

云南省土地生态敏感性评价

杨月圆¹, 王金亮^{1,*}, 杨丙丰^{1,2}

(1. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 昆明 650092; 2. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

摘要:敏感性评价是分析区域生态环境稳定性的主要方法之一。为了促进土地生态环境建设与保护, 实施宏观规划和管理, 利用 2003 年生态环境现状调查资料和相关研究成果, 在 GIS 空间分析技术支持下, 从土壤侵蚀、石漠化、生物多样性、地质灾害、水环境 5 个方面, 对云南省土地生态敏感性开展了单要素评价和综合评价。研究表明: 云南省土地生态环境中度敏感地区 and 高度敏感地区面积较大, 分别占总土地面积的 36.67% 和 46.93%, 不敏感地区占 10.15%, 极敏感地区占的份额最小, 只占 6.25%。从区域分布来看, 中度敏感类型区在全省各个地区均有分布, 高度敏感的地区主要分布在滇东北、滇西北以及滇西的部分地区。

关键词:土地生态系统; 敏感性评价; 空间分析; 云南省

文章编号: 1000-0933(2008)05-2253-08 中图分类号: Q148, X826 文献标识码: A

Eco-sensitivity assessment of land in Yunnan Province

YANG Yue-Yuan¹, WANG Jin-Liang^{1,*}, YANG Bing-Feng^{1,2}

1 Tourist and Geography Department, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China

2 School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2253 ~ 2260.

Abstract: For regional social and economic sustainable development, strengthening land ecosystem management at a provincial scale is prerequisite. One of the most important tools is to identify the critical or sensitive area that is easily degraded. So here in a methodology of eco-sensitivity assessment was proposed and a case of Yunnan Province was studied. Eco-sensitivity was defined as the possibility of formation and generation of eco-environment problems in a given region influenced by natural factors. Land eco-environmental problem considered are soil erosion, stone desertification, biology diversity, geological disaster and water environment. Based on the information of eco-environmental investigation of 2003 and previous studies, we have used GIS techniques to integrate the assessments of sensitivity to the five factors. The results show that moderately sensitive areas and highly sensitive areas are dominant, the properties to the total land area are 36.67% and 46.93% respectively, and the insensitive area accounts for 10.15%, the extremely sensitive area share the smallest proportion, only accounts for 6.25%. Looked from the regional distribution that, the moderate sensitive type area has the distribution in each area of entire province, the highly sensitive area mainly distributes in the northeast and

基金项目: 云南省自然科学基金重点资助项目(2004D0005Z); 云南省国土资源厅资助项目

收稿日期: 2007-11-20; **修订日期:** 2008-02-27

作者简介: 杨月圆(1983~), 女, 云南云龙县人, 硕士生, 主要从事资源环境信息系统研究. E-mail: jiayun676@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wang_jinliang@hotmail.com

致谢: 云南大学生态学与地植物学研究所杨树华教授为本文提供了宝贵的数据, 在此表示感谢。

Foundation item: The project was financially supported by The Natural Sciences Fund Key Project of Yunnan Province (No. 2004D0005Z); Land Resource Bureau of Yunnan Province

Received date: 2007-11-20; **Accepted date:** 2008-02-27

Biography: YANG Yue-Yuan, Master candidate, mainly engaged in resources and environment information system. E-mail: jiayun676@yahoo.com.cn

northwest of Yunnan as well as partial areas of Yunnan's west.

Key Words: land ecosystem; sensitivity assessment; Geo-spatial analysis; Yunnan Province

土地是国民经济及社会发展的重要物质基础,土地生态环境状况的优劣能直接或间接地对社会经济可持续发展产生影响。近年来,中国的社会经济取得了极大的发展,但土壤侵蚀、水土流失等土地生态环境问题依然没有得到根本解决^[1]。随着国务院“全国生态环境保护纲要”和“生态功能区划暂行规程”的颁发,为今后生态环境恢复建设和保护提供了基本框架和政策保障。然而,纲要的实施对象是一定的地点或区域,如何确定优先或重点开展生态建设和保护的区域是首先要面对的问题^[2]。进行生态敏感性评价已经被认为是一种有效的方法^[3,4]。

利用生态敏感性评价,可直观反映出生态系统对各种自然和人类活动干扰的敏感程度;以及区域生态系统受到干扰时,发生环境问题的难易程度和可能性大小^[5]。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,应该划为生态环境保护与建设的重点。目前针对某一生态问题进行的生态敏感性研究多集中在小流域范围内或国家尺度上的综合^[6~13],而对省一级尺度的研究相对较少。云南是一个以“边疆、民族、山区、农业”为基本特征的省份,全省 77% 的人口在农村,75% 的国民收入、70% 的财政收入、60% 的创汇收入和 80% 的轻工业原料都直接或间接地来自农业,农业是全省国民经济的基础产业,其发展状况在云南整个国民经济发展中占有举足轻重的作用^[14]。而长期过度的农业开发和掠夺式的生产经营,已使环境资源遭到破坏,土地生态环境不断恶化,严重影响了农业的发展。因此,针对云南省土地生态环境进行敏感性评价,有利于了解土地生态系统的平衡状态,为优化资源配置提供依据,推动全省经济的可持续发展。

