

黄土丘陵小流域景观空间格局动态分析)) 以固原市上黄试区为例

郝仕龙^{1,2}, 李壁成¹, 赵小敏², 于强³

(11 中国科学院、水利部 水土保持研究所, 712100, 陕西杨凌; 21 江西农业大学国土学院, 330045, 南昌;
31 中国科学院地理科学与资源研究所, 100101, 北京)

摘要 为黄土高原土地资源合理利用及区域可持续发展提供参考, 以上黄试区为例, 在地理信息系统支持下获得计算景观多样性的有关参数, 选取斑块大小及数量、分维数、斑块伸长指数、多样性、优势度、均匀度和破碎度等指标, 对黄土丘陵小流域 10 年来景观多样性动态变化进行分析。结果显示: 1995) 2004 年, 该试区总斑块数增加了 6 个, 斑块变化明显的主要表现为: 坡耕地及天然草地斑块分别减少 19 个和 12 个, 人工草地斑块及梯田分别增加 15 个和 9 个; 平均斑块面积及平均斑块周长分别下降了 01 14 hm² 和 185 36 m²; 梯田、天然草地、疏林地、园地及居民点用地分维数, 都有不同程度的下降, 而坡耕地、人工草地、灌木林地及未利用地景观的分维数有所上升, 水浇地、川台地、乔木林地、水域景观分维数保持不变; 上黄试区景观异质性特征表现为: 均匀度指数下降 5 86, 景观破碎度指数上升 01 002, 人为干扰度增加 11 95, 景观类型多样性指数下降 01 25, 优势度指数上升 01 25。目前, 试区从耕地及草地为主的景观生态系统, 转变为以林地和草地景观为主的高度异质化的景观生态系统, 人类活动的干预, 是驱动该试区景观空间格局变化的主要驱动因素。

关键词 景观格局; 景观多样性; 景观异质性; 黄土丘陵区

Dynamic analysis on the spatial pattern of landscape of small watershed in loess hilly2gully region: A case study of Shanghuang test area in Guyuan

Hao Shilong^{1,2}, Li Bicheng¹, Zhao Xiaomin², Yu Qiang²

(11 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, 712100, Yangling, Shaanxi;
21 College of Land Resource and Environment, Jiangxi Agricultural University, 330045, Nanchang;
31 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, China Academy of Sciences, 100101, Beijing, China)

Abstract In order to provide reference for reasonable use of land resource and regional sustainable development in loess plateau, taking Shanghuang test area as the study area, some landscape diversity indexes were attained under the support of GIS technology. Utilizing the indexes such as patch size and amount, average fractal dimension, patch extension index, diversity index, dominance, consistency degree and fragmentation, the dynamic changes of landscape diversity in the loess hilly2gully region during the past 10 years were analyzed. The results showed that the total number of patch increased by from 1995 to 2004, among which, slope farmland and crude grass land decrease by 19 and 12 respectively, the artificial grass land and terrace farmland increase by 15 and 9 respectively, the average area and perimeter of patches decrease by 0114 hm² and 185 hm² separately, the patch fractal dimension of terrace, crude grass land, woodland, orchard and village de2

收稿日期: 2004-08-17 修回日期: 2005-01-17

项目名称: / 十五0 国家科技攻关计划项目/ 中国西部重点生态脆弱区综合治理技术与示范0 (2001 BA606A-04)

第一作者简介: 郝仕龙(1972), 男, 博士。主要研究方向: 土地利用、覆被变化。E2mail: haoshilong24@163.com

- 责任作者简介: 李壁成(1945), 男, 研究员, 博导。主要研究方向: 水土保持与遥感动态监测。E2mail: bcli@ms.iswc.ac.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

crease in different degrees, slope farmland, artificial grassland, shrub land and unutilized land increase slightly, the irrigable land, plain, arbor land and water area were kept up. The characteristics of landscape heterogeneity are depicted that the consistency degree and diversity index decrease by 51.86 and 0.125 respectively, while the fragmentation and dominance increase by 0.125 and 0.1002 respectively. The degree of man-made interference increases by 1195. The landscape ecosystem mainly composed of farmland and grass has already changed in to highly heterogeneous landscape ecosystem mainly composed of forest and grass. Human activity is the main driving factor for the dynamic changes of spatial pattern of landscape in this test area.

