

厦漳泉地区生态系统服务权衡与协同关系分析

胡其玉, 陈松林

(福建师范大学 a. 福建省亚热带资源与环境重点实验室; b. 地理研究所, 福州 350007)

摘要: 将地理探测器引入生态系统服务权衡/协同关系的研究,并结合生态服务价值动态度、生态系统服务权衡协同度(ESTD),阐释2006—2016年厦漳泉地区生态系统服务变化特征和权衡/协同关系及其时空格局。结果表明:①地区生态服务价值总体增长16.51%,其中林地、湿地、水域的生态服务价值增长明显;②食物生产、原料生产、土壤保持服务价值低于地区总体ESV动态度;③生态系统服务间作用强度会随对象的转换出现差异性,根据各类服务间作用的紧密程度划分核心和次核心“组团”;④地区生态系统服务间关系以协同为主,但食物生产与其他服务呈现明显的此消彼长,不同生态系统服务间权衡/协同性质及其程度均呈显著的空间分异。

关键词: 生态系统服务; 权衡与协同; 地理探测器; 厦漳泉地区

中图分类号: F062.2; X171.1

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2021)02-0145-06

doi: 10.3969/j.issn.1003-2363.2021.02.026

0 引言

生态系统服务就是人类通过生态系统获取生产生活所需的各种收益^[1]。随着人类社会的快速发展,对生态系统结构和功能的扰动愈加强烈,因而需要开展生态系统管理。而生态系统服务类型和驱动因素的多样性和各类服务间错综复杂的联系,解析多重生态系统服务间动态变化,即权衡与协同,对协调多种生态系统服务、实现多目标管理具有重要意义。所谓权衡即指生态系统服务间出现此消彼长的情况;所谓协同即指两种或多种生态系统服务同增或同减的状况^[2-3]。不同土地利用覆被类型能够供给不同类型生态系统服务,土地利用变化会影响生态系统服务供给的结构和能力,引发各类服务间权衡/协同关系的变化^[4]。从LUCC出发研究生态系统服务权衡/协同关系,有助于识别权衡/协同时空格局动态变化^[5]。不同学者探讨了不同区域多重生态系统服务权衡/协同的非线性关系和时空异质性^[6-7],主要应用因子分析、玫瑰图^[8]、空间相关分析^[9-10]和聚类分析^[11]以及幂函数回归^[12-13]等方法,揭示了生态系统服务间梯度变化、供需变化以及土地利用变化的影响等,反映了水文调节、水土保持、固碳释氧和粮食生产等各类服务间的相关性。而关于生态系统服务的全面评估、权衡/协同关系的测算及其时空格局,还有待深入研究。

在城市群地区不断扩大的背景下,城镇化对生态环境的影响日益深刻^[14]。从生态系统服务角度研究城市群生态环境效应有助于提升地区综合竞争力,但目前对

中小尺度生态系统服务评估制图尤其是中小城市群地区的关注较少^[15],亟需在这些地区开展生态系统服务多方面综合研究。有关厦漳泉地区生态系统研究集中于生态安全格局、生态环境脆弱性和生态系统服务供求关系^[16],较少涉及生态系统服务间互动关系。本研究采用经时空模型修正后的当量因子法测度2006年和2016年厦漳泉地区生态服务价值,分析各类生态系统服务时空动态变化格局,引入地理探测器结合生态系统服务权衡协同度(ESTD)探讨生态系统服务间相互关系,揭示其非线性关系和时空异质性,识别9类组团间权衡/协同关系的时空格局差异,理解生态系统服务间复杂关系。

1 研究区与数据来源

1.1 研究区概况

厦漳泉地区位于福建省东南沿海(图1),东临台湾海峡,南靠广东潮汕地区,包含厦门、漳州和泉州(不含金门县)三市,被称为“闽南金三角”。属于亚热带海洋性季风气候,水热条件充沛,平均森林覆盖率56.53%。地势总体由西北山地向东南滨海地带倾斜,地貌构成复杂多样,山地、丘陵和平原错落其中。境内溪流纵横,主要有晋江、九龙江、漳江等水系。厦漳泉地区陆地面积占福建省陆地面积的20.4%,常住人口占45.28%,地区生产总值占47.87%。作为沿海经济开放区之一并具备相通的地域文化特征,经济社会发展日益融合,也为未来生态区划管理体系的建立奠定了基础。

