

基于土地利用变化的红壤丘陵区生态系统服务价值分析¹

国家

(深圳大学中国经济特区研究中心, 广东 深圳 518061)

【摘要】: 文章选取生态系统服务价值变差贡献率作为指标, 研究 2008—2017 年间兴国县各土地利用变化对此指标的影响, 结合灰色综合关联度, 研究了其他 4 项指标对生态系统服务价值的贡献程度。研究结果显示, 生态系统服务价值的降低主要是由林地面积减小引起的, 由于市场需求增长和政府政策鼓励等原因, 园地面积不断增长, 成为仅次于林地面积的影响因素。不同研究时期内, 总人口数、城镇化水平、第一产业占比与社会固定资产投资 4 项经济指标与生态服务价值的关联度有所差异, 其中, 前 3 项指标与生态系统服务价值高度关联, 但是随着时间的推移, 各指标对生态系统服务价值的影响差异逐渐减小, 仅第一产业占比与生态服务价值呈正相关, 其他 3 个指标均呈负相关。

【关键词】: 红壤丘陵区; 生态系统服务价值; 土地利用变化; 灰色关联度分析

【中图分类号】: F301 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2019)04-210-04

1 引言及文献综述

1.1 引言

土地利用是人与自然紧密联系的重要环节, 土地利用与覆盖变化的比值称为环境效应。土地利用变化, 相应的土地覆盖也会变化, 两者的连锁变化会辐射影响其承载的整个生态系统, 间接影响生态服务价值。现代城镇化发展迅速, 人口数量、城镇面积不断增加, 土地利用程度不断深入, 人工生态系统正在广泛地取代自然生态系统, 自然生态系统对人类社会的服务价值因此降低, 其可持续发展性也不断降低。本文针对土地利用变化对生态系统服务价值的影响进行研究, 选取总人口数、城镇化水平、第一产业占比与社会固定资产投资 4 项经济指标, 从定量角度研究社会经济因素与生态系统服务价值之间的关联度与贡献率, 从而对红壤丘陵区生态系统服务价值变化的原因进行深层次的揭示, 以期为此类区域的生态环境安全以及土地健康利用提供理论依据。

1.2 文献综述

1.2.1 国外文献综述

1970 年 Wilson & Matthews^[1]首次提出了生态系统的服务功能这一概念, 其环境服务功能涉及许多领域, 如: 昆虫授粉、气

¹作者简介: 国家 (1988—), 女, 广东深圳人, 博士, 深圳大学中国经济特区研究中心博士后, 研究方向为国民经济。E-mail: 378224508@qq.com

候调节和自然界物质循环等。这一概念后又加入了土壤肥力、基因库等内容，被丰富引申到全球环境服务范畴内。1991 年，国际科学联合会环境问题科学委员会 (SCOPE) 开展了一场主题为如何丰富生物多样性的定量研究的讨论会^[2]。美国生态学会为此建立了以 Daily 为核心的研究团队，旨在目的性、系统性地研究此课题。团队主要负责以下课题：定义阐述、研究历程、服务价值评估等。Costanza 等人^[3]对全球生态系统服务功能进行了归类，将其分为 16 个类型，且对全球生态系统服务的总价值进行了评估。

1.2.2 国内研究进展

我国关于土地利用变化的相关研究，在早期阶段主要涉及分类、分区、管理等方面。高志强等^[4]利用遥感和 GIS 技术对中国土地利用情况进行研究。郭林^[5]研究了佛山市城市化过程中的土地利用格局。欧阳志云等^[6]对生态系统服务的概念和价值评估方法进行了全面的解释，针对生态系统服务的研究前景与发展趋势进行了综合分析。通过参考 Costanza 的分类方式，陈仲新和张新时^[7]对中国生态系统的功能与价值进行了评估。谢高地等^[8]对青藏高原生态系统土壤维持功能价值、青藏高原生态系统服务价值以及自然草地生态系统服务价值进行了评估。余新晓等^[9]从经济价值的直接和间接角度，运用工程替代法、市场价值法等多种方法，对北京山地森林生态系统服务功能的价值进行了综合评估。余新晓等^[10]对我国八项服务功能的总价值进行了评估。彭皓^[11]以草地的产草量和退化程度为标准，将锡林河流域的天然草地归类成 5 个种类，并估算了此区域内天然草地生态系统的服务价值。