Key words landscape pattern; landscape diversity; landscape heterogeneity; loess hilly region

景观是由相互作用的斑块,以一定规律的形式所组成的,是一个具有高度空间异质性的区域。景观空间格局是生态系统或系统属性空间变异程度的具体表现,它包括空间异质性、空间相关性和空间规律性等内容^[1]。空间格局决定着资源地理环境的分布形成和组分,制约着各种生态过程,并与系统稳定性和生物多样性有着密切的联系;因此,景观空间格局分析,有助于探讨景观格局和生态过程的相互关系。

以往的景观格局的研究,注重于景观空间格局定量指标的建立,景观空间格局的测定^[2-4]。本研究将地理信息系统和景观空间分析模型相结合,用地理信息系统显示景观的空间分布,用定量模型测定景观的空间格局,用驱动力机制分析其变化原因。

在人类活动起主导作用的农业景观里,人类活动方式是景观空间格局的主要决定因素^[5],因此,农业景观比自然景观具有更大的变异性。加强黄土丘陵区农业景观空间格局的研究,有利于了解景观多样性与自然生态过程和社会活动之间的关系,对黄土高原土地资源合理利用和规划、设计及区域可持续发展具有重要意义。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

固原上黄试验区,位于宁夏固原市河川乡上黄村,地处黄土高原西部宽谷丘陵沟壑区,地理位置在东经 106°26′~106°30′,北纬 35°59′~36°02′,总土地面积 7161 km²,属暖温带半干旱区。海拔 1534~1822 m,年平均降水 415.11 mm。

该区现有人口 501 人,农户 111 户,劳力 239 人(据 2004 年试区全面调查),研究区的土地利用类型有耕地、林地、草地(包括天然草地和人工草地)、居民点用地、交通用地、水域、园地和未利用地。1995 年和 2004 年各土地利用类型面积及所占比例见表 1。

表 1 上黄试区不同时期土地利用情况

Tab. 1 Land use changes of Shanghuang test area in different periods

土地类型	面积/hm ²		结构/%	
	1995	2004	1995	2004
耕地	2301.8	791.4	30.33	101.43
园地	4.8	111.1	0.63	11.46
林地	1351.4	2381.3	17.79	311.31
草地	2701.0	3361.1	35.48	441.17
居民点用地	8.9	91.6	11.17	11.26
交通用地	191.2	311.5	2.52	41.14
水域	121.6	121.6	11.66	11.66
未利用地	791.3	421.4	10.42	51.57

1.2 研究方法

1.2.1 景观要素分类 本文研究 1995) 2004 年上黄试区土地利用景观格局变化,数据来源主要采用参与性农村调查评估方法(participatory rural appraisal, PRA),在野外考察的基础上主要利用上黄试区 1995 航片,1995 年试区正射影像图,1995 年及 2004 年对试区的全方位调查及 2004 年试区土地利用现状图变更调查。根据研究目的,将不同时期土地利用现状划分为以下 7 个景观类型:1)耕地,包括灌溉水地和旱地,其旱地主要包括台地、塬台地、宽台梯田、窄台梯田及坡地;2)林地,包括灌木林地、阔叶林地、疏林地;3)园地,种植苹果、杏、梨等果树的土地;4)草地,包括天然草地、人工草地;5)居民点用地,指农村居民点或集镇用地;6)水域,指河床和水库;7)未利用地,指荒坡、沟谷地、裸岩、石砾地。交通用地面积纳入其空间分布的其他主要景观类型面积当中,如靠近居民点的交通用地面积,划为居民点用地面积,靠近耕地的交通用地面积,当作耕地景观面积处理等。

以上景观类型的划分基础,在地理信息系统(ArcGIS8.3)软件的支持下,以上述划分的景观要素

类型,勾画上黄试区景观要素类型分布图,分别建立面积、周长、边界等不同类型数据库,从而完成格局指数的计算工作。

11212 景观生态学评价指标

1) 平均斑块面积 S_{mps} 与平均斑块周长 L_{mpe} 。面积和周长是最基本的空间特征,也是计算其他空间特征指标的基础。从生物学角度说,斑块大小既影响能量和营养的分配,也影响物种的数量^[6]。

$$S_{mps} = \left[\left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \setminus n_j \right] (1/10\ 000)$$

$$L_{mpe} = \left[\left(\sum_{j=1}^n e_j \right) \setminus n_j \right] (1/10\ 000)$$

