

纵向岭谷区澜沧江流域景观生态安全时空分异特征

王 娟^{1,2}, 崔保山^{1,*}, 姚华荣^{1,3}, 刘世梁¹

(1. 北京师范大学环境学院, 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875;

2. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012; 3. 长安大学地球科学与土地资源学院, 西安 710054)

摘要:以 1985 年、1995 年和 2000 年纵向岭谷区的核心区-澜沧江流域的土地利用数据为基础, 在 GIS 软件的支持下, 以破碎度、分离度、优势度等景观格局指数和景观类型的脆弱度为评价指标研究澜沧江流域景观生态安全的时空分异特征。研究表明, 在这 16a 期间, 景观结构变化导致景观生态安全指数在时空分异性较强, 生态安全程度呈下降趋势, 由于研究区特殊的地形、地貌特征, 澜沧江流域的上、中、下游的生态安全指数分布形态及其下降幅度存在较大的差异, 较低的生态安全指数 ($ES \leq 0.5$) 主要分布于该流域的下游呈东北-西南近“Y”形并沿江扩展, 而较高的生态安全指数 ($ES \geq 0.6$) 主要分布于流域的中游呈东南-西北方向并沿江萎缩。人类的经济开发活动主要是在景观层次上进行, 景观也是区域生态环境管理的基础单元之一, 应用景观方法研究生态安全, 揭示不同景观类型间的迁移转化特征并进一步识别区域生态环境的变化趋势及其内在因素, 对区域生态建设和资源开发具有指导意义。

关键词:景观指标; 生态安全; 时空分异; 澜沧江流域

文章编号: 1000-0933(2008)04-1681-10 中图分类号: S158.2 文献标识码: A

The temporal and spatial characteristic of landscape ecological security at Lancang River Watershed of longitudinal range gorge region in Southwest China

WANG Juan^{1,2}, CUI Bao-Shan^{1,*}, YAO Hua-Rong^{1,3}, LIU Shi-Liang¹

1 School of Environment, Beijing Normal University, State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Beijing 100875, China

2 China Non-ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China

3 College of Earth Science and Land Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(4): 1681 ~ 1690.

Abstract: Based on the land use data of the Lancang River watershed (LRW), the center of longitudinal range gorge region (LRGR) in 1985, 1995 and 2000, supported by GIS, and with the indexes of fragmentation, isolation and dominance, and of vulnerability of landscape types, it was analyzed that the temporal and spatial characteristic of landscape ecological security (LES) in LRW. The results showed that there were difference change trends for different landscape types in this region, the transformation from one landscape type to another was very complex and that was mainly happened among farmland, woodland and grassland. It was found that the change of landscape structure can strongly influence the temporal and spatial distribution of ecological security index (ESI) under natural and human factors, which might result in the decreasing of the degree of ecological security (ES) during 16 years. The large difference on the distribution shapes of ESI

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2003CB415104)

收稿日期: 2007-01-16; 修订日期: 2007-08-23

作者简介: 王娟 (1968 ~), 黑龙江哈尔滨人, 博士, 主要从事生态系统、土地利用研究. E-mail: wj20060112@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cuib67@yahoo.com

Foundation item: The project was financially supported by National Basic Research Development Program of China (No. 2003CB415104)

Received date: 2007-01-16; **Accepted date:** 2007-08-23

Biography: WANG Juan, Ph. D., mainly engaged in ecological system, land use. E-mail: wj20060112@163.com

and its annual decreasing rate were found among the upper, middle and down stream due to the especial terrain and physiognomy in LRW, i. e., the rate of ESI in down stream descend the fastest, then the middle stream, and its of upper stream changes slowly because of locating high altitude and disturbing weekly by human activities. The lower ESI ($ES \leq 0.5$) were mainly distributed in down stream with shape of "Y" in NE-SW and spread along the river. And the higher ESI ($ES \geq 0.6$) were mainly distributed in the middle stream with SE-NW direction and shrunk along the river. Human activities were mainly carried out on landscape level and landscape was also one of the basic units of the regional ecological environment management. Therefore by using the method of landscape to study on the ES, to discover the alteration character among different landscape types and then identify the change tendency and its inner factors of the regional eco-environment might be important for regional eco-construction and natural resource exploitation.

Key Words: landscape index; ecological security; temporal and spatial characteristic; Lancang River watershed

生态安全的概念是由国际应用系统分析研究所(IASA)于1989年在建立全球生态安全监测系统时首次提出的。由于生态安全内涵的丰富和复杂性,以及人们对生态安全研究尚不够深入,至今生态安全还没有统一的概念、评价指标、适当的研究方法等,生态安全概括起来是指一个国家,或人类社会生存与发展所需的生态环境处于不受或少受破坏与威胁的状态^[1~5]。

生态安全研究包括生态安全评价、监控、预警、调控、维护与管理等内容,目前,生态安全研究主要集中于生态安全评价方面,评价是各项研究的基础与核心,其评价主要涉及农业生态安全、土地利用生态安全、水资源生态安全、自然保护区生态安全、景观生态安全格局等方面的研究。生态安全的评价方法主要有综合评价模式、生态模型和景观生态学等,景观生态学方法以其通过景观格局空间异质性分析景观生态空间稳定性的理论逐渐成为区域生态安全研究的重要手段之一^[6~17]。