我国南方广泛分布着红壤丘陵区，其特点为生态稳定性差、生物组织和生产力波动性大，在人工生态系统的冲击下条件不断恶化。为研究不同土地在面积变化时对生态系统的影响，本文利用生态系统服务价值变差贡献率，深入研究红壤丘陵区生态系统服务价值变化的原因。本研究选取生态系统服务价值变差贡献率作为指标，研究 2008—2017 年间兴国县各土地利用变化对此指标的影响，结合灰色综合关联度研究了其他 4 项指标对生态系统服务价值的贡献程度。

2 模型构建

2.1 系统服务价值评价模型

土地数据、社会经济数据分别来源于兴国县 2008—2017 年土地利用现状变更数据和兴国县 2008—2017 年统计年鉴的社会经济数据。

目前，生态系统服务价值系数估算法、直接市场评价法和条件价值评估法等是研究生态系统的适用最为广泛的评价法。本文参照姚成胜等^[12]关于不同土地利用类型生态系统服务价值系数的研究成果(表 1)，运用生态系统服务价值公式，核算了兴国县生态系统服务价值。

$$ESV = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot VC_i) \quad (1)$$

式中:ESV、 VC_i 、 A_i 成分别代表的是生态系统服务总价值、第 i 种土地利用类型的生态系统服务价值系数以及第 i 种土地利用类型面积，其单位分别为元、公顷、元/(公顷·年)。

表 1 不同土地类型的生态系统服务价值系数

单位：元/(公顷·年)

土地利用类型	价值系数	土地利用类型	价值系数
耕地	6 831	建设用地	415
园地	6 831	水域	53 715
林地	21 599	未利用地	415

2.2 生态系统服务价值变差贡献率

变差贡献率的含义是在不同土地利用类型的基础上，生态系统服务价值与生态系统服务价值两者之间变化总量之比。其作用是可以判断不同土地利用类型变化影响生态系统服务价值变化的程度大小。如公式(2)所示：

$$ESV_c = \frac{ESV_{ib} - ESV_{ia}}{ESV_b - ESV_a} \times 100\% \quad (2)$$

式中： ESV_c 代表的是生态系统服务价值的变差贡献率；在研究初期， ESV_{ia} 、 ESV_a 分别表示的是第 i 种土地利用类型的生态系统服务价值、生态系统服务价值；在研究后期， ESV_{ib} 、 ESV_b 分别代表了第 i 种土地利用类型的生态系统服务价值、生态系统服务价值，上述指标的单位为元/(公顷·年)。

如果 ESV_c 的值小于 0，那么第 i 种土地利用类型的生态系统服务价值与区域生态系统服务价值在前期和后期的变化趋势相反；如果的值大于 0，那么第 i 种土地利用类型在研究期间的变化与区域生态系统服务价值的变化相统一。

2.3 土地利用变化分析

假设采用土地利用动态度 K 来直观表示一定区域内土地利用的变化速度。土地利用动态度可以更清晰地比较土地利用变化的区域差升、更精准地预测土地利用变化的未来趋势，土地利用动态度计算公式为：

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (3)$$

式中： U_a 、 U_b 、 K 、 t 分别表示的是研究前期阶段某种土地利用类型的数量、研究后期阶段某种土地利用类型的数量、单位时间某一区域内土地利用类型的土地利用动态度以及进行研究的时间长度。假设 t 以年为单位，那么 K 代表区域内某种土地利用类型年变化率。

计算生态系统服务价值的公式为：

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k) \quad (4)$$

式中:ESK、 A_k 、 VC_k 分别代表的是生态系统服务总价值、被研究区域内 K 种土地利用类型的面积以及生态系统服务价值系数,其单位分别为元、公顷、元/(公顷•年)。