式中: $i=1, 2, \dots, m$ 表示斑块类型序号; $j=1, 2, \dots, n$ 表示斑块序号; a_j 表示斑块的面积; e_j 表示斑块的周长; n_i 表示景观中类型 i 的斑块数。

2) 斑块分维数 F_d 。分维数是分维变量的维度,它是分维变量的主要特征数,常用来测定斑块形状的复杂程度。分维数在不同的分析中,计算方法不同,斑块的的分维数采用周长与面积关系进行计算,公式为

$$F_d = 2 \log(L_{mpe}/4) / \log S_{mps}$$

式中: F_d 的理论范围为 110~210,其中 110 代表形状最简单的正方形斑块,210 代表等面积下周边最复杂的斑块^[2]。

3) 斑块伸长指数 $G^{[7]}$ 为

$$G = L_{mpe} / \sqrt{S_{mps}}$$

对于正方形斑块, $G=4$, G 值越大,斑块形状越长。

4) 斑块形状指数

$$I_s = L_{mpe} / 2 \sqrt{PS_{mps}}$$

式中: I_s 为斑块周长与同面积圆的周长之比,越接近于 110,斑块圆度越好。

5) 景观多样性指数 I 。是指景观中斑块数的复杂性,斑块类型的齐全程度或多样化。其值越大,景观类型越丰富^[6]。多样性指数反映景观要素的多少和各景观要素年占比例的变化。当景观均质时, $I=0$;组成景观的各要素比例越接近,其多样性越大,反之则越低。根据信息理论,多样性指数表示为

$$I = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$$

式中: m 为景观类型数; P_i 为第 i 类景观所占比例。

6) 景观优势度指数 D 。表示景观多样性与最大多样性的偏离程度,或描述景观由少数几个主要的景观类型控制的程度^[8]。优势度指数越大,则表

明偏离程度越大,即组成景观各景观类型所占比例差异大;优势度小的则表明偏离程度小,即组成景观的各种景观类型所占比例差异小;优势度为 0,表示组成景观各种景观类型所占比例相等;景观完全,即由一种景观类型组成。优势度指数计算公式为

$$D = \ln(n) + \sum_{i=1}^n P_i \ln(P_i)$$

式中: $\ln(n)$ 为最大多样性指数, n 为景观类型总数,表明研究区各类型景观所占比例相等时,景观具有最大的多样性指数。

7) 景观破碎度 F 。表示景观的破碎化程度, F 值越大,景观破碎化程度越高^[9]。其公式为

$$F = [(N-1)/C] @100\%$$

式中: N 表示景观中斑块总数; C 为景观分布于格网中的栅格总数。

8) 景观人为干扰强度指数 D_h 。指景观中的人为干扰景观组分比例 p_h 与自然景观组分比例 p_n 之比^[10],表示景观受人干扰的程度。计算公式为

$$D_h = p_h / p_n$$

2 结果分析

211 斑块多样性动态分析

斑块构成了景观的基本空间单元,斑块的各种组合,构成景观空间格局,是景观功能、格局和过程随时间发生变化的主要决定因素。通过描述这些基本单元的组合结构特征,可对景观格局进行分析和量化,进而与生态过程相联系,研究格局与过程之间相互作用、相互影响的机理。运用上述指标,对上黄试区不同时期景观类型的斑块多样性特征进行了研究(表 2)。1995) 2004 年近 10 年间,研究区域的景观斑块数从 165 个增加为 171 个,斑块结构变化明显,其中坡耕地、梯田、天然草地、人工草地、灌木林地、园地等斑块结构变化最为显著。在整个研究期间内,坡耕地斑块减少了 19 个,斑块结构也从研究初期的 20161% 减少到 2004 年的 8177%;梯田斑块有所增加,整个研究期间内斑块增加了 9 个,斑块结构从研究初期的 10191% 增加到 2004 年 15179%;天然草地斑块数及斑块结构,从研究初期的 15 个和 9109% 减少到 2004 年的 3 个和 1175%;人工草地则增加明显,研究初期人工草地斑块为 6 个,斑块结构为 3164%,到 2004 年,人工草地斑块增加到 21 个,斑块结构达到 12128%;灌木林地斑块数及斑块结构,分别从研究初期的 4 个和 2142% 增加到 2004 年的 8 个和 4168%;园地斑块从 1995 年的 4 个增加到

