

文章编号: 1008 - 2786 - (2014)6 - 671 - 07

# 高黎贡山村域社会生态系统空间结构及其成因

赵莉莉<sup>1,2</sup>, 杨文忠<sup>1\*</sup>, 范勋承<sup>2</sup>, 张珊珊<sup>1</sup>, 罗 婷<sup>1</sup>

(1. 国家林业局云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室, 云南 昆明 650201;

2. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002)

**摘 要:** 社会生态系统(Social-ecological system, SES)是人与自然紧密联系的复杂适应系统, 了解其组分、结构和成因是探究系统机理及规律的基础。选取高黎贡山东坡不同海拔的 3 个自然村, 基于 SPOT - 5 卫星影像和实地斑块调查结果, 分析村域社会生态系统(Village SES, V - SES)景观组分构成; 通过 7 个景观格局指数的计算结果, 分析 V - SES 空间结构。在比较不同海拔 V - SES 景观组分和空间结构异同的基础上, 结合自然环境参数和社会经济数据, 分析导致 V - SES 差异的成因。结果显示: 3 个 V - SES 均为高度依赖于种植业的典型农耕社会生态系统, 但其组分构成存在明显差异, 低海拔的芒晃村系统组分最单一, 而中海拔的芒岗村组分类型最丰富; 其空间结构的差异则表现在景观形状复杂性、空间格局和景观连接性等方面, 且均呈现出高海拔的汉龙村和中海拔的芒岗村位于两端、低海拔的芒晃居于二者之间的态势。导致 V - SES 差异的成因, 既有气候条件和地形地貌等自然因素, 也有人口压力、市场需求和外部政策等社会经济因素, 还有系统内部人与自然交互作用的原因。

**关键词:** 局域社会生态系统; 系统组分; 空间结构; 高黎贡山

**中图分类号:** K901, P901

**文献标志码:** A

全球生态环境问题和社会经济可持续发展问题, 要求对社会经济要素和自然环境因素进行整合研究。社会生态系统(Social - ecological system, SES)是人类社会子系统与其环境子系统在特定时空有机结合的产物<sup>[1-4]</sup>。SES 中人是其主体要素<sup>[5-6]</sup>, 从事的一切活动只有遵守自然演化、社会发展及其相互作用的规律, 才能实现自然和社会的可持续性目标。开展组分和结构研究, 是建立社会经济要素和自然环境因素关联关系、揭示 SES 系统规律的基础。SES 作为生态系统的重要类型, 其结构可遵循生态系统的结构划分原则, 分为组分结构、时空结构和营养结构, 其中的时空结构进一步分为水平结构、垂直结构和时空分布格局。

当前的 SES 研究仍处于初期探索阶段, 刘建国

等在总结 10 余篇有关生态、人口、社会、经济综合模型论文的基础上, 提出跨学科研究是攻克 SES 难题的基本方法<sup>[7]</sup>, 并通过对全球多个案例的对比分析, 总结出 SES 的 3 类变量和 6 大特征, 强调了各地开展实证研究的重要性<sup>[8]</sup>。Ostram 通过对公共资源管理问题的长期深入研究, 创立了 SES 理论分析框架, 为深入分析和科学管理生态系统提供了理论指导<sup>[9-11]</sup>。Pickett 等通过建立 SES 空间、组织和时间的多维度框架, 指出合适的尺度选择是成功揭示 SES 功能结构的关键<sup>[12]</sup>, 然而当前的 SES 研究主要集中于区域尺度上<sup>[13-15]</sup>, 对微观尺度的研究较少<sup>[16-18]</sup>。为此我们选择在最小的尺度上, 对村域社会生态系统(Village SES, V - SES)的组分构成和空间结构进行分析, 便于比较不同 V - SES 的差异并

**收稿日期(Received date):** 2013 - 10 - 20; **改回日期(Accepted):** 2014 - 03 - 08。

**基金项目(Foundation item):** 国家自然科学基金项目(30600080, 31060077)和云南省技术创新人才培养计划(2009CI98)资助。[Funded by National Natural Science Foundation of China (Grant No. 30600080, 31060077) and Innovative Talent Cultivation Program of Yunnan Province (Grant No. 2009CI98).]

