

区域生态安全综合评价与制图*

——以重庆市忠县为例

左伟^{1,3} 周慧珍² 王桥³ 李硕³ 张桂兰¹

(1 中国地图出版社, 北京 100054; 2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008;

3 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097)

摘要 在相关研究成果基础上, 从理论、技术方法、模型和案例应用等方面对区域生态安全进行系统研究。主要工作包括: (1) 建立区域生态安全评价理论框架, 在理论上具有探索意义, 在实践中可为生态安全评价提供理论依据和作为生态环境管理的方法论基础; (2) 通过模型技术与遥感技术等的应用, 实现多特征类型因子信息提取和实现区域生态安全从像元级微观评价数值到小流域级中观评价结果的转化; (3) 通过 GIS 技术对评价结果的等级表征进行制图实现, 客观表达了评价结果的空间特性, 确保了本研究成果的实用性。

关键词 区域生态安全; 综合评价; GIS; 制图; 忠县

中图分类号 X 87, P283.3 文献标识码 A

区域生态安全指区域生态环境系统安全, 是国家安全和社会安全的基础。国外已有学者从生态安全的角度研究国家安全和生态安全。如 Mark Halle⁽¹⁾ 将人类安全网络系统分为经济安全子系统、政治安全子系统、人口安全子系统、文化安全子系统和生态安全子系统等。Cynil Obi⁽²⁾ 曾专题研究生态安全与国家安全的生态安全关系。我国生态安全态势已经制约着国民经济的增长和社会经济的可持续发展^[1~4]。

在全球和我国, 生态安全形势越来越严峻, 局部地区生态安全态势甚至已经损坏了社会经济与农业生产可持续发展的基础, 虽然学术界在生态环境质量、生态环境健康等领域有较成熟的方法和丰富的案例成果, 但是区域生态安全从学术层面上的研究,

国内外仍尚未真正开展起来。

本文在相关研究成果^[5~9]的基础上, 从理论、技术方法、模型和案例应用等方面对区域生态安全进行了系统研究, 旨在从理论和实践上进行探索, 并取得一定的进展。

1 方法与步骤

1.1 理论框架^[5, 6]

在区域生态环境系统安全评价过程中, 我们根据 D-PSE-R (Driver-Pressure, State, Exposure-Response) 模型^[10~12]⁽³⁾, 构建出评价指标体系选择的观念框架(见图 1)。

* 国家环境保护总局重大科技项目“中国西部地区生态环境遥感调查”(2000)资助

作者简介: 左伟(1963~), 男, 江西星子人, 博士, 副编审, 主要从事遥感和 GIS 与区域可持续发展、地图学理论与实践研究。

E-Mail: zuowei@sinomaps.com

(1) Mark Halle. State-of-the-Art review of environment, security and development co-operation. Working paper of conducted on behalf of the OECD DAC Working Party on development and environment. 2000. 43

(2) Cynil Obi. Oil, environmental conflict and national security in Nigeria: Ramifications of the ecology-security nexus for sub-regional peace. ACDIS occasional paper. University of Illinois at Urbana-Champaign, 1997

(3) 中国科学院地理研究所生态环境网络中心. 生态系统健康评价课题进展报告. 2001. 6. Eco-environment Web Centre of Institute of Geographic Science, CAS. Research stage report of eco-system health assessment. 2001. 6

