

滇西北生态脆弱区土地利用变化 及其生态效应

——以云南省永胜县为例

彭 建, 王仰麟, 张 源, 李卫锋, 吴健生, 陈大为

(北京大学环境学院, 北京 100871)

摘要: 土地利用 / 土地覆被变化及其生态环境效应研究是当前地理学全球变化研究的核心内容, 而生态系统服务功能则是生态学、生态经济学研究的热点问题。作者利用滇西北生态脆弱区——永胜县 1988 年、1994 年和 1999 年的 TM 遥感影像, 采用景观生态学的空间格局指数分析研究区近 10 年来的土地利用动态变化特征, 并以生态系统服务功能衡量相应土地利用类型的相对生态价值, 评价区域土地利用 / 土地覆被变化的生态效应, 尝试将二者有机结合起来。研究表明, 全县景观总体构成表现为景观破碎度较高, 斑块数目较多; 林地和未利用地一直占很大比重, 林地的不断增加与未利用地的迅速减少是研究时段内土地利用变化的突出特征; 研究时段内全县土地利用变化带来了较好的生态效应, 土地利用生态效益持续提高, 并表现出了较大的空间差异。

关键词: 土地利用变化; 生态效应; 生态脆弱区; 云南省永胜县

1 引言

土地利用 / 土地覆被变化是全球环境变化的重要组成部分和主要原因之一^[1], 可持续发展的核心问题^[2], 与人类的未来生存息息相关。自 1995 年“国际地圈-生物圈计划”和“全球环境变化人文计划”联合提出 LUC C 研究计划以来, 迅速引起国际社会与地理学家的广泛关注, LUC C 研究在国内外普遍展开^[3], 业已成为地理学综合研究的国际性前沿课题^[4,5], 学者们不仅关注土地利用 / 土地覆被类型的划分, 典型区域 LUC C 分析与评价, 应用 RS、GIS 技术开展 LUC C 动态监测、评价与制图以及全球 (区域) LUC C 驱动机制与模型预测, 同时也开始重视土地质量变化及其生态环境效应以及土地利用 / 土地覆被的生态环境安全格局。LUC C 不仅带来地表景观结构的巨大变化, 而且影响景观的物质循环和能量流动, 对区域生物多样性和重要生态过程影响深刻。研究 LUC C 对生态环境的影响过程对于了解区域生态环境变化、维持生态平衡, 促进区域经济与环境的协调发展, 具有重要意义。但国际上现有研究计划大多侧重 LUC C 的全球变化影响和响应, 尤其对气候变化和痕量气体排放的影响^[6,7], 缺乏对区域生态环境和生态过程的影响研究^[8,9]。因此, 典型区域 LUC C 生态环境效应的分析评价, 尤其是对重要生态过程的影响研究, 是当前 LUC C 研究的重点与热点。

格局与过程是景观生态学研究的核心内容^[10], LUC C 的生态环境效应研究即属景观生态学的格局与过程研究范畴。LUC C 着重探讨景观格局的度量变化, 生态效应则侧重评

收稿日期: 2004-03-17; 修订日期: 2004-05-20

基金项目: 国家重点基础研究项目 (G2000046807); 国家自然科学基金重点项目 (90102018) [Foundation: Major State Basic Research Development Program of China, No.G2000046807; National Natural Science Foundation of China, No. 90102018]

作者简介: 彭建 (1976-), 男, 四川成都人, 博士研究生。主要从事景观生态与土地利用的学习与研究。E-mail:

jianpeng@hotmail.com

价景观生态系统的功能变化,属景观过程研究。而景观格局分析中的多样性、破碎度、聚集度等景观指数,可在一定程度上从空间格局反映景观功能的变化。因此,LUCC生态环境效应的分析评价包括三大层次:其一,是LUCC对区域气候、土壤、水文等生态环境要素的单因素分析评价;其二,则是构建评价指标(体系),综合定量评价LUCC生态环境效应;其三,就是探讨景观格局指数的生态意义,从空间格局角度评价LUCC的生态效应,探讨景观格局与生态过程的相互影响机理。但国内外现有LUCC生态环境效应的研究主要集中于环境要素的单因素定性相关分析,如LUCC对区域气候、水文水资源、土壤以及生物多样性和生物地球化学循环等的影响研究^[8,9,11-17],缺乏对LUCC生态环境效应的综合定量分析和评价,对重要生态过程的影响机理分析更是少有旁及。近年来,已有学者开始从空间格局探讨LUCC的景观生态效应^[18],也有学者对土地利用类型定量赋值,综合评价LUCC的生态环境效应^[19],但采用专家打分赋值的方法缺乏实证依据。

生态系统服务功能指生态系统与生态过程形成与维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用^[20]。Costanza等人测算了全球16个不同土地利用/土地覆被类型对应生态系统的服务功能的经济价值^[21],可以依据这些价值之间的比例关系,对区域土地利用类型的生态质量赋值,综合、客观评价LUCC的生态效应。因此,本研究将以地处滇西北生态脆弱区的永胜县为研究区,应用1988年、1994年和1999年的TM遥感影像,采用景观生态学的空间格局指数分析研究区近10年来的土地利用动态变化特征,并参照Costanza等人对全球不同生态系统类型服务功能价值测算结果的比例关系,对区域土地利用类型的生态质量赋值,定量综合评价区域LUCC的生态效应。