生态安全评价涉及从种群至全球等各种尺度,其中,中尺度如区域、流域的生态安全是各种尺度的生态安全研究的核心地位,它是针对区域实际的生态安全问题展开,有利于认清区域生态安全问题的实质,做出正确的生态安全决策,提出切实可行的措施。由于区域性生态环境问题为多个因素交互作用而共同引起,其所影响的范围较大,作用时间及其产生的后果也很难预测,在缺少连续的生态监测资料情况下,将景观生态学原理与分析方法应用到区域生态安全评价中,发挥景观结构组分特征易于保存信息的优势;同时,景观与区域、流域在组织尺度上是连续的,从景观尺度转换到区域尺度过程中的信息损失程度较小,有利于维持生态安全评价结果的准确性。

纵向岭谷区具有独特的高山峡谷景观,丰富的生态系统种类,脆弱的生态环境,日益加大的资源开发力度使得该区成为国内外学术界关注的热点区域之一。澜沧江流域位于纵向岭谷区的核心区域,该区的复杂地形、地貌和多种类型的气候,使该流域具有除北半球沙漠和海洋之外的各类生态系统,对研究地表复杂环境系统和生命系统的演变规律,在全球具有不可替代性。同时,该流域是我国与东南亚国家的主要陆路通道,现已成为我国与东南亚“澜沧江-湄公河次区域经济合作”和“中国-东盟自由贸易区”关键的经济走廊^[18]。随着该流域经济发展速度的加快、建设规模的扩大、以及人类活动的日益加剧,自然环境所承受的压力不断加大,本文以景观格局变迁为基础,在研究景观结构变化的基础上,揭示澜沧江流域景观生态安全在时间、空间的格局分异特征,以期为澜沧江流域的生态整治、维护物种多样性及促进生态环境、经济与社会的协调发展提供参考。

1 研究区概况

澜沧江流域纵贯云南省西部,其范围为 $21^{\circ}08'41'' \sim 29^{\circ}14'04''N$, $98^{\circ}40'07'' \sim 102^{\circ}20'51''E$,该流域涉及39个县市,总面积 $1421 \times 10^4 \text{ km}^2$,占云南省国土总面积的37.2%,根据行政区域将澜沧江流域划分上、中、下游。该区地势由北向南呈阶梯状下降,北部为高山峡谷,南部为中低山盆地,山间盆地星罗棋布;澜沧江流域主要受西风带环流控制,区内气候类型多样,从北到南依次为寒温带、温带、暖温带、北亚热带、中亚热带、南亚热带

和热带等 7 个气候带;该区域大部分地区的年降雨量在 1000mm 以上,降雨量在季节上分配不均,85% 以上的雨量集中在 5~10 月份;由于该流域所居的地理位置和复杂的地理环境对其长期作用,形成了红壤、棕壤、赤红壤、砖红壤、石灰岩土等多种类型土壤。该流域是云南少数民族分布最有代表性地区,有傣族、白族、彝族、哈尼族等 18 个少数民族沿河谷分布、在山间盆地聚居的“大分散、小聚居”的格局,该流域也是一个典型的少数民族贫困地区,国家重点扶持贫困县占云南省的 39.2%,产业结构主要以农业为主。

2 研究方法

景观格局及其变化是自然与人为多种因素相互作用所产生的区域生态环境体系的综合反映,区域景观空间格局的研究,是揭示该区域生态状况及空间变异的有效手段,以景观格局干扰指数和景观类型脆弱度为指标,构建了景观生态安全评价指标体系,利用 GIS 的空间分析方法对澜沧江流域景观生态安全的时空分异特征进行研究。

2.1 景观类型的划分其转移分析

土地利用/覆盖变化是人类利用土地各种活动的综合反映,其变化在很大程度上记录了人与自然的相互作用的过程,以澜沧江流域各县的 1985 年、1995 年和 2000 年 3 期遥感解译的土地利用数据为基础。采用土地利用的一级分类,如耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地等六大类作为景观生态安全研究的类型。利用 GIS 的空间分析方法,对研究区 3 期的土地利用图分别进行叠加,获得了 1985~1995 年和 1995~2000 年的土地利用转移矩阵,进行景观类型的时空转化分析。

2.2 景观综合指数

景观生态学注重空间的异质性和空间格局的研究,国内外不少学者提出了许多定量评价指标,如景观多样性指数、分维数、均匀度、优势度、分离度、破碎度、蔓延度等 50 多种指标,但许多指标之间具有较高的相关性;本文以破碎度、分离度、优势度和景观类型脆弱度为基础建立了景观综合指数分析研究区景观生态安全的动态变化趋势。

2.2.1 景观干扰指数

在自然、人为干扰下,景观一般由单一、连续和均质的整体向复杂的、不连续和异质的斑块镶嵌体变化,以景观的破碎度、分离度和优势度为基础构建景观干扰指数,其公式为:

$$U = aC_i + bS_i + cD \quad (1)$$

其中:

$$C_i = N_i/A_i$$

$$S_i = \frac{\sqrt{C_i}}{2P_i} \quad P_i = A_i/A$$

$$D = \ln(m) + \sum_{i=1}^6 (P_i) \times \ln(P_i)$$

式中, U 为景观干扰指数, C 为景观破碎度, S 为景观分离度, D 为景观优势度, a 、 b 、 c 分别为破碎度、分离度和优势度的权重, N_i 为景观的斑块数量, A_i 为景观斑块面积, A 为景观总面积, m 为景观类型。

权重反映了各指数对景观所表征的生态环境不同的影响程度,借鉴前人的相关研究成果并结合研究区的实际情况,综合分析各景观指数对生态环境的贡献的大小,认为破碎度指数最为重要,其次为分离度和优势度,其权重分别为 0.5、0.3 和 0.2;但对未利用地(本流域主要为裸岩、石砾)破碎度、分离度变化不明显,裸岩、石砾在景观中分布、占的比例在自然情况或没有人类较大的干扰下,其具有一定的稳定性,而优势度对裸岩、石砾影响比其它指标较大,对 3 个指数权重的赋值分别为 0.3、0.2 和 0.5。

