

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 3 - 300 - 07

基于土地覆被的局域社会生态系统动态平衡

陈 剑¹, 李灿雯¹, 杨文忠^{1*}, 华 梅¹, 赵莉莉², 蒋 宏¹

(1. 云南省林业科学院 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. 昆明理工大学 环境科学与工程学院 云南 昆明 650504)

摘 要: 社会子系统和自然子系统相互作用关系是社会生态系统研究的核心内容。社会生态系统中社会子系统和自然子系统的相互作用处于动态平衡之中, 山地社会生态系统的动态平衡主要取决于自然植被的演替和人类活动的干扰。以土地利用/覆被的斑块调查数据和农户社会经济入户调查数据为基础, 在村域尺度上构建了基于土地利用/覆被的社会生态系统动态平衡分析方法, 分析村域社会生态系统各斑块在从裸地(或人工建筑)到顶级群落演替过程中所处的位置, 揭示两类子系统相互作用关系。通过对高黎贡山东坡不同海拔梯度上旱龙、芒岗、芒晃三个自然村的动态平衡分析, 结果显示: 动态平衡指数 DEI 依次为旱龙(- 0.50) > 芒岗(- 0.71) > 芒晃(- 0.75); 其中人口压力较小、土地生产力较高的旱龙村, 处于最佳的 V - SES 动态平衡之中; 芒岗村的土地生产力较高但人口压力最大, 芒晃村的人口压力小但土地生产力最低, 均处于 V - SES 动态平衡的较差状态。研究结果为村域社会生态系统动态平衡分析提供了一种新的方法, 且对开展更大尺度上的 SES 研究具有参考价值。

关键词: 局域社会生态系统; 系统动态; 动态平衡; 土地利用; 高黎贡山

中图分类号: X144

文献标志码: A

社会生态系统 (Social - Ecological Systems, SES) 是由具社会属性的人和具生态学意义的自然环境要素连结而成的系统^[1-2]。作为多层次嵌套系统, SES 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。SES 研究的兴起, 源于不断完善的复杂适应系统理论和人类可持续发展的迫切需要^[3-5]; 其目的一方面在于探索其结构、功能和演化规律, 另一方面致力于协调人与自然关系的管理实践, 核心内容是探索社会子系统和自然子系统的相互作用关系; 跨学科研究是攻克 SES 难题的基本方法^[6-7]; 研究对象以全球尺度和海岸、海湾等区域尺度的居多^[8-10]。

社会生态系统研究涉及的参量复杂多样, 涵盖自然、人口、社会、经济等各方面的指标, 大、中尺度的研究往往只能获得理论模型和分析框架等^[11-12],

难以在管理实践中发挥指导作用。村域社会生态系统 (Village SES, V - SES) 是全球 SES 的最低层次局域系统, 也是基本组成单位; 在村域尺度上开展实证研究, 可根据实际需要把繁杂的研究参量具体化和简化, 达到分析评价 V - SES 可持续性的目的。SES 的可持续性, 实质上是环境资源对社会发展的支撑能力和人类需求对环境压力之间的动态平衡状态, 相对封闭的以农业为主的山地 V - SES, 其环境支撑能力和人类需求压力间的消长动态, 和土地资源的利用有着密切关系, 因此, 土地利用与覆被状况能够较好地反映 V - SES 的动态平衡状态。我们尝试在村域尺度上基于土地利用状况和地表植被演替, 采用定量和定性相结合的方法, 研究社会生态系统动态平衡问题, 为村域社会生态系统管理提供科学理论依据。

收稿日期 (Received date): 2013 - 10 - 17; 修回日期 (Accepted): 2014 - 01 - 03。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (30600080, 31060077) 资助。 [Funded by NSFC (30600080, 31060077).]

作者简介 (Biography): 陈剑 (1978 -), 男, 云南镇雄人, 研究实习员, 主要从事生物多样性研究。 [Chen Jian (1978 -), male, born in Zhenxiong, Yunnan Province, research assistant, current research is focused on biodiversity conservation.]