**作者简介(Biography):** 赵莉莉(1985 - ), 女, 在读博士研究生, 主要从事生态系统方面的研究。[Zhao Lili, female, Ph D candidate, mainly engaged in ecosystem study.] E-mail: lily639@163.com

**\* 通信作者(Corresponding author):** 杨文忠, 男, 博士, 副研究员, 主要从事社会生态系统研究。[Yang Wenzhong, male, Ph D, associate professor, mainly engaged in social-ecological systems study.] E-mail: wzyang2004@126.com

寻找导致差异的原因,能为深入研究 SES 的规律奠定基础,也能高黎贡山地区社会经济发展提供决策依据。

## 1 研究区概况

高黎贡山位于中国云南省西部中缅边境山区,面积  $280 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全区处于喜马拉雅山东部南延地段,山地相对高度大,气候垂直分异明显。水平基带的地带性气候为中亚热带气候,气温高、积温多,全年盛行西南风,四季不分明,干湿季明显,气温日较差大,年较差小,兼有大陆性和海洋性气候的特征。11 月下旬至翌年 4 月为旱季,日照充足,降水少;5—10 月为雨季,降水量约占全年的 87%。高黎贡山东坡主要分布有汉、傈僳、白族、彝、傣等民族,其中,汉族、傈僳族和白族是该区域人口数量最多的民族。研究点的人口受教育程度均以小学文化为主,均占总人口的 75% 以上。村民收入主要来源于经济林和经济作物的种植,以及打工等工资性收入。

## 2 研究方法

### 2.1 研究点的选择

在高黎贡山东坡,根据村落分布格局,综合民族组成、人口规模、分布海拔、与自然保护区距离及交通状况等因素,完成了高黎贡山国家级自然保护区周边区域社会经济的初步调查,并选取保山市隆阳区芒宽乡白花林行政村的汉龙、芒岗、芒晃 3 个自然村作为研究“局域社会生态系统”的对象(图 1)。

研究点在高黎贡山自然保护区周边地区具一

定代表性。选取的 3 个自然村户数为 35~106 户,人口规模 131~420 人,代表了该区域内自然村的规模类型;民族以傈僳族和汉族为主,是该区域内人口比例最大的两个民族;村落海拔分别为 1 500 m、1 200 m、1 000 m,在高黎贡山东坡形成了一定的海拔梯度;同时,村落与自然保护区的直线距离分别是 0.6 km、1.0 km、2.2 km,形成村落与保护区的距离梯度。

### 2.2 调查方法与数据处理

在全面进行人口统计(汉龙村 50 户 206 人,芒岗村 106 户 420 人,芒晃村 35 户 131 人)的基础上,按 26% 的比例抽取农户(汉龙 13 户、芒岗 27 户、芒晃 10 户),共抽得 50 户作为作用者样本。2011 年 5 月至 2013 年 1 月,完成社会学田野调查和生态学生物多样性调查,通过定性分析,确定 V-SES 基础组分及其构成;同时,采用精细测量、逐户统计和半结构访谈等方法,获得村落位置、受教育程度、土地利用方式、农林牧业发展和经济结构等方面的详细数据;采用 SPSS 16.0 完成调查数据的统计分析。

影像数据来源于 2007 年 SPOT-5 遥感影像,其分辨率为 2.5 m。应用 ARCGIS 9.3 软件并结合实地勾绘得到的土地利用图对遥感影像进行逐块校对,矢量化生成土地利用现状图,建立拓扑关系。在空间分析模块支持下,将土地利用矢量数据转换为栅格数据。根据景观格局指数所反映的不同的生态意义,结合研究目的,选用景观水平上的边缘密度(ED)、斑块平均大小(MPS)、散布与并列指数(IJI)、面积加权的平均斑块分形指数(AWMPFD)和斑块类型水平上的斑块结合度指数(COHESION)、斑块类型面积(CA)、斑块所占景观面积比例(% LAND)共 7 个指数,采用 Fragstats3.3 分析 3 个自然村的景观格局和空间结构特征。

## 3 结果与分析

### 3.1 V-SES 的空间组分及其差异

根据遥感数据 2.5 m 的可解译精度以及实地调研所得土地利用状况,参照《云南植被》<sup>[19]</sup>和《土地利用现状分类》国家标准(GB/T 21010-2007)<sup>[20]</sup>,构建了村级土地覆被类型分类系统(表 1),并制作土地覆被一级和四级分类示意图(图 2)。