1 自然、社会经济概况

云南地处祖国西南边陲,介于东经 97°31' ~ 106°12' 与北纬 21°08' ~ 29°15' 之间,东西宽 864.9 km,南北长 990 km,国土面积 38.321 万 km²。东邻广西壮族自治区和贵州省,北部及西北与四川省和西藏自治区相连,省界长 3426.6 km;西、西南和南缘与缅甸、越南、老挝等国家毗邻,国境线长 3207.1 km。总体地势西北高、东南低,自西北向东南呈阶梯状逐级下降。最高点为滇西北的梅里雪山卡格博峰,海拔 6740 m;最低点为滇东南河口县境内元江与南溪河交汇处,海拔 76.4 m,垂直高差大,土地生态条件的垂直分异明显。全省地貌景观以山地为主,其面积约占全省总面积的 84%。受地理位置和地形影响,全年气候表现出春暖旱重、夏无酷热、秋凉雨匀、冬无严寒、干湿季分明,年温差小、日温差大、气候垂直变化显著、冬季盛行干燥大陆季风、夏季受湿润海洋季风控制的基本特征^[15,16]。

截至 2005 年底,云南省总人口数为 4450.4 万人,占全国人口总数的 3.4%,平均人口密度为 113 人/km²;有农业人口 3720.5 万人;同年全省生产总值达 3472.89 亿元,虽有较快增长,但总体发展水平仍很低,属于我国西部边疆经济欠发达地区^[17]。另据 2004 年变更调查数据,云南各类土地利用类型占土地总面积的比例分别是:耕地 15.97%、园地 2.12%、林地 57.69%、牧草地 2.05%、其它农用地 5.04%、建设用地 1.99%、未利用土地 15.15%。

2 研究方法

2.1 评价指标

土地生态环境敏感性是指区域内土地生态系统中各生态过程,在外界干扰(包括自然和人为)超过一定限度时,对各种不良影响的敏感程度;而所谓土地生态敏感性分析就是依据一定的判断标准对土地生态系统各要素的敏感性进行度量,回答系统所处的状况、对外界活动的适应程度等问题^[5]。

针对云南省土地生态系统实际状况,本研究将分别从单要素分析与多个要素综合评价两方面来考虑。其中单要素评价部分,选取了土壤侵蚀、土地石漠化、生境、地质灾害、水环境为评价的一级指标,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^①, 详见表 1。

表 1 单要素敏感性分级标准
Table 1 Single factor sensitivity graduation standard

一级指标 First level index	二级指标 Second level index	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity	极度敏感 Extreme sensitivity
土壤侵蚀 Soil erosion	年降雨量(mm) Annual rainfall	≤900	900 ~ 1000	1000 ~ 1200	1200 ~ 1500	1500 ~ 2000
	土壤可蚀性系数 Soil erodibility coefficient	≤0.099	0.099 ~ 0.160	0.160 ~ 0.228	0.228 ~ 0.329	0.329 ~ 0.475
	地形坡度(°) Terrain slope	0 ~ 8	8 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35	>35
	地表覆盖 Surface cover	冰川及永久积雪、城镇、农村居民点、水田、湖泊河流 ^①	草地、疏林地、有林地 ^②	灌木林、园地、未成林地 ^③	荒草地 ^④	旱地、特殊用地、独立工矿用地、其它未利用土地 ^⑤
石漠化 Stone desertification	喀斯特地形 Karstic feature	不是 No	是 Yes	是 Yes	是 Yes	是 Yes
	坡度 Slope(°)	0	0 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35	>35
	植被覆盖(%) Vegetation cover	100	100 ~ 70	50 ~ 70	20 ~ 50	<20
生境 Habitat	生物多样性 Biodiversity	无保护物种 ^⑥	有其它地区性保护物种 ^⑦	有其它国家与省级保护物种 ^⑧	有国家二级保护物种 ^⑨	有国家一级保护物种 ^⑩
地质灾害 Geological disaster	灾害密度(点/100 km) Disaster density(points/100 km)	0	0 ~ 25	25 ~ 50	50 ~ 80	≥80
	>25°坡地比例(%) Slope more than 25° proportion	0	0 ~ 10	10 ~ 30	30 ~ 60	≥60
	地震烈度 Seismic intensity	1 ~ 6	6	7	8	9
水环境 Water environment	水源涵养 Water conservation	—	湿润的农业区、半干旱/湿润/半湿润的江河下游地区 ^⑪	半湿润的农业区、湿润的江河上游地区 ^⑫	半干旱/湿润/半湿润的城市水源地、半干旱的农业区、半干旱/半湿润的江河上游地区 ^⑬	—

