

西南山地旅游城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响

武克军^{1,2}, 王海军³, 白洁⁴, 王学恭⁴ (1. 乐山师范学院旅游学院, 四川乐山 614000; 2. 四川旅游发展研究中心, 四川乐山 614000; 3. 成都理工大学工程技术学院资源勘察与土木工程系, 四川乐山 614000; 4. 天水师范学院资源与环境工程学院, 甘肃天水 741000)

摘要 以典型西南山地旅游城市——乐山为研究区, 根据谢高地 ESV 估算法, 对乐山 1996—2016 年土地利用变化及其 ESV 进行评价。结果表明: 1996—2016 年土地利用变化缓慢, 表现为“四减两增”。耕地、草地、水域和未利用地面积减少, 林地和园地面积增加; 1996—2016 年总 ESV 呈现微弱增长趋势, 年均增长率为 0.18%, 从 1996 年的 196.47 亿元上升到 2016 年的 203.55 亿元, 这主要是因为林地面积的增加; 在一级 ESV 中, 调节服务价值最大, 然而却是唯一减少的生态服务; 在二级 ESV 中, 原材料的 ESV 增加最多, 废物处理的 ESV 减少最多。

关键词 土地利用变化; 生态系统服务价值; 西南山地旅游城市; 乐山市

中图分类号 S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)20-0066-04

Effects of Land-use Change on Ecosystem Service Value in the Mountainous Tourism City
WU Ke-jun^{1,2}, WANG Hai-jun³, BAI Jie⁴ et al (1. College of Tourism, Leshan Normal University, Leshan, Sichuan 614000; 2. Tourism Development Research Center of Sichuan, Leshan, Sichuan 614000; 3. Department of Resource Investigation & Civil Engineering, Leshan, Sichuan 614000; 4. College of Resources & Environmental Engineering, Tianshui Normal University, Tianshui, Gansu 741000)

Abstract Based on the scale of Chinese land ecosystem service value put forward by Xie Gaodi, the variations of land-use structure and ESV were assessed in a typical southwest mountainous tourist city—Leshan from 1996 to 2016. The results showed that the land-use changed slowly from 1996 to 2016 with the decrease of cultivated land, grassland, water area and unutilized land and the increase of the woodland and garden plot. Total ESV of land increased with average annual growth rate of 0.18% from 19.647 billion yuan in 1996 to 20.355 billion yuan in 2016, which benefited from the increase of woodland. In the first ESV, regulate service value was the largest and the only reduce ecosystem services. In the secondary ESV, raw materials ESV increased the most and the waste disposal ESV reduced the most.

Key words Land-use change; Ecosystem service value; Southwest mountainous tourism city; Leshan City

生态系统服务价值(ecosystem services value, ESV)是指对生态系统为人类提供的有益的生态产品和生态功能进行经济度量^[1]。ESV 与土地利用变化之间的关系研究已经成为生态学与地理学的热点问题^[2-3]。其中, 土地面积变化是影响 ESV 变化的重要因素之一^[4]。因此, 基于土地面积变化研究 ESV, 对缓解区域发展与资源环境约束之间的矛盾具有重要意义。

目前, 关于城市土地利用变化对 ESV 的影响的研究表明, 导致城市 ESV 显著降低的直接原因是林地等 ESV 高的土地利用类型被调整为 ESV 低的用地类型^[4-8]。研究对象多关注以成都^[9]和西安^[10]等平原类型旅游城市。在山地旅游城市方面, 大多数学者多关注重庆^[11], 而关注经济欠发达的西南地级山地旅游城市的土地利用变化对 ESV 的影响研究比较缺乏。2017 年 8 月 15 日, 国际山地旅游联盟在贵州成立, 标志着我国山地旅游发展进入了快车道。山地旅游城市作为山地旅游发展的基础, 如何走出一条符合“绿水青山就是金山银山”的特色发展之路, 是山地旅游城市能否可持续发展的焦点。因此, 研究山地旅游城市的土地利用变化对 ESV 的影响, 具有重要意义。鉴于此, 笔者以西南山地具有重要生态功能的优秀旅游城市——乐山市为研究区域, 分析了不同时期土地利用变化对 ESV 的影响, 以期维持乐山市 ESV, 合理调控土地利用类型, 改善西南地区的生态环境质量