2.2.2 景观类型脆弱度

不同生态系统对维护生物多样性、保护物种、完善整体结构和功能、促进景观结构自然演替等方面的作用是不同的,同时抵抗外界干扰的能力、对外界的敏感程度也有差别,这种差异性与自然演替过程中所处的阶段有关。人类活动是区域生态系统的主要干扰因素之一,而土地利用变化不仅反映了土地本身的自然属性,也反映了人为因素与自然因素的综合效应。研究中把土地利用类型与景观脆弱性联系,借鉴他人研究成果,对

土地利用类型赋权重,以表示其脆弱程度的大小;未利用地-6,水域-5,耕地-4,草地-3,林地-2,城乡、工矿、居民等建设用地-1,未利用地最为敏感的,城市工矿及居民用地最稳定的,将土地利用类型的权重进行标准化作为该类型景观的脆弱度,未利用地、水域、耕地、草地、林地和建设用地的脆弱度分别为 0.2857、0.2181、0.1905、0.1429、0.0952 和 0.0476。

2.3 景观生态安全分析

利用所建立的景观综合指数,引入景观生态安全指数,将景观结构与区域生态环境状况相联系,把景观的空间结构转化为空间化的生态安全变量。

2.3.1 评价单元的确定

本文采用点状栅格单元与流域面状矢量单元相结合的方法来确定研究区的评价单元,其中以点状栅格单元作为指标因子的数据载体和基本分析单元,用流域为综合评价单元,二者之间用模型予以关联。根据研究区范围和采样的工作量,采用 30km × 30km 的正方形对景观综合指数进行空间化,采样方式为等间距,共有 205 个采样区,计算每一样区的景观安全指数,以此作为样地中心点的生态安全值。

2.3.2 景观生态安全指数

利用采样区的面积与景观面积的比例,计算研究区内生态安全的相对大小,其公式:

$$ES_k = \sum_{i=1}^m \frac{A_{ki}}{A_k} (1 - 10 \times U \times F) \quad (2)$$

式中, ES_k 为第 k 样区景观生态安全指数, k 为从 1 至 205 个采样区, U 为景观干扰指数, F 为景观脆弱度, A_{ki} 为样区内景观面积, i 为景观类型, A_k 为评价单元 k 区的面积, ES_k 越大生态安全程度越高,反之生态安全程度越低。

2.3.3 空间分析方法

区域生态安全指数本身是一种空间变量,空间变化特征具有结构性和随机性,采用地统计学中变异函数的方法,借助半方差函数进行区域生态安全程度的空间分析,计算公式:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_i^{n(h)} [Z(x_i + h)]^2 \quad (3)$$

式中, $r(h)$ 是样本距为 h 的半方差, h 是样本距(变程 lag), $Z(x_i)$ 是位置 x_i 处的数值, $Z(x_i + h)$ 是在距离为 $x_i + h$ 处的数值, $N(h)$ 是间距为 h 的样本的总个数。

3 结果与分析

3.1 景观类型变化特点

对澜江流域 1985 年、1995 年和 2000 年的景观利用类型进行统计与分析,研究区在这 16a 期间各景观利用类型的结构发生了变化。从表 1 和图 1 可知,林地是研究区主要的景观,分布于全区;其次为草地,主要分

表 1 澜沧江流域各年景观利用类型面积及其变化

Table 1 Area and annual change rate of land use in in Lancang River Basin

年份 Year	景观类型 Landscape types	耕地 Farmland	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Water area	建设用地 Construction land	未利用地 Unused land
1985	面积 Area(10^4 hm^2)	234.30	888.93	279.79	7.21	3.96	8.34
	比例 Percent(%)	16.37	62.60	19.68	0.50	0.26	0.59
1995	面积 Area(10^4 hm^2)	220.82	927.33	251.61	6.98	4.12	11.67
	比例 Percent(%)	15.44	65.28	17.70	0.49	0.27	0.82
2000	面积 Area(10^4 hm^2)	235.66	885.30	282.09	7.22	4.64	8.34
	比例 Percent(%)	16.47	62.35	19.78	0.50	0.31	0.59
1985 ~ 1995	年变化率(%/a) Annual change rate	-0.58	0.43	-1.01	-0.32	0.39	3.99
	年变化率(%/a) Annual change rate	1.34	-0.91	2.42	0.69	2.52	-5.70

布在流域中游的东北和西南方向,二者之和约为 80% 以上,该流域是以自然景观为主的区域,耕地主要分布在流域的中下游。1985 ~ 1995 年期间,研究区各景观类型的面积呈“三增三减”变化,1995 ~ 2000 年期间,各景观类型面积呈“四增二减”的变化,对比这二时段的各景观类型的年变化率的绝对值,后一阶段的各景观类型的年变化率均大于前一阶段的值,表明澜沧江流域在 1995 年至 2000 年这 6a 中自然环境受外界的干扰增加;同时,建设用地的年变化率是所有景观类型年变化率变化较快的,也表明了生态环境受人类活动频繁、较强的扰动。

