

DOI: 10.20103/j.stxb.202401240226

施雯婷, 孙阳, 王佳韡, 林小标, 伍世代. 多功能指向下资源环境承载力与社会发展的时空协调分析——以福建省县域为例. 生态学报, 2025, 45(10): 4803-4817.

Shi W T, Sun Y, Wang J W, Lin X B, Wu S D. Spatial-temporal coordination analysis between resource-environmental carrying capacity and social development under multifunctional pointing in Fujian. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(10): 4803-4817.

多功能指向下资源环境承载力与社会发展的时空协调分析

——以福建省县域为例

施雯婷¹, 孙阳^{2,*}, 王佳韡¹, 林小标³, 伍世代⁴

1 福建师范大学文化旅游与公共管理学院, 福州 350117

2 福建省平潭综合实验区行政审批局, 福州 350400

3 福建师范大学社会历史学院, 福州 350117

4 福建师范大学地理科学学院, 福州 350117

摘要:资源环境承载能力是区域资源环境与社会经济协调发展的重要连接点,是优化国土空间开发的重要基础。以福建省为例,系统构建符合南方山地丘陵区地域特色的资源环境承载能力与社会发展综合评价体系,运用耦合协调度模型、地理探测器,探究福建省在 2010—2019 年近 10 年规划发展下,生态、城镇、农业各功能指向的县域资源环境承载能力与社会发展本底水平、时空耦合协调状况及其影响因素。结果表明:(1)各功能指向下的资源环境承载力空间分布呈较大差异:生态导向结果为大面积中高值夹杂低值、城镇导向结果为“沿海高低值交错,内陆中低值交错”、农业导向结果自北向南逐渐递增;(2)社会发展水平总体呈现“东高西低”的空间分布特征,随着福建省全域积极协调发展,各县域社会发展水平差距逐年缩小;(3)2010—2019 年各功能指向下县域资源环境承载力与社会发展两系统耦合协调度不断加强,呈现良性的正向促进作用,总体耦合协调度呈“东南高、西北低”的空间分布特征;(4)社会发展系统中的各影响因子在不同功能指向的资源环境承载能力与社会发展系统耦合协调结果中均具有较强解释力,同时各因子间的交互作用对两系统耦合协调结果的影响力均大于其单因子作用,且都表现为双因子或非线性增强。研究为福建省未来资源环境与社会经济协调发展、国土空间合理开发利用提供相关理论支撑和借鉴。

关键词:资源环境承载力;社会发展;时空耦合;地理探测器;福建省

Spatial-temporal coordination analysis between resource-environmental carrying capacity and social development under multifunctional pointing in Fujian

SHI Wenting¹, SUN Yang^{2,*}, WANG Jiawei¹, LIN Xiaobiao³, WU Shidai⁴

1 School of Cultural Tourism and Public Administration, Fujian Normal University, Fujian 350117, China

2 Administrative Approval Bureau of Pingtan Comprehensive Experimental Zone, Fujian 350400, China

3 College of Sociology and History, Fujian Normal University, Fujian 350117, China

4 School of Geographical Science, Fujian Normal University, Fujian 350117, China

Abstract: Resource-environmental carrying capacity is a crucial link between regional resource-environmental sustainability and socioeconomic coordinated development. It is essential for ensuring the balanced development of both human activities and natural systems. Furthermore, it forms the foundation for optimizing the spatial development of national territories. This

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(42101297);国家自然科学基金青年基金项目(42301267);自然科学基金项目(41971261)

收稿日期:2024-01-24; **网络出版日期:**2025-03-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 360111611@qq.com

paper, using Fujian Province as an example, adopts the comprehensive evaluation method to systematically construct evaluation systems, that align with the geographical characteristics of the southern hilly region and mountainous areas. At the same time, it combines other methodologies such as coupling coordination model and geodetector to assess the basic status of resource-environmental carrying capacity and levels of social development in each county. Based on these, this paper also analyses the spatial-temporal dynamics of coupling coordination of resource-environmental carrying capacity and social development. Using geodetector analysis, this paper explores the impact factors that associated with these two interrelated systems after the decade-long period development. The results show that: (1) The spatial distribution of resource-environmental carrying capacity across Fujian Province shows significant variation depending on the orientation of the resource utilization. Under the ecological orientation, counties exhibit a wide distribution of medium values, with interspersed high values and low values. Spatial pattern of urban-oriented carrying capacity reveals a more complex pattern, with high values and low values distributed unevenly along the eastern coastal counties, reflecting the region's rapid urbanization. In contrast, the agricultural oriented result displays a gradual increase from north to south in general; (2) The overall spatial distribution of social development levels is characterized by higher levels on the eastern coastal region and a lower level in the western interior. With the active collaborative development of Fujian Province, the gap in the level of social development among counties has been narrowing year by year; (3) Over the period from 2010 to 2019, the degree of coupling coordination between resource-environmental carrying capacity and social development level of different orientation in each county has been continuously strengthened. This indicates a positive and synergistic relationship between these two systems, with both benefiting from mutually reinforcing development trends. Coupling coordination result of these two systems shows a spatial pattern of high in the southeast and lower in the northwest regions; (4) Influence factors of the social development system have a stronger explanatory power in determining the coupling coordination results of different orientations than the factors associated with resource-environmental carrying capacity. Interactions among influence factors have a greater effect on the coupling coordination result than that of a single factor and all of them are bi-factorial or non-linearly enhanced, meaning that the combined influence of different variables can produce greater outcomes than would be expected from their isolated impacts. It indicates that the coupling coordination of the two systems is the result of the interaction of multiple factors. Ultimately, the findings of this research aim to offer theoretical support for the coordinated development of regional resource-environment and socioeconomic systems, providing a reference for optimizing land utilization and resource management in Fujian Province in the years to come.

Key Words: Resource-environmental carrying capacity; social development; spatial-temporal coupling; geodetector; Fujian Province

生态环境与社会经济发展之间存在物质循环、交互制约的关系,自然资源禀赋及生态环境本底是区域社会发展的基础支撑,而区域社会发展是资源环境演化的重要推动力,只有两者之间彼此耦合、协调发展,才能实现区域整体发展的优化^[1-2]。2023年习近平总书记在全国生态环境保护大会上再次强调要以高品质生态环境支撑高质量发展,加快推进人与自然和谐共生的现代化。但近年来随着我国压缩型城镇化与工业化进程的加快,高速发展的同时也使得部分地区出现高污染、高能耗、高排放现象,造成环境污染、生态退化、水土流失等突出的资源环境问题^[3-4]。我国生态文明建设仍处于压力叠加、负重前行的关键期。在此背景下,如何协调生态环境与社会发展、发展“绿色经济”、实现“可持续发展”成为研究热点^[5-8]。

资源环境承载力(resource-environmental carrying capacity,以下简称为 RECC)是指基于特定发展阶段、经济技术水平、生产生活方式和生态保护目标,一定地域范围内资源环境要素能够支撑农业生产、城镇建设等人类活动的最大合理规模^[9]。资源环境承载力与社会发展水平(social development level,以下简称为 SDL)的协调分析是生态文明建设工作综合评价的重要指标,对于社会经济健康可持续发展、建设美丽中国具有重要意义。

义。自改革开放至今,学术界对于资源环境承载力的研究已相对成熟。评价思维逐渐由静态评价过渡为动态评价。评价方法较为丰富,具体包括综合评价法^[10-12]、以生态足迹、碳足迹和水足迹等为代表的足迹类方法^[13-15]、层次分析法^[16-17]、能值分析法^[18-19]等经典方法。评价指标选取也从单一指标逐渐演变为复合型指标。但现有研究多侧重于单一功能的评估,针对全域范围内生态、生产、生活不同功能指向的差异化资源环境承载力研究仍相对较少,对研究区域内不同类型功能用地的空间配置所产生的空间效益差异分析不足。相较于“无差异评价”,差异化评价思维能够更为精准地关注研究区域承载力的主要矛盾,使得评价结果更具有适宜性与可操作性^[20]。对于资源环境承载力与社会发展的协调分析,已有研究成果深入揭示了资源环境与社会发展在人文-自然多因素作用、多过程并存的复合机制下的耦合关系。既往研究内容主要从资源环境承载能力与区域经济发展^[21-23]、新型城镇化^[24-25]以及国土空间规划^[26-28]耦合三方面展开。相关研究结果均表明,地方良好的资源环境承载能力对于经济发展、城镇化推进以及合理的国土空间规划具有重要的促进作用,反之具有一定的抑制效应。既有关于社会发展水平的测度主要聚焦于区域人口与经济发展水平层面,维度较为单一,无法深入度量与刻画社会发展不平衡的差距、内涵和程度、无法顺应当前人民对社会福祉提升的需求,评价结果较为片面,评价结果对现实指导意义也较为薄弱。研究案例地较多集中于特大城市群^[29-30]、资源环境显著脆弱^[31-33]、区域经济发展水平明显落后^[34-35]等区域,县域等中小尺度地区研究不足。