2 区域概况与研究方法

2.1 研究区概况

云南省永胜县位于东经100°22'~101°11',北纬25°59'~27°04'之间。地势北高南低,地处滇西北从云南高原向青藏高原,由低海拔向高海拔过渡的地形地貌过渡带上的生态脆弱区域。属低纬高原季风气候,冬春干旱、夏秋多雨、雨热同季。全县辖18个乡镇,东西长82 km,南北宽140 km,土地总面积4 950 km²,其中山地面积占92.42%,区内土壤贫瘠,水土流失严重,高寒山区占全县总面积近1/3,年均降雨量1 000 mm左右,年均气温7.9~10.5℃,光热资源不足。永胜大农业开发有一定基础,但二、三产业发展不足,1999年全县人均GDP仅2 033元,一、二、三次产业结构为2:1:2,经济很不发达,全县共有省级扶贫乡6个,贫困人口8.3万人。截至1999年末,全县总人口375 133人,其中,农业人口占93.5%,少数民族人口占30.46%,以回、彝等少数民族为主。

2.2 数据来源与处理

研究区土地利用变化数据主要来源于1988年、1994年和1999年3期TM影像解译数据,并结合永胜县1993年、2000年土地利用现状图(1:75 000)、永胜县行政区划图(1:500 000),以及实地调查和社会经济相关资料,对部分地区土地利用类型进行修正。

为便于土地利用变化的生态效应分析,土地利用类型的划分以生态系统类型为基础,并结合我国土地利用现状分类系统,根据研究区土地利用现状和土地资源特点,分成水田、旱地、林地、迹地、水体、城建用地和未利用地7种类型,其中,迹地上覆物以草本植物为主,但尚未达到疏林地标准,包括森林采伐迹地和火烧迹地。

2.3 土地利用变化分析

运用ERDAS软件,采用监督分类和目视修正相结合的方法,获得不同时期土地利用类型图,建立GIS数据库。应用景观生态学的空间格局分析方法,采用景观格局分析软件FRAGSTATS,计算研究区各时段景观格局指数与景观组分转移矩阵,分析土地利用

的景观格局特征及其演变。本研究分别选取景观多样性指数、蔓延度指数、破碎度指数和面积加权平均斑块分维数，对景观空间格局进行度量和分析。上述指数的计算方法与生态意义详见相关文献^[22-25]。土地利用变化过程实质上包括不同景观组分之间复杂的相互转化过程。景观格局指数动态变化，可有效揭示各土地利用类型及景观整体的集合变化特征，但无法真实反映不同土地利用类型相互转移的细节信息。多时段土地利用类型转移概率的比较分析，可以较好地反映土地利用动态变化过程，并为远景土地利用结构预测提供有价值的信息。本研究在遥感影像解译基础上，运用 GIS 技术对不同时期的土地利用类型图进行空间叠加运算，即对于任意两期的土地利用类型图 A_{ij} 和 B_{ij} 运用式 (1) 的地图代数方法，可以求得由 A 时期到 B 时期的土地利用变化图 C_{ij} ，它反映了土地利用变化的类型及其空间分布。据此可求出各时期土地利用类型转移矩阵，对永胜县土地利用类型转移模式及动态变化进程进行初步分析。

$$C_{ij} = A_{ij} \times 10 + B_{ij} \quad (\text{土地利用类型} < 10 \text{ 时适用}) \quad (1)$$

2.4 土地利用变化的生态效应评价

首先，以生态系统服务功能衡量相应土地利用类型的相对生态价值，建立土地利用 / 土地覆被与区域生态质量的关联。依据 Costanza 等人对全球不同生态系统类型服务功能价值测算结果的比例关系，对不同土地利用类型的生态质量在 [0, 1] 区间内赋值，定义为不同土地利用类型的相对生态价值，反映单位面积不同土地利用类型的生态价值之间的比例关系；其次，由于研究区的土地总面积是不变的，可对研究区各土地利用类型的面积比例，依据其相应的相对生态价值进行加权求和，得到区域土地利用的总体生态价值，定量表征一定土地利用格局下区域生态质量的总体状况；最后，依据研究时段内区域土地利用总体生态价值在不同时期的数值差异，定量综合评价区域土地利用 / 土地覆被变化的生态效应。在应用生态系统服务功能衡量不同土地利用类型的相对生态价值中，由于 Costanza 等人的测算中某些数据可能存在较大偏差，如对湿地又偏高，对耕地的估计过低^[26]，还未能区分出水田与旱地，与我国生态系统服务功能的实际情况不相吻合。因此，参照 Costanza 等测算的全球不同生态系统类型服务价值的平均值之间的比例关系，结合研究区的实际情况，确定不同土地利用类型的相对生态价值 (表 1)，即以林地的生态价值为最高，将其相对生态价值赋为 1.0；迹地依其与林地生态服务功能的全球平均值之间的比例关系，赋值为 0.768；水田的生态价值明显高于旱地，二者的赋值在全球耕地平均生态系统服务功能价值比例的基础上，依研究区现状有所调整；由于研究区水体 (主要为河流与湖泊) 内部物种构成较为单一，生态系统结构相对简单，实际生态系统服务功能低于林地，其赋值相应降低；而城建用地与未利用地因为 Costanza 等人研究中缺乏相关数据而未进行估价，其赋值参照当地实际及与其他土地利用类型生态价值的比例关系而定。