利用 GIS 技术的空间分析功能,将 1985 年、1995 年、2000 年的景观类型分布图相互叠加,揭示各景观类型相互转化程度及方向(图 2)。在 1985 ~ 1995 年期间,耕地、林地、草地、水域、建设用地转化其它景观类型的面积分别为 43.6869×10^4 、 36.5991×10^4 、 60.7877×10^4 、 $0.6090 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $0.3416 \times 10^4 \text{hm}^2$;在 1995 ~ 2000 年期间,这些景观类型转化的面积分别为: 28.6054×10^4 、 75.9797×10^4 、 31.4141×10^4 、 $0.3676 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $0.2328 \times 10^4 \text{hm}^2$,未利用地减少的面积为 $3.3176 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。从图 2 可知,各景观类型相互转化较复杂,既有该类转化为其它类型的转出,又有其它类型转为该类型的转入,表明研究区生态系统既有正向演替又有逆向演替,如草地→林地、耕地→林地、耕地→草地、未利用地→草地、未利用地→林地等转化为生态系统的正向演替,而林地→草地、林地→耕地、林地→建设用地、林地→未利用地、草地→未利用地等转化为生态系统的逆向演替。

在 1985 ~ 1995 年期间,耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地等景观类型的净变化面积(转入面积 - 转出面积)分别为 -13.4775×10^4 、 38.4033×10^4 、 -28.1806×10^4 、 -0.2260×10^4 、 $0.1554 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $3.3274 \times 10^4 \text{hm}^2$;在 1995 ~ 2000 年期间,这些景观类型的净变化面积分别为 14.8343×10^4 、 41.9561×10^4 、 29.6878×10^4 、 0.2427×10^4 、 $0.5187 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $-3.3274 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。在各地类互相转化关系中,耕地、林地、草地三者之间的相互转化率较高,表明研究区在进行生态保护和退耕还林、还草工程取得一定成就,但随着研究区人口的增长和经济的发展,又进行耕地的扩垦来满足当地居民的生活需要;同时,建设用地面积持续增加,其主要来源于耕地,其次为林地和草地的转化,表明人类对研究区的自然生态系统干扰频繁。

3.2 景观生态安全分析

3.2.1 样区的景观生态安全

根据公式(1)和(2)计算澜沧江流域 205 个样区的 1985 年、1995 年和 2000 年的景观生态安全指数,其结果见表 2。各评价单元的生态安全指数存在较大的差异,其变化趋势呈 3 种变化特点,一是生态安全指数呈

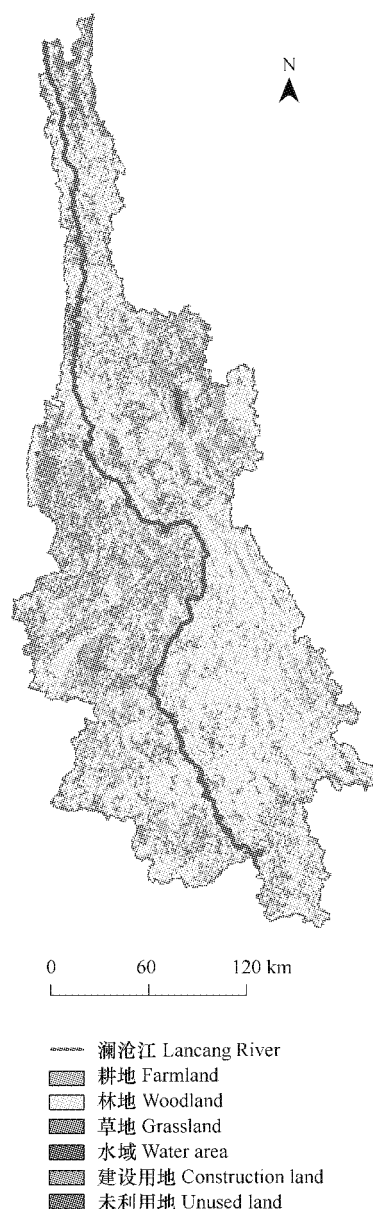


图 1 2000 年澜沧江流域景观类型分布图

Fig. 1 Distribution map of landscape types in 2000

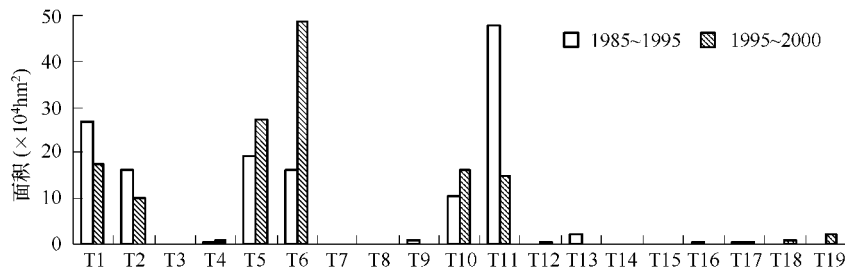


图2 1985 ~ 2000 年景观类型相互转化图

Fig. 2 The transition map of different landscape types during1985 ~ 2000

T1:耕地→林地,T2:耕地→草地,T3:耕地→水域,T4:耕地→建设用地,T5:林地→耕地,T6:林地→草地,T7:林地→水域,T8:林地→建设用地,T9:林地→未利用地,T10:草地→耕地,T11:草地→林地,T12:草地→水域,T13:草地→未利用地,T15:水域→林地,T16:水域→草地,T17:建设用地→耕地,T18:未利用地→林地,T19:未利用地→草地

T1: farmland→woodland,T2: farmland→grassland,T3: farmland→water area,T4: farmland→construction land,T5: woodland→farmland,T6: woodland→grassland,T7: woodland→water area,T8: woodland→construction land,T9: woodland→unused land,T10: grassland→farmland,T11: grassland→woodland,T12: grassland→water area,T13: grassland→unused land,T15: water area→woodland,T16: water area→grassland,T17: constuction land→farmland,T18: unused land→woodland,T19: unused land→grassland

