

DOI: 10.5846/stxb201906231329

张娟, 陈凡, 角媛梅, 刘澄静, 赵冬梅, 刘志林, 徐秋娥, 邱应美. 哈尼梯田区不同旅游模式村寨土地利用变化对生态系统服务与人类福利的影响. 生态学报, 2020, 40(15): 5179-5189.

Zhang J, Chen F, Jiao Y M, Liu C J, Zhao D M, Liu Z L, Xu Q, Qiu Y M. Impacts of village land use change on ecosystem services and human well-being under different tourism models in Hani Rice Terrace. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(15): 5179-5189.

哈尼梯田区不同旅游模式村寨土地利用变化对生态系统服务与人类福利的影响

张 娟, 陈 凡, 角媛梅*, 刘澄静, 赵冬梅, 刘志林, 徐秋娥, 邱应美

云南师范大学旅游与地理科学学院, 昆明 650500

摘要:区域旅游开发是驱动土地利用变化(LUCC)并影响生态系统服务及人类福利的重要因素。以红河哈尼梯田世界遗产区不同旅游发展模式的黄草岭村(观光和接待)和胜村(接待)为研究对象,解译获得两村 2009 年和 2017 年 LUCC 图并进行变化分析,再运用替代成本、市场价值和影子工程等定量方法评估两村生态系统服务价值及其变化。结果表明:(1)黄草岭村和胜村 LUCC 动态度分别为 14.83% 和 5.64%,其中变化最大的建设用地在两村分别增加 39.18% 和 23.68%。(2)黄草岭村因发展梯田观光旅游和林地面积的增加使其生态系统服务价值增长 1520.77 万元,而胜村则因耕地和林地面积的增加而增长 374.93 万元,其中林地价值最高。(3)单项生态系统服务价值中,黄草岭村因发展旅游其休闲娱乐价值增幅最大,为 1249%,而胜村却没有增加,说明旅游发展模式对两村生态系统服务价值的增加影响较大。(4)黄草岭村和胜村的生态系统服务价值增加速率分别为 1.5 倍和 1 倍,旅游服务收入增加速率分别为 18.7 倍和 4.1 倍,单位土地面积的村民福利分别增加 23.79 万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 和 4.90 万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$,说明多样的旅游服务能更好地提高人类福利,为政府发展遗产旅游与制定生态系统补偿标准提供科学支撑。

关键词:哈尼梯田遗产区;土地利用变化;生态系统服务价值;人类福利;村寨

Impacts of village land use change on ecosystem services and human well-being under different tourism models in Hani Rice Terrace

ZHANG Juan, CHEN Fan, JIAO Yuanmei*, LIU Chengjing, ZHAO Dongmei, LIU Zhilin, XU Qiue, QIU Yingmei

College of Tourism and Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China

Abstract: Tourism development is an important factor driving land use change (LUCC), affecting ecosystem services and human welfare. This paper selected Huangcaoling Village with tourism and reception functions and Sheng Village with reception function as the research objects in the Honghe Hani Rice Terraces, and they had different tourism development models. According to the classification standards and evaluation methods of ecosystem services, we used the quantitative methods such as substitution cost, market value and shadow engineering to assess and compare the ecosystem service value by combining land use change of two villages from 2009 to 2017. The results showed that (1) the LUCC dynamic index of Huangcaoling Village and Sheng Village was 14.83% and 5.64%, respectively, and the construction land changed the most by increasing 39.18% and 23.68%. (2) Huangcaoling Village's ecosystem service value increased by 15.21 million yuan due to the development of terrace tourism and the increase of forest land area. Sheng Village's ecosystem service value increased 3.75 million yuan due to the increase of farmland and forest land. The ecosystem service value of forest land was the highest. (3) As for the value of individual ecosystem service, Huangcaoling Village had the largest growth rate of recreational value due to development of tourism, which was 1249%, while Sheng Village did not increase, indicating that

基金项目:国家自然科学基金项目(41271203,41761115)

收稿日期:2019-06-23; 网络出版日期:2020-05-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ymjiao@sina.com

the tourism model had a greater impact on the ecosystem services value in the two villages. (4) The increase rate of ecosystem service value in Huangcaoling Village and Sheng Village was 1.5 times and 1 time, respectively. The increase rate of tourism service income was 18.7 times and 4.1 times, respectively. The welfare of villagers per unit land area was increased by $23.79 \times 10^4 \text{ hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ and $4.90 \times 10^4 \text{ hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$, which showed that the diversified tourism services could improve human welfare, also provided data support for the government to develop heritage tourism and make ecological compensation standards.

Key Words: Hani Rice Terrace; land use change; ecosystem service value; human well-being; village

土地利用/覆被的改变(Land Use/Land-Cover Chang, LUCC)通过影响生态系统的结构、过程与功能,进而引起区域生态系统服务价值的变化^[1]。同时,生态系统服务的丧失和退化也影响着土地利用结构和效率,严重影响着人类福祉,直接威胁着区域乃至全球的生态安全^[2]。研究 LUCC 对生态系统服务价值(ecosystem service values, ESV)的影响,对识别区域生态环境变化趋势、指导土地利用格局优化调整、促进经济-社会-生态的协调及可持续发展具有重要意义^[3-4]。

Daily^[1]和 Costanza^[5]最早开展了对生态系统服务价值的研究,使生态系统服务价值理论数量化、科学化和体系化。Rönnbäck^[6]和 Bolund 和 Hunhammar^[7]进一步探讨了生态系统服务价值评估理论和方法,分别对农业和城市的生态系统服务价值进行了评价,对完善 Costanza 提出的评价模型起到了积极的促进作用。在 Costanza 和 Daily 的基础上,国内研究根据中国的实际情况进行了改进,细化了生态系统服务评估指标体系与方法的细化改进^[8-10]。已有研究对自然生态系统如森林^[11]、湿地^[12]、草地^[13]、河流^[14]以及农田^[15]等的研究较多,而对社会生态系统如城市的研究正在兴起^[16-18],但乡村中的村寨研究比较少见。