2004 年的 8 个,在整个研究期间内增加 1 倍,斑块结构也增加了 1 倍,达到 2004 年的 4168%。

研究期间内,景观斑块的平均斑块面积减少了 0114 hm^2 ,平均斑块周长减少了 185136 m。各景观平均斑块面积变化以坡耕地减少最为显著,研究初期坡耕地平均斑块面积为 5101 hm^2 ,2004 年减少到 0199 hm^2 ,减少了 4102 hm^2 。天然草地、人工草地及疏林地平均斑块面积,也有不同程度的增加,其变化量分别为 4193、6129 和 12165 hm^2 ,其他景观平均斑块面积变化不太明显。平均斑块周长变化较明显的是坡耕地斑块及疏林地斑块,其变化量分别为

99618 m 和 159011 m。不同景观类型的斑块分维数变化情况是,梯田斑块、天然草地、疏林地、园地及居民点用地的斑块分维数,略有下降,坡耕地、人工草地灌木林及未利用地的斑块分维数,则略有上升,水域、水浇地、川台地、乔木林地斑块分维数保持不变。从斑块形状指数来看,坡耕地、梯田、灌木林地及未利用地斑块的形状指数,略有上升,而天然草地、人工草地、乔木林地、园地、居民点用地斑块形状指数,则有所下降,其中天然草地斑块形状指数下降明显,达到 5168,而水浇地、川台地及水域斑块形状指数保持不变。

表 2 不同时期景观类型斑块特征

Tab. 2 Patch characteristics of landscape types in different periods

景观类型	斑块数		斑块结构/%		平均斑块面积/ hm^2		平均斑块周长/m		斑块分维数		斑块形状指数		
	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004	1995	2004	
耕地	坡耕地	34	15	201.61	81.77	5101	0199	189515	89817	1114	1118	8147	9103
	梯田	18	27	101.91	151.79	1124	1117	104512	103217	1117	1115	9137	9155
	水浇地	5	5	31.03	21.92	1152	1152	149312	149312	1123	1123	12111	12111
	川台地	8	8	41.85	41.68	3116	3116	121113	121113	1110	1110	6181	6181
草地	天然草地	15	3	91.09	11.75	15127	20120	354516	354818	1122	1115	13157	7189
	人工草地	6	21	31.64	121.28	6183	13112	252619	279718	1108	1132	9167	7172
林地	灌木林	4	8	21.42	41.68	25175	22154	302918	289819	1106	1107	5197	6110
	乔木林	3	3	11.82	11.75	2140	2150	161917	163215	1119	1119	10146	10133
	疏林地	2	2	11.21	11.17	12160	25125	541919	701010	1123	1120	15127	13195
园地	4	8	21.42	41.68	1120	1136	49615	51616	1103	1101	4153	4143	
居民点用地	55	60	331.33	351.09	0116	0116	17514	16613	1102	1101	4139	4116	
水域	2	2	11.21	11.17	6130	6130	356415	356415	1123	1123	14120	14120	
未利用地	9	9	51.45	51.26	8181	5182	298713	311910	1116	1122	10106	12190	

从不同类型的斑块变化特征来看,耕地斑块变化最明显,其他类型斑块的变化也随之发生相应的变化。耕地斑块的变化,主要表现为耕地斑块向其他景观类型斑块转变,主要向园地、林地、草地及居民点用地的转变,未利用地也有部分斑块向其他景观类型转化(图 1)。

2.1.2 景观异质性动态分析

景观异质性是景观生态学的重要属性。景观本质上是一个异质的系统,正是因为异质性,才形成了景观内部的物质流、能量流、信息流和价值流,才导致了景观的演化、发展与动态平衡^[11]。斑块的景观异质性分析,主要是从不同的侧面,来描述景观的异质性程度。