2.4 分析敏感性指数的方法

为了检验此次研究的代表性和准确性,采用敏感性指数(CS)这一指标来衡量价值系数变化对生态系统服务价值随时间变化的影响力大小。敏感性指数即每发生 1%的改变,连锁带来的 ESV 的变化情况。实验中:如果 CS 的数值大于 1,则 ESV 对 VC 是具有弹性的;如果 CS 的数值小于 1,则 ESV 对 VC 是弹性不足的,比值越大,则 VC 的数值越准确。向下调整各土地利用类型的价值系数一半左右,来表示 ESV 对 VC 的敏感程度。计算价值系数的敏感性指数(CS)公式如下所示:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) \div ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) \div VC_{ik}} \right| \tag{5}$$

式中:用 ESV、VC 来分别表示总生态系统服务价值和生态价值系数,用 i、j、k 分别代表原始总价值、生态价值系数经过调整后的总价值以及各土地利用类型。

3 实证分析

3.1 生态系统服务价值变化受土地利用变化的影响

从表 2 可以看出,2008—2017 年兴国县生态系统服务价值逐渐减少。由于兴国县森林覆盖率较高,在生态系统中服务价值排名第一的是维持作用最大的林地。第二是水域,第三是耕地,前三名综合占比高达 99.26%。林地的主导地位虽一直保持,但有持续下降的趋势。在 2013—2017 年间,园地面积不断增加,其生态系统服务价值增长幅度也最大,增幅高达 2 倍。相比之下,其他土地类型的变化十分细微。

表 3 为 2008—2017 年兴国县由土地利用变化所带来的生态系统服务价值变差贡献率。在所有阶段内,林地的生态系统服务价值排名第一,但其贡献率为负相关,林地面积的减少是导致生态系统服务价值持续下降的重要原因。宏观上看,耕地总体上的贡献率呈现负相关,只有 2009—2010 年和 2016—2017 年两个阶段为正贡献,但变差贡献率都很小。园地的变差贡献率分为 2012 年之前和之后两个阶段,第一阶段园林面积没有发生改变,因此这个阶段内的变差贡献率为 0。第二阶段则都是正贡献,这个时期园地的影响力大小排名第二。园地属于市场调节作用突出的土地类型,为了有助于园地在贡献中持续发挥其效力,需要稳定的市场环境来支撑。水域面积没有发生改变,所以其变差贡献率持续为 0。建设用地的变差贡献率为正贡献,但却以牺牲生态环境为代价,伴随着建设用地面积的增长,占用了耕地和林地的面积,这种转变过程中降低了生态系统的服务价值,所以要慎重对待建设用地的正贡献。随着土地面积的不断扩大,在 2012 年之前,未利用地变差贡献率呈现正贡献,2014—2017 年呈现的是负贡献,并且负贡献与正贡献差距较大,说明兴国县过度开发了备用的土地资源,资源量逐渐降低。

表 2 2008—2017 年兴国县生态系统服务价值 (10⁸元)

年份	耕地	园地	林地	建设用地	水域	未利用地	总计
2008	2.348 7	0.096 3	53.632 3	0.045 3	3.735 1	0.078 7	59.936 3
2009	2.336 4	0.091 3	53.586 6	0.046 0	3.762 6	0.079 6	59.879 9
2010	2.336 8	0.092 7	53.540 8	0.046 3	3.146 3	0.080 2	59.835 5
2011	2.334 3	0.087 9	53.495 0	0.046 8	3.653 1	0.080 7	59.788 1
2012	2.325 9	0.090 9	53.449 3	0.047 5	3.865 4	0.081 4	59.735 4

