

重庆市土地资源生态安全研究*

舒瑞琴, 何太蓉, 班荣舫

(重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 400047)

摘要:土地资源生态安全研究一直是土地资源可持续利用的热点。本文针对重庆直辖以来的土地资源特点和面临的主要问题,建立土地资源的“P-S-R”模型,由“压力系统”、“状态系统”、“响应系统”构建的24个正负向指标组成指标体系,运用层次分析法确定权重,对重庆市2003—2011年土地资源生态安全进行研究。结果显示:重庆市土地资源生态安全经历了急速恶化后缓慢改善的过程,呈现出逐渐好转的趋势。总体来说,土地资源生态安全状况不容乐观,还有待于进一步改善。要改善土地资源的生态安全状况,本文从合理利用土地资源、加强土地资源管理、保护和改善土地资源生态环境等方面提出建议,为加强保护土地资源生态安全工作提供相关依据。

关键词:土地资源;生态安全;层次分析法;重庆市

中图分类号:X24

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2013)05-0044-06

生态安全是21世纪可持续发展面临的最严峻的挑战之一。自生态安全概念提出以来,已引起众多学者的关注,并成为学术界研究的热点^[1-3],土地资源生态安全(Land resource ecological security, LRES)是指一定时空范围内,通过合理利用和管理土地资源与人类生存发展密切相关的人工自然复合生态系统,使土地生态系统能够保持自身结构与功能不受威胁或少受威胁的健康、平衡的状态,并能够为保障人类社会经济与农业可持续发展提供稳定、均衡、充裕的自然资源。土地资源只有在这种生态安全的状态下,才能维持土地资源与人类的协调发展,实现自然、经济和社会的可持续发展目标。土地资源生态安全是资源安全的重要方面之一,也是区域可持续发展测度的一个重要内容^[4-5]。土地资源生态安全评价是当前土地资源生态安全研究的关键环节和主要方向,对区域社会经济发展、资源合理利用和生态环境保护具有至关重要的作用。许多学者进行了系统的研究评价^[6-11],主要集中于从自然、经济和社会因素出发,在P-S-R模型框架下,应用景观生态、生态足迹、GIS、物元分析模型等多种方法,构建土地利用生态安全评价指标体系对区域土地利用生态安全进行评价。本文在整理国内相关研究的基础上,基于“P-S-R”的土地资源生态评价指标体系,利用层次分析法(AHP)确定权重,采用综合指数法对重庆市2003—2011年土地资源生态安全进行评价,目的在于及时了解该区域土地资源生态安全状态和问题,为加快实现区域土地资源生态友好型提供参考。

1 P-S-R 概念模型

20世纪80年代末,经济合作发展组织与联合国环境规划署共同提出了资源环境指标的P-S-R概念模型,即“压力-状态-响应”模型^[12-13]。在P-S-R框架内,某一类资源环境问题,可以由3个不同但又相互联系的指标类型来表达:压力指标反映人类活动给资源环境造成的负荷,状态指标表征自然资源与生态系统的状况,响应指标表征人类面临资源环境问题所采取的对策与措施。P-S-R概念模型从人类与环境系统的相互作用与影响出发,具有较强的系统性(图1)。

2 研究区概况及数据来源处理

2.1 研究区概况

重庆市位于中国内陆西南部,幅员面积82 403 km²,地跨28°10'N~32°13'N,105°11'E~110°11'E之间的青

* 收稿日期:2013-01-10 修回日期:2013-05-30 网络出版时间:2013-09-17 17:38

资助项目:国家自然科学基金(No. 41001168);重庆市科委软科学项目(No. CSTC2011CX-rkx A0280)

作者简介:舒瑞琴,女,硕士研究生,研究方向为环境灾害与生态保护,E-mail: Riley28@126.com;通讯作者:何太蓉,E-mail: he_trong@263.net

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130917.1738.201305.44_005.html

藏高原和长江中下游平原的过渡带,即四川盆地东部丘陵山地。地势由南北向长江河谷逐渐降低,西北部和中部以丘陵和低山为主,东北部和东南为四川盆地边缘的大巴山武陵山中山山地。地貌以丘陵、山地为主,约占 90%,平坝耕地比重小。气候类型属亚热带季风性湿润气候,土壤类型主要以水稻土、紫色土、红壤为主,植被类型属亚热带常绿阔叶林。自成为直辖市以来,该区经济迅速发展。2011 年全市常住人口约 2 919 万,人口密度较大。重庆市的土壤侵蚀和土地退化情况较严重,水土流失严重,属典型的生态敏感区。