当前,全球化过程中大量乡村面临消失的威胁和挑战^[19-20]。而乡村旅游因其能够有力地契合和服务新时代国家发展战略,促进农业提质增效、农民增收致富、农村繁荣稳定,加快统筹城乡融合发展步伐,被认为是实现乡村振兴的重要途径^[21]。然而,乡村旅游的开发也会导致土地利用快速变化、生态破坏和环境污染等一系列问题。因此,如何评价乡村旅游开发导致的土地利用变化、生态系统服务变化及其对人类福利的影响是振兴乡村经济,实现乡村可持续发展的关键问题之一^[22-23]。

2013 年,红河哈尼族梯田被列入世界文化遗产名录,元阳作为遗产所在地旅游业迅速发展。村寨是遗产的组成要素之一,其旅游发展模式对生态系统服务及人类福利具有重要影响。申遗成功后,政府根据每个村寨独特的区位和资源优势,规划形成了不同旅游发展模式的村寨,这将影响村寨的 LUCC、生态系统服务及人类福利变化。因此,评估遗产区不同旅游发展模式村寨 LUCC 变化对生态系统服务价值的影响,可为优化村寨经济结构和提升乡村生态系统服务价值提供决策支持,促进哈尼梯田遗产及村寨的可持续发展。

1 研究区

1.1 村寨自然地理概况

本文研究对象黄草岭村和胜村,位于红河哈尼梯田遗产核心区(图 1),同属于新街镇胜村村委会管辖。胜村为乡镇府所在地,位于遗产核心区三大片区的坝达片区,黄草岭村为多依树片区。两个村寨都地处山区,气候为亚热带山地季风气候,四季不分明,雨热同期,年平均气温 14°C 左右,年降雨量 1370mm 左右,发育着较成熟的水稻土,土质粘重,保水保肥的特性较好。两个村寨都是自然村,自然、生态环境相似,耕地和林地面积较大,主要种植水稻和玉米等作物为主,旅游产业规模不断扩大,在当地社会经济发展中逐渐占据重要位置。

1.2 村寨社会经济特征和旅游发展模式

2017 年,黄草岭村面积 125.89 hm^2 ,人口 994 人,2013 年开始发展旅游,高级酒店迅速增加,到 2017 年床位数达到 694 个。黄草岭村属于旅游环线上发展较为成熟的村寨,位于多依树和黄草岭村两个观景台之间,是游客近距离欣赏哈尼梯田的梯田美景、梯田艺术的最佳位置,游客在酒店就能观看梯田日出景观,旅游发展模式

以摄影观光和旅游接待为主。2017 年,胜村面积 515.94 hm²,人口 1952 人。旅游开发较早,宾馆接待床位数 2009 年为 124 个,2017 年为 944 个。旅游发展模式以旅游接待为主,侧重于交通引导、住宿餐饮和哈尼族特色旅游商品的出售。胜村为周边游客聚散地,服务设施齐全,旅游者滞留时间较长,是最重要的人流集散点。

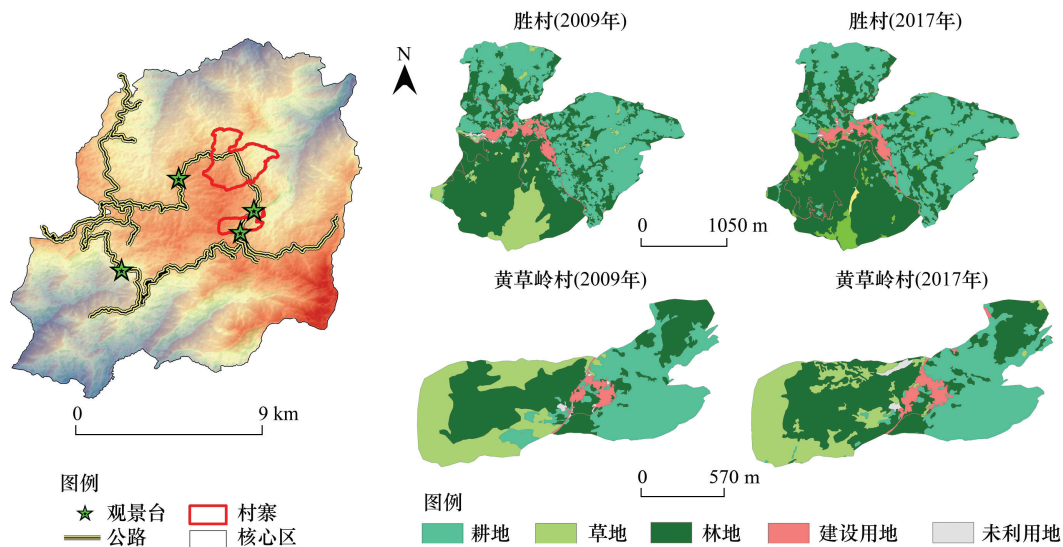


图 1 红河哈尼梯田遗产区黄草岭村、胜村位置及其 2009 年和 2017 年土地利用图

Fig.1 Location of Huangcaoling Village and Sheng Village in Honghe Hani Terraced Heritage Site and its land use maps in 2009 and 2017

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

调研时间为 2018 年 09 月 22 日—10 月 05 日,实地调研总共 14d。研究所需数据主要来源于三个方面:①两个村寨 2009 年和 2017 年两期土地利用数据均基于高分辨率遥感影像,经实地调查进行修正,根据研究区土地利用特点,将土地利用类型分为耕地、林地、草地、建设用地和其他用地五大类型(图 1)。②通过走访两村村委会及对村民调查获取了当年村寨主要作物产量、果品产量、售出价格和肥料价格等数据,用于指标体系的构建和相应类别生态系统服务的核算。③调查两个村寨饭店、农家乐、宾馆的建成时间、收益情况以及宾馆的床位数、入住率以及入住价格,用于估算旅游服务收入。

2.2 土地利用变化测算

土地利用转移矩阵可以揭示土地利用类型之间的转移方向和性质,表达式为^[24]:

$$S_{ij} = \begin{vmatrix} S_{i1} & S_{i2} & \cdots & S_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{vmatrix}$$