上黄试区不同时期景观异质性差异较明显(表

3),具体表现为:研究初期,景观多样性指数为 1196,2004 年为 1171,研究期间内,景观多样性指数减少 0125;优势度指数,在整个研究期间内有所增加,1995 年景观优势度指数为 01605,2004 年增加到 01855,增加了 0125;景观均匀度指数从研究初期的 65107,减少到 2004 年的 59121,共减少 5186;景观破碎度指数略有上升,研究初期为 01035,2004 年增加到 01037,增加了 01002;人为干扰强度指数变化明显,1995 年为 1108,到 2004 年,人为干扰强度指数达到 3103,增加了 1195,在整个研究期间内,人为干扰强度指数增加近 2181 倍,表明人类的活动在加剧,该试区景观由自然景观与人为干扰景观大致平衡,转为由人为干扰景观为主。

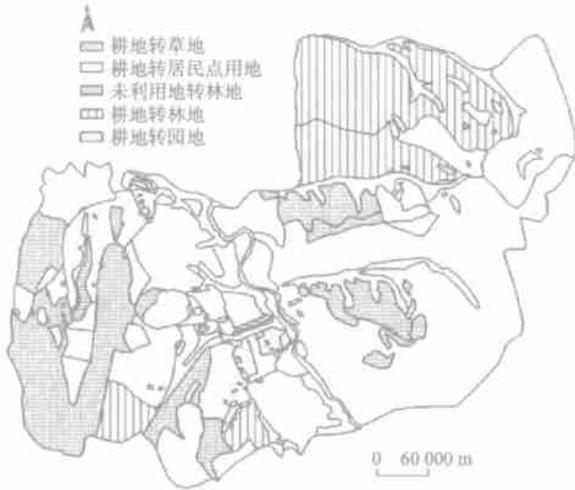


图1 近10年上黄试区土地利用空间变化分布

Fig. 1 Land use dynamic changes distribution in Shanghuang test area in the last ten years

表3 不同时期景观多样性、优势度、均匀度及破碎度指数的比较

Tab. 3 Comparison of landscape diversity, predominance, consistency degree and fragmentation in different periods

年份	多样性指数	优势度指数	均匀度指数	破碎度指数	人为干扰强度
1995	11.96	0.605	65107	0.035	1108
2004	11.71	0.855	59121	0.037	3103

2.1.3 景观动态变化的驱动机制

从表1可知,上黄试区1995)2004年,土地利用方式的面积比例发生了很大的变化,其中耕地是该试区土地利用变化最为明显的土地利用类型,1995年该试区耕地面积为23018hm²,2004年耕地面积为7914hm²,减少了15114hm²;1995)2004年,林地、园地、草地和居民点用地,都不同程度地增长,其增加量为分别为10318、513、6611和017hm²,未利用地减少3619hm²。

从1995年至2004年,上黄试区不同类型斑块动态变化(表2)来看,坡耕地、梯田、天然草地、人工草地、灌木林地、园地及居民点用地斑块动态变化相对明显,其中坡耕地斑块、梯田斑块、人工草地斑块及天然草地斑块变化尤为显著。从不同类型景观变化的驱动机制来看:坡耕地减少,林地及草地增加,主要原因是该试区2002年及2003年实施了国家退耕还林还草政策,使大部分的坡耕地转变为灌木林地及人工草地,2年共退坡耕地14018hm²,其中有8010hm²坡耕地转为灌木林地、另有6018hm²坡耕

地转为人工草地;居民点用地增加,主要是由于该试区人口数量的增加所致,1995年,该试区人口487人,2004年人口达到501人,人口的增长,扩大了居民对居住用地的需求,与此同时,由于居民生活水平的提高,居民人均居住用地面积也有所提高,这也是居民点用地扩大的原因;园地增长,主要是受经济利益驱动,1995年,该试区开始引进新型果树品种,通过几年的试种,现已逐步推广。据调查资料分析,在该试区,园地的经济效益是耕地的5~10倍,因此,耕地向园地的转变是一种必然的趋势。当然,完全发挥园地的经济效益,还与土地质量、土地适宜性、管理水平等因素有关,所以,园地的增长也受这些因素限制,试区今后土地利用的方向,是在提高土地适宜性的基础上,扩大园地种植面积,与此同时,提高农户园地管理水平也是当务之急。未利用地减少,主要原因是沟谷用地在自然状态下部分已变成了林地,因修筑梯田及道路,使未利用地部分转变为梯田及交通用地。