提供参考。

1 数据来源与方法

1.1 研究区概况 乐山市(102°15'30"~104°15'02"E, 28°28'52"~29°56'06"N)位于四川盆地西南部, 包括峨眉山市等共 11 个市(区、县), 面积为 12 827 km²。其中山地、丘陵、平原分别占 66.5%、21.0%、12.5%, 平均海拔为 500 m, 属于湿润亚热带季风型气候, 多年年均气温为 16.5~18.0℃, 年均降雨量在 1 000 mm 以上。植被包括阔叶林、针叶林、灌丛、草地等多个类型。

乐山是中国优秀旅游城市、中国历史文化名城、首批国家级旅游业改革创新先行区和国家全域旅游示范区创建城市, 是四川唯一的旅游综合改革试点城市。全市拥有 3 处世界级遗产(峨眉山、乐山大佛和东风堰)。2016 年累计接待国内外游客 4 380.15 万人次, 实现旅游综合收入 625.68 亿元。

1.2 数据来源 土地基础数据来源于乐山市土地利用变更调查数据(1996—2005)、《乐山市土地利用总体规划(1997—2010 年)》、《乐山市土地利用总体规划修编(2006—2020 年)》和《乐山市“十三五”林业发展规划(2016—2020 年)》。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化度量。

1.3.1.1 土地利用面积变化。土地利用类型变化率是指研究时间段内某种土地利用类型从 a 时期到 b 时期的变化。朱会义等^[12]提出土地利用变化率计算公式为:

$$K_i = \frac{U_{bi} - U_{ai}}{U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \tag{1}$$

式中, K_i 为研究时间段内区域内 i 种土地利用类型变化率; $i = 1, 2, \dots, n$, 为土地利用类型; U_{ai} 为研究初期 a 时间段 i 种土

基金项目 乐山师范学院人才启动项目(XJR18003); 四川省社科联基地规划项目(SC16E021); 四川省社会科学重点研究基地-四川旅游发展研究中心立项课题(LYC18-08, LYC17-34)。

作者简介 武克军(1978—), 男, 宁夏中卫人, 讲师, 博士, 从事生态修复及其环境效应研究。

收稿日期 2018-05-20; **修回日期** 2018-05-28

地利用类型的面积; U_{bi} 为研究末期 b 时间段 i 种土地利用类型的面积; T 为研究相隔时间段,单位为年。

1.3.1.2 土地利用程度变化。土地利用程度变化量揭示该范围内土地利用的综合水平和变化趋势。王秀兰等^[13]提出以下土地利用程度变化率的定量化表达式:

$$R=\frac{L_b-L_a}{L_a}$$

(2)

$$L=100\times\sum_{i=1}^n(A_i\times C_i)$$

(3)

式中, R 为土地利用程度变化率,若 $R>0$,则该区土地利用处于发展时期, $R<0$,则该区土地利用处于衰退期, $R=0$,则该区土地利用处于稳定期; L 为区域土地利用程度综合指数; A_i 为研究区第 i 级土地利用程度分级指数,分级指数参照高志强等^[14]的研究; C_i 为区域第 i 级土地利用类型面积百分比。

1.3.1.3 土地利用经济生态位。土地利用生态位反映土地利用类型在某一时期某一区域土地生态系统中的作用和功能以及相互关系^[15-16]。土地利用经济生态位计算公式如下:

$$N_i=\frac{S_i+A_i\times P_i}{\sum_{i=1}^n(S_i+A_i\times P_i)}$$

(4)

$$S_i=\frac{M_i\cdot X_i}{R_i}$$

(5)

$$P_i=\frac{Y_i}{R_i}$$

(6)