* 通信作者 (Corresponding author): 杨文忠 (1972 -), 男, 云南祥云人, 博士, 副研究员, 主要从事局域社会生态系统研究。 [Yang Wenzhong (1972 -), male, born in Xiangyun, Yunnan Province, Ph.D. and associate professor, current research is focused on local social-ecological system.] E-mail: Wzyang2004@126.com, Tel: 13759491789

认识 V-SES 的动态平衡对西部省区的可持续发展意义重大。西部省区地处我国地势较高的第一、二阶梯^[13] 在国家可持续发展战略中发挥着生态安全屏障和“水塔”的功能和作用^[14]; 但同时存在山区面积占比大、乡村分布零散的问题, 在西部山地开展 V-SES 研究, 对如何在局域尺度上合理利用自然资源、平衡经济发展与生态保护、达到可持续发展目标具有现实指导意义。

1 研究区概况

研究区位于云南省高黎贡山东坡的保山市隆阳区芒宽乡百花岭行政村, 地理位置 $25^{\circ}18'33''N \sim 25^{\circ}15'40''N$, $98^{\circ}47'27''E \sim 98^{\circ}50'17''E$, 海拔 700 ~ 2 000 m, 属中、北亚热带气候类型, 干湿季显著, 四季不分明, 全年日照时数 2 000 ~ 2 100 h, $\geq 10^{\circ}C$ 积温 4 200 ~ 6 000 $^{\circ}C$, 年平均气温 13 ~ 18 $^{\circ}C$, 年降水量 1 100 ~ 1 700 mm。海拔 1 100 m 以下自然植被为河谷稀树灌丛; 1 100 ~ 2 000 m 为季风常绿阔叶林。研究区的经济发展主要依赖山地农业, 但自然条件与社会状况随海拔变化而呈现显著差异。研究选取的汉龙、芒岗、芒晃三个自然村, 海拔分别为 1 500 m、1 200 m、1 000 m, 均为汉族、傈僳族、白族、彝族、傣族等多民族混居村。从分布海拔、民族组成和社区规模等方面, 研究点在高黎贡山东坡都具有典型性和代表性。

2 研究方法

2.1 土地利用/覆被数据

参照 SPOT-5 卫星高清影像进行现地 GPS 采样点和土地利用斑块勾绘, 对土地类型、植物群落结构、物种构成、植被演替阶段等详情进行记录; 并下载当地 SRTM 影像进行海拔地形分析(<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>)。

2.2 社会经济数据

根据三个自然村人口数量, 按各村总人口数 25% 的比例进行典型抽样, 以涵盖不同收入来源和水平的农户, 开展农户经济收支状况调查; 调查方法以入户开展半结构访谈为主, 调查内容包括家庭人口、民族、年龄、收支科目及数量等。

2.3 数据处理

根据 SPOT-5 卫星影像和勾绘的各类斑块进

行土地利用状况, 运用 Arcgis 9.3 进行统计分析和可视化分析; 通过 Global Mapper 13 对 SRTM 影像进行高程分析和等高线制作; 运用 SPSS 19 与 Excel 2003 完成数据分析、统计和制图。

2.4 动态平衡分析

社会生态系统的可持续性, 取决于人类需求对自然环境的压力和自然环境对人类需求的支撑之间的平衡状态。对以农业为主的局域社会生态系统而言, 这种平衡状态与土地利用状况密切相关, 因此可通过对土地利用的量化分析揭示人与自然的动态平衡关系。其他影响 V-SES 动态平衡的因素, 如政策法规、民族习俗、文化程度、生活水平等实际上已经体现在土地利用状况之中, 可不直接对其进行量化分析, 但可作为辅助量化分析的验证手段。基于这一理念构建 V-SES 动态平衡指数, 并通过 Arcgis 平台完成环境压力梯度的可视化分析。

2.4.1 V-SES 动态平衡指数

V-SES 动态平衡指数基于当前 V-SES 中各种土地类型斑块处于“裸地”到“当地顶级群落”演替系列中的位置, 以此来计算整个 V-SES 是处于平衡状态或是存在明显的偏自然或偏人工干扰演替的动态趋势, 这种趋势以 V-SES 动态平衡指数进行表征, 其生态意义为 V-SES 在从裸地/人工建筑到当地顶级群落演替系列中所处的位置

$$DEI = \sum_{i=1}^n \left[(E_i - 1) \times \frac{S_i}{S} \right] \quad (1)$$

式中 DEI 为 V-SES 动态平衡指数 ($-1 \leq DEI \leq 0$), $DEI = 0$ 表示生态系统为天然顶级群落, $DEI = -1$ 表示生态系统中无植被, 全为裸地或人工建筑; E_i 为当地第 i 个土地类型演替进程, S_i 为当地第 i 个土地类型的面积; S 为研究区域总面积。结合社会经济因素, 在 $[0, 1]$ 区间内对处于不同演替进程的土地类型进行赋值(表 1)。