3 结果分析

3.1 土地利用变化

3.1.1 土地利用变化总体特征 各研究时段内，永胜县农业景观的基本用地特征变化不大，只是各用地类型的面积随时间推移呈现不同程度的增减：城建用地、林地、迹地与

表 1 永胜县不同土地利用类型的相对生态价值

Tab. 1 Relative ecological value of different land use types in Yongsheng county

土地利用类型	水田	旱地	林地	迹地	水体	城建用地	未利用地
全球平均值 (USD/hm ² ·a)	92	92	302	232	8498	—	—
相对生态价值	0.325	0.295	1.0	0.768	0.782	0.015	0.035

注：“—”表示在 Costanza 等人的研究中未计算其生态系统服务价值。

表 2 1988~1999 年永胜县土地利用变化总体特征

Tab. 2 Land use change in Yongsheng county, 1988~1999

斑块特征	水田	旱地	林地	迹地	城建用地	水体	未利用地	总计	
斑块数	1988	35584	40607	62950	6380	3680	4584	87361	241146
	1994	43900	51114	58061	10109	6334	3914	100101	273533
	1999	51186	58649	57433	22758	7697	4284	101535	303542
斑块总面积 (%)	1988	7.74	5.52	42.23	0.52	0.38	2.06	41.55	100
	1994	7.73	6.27	48.71	1.05	0.63	2.03	33.58	100
	1999	7.49	7.79	51.87	2.64	0.91	2.03	27.27	100
平均斑块面积 (hm ²)	1988	1.0685	0.6681	3.2980	0.4014	0.5063	2.2132	2.3382	2.0386
	1994	0.8660	0.6028	4.1241	0.5107	0.4874	2.5523	1.6492	1.7972
	1999	0.7192	0.6531	4.4396	0.5705	0.5804	2.3347	0.013202	1.6195
平均斑块周长 (km)	1988	0.362839	0.311354	0.847830	0.204263	0.195212	0.781950	0.619758	0.575063
	1994	0.304268	0.278641	0.923360	0.230610	0.180592	0.914808	0.491566	0.502583
	1999	0.318644	0.291149	0.908203	0.271350	0.215063	0.821429	0.403803	0.454291

旱地持续增加；水体、水田面积略有减少；未利用地面积迅速减少(表 2)。同时，景观总体构成的基本特征变化不大，表现为斑块数目较多，平均斑块面积和平均斑块周长都很小。这主要是由于永胜县地处滇西北生态脆弱区，沟谷深切，地形破碎，相邻地区水热状况因地形地貌的不同而存在较大差异，景观类型也因此不同，难形成面积较大的斑块。

各景观组分中，林地的平均斑块面积和平均斑块周长都是最大的，总面积增大而斑块数减少。大斑块林地增加的主要原因是人工造林和对原有林地的保护，原有林地之间的其他类型斑块转变成了林地，使林地的斑块数减少而平均斑块面积增大。水田的总面积变化较小，但斑块数显著增加，平均斑块面积也呈下降趋势。这说明原有一部分水田已被侵占，大斑块的水田被其他的景观组分所分割，新开垦的水田只能选择在那些零星分布的水热条件适宜的小斑块上。旱地的面积和斑块数有显著增加，但平均斑块面积和平均斑块周长变化不明显，表明研究时段内一直有新开垦的旱地出现。迹地是永胜县的一种特殊景观组分，主要是林地在刀耕火种或天然山火的作用下形成的。1988~1999 年，迹地面积增加了 5 倍多，平均斑块面积则增加不多，表明迹地仍有继续增加的趋势。城建用地的变化主要表现在总面积和斑块数的增加，平均斑块面积和平均斑块周长都没有明显的变化趋势，表明城建用地新生斑块在空间上的分散布局。水体的总面积变化不大，但斑块数有一定波动，平均斑块面积和平均斑块周长随之先升后降，说明水体与其他用地类型的转换主要在小斑块内完成，大面积的水体面积变化甚微。

由于其他景观组分的增加，未利用地的面积明显减少，斑块数增加，平均斑块面积和平均斑块周长显著降低，表明未利用地在向其他景观组分转化过程中，原有的斑块被分割，景观组分破碎化程度增大。

3.1.2 土地利用类型转移矩阵分析

析永胜县 1988~1994 年，1994~1999 年两个时段的土地利用类型转移矩阵

(表 3、表 4)，可以得出以下结论：

(1) 水体是相对稳定的土地利用类型，向其他土地利用类型转化的面积只占很小比例(10%左右)，水田和未利用地是水体转移的主要方向。(2) 水田和旱地均属变化较大的土地利用类型(变化率 40%~70%)，与未利用地之间的相互转化占了相当比例(每一时段

表 3 1988~1994 年永胜县土地利用类型转移矩阵(单位：%)

Tab. 3 Land use transition matrix of Yongsheng county, 1988~1994

	水体	水田	旱地	城建用地	林地	迹地	未利用地
水体	90.04	3.02	0.41	0.45	0.80	0.17	5.11
水田	0.55	54.64	6.86	4.02	4.45	0.08	29.39
旱地	0.15	10.28	30.63	0.55	13.52	0.11	44.76
城建用地	1.63	37.55	0.41	40.94	3.10	0.57	15.80
林地	0.04	0.26	2.21	0.01	84.59	1.25	11.64
迹地	0.13	3.21	10.35	0.16	48.73	7.53	29.89
未利用地	0.23	6.28	7.34	0.28	27.95	1.12	56.80