2004年景观多样性指数比1995年下降0.125,表明该试区景观斑块数的复杂性有所下降,而景观优势度的增加及均匀度的降低,表明该试区景观由少数几个主要的景观类型控制的程度有所提高,组成景观各景观类型所占比例差异增大。从表4可以看出,1995年该试区的景观类型,主要为耕地、林地及草地,占总面积的86.13%,其中,耕地占总面积的30.13%,林地和草地占总面积的55.18%。2004年,由于耕地的变化,导致景观格局异质性增大,其表现为优势度指数的增加及均匀度指数的下降,耕地、林地及草地面积占总面积的88.175%,耕地占总面积的10.144%,而林地及草地面积占总面积的78.131%,表明1995年该试区的主要景观类型为耕地、林地及草地,而2004变为林地及草地占主要的景观类型。

表4 不同时期各景观类型所占面积百分比

Tab. 4 Percents of different landscape types in different periods

年份	耕地	园地	林地	草地	居民点用地	水域	未利用地
1995	30.133	0.163	19.111	36.69	11.17	11.65	101.42
2004	10.144	11.46	32.171	45.60	11.26	11.65	6.88

3 结论

1)从1995年到2004年斑块多样性动态变化来看,上黄试区总斑块增加6个,耕地斑块下降10个,

人工草地斑块增加 15 个,天然草地减少 12 个,园地及居民点用地的斑块都有不同程度的增加,水域和未利用地斑块保持不变;平均斑块面积及平均斑块周长,分别下降了 0114 hm^2 和 185136 m ;梯田、天然草地、疏林地、园地及居民点用地分维数,都有不同程度的下降,而坡耕地、人工草地、灌木林地及未利用地景观的分维数有所上升,水浇地、川台地、乔木林地、水域景观分维数保持不变;斑块形状指数变化中,天然草地、人工草地、疏林地及未利用地景观形状指数变化相对较大,其中,天然草地变化最大,达到 5168。

2) 10 年来,上黄试区景观异质性特征表现为:均匀度指数下降 5186,景观破碎度指数上升 01002,人为干扰度增加 1195,景观类型多样性指数下降 0125,优势度指数上升 0125;多样性降低、优势度指数增加,表明该试区景观由少数几个主要的景观类型控制的程度有所提高,组成景观各景观类型所占比例差异增大。1995 年,该试区的景观类型主要为耕地、林地及草地,占总面积的 86113%,2004 年,林地及草地占试区总面积的 78113%,林地及草地的优势度明显。

3) 在人类活动起主导作用的景观里,人类活动是驱动土地利用变化的主要因素,而土地利用变化,是驱动景观格局变化的主要决定因素。上黄试区从 1995 年至 2004 年,景观格局的空间变化,主要表现为坡耕地在政策因素影响下向林地及草地的转变,而人口的增长又使部分耕地向居民点用地转变;因

此,人为干预引起土地利用方式的改变,是景观多样性及空间格局变化的主要驱动力。

4 参考文献

- [1] 肖秀珍,高峻,常禹,等.景观生态学.北京:科学出版社,2003
- [2] 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
- [3] 陈利顶,傅伯杰,王军.黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究.地理科学,2001,21(1):46-51
- [4] 王晓燕,徐志高,杨明义,等.黄土高原小流域景观多样性动态分析.应用生态学报,2004,15(12):273-278
- [5] 胡震峰.土地利用与景观格局动态变化研究.科技情报开发与经济,2003,13(12):143-145
- [6] 邬建国.景观生态学.北京:高等教育出版社,2000
- [7] Carrere V. Development of multiple source data processing for structural analysis at a regional scale. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1990(56):587-596
- [8] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, et al. Indices of landscape pattern. Landscape Ecology, 1998(1):153-162
- [9] Houghton K S, Lefkowitz Skole K L. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985, progressive loss of forests. Forest Ecology and Management, 1991(38):143-172
- [10] 崔景云,付永能,郭辉军,等.西双版纳民族村寨土地利用的景观影响.农村生态环境,2003,19(2):11-15
- [11] 傅伯杰,陈利顶.景观多样性的类型及其生态意义.地理学报,1996,51(5):454-462