2.4.2 V-SES 动态平衡可视化分析

对每个土地斑块依表 2 赋值标准对其斑块质心赋值, 赋值标准为表 2 对整个自然村进行插值计算, 得到各自然村各地段的 V-SES 动态平衡可视化分布。

可视化分析用到局部插值相对误差较小的 IDW(反距离权重) IDW 插值计算方法为

$$Z_0 = \left[\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^k} \right] / \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k} \right]^{[15]} \quad (2)$$

式中 Z_0 为点 0 的估计值, Z_i 为控制点, d_i 为控制点到点 0 的距离, n 为控制点数目, k 为指定的幂, 插值点距离控制点距离越远, 所受其影响越低。

表 1 土地类型演替进程赋值条件

Table 1 Conditions for valuation of different land succession

| 进程 | 赋值条件 | 赋值指标 |
|---------------------------|--|-----------|
| 土地类型 演替进度 (E_i) | 1 顶级群落植被: 群落结构稳定, 物质能量输入输出达到平衡 | 0.7 ~ 1 |
| | 2 演替中期植被: 群落能自行更新, 先锋物种比例下降, 以地带性物种为优势种。 | 0.4 ~ 0.6 |
| | 3 演替初期植被: 植被以草本或先锋树种幼苗为主。 | 0.1 ~ 0.3 |
| | 6 长期强烈干扰不能正常演替或在人工干扰下稳定在某一演替阶段的植被(如四旁林、农地、经济作物) | 0.1 ~ 0.4 |
| | 4 裸 地 | 0 |
| | 5 人工建筑 | 0 |

注: 系统中存在一个以上气候顶级群落, 则以生物量最大的顶级群落为准。旱龙和芒岗的顶级群落为亚热带季风常绿阔叶林, 芒晃的顶级群落是干热河谷稀树灌丛; 从土地生产力的角度, 稀树灌丛的生物量远不及亚热带季风常绿阔叶林, 为比较分析自然资源对社会发展的支撑作用, 把芒晃的顶级群落视作从裸地到季风常绿阔叶林演替的一个阶段。

3 结果与分析

3.1 三个自然村的土地利用情况

研究区各种生境条件随海拔有明显的区别, 选取作为研究点的三个自然村由于气候土壤条件不同, 导致自然植被分布、土地利用类型和利用格局都存在明显差异(图 1)。

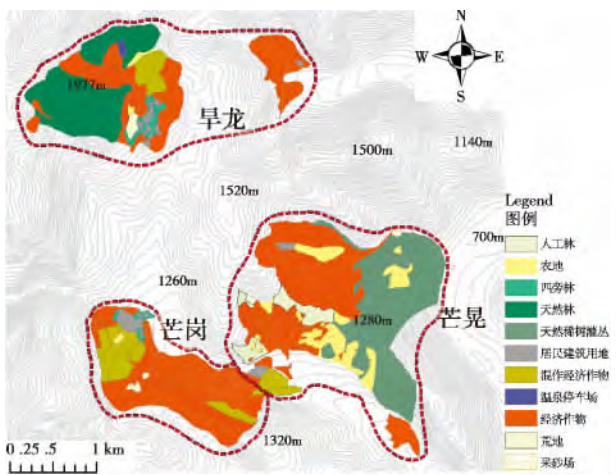
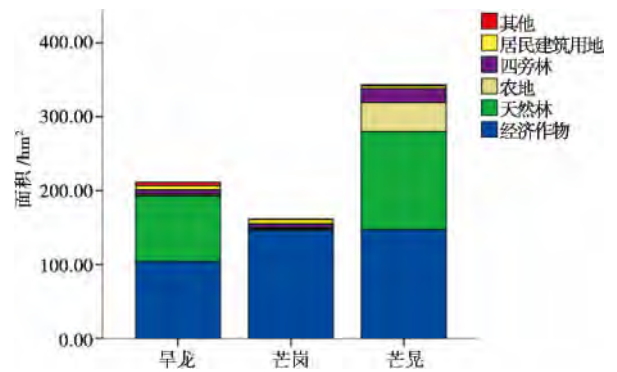