①Glacier/perpetual snow, town, country, paddy field, lake/river; ②Grassland, open forest land, forest land; ③Shrubbery, garden plot, non forest land; ④Waste grassland; ⑤Dry land, special land use, independent industries and mining land use, other unused land; ⑥Non-protected species; ⑦Regional protected species; ⑧Other National /provincial protected species; ⑨National second grade protected species; ⑩National first grade protected species; ⑪Humid agricultural area, semiarid/humid/semi-humid lower reaches; ⑫Semi-humid agricultural area, humid upper reaches; ⑬Semiarid/humid/semi-humid urban water supply sources, semiarid agricultural area, semiarid/semi-humid upper reaches

(1) 土壤侵蚀敏感性评价

通过土壤侵蚀敏感性评价,能识别出容易形成土壤侵蚀的区域,了解土壤侵蚀对人类活动的敏感程度。

① 云南大学生态学与地植物学研究所、云南省环境保护局. 云南省生态功能区划研究报告, 2004; 云南省发展计划委员会、云南省国土资源厅. 云南国土资源遥感综合调查, 2004 年 Institute of Ecology and Geobotany of Yunnan University, Yunnan Provincial Environmental Protection Bureau, Study Report of Ecological Function Regionalization in Yunnan Province, 2004; Development and Planning Committee of Yunnan Province, Land Resource Bureau of Yunnan Province, Synthetic Survey Report of RS for the Land Resource in Yunnan Province, 2004

土壤侵蚀敏感性分不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极度敏感 5 个等级。评价时,主要考虑了与土壤侵蚀密切相关的年降雨量、土壤可蚀性系数、地形坡度与地表覆盖因子。

(2) 石漠化敏感性评价

云南省岩溶区具有地形崎岖、难于利用的特点,同时因富钙、成土能力差、土层薄、岩石裸露等亦使得水土流失严重,再加上近年来人口增加,人为活动频繁,石漠化地区生态环境越来越脆弱,极大威胁人们的生产和经济发展。进行石漠化敏感性评价就是综合考虑了省内土地生态现状的结果,评价将主要采用地形、地貌和植被盖度 3 个因子。

(3) 生境敏感性评价

生境敏感性能表征重要物种的栖息地对人类活动的敏感程度。特殊的地形地貌和复杂的气候环境虽然赋予了云南丰富的物种资源,但同时也带来种群稀、数量少、分区区域小、生态适应能力低、对外界的感染非常敏感等不利影响。一旦遇到自然灾害和人为破坏,物种就很容易陷入濒危境地甚至灭绝,而生物多样性丧失对土地生态环境造成的影响是十分突出的。研究中,生境敏感性评价以生物多样性保护为主,根据区域内国家级与省级保护对象及其数量进行分级。

(4) 地质灾害易发程度评价

云南省地质构造复杂,全省有较大规模的活动断裂 38 条,其中深大断裂有红河、小江和澜沧江等断裂带。断裂强烈活动形成的宽大岩石破碎带,为滑坡泥石流的形成提供了条件。同时云南省还是我国地震最多的省份之一,按其频度在我国大陆居第 3 位,按单位面积的密度则为第一,评价地质灾害的易发程度有利于更准确地进行土地生态环境敏感性分区。通过比较分析相关资料,研究选定地质灾害现状发育程度、地形条件和地震活动水平为主要评价因子。

(5) 水环境评价

云南省水资源丰富,多年平均降雨量 1258mm,水资源总量 2222 亿 m^3 ,在全国仅次于西藏、四川;人均水资源量 5550 m^3 ,亦居全国第 3 位。由于在地理位置上,云南处于江河的上游地区,六大流域中,除长江上游的金沙江外,其它均为国际河流的上游地区,水源的涵养对环境可持续发展和保持流域下游地区水量和水质都极为重要,因此水环境的敏感性主要参考水源涵养的重要程度。

2.2 评价方法

根据研究区相关资料的实用性、可获取性,同时也考虑到生态环境问题的形成与发展往往是周围环境各因子共同作用的结果,就区域环境因子而言,在一定时段内不会发生显著变化,因此研究选择使用 2003 年的数据来开展敏感性评价。

