

DOI: 10.20103/j.stxb.202405281239

谭佳欣, 王凯. 旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系——以武陵山片区为例. 生态学报, 2025, 45(4): 1563-1574.

Tan J X, Wang K. Trade-offs/synergistic relationship between the spatial correlation network of tourism ecosystem development and land use transformation: a case study of Wuling mountain area. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(4): 1563-1574.

旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系

——以武陵山片区为例

谭佳欣, 王 凯 *

湖南师范大学旅游学院, 长沙 410081

摘要: 研究旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系, 对于推动国土空间优化和旅游可持续发展具有重要意义。以武陵山片区为例, 分析 2000—2020 年土地利用转型时空格局, 综合运用引力模型和社会网络分析方法探究旅游生态系统发展空间关联网络的结构特征, 通过 Spearman 秩相关系数和双变量局部空间自相关定量分析旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系。结果表明: (1) 武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络轴线呈现“东密西疏、北疏南密”的非均衡特征, 武陵源-永定始终为强联系关系, 武陵源、冷水江、鹤城、吉首和永定的度数中心度均值远高于其他地区。(2) 综合土地利用动态度呈现“上升-下降-上升”的变化趋势, 单一地类动态度大小排序为: 建设用地>水域>草地>耕地>林地; 林地和耕地相互转化是土地利用转型的主要表现形式。(3) 综合土地利用动态度与旅游生态系统发展空间关联网络中心性(CSCN)之间存在协同关系; 不同地类的动态度与 CSCN 的权衡协同关系具有阶段性和空间异质性特征。研究可为促进区域旅游生态系统和土地利用转型协同发展提供理论借鉴与实践参考。

关键词: 旅游生态系统发展; 空间关联网络; 土地利用转型; 权衡协同; 武陵山片区

Trade-offs/synergistic relationship between the spatial correlation network of tourism ecosystem development and land use transformation: a case study of Wuling mountain area

TAN Jiaxin, WANG Kai *

College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

Abstract: In the new era, advancing the construction of ecological civilization and forming a new pattern of modernization featuring harmonious coexistence between humanity and nature, has become a crucial strategy for China's sustainable development. The tourism industry is increasingly becoming a strategic pillar and a livelihood industry in the national economy, and eco-tourism, as an important carrier for ecological civilization construction, is ushering in a period of strategic development opportunities. Clarifying the trade-offs/synergistic relationship between the spatial correlation network of tourism ecosystem development and land use transition is of great significance for promoting territorial spatial optimization and sustainable tourism development. Taking Wuling mountain area as an example, this study analyzed the spatio-temporal pattern of land use transitions from 2000 to 2020. It comprehensively employed the gravity model and social network analysis to explore the structural characteristics of the spatial correlation network for tourism ecosystem development. Additionally,

基金项目: 国家社会科学基金(22BJL059)

收稿日期: 2024-05-28; 网络出版日期: 2024-11-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kingviry@163.com

the Spearman rank correlation coefficient method and bivariate spatial autocorrelation model were applied to reveal the trade-offs/synergistic relationship between the spatial correlation network of tourism ecosystem development and land use transition. The results on above analysis showed that: (1) The spatial correlation network for tourism ecosystem development in Wuling mountain area exhibited an imbalanced characteristic of “dense in the east and south, and sparse in the west and north”. The relationship between Wulingyuan and Yongding is consistently strong, and the average degree centrality for Wulingyuan, Lengshuijiang, Hecheng, Jishou, and Yongding was significantly higher than that of other regions. (2) The Wuling mountain area exhibits significant land use transitions characteristics, with a “rise-decline-rise” trend in the comprehensive dynamics degrees of land use. The order of dynamic degrees for individual land use types being: construction land > water area > grassland > cultivated land > forestland. The mutual conversion between forestland and cultivated land was the primary form of land use transition. (3) There is a synergistic relationship between the comprehensive dynamic degree of land use and the spatial correlation network centrality for tourism ecosystem development. Furthermore, the dynamic degree of different land-use types exhibit phased and spatially heterogeneous characteristics in their trade-offs/synergistic relationships with CSCN. Specifically, the spatial correlation network for tourism ecosystem development is underpinned by ecological resource and environmental capacity as a bottom-line constraint. Based on the dynamic changes and interconnectedness of factor flows, it addresses the insufficient linkage arising from the fixed spatial attributes of land. This research can provide theoretical insights and practical references for the coordinated development of regional tourism ecosystem and land use transition.

