的自然敏感性关系不大,本研究不做考虑^[11]。本研究仅考虑在自然状况下对土壤侵蚀敏感性影响较大的降雨、土壤质地、地形坡度和植被等因子,并且根据各因子的土壤侵蚀敏感性程度不同,分别赋予不同的等级:不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极敏感,按其敏感性等级分别赋值为 1, 3, 5, 7 和 9;并在 GIS 平台 Arc/ INFO 的支持下,制作单因子土壤侵蚀敏感性专题图。

(1) 年降水量(R)。降水是引起土壤侵蚀最重要的因子之一,它主要是降雨雨滴所携带的动能对土粒产生冲击而引发土壤冲蚀。降雨强度低于某特定值时,不可能产生水土流失,而超过这一限制时,降雨强度与水土流失量呈正相关^[12]。土壤侵蚀对降水敏感性分布图(图 1a)是利用宝鸡市年降水量等值线图,根据表 1 的分级标准绘制而成的。

(2) 土壤质地(K)。土壤质地组成主要包括砂

砾、粉粒和黏粒 3 类组成,根据国际制土壤质地系统的规定,粒径 <0.002 mm 土粒为黏土, $0.02 \sim 0.002$ mm 土粒为粉粒, $2 \sim 0.02$ mm 为砂粒。参考《陕西土地资源》土壤质地分布图,按表 1 分级标准,生成宝鸡市土壤侵蚀对土壤质地敏感性分布图(图 1b)。

(3) 地形坡度(LS)。地形的起伏是导致水土流失的最直接因素,它反映了坡长、坡度等地形因子对土壤侵蚀的综合影响^[8]。在大比例尺研究中,坡度将是最主要的指标^[12]。本研究采用 1:25 万地形图所提供坡度为基准,结合宝鸡市 2007 年卫星影像图,得出宝鸡市地形坡度分布图,根据表 1 的分级标准,制定宝鸡市土壤侵蚀对地形坡度敏感性分布图(图 1c)。

(4) 植被类型(C)。植被是防止土壤侵蚀的一个重要因子,其防止侵蚀的作用主要包括对降水能量的削减作用、保水作用和抗侵蚀作用。不同的地表植被类型,阻抗侵蚀的作用差别较大,由森林到草地到荒漠,其防止侵蚀的作用依次减少。根据《陕西土地资源》提供宝鸡市植被类型分布图为基础,参照表 1 的敏感性分级标准,生成全市土壤侵蚀对植被类型敏感性分布图(图 1d)。

在相同比例尺的情况下,将各专题在 ArcGIS 软件的支持下,并依据公式(1)进行空间叠加分析,按照表 1 的敏感性分级标准,即可对宝鸡市水土流失敏感性的区域差异进行显化,得到土壤侵蚀敏感性综合评价图(图 1e)。

评价结果表明,宝鸡市土壤侵蚀敏感性共有 4 个等级,不敏感区分布于凤县东部地区;轻度敏感区位于宝鸡市北部的黄土高原、渭河的河谷平原地区及凤县西部部分地区,分布面积最大,主要是黄土土壤质地引起的;中度敏感区集中分布于渭河河谷两岸流水作用的黄土沟谷地区、太白及凤县的大部分地区;高度敏感区分布面积较小,集中分布于太白县境内的秦岭高山区,该区降雨量极为丰富且分布着极为敏感的亚高山草甸土。

3.1.2 生境敏感性评价 根据生境物种丰富度,即评价地区国家与省级保护对象的数量来评价生境敏感性^[3]。由于难以获取直接的生物多样性指标,优先考虑选择县域内自然保护区和森林公园的级别来反映生境的敏感程度,评价等级划分如表 1 所示。根据宝鸡市自然保护区及森林公园的分布状况^[13]得到生境敏感性分布图(图 1f)。可以看出,宝鸡市生境敏感性共有 5 个等级,生境敏感性分布主要以轻度敏感为主,分布于千阳、凤翔、岐山、扶风、陇县的北部地区,麟游的大部分地区,陈仓区西部及凤县东部;不敏感区位于渭河、千河阶地的城市带;中度敏感区位于

太白北部、凤县嘉陵江水源保护区及千湖湿地省级自然保护区;高度敏感区分布于太白县黄柏塬省级自然保护区、牛尾河省级自然保护区及陇县秦岭细鳞鲑自然保护区;极敏感区位于太白县国家级自然保护区。