综上所述,本文以南方山地丘陵区典型代表——福建省为案例,以其县域(合计85个县级行政区划单位,其中金门县由于统计数据缺乏,研究暂不考虑)为研究单元,结合现代地域功能理论以及中国高质量区域发展的科学内涵,在对福建省各县域进行地域功能划分的基础上,差异化、针对性、多样化地建立相关指标体系,利用2010年、2015年以及2019年数据对福建省生态保护功能指向、城镇建设功能指向、农业生产功能指向下的各县域资源环境承载能力与社会发展水平进行本底性评价。在此基础上,采用耦合协调模型、地理探测器分析两者之间的相互作用及其时空分异,多层次揭示其耦合机制并探究其影响机制。研究成果对深入分析南方山地丘陵地区乃至其他不同地域的人地互馈关系与交互机理具有重要的理论价值。

1 研究区概况

福建省位于我国东南沿海,北纬23°31′—28°18′,东经115°50′—120°43′。福建省作为全国生态文明先行示范区域,生态环境本底优越,生态系统复杂多样,是重要的水源涵养区、生物栖息地和自然保护区。2023年,福建省GDP达54355亿元,位于全国前列。在生态文明建设与经济社会深度融合的背景下,福建省坚持高质量高素质发展,积极建设闽东北和闽西南两大协同发展区,努力实现生态建设与社会经济的协同发展从而推进人与自然和谐共生的中国式现代化,对国土空间开发利用与保护提出了更高的要求。因此,探究福建省资源环境承载力与社会发展水平的耦合协调关系对于福建省未来高质量绿色协调发展具有重要意义,对于全国也有良好示范作用。

依据地域功能理论,参考《福建省主体功能区划》(2012—2020)、《国土计划》分区及当地主导产业,将福建省各县域按照不同功能指向进行分区(图1)。

2 研究方法和数据来源

2.1 数据来源与处理

本文主要研究在不同功能指向下,福建省各县域资源环境系统与社会发展系统的时空耦合。受新冠疫情影响,2020年福建省社会经济类统计数据与疫情前相较其规律性被打乱。因此在时间节点上本文选择2010年、2015年,以及2019年三个时期进行相关研究与分析。

(1)空间数据:植被数据来源于资源环境科学与数据中心、国家地球系统科学数据中心;土壤利用数据来源于南京土壤所、国家青藏高原科学数据中心(<http://data.tpdc.ac.cn>);DEM来源于地理空间数据云;气温、降水数据来源于福建省各气象站历年统计数据;地震地质灾害数据来源于福建地质灾害点数据集。

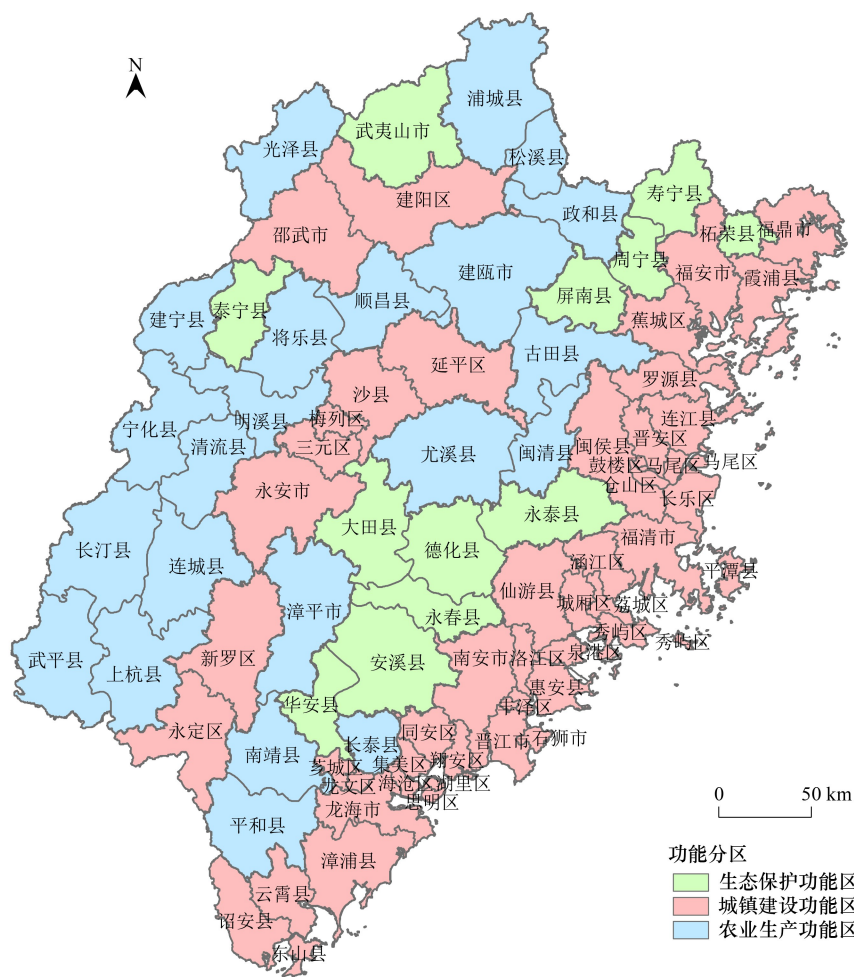


图1 福建省县域功能分区图

Fig.1 Functional zoning map of counties in Fujian Province

(2) 社会经济统计数据:主要来源于 2010—2019 年相应年份的《福建省统计年鉴》、《福建省国民经济和社会发展统计公报》和各县域统计公报,部分缺失指标采用 2010—2019 年变化趋势推导得出进行填补。

2.2 研究方法

2.2.1 综合评价法

综合评价法是指综合运用多种计量方法对区域资源环境承载力进行全面评价,是进行承载力评价的常用方法。其中,《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南》(以下简称“双评价”)中对承载力评价的一系列方法为较多学者借鉴与使用,这一系列方法能够科学全面地摸清并分析国土空间本底条件,为主体功能区降尺度传导、国土空间结构优化、国土开发强度管制等提供了重要参数^[36]。因此本文依据“双评价”并在参考其他相关研究的基础上,遵照客观性、科学性、可行性等原则,针对福建省生态保护功能、城镇建设功能、农业生产功能指向下各县域的资源环境承载力构建相应的评价指标体系,具体如表 1 所示。

参考现有的研究成果^[37—39],结合福建省实际情况,并依据评价指标选取的科学性、代表性、可获取性等原则,构建福建省社会发展水平综合评价指标体系(表 2)。社会发展水平评价包括人口发展水平、经济发展水平、基础设施水平与福祉水平四个维度。运用熵权法计算得出各指标权重,最终结果如表 2 所示:

2.2.2 耦合协调度模型

耦合协调度模型可以用以描述两个或者两个以上系统之间相互作用的影响程度,清晰地反映出系统之间相互作用、相互影响的协调程度,判断出系统之间是否和谐发展。其模型结构如下:

表 1 资源环境承载力评价体系

Table 1 Resource-environmental carrying capacity evaluation system

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Basic index layer	指标选取与处理 Indicator selection and processing
生态保护重要性评价 Evaluation of the importance of ecological protection	生态系统服务功能重要性	水源涵养功能重要性	$W_R = NPP_{mean} F_{sic} (1 - F_{pre})$ W_R 为生态系统水源涵养服务能力指数; NPP_{mean} 为多年植被净初级生产力平均值; F_{sic} 为土壤渗流因子; F_{pre} 为多年平均降水量因子;
		水土保持功能重要性	$C = NPP_{mean} (1 - K) (1 - F_{slp})$ C 为水土保持功能重要性指数; K 为土壤可蚀性因子; F_{slp} 为坡度因子;
		生物多样性维护功能重要性	$B = NPP_{mean} F_{pre} F_{temp} (1 - F_{alt})$ B 为生物多样性维护功能重要性指数; F_{temp} 为多年平均气温; F_{alt} 为海拔因子;
	生态敏感性评价	生态敏感性评价	$M = \sqrt[6]{RKLSCD F_{slp}}$ M 为生态敏感性; R 为降雨侵蚀力因子; LS 为地形起伏度因子; C 为植被覆盖度因子; D 为碳酸岩露出面积;
城镇建设适宜性评价 Evaluation of the suitability of urban construction	土壤资源	坡度	结合南方山地丘陵地实际地形情况及参考相关文献,将坡度分级定为 0—6°、6°—15°、15°—25°、>25°四个等级;
		高程	高程采用自然断裂法分为 5 级; 对结果用地形起伏度进行再次修正,修正过程为:计算栅格与领域栅格高程差,高程差>200m 的区域将坡度分级降 2 级作为城镇土地资源等级;地形起伏度在 100—200m 之间的,将坡度分级降 1 级作为城镇土地资源等级;
	水资源	地表径流量	分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级;
	城镇气候	温湿度	$THI = T - 0.55(1 - f)(T - 58)$; THI 为温湿指数, T 为月均温度(华氏温度), f 是月均空气相对湿度(%);
	生态环境	水环境容量	采用径流量法对水环境容量进行简化计算;
		大气环境容量	通过统计区域及周边地区气象站多年静风日数(日最大风速低于 3m/s 的日数)和多年平均风速计算获得;
	城镇灾害	地震灾害	依据《中国地震动参数区划图》(GB 18307—2015)中确定的地震动峰值加速度的具体数值;
		地质灾害	综合考虑崩滑流易发程度、地面沉降易发程度、矿山地面塌陷和岩溶塌陷高发区,采用《地质灾害点空间分布数据》
农业生产适宜性评价 Evaluation of the suitability of agricultural production	城镇区位优势度	区位条件	区位条件通过公路交通干线可达性、中心城区可达性、交通枢纽可达性及周边中心城市可达性反映,采用时间距离方法计算,按照目标区的交通距离≤20min、20—40min、40—60min、60—90min、>90min,分为 5 个等级;
		交通路网密度	将公路网作为交通网络密度评价主体,采用线密度分析方法计算,按照交通网络密度由高到低分为 5、4、3、2、1 五个等级
	土壤资源	坡度	结合南方山地丘陵地实际地形情况及参考相关文献,将坡度分级定为 0—6°、6°—15°、15°—25°、>25°四个等级;
		土壤质地	以坡度分级结果为基础,结合土壤质地,将农业生产土地资源划分为高、较高、中等、较低、低 5 个等级,土壤粉砂含量≥80%的区域,土地资源直接取最低等;60%≤粉砂含量<80%的区域,将坡度分级降 1 级作为土地资源等级;
	水资源	降水量	采用空间插值法得到网格尺度的多年平均降水量数据;
		水资源可利用量	将可供河道外经济社会系统开发利用消耗的最大水量(按不重复水量计算),划分为丰富、较丰富、一般、较不丰富、不丰富五个等级;
	气候	积温	统计各气象站≥0℃活动积温,进行空间插值,并结合海拔校正后(以海拔高度每上升 100m 气温降低 0.6℃的温度递减率为依据)得到活动积温图层,划分为好、较好、一般、较差、差 5 级;

续表

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Basic index layer	指标选取与处理 Indicator selection and processing
	农业环境	土壤肥力	根据中国土壤有机质数据集集中的土壤有机质含量,将土壤环境容量划分为 1—5 级;
	自然灾害	雨涝	测站 10d 降水量达到或超过 250mm 或 20d 降水量达到或超过 350mm 统计为一次雨涝过程,一年中出现一次或以上雨涝过程为一个雨涝年;
		高温热害	某地(站)日最高气温连续出现 3d 以上 $\geq 35^{\circ}\text{C}$,或连续 2d $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 并有一天 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 为一次高温过程;一年中出现 3 次以上高温过程或 30d 以上高温日为一个高温年;
		大风灾害	某日出现瞬时风速达到或超过 17.0m/s 为大风日,瞬时风速达到或超过 24.5m/s 为狂风日;当一年中出现 30d 大风日或一个狂风日为一个风灾年;

表 2 社会发展水平评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of social development level in Fujian Province

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Basic index layer	单位 Unit	影响系数 Weight
社会发展水平 Levels of social development	人口发展水平	年底常住人口	万人	0.0700
		城镇化水平	%	0.1113
		年末单位从业人数	万人	0.0995
	经济发展水平	GDP	亿元	0.0595
		社会消费品零售总额	亿元	0.0569
		金融机构人民币各项存款余额	亿元	0.0756
		全社会固定资产投资额	亿元	0.0332
		地方财政一般预算收入	亿元	0.0624
	基础设施水平	公路通车里程	km	0.0942
		移动电话用户数	万户	0.0369
		宽带接入用户数	万户	0.0205
		卫生机构床位数	张	0.0853
	福祉水平	艺术表演场馆数、剧场、影剧院	个	0.0491
		公共图书馆总藏量	10^2 册	0.0660
		体育场馆机构数	个	0.0443
		教育支出在一般预算支出中的占比	%	0.0352

$$C = \sqrt{\frac{\text{RECC} \times \text{SDL}}{(\text{RECC} + \text{SDL})^2}}$$

$$D = \sqrt{C \times T}$$

$$T = \alpha \times \text{RECC} + \beta \times \text{SDL}$$

式中,RECC 为资源环境承载力,SDL 为社会发展水平, C 为耦合度,反映资源环境承载力与社会发展水平之间的相互作用; T 为协调指数,反应社会发展水平与资源环境承载力的综合评价指数; α 、 β 为待定系数,二者之和为 1; D 为社会发展水平与资源环境承载力的耦合协调度,在实际中 $C \in (0, 1]$, $D \in (0, 1)$, 且 D 越大,说明社会发展水平与资源环境承载力耦合程度越大,反之,则越小;根据这一模型,参照已有研究^[40–41],将资源环境系统与区域发展系统的耦合类型划分为以下 10 种类型(表 3):

2.2.3 地理探测器

地理探测器是一种揭示地理空间分异性及其驱动因子的统计方法。本文采用地理探测器因子探测以及交互探测的功能,分别识别福建省生态保护功能指向、城镇建设功能指向以及农业生产功能指向下,资源环境

系统与社会发展系统耦合协调影响因素及影响水平。

表 3 耦合协调度及对应耦合协调类型

Table 3 Coupling coordination degree and corresponding coupling coordination type

D	耦合协调类型 Types of coupling coordination		D	耦合协调类型 Types of coupling coordination	
$0 < D \leq 0.1$	失调类	极度失调	$0.5 < D \leq 0.6$	协调类	勉强协调
$0.1 < D \leq 0.2$		严重失调	$0.6 < D \leq 0.7$		初级协调
$0.2 < D \leq 0.3$		中度失调	$0.7 < D \leq 0.8$		中级协调
$0.3 < D \leq 0.4$		轻度失调	$0.8 < D \leq 0.9$		良好协调
$0.4 < D \leq 0.5$		濒临失调	$0.9 < D < 1$		优质协调

D :耦合协调度 Degree of coupling coordination

(1) 因子探测:用于检测各影响因素对 Y 的空间异质性的解释程度,其公式为:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_h^L N_h \sigma_h^2$$

式中, L 为变量 Y 或因子 X 的分类或分区, N_h 和 σ_h 分别为层 h 的样本数和方差。 q 取值范围为 $[0, 1]$, 值越大表示影响因素 X 的解释力越强,反之则相反。

(2) 交互探测:辨识不同影响因素之间的交互作用,即评估因子 X_1 和 X_2 共同作用时是增加或减弱对因变量 Y 的解释力,或这些因子对 Y 的影响是相互独立的。两个因子之间的关系可分为交互作用、非线性减弱、单因子非线性减弱、双因子增强、独立和非线性增强六种类型^[42]。

3 结果与分析

3.1 各功能导向县域资源环境承载力分析

依据表 1 对福建省 2010 年、2015 年、2019 年各功能导向下县域资源环境承载力进行评价,结果如图 2、图 3 所示。

在时序演变上,从图 2 可以看出,福建省各县域 2010—2019 年生态、城镇、农业各功能导向下的资源环境承载力呈现不同的变化态势。具体来看,生态保护功能区的资源环境承载力 2015 年较 2010 年下降,2019 年较 2015 年上升,该表现与已有研究成果基本保持一致^[43]。2015 年之前,社会发展目的偏向经济增速,尚不重视生态保护功能区的重要性;2015 年起,福建省树立和践行“绿水青山就是金山银山”的理念,坚持人与自然和谐共生,转为绿色发展方式,促进经济发展和环境保护双赢。2014 年和 2016 年,福建省分别被国家确立为首个生态文明先行示范区和生态文明试验区,标志着福建省进入了生态文明建设的制度创新阶段、福建省区域生态实践上升为国家战略^[44]。2010 年到 2015 年,城镇建设功能区的资源环境承载力均未发生较大变化,各因子此消彼长的变化特征最终导致其较为稳定的集成结果。而 2015 至 2019 年,较多县域资源环境承载力呈下降态势。究其原因,在城镇土壤资源、水资源、灾害等单因子均表现为较稳定的情况下,2015 至 2019 年,城镇大气环境指数下降研究单元多至 41 个(共 50 个研究单元),平均下降 0.69。城镇在经济高速增长和大规模工业化、现代化的同时对环境造成了极大污染,从而使这一时段的资源环境承载力出现明显下降;农业生产功能指向的资源环境承载力数值总体偏低且多年来上升变化较小。一方面原因是集成农业生产功能指向的资源环境承载力的各因子如土地资源、水资源、灾害等在 10 年时序跨度间具有较强稳定性;另一方面则由于各因子的变化波动呈此消彼长的特征,例如水资源指数上升而气候指数下降,最终导致该功能指向下的资源环境承载力总体提升有限。以上结果均进一步表明资源环境系统的复杂性,某一个因子的优化提升效果有可能被其他因子的恶化所抵消,导致最终承载力并未提高。因此对资源环境系统的调控需多管齐下、多措并举、多因子共同优化调控。