土壤侵蚀、土地石漠化、生境、水源涵养等单要素敏感程度的计算,均依据国家环保总局颁发的《生态功能区划暂行规程》。由于土地生态环境敏感性分析涉及到地形、气候、水文、地质和土壤植被等诸多因素,同时收集的资料有县级行政区的,也有地州一级的,所以本研究将所有涉及分析、运算的数据都统一转成空间分辨率为 30m 的 grid 格式,作为基本的空间地理单元进行运算。相关的属性、空间数据,主要来源于云南省国土资源厅、林业厅、气象局、地震局、测绘局、环境保护局等单位。

单一要素分析得出的生态环境敏感性,只反映该要素的作用程度,不能将区域变异综合地表现出来。因此需要在 Arc GIS 环境下运用多因子加权求和模型(公式(1)),依据专家对 5 个单要素所确定的分值,对一级指标的专题图进行像元的空间叠加运算,最终确定全省土地生态敏感性的等级和分布。

$$P = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot W_i) \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5; n = 5) \quad (1)$$

式中, P 为某斑块的综合生态敏感性评价价值; A_i 为各指标的生态敏感性贡献值,不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极敏感的贡献值分别为 1、2、3、4、5; W_i 为各指标的生态敏感性权重,采用专家打分获得,土壤侵蚀、石漠化、生物多样性、地质灾害、水环境敏感性的权重值分别为:0.25、0.15、0.18、0.23、0.19。最后根据专家知识对评价结果进行重分类。

3 评价结果分析

3.1 单因子敏感性评价

云南省的土壤侵蚀以中度敏感和轻度敏感为主。根据分析,在各类敏感区域中,最危险的是中度以上的敏感区域,主要分布在红河、思茅、临沧、文山、曲靖、昭通等紫色土较为集中的地区。这些区域人口较为密集、开发强度较大,应作为水土流失防治的重点区域。

石漠化敏感性评价中,由于非喀斯特地貌区均为石漠化不敏感的区域,所以这部分所占比例最大(65.09%)。其次为高度敏感和轻度敏感区,主要分布在红河、思茅、临沧、文山、曲靖、昭通、昆明、玉溪以及迪庆等地区。

生境敏感性评价结果显示,生物多样性易受影响的地区主要分布在西双版纳、保山、楚雄、大理、丽江、怒江、文山州东南部、德宏州的边境地带;其次是迪庆、临沧、昆明、玉溪;相对稳定的是昭通、曲靖、红河、文山以及思茅、德宏。

地质灾害的易发程度总体上是滇西高于滇东,滇北高于滇南;滇西北最大,滇南最小。从行政区域看,各地/州/市地质灾害分布密度差异较大,其中比较严重的地州是昭通、大理、临沧、思茅、丽江、德宏、迪庆和红河。

水环境敏感性分为高度、中度和轻度3级。其中,高度敏感区主要是在金沙江水系的柴河、新河、秃尾河和盘龙江流域;珠江水系的北盘江、泸江、曲江流域;以及红河水系的三家河和小河底河流域。

各单要素敏感性不同等级的面积比例(表2),利用GIS统计分析功能、以栅格单元为单位即可快速算出。

表2 单要素敏感性分级评价结果(占总土地面积%)

Table 2 Single factor sensitivity graduation assessment result (%)

评价指标 Evaluation index	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity	极敏感 Extreme sensitivity
土壤侵蚀 Soil erosion	12.76	35.70	41.78	9.76	0.00
石漠化 Stone desertification	65.09	11.02	5.06	18.75	0.08
生物多样性 Biodiversity	41.50	0.30	4.26	39.69	14.25
地质灾害 Geological disaster	0.00	30.05	50.98	18.97	0.00
水环境 Water environment	0.00	41.21	28.39	30.40	0.00

数据来源:云南大学生态学与地植物学研究所、云南省环境保护局. 云南省生态功能区划研究报告,2004;云南省发展计划委员会、云南省国土资源厅;云南国土资源遥感综合调查,2004年 Institute of Ecology and Geobotany of Yunnan University, Yunnan Provincial Environmental Protection Bureau, Study Report of Ecological Function Regionalization in Yunnan Province, 2004; Development and Planning Committee of Yunnan Province, Land Resource Bureau of Yunnan Province, Synthetic Survey Report of RS for the Land Resource in Yunnan Province, 2004

3.2 综合评价

根据以上分析,在GIS技术支持下,利用多因子加权求和模型,对土壤保持重要性评价图、石漠化敏感性评价图、生物多样性保护重要地区图、水源涵养区域分布图和地质灾害易发程度图进行运算,得到云南省土地生态综合敏感程度,并将它划分为不敏感、中度敏感、高度敏感和极敏感四个等级(图1),最后按地州一级行政区划,得四种敏感等级在各地州所占的面积比例(表3)。