注：在表中 P 行表示的是 k 时期的土地利用类型转变为 k+1 时期各种类型的面积比例(下同)。

约 30%的水田、旱地转为未利用地，5%~10%的未利用地转为水田、旱地)，也有一部分转化为城建用地和林地。这表明，永胜县耕地面积中有近半数都是不稳定的。土壤质量低，弃耕地和新开垦耕地共存的局面持续出现，构成滇西北生态脆弱区土地利用的典型特征。(3) 城建用地面积一直呈上升趋势，很大一部分是由水田转化而来，但城建用地在空间上仍然表现出一定的转移，向水田和未利用地的转化是其主要方向。每一时段多达 35%以上的城建用地转化为水田，说明废弃城建用地的利用得到了很大重视。(4) 林地主要向未利用地、旱地和迹地转化。原有林地的破坏导致了未利用地的形成，人口的压力则使人们不得不将一部分林地开垦为耕地。迹地的形成则主要源于原始刀耕火种的耕作方式，与天然山火、病虫害等原因。而未利用地向林地的转化则是当地积极推行天然林保护与人工植树造林工作的结果。

表 4 1994~1999 年永胜县土地利用类型转移矩阵 (单位: %)

Tab. 4 Land use transition matrix of Yongsheng county, 1994~1999

	水体	水田	旱地	城建用地	林地	迹地	未利用地
水体	92.76	4.01	0.10	0.53	0.49	0.29	1.82
水田	0.81	52.39	6.25	4.84	2.58	0.86	32.27
旱地	0.08	2.60	45.63	0.08	15.58	0.21	35.83
城建用地	0.92	35.39	1.45	49.36	1.90	0.36	10.62
林地	0.02	0.44	2.67	0.07	88.07	1.93	6.79
迹地	0.12	0.48	4.00	0.14	34.98	26.34	33.94
未利用地	0.19	8.20	9.22	0.51	22.05	3.98	55.86

3.1.3 景观整体多样性变化特征 景观多样性反映了景观组分的多少和各景观组分所占比例的差异，一般来说，其值越大，景观内各组分所占比例越均匀。总体而言，全县景观多样性程度较低，各类景观组分面积比例差异较大，景观多样性指数在研究时段内呈持续上升趋势(表 5)，表明景观整体结构逐步在向均衡化的方向发展。

研究时段内，林地一直是占主导地位的景观组分，面积比重在 40%以上，未利用地次之，而未利用地面积的迅速减少与林地面积的不断增加，导致了各景观组分的均匀度呈缓慢上升趋势。1988 年，林地和未利用地的面积比重合计超过 80%，其他用地所占比例很小；1994 年，林地面积增加而未利用地面积减少，旱地、城建用地和迹地均有增加；1999 年，旱地、城建用地和迹地面积继续增加，林地面积增加速度减缓，未利用地所占比重明显减少，各景观组分所占比例的差异缩小较大，景观多样性指数增加。

3.1.4 景观空间构型变化特征 蔓延度反映景观中不同组分的团聚程度，取值大表明景观由少数团聚的大斑块组成，取值小表明景观由许多分散的小斑块组成。研究区景观蔓延度指数处于中等(表 5)，表明少数大斑块团聚(主要是林地、未利用地斑块)现象的存在，但团聚程度不高；而研究时段内该指数呈持续递减趋势，说明景观受少数大斑块控制的程度随时间推移有所减弱。景观整体破碎度，在一定程度上反映了人为活动对景观的干扰程度。永胜县的整体破碎化程度呈上升趋势，表明永胜县域景观演化过程中人为干扰强度的不断加大(表 5)。

比较各景观组分的破碎度指数(表 6)，可以看出，旱地、水田、城建用地、迹地和未利用地受人为活动干扰较强，破碎度指数均呈上升趋势。水体的破碎度指数先减后增，而林地的破碎度指数则呈下降趋势。受人为干扰的景观组分的破碎度增加，表明了人为干扰活动具有随机性，使景观由连续、均质的整体变为不连续、复杂的斑块镶嵌体。但受人为活动影响最强的城建用地的破碎度却并不是最高的，反而低于旱地、水田和未利用地等受中等程度人为干扰景观组分的破碎度，这与永胜县地处滇西北生态脆弱区，地形破碎，社会经济不发达，城镇建设用地比例较小不无关系。旱地、水田破碎度指数的不断增加，源于县域破碎化的地形对农业发展的制约，而农业用地形态的日趋破碎，更不利于永胜农业的集约化经营。未利用地的显著减少，使其原本团聚的大斑块被其他类型斑块分割，

表 5 1988~1999 年永胜县景观整体格局指数变化

Tab. 5 Change of landscape metrics in the whole landscape in Yongsheng county, 1988~1999

景观整体格局指数	1988	1994	1999
景观多样性	1.21500	1.24700	1.30600
景观蔓延度	0.58715	0.57790	0.55998
景观破碎度	0.04415	0.05008	0.05557