土地覆被类型分为 5 大类。按构建的村级土地覆被类型系统,高黎贡山东坡 V-SES 的土地覆被类



图 1 研究区位置图

Fig. 1 Location of study area

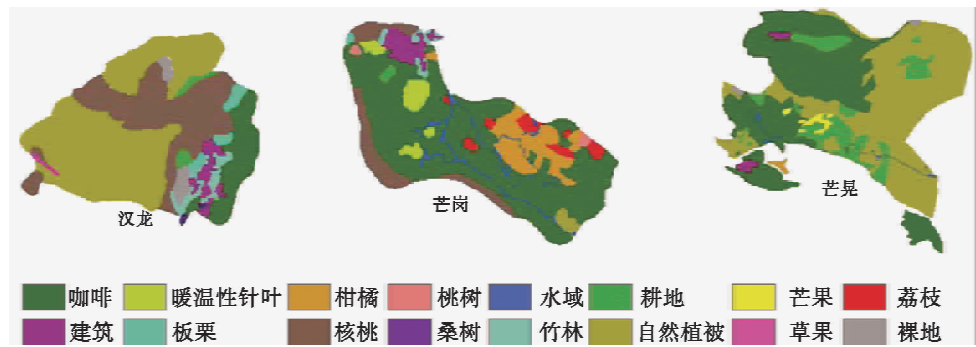


图 2 土地覆被一级和四级分类示意图

Fig. 2 Land cover pattern at 1st level and 4th level of the classification system

表 1 高黎贡山东坡村级土地覆被类型编码系统

Table 1 Coding system of village landcover in east slope of Mt. Gaoligong

土地利用类型		植被类型	
一级类	二级类	三级类	四级类
1 耕地	11 水田	221 针叶林	2211 暖温性针叶林
	12 旱地	222 经济林	2221 核桃
	13 水浇地		2222 板栗
2 植被	21 自然植被		2223 桃树
	22 人工植被		2224 荔枝
3 建筑	31 住宅		2225 芒果
	32 学校		2226 桑树
	33 教堂和寺庙		2227 柑橘
	34 农村道路		2228 咖啡
4 水域	41 河流水面	223 用材林	2231 竹林
5 裸地	51 矿场	224 多年生草本	2241 草果
	52 荒山荒地		
	53 滑坡地		

型包括耕地、植被、建筑、水域和裸地 5 大类型。其中,耕地又分为水田、旱地和水浇地,植被包括自然植被和人工栽培植被,建筑主要有住宅、学校、教堂、寺庙和农村道路,划分的水域指河流水面,裸地包括矿场、荒山荒地以及滑坡地。

自然植被是景观基质和主要组分类型。从景观组成分析 V - SES 系统的组分构成,地处高海拔的汉龙村,其自然植被斑块面积占到该村总面积的 49.00 % ,地处低海拔的芒晃村,其自然植被斑块面积占到该村总面积的 44.00 % ,均为 V - SES 系统中面积占比最大的组分类型,表明这两个 V - SES 的整体景观均以自然植被为基质。地处中海拔的芒岗村,其自然植被仅占总面积的 1.20 % ,但栽培植被高达总面积的 91.20 % ,表明该村在社会经济发展过程中,历史上的景观基质自然植被已被转化为当前的人工植被。

V - SES 的组分构成存在差异。比较 3 个 V -

SES 的组分构成,其一、二级组分类型基本一致,均含有耕地、建筑、水域、自然植被和栽培植被等;不同点主要表现在:高海拔的汉龙和低海拔的芒晃有裸地,而中海拔的芒岗无裸地类型。V - SES 组分构成的差异,主要表现在三、四级组分类型上,除咖啡在 3 个村均有栽培外,汉龙村的人工栽培植被包括核桃、板栗、桑树、竹林、草果 5 种,芒岗村包括暖温性针叶林(云南松林和杉木林)、核桃、板栗、桃树、荔枝、柑橘和竹林 7 种,芒晃村包括芒果和柑橘 2 种。从斑块面积上看(表 2),芒晃村的耕地斑块面积占比在 3 个村中最大,达到该村总面积的 11.20 % ,汉龙村的裸地斑块占比面积最大,达 2.50 % 。