图 1 三个 V - SES 的土地利用分布格局

Fig. 1 Land use pattern in 3 village SES

旱龙村土地面积 211.28 hm^2 , 接近高黎贡山国家级自然保护区边界, 在土地利用上最显著的特征

是保存有干扰较小的天然季风常绿阔叶林, 面积 88.94 hm^2 , 接近其总面积的一半; 经济作物以核桃(较高海拔地段)、咖啡、板栗(海拔较低地段) 为主, 核桃种植面积共 50.27 hm^2 , 其中 14.96 hm^2 为与板栗混作; 板栗纯林 3.05 hm^2 ; 咖啡种植面积 44.65 hm^2 ; 另有少量甘蔗、草果、桑树等经济植物; 用于粮食作物种植的农地少, 只有 2.32 hm^2 , 但未成林核桃林内常有玉米混作; 四旁树种有核桃、竹类、芭蕉、构树等; 居民建筑用地 5.67 hm^2 (图 2)。



天然林: 旱龙为常绿季风阔叶林, 芒晃为河谷稀树灌丛

图 2 三个 V - SES 的土地利用与覆被状况

Fig. 2 Land use and land cover in 3 village SES

芒岗村土地面积 161.14 hm^2 , 土地人工利用充分, 几无自然植被; 经济作物以咖啡为主, 共 101.25 hm^2 , 其中 18.72 hm^2 混作核桃; 核桃纯林 12.9 hm^2 ; 另有少量板栗、荔枝、桔子等经济植物; 用于粮食作物种植的农地仅有 0.9 hm^2 ; 四旁林以竹类和杉木为主, 共 5.65 hm^2 ; 居民建筑用地 6.15 hm^2 。

芒晃村土地面积 343.42 hm^2 , 也存在大片未经人工利用的自然植被, 即干热河谷稀树灌丛, 共 132.59 hm^2 ; 经济作物以咖啡为主, 咖啡纯林共 132.76 hm^2 ; 桔子、荔枝、龙眼、芒果等各种经济作物以不同比例相互混作模式共 14.39 hm^2 ; 农地 39.62 hm^2 , 三个自然村中面积最大; 四旁林以杉木和竹类为主, 共 18.69 hm^2 ; 居民建筑用地 3.63 hm^2 。

3.2 基于土地利用的 V - SES 动态平衡

简单的土地利用类型分类, 并不能说明土地利用的动态趋势, 主要是基于以下几个原因: 1. 同样的土地利用类型, 如成熟核桃林与初植核桃幼树林、粗放管理的核桃林与人工干扰强度大的核桃林, 可能存在演替阶段的巨大差别(体现在生物量、群落结构、物种多样性等方面); 2. 不同土地利用类型斑块的边界, 可能没有明确的边界; 3. 不同斑块边界存在

自然植被演替与人工干扰的相互影响。因此在分析 V - SES 动态平衡时 ,本研究以不同土地利用状态下各个土地类型斑块的演替阶段作为分析基础 ,通过 (1) 式计算出各自然村的 V - SES 动态平衡指数 ,得到三个自然村 DEI 的依次为旱龙(-0.50) > 芒岗(-0.71) > 芒晃(-0.75) (表 2) 。

在对各斑块演替阶段赋值的基础上(表 1) ,通过 (2) 式对各自然村土地进行演替阶段分 10 个梯度进行插值计算 ,分析潜在的社会发展压力或自然资源支撑能力在土地上的梯度分布。各斑块在从裸地/人工建筑到地带性顶级群落不同演替阶段中所处的位置 ,以 0.1 为区间划分不同演替阶段的土地斑块 ,构成土地斑块演替系列(图 3) ,分布梯度位置越高(深绿色) ,说明该局部地段人为干扰小 ,反之分布梯度位置越低(深红色) 说明局部地段人为干扰大。

各类斑块在 V - SES 中所占的比例 ,反映了该村社会经济发展对自然资源的压力或自然环境对社会经济的支撑能力。旱龙村有较全面的梯度分布和较多的高梯度斑块 ,表明旱龙村的社会发展对自然资源的压力较小 ,或自然环境的支撑能力较强; 而芒岗和芒晃的梯度构成和分布 ,表明这两个 V - SES 的土地大多处于较低的梯度位置 ,社会发展对自然资源的压力大 ,或自然环境的支撑能力不足。