在空间分布上(图 3),福建省生态保护功能区资源环境承载力空间分布特征为大面积的中高值片区夹杂

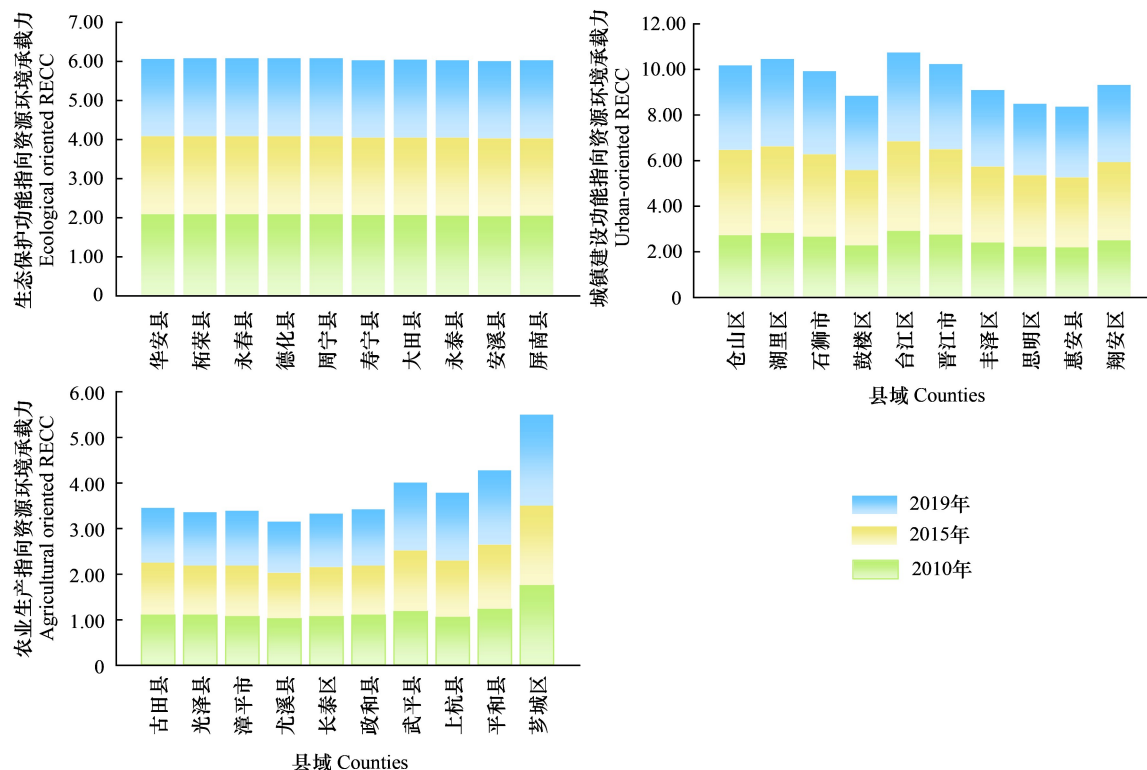


图2 资源环境承载力变化前十县域

Fig.2 Top 10 counties for change in resource-environment carrying capacity

RECC: 资源环境承载力 Resource-environmental carrying capacity

部分低值区,这与福建省优异的生态环境本底相契合。城镇建设功能区资源环境承载力空间分布在东部沿海地区高低值交错,其中东部沿海福州、厦门、泉州三市域下的各县域资源环境承载力高值最为突出,进一步体现福州大都市区与厦漳泉大都市区两大都市圈的高水平城镇化发展^[45],而东部一带低值区的存在也表明两大都市圈所代表的增长极对周边县市域城镇化的辐射与拉动效应还有待进一步提升^[46]。西部内陆城镇建设功能导向的资源环境承载力分布呈中低值交错。西部地区受限于地质地势、人口规模、经济资本等原因,导致城镇化发展较东部明显不足,东西部水平不均。农业生产功能区资源环境承载力空间呈大面积低值夹杂中高值分布状,形态破碎,总体指向自福建省北部向南部逐渐递增。南平北部以及三明西部各县域虽具备较好的水土自然资源,但因存在农业环境不济、气候协调配合不良等问题,导致这部分地区农业灾害频发,农业生产功能指向下资源环境承载力始终处于全省低值区。

3.2 社会发展水平时空变化分析

如图4所示,福建省县域社会发展水平总体呈现东部沿海高,西部内陆低的空间分布特征。2010年全省社会发展水平最高值县域为泉州晋江(0.36),其余高值县域也主要集中于东部沿海福州、厦门一带。改革开放以来,福厦泉始终是福建省社会发展前沿。福州作为福建省省会城市以及首批沿海开放城市,吸引大批外资企业入驻;厦门以沿海经济特区实现经济高速发展,美丽的海滨风光促进厦门旅游业蓬勃发展,重要的区位优势更是使之居于两岸融合发展的重要战略地位;泉州利用侨亲优势,实体经济、民营经济迅速腾飞,“晋江经验”更是成就晋江“全国十强县”的辉煌。西部一带,龙岩新罗区作为闽西革命老区高质量发展示范区,“十一五”发展建设下已形成规模化的商贸、房地产、旅游、服务业和交通物流五大产业,2010年社会发展水平为闽西第一(0.19),全省第六,是闽西地区社会高水平发展的独核。