表 6 1988~1999 年永胜县景观类型格局指数变化

Tab. 6 Change of landscape metrics of landscape elements in Yongsheng county, 1988~1999

景观类型格局指数	水田	旱地	林地	迹地	城建用地	水体	未利用地	
景观破碎度	1988	2997.248	5470.184	1717.859	1430.493	654.1576	186.4088	3362.625
	1994	4562.356	7631.486	1267.062	1781.496	1169.594	138.0167	5462.703
	1999	6405.367	8082.085	1164.287	3590.219	1193.539	165.1433	6921.792
面积加权	1988	1.177	1.126	1.266	1.091	1.102	1.257	1.232
平均斑块	1994	1.155	1.121	1.317	1.108	1.102	1.260	1.199
分维数	1999	1.151	1.127	1.316	1.122	1.118	1.259	1.184

破碎度指数相应增加。而林地面积的增加与斑块数目的减少,说明新造的人工林将原有的小斑块林地联结起来,景观连接度上升,破碎度相应下降。

3.1.5 斑块形状变化特征 分维数反映一定观测尺度上斑块与景观格局的复杂程度,其值越低,斑块形状越有规律,斑块受干扰程度越大。面积加权平均斑块分维数在对各个斑块的分维数进行平均时以面积为基准进行加权,主要反映大斑块形状的变化趋势,因此比分维数更能反映景观格局的变化。研究区面积加权平均斑块分维数较大的景观组分是林地、水体和未利用地(表 6),他们是受人类活动影响较小的景观组分类型;水田、旱地、城建用地和迹地等受人类活动影响较大的景观组分分维数较小,斑块形状更为简单、规则。林地的面积加权平均斑块分维数在研究时段内呈上升趋势,既与林地变化受森林自然演替过程影响较大有关,也与研究区地形复杂,生境较为破碎不无联系。迹地的面积加权平均斑块分维数上升则源于两方面的原因,一是自然过程形成的迹地比重在上升,二是刀耕火种作为一种较为无序的人为干扰活动,也可能导致迹地分维数的上升。

3.2 土地利用变化的生态效应

3.2.1 整体生态效应 永胜县土地利用生态价值整体属于中等(表 7),且在研究时段内不断增大,年均增长 2.07%,表明区域土地利用变化带来了较好的生态效应,土地利用整体生态效益持续提高,景观生态系统结构不断优化,景观功能逐步完善,脆弱生态环境得以部分改善,基本符合当地的实际情况。而研究区同期国内生产总值增加了 322.16%,年均增长 29.29%,说明区域社会经济的快速发展并未以生态环境的恶化为代价,其发展模式是可持续的。

3.2.2 生态效应的空间分异 研究时段内各乡镇间土地利用的总体生态价值高低悬殊,差异较大,但相对差异在逐步缩小(表 7)。1988 年全县极大值是极小值的 4.81 倍,1994 年减为 3.22 倍,1999 年再降为 3.0 倍。并且,运用统计分析软件 SPSS11.0 for windows 对永胜县 18 个乡镇 1988 年、1994 年与 1999 年 3 期土地利用生态价值进行聚类分析,采用群间聚类法,平方差距离取 3.9,可将 18 个样本分为五类,即松坪乡和东山乡组成一类,属土地利用生态价值的高值区;永北镇、大安乡、程海乡、顺州乡、仁和镇、六德乡、东风乡、羊坪乡和光华乡构成一类,属土地利用价值较高区;金官镇自成一类,为土地利用价值的中值波动区;期纳镇、梁官镇、片角乡、板桥乡和太极乡构成一类,属土地利用价值较低区;涛源乡自成一类,属土地利用价值的低值区。

从研究时段各乡镇土地利用总体生态价值的变化来看,永胜县土地利用变化的生态效应主要包括三种变化类型区(图 1): (1) 持续增长区,土地利用生态价值在研究时间段内不断增加,包括永北镇、梁官镇、期纳镇、仁和镇、程海乡、涛源乡、片角乡、太极乡、顺州乡、板桥乡、六德乡和大安乡等 12 个乡镇,总人口 288 345 人,总面积 3 306.28 km²,分别占全县的 76.86%和 66.79%。本区土地利用生态价值的持续增长,主要源于林地的不断增加与未利用地比例的持续下降。(2) 先降后升区,土地利用生态价值在 1988~1994 年下降,1994~1999 年上升,但整个研究期仍表现为生态价值的下降,包括金官镇、松坪乡和光华乡 3 个乡镇,总人口 60 135 人,总面积 586.05 km²,分别占全县的