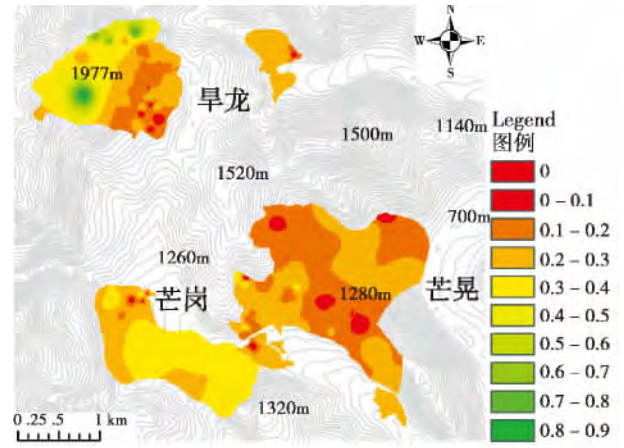


图 3 三个 V - SES 土地演替阶段梯度分布图

Fig. 3 Gradient distribution of land succession in 3 village SES

3.3 V - SES 动态平衡成因

V - SES 动态平衡分析 ,可根据各斑块演替状态判断其在从人工系统(如裸地或人工建筑) 到天然顶级群落演替过程中所处的位置。但仅根据 V - SES 动态平衡指数 DEI 值 ,难于判断该动态的成因 ,如对一个 DEI 值低的村域社会生态系统而言 ,就难以判断该系统是因为社会发展对自然资源的压力大(如人口过多、经济收入要求高) ,还是自然环境支撑能力不足(如生境贫瘠 ,生产力弱) ,这时需要结合人口、经济收入、土地生产力等进行分析(表 3) 。

表 2 三个 V - SES 的动态平衡状况
Table 2 Dynamic equilibrium of 3 village SES

| 村名 | 不同土地演替梯度的面积分布 /hm ² | | | | | | | | | | 动态平衡 指数 DEI |
|----|--------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | 0 | 0 ~ 0.1 | 0.1 ~ 0.2 | 0.2 ~ 0.3 | 0.3 ~ 0.4 | 0.4 ~ 0.5 | 0.5 ~ 0.6 | 0.6 ~ 0.7 | 0.7 ~ 0.8 | 0.8 ~ 0.9 | |
| 旱龙 | 0.01 | 3.59 | 38.5 | 78.15 | 46.86 | 23.42 | 11.23 | 5.39 | 2.72 | 1.41 | -0.50 |
| 芒岗 | 0.01 | 0.7 | 3.03 | 51.71 | 105.18 | 0.51 | | | | | -0.71 |
| 芒晃 | | 15.25 | 168.34 | 156.96 | 2.87 | | | | | | -0.75 |

表 3 三个 V - SES 人口、经济收入和土地利用状况
Table 3 Population , income , and land use of 3 village SES

| 村名 | 人口 | 土地面积 /hm ² | 人均土地面积 /hm ² | 人均已开发利用 土地* /hm ² | 土地开发 利用率 | 人均年收入 /万元 | 已开发利用土地的年 平均产值/(万元 /hm ²) | 年平均土地面积 产值/(万元 /hm ²) |
|----|-----|--------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|--------------|---|---------------------------------------|
| 旱龙 | 206 | 211.28 | 1.03 | 0.57 | 55.80% | 1.10 | 1.92 | 1.07 |
| 芒岗 | 420 | 161.14 | 0.38 | 0.38 | 98.03% | 1.45 | 3.83 | 3.77 |
| 芒晃 | 131 | 343.42 | 2.62 | 1.60 | 60.96% | 1.48 | 0.93 | 0.56 |