Key Words: tourism ecosystem development; spatial correlation network; land use transformation; trade-offs/synergistic relationship; Wuling mountain area

新时代推进生态文明和“美丽中国”建设,形成人与自然和谐共生的中国式现代化新格局,已经成为我国可持续发展的重要战略^[1]。旅游产业日益成为国民经济战略性支柱产业和民生产业^[2],生态旅游作为生态文明建设的重要载体,正迎来战略发展机遇期^[3]。2024年4月,习近平总书记在主持召开新时代推动西部大开发座谈会上明确强调,将旅游等服务业打造成区域支柱产业,完善生态产品价值实现机制和生态保护补偿机制。土地资源是旅游生态系统建设的重要依托^[4],旅游生态系统通过跨区域旅游合作网络为土地利用转型带来新契机^[5]。在建设全国统一大市场目标指引下,社会经济发展已经迈入“流空间”时代^[6],土地利用转型不仅受到城市自身特征属性影响,也与城市之间要素流动形成的网络联系密切相关^[7]。从实践来看,旅游生态系统发展空间关联网络形成过程,不同地区之间的旅游生态资源共享和互补,导致了土地利用急剧转型^[8]。因此,探究旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型权衡协同关系已经成为亟待解决的重要科学问题。

既有研究对旅游生态系统韧性、旅游生态系统能值以及旅游生态系统韧性空间关联网络结构等进行了分析^[9-11],认为旅游生态系统可以通过产业链整合、资源优化配置、旅游参与者流动,加强与周边地区联系并形成复杂网络结构,驱动土地资源向可持续利用模式转变^[12]。进一步地,不同土地利用类型存在差异化生态服务价值,在旅游资源开发过程中发挥的功能也存在差别^[13-14]。当土地发展权转移叠加多元要素流动,推动生产要素重新配置,改变了区域土地利用格局及其承载的生产生活生态功能布局^[15],使得旅游生态系统呈现跨区域组团空间关联格局。随着旅游生态需求变化,会推动田、水、路、林等工程建设,虽然可以提高土地资源利用效率^[16-18],但也会对生态环境产生负面影响^[19-21]。学界关于土地利用转型与旅游生态系统的关系研究聚焦于旅游综合体的土地利用转型过程、土地利用变化对旅游地生态系统服务的影响以及旅游驱动下土地利用变化情况^[22-24],缺乏对旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系研究。

综上,旅游生态系统发展空间关联网络以生态资源环境容量为底线约束,基于要素流的动态性变化和相互关联性,可以弥补土地空间固定属性带来的联动性不足。因此,选择武陵山片区为例,探讨旅游生态系统发

展空间关联网络和土地利用转型的权衡协同关系,以期为推动旅游业高质量发展和国土空间优化提供新的视角和科学参考依据。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

武陵山片区位于湖南、湖北、重庆和贵州 4 省(市)交界处,由 71 个县(市、区)组成,为生态屏障区、多民族聚居区和集中连片脱贫地区,是中国区域经济分水岭和西部大开发最前沿。武陵山片区拥有丰富的生态旅游资源,已形成以长江三峡、张家界、梵净山为代表的“大武陵旅游金三角”发展格局(图 1)。通过开发多条精品生态旅游线路,积极推进旅游基础设施建设,加强了区域旅游生态系统发展空间联系。然而,景区城市化进程持续加速造成生态环境严重破坏^[25],导致土地资源过度开发、水土流失和栖息地破碎化等现象发生。因而,以武陵山片区为案例地,分析旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的权衡协同关系,从“流空间”视角将旅游生态系统理论纳入土地利用转型研究中,有助于深化对旅游生态系统与国土空间优化协同发展的理解。