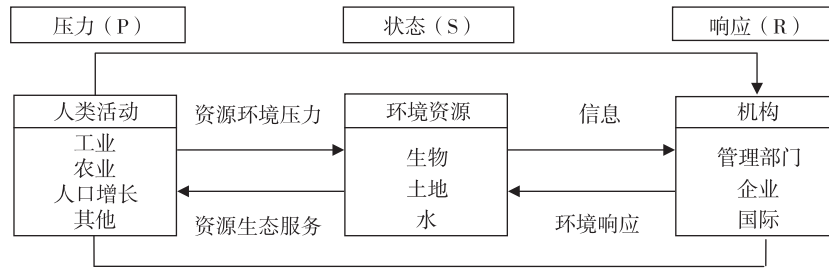


图 1 土地资源生态安全 P-S-R 模型

Fig. 1 Pressure-state-response model for ecological security of land resources

2.2 数据来源

原始数据主要来源于重庆市 2003—2011 年统计年鉴、重庆市 2003—2011 年水资源公报、2003—2011 年重庆市国土资源公报、基于全国土地二调工作中的重庆市土地利用变化情况分析报告(2003—2011 年)。

2.3 数据处理

不同的指标从不同角度反映土地资源生态安全状况,为消除不同量纲的影响,对数据进行了无量纲的标准化处理,当指标为正向指标时,则

$$Z_{ij} = 0.5 \times \frac{x_{ij} - x_j}{M_j - x_j} + 0.5, \quad x_{ij} \geq x_j \text{ 时}$$

$$Z_{ij} = 0.5 \times \frac{x_j - m_j}{x_j - m_j}, \quad x_{ij} \leq x_j \text{ 时}$$

对于负相关指标,则

$$Z_{ij} = 0.5 - 0.5 \times \frac{x_{ij} - x_j}{M_j - x_j}, \quad x_{ij} \geq x_j \text{ 时}$$

$$Z_{ij} = 1.0 - 0.5 \times \frac{x_j - m_j}{x_j - m_j}, \quad x_{ij} \leq x_j \text{ 时}$$

其中, Z_{ij} 表示标准化处理后的指标评价值; x_{ij} 为指标的原始值, i 为年份, j 表示第 j 项指标; M_j 和 m_j 分别表示同一地区不同年份的第 j 项指标的最大值和最小值, x_j 表示第 j 项指标的中位数。在上述基础之上,进一步求出土地资源生态安全的综合指数,表达式为

$$L_k = \sum_{j=1}^n \omega_j \cdot Z_{ij}$$

$$LRES = \sum_{j=1}^3 \omega_k \cdot L_{ij}$$

其中, L_{ij} 是第 k 个子系统的指数, $LRES$ 表示综合指数, i 为年份, n 表示第 k 个子系统包含的指标数, ω_j 表示第 j 项指标的权重;当 $LRES$ 越大时,说明该地区土地资源生态安全等级越高,反之越低。

3 土地资源生态安全评价过程与方法

3.1 构建指标体系

土地资源生态安全评价的关键在于建立科学合理符合区域现实的指标体系,本研究在系统分析和参阅生态环境问题的基础上,针对重庆市的自然环境条件,经济发展现状和土地资源现状,遵循区域的特殊性,借鉴国内土地资源生态安全评价指标的研究^[6-11,14-17],根据指标选择的科学性、系统性、相对独立性、可操作性等原则,从“压力”、“状态”、“响应”等 3 个方面构建了 24 个正负向指标(表 1)。

3.2 指标权重

权重表示该指标在整个指标体系中对于区域土地资源生态安全贡献的相对重要性,本研究运用 AHP 法确定权重^[18]。在 AHP 软件中,通过构造判断矩阵,进行单排序并通过检验一致性,确定指标权重 ω_j (表 1)。