收稿日期: 2003-02-24; 收到修改稿日期: 2003-09-15

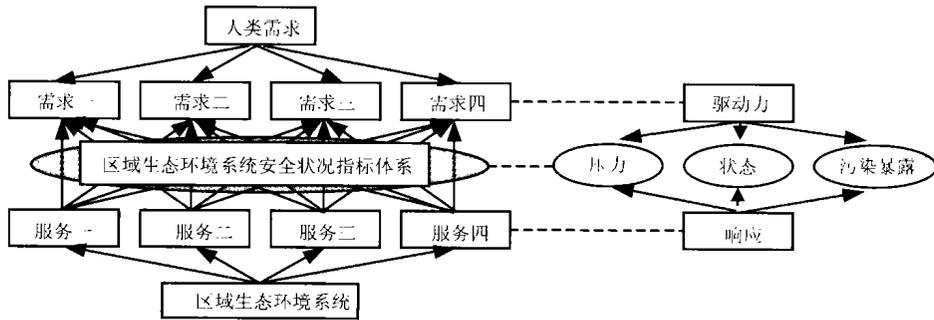


图1 区域生态环境系统安全评价指标体系选择的概念框架

Fig. 1 Theoretical framework for selection of indexes for assessment of regional ecological safety

基于上述框架,按照层次分析法,根据评价对象各组成部分之间的相互关系和案例地区具体情况构筑多层次评价指标体系,将区域生态环境系统安全评价指标体系归纳为3个层次21个因子的结构体

系(见表2);采取极差标准化和专家级分法相结合的方法,对这些因子的数据进行标准化处理;建立区域生态安全综合判别等级及其与指标因子标准化值的概念关联^[6,13],见表1。

表1 区域生态安全等级综合判别

Table 1 A comprehensive differentiation of grades of regional ecological safety

等级 Grade	评价指标标准化值 ¹⁾ Standard value of index	表征状态 States	指标拓征 Characters of index
I	< 3.0	重警、巨警状态 (恶劣状态)	生态系统服务功能几近崩溃,生态过程很难逆转。生态环境受到严重破坏,生态系统结构残缺不全,功能丧失,生态恢复与重建很困难,生态环境问题很大并经常演变成生态灾害
II	≥3.0~ < 5.0	中警状态 (较差状态)	生态系统服务功能严重退化。生态环境受到较大破坏,生态系统结构破坏较大,功能退化且不全,受外界干扰后恢复困难,生态问题较大,生态灾害较多
III	≥5.0~ < 7.0	预警状态 (一般状态)	生态系统服务功能已有退化。生态环境受到一定破坏,生态系统结构有变化,但尚可维持基本功能,受干扰后易恶化,生态问题显现,生态灾害时有发生
IV	≥7.0~ < 9.0	较安全状态 (良好状态)	生态系统服务功能较为完善。生态环境较少受到破坏,生态系统结构尚完整,功能尚好,一般干扰下可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大
V	≥9.0	安全状态 (理想状态)	生态系统服务功能基本完整。生态环境基本未受干扰破坏,生态系统结构完整,功能性强,系统恢复再生能力强,生态问题不显著,生态灾害少

1) 标准化值为各因子的实测值归一化后乘以10的得数,方法参看文献[6]

1.2 评价单元

国内外区域生态质量评价单元选择,主要有基于面状的矢量评价单元和点状的栅格评价单元二类。面状评价单元包括行政单元、小流域和景观单元等。点状评价单元是以栅格单元作为评价的信息载体和评价单元,关键是确定栅格的形状和大小。本研究根据矢量面状评价单元和栅格点状评价单元各自优缺点的特征,采用了二者相结合,使指标因子数据载体与分析评价单元分开实现的办法。即用栅格点状单元作为指标因子的数据载体和基本评价分析单元,用矢量面状单元作为综合评价分析单元,二

者之间用模型予以关联。根据本次研究工作的目的,在研究区重庆市忠县的生态安全评价研究中,选择相应分辨率(25 m×25 m) 格网作为基本评价分析单元^[8],以小流域作为综合评价分析单元^[7]。

1.3 评价模型

在分析有关评价模型方法优、缺点的基础上,本文研究采用乘算模型对案例研究区的基本评价分析单元(栅格)生态安全综合指数进行求算(ESSI(乘算)) = $n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_i \times C_i}$ 。式中, W_i 为 i 指标因子的权系数; C_i 为 i 指标因子的等级量化值。采用面积加权