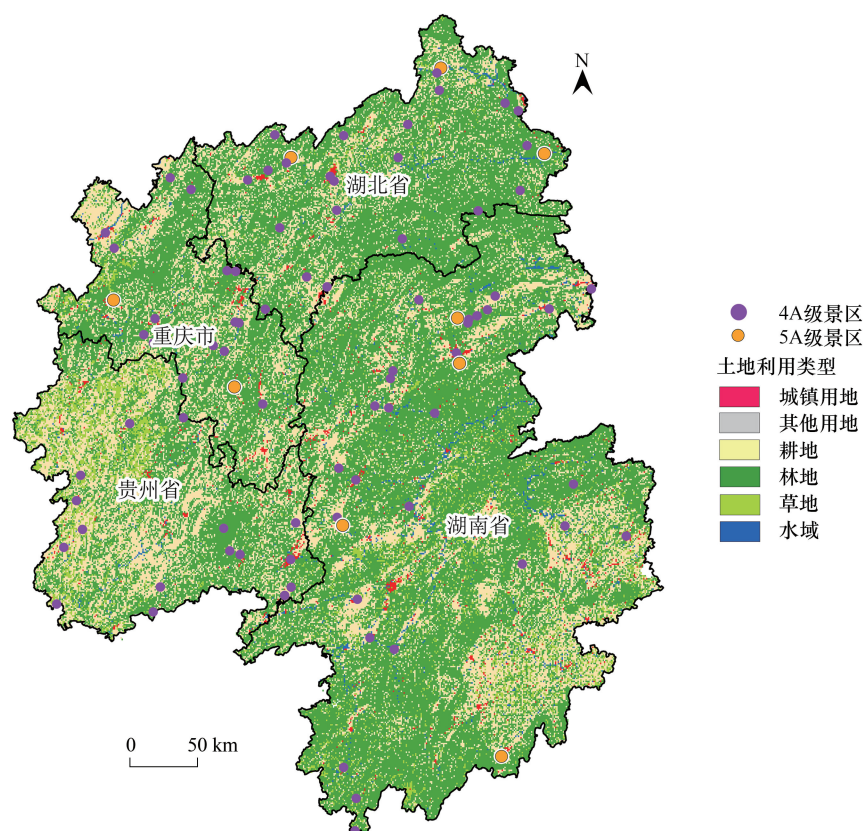


图 1 研究区概况

Fig.1 The scope of the study area

1.2 研究方法

1.2.1 旅游生态系统发展水平指标体系构建

基于对旅游生态系统概念的理解,遵循系统性、科学性和数据可得性原则,结合武陵山片区实际情况^[26],构建旅游生态系统发展水平指标体系(表 1)。(1)旅游系统:①旅游需求为流动的经济形态,可以打破行政边界桎梏,促进资源要素流动,以旅游人次表征;②人均旅游收入反映了旅游产业发展情况^[27];③旅游资源开发是旅游生态系统发展的基础,以 A 级景区数量表征^[26];④旅游空间密度关系到旅游活动的压力分布,以旅

游人次与国土面积的比值表征^[27];⑤评估旅游地发展潜力可以帮助管理者确定地区未来旅游业发展方向,以旅游收入增长率表征^[26]。(2)生态系统:①生态禀赋是旅游生态系统发展的前提条件。自然保护区的优良环境构成了旅游生态产业优势^[28];森林覆盖率较高地区拥有丰富的自然景观和生物多样性^[29];归一化植被覆盖指数反映了旅游生态系统健康情况^[30]。②生态质量是旅游生态系统可持续发展的关键。其中,地形起伏度体现了生态旅游开发难易程度^[31];年降水量会影响旅游者对旅游目的地的选择^[32];年均气温体现了生态旅游适宜性^[29];年 PM_{2.5} 平均浓度反映了旅游生态城市环境质量^[33]。最后,采用熵权法对旅游生态系统发展水平进行评价,计算步骤见参考文献^[26]。