3.2 V - SES 的空间结构及其差异

采用景观结构分析软件 Fragstats3.3,选取 7 个景观格局指数<sup>[21]</sup>,分别对 3 个 V - SES 的空间结构进行分析,并比较其空间结构的差异,得到如下结果:

景观形状的复杂性:面积加权的平均斑块分形指数 AWMPFD 运用分维理论来测量斑块和景观的空间形状复杂性。AWMPFD = 1 表示形状最简单的正方形或圆形,AWMPFD = 2 表示边界形状最复杂的斑块类型,通常其值的可能上限为 1.5。研究点 3 个 V - SES 的空间分数维值均大于 1,且小于 1.5 (表 3),表明其边界形状均较为简单;相较而言,汉龙村分数维值最低(1.11),景观斑块形状最简单,芒岗的分数维值最高(1.21),景观斑块形状最复杂,芒晃则居于汉龙和芒岗之间。

总体散布与并列状况:散布与并列指数 IJI 在景观尺度上计算不同斑块类型间的相邻程度来分析景观的空间排列和布局特征。IJI 值越大,表明某斑块类型与多种其他类型相邻接,景观的异质性越大。3 个 V - SES 中,汉龙村的 IJI 最大,为 69.36 % ,表明汉龙村的斑块类型与多种其他类型斑块相邻,景观

空间排列和分布不规则,异质性高;相反,芒岗村的 IJI 最小,表明斑块类型仅与少数其他斑块相邻,景观空间分布最规则,异质性低;芒晃村介于上述两村子之间(参见图 2)。

景观斑块聚集度和连接性:用斑块平均大小 MPS、边缘密度 ED 和斑块结合度 COHESION 等 3 个指数,共同表征景观的连接性和斑块类型的聚集度。MPS 值越小景观越破碎;ED 值越大,斑块形状越复杂;COHESION 值越大,说明斑块越紧凑。3 个 V - SES 各类型斑块的 COHESION 平均值都高于 93.50 % ,说明各村斑块类型分布十分紧凑(表 2) ,景观斑块的聚集度较高;芒岗村的 MPS 值最小,ED 值最大,说明芒岗村景观最破碎,连接性最低;汉龙村的 ED 最小,MPS 最大,说明其整体连接性最好,破碎度最低;芒晃村居于汉龙和芒岗之间(表 3)。

表 2 类型水平景观指数表  
Table 2 Landscape indices at class level

指标	类型	CA/hm <sup>2</sup>	LAND/%	COHESION/%
汉龙景观指标	耕地	3.16	1.74	94.29
	自然植被	88.97	49.04	99.41
	核桃	49.00	27.01	99.23
	板栗	4.28	2.36	93.99
	桑树	0.58	0.32	85.96
	咖啡	18.92	10.43	98.48
	竹林	5.45	3.01	95.37
	草果	0.67	0.37	90.78
	建筑	5.88	3.24	95.85
	裸地	4.50	2.48	95.31
芒岗景观指标	耕地	0.90	0.56	92.13
	自然植被	1.99	1.23	94.28
	暖温性针叶林	6.59	4.09	94.64
	核桃	15.71	9.75	97.15
	板栗	0.42	0.26	88.25
	桃树	1.19	0.74	90.23
	荔枝	5.72	3.55	92.43
	柑橘	17.02	10.56	98.28
	咖啡	97.81	60.68	99.74
	竹林	2.55	1.58	92.32
芒晃景观指标	建筑	6.15	3.82	96.76
	水域	5.15	3.19	89.90
	耕地	38.39	11.23	97.45
	自然植被	150.61	44.04	99.54
	芒果	3.33	0.97	94.66
	柑橘	1.45	0.42	93.77
	咖啡	140.93	41.21	99.19
	建筑	3.61	1.06	94.47
	水域	2.19	0.64	80.07
	裸地	1.47	0.43	91.07

表 3 景观水平景观指数  
Table 3 Landscape indices at landscape level

村名	ED/(m/hm <sup>2</sup> )	MPS/hm <sup>2</sup>	AWMPFD	IJI/%
汉龙村	76.42	7.56	1.11	69.36
芒岗村	170.33	2.09	1.21	55.51
芒晃村	79.94	5.18	1.16	62.02