(1)“不敏感”主要是指土质自身条件好,在自然条件和生物活动的干扰下不容易出现水土流失、石漠化、地质灾害等土地生态环境问题。通过GIS统计分析,云南省土地生态环境不敏感地区面积占全省面积的10.15%,主要分布在滇中大部分地区以及滇西南以及滇东南的部分地区。这些地区土地利用方式主要以林地和耕地为主,在区域开发过程中,可作为适宜发展区。通过积极开展循环经济、建设生态示范区、生态城镇,实现土地生态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性循环。

(2)“中度敏感”指土质条件好,但是在自然和人为作用下已经出现一定程度的土地生态环境问题。通过GIS统计分析,云南省土地生态环境中等敏感地区面积占全省面积的36.67%,全省各个地区均有分布。对于

中度敏感地区,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。云南是一个山区省份,治理生态环境问题,要强调生态环境的功能设计和分区分类的实施方法,突出重点,把有限资金首先集中在较小范围和严重地段,然后再逐步向其边缘地段展开,及早将生态环境问题控制住,遏制其进一步恶化。

(3)“高度敏感”指土地生态环境的抗干扰能力差,土地生态环境问题正在扩大。通过 GIS 统计分析,云南省土地生态环境高度敏感地区面积占全省面积的 46.93%,主要分布在滇东北的永善、大关、盐津、威信、镇雄,滇东南的小部分地区,滇西北德钦、贡山、福贡、泸水,滇西的保山、施甸、永德、镇康、耿马、沧源等地。在这些地区,应贯彻“有组织、有计划、有限度”开发的方针。云南是一个可利用土地紧缺的省份,进行土地资源开发,要加大执法力度、强化监督,尽量防止因开发资源对生态环境造成重大破坏;对于工程建设项目,实施前期要通过严格的土地生态环境影响评价和论证,实施中后期要有相应的生态环境保护 and 恢复的积极措施,把工程建设和生态环境保护紧密结合起来,防止高度敏感区向极敏感区转变。

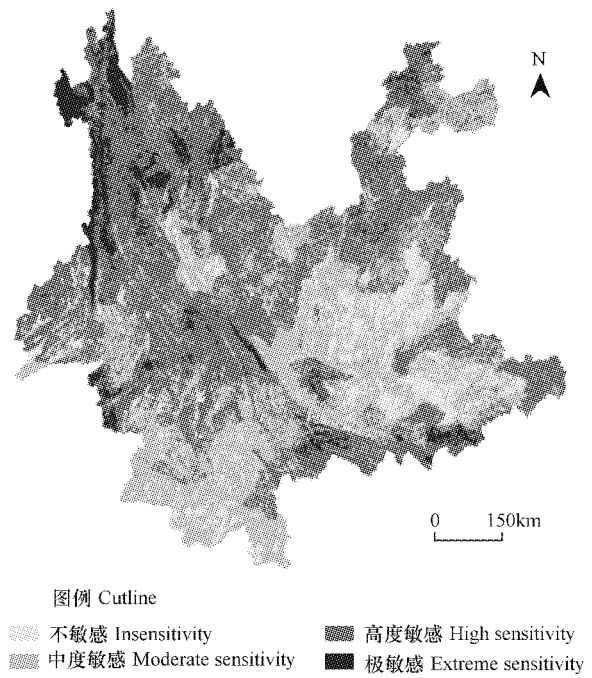


图 1 云南省土地生态敏感性评价图
Fig. 1 Yunnan Province land ecological sensitive assessing map

表 3 云南省 16 个地州土地生态敏感性程度及分布
Table 3 The distribution of each land ecological sensitive grade in Yunnan states (%)

地州名称 States name	不敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感	地州名称 States name	不敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
昆明 Kunming	1.02	2.45	1.99	0.06	临沧 Lincang	0.38	1.64	3.63	0.46
昭通 Zhaotong	0.29	2.29	2.92	0.27	楚雄 Chuxiong	0.28	2.86	4.29	0.05
曲靖 Qujing	1.16	2.45	3.97	0.04	红河 Honghe	1.32	3.68	3.08	0.39
玉溪 Yuxi	0.78	2.48	0.62	0.06	文山 Wenshan	1.64	3.10	3.10	0.29
保山 Baoshan	0.39	1.43	2.97	0.18	大理 Dali	0.42	2.36	4.36	0.31
思茅 Simao	0.94	6.19	4.31	0.10	西双版纳 Xishuangbanna	1.04	3.50	0.41	0.00
丽江 Lijiang	0.12	0.70	3.77	0.80	德宏 Dehong	0.36	0.78	1.69	0.03
迪庆 Diqing	0.00	0.72	4.16	1.13	怒江 Nujiang	0.00	0.04	1.66	2.06

不敏感 Insensitivity; 中度敏感 Slight sensitivity; 高度敏感 High sensitivity; 极敏感 Extreme sensitivity