表 1 旅游生态系统发展水平评价指标体系

Table 1 Evaluation index of tourism ecosystem development

准则层 Criteria layer	系统层 System layer	指标 Index	单位 Unit	权重 Weight	方向 Direction
旅游系统 Tourism system	旅游需求	旅游人次	万人次	0.102	正
	收入情况	人均旅游收入	元	0.121	正
	开发情况	A 级景区数量	个	0.099	正
	空间密度	旅游人次/国土面积	人次/km ²	0.092	正
	发展潜力	旅游收入增长率	%	0.163	正
生态系统 Ecosystem	生态禀赋	自然保护区面积/国土面积	%	0.096	正
		森林覆盖率	%	0.172	正
		归一化植被覆盖指数	—	0.098	正
	生态质量	地形起伏度	m	0.017	负
		年降水量	mm	0.011	负
		年均气温	℃	0.015	负
		年 PM _{2.5} 平均浓度	mg/m ³	0.014	负

1.2.2 旅游生态系统发展空间关联网络构建

(1)修正的引力模型。该模型常被用来解释地理空间单位之间的联系强度^[34],故运用此模型对武陵山片区旅游生态系统发展水平的关联强度进行测度,计算公式如下:

$$R_{ij} = k_{ij} \frac{E_i \times E_j}{D_{ij}^2}, k_{ij} = \frac{E_i}{E_i + E_j} \left(\frac{g_i - g_j}{g_i + g_j} \right) \quad (1)$$

式中, R_{ij} 为县(市、区) i, j 之间的旅游生态系统发展水平的关联强度; E_i 和 E_j 分别表示县(市、区) i, j 的旅游生态系统发展水平; D_{ij} 为县(市、区) i, j 之间的球面距离; g_i 和 g_j 分别为县(市、区) i, j 的人均 GDP。通过修正的引力模型得到旅游生态系统发展空间关联矩阵,将矩阵中各行空间关联强度的均值作为阈值,若两节点间旅游生态系统发展水平的关联强度大于阈值,则取值为 1,表明两者之间存在关联关系;反之,则说明两者不存在关联关系,取值为 0^[35]。

(2)社会网络分析。借助社会网络分析方法对武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络特征展开研究^[5]。其中,度数中心度可体现节点在旅游生态系统发展空间关联网络中获取资源以及收集信息等方面的优势。参考相关研究^[36],采用度数中心度测算各县(市、区)的旅游生态系统发展空间关联网络中心性(Centrality in the spatial correlation network for tourism ecosystem development,简称 CSCN)。公式如下:

$$CSCN = N / (n - 1) \quad (2)$$

式中, N 为各县(市、区)旅游生态系统发展空间关联总数; n 为县(市、区)总数量,本文为 71。

1.2.3 土地利用动态度与土地转移矩阵

土地利用动态度表示一定时期内土地面积的变化情况,分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态

度。土地利用转移矩阵反映了土地利用类型的转换方向和转换规模。计算公式如下^[37,38]:

$$\text{LUDD} = \left[\frac{\sum_{i=1, i \neq j}^m U_{ij}}{2 \sum_{i=1}^m U_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{LUDD}_i = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^m (U_{ij} + U_{ji})}{\sum_{j=1, j \neq i}^m (U_{ij} + U_{ji}) + U_{ii}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

$$U_{ij} = \begin{bmatrix} U_{11} & \cdots & U_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ U_{m1} & \cdots & U_{mm} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中,LUDD 为综合土地利用动态度(%);LUDD_i 为地类*i*的动态度(%);*U_i*为研究初期地类*i*的面积;*U_{ij}*为研究时期地类*i*转化为地类*j*的面积;*U_{ji}*为研究时期地类*j*转化为地类*i*的面积;*U_{ii}*为未发生变化的地类*i*的面积;*T*为研究时间范围,本文为5;*m*为土地利用类型数量,本文为6。