3.3 土地资源生态安全等级

对于安全等级的划分没有统一的标准,大多数研究者都划分为 5 个等级,但等级之间的阈值不同,借鉴其他相关研究^[19-21],在标准值范围内,本文将综合评价指数设置以下 5 个土地资源生态安全等级(表 2)。

4 土地资源生态安全研究结果

通过综合指数法对重庆市土地资源生态安全进行研究,结果显示:重庆市土地资源生态安全经历了快速恶化和缓慢恢复的两个过程,由 2003 年到 2005 持续下降由 0.517 1 下降到 0.453 6,2006 年后出现逐渐好转的趋势,由 0.476 3 缓慢上升到 0.518 4(表 3)。

表 1 重庆市土地资源安全评价的指标体系

Tab.1 Index system for land resources ecological security evaluation of Chongqing City

土地资源生态安全	指标	指标类型	权重(ω_j)
压力系统 R_1	人口密度 $R_{11}/(\text{人} \cdot \text{km}^{-2})$	负向	0.051 26
	人均林地面积 R_{12}/hm^2	正向	0.048 62
	人均耕地面积 R_{13}/hm^2	正向	0.053 75
	单位土地化肥负荷 R_{14}/t	负向	0.041 93
	耕地复垦率 $R_{15}/\%$	正向	0.039 82
	单位土地 COD 负荷 R_{16}/t	负向	0.027 87
	单位土地农药负荷 R_{17}/t	负向	0.038 53
	城镇化率 $R_{18}/\%$	负向	0.042 96
	坡耕地面积比例 $R_{19}/\%$	负向	0.043 75
状态系统 S_2	森林覆盖率 $S_{21}/\%$	正向	0.044 87
	人均水资源量 S_{22}/m^3	正向	0.045 74
	非农建设占用耕地率 $S_{23}/\%$	负向	0.049 09
	土壤平均侵蚀模数 $S_{24}/(\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})$	负向	0.039 69
	土地开发率 $S_{25}/\%$	正向	0.042 41
	城乡恩格尔差异指数 S_{26}	正向	0.028 61
	灾毁耕地量 S_{27}/hm^2	负向	0.023 80
	水土流失率 $S_{28}/\%$	负向	0.042 92
	耕地旱涝保收率 $S_{29}/\%$	正向	0.038 11
响应系统 R_3	环保投入占 GDP 比重 $R_{31}/\%$	正向	0.042 05
	累计退耕还林面积 R_{32}/hm^2	正向	0.039 26
	第三产业 GDP 比重 $R_{33}/\%$	正向	0.048 74
	有效灌溉面积 R_{34}/hm^2	正向	0.036 07
	三废处理率 $R_{35}/\%$	正向	0.048 98
	自然保护区占土地总面积比例 $R_{36}/\%$	正向	0.041 17

5 分析和讨论

5.1 分析

重庆市土地资源生态安全面临的问题如下:第一,“人-地”压力显著。人口增多给土地资源带来巨大压力,人均土地资源量减少,人地矛盾不断激化。据调查显示,2004 年耕地比 2003 年减少了 903 131.9 亩。城市化的推进也给土地资源生态安全带来压力,城镇化率由 2003 年的 41.9% 上升为 2011 年的 55%,随着重庆市城镇化水

表 2 重庆市土地资源生态安全等级评价表

Tab. 2 Land resources ecological security standard and estimation of Chongqing City

安全等级	综合指数	指标特征
不安全	0.00~0.15	土地资源生态系统功能严重退化,抗外界干扰能力基本丧失,生态环境的自我恢复非常困难,生态环境问题严重,演变为生态灾难的风险很大。
较不安全	0.15~0.30	土地资源生态系统功能受到强度破坏,系统功能逐步退化,抗外界干扰能力很差,治理生态问题困难。
临界安全	0.30~0.50	土地资源生态系统受到中度破坏,但尚可维持其基本功能,同时也可抵抗部分外界干扰,可以进行生态自我修复。
一般安全	0.50~0.85	土地资源生态系受到轻微破坏,其生态功能一般良好,系统自身功能和自我恢复能力较好。
安全	0.85~1.00	土地资源生态系统基本未受干扰和破坏,生态系统功能处于高度协调状态,农业污染少,植被覆盖率高,土地肥沃,系统自身功能和自我恢复能力极强。