2010—2015年,福建省东部沿海一带纵向发展提升成效显著。除福厦泉管辖范围下的各县域稳步发展,

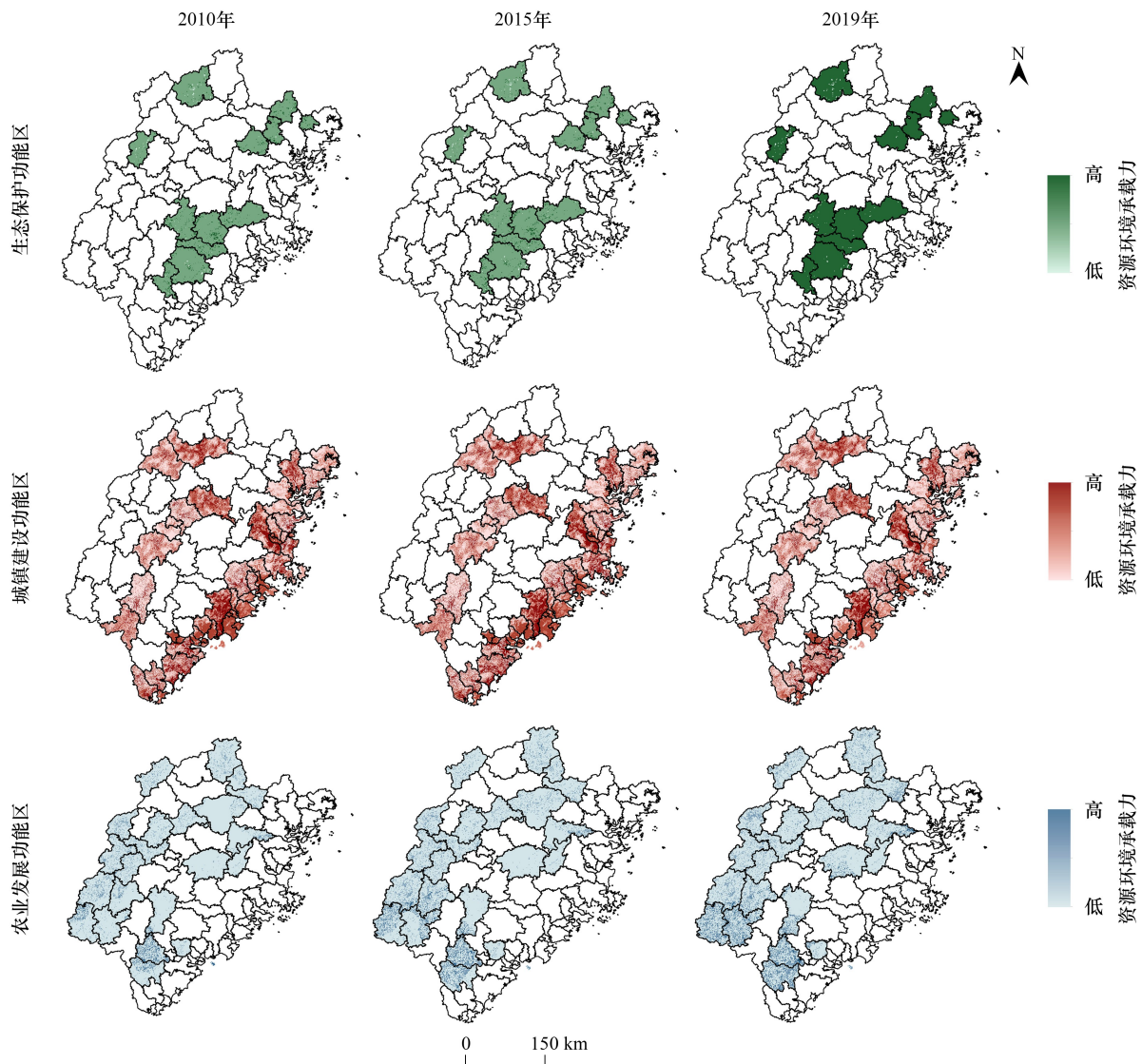


图3 福建省各功能导向县域资源环境承载力图

Fig.3 Resource-environmental carrying capacity of functionally oriented counties in Fujian Province

沿海的宁德、莆田、漳州市域范围内的部分县域社会发展水平也得到一定的提升。这主要是由于省会福州及闽东南泉厦都市圈形成一主一副两个高值区,两大都市区利用涓滴效应带动周围城市,系统推进产业群、城市群、港口群发展,实现区域社会发展水平的总体提升。中西部的三明、龙岩等市域范围下属县区发展水平也有不同程度提高,但与东部一带相较仍存在较大差异,东西部发展差异较大。

2015—2019年,福建省积极实施区域协作发展,推动形成“山海联动、优势互补、相互辐射、双翼齐飞”的全域发展格局,高值区逐渐扩散,各县域社会发展水平差距逐渐缩小。值得注意的是,相较于厦漳泉都市区对闽东南地区的良好带动作用,福州作为省域增长动力源的辐射带动效应还有待加强。在东西方向上,“福州-武夷山腹地拓展轴”发展水平空间差异还在不断加剧,2019年南平松溪(0.06)取代宁德柘荣成为全省社会发展水平最低;南北方向上,福州都市区所囊括的莆田、宁德两地发展水平仍处于弱势。其中尤以宁德为例:2010—2019年宁德柘荣、周宁、屏南等县域社会发展水平始终位于全省末尾,在东部沿海一带6市域中,宁德市发展水平始终最低。

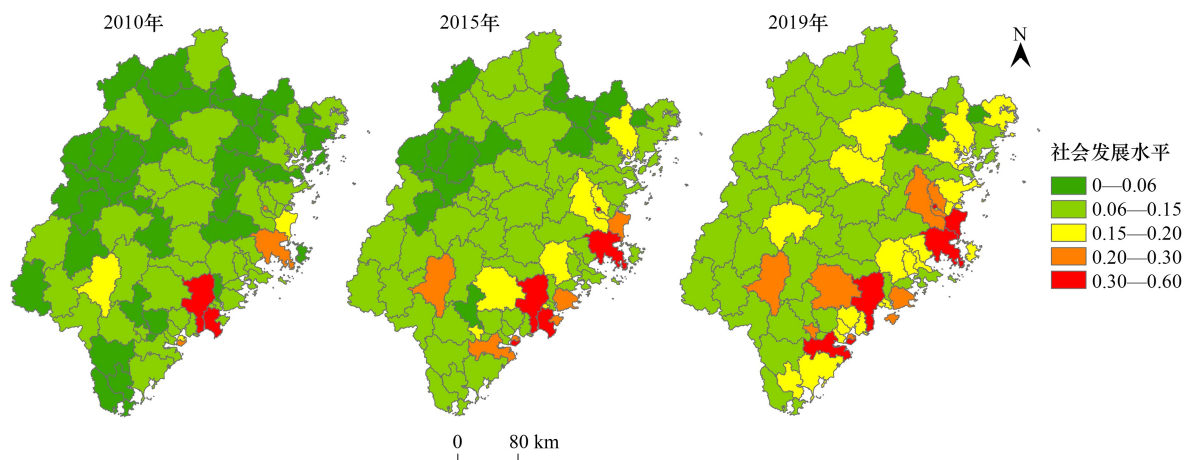


图4 福建省县域社会发展水平图

Fig.4 Social development levels of counties in Fujian Province

3.3 RECC 与 SDL 耦合协调结果分析

3.3.1 时空协调分析

如图5所示,在空间分布上,2010—2019年福建省资源环境承载力与社会发展系统总体耦合协调呈“东南高、西北低”的空间格局。协调类型县域主要位于沿海福州、泉州一带。福州、泉州较早开始重视资源环境系统与社会发展的协调问题。2003年泉州提出“生态立市”,一方面推进产业空间布局集约化、另一方面推进工业企业低碳化发展,下属各县域如安溪、晋江等较早实现资源与发展两者的平衡与可持续化,资源环境系统与社会发展系统呈耦合协调类型;福州市作为福建省的省会城市,2010年开始全面推行生态县、生态乡镇、生态村的工作,全面完善城市生态功能布局,强制实施清洁生产和发展生态经济。2015年开始,福清、长乐等福州县域资源环境系统与社会发展系统耦合实现协调。而与之相邻的厦门、莆田市域下的各县域在城镇建设功能指向下受地域空间、水源等资源约束性较大,无法承载较高的社会发展水平,使得城镇建设功能指向下的资源环境系统与社会发展系统二者之间出现耦合失调。北部宁德一带各县域虽依山傍海,具有优越的水土资源条件,可因其国土资源开发利用效率不高,区域经济水平较低,人口密度、基础设施、投资软硬环境等相较于沿海其他市域都表现出巨大短板,使得这一区域各城镇建设功能指向的县域资源环境系统与社会发展系统整体

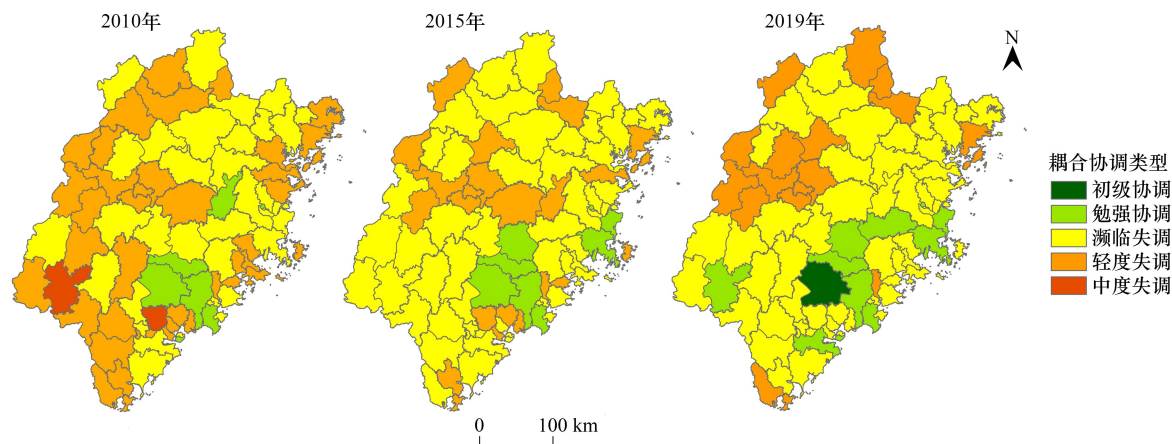


图5 福建省县域耦合协调类型图

Fig.5 Coupled coordination types of counties in Fujian Province

也呈现耦合失调状态。

西部一侧,特别是西北一带的南平、三明市域下的各县域耦合协调度始终较低,属于轻度失调与濒临失调类型。但计算这一区域的资源环境承载力与社会发展耦合度却得到较高数值,说明该区域各功能指向的资源环境系统与社会发展系统相互间存在密切关联,但是这种联系并未共同正向促进区域整体发展,相反起到一定制衡效果。如生态保护指向下的武夷山市(县级市),作为闽江流域的上游,虽然自然资源丰富、生态价值丰厚,但生态优势难以有效转化为经济优势^[47],生态与区域发展的矛盾尤为突出,这一矛盾成为长期以来困扰闽江流域环境保护与经济发展的关键。农业生产指向下,南平北部的浦城等县域属于福建重要“粮仓”区,已形成了具有地域特色的农业发展布局。但区域内农业粗放经营仍大量存在、以高投入获取高产出的生产经营理念仍然占据主导,故而在资源环境系统与社会发展系统的耦合协调结果中仍属于失调状态。