1.2 数据来源

厦漳泉地区2006年、2016年的Landsat TM和Landsat8遥感影像资料以及GDEMDEM数据(30 m × 30 m)来源于地理空间数据云网站。利用ENVI 5.1预处理后比照Google地图对遥感影像进行人机交互判读,结合区域特点采用最大似然法解译出地区两期土地利用类型图并经反复纠正修改,划分林地、草地、耕地、湿地、未利

收稿日期: 2019-02-14; 修回日期: 2021-03-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771136); 福建省科技重大专项(2012NZ0002)

作者简介: 胡其玉(1993-),男,四川成都市人,硕士研究生,主要从事土地利用评价研究,(E-mail) zhongguo999long@qq.com。

通信作者: 陈松林(1964-),男,福建南安市人,教授,博士,主要从事土壤地理与土地资源研究,(E-mail) slchen6@163.com。

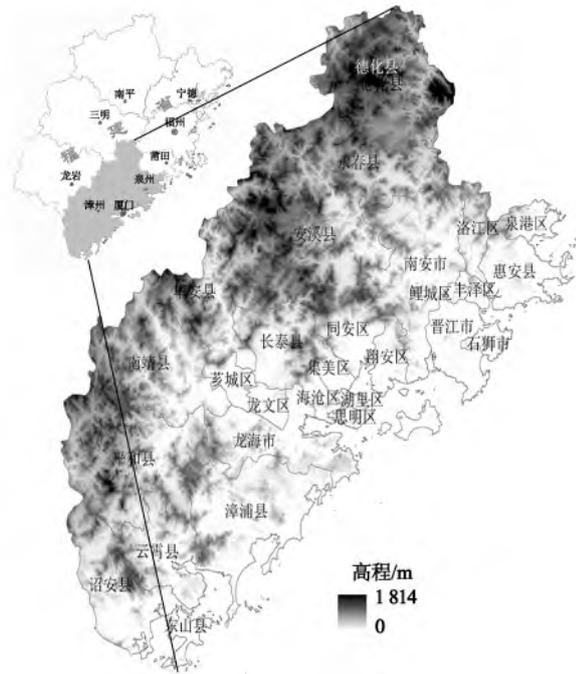


图 1 研究区区位

Fig. 1 Location of the study area

说明: 底图基于自然资源部标准地图服务网站(<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/>) 下载, 审图号为闽 S(2018)23 号。下同。

用地和建设用地等类型。全国和厦门、漳州、泉州的 2006 年、2016 年年均降水量取自中国气象科学数据共享服务网; 各类农作物播种面积、单位面积产量来源于各市 2017 年统计年鉴; 稻谷、蔬菜、甘薯等作物平均价格获取自福建省物价局。

2 研究方法

2.1 单位面积价值当量表修正与价值评估

参考中国陆地生态系统服务价值当量表及其时空动态修正模型^[17-19], 综合比较厦门市、漳州市、泉州市内主要农作物, 采用 2016 年 1 hm² 稻谷、甘薯、花生和蔬菜单位面积的地区平均价格评估标准生态系统类型(即 1 个标准当量因子) 的价值量。将 4 种农作物平均价格的 1/7 作为标准单位生态系统服务价值当量因子的经济价值量, 从而排除人工投入的影响^[20], 确定标准生态系统的单位面积生态服务功能价值量为 5 871.722 元·hm⁻², 避免经济社会系统中变量的影响。