* 已开发利用土地含经济作物种植用地、四旁林、农地、居民建筑用地。

1. 经济收入趋同性。三个自然村村的生境、人口、土地面积、土地的人工利用率、平均土地经济产值等都存在显著差异,但人均年收入差异较小,这有可能是经济收入的“趋同性”^[16],即特定区域内的人群在价值观上追求同等经济收入观念,村域水平上,农户对土地利用的决策受农户间社会经济相似度的影响^[17]。在满足基本生存条件的基础上,“趋同性”驱使区内人群通过各种途径达到经济收入上的平等,从而造成对生态环境的不同依赖和影响。为达到人均年收入 1.10~1.48 万元这个水平,三个自然村人均对土地开发的面积相差最大约为 4 倍;但是,由于各个自然村受天然资源的限制,不可能无限开发,以农业为主且物质能量流动较少的村域社会生态系统,最终的经济收入会受到环境资源的限制达到极限,如芒岗对土地的开发利用率已达 98.03%,与芒岗和芒晃相比,经济增收的空间已非常有限。

2. 社会发展对自然环境的压力。由于土地划分有着复杂的历史背景原因,各自然村之间、各农户之间或各村民之间,都不可能获得面积、生产力、自然资源完全一致的土地。芒岗和芒晃两个 V-SES 的人均土地面积相差达约 7 倍,造成其社会发展对自然资源压力的显著差异。芒岗人口最多而土地最少,对土地的开发利用率高达 98.03%,形成以果树种植园为主的集约化经营产业,已开发土地的年均产值分别约为旱龙和芒晃的 2 倍和 4 倍,基本已无天然林分布。而人均土地面积较多的旱龙和芒晃,天然林保存率为 44.2% 和 39.04%。

3. 环境资源对社会发展的支撑能力。不同的 V-SES 在经济上存在不同的投入/产出差异^[18]。本研究中环境资源对社会发展的支撑能力,主要体现在自然生态系统生产力上,芒晃的自然生态系统受水热条件限制,生产力较旱龙与芒岗的差,体现为天然植被的地带性顶级群落为干热河谷稀树灌丛,旱龙与芒岗的地带性顶级群落为亚热带季风常绿阔叶林;在年平均土地面积产值上,芒晃为 0.56 万元/hm²,旱龙为 1.07 万元/hm²,芒岗为 3.77 万元/hm²,已开发利用土地的年平均产值也反映了与此类似的结果,即土地生产力越差,环境资源对社会发展的支撑能力越低。芒晃村由于土地生产力较低,人均开发利用土地面积是芒岗的 4 倍,才达到与芒岗接近的人均年收入。旱龙在三个自然村中土地利用开发率最低,原因是本村良好的天然林为大量鸟

类提供了栖息地,催生了涵盖导游、摄影、农家旅店等的生态观鸟旅游业,使村民获得了比直接进行土地开发更高的收入。加之前来观鸟的游客多具保护意识,与村民形成了良性的互动,促使村民逐步减少了核桃种植面积,提高天然林保护和恢复的意识。

综上所述认为:旱龙村拥有较小的社会发展人口压力,而拥有较高的土地生产力,处于最佳的 V-SES 动态平衡状态。芒岗和芒晃的 DEI 值较接近,但蕴含了不同的意义,芒岗拥有最大的人口压力的较高的土地生产力,已经接近该区域内现有模式下单纯开发利用土地所能达到的最大发展限度;人口压力较小、土地生产力最低的芒晃,虽然还有较多的土地未开发利用,但其很差的土地生产力状况决定了其土地开发利用不会有明显效果,甚至会造成生态环境恶化。

4 结论与讨论

通过理论探索揭示出 V-SES 动态平衡状态主要取决于社会发展对自然资源的压力和自然环境的支撑能力,构建了 V-SES 动态平衡分析方法;通过实证研究,证明了基于土地利用状况(包括利用类型和演替阶段)的 V-SES 动态平衡分析方法能够反映 V-SES 的发展状态。V-SES 动态平衡指数 DEI 值的大小,受到社会发展对自然资源压力和自然环境支撑能力的共同影响,即在一定空间范围内,社会发展需求压力越低、土地生产力越高,DEI 值越大;相反,社会发展需求压力越高、土地生产力越低,DEI 值越小。动态平衡分析方法的 DEI 指标,能客观反映 V-SES 自然子系统与社会子系统的相互作用状态,并揭示 V-SES 的可持续性及其成因,可作为衡量 V-SES 可持续性的量化和可视化指标,用于 V-SES 可持续发展潜力的评估。