3.1.3 地质灾害敏感性评价 地质灾害不仅造成江河堵塞、通讯中断、交通受阻、建筑物被毁、良田林木

遭到破坏,而且制约着全市经济和社会发展,在土地利用中尤为重要^[15]。宝鸡市地形复杂,不同区域地质情况及地质灾害各不同,本研究选取灾害密度(点/100 km)作为评价因子划分敏感性等级(表 1),依据宝鸡市主要构造体系及滑坡分布图绘制出宝鸡市地质灾害敏感性分布图(图 1g)。



图 1 宝鸡市土地生态环境敏感性分布图

a 土壤侵蚀对降水敏感性;b 土壤侵蚀对土壤质地敏感性;c 土壤侵蚀对地形起伏度敏感性;
d 土壤侵蚀对植被类型敏感性;e 土壤侵蚀敏感性;f 生境敏感性;g 地质灾害敏感性;h 土地生态环境综合敏感性

由图中可以看出,宝鸡市地质灾害敏感性共分 3 个等级,轻度敏感区分布于宝鸡市北部的麟游县全境和陇县、千阳、凤县、岐山县北部以及陈仓区南部、太白及凤县北部地区;中度敏感区集中分布于宝鸡市陇县西部及陈仓区境内、凤县及太白南部,主要由于区内分布有陇县—岐山—哑柏活动断裂带以及秦岭北坡山前活动断裂;高度敏感区集中分布于宝鸡市市区、岐山、扶风和眉县交界区,该区分布有陈仓区—眉县活动断裂带,是渭河地堑强震区。

3.2 综合评价

宝鸡市土地生态敏感性综合评价是对三幅单要素图(宝鸡市土壤侵蚀敏感性分布图、宝鸡市生境敏感性分布图、宝鸡市地质灾害敏感性分布图)按照其生态敏感性等级进行叠加分析,并应用多因子加权求和模型(公式 2)计算综合敏感性等级。各指标的生态敏感性权重,采用专家打分获得,土壤侵蚀、生境、地质灾害敏感性的权重值分别为 0.45、0.35、0.20。

3.3 结果分析

按照上述评价模型及敏感性等级划分标准,在 GIS 技术支持下,对全市土地生态环境敏感性进行综合评价,得到宝鸡市土地生态环境综合敏感程度,并将它划分为轻度敏感、中度敏感和高度敏感 3 个等级(图 1h),各等级面积及比例见表 2。

表 2 生态环境综合敏感性不同等级的面积及比例

敏感分级	轻度敏感	中度敏感	高度敏感
面积/ hm ²	1 126 816	670 419.1	17 065.5
比例/ %	62.1	37.0	0.9

(1) 轻度敏感区主要分布在宝鸡市区、扶风、麟游、岐山、千阳、凤翔县及眉县、陇县及凤县的部分地区,其面积共 1 126 816 hm²,占全市总面积的 62.1%。该区城市化速度较快,经济发展水平较高,人口密集,人地矛盾突出,是宝鸡市土地利用强度最大的区域,也是宝鸡市的主要粮食产地;该区面临的主要问题是建设用地增长迅速、耕地后备资源不足,基本农田保护与开发矛盾突出;在区域开发过程中,可作为适宜开发区。通过开展循环经济、建设生态示范区、生态城镇,实现土地生态环境良好地区的社会经济健康可持续发展,促进土地生态环境的良好循环。

(2) 中度敏感区主要分布在陇县、眉县南部、凤县及太白县的中低山地区,面积为 670 419.1 hm²,占全市总面积的 37.0%。该区以林果业发展为主要方向,是宝鸡市的重要林果基地,承担着一定数量的生物多样性及众多河流源头保护任务,加之该区环境承载力较为有限,不宜高强度开发,可实行严格保护下的适度利用与开发,及时找出导致生态环境恶化趋势

的不合理开发活动并进行有效治理。应特别强调的是,按照《陕西省秦岭生态环境保护条例》第十八条规定,海拔 1 500~2 600 m 之间的秦岭中山针阔叶混交林水源涵养与生物多样性生态功能区为限制开发区。据此,该区的秦岭部分应通过实施天然林保护、封山育林、退耕还林和植树造林,提高其水源涵养功能;严格限制房地产开发和对生态环境影响较大的工业项目(包括工业生产项目和矿产资源开发项目);积极实施生态移民,减轻生态环境压力;适度发展生态旅游,以旅游资源优势促进当地经济发展。