表 3 2003—2011 年重庆市土地资源生态安全综合指数和安全级别

Tab. 3 Land resource eco-system comprehensive index in Chongqing City

年份	压力系统指数	状态系统指数	响应系统指数	综合指数	安全级别
2003	0.293 8	0.189 8	0.033 5	0.517 1	一般安全
2004	0.295 5	0.169 8	0.037 9	0.503 2	一般安全
2005	0.305 6	0.107 0	0.041 0	0.453 6	临界安全
2006	0.315 1	0.126 8	0.034 4	0.476 3	临界安全
2007	0.279 4	0.170 7	0.049 3	0.499 4	临界安全
2008	0.227 4	0.166 3	0.087 4	0.481 1	临界安全
2009	0.195 8	0.213 0	0.083 8	0.492 6	临界安全
2010	0.209 4	0.213 6	0.090 7	0.513 7	一般安全
2011	0.225 5	0.201 7	0.091 1	0.518 3	一般安全

平逐渐提高,城市化机制下占用的土地面积逐渐加大,进一步加大了土地资源生态经济压力。第二,在农业经济发展过程中,土地资源的环境经济压力逐渐加大,在加大土地资源投入产出的同时,农药和化肥负荷量,潜伏在土壤污染和水质污染中。除此之外,由于气候和降雨的影响,特别是 2006 年当地受百年特大干旱影响,水资源量急剧下降对农业生产的压力尤为突出。据统计,仅 2006 年当地粮食产出就减少 26.57 万吨。第三,重庆市水土流失比较严重,据 2005 年遥感调查,全市水土流失面积 4.0 万 km^2 ,占幅员面积的 48.55%。平均土壤侵蚀模数为 $3\ 642\ \text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{年}^{-1}$,土壤侵蚀总量 1.46 亿吨 $\cdot \text{年}^{-1}$ 。第四,城市化背景下追求社会经济效率,本区域建设占用耕地又比较大,而补充耕地主要集中在三峡库区;但库区由于地形地貌的限制,开发整理复垦成本较高,复垦率较低,使得耕地逐年减少的趋势仍未改变。同时,外出务工人员数量增加,部分耕地休耕,使得播种面积减少,造成农用耕地出现撂荒现象,给生态环境带来影响。生态环境易损性明显,面对自然灾害,土地资源的防御能力不强,旱涝保收面积小,损失严重,环保投资率虽然有所增加,但占财政支出的比重仍较小,远跟不上生态环境被破坏的速度。第五,三峡库区是生态环境极度脆弱的地区,地貌复杂,水土流失严重,加之灾毁耕地主要集中在三峡库区,以开县和云阳受灾最为严重,尤其是 2004 年 9 月发生在长江以北特大洪灾,导致山洪暴发引发多处泥石流、山体崩塌、滑坡等重大地质灾害,致使遭受了不同程度灾害损失,不同程度的损毁耕地。第六,各种废弃物对土地资源产生潜在的威胁,三大产业排污中,第二产业的废污水排放量比重较大,2008 年高达 71.10%,使得生态环境中“水-土系统”循环面临严峻挑战。

面对严峻的土地资源生态问题,近年来,重庆市大力加强对土地资源的保护和维护,全面推进资源保护和生态文明建设,不断加大生态建设力度,实施绿化带建设工程,改善生态环境,建筑绿色生态屏障,取得了一定的成就和效果。具体分析原因有以下几点,第一,随着社会经济的发展,人们的生态环境意识有所提高,越来越重视生态环境的改善,政府重视对于生态环境的保护,加大了环保投入。水土流失治理成效显著,年平均治理量达 $2\ 612.6\ \text{km}^2$,占水土流失量的 65.3%。第二,农业生产引进高效率设备,改善农业生产条件,增加有效灌溉面