持续降低,二是先增后降,三是先降后增,这3种变化趋势所占的比例分别为52%、33%和15%,澜沧江流域有85%的采样区的景观生态安全指数呈下降趋势。

表2 样区的景观生态安全评价结果

Table 2 The result of ecological security assessment of 205 units

编号 No.	年份 Year			编号 No.	年份 Year		
	1985	1995	2000		1985	1995	2000
n001	0.9145	0.9038	0.9038	n114	0.6442	0.5135	0.5098
n002	0.8546	0.8315	0.8377	n115	0.6155	0.7309	0.5686
...	...	...	...	...	...	...	...
n031	0.8983	0.8748	0.8654	n134	0.4955	0.4849	0.4832
n032	0.8893	0.9059	0.8934	n135	0.6209	0.5628	0.5318
...	...	...	...	...	...	...	...
n050	0.6061	0.4803	0.5985	n153	0.388	0.2984	0.2826
n051	0.5891	0.4828	0.4722	n154	0.5282	0.3634	0.3589
...	...	...	...	...	...	...	...
n073	0.9303	0.8699	0.9063	n175	0.4307	0.4377	0.4373
n074	0.5901	0.6373	0.5933	n176	0.6706	0.5928	0.5916
...	...	...	...	...	...	...	...
n083	0.6742	0.6289	0.5543	n185	0.4874	0.3761	0.3692
n084	0.5396	0.4929	0.4697	n186	0.498	0.448	0.3842
...	...	...	...	...	...	...	...
n102	0.6275	0.6514	0.6514	n204	0.7463	0.7195	0.718
n103	0.9579	0.9623	0.9623	n205	0.8926	0.8788	0.882

3.2.2 景观生态安全空间分异

对1985年、1995年和2000年的205个样区的生态安全指数进行了克吕格插值(图3),1985年、1995年、2000年的景观生态安全等值线在澜沧江流域的上、中、下游分布存在较大差异性,景观生态安全等值线越大,表明生态安全程度越高,反之,生态安全程度越低,相应生态风险就越大。从图3可知,澜沧江流域的景观生态安全等值线在时间、空间格局分布存在较大的差异性和相似性,1985年、1995年、2000年的生态安全等值线最小值分别为0.3、0.2、0.1,从空间分布中以等值线0.6为界,在流域的上、中、下游呈现不同的分布形式,

接彩图 3

下一年的大部分等值线是上一年的等值线演化而来,具有一定的继承性,因生态系统具有一定的稳定性。

生态安全指数等于或大于 0.6 的等值线在 1985 年主要分布于澜沧江流域上游的大部分区域,其在中游呈东南—西北方向分布,在下游的东南端、西北端呈不规则形状分布;在 1995 年,其分布范围主要在流域的中游和沿下游的东南角扩大,而到 2000 年其分布范围缩小,流域边缘的生态安全等值线较高且变化不显著,这与边缘采样网格中景观类型不全,计算的生态景观指数偏高有关。生态安全指数等于或小于 0.5 的等值线在 1985 年主要分布于澜沧江流域的中下游呈西南—东北方向的似“Y”形分布和上游的近椭圆形分布;在 1995 年,其在上游发展成二个近椭圆形,在中下游地区其虽分布范围缩小但在其内部出现生态安全指数小于 0.2 的值;2000 年“Y”形等值线在中游分布范围沿江朝东北方向扩展,并在其内部出现了生态安全指数小于 0.1 值,下游的“Y”形分布范围变化不大,但等值线为 0.4 的范围扩大显著,这些表明中下游的生态安全程度下降速率相对较快。

根据图 3 统计各年各类等值线所占面积的比例(表 3),全流域等于大于 0.6 等值线所占的面积比例从 1985 的 80.61%降低至 2000 年的 61.05%,而小于等于 0.5 的等值线所占的面积由 19.39%上升到 38.95%。在这 16 年间,流域的上、中、下游等于大于 0.6 的等值线面积比例变化存在较大的分异,其比例由 90.14%、88.36% 和 70.49% 分别下降到 73.54%、69.25% 和 49.67%。从生态安全等值线所占的面积比例大小,生态安全程度从大至小的顺序为上游、中游、下游,下游有一半的面积处于等值线小于或等于 0.5 的范围,相应的生态风险呈上升趋势,生态环境质量不容忽视。

表 3 澜沧江流域各年生态安全指数所占面积比例统计表

Table 3 The area proportion of different ES in Lancang River watershed in 1985, 1995, 2000

区域 Region	年份 Year	生态安全指数 ES index								
		0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
澜沧江流域	1985	0.22	11.55	40.46	28.37	16.64	2.28	0.46		
Lancang River	1995	0.43	6.47	43.39	19.00	20.45	7.73	1.88	0.65	
Watershed (LCRW)	2000	0.88	3.57	24.49	32.11	20.70	13.66	3.50	0.84	0.25
澜沧江流域上游	1985	0.04	25.03	30.45	34.63	9.86				
Upper stream of	1995	0.01	3.90	40.01	32.94	22.68	0.46			
LCRW	2000		4.43	37.57	31.53	22.80	3.66			
澜沧江流域中游	1985		7.89	53.50	26.97	8.11	2.49	1.04		
Middle stream of	1995		8.57	59.75	18.45	8.87	2.30	1.01	1.05	
LCRW	2000	0.97	3.23	28.36	36.69	18.68	7.21	2.89	1.40	0.57
澜沧江流域下游	1985	0.49	11.73	30.10	28.17	26.85	2.66			
Down stream of	1995	0.96	5.05	28.01	15.98	31.38	14.98	3.24	0.41	
LCRW	2000	1.02	3.69	17.27	27.70	22.17	22.67	5.00	0.49	