2010—2019 年福建省资源环境承载力与社会发展系统耦合协调度不断加强,两系统呈现良性的正向促进作用。“十一五”期间,福建省工业化与城镇化快速发展,这一时期高耗能、高污染的粗放式发展模式对资源环境造成较大破坏。2010 年,福建省 84 个县域中资源环境系统与社会发展系统耦合协调类型为协调类的县域仅占 7 个,全省 91.67% 的县域属于失调类型,资源环境系统与社会发展系统之间相互作用的效果极差。2010 年后,福建省加快转变经济发展方式、全面推进节能减排、大力实施“四绿”工程,在《福建省“十二五”环境保护与生态建设专项规划》中明确强调要把提高资源环境承载力作为生态省建设的重要依托,全面提升全省生态文明水平,增创福建生态发展新优势。2015 年,全省各县域资源环境系统与社会发展系统相互促进效用不断加强,中轻度失调类型县域共减少 18 个,降至 23 个。2019 年,资源环境系统与社会发展系统耦合协调类型为协调类县域数量增至 12 个,与前 10 年相较已实现较大提升。其中泉州安溪县耦合协调度(0.62)最高,成为全省唯一初级协调类型县域。但总体来看,福建省资源环境系统与社会发展系统耦合协调度仍处于较低水平,85.71% 的县域依然处于失调状态。“十三五”期间,福建省生态文明建设稳步推进,绿色经济加快发展、绿色管控不断加强。但由于经济社会发展目标的高要求以及福建省“八山一水一分田”的特定地域限制,在资源环境约束性日益增强的情况下如何合理统筹产业布局与生态保护仍是福建省生态文明建设的关键扼要。

3.3.2 影响因子探测与交互探测结果分析

为进一步分析福建省生态保护、城镇建设、农业生产功能指向下资源环境承载力与社会发展系统耦合协调的影响因素及影响水平,将表 1 所示各影响因子导入地理探测器获得各因子在资源环境承载力与社会发展系统耦合协调过程中的影响力 q 值及两两因子交互 q 值。根据表 4 因子探测结果与图 6 交互探测结果可知,各探测因子均通过 0.01 显著性检验。生态、城镇、农业多功能导向下各影响因子间的交互作用对资源环境系统与社会发展系统的耦合协调均大于其单因子作用,且都表现为双因子或非线性增强,表明资源环境承载力与社会发展系统的耦合协调是多种因素相互作用而形成的结果,这种现象进一步说明资源环境系统与社会发展系统的耦合协调的格局变化具有多样性、复杂性和综合性特征^[48]。

具体来看,生态保护功能导向下的资源环境承载力与社会发展系统各因子对耦合协调影响程度排名第一的是人口发展水平(0.92)。表明人口发展水平是生态保护功能导向下资源环境系统与社会发展系统耦合协调的主控因子,解释力最高。福祉水平(0.77)为该功能导向下两系统耦合协调的第二助推力,体现了福建省依靠人口红利与完善福利两方面从社会发展路径上推动生态保护功能区内资源与社会两系统的耦合协调。资源环境系统中,生态敏感性(0.50)因子解释度突出,是两系统耦合协调的重要影响因子。各影响因子不仅作为单体对资源环境承载力与社会发展系统的耦合协调具有高贡献力,同时在与其它因子交互后也均对耦合协调结果表现出极高的解释力,进一步体现了它们对福建省生态保护功能指向下资源环境系统与社会发展系统的耦合协调水平的重要影响作用。

城镇建设功能指向下资源环境承载力与社会发展系统各因子对整体耦合协调格局影响的主次作用明显。根据因子探测结果可知,社会发展系统中的各影响因子 q 值均大于 0.50,是城镇建设功能指向下两系统耦合

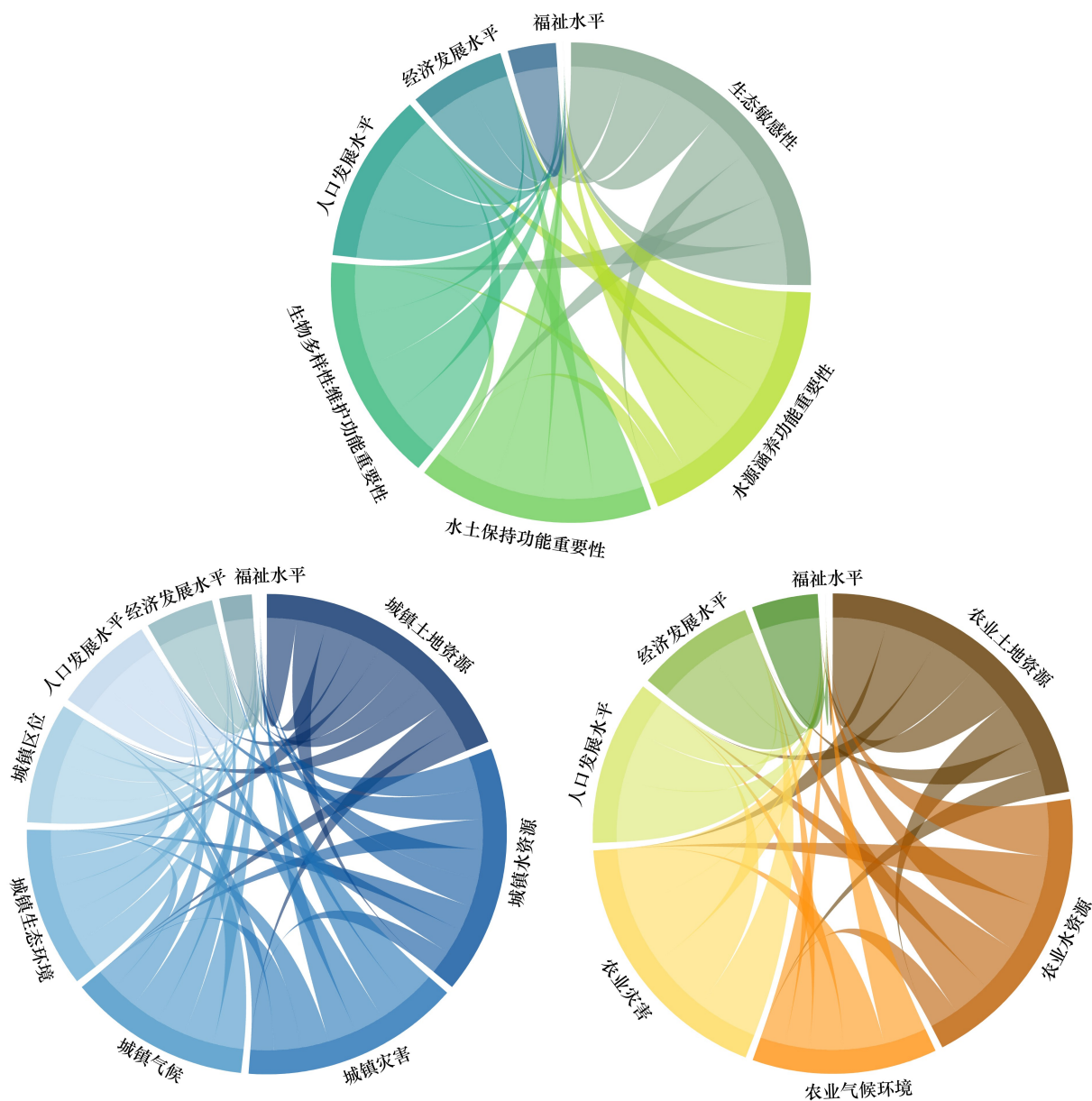


图 6 耦合协调影响因子交互探测结果

Fig.6 Interaction detection results for coupled coordination influence factors

协调的主要影响因子;资源环境系统中的各影响因子 q 值均小于 0.50, 为次要影响因子。其中经济发展水平因子的 $q=0.76$, 远大于其他因子, 解释力最强;城镇生态环境 $q=0.19$, 对城镇建设功能指向的耦合协调格局影响力最微弱。但从各因子交互作用来看, 资源环境承载力系统中的各因子在两两交互后, 都能体现较高解释度。尤其在与社会发展系统因子交互后对整体耦合协调格局产生了重要影响力, 如城镇灾害、城镇水资源在与经济发展水平、人口发展水平发生交互后的强解释力, 有效地进一步强化各因子对城镇建设功能指向下资源环境承载力与社会发展系统的耦合协调水平。