(3) 高度敏感区分布面积很小,只占全市总面积的 0.9%,主要分布于太白国家级自然保护区,该区主要为高寒地区,海拔比较高,亚高山草甸及第四季冰川遗迹是该区的主要特色景观,植被垂直带谱最为完整,生物多样性极敏感。按照《陕西省秦岭生态环境保护条例》第十八条和第十九条规定,海拔 2 600 m 以上的秦岭中高山针叶林灌丛草甸生态功能区为禁止开发区,在禁止开发区内,不得进行与生态功能保护无关的生产和开发活动。所以,该区应严格按照自然保护区建设要求,扩大和完善自然保护区建设;在自然保护区 2 600 m 以下的试验区及外围地带,适度开发生态旅游,但其旅游活动应在保护优先的前提下,以不损害保护对象为原则,严格实施生态旅游管理。

生态环境敏感性综合评价反映了生态环境的缓冲能力及人类活动的叠加影响^[12]。在不同的区域内,其敏感性的主导因素也不同,例如在渭河北部的千阳、麟游以土壤侵蚀为主要生态敏感因子,在陇县、凤县、太白及眉县以生物多样性为主要生态敏感因子,宝鸡市中部地区以地质灾害为主要因子。生态环境保护和建设应根据各区的特点,有针对性地避免相应问题的发生,采取不同的保护与建设措施,促进区域实现可持续发展^[12]。

4 结语

本研究进行的宝鸡市土地生态环境敏感性评价,通过单因子分析和综合分析,辨识出了宝鸡市主要生态环境敏感区域,不仅为区域开展土地生态建设和保护提供了科学依据,而且为区域土地资源的合理配置、

有序开发提供了重要参考。通过不同等级的生态敏感性划分,确定出适度开发区、限制开发区及禁止开发区,为开展土地生态建设和保护活动以及开发活动中土地问题的避免有着积极的指导意义。宝鸡市南部秦岭地带生态敏感性偏高,今后土地政策的制定应特别注意开发、保护和建设的关系,避免土地问题的发生。

[参 考 文 献]

- [1] 李君轶,吴晋峰,薛亮,等. 基于 GIS 的陕西省土地生态环境敏感性评价研究[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(4): 19-23.
- [2] 李志江,胡召玲,马晓东,等. 基于 GIS 的新沂市生态敏感性分析[J]. 徐州师范大学学报, 2006, 24(3): 72-75.
- [3] 中国科学院. 生态功能区划技术暂行规程[S]. 国家环境保护总局和国务院西部开发领导小组办公室, 2002.
- [4] 杨月圆,王金亮,杨丙丰. 云南省土地生态敏感性评价[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2253-2259.
- [5] 郝成元,吴绍洪,杨勤业,等. 毛乌素地区沙漠化与土地利用研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 33-35.
- [6] 张莉,王飞跃,岳乐平,等. 基于 RS 和 GIS 的沙漠—黄土过渡带土地沙漠化分布与变化研究[J]. 地球学报, 2004, 25(1): 63-66.
- [7] 卫亚星,王莉雯,王一谋,等. 利用 TM 监测中国西部沙漠化进程[J]. 水土保持通报, 2004, 24(4): 47-50.
- [8] 马宗科. 宝鸡市地质灾害现状及防治对策[J]. 陕西地质, 2006, 24(2): 99-104.
- [9] 陶星名,张建英,王宇峰,等. 杭州市生态敏感性及其空间分布[J]. 浙江大学学报, 2006, 32(1): 27-30.
- [10] 康秀亮,刘艳红. 生态系统敏感性评价方法研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(33): 10569-10571.
- [11] 王万忠,焦菊英. 中国的土壤侵蚀因子定量评价研究[J]. 水土保持通报, 1996, 16(5): 1-19.
- [12] 韩旭. 青岛市生态系统评价与生态功能分区研究[D]. 上海: 东华大学, 2008.
- [13] 刘新华,杨勤科,汤国安. 中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用[J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 57-59.
- [14] 陕西省国土资源厅. 陕西省土地利用总体规划[R]. 陕西: 陕西师范大学, 2005.
- [15] 宝鸡市计划委员会. 宝鸡国土资源[M]. 陕西: 陕西人民出版社, 1988.