3.3 导致 V - SES 差异的原因

3.3.1 自然因素

气候条件是导致 V - SES 空间组分类型差异的主要原因。芒晃、芒岗和汉龙的海拔分别是 1 000 m、1 200 m 和 1 500 m,在高黎贡山东坡形成了一定的海拔梯度,导致气候垂直分异明显,年平均气温分别为 20.3℃、19.2℃ 和 17.6℃,年降水量为 862 mm、1 016 mm 和 1 261 mm;气温和水分条件的差异,导致各村土壤和植被的相应变化。这些自然因素共同决定了:1. 汉龙的人工植被以核桃、板栗和草果等亚热带经济植物为主;2. 芒晃的人工植被以芒果、柑橘和咖啡等热带经济植物为主;3. 地处中海拔的芒岗则处于上述二者的过渡地带,人工植被兼具亚热带成分(板栗、核桃和桃树)和热带成分(荔枝、柑橘和咖啡)。

地貌对 V - SES 的组分构成有影响,但对空间结构影响不大。高黎贡山东坡具有高海拔地带地势较陡、中海拔地带地势相对平缓、低海拔地带受河流切割而地形破碎的地貌特征。相应地,地处高海拔的汉龙村和低海拔的芒晃村,其系统组分中均出现以滑坡地为主的裸地斑块。然而,反映景观空间结构的景观形状复杂性、景观空间格局和连接性等指标,均呈现出汉龙和芒岗位于两端、芒晃居于二者之间的状态,与 V - SES 的地形地貌特征不一致。表明地形地貌不是影响 V - SES 空间结构的主要因素,需要探究其他方面原因。

3.3.2 社会经济因素

人口压力对 V - SES 的空间组分和结构影响显著。地势相对平缓的中海拔地带是高黎贡山东坡人口集中分布区,也是村落历史较为久远的区域;且发展形成了高度依赖于种植业的典型农耕社会生态系统。3 个 V - SES 中,中海拔的芒岗村人口最多,是高海拔汉龙村的 2.04 倍和低海拔芒晃村的 3.21 倍;人均土地面积芒岗为 0.38 hm<sup>2</sup>,汉龙为 0.88 hm<sup>2</sup>,芒晃为 2.61 hm<sup>2</sup>;人口压力是导致 3 个 V - SES 空间组分不同的主要原因,人工植被在芒岗、汉

龙和芒晃分别占总面积的 91.20 %、43.50 % 和 42.61 %,而自然植被分别占 1.23 %、49.04 % 和 44.04 %,芒岗村的绝大部分自然植被已被人工景观取代。同时,芒岗村的人口压力和村落发展历史,共同导致其景观斑块形状最复杂、景观空间分布最为规则、景观异质性最低的 V-SES 空间结构。

市场需求是驱动 V-SES 空间组分和结构调整的主要因素。1996 年 3 个 V-SES 中仅芒岗和芒晃有四旁零星种植的咖啡;至 2013 年,汉龙、芒岗和芒晃的咖啡种植面积已分别占到本村总面积 10.43 %、60.68 % 和 41.21 %;期间,国内外咖啡市场的变化,是导致当地大面积种植咖啡的主要驱动因素。此外,相对稳定的粮食产量和价格,使芒晃村的耕地面积始终保持在总面积 10 % 以上;同样为迎合市场需求,芒岗村的景观组分中出现了以杉木为主的暖温性针叶林斑块(约占总面积的 4 %)。因此,受市场驱动的经济植物及其种植规模的变化,深刻影响着 V-SES 的空间组分和结构。

外部政策对 V-SES 空间组分和结构存在影响。近年来,天然林保护和退耕还林等工程的实施,以及自然保护区管理和生态环境意识教育的加强,距离保护区仅 0.6 km 的汉龙村充分发挥地理位置优势,发展了与生态旅游和观鸟相关的服务业,涵盖交通、旅店、餐饮和导游等。由于劳动力的转移和经济条件的改善,汉龙村不断增加的丢荒裸地景观,表明其社会子系统对自然子系统的压力正逐步下降或转移;同时表明其空间组分和结构的变化仍在延续。