结合厦漳泉地区实际情况, 采用地区平均年均降水量因子修正单位面积生态服务价值当量表^[21], 修正系数为 1.901。对解译后的土地生态类型进行合理归并, 计

算得到不同土地生态类型的价值系数表。生态系统服务价值系数乘以对应的土地面积, 测算不同类型生态系统服务功能的总价值和单项价值。

2.2 生态服务价值动态度

生态服务价值动态度(EV) 用于描述一定区域、一段时间内生态服务价值的变化趋向及其程度, 计算方法参考前人研究^[22]。

2.3 地理探测器

运用地理探测器(Geodetector) 展现复合生态系统服务间多重线性或者非线性关系, 揭示生态系统服务间互动作用。地理探测器包括 4 个部分^[23], 针对研究需要, 选择以下 3 种探测器分析样本。

因子探测器: 通过比较各子区域的累积方差和区域整体的方差, 探测各类生态系统服务受其他服务空间分布的影响程度, 比较各类服务的作用力。

交互探测器: 用以比较两种生态系统服务交互作用和独立作用于另一类生态系统服务的作用强度, 据此划分作用类型, 评估在该两种生态系统服务的共同作用下是增强或是降低对另一服务的作用强度。

风险探测器: 即测算某一类生态系统服务在不同分区下另一服务的平均水平, 从而判断各分区中两类服务间的正负相关趋势^[24]。选取因子探测器测算结果最大的 3 类作为某一目标生态系统服务的主导作用服务。

2.4 生态系统服务权衡协同度

为进一步探究不同时期厦漳泉地区各类生态系统服务间的作用关系和程度, 采用基于数据线性拟合的生态系统服务权衡协同度(ESTD)^[25], 分析某类服务与其影响最大的生态系统服务间的权衡与协同作用, 对于已经匹配过的生态系统服务组合, 根据作用力大小重新选择组合。

3 结果分析

3.1 厦漳泉地区生态系统服务变化特征

3.1.1 时间序列变化情况。总体上, 相比 2006 年, 2016 年厦漳泉地区生态服务价值提升 16.51%。从土地生态类型来看, 林地、湿地、水域的生态服务价值增长显著, 耕地、草地下降明显; 建设用地有所增长, 而随着裸土地、滩涂等未利用地的治理和利用, 缓解了生态服务价值的降低。从生态系统服务类型来看(表 1), 在土地利用变化的影响下, 制约总体生态服务价值增长的是食物生产、原料生产、土壤保持服务。

表 1 不同类型生态系统服务价值动态度

Tab. 1 Dynamic degree index of various types of ecosystem services value

服务类型	ESV	食物生产	原料生产	气体调节	气候调节	水文调节	废物处理	土壤保持	生物多样性维持	美学景观供给
动态度均值/%	1.851 6	-0.840 5	1.638 8	3.103 3	2.283 1	2.780 4	2.006 3	1.493 2	2.187 0	2.670 3