表 7 1988~1999 年永胜县土地利用总体生态价值变化

Tab. 7 Change of ecological values of land use in Yongsheng county, 1988~1999

	1988 年	1994 年	1999 年	1994-1988 年 变差 (%)	1999-1994 年 变差 (%)	1999-1988 年 变差 (%)
全县	0.4984	0.5665	0.6118	13.65	8.01	22.76
永北镇	0.5248	0.5491	0.6292	4.64	14.58	19.90
金官镇	0.5446	0.4166	0.5012	-23.51	20.31	-7.97
梁官镇	0.3192	0.4124	0.4251	29.22	3.06	33.17
斯纳镇	0.3207	0.3834	0.4334	19.55	13.03	35.13
仁和镇	0.5682	0.6093	0.6909	7.23	13.40	21.59
东山乡	0.7590	0.8376	0.8268	10.35	-1.29	8.93
东风乡	0.6134	0.6649	0.6588	8.40	-0.93	7.40
光华乡	0.7089	0.5741	0.6314	-19.01	9.97	-10.93
六德乡	0.5711	0.6306	0.6632	10.41	5.17	16.12
大安乡	0.5386	0.5893	0.6359	9.40	7.92	18.06
太极乡	0.1690	0.3951	0.5804	133.82	46.91	243.50
松坪乡	0.8122	0.7510	0.7764	-7.54	3.38	-4.42
板桥乡	0.2617	0.4468	0.5216	70.70	16.75	99.30
涛源乡	0.1765	0.2600	0.2756	47.31	6.00	56.15
片角乡	0.2653	0.4255	0.4957	60.38	16.48	86.81
程海乡	0.4923	0.5973	0.6706	21.31	12.27	36.20
羊坪乡	0.5954	0.7336	0.7036	23.22	-4.10	18.16
顺州乡	0.4910	0.6005	0.6268	22.31	4.38	27.67

16.03%和 11.84%。本区生态价值的先降后升，主要源于当地经济林木的砍伐与社区薪炭林的采集，导致林地 在 1988~1994 年的大量减少，转变为未 利用地；以及后期的植树种草、开荒 种地，使未利用地数量在 1994~1999 年迅速减少，回落到 1988 年的水平， 但仅有一半左右转变为林地，其余转 变为迹地、水田、旱地与水体；因此， 总的生态价值仍低于 1988 年的水平。

(3) 先升后降区，土地利用生态价值在 1988~1994 年上升，1994~1999 年下 降，但整个研究期内仍表现为生态价 值的上升，包括东山乡、羊坪乡和东 风乡 3 个乡，总人口 26 653 人，总面 积 1 057.67 km²，分别占全县的 7.11% 和 21.37%。本区生态价值的先升后 降，主要由于当地的荒地开垦、植树 种草，使未利用地在 1988~1994 年大 量减少，分别转变为林地、耕地与迹 地；而在 1994~1999 年，社区薪炭林 的采集使部分林地转变为迹地，降水 等农业自然资源的限制则使部分水田 转移为旱地；因此，总的生态价值仍 高于 1988 年的水平。

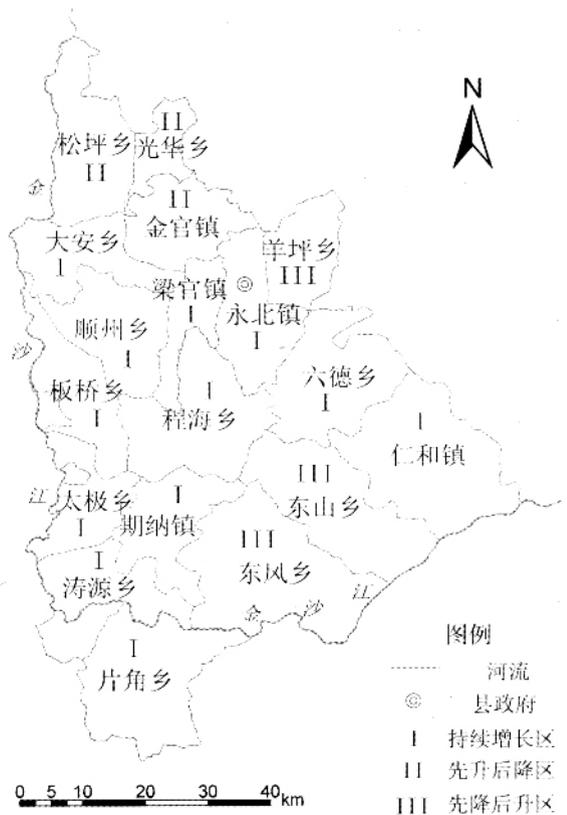


图 1 永胜县土地利用生态价值变化类型分区图

Fig. 1 Regional difference of ecological value change of land use in Yongsheng county

4 结论与讨论

4.1 主要结论

(1) 近 10 年来, 永胜县农业景观的基本用地特征变化不大, 林地和未利用地一直占很大比重, 林地的不断增加与未利用地的迅速减少是土地利用变化的突出表现。全县景观总体构成表现为景观破碎度较高, 斑块数目较多, 平均斑块面积和平均斑块周长都很小。研究时段内土地利用类型转移矩阵的分析表明, 受自然条件限制, 永胜县耕地与未利用地之间的相互转化较多, 稳定不变的耕地所占比例不大, 而城建用地的增加主要来自于水田和未利用地; 未利用地大量减少, 向其他各种景观组分都有不同程度的转移。

(2) 应用景观格局指数对全县景观整体多样性、景观空间构型与斑块形状特征进行研究, 结果表明: 景观多样性程度较低, 持续上升; 景观整体破碎度指数不断增加, 蔓延度指数持续递减; 旱地、水田、城建用地、迹地和未利用地的破碎度指数持续上升, 水体破碎度指数先减后增, 林地破碎度指数持续下降; 林地、迹地、城建用地的面积加权平均斑块分维数持续上升, 水田、未利用地的面积加权平均斑块分维数持续下降, 水体、旱地的面积加权平均斑块分维数则分别先升后降、先降后升。