式中, N_i 为土地利用经济生态位; $i=1,2,\cdots,n$,为土地利用类型; A_i 为土地利用生态位的态、势量纲转换系数,如果量纲相同, $A=1$; S_i 、 P_i 分别为土地利用生态位的态和势。 $M_i\cdot X_i$ 为土地面积与单位面积收益的乘积,即第 i 类土地利用的总收益。面积因子揭示土地利用结构的变化,同时反映耕地总量动态平衡。 Y_i 为该收益的年增长量; R_i 为附着在第 i 类土

地利用类型上的人口(劳动者)数量。

1.3.2 生态系统服务价值评价方法。结合 1996—2016 年乐山现实情况,考虑乐山地处成都和重庆之间,该研究农田、林地和水域的生态系统价值系数参考成都^[9],草地的生态系统服务价值系数参考重庆^[11],园地取林地和草地的平均值,乐山未利用土地均为荒草地,其系数为草地的 1/2。假设建设用地贡献为 0,不考虑建设用地。

乐山市 1996、2006 和 2016 年 3 年平均粮食产量为 4 741.96 kg/hm²,2006 年稻谷、小麦、玉米 3 种粮食加权平均收购价为 1.68 元/kg^[17],考虑到在没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值仅为单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的 1/7,得出乐山生态系统服务价值当量为 1 138.07 元/hm²。从而得出乐山生态系统单位面积生态服务价值(表 1)。根据公式(7)计算乐山生态系统服务价值 ESV。

$$ESV=\sum_{i=1}^nA_j\times E_{rj}$$

(7)

式中,ESV 为区域生态系统服务总价值; A_j 为 j 类生态系统面积,hm²; E_{rj} 为 j 种生态系统 r 种生态服务功能单位面积生态服务价值。

2 结果与分析

2.1 土地利用变化

2.1.1 各土地利用类型面积变化。乐山 1996—2016 年土地利用变化表现为“四减两增”。耕地、草地、水域和未利用地面积减少,林地和园地面积增加(表 2)。减少面积的类型为未利用地(−4.55%)>水体(−3.77%)>耕地(−0.88%)>草地(−0.11%);园地面积增加较多(1.82%),其次为林地(1.23%)。

2.1.2 各土地利用程度率变化。在土地利用程度率变化方

表 1 乐山生态系统单位面积生态服务价值

Table 1 The value of ecological services per unit area of Leshan ecosystem

元/(hm²·a)

一级类型 One grade type	二级类型 Two grade type	耕地 Arable land	林地 Forest	草地 Grassland	园地 Garden	水体 Water	未利用地 Unutilized field	合计 Total
供给服务	食物生产	1 022.10	102.08	341.42	221.81	82.74	170.71	1 940.86
Supply service	原材料	102.20	2 657.39	56.90	1 357.15	0	28.45	4 202.10
调剂服务	气体调节	510.99	3 577.30	910.46	2 243.93	0	455.23	7 697.91
Dispensing service	气候调节	909.66	2 759.59	1 024.26	1 891.93	455.34	512.13	7 552.92
	水源涵养	613.19	3 270.70	910.46	2 090.63	20 822.47	455.23	28 162.68
	废物处理	1 683.43	1 338.94	1 490.87	1 414.96	18 566.36	745.44	25 240.00
支持服务	土壤形成	1 492.24	3 986.09	2 219.24	3 102.72	20.71	1 109.62	11 930.62
Support services	生物多样	725.63	3 332.04	102.43	1 717.23	2 518.32	51.21	8 446.87
文化服务 Cultural services	娱乐文化	10.13	1 308.21	45.52	676.92	4 429.48	22.76	6 493.03
总计 Total		7 069.58	22 332.35	7 101.56	14 716.95	46 895.43	3 550.78	101 666.64

面,耕地、草地、水域和未利用地处于衰退期,林地和园地处于发展期(表 2)。衰退的类型为未利用地(−0.91)>水体(−0.75)>耕地(−0.18)>草地(−0.02);园地类型发展较快(0.36),其次是林地(0.25)。