3.1.2 空间变化格局。应用 Jenks 分级方法, 将动态度处于 -0.1% ~ 0.1% 划为平稳变动等级, 刻画厦漳泉地

区生态服务价值的空间变化格局(图 2)。下降区域集中在沿海、沿江的平原地带, 另有零星点块分布于西部

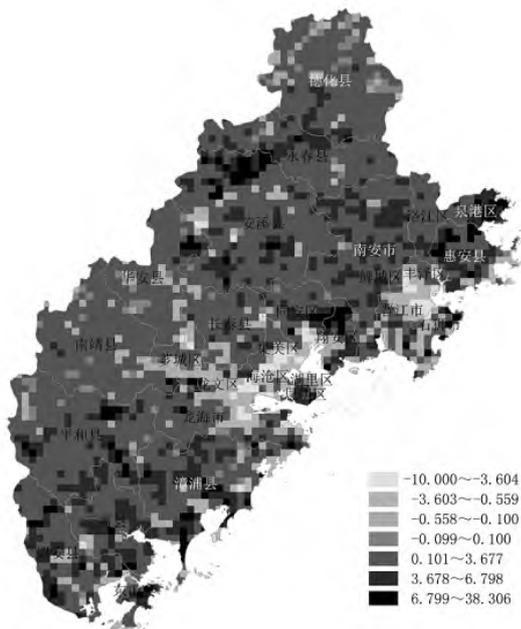


图 2 地区生态服务价值动态空间格局
Fig. 2 Spatial pattern of EV in the region

山地、丘陵地带。分区统计该区域土地生态类型面积增减情况,结果表明,2006—2016 年湿地、草地、耕地、水域面积呈不同程度缩减。

从生态系统服务类型来看,差异最为显著的是食物生产价值下降区域,除厦门岛、古雷半岛等小部分外几乎覆盖整个厦漳泉地区。原料生产和气体调节价值下降主要集中在厦门岛和漳州平原沿海一带,土壤保持和生物多样性维持下降区分布与之相比具有相似性。气候调节、水文调节、美学景观供给价值下降区与整体相似,其余呈点块式零散分布,而废物处理下降区域则扩展至整个泉州平原。安溪中部的土壤保持和废物处理价值下降较为突出。

3.2 不同类型生态系统服务间的互动作用探究

3.2.1 生态系统服务间影响力评估。运用因子探测器探测 9 类生态系统服务间互动作用的影响程度(表 2)。表 2 显示,生态系统服务间的影响力随时间推移而呈现增减差异,各类型服务间作用有对等和不对等的情况。根据主导作用生态系统服务出现的频数,判断各类服务的相对影响力。其中,生物多样性维持对其他服务的强烈作用源自其对生态系统提供商品、服务的能力和效率^[26]的影响,支撑与增强生态系统的稳定性^[27]。相比之下,食物生产对其他生态系统服务的影响程度较低。

从各类服务看,食物生产受其他服务的影响相对较小,2016 年有所减弱。原料生产-气体调节-土壤保持-生物多样性维持互为强作用生态系统服务,关联密切,构成整个生态系统服务体系的核心,2016 年相互影响力有所增强。水文调节-废物处理互为主导作用生态系统服务,此外美学景观供给对这两种服务的影响也很明显,但 2016 年影响力有所下降。气候调节-美学景观供给彼此间影响力较强,这两类服务也明显受生物多样性的影响,许多研究表明气候变化改变生态系统的同时也受其影响。

3.2.2 生态系统服务间交互作用。根据交互探测器测算结果,生态系统服务两两交互之后,均表现为双协同或非线性协同作用,说明不同服务复合后对另一类生态系统服务的影响力更大。其中,生物多样性维持分别和原料生产、土壤保持交互之后,对食物生产的影响力均超过 0.5,表现出非线性协同作用。无论是原料生产、气体调节、土壤保持、生物多样性维持之两两交互之对其余一种生态系统服务的影响,还是这 4 种服务各自与其他生态系统服务交互之后分别对其余 3 类核心生态系统服务的影响力均大于 0.9,表现出双协同作用。气体