(4)“极敏感”指土地生态环境抗干扰能力极差,生态环境很脆弱,土地已严重退化。通过 GIS 统计分析,云南省土地生态环境极敏感地区面积占全省面积的 6.25%,主要分布在滇东北、滇东、滇西的部分地区,生态环境背景恶劣。对于极度敏感、生态脆弱的区域,基本不适合对其进行大力开发,必要时需实施抢救性保护。通过实施抢救性的各种保护与建设,争取达到科学恢复或有效提高其生态环境质量、功能的目标。

总的说来,在区域开发与保护过程中,高度敏感地区和极度敏感地区应引起人们的高度重视,这些地区生态环境都很脆弱,土壤贫瘠,不同程度地存在水土流失、地质灾害和石漠化等环境问题。在人类活动的干扰下,原生的生态系统被垦殖为耕地,再加上对土地的多耕少养和不合理利用,土壤退化和生态环境问题日趋严重。同时,对不敏感和中度敏感的地区也不容轻视,要做好相关的土地管理和规划工作,防止土地退化。

4 结语

土地生态敏感性分析,为区域土地资源的合理配置、有序开发提供了科学依据。根据不同等级的生态敏

感性区划,可以确定土地生态建设与保护的重点区域以及其它区域在开发过程中的强度,对土地生态资源的保护与开发过程中土地问题的避免有着积极的指导意义。云南全省土地生态环境敏感性总体偏高,其区域发展策略应以开发和建设并重为核心。通过对五类生态环境问题的叠加分析,突出表现了这些问题在空间上的综合作用范围和强度,相关部门可以据此集中精力进行研究治理并对可能发生的问题进行预测和预防。

Reference:

- [1] The Natural Conservation Department of the Ministry of Environmental Conservation Report of Ecological problems in China. Beijing: China Environmental Science Press, 1999.
- [2] Liu K, Ouyang Z Y, Wang X K, *et al* Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in Gansu Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12):2711—2718.
- [3] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1):9—12.
- [4] Liu Z, Xie Z R, Shen W S. A new method that can improve regional eco-environmental evaluation. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, 12(2):163—168.
- [5] Zhao F Q. Research on security of land ecological environment in the west of Jilin Province. Doctorate Dissertation of Jinlin University, 2005.
- [6] Horne R, Hickey J. Ecological sensitivity of Australian rainforests to selective logging. *Australian Journal of Ecology*, 1991, 16(1):119—129.
- [7] Rodrigues E, Vila L. Ecological sensitivity atlas of the Argentine continental shelf. *International Hydrographic Review*, 1992, 69(2):47—53.
- [8] Cassel-Gintz M, Petschel-held G. GIS-based assessment of the threat to world forests by patterns of non-sustainable civilization nature interaction. *Journal of Environmental Management*, 2000, 59: 279—298.
- [9] He Q H, Zhang D, Chen Z M, *et al*. Eco-environmental sensitivity evaluation of central Guizhou Province based on GIS technique. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(3):413—417.
- [10] Lin J J, Pan W B. Study on watershed eco-sensitivity assessing and regional planning based on GIS. *Safety and Environmental Engineering*, 2005, 12(2):23—26.
- [11] Tao X M, Zhang J Y, Wang Y F. Eco-sensitivity and its distribution in Hangzhou. *Journal of Zhejiang University (Agric & Life Sci)*, 2006, 32(1):27—30.
- [12] Yin H W, Xu J G, Chen C Y, *et al*. GIS-based ecological sensitivity analysis in the east of Wujiang City. *Scientia Geographica Sinica*, 2006, 26(1):64—68.
- [13] Yang Z F, Xu Q, He M C, *et al*. Analysis of city ecosensitivity. *China Environmental Science*, 2002, 22(4):360—364.
- [14] Dai L. On the development model of circular economy of agriculture in Yunnan. *Journal of Yunnan Nationalities University (Social Sciences)*, 2006, 23(1):86—91.
- [15] Yang Y G. Integrated nature regionalization of Yunnan. Beijing: Higher Education Press, 1990. 1—32.
- [16] Environment Protecting Bureau of Yunnan Province, Investigation and research on Environment status of Yunnan Province. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2003. 6—10.
- [17] Statistic Bureau of Yunnan Province. *Yunnan statistical yearbook-2006*. Beijing: China Statistics Press, 2006. 6:45—59.
- [18] Liu Y H, Guan H Y, Li H D. Integrated demarcation and building measures on ecological environment in northwest China. *Progress in Geography*, 2002, 21(5):403—409.
- [19] Wang Z C, Wang Z J, Dong L X, *et al*. Ecosystem sensitivity assessment of Liaoning Province. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(6):677—681.
- [20] Jin Y H, Zhao D S, Yang Q S, *et al*. A study on distribution and division of sensitivity to ecological environment in Jinlin Province. *Journal of Northeast Normal Univesity*, 2004, 36(2):68—74.
- [21] Wang X K, Ouyang Z Y, Xiao H, *et al*. Distribution and division of sensitivity to water-caused soil loss in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(1):14—19.
- [22] Renard K G, Foster G R, Weesies G A, *et al*. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RULSE), *Agricultural Handbook No. 537*, United States Department of Agriculture, Washington: 1997.
- [23] Wang C J, Tang X H, Zheng D X, *et al*. A GIS-based study on sensitivity of soil erosion. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2005, 25(1):68—74.
- [24] Liu X H, Yang Q K, Tang G A. Extraction and application of relief of China based on DEM and GIS method. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2001, 21(1):57—62.