1. V-SES 动态平衡与可持续发展。动态平衡分析的目的是为 V-SES 可持续发展提供依据,可持续发展必须综合考虑社会发展对自然资源的压力和自然环境的支撑能力,如在社会发展压力大、环境资源贫瘠的地区,生态环境保护与资源可持续利用是相冲突的,需要在宏观规划上制定替代经济产业或调整人口布局,转移社会发展对土地的压力,否则容易造成牺牲环境资源获得短期经济发展进而进入“环境恶化-贫困-环境恶化”的恶性循环^[19]。

2. V-SES 动态平衡分析方法的适用范围。由

于系统内自然植被演替与人为干扰的消长关系是系统动态平衡的决定因素, V - SES 动态平衡分析方法主要适用于对土地资源依赖程度高且相对封闭的局域社会生态系统。土地依赖程度低且开放性高的社会生态系统, 由于与外部环境有着大量的人流、物流和能流, 系统内部的自然和社会两个子系统间失去了消长动态平衡基础, 因此, 必须将研究尺度扩大至更广范围或更高等级的社会生态系统, 直到二者重现消长动态关系, 方可进行系统动态平衡分析。这也表明类似的研究不能简单地以行政区划单元为对象^[20]。

参考文献(References)

- [1] Walker B, Gunderson L, Kinzig A, et al. A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems[J]. *Ecology and Society*. 2006, 11(1): 13
- [2] Berkes F, Folke C. Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998: 1-26
- [3] Miao Dongsheng. University lecture about system science[M]. Beijing: China Renmin University Press Co. LTD, 2007: 381-397 [苗东升. 系统科学大学讲稿[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 381-397]
- [4] Zhang Zhibin, Wang Zuwang, Li Dianmo. Ecological complexity——review and prospect [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(4): 433-441 [张知彬, 王祖望, 李典谟. 生态复杂性研究——综述与展望[J]. *生态学报*, 1998, 18(4): 433-441]
- [5] Clark W C. Sustainability science: a room of its own [J]. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 2007, 104(6): 1737-1738
- [6] Liu J G. Special Issue: Integration of ecology with human demography, behavior, and socioeconomics [J]. *Ecological Modelling*, 2001, 140(1-2): 1-8
- [7] Alberti M, Asbjornsen H, Baker L A, et al. Research on coupled human and natural systems (chans): approach, challenges, and strategies[J]. *Bulletin of the Ecological Society of America*. 2011, 92: 218-228
- [8] M Latif, N S Keenlyside. El Niño / Southern Oscillation response to global warming[J]. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 2009, 106(49): 20578-20583
- [9] H M Leslie, M Schlüter, R Cudney - Bueno, et al. Modeling responses of coupled social-ecological systems of the Gulf of California to anthropogenic and natural perturbations [J]. *Ecological Research* 2009 24(3): 505-519
- [10] Radeloff V C, S I Stewart, T J Hawbaker, et al. Housing growth in and near United States protected areas limits their conservation value[J]. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*, 2010, 107(1): 940-945
- [11] Liu J, Dietz T, Carpenter S R, et al. Complexity of coupled human and natural systems[J]. *Science* 2007 317(5844): 1513-1516
- [12] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems [J]. *Science*, 2009, 325(5939): 419-422
- [13] Jiang Jie, Yang Xin. Quantitative segmentation of the three gradient terrain of China based on DEM [J]. *Geomatics World*, 2009, 7(1): 8-13 [蒋捷, 杨昕. 基于 DEM 中国地势三大阶梯定量划分[J]. *地理信息世界* 2009 7(1): 8-13]
- [14] Chen Guojie. Some Considerations on strategy of development of mountain regions of China [J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2007, 22(2): 126-131 [陈国阶. 对中国山区发展战略的若干思考[J]. *中国科学院院刊* 2007 22(2): 126-131]
- [15] Deng Xiaobin. Comparison between two space interpolation methods based on ArcGIS [J]. *Geospatial Information*, 2008, 6(6): 85-87 [邓晓斌. 基于 ArcGIS 两种空间插值方法的比较[J]. *地理空间信息* 2008 6(6): 85-87]
- [16] Hong Huiming, Wang Jiashun. Inverted U hypothesis and income convergence [J]. *Economic Tribune*, 2006, 20(1): 49-50 [洪会明, 王家顺. 倒 U 假说与收入趋同[J]. *经济论坛*, 2006, 20(1): 49-50]
- [17] Wang Tao, Chen Hai, Liang Xiaoying, et al. Analysis of influence factors on farmer's land use decision-making in village scale [J]. *Journal of Arid Land Resource Sand Environment* 2013 27(3): 20-26 [王涛, 陈海, 梁小英, 等. 村域尺度条件下农户土地利用决策影响因素分析[J]. *干旱区资源与环境* 2013 27(3): 20-26]
- [18] Qiao JiaJun, Xiong Jian. The input-output features of farmland eco-economic system——a case study from Wugou Village, Gongyi City, Henan Province [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14(1): 226-229 [乔家君, 熊剑. 村域农田生态经济系统投入产出特征研究——以河南省巩义市吴沟村为例[J]. *中国生态农业学报* 2006, 14(1): 226-229]
- [19] Xu Baoquan, Shi Weiqun. The spatial relationship analysis of rural percapita revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(9): 2585-2592 [许宝泉, 施为群. 基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析[J]. *生态学报* 2011 31(9): 2585-2592]
- [20] Xiang Yunyun, Meng Jijun. Research and application advances in ecological carrying capacity [J]. *Chinese Journal of Ecology* 2012, 31(11): 2958-2965 [向芸芸, 蒙吉军. 生态承载力研究和应用进展[J]. *生态学杂志* 2012 31(11): 2958-2965]