表 2 2006 年、2016 年地区各生态系统服务间影响力

Tab. 2 Impacts of various ecosystem services in the region in 2006, 2016

生态系统服务类	年份	食物生产	原料生产	气体调节	气候调节	水文调节	废物处理	土壤保持	生物多样性维持	美学景观供给
食物生产	2006	—	0.396 8	0.197 1	0.115 8	0.070 8	0.007 8	0.360 9	0.161 0	0.114 0
	2016	—	0.324 7	0.120 7	0.087 0	0.044 8	0.060 6	0.275 2	0.138 4	0.042 9
原料生产	2006	0.438 8	—	0.923 1	0.508 8	0.421 5	0.408 2	0.938 1	0.835 9	0.463 4
	2016	0.559 9	—	0.952 4	0.713 7	0.477 7	0.367 7	0.947 9	0.929 7	0.614 2
气体调节	2006	0.447 0	0.935 8	—	0.562 1	0.468 7	0.373 5	0.944 7	0.893 2	0.561 3
	2016	0.547 4	0.960 9	—	0.740 0	0.504 3	0.370 7	0.948 5	0.939 4	0.644 2
气候调节	2006	0.305 5	0.245 0	0.306 6	—	0.515 5	0.319 6	0.270 8	0.395 0	0.637 4
	2016	0.452 4	0.515 0	0.584 1	—	0.548 0	0.306 3	0.551 1	0.665 3	0.748 5
水文调节	2006	0.059 4	0.121 9	0.044 0	0.266 0	—	0.895 0	0.086 7	0.057 3	0.833 6
	2016	0.096 3	0.022 4	0.006 2	0.225 4	—	0.858 2	0.009 8	0.096 4	0.729 7
废物处理	2006	0.022 4	0.258 0	0.159 1	0.293 4	0.913 6	—	0.197 7	0.054 0	0.731 2
	2016	0.062 0	0.116 0	0.102 8	0.213 2	0.866 6	—	0.123 8	0.079 5	0.542 7
土壤保持	2006	0.449 1	0.930 3	0.927 8	0.504 7	0.435 6	0.395 6	—	0.785 6	0.468 3
	2016	0.553 5	0.947 4	0.938 6	0.707 4	0.470 5	0.383 2	—	0.875 4	0.570 2
生物多样性维持	2006	0.506 7	0.857 9	0.896 1	0.642 0	0.463 2	0.287 2	0.836 5	—	0.659 0
	2016	0.586 3	0.929 5	0.937 6	0.786 9	0.519 7	0.317 5	0.886 9	—	0.741 7
美学景观供给	2006	0.294 3	0.191 8	0.173 5	0.578 7	0.825 8	0.597 3	0.143 4	0.382 5	—
	2016	0.402 5	0.374 5	0.384 1	0.671 7	0.774 5	0.486 4	0.318 6	0.585 6	—

调节、土壤保持分别与水文调节、废物处理、美学景观供给交互后形成的 6 组生态系统服务对气候调节的影响力均大于 0.8, 表现为双协同作用, 如 2016 年食物生产-废物处理等不同服务交互后对气候调节的作用较 2006 年更趋复杂, 由非线性协同作用转变为双协同作用。水文调节、废物处理、美学景观供给两两交互及其分别与其他服务交互后, 对这 3 类服务的影响力基本大于 0.9, 双协同和非线性协同作用皆存在, 随时间变化其增减趋势呈现动态变化。并且某些服务间作用可能存在一定的内部权衡效应。

3.2.3 典型生态系统服务间权衡/协同关系。风险探测器用于分析典型服务间正负相关性, 判断 2006 年和 2016 年主导作用服务与目标生态系统服务间权衡/协同关系。结果显示, 整体上典型生态系统服务间呈正相关性, 即协同关系, 但各类服务间权衡/协同关系的趋势特征和时间变化特征各具特点。食物生产随原料生产、土壤保持、生物多样性维持的增长而呈现先增后减的趋势, 具有明显的非单调凹权衡特征^[28], 2016 年各分区食物生产水平呈不同程度降低。核心生态系统服务彼此间皆呈现正向协同关系, 而线性关系的高度重合表示各类服务间作用的一致性程度较高。次核心生态系统服务组合及其与美学景观供给间的作用均表现为正向协同关系, 并在不同分区呈现低水平协同和高水平协同的差异。气候调节、美学景观供给分别与其主导作用服务间整体呈正向协同关系, 但其趋势特征独具特点。不同时期各类生态系统服务水平在不同分区均呈动态差异。而部分服务在不同分区表现出轻微的非单调凹权衡, 说明服务间作用可能在不同分区呈不同的相关性。

3.3 生态系统服务权衡/协同关系的空间格局

根据因子探测器处理结果, 选择对各类服务影响力最大的生态系统服务与之匹配, 测算生态系统服务权衡协同度 (ESTD), 定量分析权衡/协同作用的方向和程度。划分 3 110 个网格单元, 运用几何间隔法分别对正、负 ESTD 分级, 根据表现权衡/协同关系的单元数量比反映地区整体关系。风险探测和 ESTD 计算的结果整体上呈现一致性, 即除食物生产-原料生产呈现权衡关系外, 其余 8 组生态系统服务皆呈协同关系。结果显示, 食物生产-原料生产总体呈权衡关系且权衡单元占比为 69.42%, 而其余组合表现协同关系的单元占比均大于 84.44%, 说明表现协同关系的地区整体协同程度也较高。分组统计权衡/协同程度的均值, 结果显示 (图 3), 各组生态系统服务的协同区协同程度差异较权衡区小, 且程度较低。