### 3.3.3 人与自然交互作用的因素

社会生态系统的空间结构,是自然和社会因素综合作用的结果。如前所述,高海拔地带地势较陡、中海拔地带地势平缓、低海拔地带地形破碎,但调查分析结果显示这 3 个地带上的 V-SES 的空间结构,与地形地貌特征并不完全一致。地势平缓的芒岗村由于长期高强度的人类活动,导致其景观斑块形状最复杂、景观的空间分布最规则、景观最破碎而异质性最低的空间结构,相反,地形破碎的芒晃村由于干扰强度低,其空间结构在斑块形状复杂性和景观破碎度上都低于芒岗,而地势陡峭的汉龙村在人类作用影响下,呈现出斑块形状最简单、连接性最好而异质性最高的空间结构特征。

社会经济对 V-SES 空间组分和结构的影响受到自然条件的约束。地处高海拔的汉龙村在产业选择上受到气候条件的约束,尽管受国际咖啡市场影

响,汉龙村种植咖啡的愿望强烈,但由于热量不足,仅在该村海拔较低的地段出现咖啡种植斑块。相反,亚热带季风气候和荫蔽的常绿阔叶林为其草果种植提供了条件;自然保护区保存完好的森林生态系统,不仅为鸟类提供良好的栖息地,也为该村发展以观鸟为主的生态旅游产业奠定了基础。地处低海拔的芒晃村虽然热量充足但降水少,属于暖河谷气候,仅能发展咖啡、芒果和柑橘为主的热带经济植物种植业,而无法种植亚热带经济植物。地处中海拔的芒岗村则受自然条件约束相对较小,兼具热带和亚热带的多种经济植物。

## 4 结论与讨论

在高黎贡东坡高、中、低海拔地带选取了 3 个自然村,比较局域社会生态系统的空间组分和结构的异同,并按 26 % 的比例抽取农户作为作用者样本,分析导致村域社会生态系统(V-SES)组分和结构分歧的成因,在村域尺度上有效建立了社会子系统和自然子系统之间的关联。研究表明:处于不同海拔带上的 3 个 V-SES,其系统组分和结构都存在显著差异;其中,系统组分的差异表现为组分类型及其组成比例的不同,而空间结构的差异则表现在景观斑块形状复杂性、景观空间分布格局、景观连接性和聚集度等方面;导致 V-SES 空间组分和结构差异的成因,既有气候条件和地形地貌等自然因素,也有人口压力、市场需求和外部政策等社会经济因素,还有人与自然交互作用的原因。因此认为:社会生态系统不同于自然生态系统,其社会子系统与自然子系统的交互作用对系统空间组分和结构有着深刻影响,尽管这种影响总体上受到自然因素的约束。

研究的尺度问题。社会生态系统是一个多层次嵌套系统,涵盖从小型社区与其自然环境构成的局域系统,到全球人与自然系统等多个圈层。本研究对象是该嵌套系统的最低层次——村域社会生态系统。在村域尺度开展社会生态系统研究,能直接比较系统组分和空间结构的差异,也能快捷地建立结果和原因之间的联系,找出导致系统差异的驱动因素,但针对村域尺度的研究方法较难推广到大尺度的区域研究之中。这主要是由于在大尺度研究中,很难实现作用者群体的详细调查,也难以在结果和原因之间建立直接联系。如果将本方法应用到大尺度研究,认为有两种解决方案:一是在充分掌握作



用者群体特征的基础上,通过二次典型抽样(如流域研究的典型村落抽样和村落内的典型农户抽样)使样本更具代表性;二是改进社会经济调查方法,提高调查效率并确保调查数据的可靠性。

成因分析的问题。社会生态系统恢复力研究由于与可持续发展相关联,在国内外受到广泛关注<sup>[22-28]</sup>,但我们认为只有在了解 SES 组分、结构和功能动态及其驱动因素的基础上,才能够更加深入地探究如何缓解 SES 压力和培育恢复力的问题,因此本文仍致力于探究 V-SES 空间结构及其成因。尽管如此,也只能在众多的自然和社会经济因素分析了部分成因,其他诸如民族文化、受教育程度和交通状况等都未纳入驱动力分析,需要通过后续研究逐步完善。

有待研究的问题。在村域尺度上分析 SES 的空间结构,需要准确选取最合适的景观格局指数。本研究在斑块类型水平上选取的斑块结合度指数 COHESION,由于其在 3 个 V-SES 中均值都高于 93.5%,仅能说明 V-SES 的景观斑块分布十分紧凑,在小尺度的研究中没有必要选取该指数。此外,尽管本文比较了 1996 年的调查报告,但若能够收集到不同时段卫星影像数据和相应的社会经济数据,则是进行 SES 动态及其成因分析的最佳材料。