式中: S 为土地类型面积; n 为土地利用的类型数; i, j 分别为研究初期和末期的土地利用类型序号。

2.3 生态系统服务价值评估

本文结合 Costanza、de Groot 和 CICESV43 的分类方法,同时参考国内学者的研究结果,对照城市生态系统服务价值评估,针对乡村生态系统以农业为主、结构简单、数据的可获得性以及与土地密切联系等特点,计算村寨耕地、林地、草地三种重要的土地利用类型生态系统服务价值,选取社会保障、产品生产、气体调节、气候调节、调洪蓄水、净化环境、废弃物降解、固定土壤、生物多样性保护、保持土壤肥力、营养物质保持、固碳释氧和休闲娱乐等 13 种生态系统服务功能作为评价指标(表 1)。

表 1 各项生态系统服务价值计算方法
Table 1 Valuating methods of included ecosystem services

生态系统服务类型 Ecosystem services category	生态系统服务功能/产品 Products/Functions	计算公式(加编码) Numbered Formulas	主要参数解释 Parameter explanation	主要参数取值 Parameter value	评价方法 Evaluation method	参考文献 References
耕地生态系统服务及价值评估 Evaluation ecosystem services of farmland	社会保障功能	$V_{SC} = N_{RL} \times M_{RL}$ $N_{RL} = R_{LR} - N_{PE} - R_{MW} - A_{RAE}$	R_{LR} 表示农村劳动力资源; N_{PE} 为非种植业就业人数; R_{MW} 是指农村外出务工人员人数; A_{RAE} 为农业资源可容纳就业人数; A 指耕地面积; IL_{ALA} 是单个劳动力可耕种面积; M_{RL} 为区域农村最低社会保障标准	元阳县 2009 年和 2017 年农村最低社会保障标准分别为 139 和 172 元/亩	替代成本法	[25]
		$A_{RAE} = A \div IL_{ALA}$	V_P 是农田生态系统提供的产品总量; M_i 为第 <i>i</i> 种农产品的年产量; P_i 为农产品的价格	稻田谷草比为 1:1		
		$V_{CT} = T_{SD} \times a \times b \times M_C \times C_{ZL}$ $V_{SY} = T_{SD} \times a \times c \times C_{ZLO}$ $G_{CH_4} = A \times T_{SZ} \times g_1$ $G_{CO_2} = A \times T_{SZ} \times (g_2 + g_3)$	V_C 表示固定 CO ₂ 的价值; M_C 表示 CO ₂ 中 C 的含量; C_{ZL} 表示中国造林成本; V_{SY} 表示释放 O ₂ 服务价值; c 为稻田生态系统每生产 1g 水稻干物质同时释放 1.19 gO ₂ ; G_{CH_4} 为稻田生态系统中 CH ₄ 总的排放量; A 为耕地面积; T_{SZ} 为稻田水稻的生长期; g_1 和 g_2 为云南省稻田 CH ₄ 和 CO ₂ 平均排放量; g_3 为云南省稻田生态系统中土壤 CO ₂ 的平均排放量; G_{CO_2} 为稻田生态系统中的 CH ₄ 和 CO ₂ 排放量折算成总的 CO ₂ 排放量; d 为 CH ₄ 折算为 CO ₂ 的系数; V_{Z2} 稻田生态系统温室气体排放的总价值	a 水稻和玉米经济系数 0.5; b 农田生态系统每生产 1g 农作物干物质需要固定 1.63gCO ₂ ; M_C 为 27.27%; C_{ZL} 为 260.90 (元/t); C 为农田生态系统每生产 1g 干物质同时释放 1.19gO ₂ ; C_{ZLO} 为 352.93元/t O ₂ (元/t); T_{SZ} 为 190d; d 为 1kg 的 CH ₄ 所产生的温室效应相当于 24.5kg 的 CO ₂ 所产生的温室效应; 云南省农田 CH ₄ 、农作物 CO ₂ 和土壤 CO ₂ 的平均排放量分别为 0.334、272.04 和 102.35kg hm ⁻² d ⁻¹		
		$G_{CO_2} = (C_{CO_2} + d \times G_{CH_4}) \times 10^{-3}$ $V_{Z2} = G_{CO_2} \times M_C \times C_{ZL}$	Q_i 为总的降温效应; E 为农田日平均水分蒸发量; T_n 为夏季炎热时的持续天数; V_s 为农田生态系统的调节气温价值; e 为稻田生态系统中 1hm ² 蒸发 50min 的水量所消耗的热量,以 30.57t 标准煤燃烧的热量来代替; P 为煤炭的价格	E 为 3.83mm/d; T_n 为 45d; e 为 0.61t, P 为 750 元/t		
			$V_{WR} \cdot A \cdot H_f$ 分别表示土壤水分保持功能价值、耕地面积、田埂高; C_{RWS} 为农业生产用水价格	田埂高 0.35m; C_{RWS} 农业生产用水价格为 0.99 元/t		
	气候调节	$Q_i = E \times T_n$ $V_s = Q_i \times A \times e \times P$			造林成本法和市场价格	[15]
	调蓄洪水功能	$V_{WR} = A \times H_f \times C_{RWS}$			工程替代法	[25]
	土壤保持功能	$V_F = A \times ST \times SBD \times \sum (SOM, TN, TP, TK) \times P_F$	V_F 表示肥力保持的价值; A 指耕地面积; ST 为耕层土壤厚度; SBD 代表土壤容重; $\sum (SOM, TN, TP, TK) \times P_F$ 表示土壤有机质、全氮、全磷和全钾含量与对应的肥料价格的乘积之和; P_F 是指相对应的肥料价格	哈尼梯田系统单位重的土壤中含有有机质、全氮、全磷和全钾含量分别为 33.32、1.57、0.59 和 12.29。耕作层 0.2m, SBD 为 1.3g/cm ³	机会成本法	[26]
	生物多样性保护	$V_S = P_{WC} \times A$	V_S 表示稻田生态系统维持生物多样性的价值; P_{WC} 表示稻田生态系统维持生物多样性的单位面积价值量; A 指耕地面积	P_{WC} 为 628.2 元/hm ²	成果参数和市场价格法	[15]
	旅游休闲价值	$P_i = T_i \times L_i$	T_i 为接待游客人数; L_i 为门票价格	门票价格为 100 元/人	旅行费用法	