积,提高了农业的生产效率。第三,固废综合利用率有所上升,2010年最高为80.4%,稍微缓和了相应对于土地资源的生态环境压力。

5.2 讨论

大力提升区域土地资源生态安全,已成为构建生态文明和实现土地资源可持续的重心。重庆市是西部地区人口高度聚集的区域,是经济发展的重点,土地资源生态安全不容忽视,自然生态系统的自我调节持续健康发展是解决问题的关键,合理的人类活动对土地资源生态安全的状况很重要。重庆市的土地资源生态安全状况提升速度比较缓慢,通过综合指数来看,土地资源生态安全距离“安全”还存在很大的差距。要改善土地资源的生态安全状况,必须合理利用土地资源,整改土地资源的利用方式;加强土地资源管理,杜绝先污染后治理的模式;严格保护现有基本农田,控制非农业用地占用农业用地;保护和改善土地资源生态环境,合理开发利用闲置土地,增加资金技术投入,改善农业生产条件;通过开发未利用地,如荒草地、裸土地和滩涂,对废弃的农村居民点、工矿占地进行复耕,对劣质的耕地进行坡改梯,增大耕地垦殖率来提高农业单位面积产量;保证土地资源持续利用,解决各种自然和人为因素对土地资源生态环境造成的不利影响,提倡使用复合肥、有机肥和无毒、低残留农药,重点加强农田污水灌溉和畜禽养殖污染的综合防治,增强土地资源生态经济效益的稳定性;加强水土保持工作,把治理水土流失和追求经济效益相结合,恢复并重建脆弱区的土地资源生态安全;进一步实行土地资源生态安全恢复重建与预警计划,做好生态敏感区的防护和脆弱区的修复,主要是建设和保护自然防护林;实施农业优惠政策,调动农业发展的积极性,保证水土资源和地区农业土地资源可持续发展。

参考文献:

- [1] 陈星,周成虎.生态安全国内外研究综述[J].地理科学进展,2005,24(6):8-20.
Cheng X,Zhou C H. Riview of the studies on ecological security[J]. Progress in Geography,2005,24(6):8-20.
- [2] 崔胜辉,洪华生,黄云凤,等.生态安全研究进程[J].生态学报,2005,25(4):861-868.
Cui S H,Hong H S,Huang Y F,et al. Progress of the ecological security research[J]. Acta Ecologica Sinica,2005,25(4):861-868.
- [3] 肖笃宁,陈文波,郭福良.生态安全的概念和内容[J].应用生态学报,2002,13(3):354-358.
Xiao D N,Chen W B,Guo F L. On the basic concepts and contents of ecological security[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2002,13(3):354-358.
- [4] 刘彦随.保障我国土地资源安全的若干战略思考[J].中国科学院院刊,2006,21(5):379-384.
Liu Y S. Strategies to guarantee land resources safety in China[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2006,21(5):379-384.
- [5] 马克明,傅伯杰.区域生态安全格局:概念与理论基础[J].生态学报,2004,24(4):761-768.
Ma K M,Fu B J. The regional pattern for ecological security: the concept and theoretical basis[J]. Acta Ecologica Sinica,2004,24(4):761-768.
- [6] 高桂芹,韩美.区域土地资源生态安全评价以山东省枣庄市中区为例[J].水土保持研究,2005,12(5):271-273.
Gao G Q,Han M. Evaluation on ecological security of regional land resource-a case study of center district of Zaozhuang, Shandong Province [J]. Research of Soil and Water Conservation,2005,12(5):271-273.
- [7] 刘勇,刘友兆,徐萍.区域土地资源生态安全评价—以浙江嘉兴市为例[J].资源科学,2004,26(3):69-75.
Liu Y,Liu Y Z,Xu P. Evaluation on ecological security of regional land resources: a case study of Jiaxing, Zhejiang Province[J]. Resources Science,2004,26(3):69-75.
- [8] 张虹波,刘黎明,张军连,等.黄土丘陵区土地资源生态安全及其动态评价[J].资源科学,2007,29(4):193-200.
Zhang H B,Liu L M,Zhang J L,et al. A dynamic assessment of ecological security of land resources in Loess Hills Region[J]. Resources Science,2007,29(4):193-200.
- [9] 吕建树,吴泉源,张祖陆,等.基于RS和GIS的济宁市土地利用变化及生态安全研究[J].地理科学,2012,32(8):928-935.
Lu G S,Wu Q Y,Zhang Z L,et al. Landuse change and ecological security assessment in Jining City based on RS and GIS[J]. Scientia Geographica Sinica,2012,32(8):928-935.
- [10] 林佳,宋戈,宋思铭.景观结构动态变化及其土地利用生态安全—以建三江垦区为例[J].生态学报,2011,31(20):5918-5927.
Lin J,Song G,Song S M. Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security;a case study of Jan San Jiang Land Reclamation Area[J]. Acta Ecologica Sinica,2011,31(20):5918-5927.
- [11] 罗文斌,吴次芳,汪友结,等.基于物元分析的城市土地生态水平评价—以浙江省杭州市为例[J].中国土地科学,2008,22(12):31-38.
Luo W B,Wu C F,Wang Y J,et al. Evaluation on urban land ecological level based on matter element analysis;a