从生态系统服务权衡/协同关系空间格局得出: 食物生产-原料生产权衡遍布厦漳泉地区, 少数区域呈协同关系。其他 8 组生态系统服务间权衡零星分布各地, 集聚性较低。

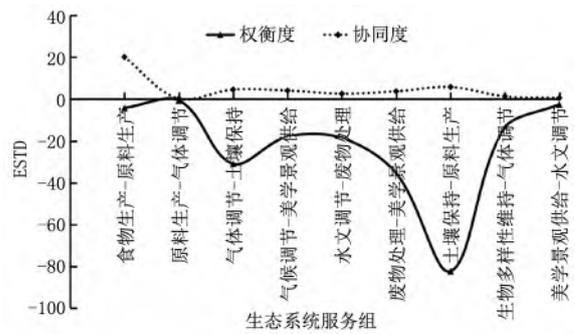


图 3 地区 9 组生态系统服务权衡/协同程度对比

Fig. 3 Comparison of the tradeoffs/synergies degree of ecosystem services among 9 groups in the region

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 2006—2016 年厦漳泉地区 ESV 总体呈上升趋势, 表现在林地、湿地、水域生态服务价值的增长上。从土地利用变化看, 在 ESV 动态下降区域, 湿地、耕地、草地、水域面积有不同程度的减少, 集中分布于沿海快速城镇化区域。

(2) 相比 2006 年, 2016 年地区生态系统服务结构有所调整, 气体调节、气候调节、水文调节、废物处理、生物多样性维持和美学景观供给等服务价值的增长幅度高于地区 ESV 总体增长幅度, 而食物生产、原料生产、土壤保持服务价值的变动则较低, 各类生态系统服务动态变化的空间格局总体具有一致性。

(3) 各类生态系统服务既对其他服务施加影响也受其影响, 影响强度随对象转变有所差异; 各类服务间关联的紧密程度也有不同, 食物生产与其他服务的作用相对较弱, 原料生产-气体调节-土壤保持、生物多样性维持间具有强影响力而形成生态系统服务的核心, 水文调节-废物处理为次核心; 不同生态系统服务间影响力具有随时间变化的演变特征。生态系统服务两两交互后表现出双协同或非线性协同作用, 时间上基本与作为单因子作用变化一致, 少数具有内部权衡效应。

(4) 地区生态系统服务两两间以协同关系为主, 少数表现为权衡关系, 且变化趋势、程度呈现多样性, 当处于不同分区时服务间权衡/协同关系会发生转变; 各组生态系统服务时空权衡/协同关系总体具有一致性, 但局部区域权衡/协同性质及程度的空间格局分异显著。

4.2 讨论

2006—2016 年间厦漳泉地区土地利用变化诱发了生态系统服务结构的调整和空间的转移, 缓解了局部区域生态维护、耕地保护和经济建设间的矛盾。而气候调节、水文调节、废物处理、美学景观供给动态态度均较低, 土地利用变化是导致生态系统服务供给的质量、数量和权衡/协同关系变化的关键因子。除少数如食物生产与其他生态系统服务间呈权衡关系外, 其他大部分服务间为协同关系, 与某些区域性研究结果有一定的一致

性^[29],说明粮食生产与其他服务间的矛盾普遍存在。通过两期结果比对,不同生态系统服务间影响力及相互关系的时间演变特征^[30]明显。当外界或生态系统内部扰动强度超出生态系统约束阈值之后,服务间关系会发生剧变^[31],即阈值效应。尺度效应的存在需要在未来通过多尺度分析连续时间序列数据,深刻阐释生态系统服务权衡/协同关系的时空分异特征和尺度差异,明晰生态系统过程对服务间权衡/协同关系的作用机制。