农业生产功能指向下资源环境承载力与社会发展系统的耦合协调主控因子为农业灾害 ($q=0.66$) 与福祉发展水平 ($q=0.64$)。农业水资源 ($q=0.46$)、人口发展水平 ($q=0.43$) 两因子为影响耦合协调的第二梯队, 其余因子则均表现为较为微弱的解释力。从交互作用结果来看, 位于单因子检测第一梯队的农业灾害与福祉发展水平在与其他各因子交互后仍表现出对农业生产功能指向下系统间耦合协调的强有力影响。说明在农业

生产功能指向下,高温大风等自然农业灾害以及主要由政府主导的客观福祉对资源环境系统与社会发展系统间的耦合协调发挥着重要作用,并激发其余因子共同对耦合协调产生影响贡献力。

表 4 耦合协调影响因子 q 值探测结果

Table 4 The probing results of coupled coordinated influence factors

生态保护功能导向 Function orientation of ecological protection		城镇建设功能导向 Functional orientation of urban construction		农业生产功能导向 Functional orientation of agricultural production	
影响因子 Impact factors	q	影响因子 Impact factors	q	影响因子 Impact factors	q
生态敏感性(A1) Ecological sensitivity	0.50	城镇土地资源(B1)	0.32	农业土地资源(C1)	0.19
水源涵养功能重要性(A2) Importance of water conservation	0.17	城镇水资源(B2)	0.39	农业水资源(C2)	0.46
水土保持功能重要性(A3) Importance of soil and water conservation	0.07	城镇灾害(B3)	0.36	农业气候环境(C3)	0.18
生物多样性维护功能重要性(A4) Importance of biodiversity conservation	0.15	城镇气候(B4)	0.43	农业灾害(C4)	0.66
人口发展水平(D1) Level of population development	0.92	城镇生态环境(B5)	0.19	人口发展水平(D1)	0.43
经济发展水平(D2) Level of economic development	0.29	城镇区位(B6)	0.40	经济发展水平(D2)	0.19
基础设施水平(D3) Infrastructure level	0.69	人口发展水平(D1)	0.54	基础设施水平(D3)	0.19
福祉水平(D4) Well-being level	0.77	经济发展水平(D2)	0.76	福祉水平(D4)	0.64
		基础设施水平(D3)	0.53		
		福祉水平(D4)	0.52		

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 2010—2019 年各功能指向下的县域资源环境承载力总体都呈现不同水平提高。生态保护功能指向县域资源环境承载力为大面积中高值片区夹杂部分低值区;城镇建设功能指向县域资源环境承载力在东部沿海呈高低值交错,西部内陆呈中低值交错;农业生产功能指向县域资源环境承载力总体指向自福建省北部向南部逐渐递增,呈大面积低值夹杂中高值分布状。

(2) 福建省县域社会发展水平总体呈现东部沿海高,西部内陆低的空间分布特征。东部沿海一带省会福州与厦漳泉两大都市圈管辖范围内的各县域社会发展水平稳定处于福建省上游,并对周围县域发挥涓滴效应,带动周围县域实现社会发展水平的提升。随着福建省积极实施区域协作发展,推动形成全域发展格局,东西部各县域社会发展水平差距逐渐缩小。

(3) 2010—2019 年福建省各功能指向下县域资源环境承载力与社会发展系统耦合协调度不断加强,两系统呈现良性的正向促进作用,总体耦合协调呈“东南高、西北低”的空间格局。失调县域要在资源环境与社会发展系统中“双管齐下”,从而实现两系统的耦合协调。

(4) 社会发展系统中的各影响因子在不同功能指向下的资源环境承载力与社会发展系统耦合协调度中均具有较强解释力,说明各功能指向下的县域主要从社会发展路径上推动资源环境系统与社会发展系统的耦合协调。同时各影响因子间的交互作用对资源环境系统与社会发展系统的耦合协调均大于其单因子作用,且都表现为双因子或非线性增强。

4.2 讨论

从研究结果来看,福建省多数县域资源环境承载力与社会发展两系统目前仍处于失调状态,而针对不同类型功能用地的空间配置所产生的效益差异应采用分区优化与联防联控策略。在资源环境系统中,水土流失

为阻碍生态保护功能指向的资源环境系统与社会发展系统耦合协调的主要因素。南方山地丘陵区一直是我国水土流失的重点区域之一,福建省作为典型地区其水土流失敏感性是降水、土壤性质、坡度坡长、植被覆盖等各因子单重或多重影响叠加的结果。因此,对水土流失的长效治理是促进福建省生态保护功能指向资源环境系统与社会发展系统耦合协调的核心措施。水、土资源的紧约束性是制约城镇建设功能指向资源环境系统与社会发展系统耦合协调的主要短板。因此科学合理地调配区域水土资源,是城镇建设功能指向资源环境系统与社会发展耦合失调向协调发展的关键因素。此外,城镇化的不断推进、工业发展与能源消耗增加、城市规划与土地利用变化等多方面社会发展压力对城镇大气环境容量构成显著挑战,极大地影响了生态空气质量从而影响区域总体资源环境承载力。为应对与改善这一关键问题,福建省城镇发展加快实施绿色转型尤为关键。通过协同推进降碳、减污、扩绿、增长,在资源高效利用和绿色低碳发展的基础之上构筑福建省高质量发展^[49]。在农业生产功能指向的资源环境系统与社会发展系统的耦合协调机制中,土壤资源与水资源尤为关键。因此科学管理农业水土、顺应农业气候、科学治理农业灾害,是推动福建省农业生产功能指向的资源环境系统与社会发展系统耦合协调的主要方向。福建省要持续遵循“山水林田湖草生命共同体”的理念,对全域生态进行整体保护、系统修复、综合治理,以多举措并用、上下游联动的方式不断提高资源环境承载力。

在社会发展系统中,针对人口发展层面要进一步促进人口素质优良化、人口结构合理化,推动城乡均衡发展,促进生产要素等各类资源禀赋的配置效率,激发人口潜力与创造能力。促进劳动力供给和就业需求的更优匹配,以区域合理布局和协调发展打造社会发展竞争优势。在经济发展层面,经济的稳步增长依然是社会发展综合质量提升的必要前提^[50]。为进一步提升资源环境系统与社会发展的耦合协调,福建各县域应跟随国家政策,从思维惯性、行为定式、发展方式三个层面积极推动经济高质量发展,鼓励和支持传统产业进行技术改造和升级,提高资源利用效率,降低环境污染。同时,积极发展新兴产业和绿色产业,培育新的经济增长点。根据各地资源环境承载能力,优化产业布局,避免在生态环境敏感区域和脆弱区域布局高污染、高耗能产业。在基础设施层面,福建省受限于地形与人口的分布,当前社会基础设施水平较高的区域多集中于福建东南沿海,这种过度集聚必然造成区域发展极化现象。政府部门要加强政策引导与支持,针对省域东西发展失衡进行科学疏导,进一步促进资源环境系统与社会发展的耦合协调。切实增进民生福祉是我国社会发展的根本目的,作为贯穿不同地域各功能资源环境承载力与社会发展耦合协调全路径的重要催化剂,福祉水平的提升是促使不同地域资源环境系统与社会发展系统耦合协调的重要途径。当前,福建省各县域福祉发展仍处于较低水平,这也导致本文基于社会福祉考量下的社会发展评价系统总体数值较低。未来,福建省应从资源分配、文化娱乐、教育投入等多方面入手加强民生福祉,引领区域高质量发展和缔造高品质生活,满足人民日益增长的美好生活需要、提升人民群众的幸福感和获得感。

本文基于自然资源本底进行资源环境承载力评价,但是资源环境系统具有开放性,随着技术进步与认知提升,部分要素与指标的科学性仍有待加强。如对资源环境承载力中城镇功能指向承载力的区位优势度要素进行评价时,本文默认公路为沟通不同地域的主要交通方式,但随着高铁动车的普及,区际的动车交通方式在地域之间沟通的重要性逐渐提升,仅以公路交通作为衡量区位水平将有失科学。因此在后续研究中应当充分考虑资源环境系统的开放性与流动性,进行更为深入地研究。其次,迫于资源环境数据涉及的部门众多,本文实证研究部分仅采用了2010年、2015年、2019年3个时间截面,使得文中对资源环境承载力、社会发展水平、耦合协调度时空演变特征的刻画仍有不足,缺乏在长时间序列观察下进行演化规律的提炼,后续应当通过收集连续的长时间序列数据后再次进行刻画与提炼。

参考文献 (References):

- [1] 刘艳军, 刘静, 何翠, 冯媛. 中国区域开发强度与资源环境水平的耦合关系演化. 地理研究, 2013, 32(3): 507-517.
- [2] Xing L, Xue M G, Hu M S. Dynamic simulation and assessment of the coupling coordination degree of the economy-resource-environment system: Case of Wuhan City in China. Journal of Environmental Management, 2019, 230: 474-487.
- [3] 王佳轶, 祁新华, 伍世代. 中国资源环境与区域发展关系演化: 脉络、局限与趋势. 生态学报, 2019, 39(24): 9408-9415.
- [4] Hasse J E, Lathrop R G. Land resource impact indicators of urban sprawl. Applied Geography, 2003, 23(2/3): 159-175.