2013	2.321 6	0.093 6	53.403 5	0.047 9	3.654 1	0.082 1	59.686 5
2014	2.3192	0.151 3	53.333 7	0.048 3	3.652 3	0.078 9	59.667 5
2015	2.279 9	0.206 3	53.264 0	0.049 4	3.986 1	0.079 9	59.613 8
2016	2.275 1	0.261 4	53.194 2	0.050 1	3.653 2	0.079 2	59.592 6
2017	2.275 4	0.316 4	53.124 4	0.050 5	3.765 2	0.074 6	59.576 1

表 3 2008—2017 年兴国县生态系统服务价值变差贡献率（%）

年份	耕地	园地	林地	建设用地	水域	未利用地
2008—2009	21.720 5	0	81.1584	-1.145 9	0	-1.733 1
2009—2010	-0.949 0	0	102.867 8	0.670 6	0	-1.248 3
2010—2011	5.467 7	0	96.722 9	-1.1186	0	-1.072 0
2011—2012	15.849 8	0	86.798 0	-1.3152	0	-1.332 6
2012—2013	8.776 3	0	93.554 5	-0.818 4	0	-1.5123
2013—2014	12.463 8	-290.098 8	367.835 6	-2.151 1	0	11.950 5
2014—2015	73.264 9	-102.465 8	129.923 2	-2.016 2	0	1.293 9
2015—2016	22.411 9	-259.398 7	328.908 9	-3.234 1	0	11.312 1
2016—2017	-1.657 2	-333.743 9	423.155 1	-2.394 2	0	14.640 2
2008—2017	20.336 8	-61.108 0	141.006 1	-1.426 7	0	1.191 9

3.2 生态系统服务价值变化的驱动因素

社会经济发展过程中，各方面的因素也带动了土地利用与覆盖变化之比的变化，导致生态系统服务价值发生改变。实验中选择 4 个对生态系统服务价值有影响作用的社会经济指标进行分析，并采用灰色综合关联度模型进行关联度计算，结果和排序见表 4。

表 4 兴国县生态系统服务价值变化各驱动因子综合关联及排序

年份	总人口数		城镇化水平		固定资产投资额		第一产业占比	
	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序	关联度	排序
2008—2012	0.755 8	2	0.695 4	3	0.553 1	4	0.762 0	1
2012—2017	0.643 5	2	0.576 1	3	0.534 4	4	0.742 6	1
2008—2017	0.618 8	1	0.545 8	3	0.517 8	4	0.600 4	2

将研究时间段分为两个阶段，2008—2012 为第一阶段，2012—2017 为第二阶段。在两个阶段内，计算得到的关联度高低排名依次为：第一产业占比、总人口数、城镇化水平以及固定资产投资额。纵向比较得，第一阶段的关联度均高于第二阶段的相应关联度，4 个指标均呈下降趋势。综合第一、第二两个阶段，整个阶段中关联度排名由高到低分别为：总人口数、第一产业占比、城镇化水平以及固定资产投资额。总阶段与两个子阶段相比较，在生态系统服务价值的影响程度方面，总人口数比第一产业占比的影响力度更大，但总阶段内最大值与最小值的差值小于两个子阶段。综上所述可以看出，影响兴国县生态系统服务价值的各驱动因素中，各因素的作用逐渐向同一水平发展，越来越平衡。其中驱动机制大多在各因素的综合作用上得到充分展示。

为了研究 4 项指标分别对生态系统服务价值的影响力大小,进行了 Pearson 相关性分析,结果如表 5 所示。结果表明,在 4 项指标中有明显负相关的包括总人口数、固定资产投资额以及城镇化水平,也说明了兴国县社会经济发展是牺牲了生态环境质量所带来的。表明正相关的则是第一产业占比,因此生态系统服务价值随着第一产业占比的提高而增加。

表 5 生态系统服务价值与社会经济指标之间的相关性

项目	城镇化水平	第一产业占比	固定资产投资额	总人口数
Pearson 相关系数	-0.954**	0.894**	-0.910**	-0.959**
显著性(双尾检验)	0	0	0	0