续表

生态系统服务类型 Ecosystem services category	生态系统服务功能/产品 Products/Functions	计算公式(加编码) Numbered Formulas	主要参数解释 Parameter explanation	主要参数取值 Parameter value	评价方法 Evaluation method	参考文献 References
林地生态系统服务及价值 评估 Evaluation ecosystem services of forestland	社会保障能力	$V_{SF} = N_{LF} \times M_{RL}$	V_{SF} 为森林生态系统担当的社会保障价值; N_{LF} 为从事林业工作的社会劳动力数	2009年 N_{LF} 为 1668 元/年; 2017 年为 8000 元/a	替代成本法	[25]
		$V_C = \sum_{j=1}^K (NPP_j \times 1.63 \times PC)$ $V_O = \sum_{j=1}^K (NPP_j \times 1.19 \times PC)$	V_C 为固碳总价值; NPP_j 为第 j 类森林类型的净初级生产量; PC 指市场固定 CO_2 价格	P_C 为 70.91 元/t CO_2 ; 释放氧气生态效益运用工业制氧法 400 元/t O_2	成果参数和 市场价值法	[27]
	气候调节	$V_{CI} = P_{CI} \times W_T$ $W_T = W_{CI} \times NPP$	V_{CI} 表示林地生态系统气候调节功能价值; P_{CI} 表示单位体积水汽蒸发量; W_T 表示林地蒸腾系数	P_{CI} 取值 0.129	造林成本法和 市场价值法	[28]
	固定土壤	$G_o = A(X_2 - X_1)$ $U_1 = A \times C_{\pm} (X_2 - X_1) / P$	U_1 表示林区年固土量; A 表示林地面积; X_2, X_1 表示无林地侵蚀模数、有林地侵蚀模数; $C_{\pm}$ 表示挖取和运输单位积土方所需费用; P 为林地土壤容重	X_2, X_1 分别取值 28.34, 0.5 t $hm^{-2} \cdot a^{-1}$; $C_{\pm}$ 为 12.6 元/ m^3 ; P 为 1.3t/ m^3	替代工程法	[29]
	保持土壤肥力	$U_o = A(X_2 - X_1) (NC_1/R_1 + PC_2/R_2 + KC_3/R_3 + MC_4)$	U_o 表示林地年保持土壤肥力价值; R_1, R_2, R_3 表示磷酸二胺含氮量、过磷酸钙含磷量、氯化钾含钾量; M 表示土壤有机质含量; N, P, K 表示土壤平均含氮、磷、钾量; C_1, C_2, C_3, M 表示磷酸二胺、过磷酸钙、氯化钾化肥及有机质价格	N, P, K 分别取值 0.08%, 0.01%, 0.1%; C_1, C_2, C_3, M 分别取值 2702.5、4200、2936、1000(元/t)(2017 年); R_1, R_2, R_3 分别取值 14%、15%、50%、58%	替代工程法	[29]
	调洪蓄水	$Q = A \times J \times R$ $J = J_0 \times K$ $R = R_0 - R_g$	Q 为林地生态系统相对于裸地涵养水分的增加量; A 为林地面积; J 和 J_0 分别为研究区年降雨产流量和年均降雨总量; K 为研究区产流量与降雨总量的比值; R 指相对于裸地,林地生态系统减少降雨径流的效益系数; R_0 与 R_g 分别为产流降雨条件下裸地径流率和林地径流率	$J_0 = 840$; $K = 0.6$; 水库蓄水成本取 0.67 元/ m^3	影子工程法	[25]
	净化环境	$V_J = M_S \times P_S + M_F \times P_F$	V_J 代表林地生态系统潜在的经济价值; M_S 表示林地生态系统年吸收 SO_2 量; M_F 表示年消减粉尘总量; P_S 是每消减 1 个单位的 SO_2 需要投资的费用; P_F 为每消减 1 个单位的粉尘需要投入的成本	阔叶林对 SO_2 的吸收能力为 88.65 kg/ hm^2 , 滞尘能力为 10.11t/ hm^2	影子工程法	[25]