平均模型方法对综合评价分析单元(小流域)生态安全综合指数进行求算($C_i = \frac{\sum A_i \times S_i}{\sum S_i}$ 式中, C_i 为第 i 个小流域评价区域的生态环境系统安全综合评价指数值; A_i 为该小流域单元内每一个基本分析单元(象元)生态环境系统安全综合评价指数值; S_i 为该综合指数值(A_i)相对应的象元数)。

1.4 评价数据来源

案例研究区域的生态安全评价数据包括遥感数据、基础地理数据(包括 DEM 数据)、专题数据 3 大类型。遥感数据为基本信息源。按照研究项目的要求,根据已有研究^[8]关于空间尺度和信息类型的研究结论,我们选择空间分辨率 25 m 左右的信息源,以 TM、MSS、SPOT 的遥感信息为主。由于数据条件的限制,仅选择了 2000 年 7 月 31 日(轨径号 127-39)的 ETM+ 数据,作为忠县区域生态环境系统安全评价研究的主要遥感信息源。基础地理数据(包括 DEM 数据)从国家基础地理信息中心数据库中移植过来。各类专题数据通过实地收集和实地采取获得。

2 忠县区域生态安全评价与制图

2.1 忠县概况

忠县地处重庆市东北部,三峡库区腹地,东经 $107^{\circ}32'42''$ 至 $108^{\circ}14'00''$,北纬 $30^{\circ}03'03''$ 至 $30^{\circ}35'35''$ 。土地总面积 $2\,188.91\text{ km}^2$ 。全县辖 23 个镇、19 个乡镇、18 个居民委员会、758 个村(7 346 个村民小组)。县城设在忠州镇。

忠县属渝巴东北弧群褶皱带平行岭谷区,地形

较为破碎和崎岖(见图版 I,图 2)。全县从西北至东南依次由金华山、猫耳山、方斗山三个背斜和拔山、忠州两个向斜构成。整个地貌形态呈“W”状,地貌类型有浅丘带坝、单斜中丘、单斜深丘、河谷中丘、深丘窄谷和低方山等。全县境内从河谷到山峰,高低变异较大,最低海拔 117.5 m,最高海拔 1 680.3 m,70% 的地区海拔高度在 300~600 m 之间。

忠县水土流失面积高达 79.7%,远高于三峡库区的总体平均水土流失比例 58.2%^[14],具有问题的典型性和强度的突出性;环境污染的主要类型形式是农业生产而产生的面源性质的有机污染,是非常典型的环境问题。三峡水库最终建成蓄水后,忠县水位线将从目前的 117.5 m 上升到 175.3 m,淹没陆地 53.7 km^2 ,涉及人口 5.5 万人、城镇 9 座(其中县城一座)、交通线路 93.6 km、通信及广播线路 610 km,三峡建库从淹没损失及人口、社会经济迁建所带来的生态破坏冲击,忠县在沿江各县位于前列。

2.2 评价指标体系的建立与指标因子权重的确定

根据本文研究提出的区域生态环境系统安全评价指标体系选取的概念框架,用生态环境系统服务功能为理论依据和层次分析法作为方法论,考虑到评价的科学性要求和数据的可获取性,既保障评价指标体系的完备性,又力求避免各因子之间的重复性,同时考虑主要的指标群组可以从遥感数据或基础地理数据中实现,并且在专家群咨询指导意见的基础上,本文选取的区域(三峡库区重庆市忠县)生态系统安全评价指标体系如表 2 所示。

指标权重采取层次分析法与专家法相结合的方法予以确定并通过一致性检验,结果见表 2。

表 2 区域生态环境系统安全评价指标体系
Table 2 Indexes for assessment of regional ecological safety