参考文献:

- [1] 傅伯杰,于丹丹. 生态系统服务权衡与集成方法 [J]. 资源科学,2016,38(1): 1-9.
- [2] 孙艺杰,任志远,赵胜男. 关中盆地生态服务权衡与协同时空差异 [J]. 资源科学,2016,38(11): 2127-2136.
- [3] 李双成,王珏,朱文博,等. 基于空间与区域视角的生态系统服务地理学框架 [J]. 地理学报,2014,69(11): 1628-1639.
- [4] HAINESYOUNG R, BEDDINGTON J. Land Use and Biodiversity Relationships [J]. Land Use Policy, 2009, 26(12): 178-186.
- [5] 孟悦. 宁波市城市化发展对区域生态系统服务价值的影响 [J]. 地域研究与开发, 2016, 35(6): 81-86.
- [6] BRYAN B A. Incentives, Land Use, and Ecosystem Services: Synthesizing Complex Linkages [J]. Environmental Science & Policy, 2013, 27: 124-134.
- [7] QIU J, TURNER M G. Spatial Interactions among Ecosystem Services in An Urbanizing Agricultural Watershed [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, 110: 12149-12154.
- [8] 张宇硕,吴殿廷. 京津冀地区生态系统服务权衡的多尺度特征与影响因素解析 [J]. 地域研究与开发, 2019, 38(3): 141-147.
- [9] 钱彩云,巩杰,张金茜,等. 甘肃白龙江流域生态系统服务变化及权衡与协同关系 [J]. 地理学报, 2018, 73(5): 868-879.
- [10] 王成,彭清,唐宁,等. 2005—2015年耕地多功能时空演变及其协同与权衡研究——以重庆市沙坪坝区为例 [J]. 地理科学, 2018, 38(4): 590-599.
- [11] RAUDSEPPHEARNE C, PETERSON G D, BENNETT E M. Ecosystem Service Bundles for Analyzing Tradeoffs in Diverse Landscapes [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(11): 5242-5247.
- [12] 郝梦雅,任志远,孙艺杰,等. 关中盆地生态系统服务的权衡与协同关系动态分析 [J]. 地理研究, 2017, 36(3): 592-602.
- [13] 武文欢,彭建,刘焱序,等. 鄂尔多斯市生态系统服务权衡与协同分析 [J]. 地理科学进展, 2017, 36(12): 1571-1581.
- [14] 肖池伟,刘影,李鹏. 赣江流域生态经济价值与生态补偿研究 [J]. 地域研究与开发, 2016, 35(3): 133-138.
- [15] 林金煌,陈文惠,祁新华,等. 闽三角城市群生态系统格局演变及其驱动机制 [J]. 生态学杂志, 2018, 37(1): 203-210.
- [16] 黄智洵,王飞飞,曹文志. 耦合生态系统服务供求关系的生态安全格局动态分析——以闽三角城市群为例 [J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4327-4340.
- [17] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [18] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [19] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法 [J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
- [20] LOOMIS J, KENT P, STRANGE L, et al. Measuring the Total Economic Value of Restoring Ecosystem Services in An Impaired River Basin: Results from A Contingent Valuation Survey [J]. Ecological Economics, 2000, 33(1): 103-117.
- [21] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 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 [J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [22] 刘园,周勇. 长江经济带生态系统服务价值时空变化特征分析及灰色预测 [J]. 生态经济, 2019, 35(4): 196-201.
- [23] 王劲峰,徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [24] 马小雯,章笑艺,来丽芳,等. 基于地理探测器的浙江省空气质量风险因子分析 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2018, 45(3): 351-362.
- [25] 李鸿健,任志远,刘焱序,等. 西北河谷盆地生态系统服务的权衡与协同分析——以银川盆地为例 [J]. 中国沙漠, 2016, 36(6): 1731-1738.
- [26] HECTOR A, BAGCHI R. Biodiversity and Ecosystem Multifunctionality [J]. Nature, 2007, 448: 188-190.
- [27] WORM B, BARBIER E B, BEAUMONT N, et al. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services [J]. Science, 2006, 314: 787-790.
- [28] LESTER S E, COSTELLO C, HALPERN B S, et al. Evaluating Tradeoffs among Ecosystem Services to Inform Marine Spatial Planning [J]. Marine Policy, 2013, 38(1): 80-89.
- [29] 孙艺杰,任志远,赵胜男,等. 陕西河谷盆地生态系统服务协同与权衡时空差异分析 [J]. 地理学报, 2017, 72(3): 521-532.
- [30] RENARD D, RHEMTULLA J M, BENNETT E M. Historical Dynamics in Ecosystem Service Bundles [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015, 112: 13411-13416.
- [31] HAO R, YU D, WU J. Relationship between Paired Ecosystem Services in the Grassland and Agro-pastoral Transitional Zone of China Using the Constraint Line Method [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2017, 240: 171-181.