Dynamic Equilibrium of Local Social – Ecological Systems Based on Land Cover

CHEN Jian¹, LI Canwen¹, YANG Wenzhong¹, HUA Mei¹, ZHAO Lili², JIANG Hong¹

(1. Key laboratory of Rare and Endangered Forest Plant of Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650201, China;

2. Environmental Science and Engineering School of Kunming University of Science and Technology, Kunming 650504, China)

Abstract: Interactions between social sub-system and natural sub-system are the core of studies on social-ecological systems (SES). Interactions between social sub-system and natural sub-system of SES are at a dynamic equilibrium. In mountainous SESs which are agriculture-based and relatively closed, the dynamic equilibrium is attributed to natural vegetation successions and human disturbances on earth surfaces. It means that each patch of land in SES marks its position in a series from barren or artificial fields to the climax of natural vegetations. In other words, the dynamic equilibrium can be depicted from the general conditions of land use and cover (LUC). Using data gained from LUC investigation and household socioeconomic survey, we developed a method for dynamic equilibrium analysis at village SES (V-SES). The method could be applied to analyze the interactions between social sub-system and natural sub-system, and unveil the dynamic equilibrium status of V-SES. We took 3 villages with different altitudes on eastern slope of the Gaoligong Mountains (in Yunnan Province of China) as cases to test the method. Results showed that DEI of 3 V-SESs ranked Hanlong village (-0.50) > Manggang village (-0.71) > Manghuang village (-0.75). Hanlong village with lower population pressure and higher land productivity had the best dynamic equilibrium. Manggang village had the highest population pressure and higher land productivity, and Manghuang village had the lower population but lower land productivity. Both were in worse dynamic equilibrium status. Our study provided a new method to analyze dynamic equilibrium of V-SES. The results could also be a reference for studies of SES at a larger scale.

Key words: local social-ecological system; system dynamics; dynamic equilibrium; land use; the Gaoligong Mountains

封面照片: 夹金山

夹金山属邛崃山脉的南支,位于青藏高原东部边缘,呈近南北走向,行政区划上地处四川省甘孜藏族自治州康定县东部、阿坝藏族羌族自治州小金县南部、雅安市宝兴县北部和西部、天全县西部,山脊海拔4 000~5 100 m,最高峰为康定县和宝兴县交界处的一座山峰,海拔5 338 m。其西侧为大渡河,河面海拔1 400~1 700 m;东面是宝兴河和天全河,宝兴河上游宝兴县城附近河面高程约1 000 m,天全河在天全县城一带河面高程仅740 m左右;河谷和山岭的高差巨大,地势陡险,峭壁如削。夹金山植被茂密,森林资源丰富,为濒危野生动物大熊猫等的主要栖息地之一,也是国家一级重点保护野生植物——具有植物界活化石之称的珙桐的重要分布区。夹金山是当年中国工农红军万里长征徒步翻越的第一座大雪山,在中国革命的光荣史上有着重要地位。

照片为夹金山东坡宝兴河上游西河高山峡谷地貌。

(嘉 益)