续表

生态系统服务类型 Ecosystem services category	生态系统服务功能/产品 Products/Functions	计算公式(加编码) Numbered Formulas	主要参数解释 Parameter explanation	主要参数取值 Parameter value	评价方法 Evaluation method	参考文献 References
草地生态系统服务及价值评估 Evaluation ecosystem services of grassland	生物多样性保护	$V_B = (FC_e \times EF_B / FC_0) \times V_{BEF} \times A$ $V_{BEF} = V_{BEF}^* \times P_{VJ} / P_{CK}$	V_B 为林地生态系统生物多样性保护价值; FC_e 表示研究区林地覆盖率; EF_B 指中国林地生态系统单位面积生态服务价值当量因子(4.51); FC_0 是全国林地覆盖率(21.63%); V_{BEF} 为修正后1个当量的经济价值量(692.36); V_{BEF}^* 为参考年1个当量的经济价值量(449.1); P_{VJ} 、 P_{CK} 为研究年(2017)和参考年(2009)的粮食均价; A 为林地面积	EF_B 为 4.51; FC_0 为 21.63%; V_{BEF} = 692.36	成果参数和防护费用法	[25]
	营养物质保持	$V_N = NPP \times (C_n \times P_n + C_p \times P_p)$ $V_S = M \times (S_n \times P_n + S_p \times P_p)$ $M = A \times H \times P$ $V_e = V_n + V_s$	V_e 是营养物质保持总价值; V_n 是生物体内营养物质保持的价值; NPP 为净初级生产力; C_n 和 C_p 分别为草地土壤库中含 N 和 P 的百分比; P_n 和 P_p 分别是 N 、 P 的市场价格; M 为研究区草地土壤库总量; S_n 和 S_p 分别为草地土壤库中含 N 和 P 的百分比; H 为草地计算深度; P 为草地土壤容重	草地生态系统的生物库中 N 、 P 的比例依次为 1.66% 和 0.16%; 土壤库中 N 、 P 的比例依次为 0.113%、0.082%; H 取 0.5m; P 取 1.35g/cm ³ ; 2007 年尿素和钙镁磷钾的价格分别为 1800、500 元/t; 2017 年价格分别为 1974、660 元/t	影子价格法	[28]
	生物多样性保护	$V_n = (P_w + P_p) \times A$	V_n 为草地生态系统生物多样性保护的价值; P_w 为草地破坏造成的生物多样性损失值; P_p 为保护草地支付意愿	P_w 取 2247.14 元/hm ² ; P_p 取 10 元/人	替代市场法	[28]
	固碳释氧价值	$V_c = P_c \times (1.62 \times NPP + R_c \times A)$ $V_o = 1.2 \times P_o \times NPP$ $V_q = V_c + V_o$	V_c 为固碳价值; V_o 为释氧价值; R_c 为土壤固碳速率; P_c 为固定 CO ₂ 的价格; P_o 为制造氧气的价格	R_c 为 0.3320t hm ⁻² a ⁻¹ ; P_c 为 752.9 元/t; V_o 为 330.4 元/t	市场价值法	[30]
建设用地功能及价值评估 Contraction land function and value	涵养水源	$V_w = \theta R \times A \times T$	V_w 为涵养水源的价格; θ 为径流系数; R 为平均降雨量; T 为农业用水价格	径流系数为 21.12%; 水价为 0.99 元/t	水平衡法	[28]
	环境净化	$V_e = \sum_{i=1}^{i=n} A \times (U_i \times P_i)$	V_e 为环境净化总价值; A 为面积; U_i 为第 i 种污染物的净化效率; P_i 为第 i 种污染物净化的市场价格	草地吸收 SO ₂ 和 滞尘能力 分别 21.7 kg/hm ² ; 净化 SO ₂ 和 粉尘 的市场价格 分别为 0.6 元/kg 和 0.56 元/kg	市场价值法	[31]
	废弃物降解	$V_{us} = P_{us} \times G$ $G = \sum_{i=1}^{i=n} W_i \times R_i$	V_{us} 为废弃物降解总价值; P_{us} 为人工降解废弃物的价格; G 为归还草地的粪便量; i 为牲畜种类; W_i 为不同种类的牲畜量; R_i 为不同种类牲畜个体粪便量	大牲畜和小牲畜个体年平均排放粪便量分别为 1.96t 和 0.33t; 垃圾的处理成本为 108 元/t	替代成本法	[30]
	居住承载功能	$V_l = A \times S$	V_l 为乡村宅基地价格核算; A 为建设用地面积; S 为当年土地成本价格			
	住宿餐饮功能	$P_i = T_{cap} \times L_{cap}$	P_i 为休闲娱乐价值; T_{cap} 为游客量; L_{cap} 为用于住宿、餐饮而支出的费用		旅行费用法	

3 结果与分析

3.1 草岭村和胜村 2009 年和 2017 年的土地利用变化

2009 年和 2017 年两个时期黄草岭村和胜村不同土地类型的占比情况如表 2 所示。从不同土地利用类型的变化特征看:黄草岭村草地和耕地逐渐减少,减少面积相差不多,减幅分别在 10%和 7.51%;建设用地增加幅度达到 40%,林地增加幅度在 10%左右。2009 年—2017 年胜村草地面积减少近一半,耕地和林地面积均呈现小幅增长的趋势;建设用地面积增加 23.68%。2009—2017 年两个村寨不同土地类型之间的转换关系如表 3 所示。黄草岭村流出的耕地主要转向林地和草地,二者分别占流出耕地面积的 70.76%和 17.29%;减少的草地主要变成了林地,占减少草地面积的 89.07%;建设用地的增加主要来源于耕地和林地的转化,二者分别占新增建设用地总面积的 47.96%和 45.36%。胜村流出的草地主要转化为林地和耕地,二者分别占流出草地面积的 87.40%和 7.79%;建设用地面积的增加主要来自于林地和耕地,二者转移面积占新增建设用地总面积的 86.09%。

表 2 2009—2017 年黄草岭村和胜村不同土地利用类型占比变化和增幅/%
Table 2 Changes and increase in the proportion of different land use types of Huangcaoling and sheng village in 2009 —2017

分类项 Categories	黄草岭村			胜村		
	2009 年	2017 年	增幅 Increase	2009 年	2017 年	增幅 Increase
耕地 Farmland	33.61	31.09	-7.51	41.31	41.70	0.95
林地 Woodland	37.73	41.36	9.61	44.97	48.21	7.21
草地 Grassland	25.49	22.93	-10.04	9.80	5.20	-46.94
建设用地 Contraction land	2.70	3.76	39.18	3.60	4.46	23.68
其他用地 Other land	0.46	0.86	85.88	0.32	0.43	35.94
总计 Total	100.00	100.00	—	100.00	100.00	—

表 3 2009—2017 年黄草岭和胜村土地利用类型转移矩阵和转化率
Table 3 Land use transfer matrix and conversion rate of Huangcaoling and Sheng village in 2009—2017

		2009 年				
		耕地 Farmland	林地 Woodland	草地 Grassland	建设用地 Built-up area	其他用地 Other land
黄草岭村	耕地 Farmland/m ²	368102	21823	2539	1151	25
	转化率 Conversion rate/%	—	5.16	0.01	0.27	0.01
	林地/m ² Woodland	38847	411668	67582	1704	875
	转化率 Conversion rate/%	8.18	—	14.23	0.36	0.18
	草地 Grassland/m ²	9491	31225	244940	154	534
	转化率 Conversion rate/%	2.96	9.73	—	0.05	0.17
	建设用地 Contraction land/m ²	6395	6048	1160	31868	1908
	转化率 Conversion rate/%	18.79	17.77	3.41	—	5.61
	其他用地 Other land/m ²	165	4109	4587	31	1932
	转化率 Conversion rate/%	2.84	70.57	78.77	0.53	—
胜村	耕地 Farmland/m ²	1943861	153953	30078	5993	5886
	转化率 Conversion rate/%	—	7.26	1.42	0.28	0.28
	林地 Woodland/m ²	145859	1980325	337452	6552	1112
	转化率 Conversion rate/%	6.32	—	14.63	0.28	0.05
	草地 Grassland/m ²	16303	123534	116346	7077	3614
	转化率 Conversion rate/%	3.24	24.58	—	1.41	0.72
	建设用地 Contraction land/m ²	13135	46956	3330	163247	2758
	转化率 Conversion rate/%	7.10	25.40	1.80	—	1.49
	其他用地 Other land/m ²	4	1894	15219	2287	2596
	转化率 Conversion rate/%	0.02	11.70	94.03	14.13	—