目标层	准则层	指标层	数据来源	常权权重	备注
Objective layer	Criterion layer	Index layer	Source of data	Weights	Remarks
区域生态环境系统安全综合指数(1.000 0)	生态环境系统安全状态指数 0.612 1	灾病指数 1: 气候灾害频度(洪涝、干旱)(101)	专题数据库	0.036 7	分析、评价指标
		灾病指数 2: 地质灾害频度(泥石流、滑坡)(102)	专题数据库	0.036 7	分析、评价指标
		灾病指数 3: 地方病(103)	专题成果、调查数据	0.018 4	分析、评价指标
		地形地貌 1(海拔高度)(104)	DEM 数据	0.042 8	分析、评价指标
		地形地貌 2(坡度)(105)	DEM 数据	0.049 0	分析、评价指标
		第一性生产力(NDVI)(106)	遥感数据	0.042 8	分析、评价指标
		生态环境系统弹性度(107)	遥感调查	0.067 3	分析、评价指标

续表

目标层 Objective layer	准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	数据来源 Source of data	常权权重 Weights	备注 Remarks
		土壤类型分布(108)	专题数据库	0.030 6	分析、评价指标
		水土流失强度(109)	遥感调查	0.091 9	分析、评价指标
		植被盖度(110)	遥感调查	0.049 0	分析、评价指标
		景观多样性指数(111)	遥感调查	0.055 1	分析、评价指标
		高生态功能斑块指数 1: 破碎度(112)	遥感调查	0.030 6	分析、评价指标
		高生态功能斑块指数 2: 面积比例(113)	遥感调查	0.030 6	分析、评价指标
		高生态功能斑块指数 3: 密度(114)	遥感调查	0.030 6	分析、评价指标
		农业人口密度(201)	遥感调查、统计资料	0.052 0	分析、评价指标
人文社会压 力指数 0.260 1		交通线缓冲区分级(202)	遥感调查、基础地理数据	0.065 0	分析、评价指标
		居民地缓冲区分级(203)	遥感调查、基础地理数据	0.065 0	分析、评价指标
		淹没区缓冲区分级(204)	遥感调查、基础地理数据	0.026 1	分析、评价指标
		人类干扰指数(205)	遥感调查	0.052 0	分析、评价指标
		环境人口负荷(含移民)(206)	遥感调查、基础地理数据	—	待扩展因子 ¹⁾
		经济发展水平(人均 GDP)(207)	统计资料	—	待扩展因子 ¹⁾
环境污染压 力指数 0.127 8		地表水体污染(301)	专题成果、监测数据	0.095 9	分析、评价指标
		淹没损毁土地及耕地(302)	专题成果、监测数据	0.031 9	分析、评价指标
		空气污染(303)	专题成果、监测数据	—	待扩展因子 ¹⁾
		地下水污染(304)	专题成果、监测数据	—	待扩展因子
		噪声污染(305)	专题成果、监测数据	—	待扩展因子
		视觉(景观)污染(306)	专题成果、监测数据	—	待扩展因子
		污染损毁土地及耕地(307)	专题成果、统计资料	—	待扩展因子
人文社会响 应指数		压力调整指数(401)	文本文档, 定性描述	—	待研究扩展 ²⁾
		状态改善指数(402)	文本文档, 定性描述	—	待研究扩展

1) “待扩展因子”为目前尚未有获取数据的有效方法, 留待以后扩充。2) “待研究扩展”的因子属于人文社会响应准则层的二个因子, 因数据获取及其量化都难以实现, 且易引起争议, 所以在本次评价模型中不予选择, 但在生态建设对策建议中予以定性讨论

2.3 评价结果

2.3.1 基于象元的评价结果 忠县区域 2000 年的生态环境系统安全性状况的基于象元常权乘算模型综合评价的平均指数为 4.571, 数值范围为

2.596~ 7.238, 综合评价指数大于 8 的生态安全区域没有出现。评价结果经 GIS 制图^[15]与统计结果如图 3(见图版 I)和表 3 所示。

表 3 忠县 2000 年生态环境系统安全综合评价结果表

Table 3 Comprehensive assessment results of the regional ecological safety of Zhongxian County in 2000