在土地利用程度综合指数变化方面,耕地、草地、水域和未利用地利用程度综合指数减少,林地和园地利用程度综合

指数增加(表 2)。综合指数减少的类型为未利用地>水体>耕地>草地;园地利用地综合指数增加较快,其次是林地。

2.1.3 各土地利用经济生态位变化。各土地利用经济生态位由大到小依次为耕地(>0.47)、草地(0.44)、林地(0.05)和水体(0.04),表明乐山市 1996—2016 年的主要生态位为耕地类型和草地类型。

2.2 乐山市土地生态服务价值

2.2.1 总体生态系统服务价值变化。乐山总 ESV 呈现微弱增长趋势,从 1996 年的 196.47 亿元增加到 2006 年的 198.31 亿元,最后到 2016 年的 203.55 亿元,年均增加 0.35 亿元,年均增长率为 0.18%(表 3)。在 1996—2006 和 2006—2016 年

时段中,总 ESV 均增加,增长率分别为 0.09%和 0.26%。从各土地利用类型的 ESV 来看,总体趋势表现为“四减两增”。未利用地减少较多(−4.55%),其次为水体(−3.77%)、耕地(−0.88%)和草地(−0.11%);园地面积增加较多(1.82%),其次是林地(1.23%)。

表 2 乐山 1996—2016 年土地利用变化及其经济生态位
Table 2 Land use change and its economic ecological niche of Leshan from 1996 to 2016

土地利用类型 Land use type	面积 Area//万 hm ²			面积年均变化率 The annual change rate of area//%			土地利用程度变化率(R) The rate of change in land use		
	1996 年	2006 年	2016 年	1996— 2006 年	2006— 2016 年	1996— 2016 年	1996— 2006 年	2006— 2016 年	1996— 2016 年
耕地 Arable land	27.02	22.85	22.28	−1.55	−0.25	−0.88	−0.15	−0.02	−0.18
林地 Forest	60.01	65.51	74.75	0.92	1.41	1.23	0.09	0.14	0.25
草地 Grassland	85.43	84.33	83.49	−0.13	−0.10	−0.11	−0.01	−0.01	−0.02
园地 Garden	4.10	4.80	5.59	1.70	1.65	1.82	0.17	0.17	0.36
水体 Water	5.31	4.09	1.31	−2.29	−6.80	−3.77	−0.23	−0.68	−0.75
未利用地 Unutilized field	17.83	10.17	1.60	−4.29	−8.42	−4.55	−0.43	−0.84	−0.91
土地利用类型 Land use type	土地利用程度综合指数(L) Land use comprehensive index			土地利用经济生态位(N) Land use economic niche					
	1996 年	2006 年	2016 年	1996 年	2006 年	2016 年			
耕地 Arable land	63.20	53.43	52.11	0.52	0.56	0.47			
林地 Forest	93.57	102.14	116.55	0.05	0.08	0.05			
草地 Grassland	13.32	13.15	13.02	0.41	0.32	0.44			
园地 Garden	9.59	11.22	13.08	—	—	—			
水体 Water	8.28	6.38	2.04	0.02	0.04	0.04			
未利用地 Unutilized field	13.90	7.93	1.25	—	—	—			

注:“—”表示未测量,因无法准确获取园地和未利用地的土地总收益数据,暂不参与计算
Note: ‘—’ indicated not measured,because total land revenue data of garden and unutilized field couldn’t be obtained precisely,so it was not involved in the calculation

表 3 乐山 1996—2016 年各土地利用类型 ESV 及其年均变化
Table 3 ESV and its average annual change of all land use types of Leshan from 1996 to 2016