3.2 黄草岭村和胜村各土地利用类型的生态系统服务价值分析

根据表 1 生态系统服务价值计算方法和表 2 黄草岭村和胜村的土地利用面积计算得到生态系统服务价值(表 4)。比较 2009 年和 2017 年,两村的生态系统服务价值都呈现上升趋势。胜村生态系统服务总价值为黄草岭村的 3.8 倍和 2.6 倍,这一方面与胜村土地总面积较大有关,但胜村单位面积土地生态系统服务价值低于黄草岭村。其中,黄草岭村由 2009 年的 2853.91 万元增加到 2017 年的 4374.68 万元,增长了 1.5 倍左右;胜村由 2009 年的 10845.02 万元增加到 2017 年的 11219.95 万元,增长了 1 倍左右,表明黄草岭村的生态系统结构不稳定,胜村较稳定。从各土地类型生态系统服务价值的比例构成来看,林地>耕地>草地,其中林地所占的比例约为 50%左右,由此可见林地对两个村寨生态系统安全有着至关重要的作用。其次,2017 年黄草岭村耕地生态系统服务价值相比 2009 年增加了 3 倍多,是由于申遗成功后黄草岭村发展梯田观光旅游。草地的生态系统服务价值占比最小,并呈现减少的趋势,主要由于其大量转化成耕地和林地所致。

表 4 2009—2017 年黄草岭村和胜村各土地类型系统服务价值变化

Table 4 The ecosystem service value changes of different land use type items of Huangcaoling and Sheng villages in 2009—2017

生态系统类型 Value category	黄草岭村/($\times 10^4$ 元)			胜村/($\times 10^4$ 元)		
	2009 年	2017 年	增幅/% Increase	2009 年	2017 年	增幅/% Increase
耕地生态系统 Farmland ecosystem	610.59	1926.67	215.54	2549.00	2926.98	14.83
林地生态系统 Forestland ecosystem	1378.10	1563.11	13.43	6691.40	7420.50	10.90
草地生态系统 Grassland ecosystem	865.22	884.90	2.27	1604.62	872.47	-45.63
总计 Total	2853.91	4374.68	53.29	10845.02	11219.95	3.46

3.3 黄草岭村和胜村单项生态系统服务价值分析

由表 5 可知,13 种单项生态系统服务类型的生态系统服务价值在 2009—2017 年间均有较大变化,除调洪蓄水、固碳释氧和净化环境以及胜村的生物多样性保护和黄草岭村的气候调节的价值减少外,其余 8 项生态系统服务类型的生态系统服务价值均呈现上升的趋势。主要由于林地的增加对气体调节和生物多样性保护等功能的改善均有积极作用。两个村寨主要的单项生态系统服务为:气体调节、气候调节、生物多样性保护

表 5 2009—2017 年黄草岭村和胜村单项生态系统服务价值变化

Table 5 Changes in single ecosystem service values of Huangcaoling and Sheng village in 2009—2017

服务类型 Service types	服务功能 Service function	黄草岭村价值/($\times 10^4$ 元)			胜村价值/($\times 10^4$ 元)		
		2009 年	2017 年	增幅/% Increase	2009 年	2017 年	增幅/% Increase
供给服务 Provisioning services	社会保障	67.06	70.36	4.92	118.02	251.5	113.1
	产品生产	35.16	98.74	180.83	277.79	445.84	60.5
调节服务 Regulation services	气体调节	1294.03	1421.07	9.82	6286.96	6739.67	7.2
	气候调节	333.61	308.54	-7.51	1670.91	1686.76	0.95
	调洪蓄水	24.88	22.93	-7.84	92.41	86.58	-6.31
	净化环境	428.3	386.94	-9.66	698.36	392.58	-43.79
	废弃物降解	20.5	35.13	71.37	29	70.59	143.41
支持服务 Support services	固定土壤	158.32	182.85	15.49	395.99	456.99	15.4
	生物多样性保护	331.32	339.22	2.38	998.4	815.16	-18.35
	保持土壤肥力	7.75	8.49	9.55	37.62	40.34	7.23
	营养物质保持	133.46	233.8	75.18	209.02	217.72	4.16
	固碳释氧	19.52	17.41	-10.81	30.54	16.22	-46.89
文化服务 Culture services	休闲娱乐	0	1249.2	1249.2	0	0	0
总计 Total		2853.91	4376.68	53.36	10845.02	11219.95	3.46

和净化环境等功能,其中,气体调节价值占黄草岭村总价值的 40%左右,胜村的 60%左右,说明气体调节在两个村寨土地生态系统服务中占有重要的地位。产品生产功能主要来源于耕地,耕地提供村民生存所需要的粮食,近年来,由于两个村寨更换了产量较高的水稻品种和粮食价格的增长,从而使得产品生产功能的价值不断增长。申遗成功后黄草岭村发展梯田观光旅游,休闲娱乐价值增加 1249.20 万元,而胜村为零。

4 讨论

4.1 黄草岭村和胜村旅游发展模式-土地利用变化-生态系统服务-村民福利间的关系

旅游开发模式驱动村寨土地利用和生态系统服务的变化,同时不同旅游发展模式提供的相关服务导致建设用地功能及产生的价值不同,从而影响当地人的旅游收入和福利状况(图 2,表 6)。