为了进一步定量评价澜沧江流域全区景观生态安全指数,运用等值线数值与其面积比例的加权来计算流域的综合生态安全指数,其公式:

$$GES = \sum_{i=0.1}^{0.9} ES_i \times A_i \quad (4)$$

式中, GES 为综合生态安全指数, ES_i 为 i 类生态安全等值线, A_i 为 i 类生态安全等值线相应的面积比例, i 为各类等值线, 其 $i=0.1、0.2、0.3、\dots、0.9$ 。

从 1985 年至 2000 年期间,澜沧江流域的综合生态安全指数呈减少趋势,其平均以每年 0.69% 的速率下降,生态安全程度降低;该流域的上、中、下游的生态安全指数也呈下降趋势,但下降的幅度不同,平均年递减率分别为 0.51%、0.63% 和 0.80%,因上游海拔多处于 2500~3500m 的高山峡谷景观,地表植被以林地和草地为主,耕地所占的面积比例只有 6%,保存了较多的原生植被,生态系统稳定性较好,受人类活动影响小、干扰程度弱,因此,上游的景观生态安全下降较慢。中游大部地区位于海拔 1665~3000m 之间的中-低山,地表

植被类型主要以林地和草地为主,耕地所占的面积比例为 20%,人类对生态环境的影响比上游大;下游主要位于海拔低于 1665m 的低山丘陵区,此地形易于人类居住,耕地分布较分散,建设用地面积比中、上游面积扩大,人类对生态环境的干扰程度增加,因此,下游的生态安全指数下降较快。从图 3 可知,小于或等于 0.5 的生态安全等值线是沿着澜沧江从下游向中游扩展,这与当地居民沿河谷分布、在山间盆地聚居的“大分散、小聚居”的格局有关,因人类开发活动受到生态阈值的限制,总趋向于聚集在较好的生态环境中,结果造成该地区生态环境容量的超载,生态环境弹性下降,生态安全降低。

表 4 1985 年、1995 年、2000 年澜沧江各流域综合生态安全指数

Table 4 The integrated ES of LC River drainage area from 1985,1995, 2000

年份 Year	澜沧江流域 LC Rive Watershed(LGRW)	澜沧江流域上游 Upper stream of LGRW	澜沧江流域中游 Middle stream of LGRW	澜沧江流域下游 Down stream of LGRW
1985	0.6417	0.6708	0.6531	0.6229
1995	0.6135	0.6243	0.6562	0.5683
2000	0.5711	0.6163	0.5875	0.5432

4 结论与讨论

本文以高山峡谷区的核心区澜沧江流域为典型案例,基于遥感解译数据和 GIS 软件的空间分析功能,以景观干扰指数和景观类型脆弱度为评价指标,从景观类型空间结构变化的角度进行生态安全格局定量分析。结果表明,从 1985 年至 2000 年期间,澜沧江流域各景观类型呈不同的变化趋势,从 1995 年开始,研究区景观类型受人类活动扰动增强;通过图层叠加,各景观类型相互转化较复杂,其中耕地、林地、草地之间相互转化较频繁,表明研究区生态系统在外界因素的影响下既有正向演替又有逆向演替。

在自然与人为因素相互影响下,澜沧江流域景观结构变化导致景观生态安全指数在时空分布特征差异性较强。在这 16a 期间,流域景观生态安全指数呈下降趋势,研究区处于高山峡谷的核心区,人类活动程度受当地的地形、地貌的限制,使澜沧江流域的上、中、下游的景观生态安全指数下降速率分异性较大,其中下游的景观生态安全程度下降较快,其次为中游,在中、下游出现了景观生态安全指数小于 0.3 的区域,此区域范围沿澜沧江从下游向中游扩展,给当地的生态环境保护提出了风险信号;因上游处于高海拔地区,人类对生态环境的干扰较弱,该区域的景观生态安全下降较缓慢且分布形态变化不明显。

以景观格局为指标来评价生态安全只是从景观空间结构的一个角度来评价生态安全格局,没有考虑流域的地形、地貌、水土流失、灾害和社会经济等许多因素,并不具有绝对性,但由于区域景观格局的变化必然会引起生态系统功能的改变,同时,人类的经济开发活动主要是在景观层次上进行,景观成为研究人类活动对环境影响的适宜尺度,也是区域生态环境管理的基础单元。因此,应用景观方法研究生态安全格局是可行的、有效的,可揭示不同景观类型间的迁移转化特征并进一步识别区域生态环境的变化趋势及其内在因素,对区域生态建设和资源开发具有指导意义。澜沧江流域的生态保护与经济发展的问题一直是研究热点,而生态安全是目前研究的重点内容之一,本文运用景观格局指数为评价指标体系对澜沧江流域的生态安全在时空特征进行了分析,为流域的生态建设、社会经济活动提供预警信息,尽量降低由于人类活动引起的生态环境的负荷,从而避免由决策失误而带来的重大生态、经济损失。

References:

- [1] Rogers K S. Ecological security and multinational corporations. Environmental Change and Security Project (ECSP) Report,1997(3):29—36.
- [2] Xiao D, Chen W B, Guo F L. On the Basic Concepts and Contents of Ecological Security. Chinese Journal of Applied Ecology,2002,13(3):354—358.
- [3] Costanza R, Norton B, Haskell B J, eds. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management. Washington D C: Island Press, 1992.
- [4] Dobson A P, Bradshaw A D, Baker A J M. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology. Science,1997,277:515—524.
- [5] Zhao Y Z, Zou X Y, Cheng H, et al. Assessing the ecological security of the Tibetan plateau: Methodology and a case study for Lhaze County.