土地利用类型 Land use type	ESV//×10 ⁸ 元			1996—2006 年		2006—2016 年		1996—2016 年	
	1996 年	2006 年	2016 年	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %
耕地 Arable land	19.10	16.15	15.75	−0.30	−1.55	−0.04	−0.25	−0.17	−0.88
林地 Forestry	134.02	146.30	166.93	1.23	0.92	2.06	1.41	1.65	1.23
草地 Grassland	6.07	5.99	5.93	−0.01	−0.13	−0.01	−0.10	−0.01	−0.11
园地 Garden	6.04	7.06	8.23	0.10	1.70	0.12	1.65	0.11	1.82
水体 Water	24.91	19.20	6.14	−0.57	−2.29	−1.31	−6.80	−0.94	−3.77
未利用地 Unutilized field	6.33	3.61	0.57	−0.27	−4.29	−0.30	−8.42	−0.29	−4.55
总计 Total	196.47	198.31	203.55	0.18	0.09	0.52	0.26	0.35	0.18

2.2.2 单项生态系统服务价值变化。乐山市 1996—2016 年各土地类型一级服务 ESV 及其变化年均变化较慢,整体呈现“三增一减”趋势(表 4),供给服务、支持服务和文化服务增加,而调剂服务减少。

表 4 乐山 1996—2016 年各土地类型一级服务 ESV 及其年均变化
Table 4 The first level service and its average annual change of all land use types of Leshan from 1996 to 2016

一级类型 One grade type	ESV//×10 ⁸ 元			1996—2006 年		2006—2016 年		1996—2016 年	
	1996 年	2006 年	2016 年	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %
供给服务 Supply service	20.99	21.98	24.39	0.10	0.47	0.24	1.10	0.17	0.81
调剂服务 Dispensing service	107.61	106.04	103.57	−0.16	−0.15	−0.25	−0.23	−0.20	−0.19
支持服务 Support services	57.29	59.50	64.80	0.22	0.39	0.53	0.89	0.38	0.66
文化服务 Cultural services	10.59	10.79	10.80	0.02	0.19	0.00	0.01	0.01	0.10
总计 Total	196.47	198.31	203.55	0.18	0.09	0.52	0.26	0.35	0.18

各土地类型二级服务 ESV 呈现“六增三减”缓慢变化趋势(表 5)。年均 ESV 增加的有原材料(1.19%)、气体调节(0.91%)、生物多样性(0.77%)、气候调节(0.66%)、土壤形成(0.57%)和文化服务(0.10%);年均 ESV 减少的有废物处理(-1.42%)、食物生产(-0.75%)和水源涵养(-0.61%)。

表 5 乐山 1996—2016 年各土地类型二级服务 ESV 及其年均变化
Table 5 The second level service and its average annual change of all land use types of Leshan from 1996 to 2016

二级类型 Two grade type	ESV//×10 ⁸ 元			1996—2006 年		2006—2016 年		1996—2016 年	
	1996 年	2006 年	2016 年	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %	变化量 Change amount ×10 ⁸ 元	变幅 Amplitude of variation %
食物生产 Food production	4.11	3.61	3.49	-0.05	-1.22	-0.01	-0.33	-0.03	-0.75
原材料 Raw materials	16.88	18.37	20.90	0.15	0.88	0.25	1.38	0.20	1.19
气体调节 Gas conditioning	25.36	26.91	29.97	0.16	0.61	0.31	1.14	0.23	0.91
气候调节 Climate regulation	21.83	22.64	24.71	0.08	0.37	0.21	0.91	0.14	0.66
水源涵养 Water conservation	34.79	33.58	30.54	-0.12	-0.35	-0.30	-0.91	-0.21	-0.61
废物处理 Waste disposal	25.63	22.91	18.35	-0.27	-1.06	-0.46	-1.99	-0.36	-1.42
土壤形成 Soil formation	33.11	34.02	36.89	0.09	0.27	0.29	0.84	0.19	0.57
生物多样 Biodiversity	24.18	25.48	27.91	0.13	0.54	0.24	0.95	0.19	0.77
娱乐文化 Entertainment culture	10.59	10.79	10.80	0.02	0.19	0.00	0.01	0.01	0.10
总计 Total	196.47	198.31	203.55	0.18	0.09	0.53	0.26	0.35	0.18

3 结论

山地旅游城市的土地利用变化是山地旅游城市可持续发展的核心议题。乐山是一个拥有 3 个世界遗产的典型的西南山地优秀旅游城市。旅游发展改变了土地利用类型从而使乐山生态系统服务发生变化。