- [25] Xiao R B, Ouyang Z Y, Wang X K, *et al.* Sensitivity of rocky desertification and its spatial distribution in southwestern China. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(5):551—554.
- [26] Huang J C, Liu W. Research on determination sensitivity factors of index system in the eco-sensitivity partition. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2006, 10:155—158.

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局自然保护司. 中国生态问题报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [2] 刘康, 欧阳志云, 王效科, 等. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布. *生态学报*, 2003, 23(12):2711~2718.
- [3] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究. *生态学报*, 2000, 20(1):9~12.
- [4] 刘庄, 谢志仁, 沈渭寿. 提高区域生态环境质量综合评价水平的新思路. *长江流域资源与环境*, 2003, 12(2):163~168.
- [5] 赵凤琴. 吉林西部土地生态环境安全研究. 吉林大学博士学位论文, 2005.
- [9] 贺秋华, 张丹, 陈朝猛, 等. GIS 支持下的黔中地区生态环境敏感性评估. *生态学杂志*, 2007, 26(3):413~417.
- [10] 林涓涓, 潘文斌. 基于 GIS 的流域生态敏感性评价及其区划方法研究. *安全与环境工程*, 2005, 12(2):23~26.
- [11] 陶星名, 张建英, 王宇峰, 等. 杭州市生态敏感性及其空间分布. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2006, 32(1):27~30.
- [12] 尹海伟, 徐建刚, 陈昌勇, 等. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析. *地理科学*, 2006, 26(1):64~68.
- [13] 杨志峰, 徐俏, 何孟常, 等. 城市生态敏感性分析. *中国环境科学*, 2002, 22(4):360~364.
- [14] 戴丽. 云南农业循环经济发展模式研究. *云南民族大学学报(哲学社会科学版)*, 2006, 23(1):86~91.
- [15] 杨一光. 云南省综合自然区划. 北京: 高等教育出版社, 1990. 1~32.
- [16] 云南省环境保护局. 云南省生态环境现状调查研究. 昆明: 云南科技出版社, 2003. 6~10.
- [17] 云南省统计局. 云南统计年鉴——2006. 北京: 中国统计出版社, 2006. 6:45~59.
- [18] 刘胤汉, 管海晏, 李厚地, 等. 西北五省(区)生态环境综合分区及其建设对策. *地理科学进展*, 2002, 21(5):403~409.
- [19] 万忠成, 王治江, 董丽新, 等. 辽宁省生态系统敏感性评价. *生态学杂志*, 2006, 25(6):677~681.
- [20] 靳英华, 赵东升, 杨青山, 等. 吉林省生态环境敏感性分区研究. *东北师大学报(自然科学版)*, 2004, 36(2):68~74.
- [21] 王效科, 欧阳志云, 肖寒, 等. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究. *生态学报*, 2001, 21(1):14~19.
- [23] 王春菊, 汤小华, 郑达贤, 等. GIS 支持下的土壤侵蚀敏感性评价研究. *水土保持通报*, 2005, 25(1):68~74.
- [24] 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. *水土保持通报*, 2001, 21(1):57~62.
- [25] 肖荣波, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国西南地区石漠化敏感性评价及其空间分析. *生态学杂志*, 2005, 24(5):551~554.
- [26] 黄珺嫦, 刘伟. 生态敏感性分区中敏感性因子指标体系的确定. *现代农业科技*, 2006, 10:155~158.

中度敏感地区,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。云南是一个山区省份,治理生态环境问题,要强调生态环境的功能设计和分区分类的实施方案,突出重点,把有限资金首先集中在较小范围和严重地段,然后再逐步向其边缘地段展开,及早将生态环境问题控制住,遏制其进一步恶化。