生态安全等级 Grade of eco-safety	生态安全综合评价指数 Comprehensive assessment value of eco-safety	面积 Area(km ²)	面积百分比 Percentages of area(%)	出现频次(象元数) Frequency(pixels)
I	1(0~ 1)	—	—	—
	2(1~ 2)	—	—	—
II	3(2~ 3)	1.10	0.05	1 751
	4(3~ 4)	365.49	16.70	584 877
III	5(4~ 5)	1 280.64	58.51	2 049 170
	6(5~ 6)	498.73	22.78	797 814

续表

生态安全等级 Grade of eco-safety	生态安全综合评价指数 Comprehensive assessment value of eco-safety	面积 Area(km ²)	面积百分比 Percentages of area(%)	出现频次(象元数) Frequency(pixels)
IV	7(6~7)	42.85	1.96	68 644
	8(7~8)	0.05	0.002	70
V	9(8~9)	—	—	—
	10(9~10)	—	—	—
合计 Total		2 188.91	100.00	3 502 256

从以上各图表的数据,乘算模型评价结果表明,忠县所出现的各种生态环境系统安全等级中,仍然以等级 II(中警状态,综合评价指数为3~5)占有的面积比例最大,全县区域绝大多数的地区都属于此种区域,占全县总面积的75.21%,长江及其各级支流的两侧、低丘岗地、海拔1 000 m以下的低山坡地主要属于这一生态安全等级区,几乎较为平衡地分布在全县区域,但忠州盆地和拔山盆地仍为主要分布区域。其次等级 III(预警状态,综合评价指数为5~7)的面积比较大,占全县总面积的24.74%,等级 II的生态环境系统安全等级区域主要成片分布在各个山地的中上部区域,也即分布于猫耳山、精华山、方斗山的海拔1 000 m以上的区域。上述二种等级的生态安全等级区域是忠县最主要的环境区域,合计占区域总面积的99%。再其次是等级 I(重警、巨警状态,综合评价指数为0~3)区域,但面积所占比例较小,仅为0.05%,仅点状并且是零星地分布在流域23、流域3和流域12区域。等级 IV(较安全状态)区域所占比例仅占0.002%,仅仅在流域18和流域20有些零星分布。忠县生态环境系统安全等级最高的等级 V(安全状态)没有出现。

2.3.2 基于小流域的评价结果 根据前述系列模型和方法,经过GIS制图^[15],得出忠县2000年基于小流域生态环境系统安全等级综合评价结果。如图4(图版I)所示。由此看出,忠县2000年生态安全状况在总体上堪忧,只达到等级 II——中警状态水平。在各小流域之间的差异上,又以中南部流域16、流域18、流域19、流域20、流域21和东部流域9等6个小流域的生态安全性状况稍好,为生态安全等级 III——预警状态。主要由于这几个小流域的生态环境原生状态程度相对最好,如土地垦殖率相对较低,为40%~50%;森林覆盖率相对较高,为15%~25%;表征人文社会压力的因子之一——农业人口密度,在本区是最低的,如农业人口密度最低的石子乡(农业人口密度为158人 km⁻²)就在本区。南部流域3,西部流

域23等2个小流域的生态安全状况最差,为最低生态安全等级 I——重警状态。人口压力巨大和水土流失十分严重致使这几个小流域的生态安全态势十分严峻,几处崩溃的边缘。其余的15个小流域的生态安全状况为等级 II——中警状态。这15个小流域生态因子的各个方面指标也都十分的不佳,如农业人口密度大,水土流失严重,农业污染严重等。生态安全状况较好的等级 IV——较安全状态和等级 V——安全状态的小流域没有出现。