(3) 从研究时段内景观格局特征及其变化趋势还可看出, 人类活动是永胜县土地利用变化的主要驱动力, 天然林保护、植树造林、开垦荒地, 导致未利用地的迅速减少与林地的不断增加; 地形地貌、热量等自然环境要素则是土地利用变化的重要限制因素, 沟谷深切、地形破碎, 决定了研究区小面积斑块的主导地位与较高的景观破碎度, 而土壤质量低, 导致弃耕地和新开垦耕地共存的局面持续出现。

(4) 研究同时表明, 永胜县土地利用变化带来了较好的生态效应, 土地利用总体生态价值年均增长 2.07%, 土地利用的生态效益持续提高。全县各乡镇土地利用的生态价值(数量及其变化)表现出较大的空间差异, 说明应用 Costanza 等人测算的全球生态系统服务功能价值比例关系, 对土地利用类型赋值衡量土地利用的相对生态价值, 从而定量、综合评价 LUCC 的生态效应, 是切实可行的。而不同类型区(数值类型区或变化类型区)土地利用变化生态效应的提高, 其对策核心仍在于通过产业结构调整加强对土地利用类型转变的宏观调控, 尤其杜绝未利用地的增加, 严格限制林地与水体的减少; 同时, 通过加强农田水利基本建设、城镇绿化、控制河湖富营养化与林草天然封禁等微观措施, 进一步提高各用地类型自身的生态价值。

4.2 问题讨论

(1) 采用 Costanza 等人测算的全球生态系统服务功能价值, 毕竟不能精确反映研究区土地利用的生态价值, 因此, 测算中国, 尤其是研究区的生态系统服务功能价值, 是下一步的工作重点。同时, 研究区土地利用类型的划分, 应进一步细化, 如林地可细分为有林地、疏林地与灌木林地等, 以精确确定不同土地利用类型的相对生态价值。

(2) 区域土地利用类型的转变, 不仅取决于人类自身的土地利用需求, 还受制于不同空间位置地块土地利用的适宜性。因此, 并非某一土地利用类型的相对生态价值越大, 该土地利用类型就越多越好, 区域土地利用变化生态效应的综合评价还应结合土地利用的适宜性评价, 分析研究区不同位置地块的土地利用适宜性, 确定区域土地利用生态价值的理论最大值, 探讨土地利用类型之间合理的空间组合与分布。

(3) LUCC 生态环境效应的分析评价包括 3 大层次: 其一是 LUCC 对区域气候、土壤、水文等生态环境要素的单因素评价; 其二是构建评价指标, 综合定量评价 LUCC 生态环境效应; 其三是探讨景观格局指数的生态意义, 从空间格局角度评价 LUCC 的生态效应, 探讨景观格局与生态过程的相互影响机理。本研究属第二层次评价, 区域不同土地利用类型组合的空间格局对景观功能、过程影响的机理性评价是进一步的研究方向。

参考文献 (References)