## 参考文献 (References)

- [1] Cumming G S, Olsson P, Chapin F S I, et al. Resilience, experimentation and scale mismatches in social-ecological landscapes [J]. *Landscape Ecol*, 2013, 28(6): 1139-1150
- [2] Ma Shijun, Wang Rusong. Social, economic and natural complex ecosystem [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1984, 4(01): 1-9 [马世骏, 王如松. 社会-经济-自然复合生态系统 [J]. *生态学报*, 1984, 4(01): 1-9]
- [3] Ye Jun. An analysis of the ecosystem of the human society [J]. *Journal of Yan Tai University: Philosophy and Social Science Edition*, 2004, 17(2): 143-148 [叶峻. 关于人类社会的生态系统分析 [J]. *烟台大学学报: 哲学社会科学版*, 2004, 17(2): 143-148]
- [4] Gunderson L H, Holling C S. Panarchy: understanding transformations in human and natural systems [M]. Washington, DC: Island Press, 2002.
- [5] Ye Jun. Social ecological system: a analysis of the structure and function [J]. *Journal of Yan Tai University: Philosophy and Social Science Edition*, 1998, (04): 13-19 [叶峻. 社会生态系统: 结构功能分析 [J]. *烟台大学学报: 哲学社会科学版*, 1998(04): 13-19]
- [6] Xu Feiliang. Low carbon economy from the perspective of social ecological systems theory [J]. *Bridge of Century*, 2011, (5): 72-73
- [7] 徐飞亮. 社会生态系统理论视域下的低碳经济探微 [J]. *世纪桥*, 2011, (5): 72-73
- [7] Liu J. Integrating ecology with human demography, behavior, and socioeconomics: Needs and approaches [J]. *Ecological Modeling*, 2001, 140(1-2): 1-8
- [8] Liu J, Dietz T, Carpenter S R, et al. Complexity of coupled human and natural systems [J]. *Science*, 2007, 317(5844): 1513-1516
- [9] Tan Jiangtao, Zhang Renjun, Wang Qun. The analysis framework of sustainable development of social ecological system of Ostrom [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2010, 27(22): 42-47 [谭江涛, 章仁俊, 王群. 奥斯特罗姆的社会生态系统可持续发展总体分析框架述评 [J]. *科技进步与对策*, 2010, 27(22): 42-47]
- [10] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems [J]. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422
- [11] Ostrom E. A diagnostic approach for going beyond panaceas [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(39): 15181-15187
- [12] Pickett S, Cadenasso M L, Grove J M. Biocomplexity in coupled natural-human systems: a multidimensional framework [J]. *Ecosystems*, 2005, 8(3): 225-232
- [13] Milestad R, Hadatsch S. Organic farming and social-ecological resilience: the alpine valleys of Solktaler, Austria [J]. *Conserv Ecol*, 2003, 8(31)
- [14] Xu Zhen, Qi Yuan, Qi Hongchao, et al. Modeling of ecosystem adaptive capability under the framework of social-ecological system [J]. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(5): 1174-1181 [徐真, 祁元, 齐红超, et al. 社会-生态系统框架 (SES) 下区域生态系统适应能力建模研究 [J]. *中国沙漠*, 2010, 30(5): 1174-1181]
- [15] Wang Jun, Yang Xinjun, Liu Wenzhao. A quantitative research on the resilience of social-ecological system to drought in the semiarid area [J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(11): 1385-1390 [王俊, 杨新军, 刘文兆. 半干旱区社会-生态系统干旱恢复力的量化研究 [J]. *地理科学进展*, 2010, 29(11): 1385-1390]
- [16] Jiang Wei, Wang Jun, Yang Xinjun, et al. A study of regime shift of rural social-ecological system in loess plateau [J]. *Human Geography*, 2011, (01): 56-60 [蒋维, 王俊, 杨新军, et al. 黄土高原农村社会-生态系统体制转换初探——以陕西省长武县洪家镇为例 [J]. *人文地理*, 2011(01): 56-60]
- [17] Wang Xingyu, Wang Jun, Bai Hongying, et al. Social ecosystem based on peasant household versus drought resilience—a case study in Yuzhong County of Gansu Province [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2008, 28(1): 14-18 [汪兴玉, 王俊, 白红英, et al. 基于农户尺度的社会-生态系统对干旱的恢复力研究——以甘肃省榆中县为例 [J]. *水土保持通报*, 2008, 28(1): 14-18]
- [18] Wang J, Zhang X, Yang X, et al. Future scenarios analysis of social-ecological system in semiarid areas of northwest China: a case study of northern highlands in Yuzhong County of Gansu Province [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(6): 1143-1148