注:上角标**表示相关系数在 0.01 水平上显著。

3.3 生态服务敏感性指数

使用公式(4)计算敏感性指数,将 VC 指数都向下调整一半,对总的生态系统服务价值以及敏感性指数进行估算,使用的是调整后的 VC 系数,如表 6 所示。分析后可以得出结论,在全部土地利用类型中,敏感性指数 CS 的数值都在 1 以下,由低到高为:水域、园地、未利用地、建设用地、耕地、林地。最大值是林地,在 0.685~0.755 之间,表明当林地的 VC 增加 1 个百分点时,ESV 增加 0.685~0.755 个百分点;水域是最小值,在 0.001 以下,表明当水域的增加 1 个百分点时,ESV 增加的百分点达不到 0.001。综合所有数据来看,ESV 对 VC 的变化是不敏感的。

表 6 调整价值系数后总生态系统服务价值的变化及敏感性指数

价值系数	生态系统服务价值		2008—2017 年变化情况		敏感性指数	
	2008 年	2017 年	变化量/亿元	变化率/%	2008 年	2017 年
耕地 VC+50%	3.43	2.77	-0.66	-19.24	-0.249	0.053
耕地 VC-50%	1.14	0.92	-0.22	-19.30		
园地 VC+50%	0.29	0.29	0.00	0.000	0.000	0.000
园地 VC-50%	0.10	0.10	0.00	0.00		
林地 VC+50%	18.00	21.70	3.70	20.56	0.685	0.755
林地 VC-50%	6.00	7.23	1.23	20.50		
水域 VC+50%	7.95	7.95	0.00	0.00	0.000	0.000
水域 VC-50%	2.70	2.70	0.00	0.00		
建设用地 VC+50%	0.06	0.08	0.02	33.33	0.004	0.004
建设用地 VC-50%	0.02	0.03	0.01	50.00		
未利用地 VC+50%	0.03	0.02	-0.01	-33.33	0.001	0.001
未利用地 VC-50%	0.01	0.006	0.004	40.00		

4 结论及建议

(1) 2008—2017 年兴国县的生态系统服务价值主要影响因素是林地,之所以发生生态系统服务价值持续降低的情况,主要是因为林地面积的缩小。

(2) 2008—2017 年园地面积随着不断扩大的市场需求与鼓励政策的支持而不断扩大,园地对生态系统服务价值的影响仅次

于庞大的林地面积。

(3) 不同研究期间内, 4 项社会经济指标与生态系统服务价值具有不同的关联程度, 其中一直排名前三的指标为总人口数、城镇化水平与第一产业占比。

(4) 在 4 项指标中与生态系统服务质量呈明显负相关的包括总人口数、固定资产投资额以及城镇化水平 3 项指标, 表明正相关的则只有第一产业占比一项指标。

参考文献:

- [1]Wilson C L, Matthews W H. Man's impact on the global environment: Assessment and recommendations for action [R].Cambridge: MIT Press, 1970.
- [2]Schulze E D, Mooney H A. Biodiversity and ecosystem function [M]. Berlin: Springer, 1993.
- [3]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.
- [4]高志强, 刘纪远, 庄大方. 基于遥感和 GIS 的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J]. 遥感学报, 1999 (2): 134-138.
- [5]郭林. 广东佛山市土地利用格局与生态承载力相关性研究[J]. 中国生态农业学报, 2007 (5): 193-196.
- [6]欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999 (5): 635-640.
- [7]陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000 (1): 17-22.
- [8]谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估[J]. 山地学报, 2003 (1): 50-55.
- [9]余新晓, 秦永胜, 陈丽华, 等. 北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究[J]. 生态学报, 2002 (5): 783-786.
- [10]余新晓, 鲁绍伟, 靳芳, 等. 中国森林生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报, 2005 (8): 2096-2102.
- [11]彭皓. 生态系统服务功能价值评估——以锡林河流域天然草地生态系统为例[D]. 北京: 中国科学院植物研究所, 2007.
- [12]姚成胜, 朱鹤健, 吕晞, 等. 土地利用变化的社会经济驱动因子对福建生态系统服务价值的影响[J]. 自然资源学报, 2009(2): 225-233.