- [5] 董会忠, 韩沅刚. 复合生态系统下城市高质量发展时空演化及驱动因素研究——以黄河流域7大城市群为例. 人文地理, 2021, 36(6): 96-107.
- [6] 吴大放, 胡悦, 刘艳艳, 刘毅华. 城市开发强度与资源环境承载力协调分析——以珠三角为例. 自然资源学报, 2020, 35(1): 82-94.
- [7] 马晶梅, 钟晴柔, 张立岩. “双碳”目标下产业集聚与中国绿色经济空间收敛. 生态经济, 2024, 40(1): 38-46.
- [8] 王光耀, 陈亚宁, 张正勇. 强可持续发展框架下生态空间评价. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(7): 30-43.
- [9] 王亚飞, 樊杰. 资源环境承载能力百年研究的系统综述. 地理学报, 2023, 78(11): 2676-2693.
- [10] 刘金花, 李向, 郑新奇. 多尺度视角下资源环境承载力评价及其空间特征分析——以济南市为例. 地域研究与开发, 2019, 38(4): 115-121.
- [11] 项广鑫, 符金豪, 曾丽婷, 蒋星祥, 曾毅. 基于“双评价”的城镇开发边界划定技术——以湘潭县中心城区为例. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2401-2414.
- [12] 孙永胜, 佟连军. 吉林省限制开发区域资源环境承载力综合评价. 自然资源学报, 2021, 36(3): 634-645.
- [13] 张杰, 李清泉, 吴祥茵, 张晨晨, 王敬哲, 邹国锋. 基于土地利用的粤港澳大湾区生态系统服务价值及承载力演变分析. 生态学报, 2021, 41(21): 8375-8386.
- [14] David G S, Carvalho E D, Lemos D, Silveira A N, Dall'Aglio-Sobrinho M. Ecological carrying capacity for intensive *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*) cage aquaculture in a large hydroelectrical reservoir in Southeastern Brazil. Aquacultural Engineering, 2015, 66: 30-40.
- [15] 魏柏浩, 阿里木江·卡斯木, 如克亚·热合曼, 赵永玉. 天山北坡城市群生态承载力演变与生态敏感性分析. 生态学报, 2023, 43(4): 1399-1411.
- [16] 程小于, 杨庆媛, 毕国华. 重庆市江津区土地资源承载力时空差异研究. 长江流域资源与环境, 2019, 28(10): 2319-2330.
- [17] 邹游, 王梦琪, 李桂媛. 生态视角下旅游活动的环境承载力影响及评价研究——以湖北省随州市为例. 生态经济, 2023, 39(12): 139-146.
- [18] 曹威威, 孙才志, 杨璇业, 崔莹. 基于能值生态足迹的长山群岛人地关系分析. 生态学报, 2020, 40(1): 89-99.
- [19] 徐宏. 江苏省农业生态可持续发展评价. 中国农业资源与区划, 2019, 40(8): 164-170.
- [20] 孙阳, 王佳韩, 伍世代. 近35年中国资源环境承载力评价: 脉络、热点及展望. 自然资源学报, 2022, 37(1): 34-58.
- [21] 李健, 王尧, 王颖. 京津冀区域经济发展与资源环境的脱钩状态及驱动因素. 经济地理, 2019, 39(4): 43-49.
- [22] Sheng M J, Gu C L. Economic growth and development in Macau (1999—2016): the role of the booming gaming industry. Cities, 2018, 75: 72-80.
- [23] 董锁成, 史丹, 李富佳, 刘佳骏, 李飞, 叶振宇, 李泽红, 李宇, 张荣霞, 任扬, 李静楠, 张文彪. 中部地区资源环境、经济和城镇化形势与绿色崛起战略研究. 资源科学, 2019, 41(1): 33-42.
- [24] 张佩佩, 董锁成, 李泽红, 马蓓蓓. 甘南藏族自治州城镇化与生态环境耦合协调关系. 资源开发与市场, 2017, 33(1): 33-38.
- [25] 刘凯, 任建兰, 张理娟, 王泽楠. 人地关系视角下城镇化的资源环境承载力响应——以山东省为例. 经济地理, 2016, 36(9): 77-84.
- [26] 岳文泽, 吴桐, 王田雨, 夏皓轩. 面向国土空间规划的“双评价”: 挑战与应对. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2299-2310.
- [27] 李涛, 廖和平, 潘卓, 李靖, 杨伟, 潘美含. 主体功能区国土空间开发利用效率评估——以重庆市为例. 经济地理, 2015, 35(9): 157-164.
- [28] 钟镇涛, 张鸿辉, 洪良, 刘耿. 生态文明视角下的国土空间底线管控: “双评价”与国土空间规划监测评估预警. 自然资源学报, 2020, 35(10): 2415-2427.
- [29] 盖美, 聂晨, 柯丽娜. 环渤海地区经济—资源—环境系统承载力及协调发展. 经济地理, 2018, 38(7): 163-172.
- [30] 沈威, 鲁丰先, 秦耀辰, 谢志祥, 李阳. 长江中游城市群城市生态承载力时空格局及其影响因素. 生态学报, 2019, 39(11): 3937-3951.
- [31] 张荣天, 张小林, 尹鹏. 长江经济带市域土地资源承载力时空分异与影响因素探析. 经济地理, 2022, 42(5): 185-192.
- [32] 周侃, 樊杰, 王亚飞, 李九一. 干旱半干旱区水资源承载力评价及空间规划指引——以宁夏西海固地区为例. 地理科学, 2019, 39(2): 232-241.
- [33] 苏萍, 边玲玲, 王卷乐. 玛多县生态环境承载力计算与评价. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(S1): 90-93.
- [34] 许明军, 杨子生. 西南山区资源环境承载力评价及协调发展分析——以云南省德宏州为例. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1726-1738.
- [35] 刘玉洁, 代粮, 张婕, 封志明, 潘韬, 葛全胜. 资源承载力监测——以西藏“一江两河”地区为例. 自然资源学报, 2020, 35(7): 1699-1713.
- [36] 王亚飞, 樊杰, 周侃. 基于“双评价”集成的国土空间地域功能优化分区. 地理研究, 2019, 38(10): 2415-2429.
- [37] 赵杨, 王京, 潘为华. 中国省域新型城镇化水平与绿色发展水平的区域特征及其影响机制. 经济地理, 2023, 43(9): 1-9.
- [38] 伍博炜, 王远, 王强, 伍世代, 詹智成, 蒋培培. 福建省生态环境与高质量发展耦合关系及驱动机制. 生态学报, 2022, 42(20): 8238-8253.
- [39] 李小娟, 王大娟, 王长梅. 怀化市经济发展与生态环境保护耦合协调性研究. 经济地理, 2023, 43(11): 190-197.
- [40] 王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度. 生态学报, 2015, 35(7): 2244-2254.
- [41] 张玉萍, 瓦哈甫·哈力克, 党建华, 邓宝山, 王冉. 吐鲁番旅游—经济—生态环境耦合协调发展分析. 人文地理, 2014, 29(4): 140-145.
- [42] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [43] 孔冬艳, 陈会广, 吴孔森. 中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1116-1135.
- [44] 卓祖航, 李立敏, 胡献政, 何桑, 陈锦泉. 福建省生态文明建设的历程与启示. 发展研究, 2018(10): 46-54.
- [45] 黄冬梅, 刘小玉, 郑庆昌, 刘骏. 多中心格局对城镇化与生态环境耦合协调发展的影响研究——以福建省两大都市区为例. 生态学报, 2020, 40(21): 7886-7896.
- [46] 梁建飞, 陈松林. 环境约束下的福建省城市建设用地利用效率及驱动因素. 自然资源学报, 2020, 35(12): 2862-2874.
- [47] 崔莉, 厉新建, 程哲. 自然资源资本化实现机制研究——以南平市“生态银行”为例. 管理世界, 2019, 35(9): 95-100.
- [48] 王文慧, 钟业喜, 马宏智, 欧明辉, 冯兴华, 吴尚光. 鄱阳湖水陆交错带生态韧性时空变化及影响因素. 生态学报, 2023, 43(22): 9514-9526.
- [49] 叶頔, 蒋婧博, 张文进, 楚春礼, 邵超峰, 鞠美庭. 中国省域生态文明建设进程区域差异化. 生态学报, 2023, 43(2): 569-589.
- [50] 樊杰. 我国“十四五”时期高质量发展的国土空间治理与区域经济布局. 中国科学院院刊, 2020, 35(7): 795-805.