- [19] Wu Zhengyi, Zhu Yancheng, Jiang Hanqiao. Yunnan vegetation [M]. Beijing: Science Press, 1987: 89–96 [吴征镒, 朱彦丞, 姜汉侨. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 89–96]
- [20] Chen Baiming, Zhou Xiaoping. Explanation of current land use condition classification for national standard of the People's Republic of China[J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(6): 994–1003 [陈百明, 周小萍. 《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 994–1003]
- [21] Wu Jianguo. Landscape ecology—pattern, scale and hierarchy [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 97–118 [邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 97–118]
- [22] Milestad R, Westberg L, Geber U, et al. Enhancing adaptive capacity in food systems: learning at farmers' markets in Sweden[J]. Ecology and Society, 2010, 15(293)
- [23] Cinner J E, McClanahan T R, Daw T M, et al. Linking social and ecological systems to sustain coral reef fisheries[J]. Curr Biol, 2009, 19(3): 206–212
- [24] Berkes F, Turner N J. Knowledge, learning and the evolution of conservation practice for social-ecological system resilience[J]. Human Ecology, 2006, 34(4): 479–494
- [25] Berkes F, Doubleday N C, Cumming G S. Aldo Leopold's land health from a resilience point of view: self-renewal capacity of social-ecological systems[J]. Ecohealth, 2012, 9(3): 278–287
- [26] Berkes F, Seixas C S. Building resilience in lagoon social-ecological systems: A local-level perspective[J]. Ecosystems, 2005, 8(8): 967–974
- [27] Adger W N, Brown K, Nelson D R, et al. Resilience implications of policy responses to climate change[J]. Wiley Interdisciplinary Reviews – Climate Change, 2011, 2(5): 757–766
- [28] Adger W N, Hughes T P, Folke C, et al. Social-ecological resilience to coastal disasters[J]. Science, 2005, 309(5737): 1036–1039

## Spatial Structure and Its Causes of Local Social-ecological System in Gaoligong Mountains

ZHAO Lili<sup>1,2</sup>, YANG Wenzhong<sup>1</sup>, FAN Xuncheng<sup>2</sup>, ZHANG Shanshan<sup>1</sup>, LUO Ting<sup>1</sup>

(1. Key laboratory of Rare & Endangered Forest Plants of State Forestry Administration, Kunming 650201, China;

2. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Social-ecological system (SES) is a complex adaptive system coupling human and nature. Understanding SES composition and structure is the basis to explore its mechanism and law. Here, we selected three villages with different altitudes on the east slope of Gaoligong Mountains to study spatial composition, structure and their causes of village SES (V – SES). Based on image data from high resolution SPOT – 5 and block-by-block verifications in the field, a land-cover classification system was established to depict the spatial compositions of three projected V – SESs. Their spatial structures were analyzed through calculation of seven landscape pattern indices (4 at landscape-level and 3 at class-level). The compositions and structures were compared among three V – SESs. Natural environment parameters and socioeconomic data were analyzed to unveil the causes of differences and similarities in V – SESs. Results showed that all three villages were typical agricultural SES that highly relied on planting industry. The land-cover compositions, however, varied from one village to another. Manghuang village with low altitude had the simplest composition, while Manggang village with middle altitude had the richest composition. The spatial structures varied in aspects of shape complexity, distribution pattern and landscape connectivity. And those of Hanlong with high altitude and Manggang with middle altitude were at two ends, while those of Manghuang with low altitude were in the middle. Causes of differences and similarities in V – SESs include not only natural factors such as climatic, topographical and landform conditions, but also socioeconomic factors such as population pressures, market needs and external policies, as well as interactions between human and nature within the systems.

**Key words:** village social-ecological system; system composition; spatial structure; Gaoligong Mountains