Journal of Environmental Management, 2006, 80: 120—131.

- [6] Xu L F, Wang K L, Liu X P, *et al.* Evaluation on Agricultural Eco-Security in Dongting Lake Area. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20: 183—187.
- [7] Yu F, Li X B, Wang H, *et al.* Land Use Change and Eco-security Assessment of Huangfuchuan Watershed. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(6): 645—653.
- [8] Luijten J C, Knapp E B, Jones J W. A tool for community-based assessment of the implications of development on water security in hillside watersheds. Agricultural Systems, 2001, 70: 603—622.
- [9] Mische P M. Global Issues Series: Ecological Security & the UN System: Past, Present, Future. Global Education Associations, New York, 1998.
- [10] Guo M, Xiao D N, Li X. Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquanoasis, Heihe River basin. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(2): 457—466.
- [11] Zhang Y F, Ren Z Y. Discussion of the Ways to Quantificational Evaluation and Threshold Value of Regional Ecological Security. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2006, 20(2): 11—16.
- [12] Zuo W, Zhuo H Z, Wang Q. Conceptual Framework for Selection of on Indicator System for Assessment of Regional Ecological Safety. Soils, 2003(1): 2—7.
- [13] Wang J, Lu Y. Evaluation on Ecological Security of Southwest Songnen Plain. China Population, Resources and Environment, 16(3): 308—311.
- [14] Du Q L, Xu X G, Liu W Z. Ecological security assessment for the oases in the middle and lower Heihe River. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(9): 1916—1923.
- [15] Ren Z Y, Huan Q, Li J. Quantitative Analysis of Dynamic Change and Spatial Difference of the Ecological Safety: The Case of Shanxi Province. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(4): 597—606.
- [16] Fang S B, Xiao D N, An S Q. Regional ecosecurity pattern in urban area based on land use analysis: A case study in Lanzhou. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(12): 2284—2290.
- [17] Li X Y, Zhang S W. Analysis on the Dynamic Trend of Ecological Security in the West Part of Jilin Province, China Based on the Landscape Structure. Arid Zone Research, 2005, 22(1): 57—62.
- [18] He D M, Wu S H, Peng H, *et al.* A Study of Ecosystem Changes in Longitudinal Range-Gorge Region and Transboundary Eco-security in Southwest China. Advances in Earth Science, 2005, 20(3): 338—344.

参考文献:

- [2] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容. 应用生态学报, 2002, 13(3): 354—358.
- [6] 许联芳, 王克林, 刘新平, 等. 洞庭湖区农业生态安全评价. 水土保持学报, 2006, 20: 183—187.
- [7] 喻锋, 李晓兵, 王宏, 等. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价. 地理学报, 2006, 61(6): 645—653.
- [10] 郭明, 肖笃宁, 李新. 黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析. 生态学报, 2006, 26(2): 457—466.
- [11] 张艳芳, 任志远. 区域生态安全定量评价与阈值确定的方法探讨. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 11—16.
- [12] 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, 2003(1): 2—7.
- [13] 王娟, 卢远. 松嫩平原西南部生态安全研究. 中国人口. 资源与环境, 2006, 16(3): 308—311.
- [14] 杜巧玲, 许学工, 刘文政. 黑河中下游绿洲生态安全评价. 生态学报, 2004, 24(9): 1916—1923.
- [15] 任志远, 黄青, 李晶. 陕西省生态安全及空间差异定量分析. 地理学报, 2005, 60(4): 597—606.
- [16] 方淑波, 肖笃宁, 安树青. 基于土地利用分析的兰州市城市区域生态安全格局研究. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2284—2290.
- [17] 李晓燕, 张树文. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析. 干旱区研究, 2005, 22(1): 57—62.
- [18] 何大明, 吴绍洪, 彭华, 等. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究. 地球科学进展, 2005, 20(3): 338—344.

布在流域中游的东北和西南方向,二者之和约为 80% 以上,该流域是以自然景观为主的区域,耕地主要分布在流域的中下游。1985 ~ 1995 年期间,研究区各景观类型的面积呈“三增三减”变化,1995 ~ 2000 年期间,各景观类型面积呈“四增二减”的变化,对比这二时段的各景观类型的年变化率的绝对值,后一阶段的各景观类型的年变化率均大于前一阶段的值,表明澜沧江流域在 1995 年至 2000 年这 6a 中自然环境受外界的干扰增加;同时,建设用地的年变化率是所有景观类型年变化率变化较快的,也表明了生态环境受人类活动频繁、较强的扰动。

利用 GIS 技术的空间分析功能,将 1985 年、1995 年、2000 年的景观类型分布图相互叠加,揭示各景观类型相互转化程度及方向(图 2)。在 1985 ~ 1995 年期间,耕地、林地、草地、水域、建设用地转化其它景观类型的面积分别为 43.6869×10^4 、 36.5991×10^4 、 60.7877×10^4 、 $0.6090 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $0.3416 \times 10^4 \text{ hm}^2$;在 1995 ~ 2000 年期间,这些景观类型转化的面积分别为: 28.6054×10^4 、 75.9797×10^4 、 31.4141×10^4 、 $0.3676 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $0.2328 \times 10^4 \text{ hm}^2$,未利用地减少的面积为 $3.3176 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。从图 2 可知,各景观类型相互转化较复杂,既有该类转化为其它类型的转出,又有其它类型转为该类型的转入,表明研究区生态系统既有正向演替又有逆向演替,如草地→林地、耕地→林地、耕地→草地、未利用地→草地、未利用地→林地等转化为生态系统的正向演替,而林地→草地、林地→耕地、林地→建设用地、林地→未利用地、草地→未利用地等转化为生态系统的逆向演替。