- [1] Chen Baiming, Liu Xinwei, Yang Hong. Review of most recent progress of study on land use and land cover change. *Progress in Geography*, 2003, 22(1): 22-29. [陈百明, 刘新卫, 杨红. LUCC 研究的最新进展评述. *地理科学进展*, 2003, 22(1): 22-29.]
- [2] Liu Yansui, Chen Baiming. The study framework of land use/cover change based on sustainable development in China. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 324-330. [刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用 / 覆被变化研究. *地理研究*, 2002, 21(3): 324-330.]
- [3] Li Xiubin. A review of the international researches on land use/land cover change. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(6): 553-557. [李秀彬. 全球环境变化的核心领域——土地利用 / 土地覆被变化的国际研究动向. *地理学报*, 1996, 51(6): 553-557.]
- [4] Leng Shuying, Song Changqing, Zhao Chunian et al. Consideration on key projects of the Tenth Five-Year Plan on geography. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(6): 751-754. [冷疏影, 宋长青, 赵楚年等. 关于地理学科 "十五" 重点项目的思考. *地理学报*, 2000, 55(6): 751-754.]
- [5] Cai Yunlong. A study on land use/cover change: the need for a new integrated approach. *Geographical Research*, 2001, 20(6): 645-652. [蔡运龙. 土地利用 / 土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径. *地理研究*, 2001, 20(6): 645-652.]
- [6] Turner B L. The sustainability principle in global agendas: implication for understanding land use/land cover change. *The Geographical Journal*, 1997, 163(2): 133-140.
- [7] Dale V H. The relationship between land use change and climate change. *Ecological Application*, 1997, 7(3): 753-769.
- [8] Fu Bojie, Chen Liding, Ma Keming. The effect of land use change on the regional environment in the Yangjuangou catchment in the Loess Plateau of China. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(3): 241-246. [傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响——以延安市羊圈沟流域为例. *地理学报*, 1999, 54(3): 241-246.]
- [9] Guo Xudong, Chen Liding, Fu Bojie. Effects of land use/land cover changes on regional ecological environment. *Advances in Environmental Sciences*, 1999, 7(6): 66-75. [郭旭东, 陈利顶, 傅伯杰. 土地利用 / 土地覆被变化对区域生态环境的影响. *环境科学进展*, 1999, 7(6): 66-75.]
- [10] Wang Yanglin. The progress of studies on agro-landscape pattern and process. *Advances in Environmental Sciences*, 1998, 6(2): 29-34. [王仰麟. 农业景观格局与过程研究进展. *环境科学进展*, 1998, 6(2): 29-34.]
- [11] Fu Bojie, Gulinc H, Masum M Z. Loess erosion in relation to land use changes in the Ganspoel Catchment, Central Belgium. *Land Degradation & Rehabilitation*, 1994, 5(4): 261-270.
- [12] Potter C. Europe's changing farmed landscapes, farming and birds in Europe: the common agricultural policy and its implications for bird conservation. London: Academic Press, 1997.
- [13] Stohlgren T J, Chase T N, Pielke R A et al. Evidence that local land use practices influence regional climate, vegetation, and stream flow patterns in adjacent natural areas. *Global Change Biology*, 1998, 4: 495-504.
- [14] Reid R S, Kruska R L, Muthui M et al. Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and social political forces: the case of southwestern Ethiopia. *Landscape Ecology*, 2000, 15(4): 339-355.
- [15] Shi Peijun, Yuan Yi, Chen Jin. The effect of land use on runoff in Shenzhen city of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(7): 1041-1049. [史培军, 袁艺, 陈晋. 深圳市土地利用变化对流域径流的影响. *生态学报*, 2001, 21(7): 1041-1049.]
- [16] Liu Quanyou, Tong Yiping. The effects of land use change on the eco-environmental evolution of farming-pastoral region in Northern China: with an emphasis on Duolun county in Inner Mongolia. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(5): 1025-1030. [刘全友, 童依平. 北方农牧交错带土地利用现状对生态环境变化的影响——以内蒙古多伦县为例. *生态学报*, 2003, 23(5): 1025-1030.]
- [17] Jia Yanan, Yuan Daoxian. The impact of land use change on karst water in Shuicheng basin of Guizhou province. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(6): 831-838. [贾亚男, 袁道先. 土地利用变化对水城盆地岩溶水水质的影响. *地理学报*, 2003, 58(6): 831-838.]
- [18] Yu Xingxiu, Yang Guishan, Li Hengpeng. Land use/cover change of catchment and its landscape ecological effects: a case of Xitiaoqi catchment in Zhejiang province. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(1): 13-19. [于兴修, 杨桂山, 李恒鹏. 典型流域土地利用 / 覆被变化及其景观生态效应——以浙江省西苕溪流域为例. *自然资源学报*, 2003, 18(1): 13-19.]
- [19] Li Xiaowen, Fang Chuanglin, Huang Jinchuan et al. The urban land use transformations and associated effects on eco-environment in northwest China arid region: a case study in Hexi region, Gansu province. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(3): 280-290. [李晓文, 方创琳, 黄金川等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例. *第四纪研究*, 2003, 23(3): 280-290.]
- [20] Ouyang Zhiyun, Wang Xiaoke, Miao Hong. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their

- ecological-economic values. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(5): 607-613. [欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613.]
- [21] Costanza R, d'Arge R, de Groot R et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [22] Gustafson E J. Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art? *Ecosystem*, 1998, 1: 143-156.
- [23] Hargis C D, Bissonette J A, David J L. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*, 1998, 13: 167-186.
- [24] Fu Bojie. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the loess area. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2): 113-120. [傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*, 1995, 15(2): 113-120.]
- [25] Wang Xianli, Xiao Duning, Bu Rencang et al. Analysis on landscape patterns of Liaohe delta wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(3): 317-323. [王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. *生态学报*, 1997, 17(3): 317-323.]
- [26] Chen Zhongxin, Zhang Xinshi. The value of ecosystem services in China. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(1): 17-22. [陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值. *科学通报*, 2000, 45(1): 17-22.]

Land Use Change and Its Ecological Effect in the Ecotone of Northwest of Yunnan Province, China: A Case Study of Yongsheng County

PENG Jian, WANG Yanglin, ZHANG Yuan, LI Weifeng, WU Jiansheng, CHEN Dawei
(College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Research on land use/land cover change and associated effects on eco-environment is the key content of geographical research on global change today. And ecosystem services are the hot issues of ecology and ecological economics. In this paper, we put ecosystem service values in use to weigh the ecological values of corresponding land use types, so as to evaluate the ecological effect of regional land use change. Yongsheng county, situated in the northwest of Yunnan province, also an ecotone, is taken as our research area. Based on TM images in 1988, 1994 and 1999, the landscape component maps of Yongsheng county were conducted through methods of supervised classification and interactive modification. The landscape type transition matrix and three kinds of indices for spatial patterns including patch-level index, class-level index and landscape-level index were calculated by models and GIS to examine the spatial patterns and dynamics of regional landscape in Yongsheng county. The results show that, due to human activity, the unused land decreased rapidly during the past 12 years; because of the limitation of physical geographic condition, the proportion of steady farmland is not high; the inter-changes of farmland and unused land happened frequently. And index for landscape diversity has showed a tendency of increasing, which means that the proportion of each landscape component changed to average. Also, the decreasing of fractal dimension of unused land shows that human activity effects are increasing. And land use change in Yongsheng county from 1988-1999 has got a good ecological effect, where the ecological benefit of land use is always increasing, and shows a distinct spatial difference.

Key words: land use change; ecological effect; ecotone; Yongsheng county, Yunnan province