2.4 忠县生态安全调控措施

2.4.1 忠县生态安全的目标、主要指标和实现步骤

(1) 目标。经过科学规划和30~50年的坚持不懈生态环境重建和经济建设,坚决遏止生态环境系统几近崩溃边缘的态势,并逐步恢复和建设成生态环境系统结构合理、生态服务功能完善、环境优美、地区经济发达、人民生活富裕、人们安全的生态环境系统。(2) 主要指标。农业人口密度控制在250人 km⁻²以下,土地垦殖率控制在35%以下,森林覆盖率提高到35%以上,水土流失强度总体上控制轻度程度以下的水平,地区经济发达,人民小康富裕。(3) 步骤。第一步,用10到15年的时间,使得忠县生态安全状态由目前的平均等级 II——中警状态水平提高到等级 III——预警状态水平,农业人口密度控制到350人 km⁻²以下,土地垦殖率控制在50%以下,森林覆盖率提高到20%以上,水土流失强度总体上控制中度程度以下的水平,地区经济较发达,人民彻底脱贫。第二步,用30到40年的时间,使忠县生态安全状态由目前的平均等级 III——预警状态水平提高到等级 IV——生态较安全状态水平,全面实现忠县生态安全的各项指标。

2.4.2 实现忠县生态安全目标的对策建议 根据忠县生态安全状况的主要症状和主要成因^[16],我们提出修复和改善该县区域的生态安全的对策建议如下:(1) 科学规划和扎实实施生态移民,生态移民与人民致富和区域发展相结合。按照上述制定的忠

县生态环境安全的目标和指标,要恢复忠县生态环境基本服务功能,维护本区的生态安全,单从减轻人口压力一个方面而言,就应该将农业人口密度由目前的 404 人 km^{-2} 下降到 250 人 km^{-2} 以下,相当于忠县的农业人口密度应该减少 150 人 km^{-2} 以上,或者说农业人口应该减少 30~35 万人。实施生态移民,就是在增加人民收入提高地区经济实力的前提下,采取多种有效手段和综合方法措施,减轻区域人口对生态环境的压力,而关键是降低农业人口密度。可见,生态移民的意义是把土地和生态环境从人的压力下解放出来,把人从土地上解放出来。生态移民包括移民外迁、异地办厂、外出打工、引进外资企业、区域城镇化等。(2) 大力开展生态建设,生态建设与生态保护并重。忠县生态环境系统已经严重退化并已濒临崩溃的边缘,大力开展生态建设是第一位的措施,同时也必须加强生态保护工作,坚持二者相结合、二者相并重。(3) 多途径解决农村能源问题。只有真正解决好了农村能源问题,才可以从根本上保证生态环境系统安全状态最终朝良性方面转化。(4) 大力发展农村生态经济。发展农村生态经济,有利于本区生态环境向良性发展,也有助于本区农村摆脱贫困,使生态环境保护和农村经济协调发展。(5) 提高全民法制意识,坚持依法管理和保护区域生态环境。(6) 将可持续发展准则纳入干部考核内容,建立生态环境事故的领导干部责任追究制度。

3 讨论

本文研究通过模型实现了区域生态安全从像元级微观评价数值到小流域级中观评价结果的转化,既便于人们对评价结果的认知和理解,也符合生态安全问题的区域性及过程性特征;通过 GIS 技术对评价结果的等级表征进行制图实现,客观表达了评价结果的空间特性,同时确保了本研究成果的实用性。

应该指出的是,区域生态环境系统安全状况是一个动态的过程,对生态安全影响因子进行动态监测并对区域生态安全的综合特征进行动态评价,探讨其与人类活动的互动关系及联动机制,值得在今后的研究中加以探索。

参考文献

[1] Wu C H. On a different scale — putting China's environmental crisis in perspective. *Environmental Health Perspectives*, 2000, 108(10): 452~459