根据谢高地价值当量方法,结合乐山实际,确定乐山不同土地利用类型单位面积生态服务价值当量,其精确性还需进一步提高。对乐山市土地利用变化导致的生态系统服务的价值进行评价,得出主要结论如下:

(1) 乐山 1996—2016 年土地利用变化总趋势表现为“四减两增”。耕地、草地、水域和未利用地面积减少,处于衰退期;林地和园地面积增加,处于发展期。林地利用程度最高,未利用地利用程度最低。另外,耕地和草地经济生态位最高,水体生态位最低。

(2) 乐山 1996—2016 年总 ESV 呈现微弱增长趋势,年均增长率为 0.18%,从 1996 年的 196.47 亿元上升到 2016 年的 203.55 亿元,主要归因于林地面积增加以及林地生态价值系数高。

(3) 在各项一级生态服务价值中,调节服务价值最大,所占比重最大,然而却是唯一减少的生态服务项目。其次是支持服务价值,而供给服务价值和文化服务价值相对较弱。

(4) 在各项二级生态服务价值中,各土地利用 ESV 总体呈现“六增三减”缓慢变化趋势。原材料服务价值增加最多(1.19%),其次为气体调节(0.91%)、生物多样性(0.77%)、气候调节(0.66%)、土壤形成(0.57%)和文化服务(0.10%);废物处理服务价值减少最多(-1.42%),其次是食物生产(-0.75%)和水源涵养(-0.61%)。

参考文献

[1] COSTANZA R,D' ARGE R,DE GROOT R,et al.The value of the world's ecosystem services and natural capital[J].Nature,1997,387(6630):253-260.

[2] 傅伯杰,张立伟.土地利用变化与生态系统服务:概念、方法与进展[J].地理科学进展,2014,33(4):441-446.

[3] FU B J,WANG S,SU C H,et al.Linking ecosystem processes and ecosystem services[J].Current opinion in environmental sustainability,2013,5(1):4-10.

[4] 王军,赖耀龙.土地利用变化对生态系统服务的影响研究综述[J].长江流域资源与环境,2015,24(5):798-808.

[5] 邵小云,张则飞,刘中,等.土地利用变化及规划结构对海岛生态系统服务价值的影响:以舟山市普陀区为例[J].生态学杂志,2018,37(2):514-522.

[6] XIE H L,LIU L M,LI B,et al.Spatial autocorrelation analysis of multi-scale land-use changes:A case study in Ongnuid Banner,Inner Mongolia[J].Acta geographica sinica,2006,61(4):389-400.

[7] 黄云凤,崔胜辉,石龙宇.半城市化地区生态系统服务对土地利用/覆被变化的响应:以厦门市集美区为例[J].地理科学进展,2012,31(5):551-560.

[8] 刘金勇,孔繁花,尹海伟,等.济南市土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J].应用生态学报,2013,24(5):1231-1236.

[9] 彭文甫,周介铭,罗怀良,等.城市土地利用变化对生态系统服务价值损益估算:以成都市为例[J].水土保持研究,2011,18(4):43-51.

[10] 张蓉珍,魏志超,陈西蕊.西安市土地利用变化及其生态系统服务价值研究[J].水土保持研究,2013,20(3):254-256.

[11] 王冰,田永中,高志勇,等.重庆市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J].测绘科学,2010,35(2):150-152.

[12] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643-650.

[13] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.

[14] 高志强,刘纪远,庄大方.中国土地资源生态环境背景与利用程度的关系[J].地理学报,1998,53(S1):36-43.

[15] 钟海燕.鄱阳湖区土地利用变化及其生态环境效应研究[D].南京:南京农业大学,2011.

[16] 张侠,葛向东,濮励杰,等.土地利用的经济生态位分析和耕地保护机制研究[J].自然资源学报,2002,17(6):677-683.

[17] 四川省乐山市粮食行业协会.乐山市大春粮食生产及收购价格趋势分析[J].粮食问题研究,2007(5):43-44.