2009—2017 年间,由于黄草岭村临近最著名的多依树观景台且其梯田边房屋有很好的观景效果,到村内旅游观光和住宿的游客比较多,因此用于宾馆餐饮的建设用地增加较快,其中大部分是由村内的其他用地转换而来,少部分由耕地转换为观景台用地。由于土地利用的方式和类型相互转化,相对应的生态系统服务价值增加 1.5 倍,旅游服务收入增加 18.7 倍,单位土地面积的村民福利增加 23.79 万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。相比而言,胜村定位为周边游客集散地,住宿餐饮业较发达,建设用地面积增加较大,大量的草地转化成耕地和林地,生态系统服务价值增加 1 倍,旅游收入增加 4.1 倍,单位土地面积的村民福利增加 4.90 万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$ 。可见,因为梯田旅游资源优势可发展农业观光,村寨又可提供住宿餐饮,故黄草岭村的生态系统服务价值、旅游服务收入的增加速度和单位土地面积的村民福利都比胜村高,所以发展复合的旅游模式,增加生态系统服务价值量高的土地利用类型面积,减轻土地利用强度,有效提高村寨生态系统服务价值,是促进环境经济协调发展的重要途径^[32-35]。另外,由于黄草岭村旅游资源品位高,平均地价和租赁地价都高于胜村,因此虽然胜村建设用地面积是黄草岭村的 3 倍多,但其居住承载功能价值远低于黄草岭村。

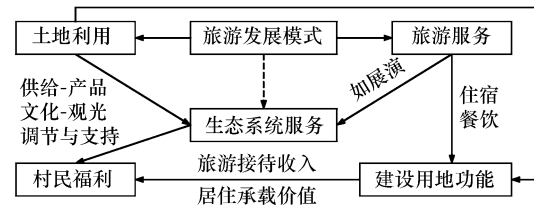


图 2 旅游开发模式-土地利用-生态系统服务与人类福利的关系图

Fig. 2 Relationship between tourism development model-land use-ecosystem services value and human wellbeing

表 6 2009—2017 年黄草岭村和胜村村民福利比较

Table 6 Comparison villagers' well-being of Huangcaoling and Sheng village in 2009—2017

村民福利 Villagers' well-being	单位	黄草岭村				胜村			
		2009 年		2017 年		2009 年		2017 年	
		生态系统 服务价值	旅游收入	生态系统 服务价值	旅游收入	生态系统 服务价值	旅游收入	生态系统 服务价值	旅游收入
生态系统服务价值 Ecosystem services value	万元	2853.91		4374.68		10845.02		11219.95	
住宿餐饮收入 Accommodation and catering income	万元		0		1249.2		178.56		2039.04
居住承载价值 Residential carrying value	万元		83.14		308.05		519.58		798
单位面积村民福利 Villagers' well-being of villagers per unit area	万元 $\text{hm}^{-2} \text{a}^{-1}$	23.33		47.12		22.5		27.7	

4.2 关于村寨尺度生态系统服务价值的评估

村寨生态系统服务价值评估需要考虑各土地类型评估模型中相关参数和经验值的确定问题。受旅游影响不同,村寨的土地成本价格不同,本文将各村的居住承载价值计算为该村当年土地成本价格与土地面积的

乘积;计算旅游接待收入时通过对所有宾馆、饭店的入户调查获得其入住率、价格、床位数和人均消费价格等,然后用游客量与吃住花费的平均价格乘积评估其价值。通过调查获取两村农户耕地的生物产品类型、产量、价格的各年平均值并将后两者相乘进行评价;对林地的各项功能所需值都是根据两个村寨的实际情况比如获取当年的肥料价格、C 和 N 的含量等,评估符合当地实际情况。需要说明的是,作为精细尺度的村寨生态系统服务评估方法仍需要完善。如本区在旅游发展中交通运输和旅游环线增加面积较多,如何评估其交通服务与承载功能应在今后研究中考虑。

本研究以哈尼梯田遗产核心区旅游发展模式不同的两个村寨为例,对村寨生态系统服务价值评估指标和方法进行了探索,证实了复合旅游发展模式可以提高生态系统服务的市场化水平和影响土地利用组成以及利用强度,从而提高生态系统服务价值及其影响村民的福利,促进村寨经济与环境持续协调发展。研究村寨尺度生态系统服务价值受旅游发展模式和土地利用变化影响的例证和方法参考,对乡村振兴背景下构建基于生态系统服务的村寨可持续发展规划,防止新的生态破坏,实现乡村经济和环境协调发展具有指导和借鉴意义。此外,以后应该强化土地利用格局变化导致的生态系统服务价值变化的研究。

5 结论

根据黄草岭村和胜村 2009 年和 2017 年的遥感影像数字化土地利用图,结合 Costanza 和谢高地等的研究成果,计算两个不同旅游发展模式村寨的生态系统服务价值,主要研究结论如下:

(1) 土地利用变化方面,两个村林地面积均有所增加,建设用地的增加主要以林地和耕地的转移为主;黄草岭村草地面积减少 10.04% 并主要变成林地,建设用地面积增加 39.18%;胜村草地面积减少 50% 左右并主要变成林地和耕地,建设用地面积增加 23.68%。(2) 两村生态系统服务价值均增加,黄草岭村因发展了梯田观光旅游以及林地面积的增加使其生态系统服务价值增加 1520.77 万元,而胜村则因耕地和林地面积的增加而使价值增加 374.93 万元。(3) 从各单项生态系统服务价值来看,黄草岭村因发展旅游其休闲娱乐价值增幅最大,为 1249%,而胜村却为零,其次,两村由于粮食产量的增加及价格的增长,导致产品生产价值黄草岭增幅为 180.83%,胜村增幅为 60.50%。(4) 黄草岭村和胜村的生态系统服务价值增加速率分别为 1.5 倍和 1 倍,旅游服务收入增加速率分别为 18.7 倍和 4.1 倍,单位土地面积的村民福利分别增加 $23.79 \text{ 万元 hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 和 $4.90 \text{ 万元 hm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。说明不同旅游发展模式对村寨单位生态系统服务价值与人类福利的影响是不同的。

总之,两村生态系统服务价值均呈逐年增加趋势,取得了较好的社会效益,以观光+接待的旅游发展模式促进了黄草岭村生态系统服务价值和旅游服务收入的快速增长,说明增加旅游业态的多样性可提升村寨生态系统服务价值及人类福利。此外,未来开发应关注建设用地的承载问题和生态环境的保护问题。

参考文献 (References):

- [1] Daily G C. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 1997.
- [2] Gascoigne W R, Hoag D, Koontz L, Tangen B A, Shaffer T L, Gleason R A. Valuing ecosystem and economic services across land-use scenarios in the Prairie Pothole Region of the Dakotas, USA. *Ecological Economics*, 2011, 70(10): 1715-1725.
- [3] 王军, 顿耀龙. 土地利用变化对生态系统服务的影响研究综述. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(5): 798-808.
- [4] 魏慧, 赵文武, 张骁, 王新志. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价——以山东省德州市为例. *生态学报*, 2017, 37(11): 3830-3839.
- [5] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [6] Rönnbäck P. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 235-252.
- [7] Bolund P, Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 1999, 29(2): 293-301.
- [8] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 陈文辉, 李士美. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. *自然资源学报*, 2015, 30(8): 1243-1254.