- case of Hangzhou City in Zhejiang Province[J]. *China Land Science*, 2008, 22(12): 31-38.
- [12] Allen H. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development[R]. Washington D C: World Resource Institute, 1995.
- [13] Tong C. Review on environmental indicate or research[J]. *Research on Environmental Science*, 2000, 13(4): 53-55.
- [14] 谢花林. 土地利用生态安全格局研究进展[J]. *生态学报*, 2008, 28(12): 6305-6311.
Xie H L. Review and the outlook of land use ecological security pattern[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 6305-6311.
- [15] 王枫, 张效军, 刘海英. 广州市土地资源生态安全动态变化分析[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(34): 16963-16965.
Wang F, Zhang X J, Liu H Y. Analysis on the dynamic change of land resource eco-security in Guangzhou City [J]. *Journal of Anhui Agri Sci*, 2009, 37(34): 16963-16965.
- [16] 张婷婷, 吴胜军, 杜耘, 等. 黄石市土地利用变化的生态安全评价[J]. *华中师范大学学报: 自然科学版*, 2006, 40(2): 296-300.
Zhang T T, Wu S J, Du Y, et al. Evaluation on ecological security of land use change of Huangshi[J]. *Journal of Cournal China Normal University: Natural Science*, 2006, 40(2): 296-300.
- [17] 张建新, 邢旭东, 刘小娥. 湖南土地资源可持续利用的生态安全评价[J]. *湖南地质*, 2002, 21(2): 119-121.
Zhang J X, Xing X D, Liu X E. Evaluation on ecological security of sustainable utilization of land resource[J]. *Hunan Geology*, 2002, 21(2): 119-121.
- [18] 赵焕臣. 层次分析法—一种简易的新决策方法[M]. 北京: 科学技术出版社, 1986.
Zhao H C. AHP—a new simple decision method[M]. Beijing: Science and Technology Press, 1986.
- [19] 左太安, 苏维词, 马景娜, 等. 三峡重庆库区针对水土流失的土地资源生态安全评价[J]. *水土保持学报*, 2010, 24(2): 74-78.
Zuo T A, Su W C, Ma J N, et al. Ecological security of land evaluation in the Three Gorges Reservoir Area of Chongqing for water and soil erosion[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 24(2): 74-78.
- [20] 李养兵, 刁承泰, 许婧婧, 等. 三峡库区土地资源安全初探[J]. *水土保持研究*, 2006, 13(1): 154-155.
Li Y B, Diao C T, Xu J J, et al. Discussion on thesecurity of land resource in the Three Gorges Reservoir[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13(1): 154-155.
- [21] 高长波, 陈新庚, 韦朝海, 等. 广东省生态安全状态及趋势定量评价[J]. *生态学报*, 2006, 26(7): 2192-2197.
Gao C B, Chen X G, Wei C H, et al. Quantitative evaluation of ecological security status and trends: a case study of Guangdong Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2192-2197.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Evaluation of the Land Resources Ecologic Security in Chongqing City

SHU Rui-qin, HE Tai-rong, BAN Rong-bo

(School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: Land resources ecological security research has been a hot in land resources of sustainable utilization, aimed at characteristics of the land resources and the main problems, this paper established the “Pressure-State-Response” model, selected twenty-four indexes as the index system, used the analytic hierarchy process (AHP) to get weight for researching land resources ecological security in 2003—2011 of Chongqing City. The results showed that: land resources ecological safety of Chongqing City experienced a process from deterioration to improvement, there is a trend of gradual improvement, in totally, the overall rise rate is slow, land resources ecological security situation is not optimistic, it still has to be further improved. This paper made suggestions from the rational utilization of land resources, strengthening the management and ecological environment protection.

Key words: land resources; ecological security; analytic hierarchy process; Chongqing City

(责任编辑 方 兴)