- [2] 杨红. 中国生态安全报告(三): 失调的水. <http://www.cctv.com/news/focus/story/story0423.html>, 2001-04-23. Yang H. China Ecological Security Report(3): Water in Imbalance (In Chinese). <http://www.cctv.com/news/focus/story/story0423.html>, 2001-04-23
- [3] 张永春. 长江流域洪灾与生态破坏的关系浅析: II 生态破坏导致洪灾加剧. *农村生态环境*, 1999, (4): 12~15. Zhang Y C. The relations of the Yangtze River's flood-disaster and its' eco-destruction: II Eco-destruction causes a more serious flood-disaster (In Chinese). *Rural Eco-Environment*, 1999, (4): 12~15
- [4] 徐海根. 自然保护区生态安全设计的理论与方法. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 21. Xu H G. The theory and methodology of ecological security design for nature reserves (In Chinese). Beijing: China Environment Science Press, 2000. 21
- [5] 左伟, 周慧珍, 王桥. 区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究. *土壤*, 2002, (6): 12~15. Zuo W, Zhou H Z, Wang Q. Study on the idea framework of indicators selection of regional eco-security assessment (In Chinese). *Soils*, 2002, (6): 12~15
- [6] 左伟, 王桥, 王文杰, 等. 区域生态安全评价指标与标准研究. *地理学与国土研究*, 2002, (1): 67~71. Zuo W, Wang Q, Wang W J, et al. Study on criteria and standards of regional ecological security assessment (In Chinese). *Geography and Territorial Research*, 2002, (1): 67~71
- [7] 左伟. 基于数字地形分析的小流域分割技术. *测绘通报*, 2003, (5): 52~54. Zuo W. Separated mini-watersheds based on digital terrain analysis technology (In Chinese). *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2003, (5): 52~54
- [8] 左伟, 陈洪玲, 李硕, 等. 中尺度生态评价研究中格网空间尺度的选择与确定. *测绘学报*, 2003, (3): 267~271. Zuo W, Chen H L, Li S, et al. Study of determining the GIS raster size in mid-scale ecological assessment research (In Chinese). *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2003, (3): 267~271
- [9] 左伟, 张桂兰, 万必文, 等. 基于 GIS 的小流域单元景观结构指数信息提取方法. *测绘通报*, 2003, (11): 49~50. Zuo W, Zhang G L, Wan B W, et al. The Information Extraction Methods of Landscape Indexes of Small-basin Units Based on GIS (In Chinese). *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2003, (11): 49~50
- [10] Rogers K S. Ecological security and multinational corporation. 1997. <http://www.ecsp.si.edu/ecsp/lib.nsf/> 1999-11-13
- [11] FAO Proceedings. Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development. Proceedings of the Workshop Organized by the Land and Water Development Division FAO Agriculture Department, 1997. 2: 5
- [12] 曹凤中. 中国城市环境可持续发展指标体系研究手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1999. 11. Cao F Z. A Research Handbook of Indicators of China City Environment Sustained Development (In Chinese). Beijing: China Environment Science Press, 1999. 11
- [13] 李红鹰. 层次分析法在农业生态环境质量评价中的应用. *监测与评价*, 2000, (7): 30~31. Li H Y. Application of AHP in agriculture eco-environment quality assessment (In Chinese). *Monitoring and Assessment*, 2000, (7): 30~31

- [14] 翁立达. 三峡工程生态环境影响研究. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997. 16. Weng L.D. Research of the Three Gorge Project's Impact to the Eco-environment (In Chinese). Wuhan: Hubei Science and Technology Press, 1997. 16
- [15] 周慧珍. 中国土壤信息共享研究——1: 400 万中国土壤分布式查询数据库. 土壤学报, 2002, (4): 483~ 489. Zhou H Z. Sharing of soil information data distributed inquiry data based of 1: 4 M soil information of China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2002, (4): 483~ 489
- [16] 赵应明. 忠县生态环境建设总体规划. 忠县计划委员会, 1998. Zhao Y M. A overall planning for Zhongxian County area's eco-environment construction (In Chinese). Zhongxian County Planning Council, 1998