- [9] 傅伯杰, 周国逸, 白永飞, 宋长春, 刘纪远, 张惠远, 吕一河, 郑华, 谢高地. 中国主要陆地生态系统服务功能与生态安全. 地球科学进展, 2009, 24(6): 571-576.
- [10] 刘桂林, 张落成, 张倩. 长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响. 生态学报, 2014, 34(12): 3311-3319.
- [11] 崔亚琴, 樊兰英, 刘随存, 孙拖焕. 山西省森林生态系统服务功能评估. 生态学报, 2019, 39(13): 4732-4740.
- [12] 李妍妍, 王景升, 税燕萍, 陈歆, 郑国强, 刘文婧, 包小婷, 王彤. 拉萨河源头麦地卡湿地景观格局及功能动态分析. 生态学报, 2018, 38(24): 8700-8707.
- [13] 税伟, 白剑平, 简小枚, 祁新华, 苏正安, 陈勇, 蔡应君. 若尔盖沙化草地恢复过程中土壤特性及水源涵养功能. 生态学报, 2017, 37(1): 277-285.
- [14] 颜俨, 姚柳杨, 郎亮明, 赵敏娟. 基于 Meta 回归方法的中国内陆河流域生态系统服务价值再评估. 地理学报, 2019, 74(5): 1040-1057.
- [15] 郑春利, 郭先华, 祖艳群, 何永美, 徐耀阳. 元阳梯田稻田生态系统服务价值评价. 生态科学, 2018, 37(2): 124-130.
- [16] 杜勇, 税伟, 孙晓瑞, 杨海峰, 郑佳瑜. 海湾型城市生态系统服务权衡的情景模拟——以福建省泉州市为例. 应用生态学报, 2019, 30(12): 4293-4302.
- [17] 吴晓, 周忠学. 城市绿色基础设施生态系统服务供给与需求的空间关系研究——以西安市为例. 生态学报, 2019, 30(12): 4293-4302.
- [18] 景永才, 陈利顶, 孙然好. 基于生态系统服务供需的城市群生态安全格局构建框架. 生态学报, 2018, 38(12): 4121-4131.
- [19] Song W, Liu M L. Assessment of decoupling between rural settlement area and rural population in China. Land Use Policy, 2014, 39: 331-341.
- [20] Li Y R, Liu Y S, Long H L, Cui W G. Community-based rural residential land consolidation and allocation can help to revitalize hollowed villages in traditional agricultural areas of China: evidence from Dancheng County, Henan Province. Land Use Policy, 2014, 39: 188-198.
- [21] 陆林, 任以胜, 朱道才, 程久苗, 杨兴柱, 杨钊, 姚国荣. 乡村旅游引导乡村振兴的研究框架与展望. 地理研究, 2019, 38(1): 102-118.
- [22] Gutman P. Ecosystem services: foundations for a new rural-urban compact. Ecological Economics, 2007, 62(3/4): 383-387.
- [23] Salvati L, Carlucci M. The economic and environmental performances of rural districts in Italy: are competitiveness and sustainability compatible targets? Ecological Economics, 2011, 70(12): 2446-2453.
- [24] 赵阳, 余新晓, 贾剑波, 刘旭辉. 红门川流域土地利用景观动态演变及驱动力分析. 农业工程学报, 2013, 29(9): 239-248.
- [25] 缪建群, 杨文亭, 杨滨娟, 马艳芹, 黄国勤. 崇义客家梯田区生态系统服务功能及价值评估. 自然资源学报, 2016, 31(11): 1817-1831.
- [26] 李凤博, 徐春春, 周锡跃, 方福平. 基于生态系统服务价值的梯田水稻生态补偿机制研究. 中国稻米, 2011, 17(4): 11-15.
- [27] 肖强, 肖洋, 欧阳志云, 徐卫华, 向轼, 李勇志. 重庆市森林生态系统服务功能价值评估. 生态学报, 2014, 34(1): 216-223.
- [28] 孔东升, 张灏. 张掖黑河湿地自然保护区生态服务功能价值评估. 生态学报, 2015, 35(4): 972-983.
- [29] 刘晓, 郭颖, 徐海, 张江平. 贵州省森林生态系统服务功能的价值评估. 贵州农业科学, 2014, 42(12): 60-65, 69-69.
- [30] 方瑜, 欧阳志云, 肖焱, 郑华, 徐卫华, 白杨, 江波. 海河流域草地生态系统服务功能及其价值评估. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1694-1706.
- [31] 张培栋, 马金宝. 森林与草地生态系统服务的内涵. 草业科学, 2005, 22(8): 38-42.
- [32] 高虹, 欧阳志云, 郑华, Bluemling B. 居民对文化林生态系统服务功能的认知与态度. 生态学报, 2013, 33(3): 756-763.
- [33] Fisher J A, Patenaude G, Giri K, Lewis K, Meir P, Pinho P, Rounsevell M D A, Williams M. Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: a conceptual framework. Ecosystem Services, 2014, 7: 34-45.
- [34] Heubach K, Wittig R, Nuppenau E A, Hahn K. The economic importance of non-timber forest products (NTFPs) for livelihood maintenance of rural west African communities: a case study from northern Benin. Ecological Economics, 2011, 70(11): 1991-2001.
- [35] 张永民. 生态系统服务研究的几个基本问题. 资源科学, 2012, 34(4): 725-733.