Tradeoffs–synergies Analysis among Ecosystem Services in Xiamen–Zhangzhou–Quanzhou Region

HU Qiyu , CHEN Songlin

(a. Provincial Key Lab of Subtropical Resources and Environment of Fujian; b. Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Geodetector was introduced into the study of tradeoffs–synergies for ecosystem services, with the combination of the ecosystem services value dynamic degree index and ecosystem service trade-off degree(ESTD) model to explain the spatial–temporal differences of ecosystem service changes and tradeoffs–synergies of ecosystem services in the region from 2006 to 2016. The results indicated that: (1) The overall value of regional ecosystem services increased by 16.51% from 2006 to 2016, among which the ecological service value of forest land, wetland and water area increased significantly. (2) The dynamic degree indexes of services value for food production, material production, and soil conservation were lower than that of entire area. (3) The effects of interactions between ecosystem services could be different with the conversion of objects. The core and sub-core “groups” according to the closeness among various services could be divided. (4) The relationship among ecosystem services in the region was dominated by synergies, but food production and other services showed significant trade-offs. Furthermore, the tradeoffs–synergies among ecosystem services and its degree were characterized by conspicuous spatial variations.

Key words: ecosystem services; tradeoffs–synergies; geodetector; Xiamen–Zhangzhou–Quanzhou region



(上接第 144 页)

xxgkml/ghjh/201608/t20160823_354082.html.

[20] 陕西省人民政府办公厅. 陕西省人民政府关于印发陕西省主体功能区规划的通知 [R/OL]. (2016 - 08 - 23) [2019 - 11 - 29]. <http://hbj.hanzhong.gov.cn/>

[21] 陕西省人民政府办公厅. 关于印发陕西省生态功能区划的通知 [R/OL]. (2004 - 11 - 22) [2019 - 11 - 29]. <http://www.shaanxi.gov.cn/gk/zfwj/52375.htm>.

Matching Supply and Demand of Ecosystem Services and Ecological Construction at County Scale: Take Shaanxi Province as An Example

GENG Tianwei , CHEN Hai , LIU Di , SHI Qinqin , ZHANG Hang

(a. College of Urban and Environmental Science; b. Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, Northwest University, Xi'an 710127, China)

Abstract: Based on the value of ecosystem services, social and economic data, and through the methods of standardization and cold and hot spots, this paper analyzes the quantitative matching and spatial matching characteristics of ES supply and demand in all county-level administrative units in Shaanxi Province, and based on the matching results, divides the types of ecological construction, and puts forward the corresponding construction measures. The results show that: The supply and demand of ES in all counties and cities of Shaanxi Province have obvious spatial differentiation characteristics, and the matching relationship of each evaluation unit is poor, among which the spatial relationship shows obvious spatial dislocation characteristics of cold and hot spots of supply and demand, and the consistency of quantity matching is also poor. Based on the evaluation results, Shaanxi Province is divided into five types of ecological construction areas, and according to the regional supply and demand characteristics and matching relationship, construction and management measures are put forward from the aspects of ecology, industry and population.

Key words: ecosystem services; supply and demand match; ecological construction; Shaanxi Province