COMPREHENSIVE ASSESSMENT AND MAPPING OF THE REGIONAL ECOLOGICAL SAFETY ——A CASE STUDY OF ZHONGXIAN COUNTY, CHONGQING CITY

Zuo Wei^{1,3} Zhou Huizhen² Wang Qiao³ Li Shuo³ Zhang Guilan¹

(1 *China Cartographic Publishing House, Beijing 100054, China*; 2 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*; 3 *Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China*)

Abstract On basis of achievements of related researches, this paper studies regional ecological safety systematically from the angle of theory, technology and methodology, practical application, etc. The study covers mainly: (1) set-up of a theoretic framework for assessment of regional ecological safety, which is of explorative significance theoretically, and can be used in practice as a theoretic basis for assessment of ecological safety and a methodological basis for management of ecological environment; (2) with the application of model's and remote sensing technology, realization of extraction of information of multi-characteristic type factors and the transformation from pixel-level micro-assessment value to small basin-level meso-assessment results in assessing regional ecological safety; (3) the assessment results' by GIS technology though mapping, expressing objectively spatial characteristics of the assessment and ensuring practicality of the research findings.

Key words Regional ecological safety; Comprehensive assessment; GIS; Mapping; Zhongxian County

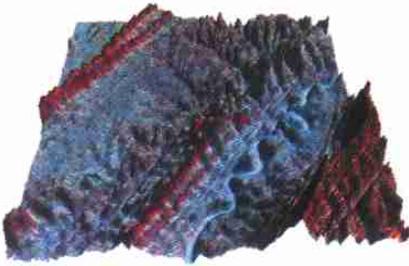
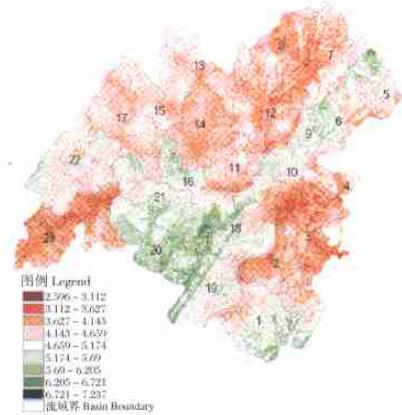


图 2 忠县三维地形景观
 Fig. 2 3D TM landscape of Zhongxian County



图中的数字为小流域评价单元的代码编号
 图 3 忠县 2000 年生态安全综合评价结果(基于象元)
 Fig. 3 Comprehensive assessment based on pixels of the regional ecological safety of Zhongxian County in 2000



图中的数字为小流域评价单元的代码编号
 图 4 忠县 2000 年基于小流域生态安全评价结果
 Fig. 4 Comprehensive assessment based on small basins of Zhongxian County in 2000

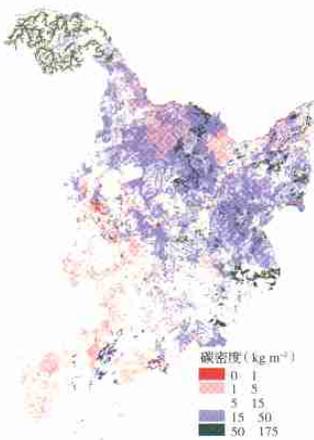


图 1 土壤有机碳密度空间分布(0-100cm)

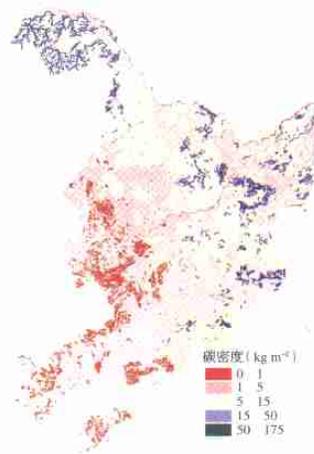


图 2 表层 0-20 cm 有机碳密度空间分布