(3)“高度敏感”指土地生态环境的抗干扰能力差,土地生态环境问题正在扩大。通过 GIS 统计分析,云南省土地生态环境高度敏感地区面积占全省面积的 46.93%,主要分布在滇东北的永善、大关、盐津、威信、镇雄,滇东南的小部分地区,滇西北德钦、贡山、福贡、泸水,滇西的保山、施甸、永德、镇康、耿马、沧源等地。在这些地区,应贯彻“有组织、有计划、有限度”开发的方针。云南是一个可利用土地紧缺的省份,进行土地资源开发,要加大执法力度、强化监督,尽量防止因开发资源对生态环境造成重大破坏;对于工程建设项目,实施前期要通过严格的土地生态环境影响评价和论证,实施中后期要有相应的生态环境保护 and 恢复的积极措施,把工程建设和生态环境保护紧密结合起来,防止高度敏感区向极敏感区转变。

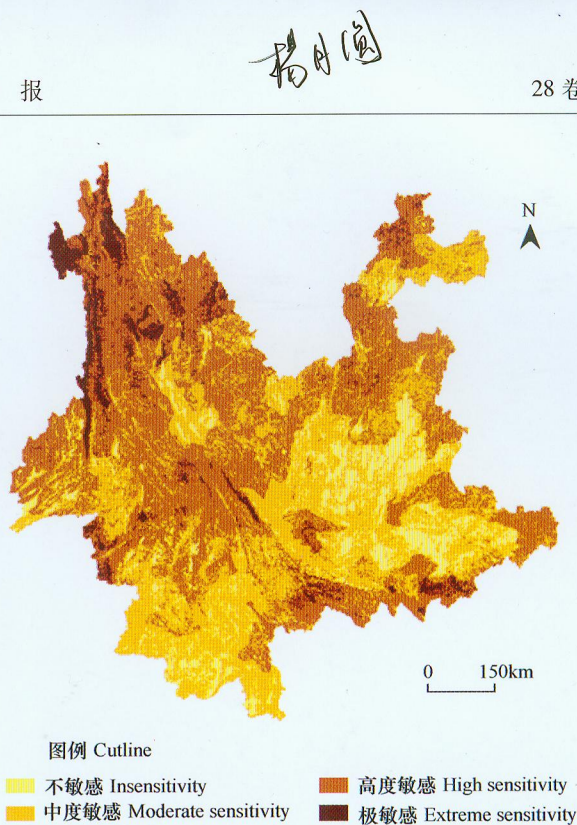


图 1 云南省土地生态敏感性评价图

Fig. 1 Yunnan Province land ecological sensitive assessing map

表 3 云南省 16 个地州土地生态敏感性程度及分布

Table 3 The distribution of each land ecological sensitive grade in Yunnan states (%)

地州名称 States name	不敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感	地州名称 States name	不敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
昆明 Kunming	1.02	2.45	1.99	0.06	临沧 Lincang	0.38	1.64	3.63	0.46
昭通 Zhaotong	0.29	2.29	2.92	0.27	楚雄 Chuxiong	0.28	2.86	4.29	0.05
曲靖 Qujing	1.16	2.45	3.97	0.04	红河 Honghe	1.32	3.68	3.08	0.39
玉溪 Yuxi	0.78	2.48	0.62	0.06	文山 Wenshan	1.64	3.10	3.10	0.29
保山 Baoshan	0.39	1.43	2.97	0.18	大理 Dali	0.42	2.36	4.36	0.31
思茅 Simao	0.94	6.19	4.31	0.10	西双版纳 Xishuangbanna	1.04	3.50	0.41	0.00
丽江 Lijiang	0.12	0.70	3.77	0.80	德宏 Dehong	0.36	0.78	1.69	0.03
迪庆 Diqing	0.00	0.72	4.16	1.13	怒江 Nujiang	0.00	0.04	1.66	2.06

不敏感 Insensitivity; 中度敏感 Slight sensitivity; 高度敏感 High sensitivity; 极敏感 Extreme sensitivity

(4)“极敏感”指土地生态环境抗干扰能力极差,生态环境很脆弱,土地已严重退化。通过 GIS 统计分析,云南省土地生态环境极敏感地区面积占全省面积的 6.25%,主要分布在滇东北、滇东、滇西的部分地区,生态环境背景恶劣。对于极度敏感、生态脆弱的区域,基本不适合对其进行大力开发,必要情况下需实施抢救性保护。通过实施抢救性的各种保护与建设,争取达到科学恢复或有效提高其生态环境质量、功能的目标。

总的说来,在区域开发与保护过程中,高度敏感地区和极度敏感地区应引起人们的高度重视,这些地区生态环境都很脆弱,土壤贫瘠,不同程度地存在水土流失、地质灾害和石漠化等环境问题。在人类活动的干扰下,原生的生态系统被垦殖为耕地,再加上对土地的多耕少养和不合理利用,土壤退化和生态环境问题日趋严重。同时,对不敏感和中度敏感的地区也不容轻视,要做好相关的土地管理和规划工作,防止土地退化。

4 结语

土地生态敏感性分析,为区域土地资源的合理配置、有序开发提供了科学依据。根据不同等级的生态敏