在 1985 ~ 1995 年期间,耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地等景观类型的净变化面积(转入面积 - 转出面积)分别为 -13.4775×10^4 、 38.4033×10^4 、 -28.1806×10^4 、 -0.2260×10^4 、 $0.1554 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $3.3274 \times 10^4 \text{ hm}^2$;在 1995 ~ 2000 年期间,这些景观类型的净变化面积分别为 14.8343×10^4 、 41.9561×10^4 、 29.6878×10^4 、 0.2427×10^4 、 $0.5187 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $-3.3274 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。在各地类互相转化关系中,耕地、林地、草地三者之间的相互转化率较高,表明研究区在进行生态保护和退耕还林、还草工程取得一定成就,但随着研究区人口的增长和经济的发展,又进行耕地的扩垦来满足当地居民的生活需要;同时,建设用地面积持续增加,其主要来源于耕地,其次为林地和草地的转化,表明人类对研究区的自然生态系统干扰频繁。

3.2 景观生态安全分析

3.2.1 样区的景观生态安全

根据公式(1)和(2)计算澜沧江流域 205 个样区的 1985 年、1995 年和 2000 年的景观生态安全指数,其结果见表 2。各评价单元的生态安全指数存在较大的差异,其变化趋势呈 3 种变化特点,一是生态安全指数呈



图 1 2000 年澜沧江流域景观类型分布图

Fig. 1 Distribution map of landscape types in 2000

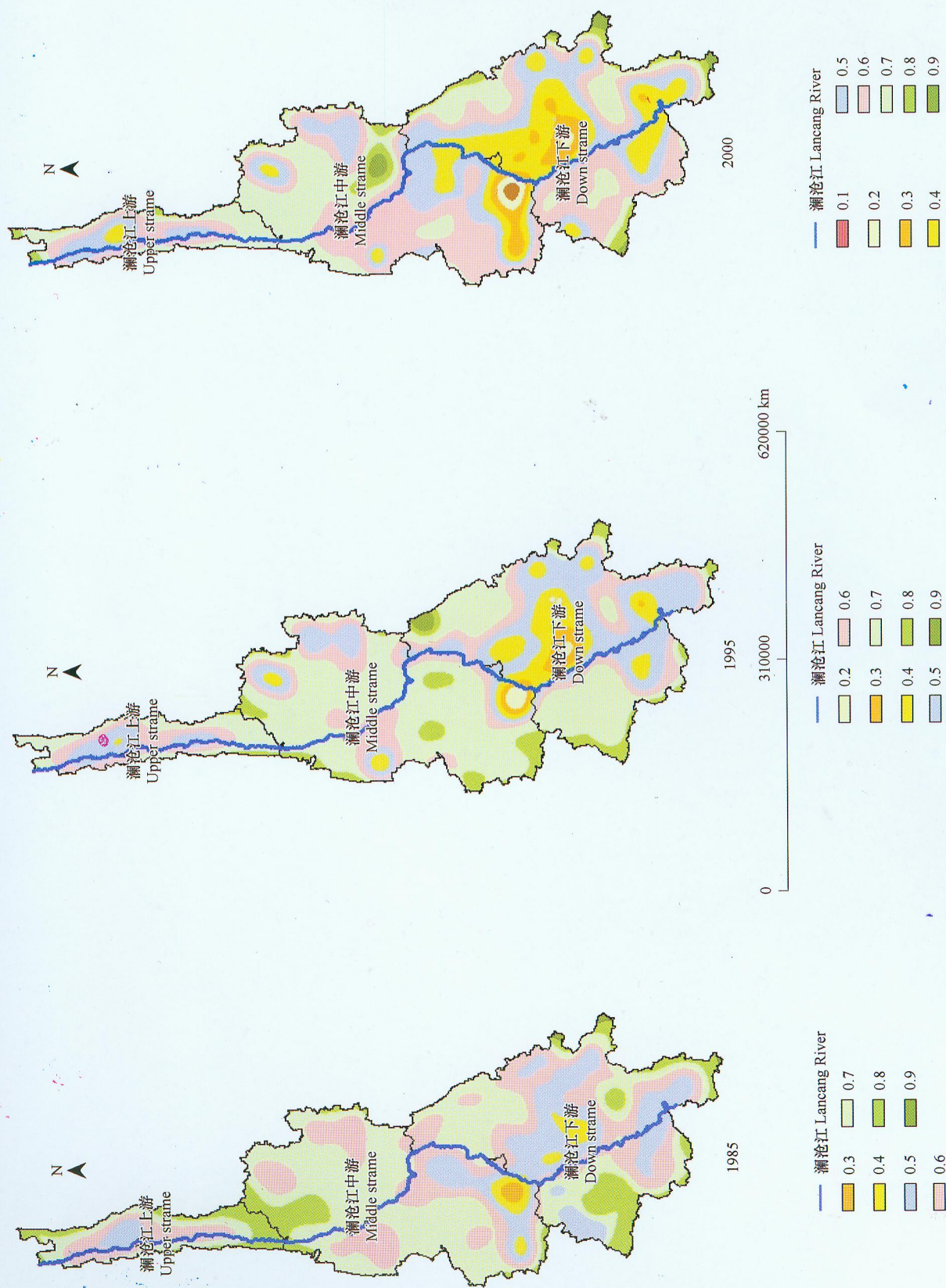


图 3 生态安全指数的克吕格插值空间分布
Fig.3 Distribution of Kriging interpolation for ecological security