1.2.4 旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型权衡协同关系

(1)Spearman 相关系数。相关性分析在权衡协同研究中被广泛应用^[39-40],通过计算 CSCN 与土地利用动态度的 Spearman 相关系数,并根据系数正负以及大小衡量全局层面的权衡协同关系,计算公式如下:

$$C = \frac{\sum_{p=1}^n (\text{CSCN}_p - \overline{\text{CSCN}})(\text{LUDD}_p - \overline{\text{LUDD}})}{\sqrt{\sum_{p=1}^n (\text{CSCN}_p - \overline{\text{CSCN}})^2 \sum_{p=1}^n (\text{LUDD}_p - \overline{\text{LUDD}})^2}} \quad (6)$$

式中,*C* 是相关系数;*C* 为正表示 CSCN 与土地利用动态度之间为协同关系,反之则为权衡关系,为 0 则不相关,*C* 的绝对值越大说明权衡或协同程度越大。*CSCN_p*和*LUDD_p*分别表示第*p*个县(市、区)旅游生态系统发展空间关联网络中心性和土地利用动态度; $\overline{\text{CSCN}}$ 和 $\overline{\text{LUDD}}$ 分别表示区域旅游生态系统发展空间关联网络中心性均值和土地利用动态度均值。

(2)双变量局部空间自相关。双变量局部空间自相关在描述两个地理要素在空间上的关联和依赖特征时具有较高适用性和有效性^[41],故采用双变量局部空间自相关系数分析各县(市、区)CSCN 与土地利用动态度的权衡协同关系,计算公式如下:

$$I_p = Z_p^{\text{CSCN}} \sum_{q=1}^n W_{pq} Z_q^{\text{LUDD}} \quad (7)$$

式中, Z_p^{CSCN} 和 Z_q^{LUDD} 分别表示第*p*个县(市、区)的旅游生态系统发展空间关联网络中心性和第*q*个县(市、区)土地利用动态度的方差标准化值;*W_{pq}*为空间权重矩阵;*I_p*表示第*p*个县(市、区)双变量局部空间自相关系数,用来判断 CSCN 和土地利用动态度的局部权衡协同关系^[42],高-高(HH)集聚与低-低(LL)集聚表示协同关系,高-低(HL)集聚与低-高集聚(LH)为权衡关系。其中,LL 协同表示土地利用动态度和 CSCN 均低,虽然土地利用变化不显著,但存在较大旅游生态发展潜力;LH 权衡为低土地利用动态度和高 CSCN,旅游生态发展存在显著优势;HH 协同表示土地利用动态度与 CSCN 均高,土地利用变化与旅游需求密切相关;HL 权衡为高土地利用动态度和低 CSCN,土地利用转型主要受农业扩张、城市化等外部因素影响。

1.3 数据来源

以武陵山片区 71 个县(市、区)为研究区域,经济数据主要来源于 2006—2021 年的《中国县域统计年鉴》《湖南统计年鉴》《湖北统计年鉴》《贵州统计年鉴》《重庆统计年鉴》以及 2005—2020 年各县(市、区)国民经济和社会发展统计公报;30m 土地利用数据和植被覆盖率来源于中国科学院资源环境科学与数据中心

(<http://www.resdc.cn>);自然保护区面积来源于中华人民共和国生态环境部、国家林业和草原局及各省(市)生态环境厅等相关网站所公布的信息;地形起伏度数据采用 ASTER GDEM, 来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>);气象数据来源于中国气象数据网的逐年年均气温、年均降水量数据集(<http://data.cma.cn>);PM_{2.5}浓度数据来源于加拿大达尔豪斯大学大气成分分析组。

2 结果分析

2.1 旅游生态系统发展空间关联网络形态与度数中心度分析

2.1.1 旅游生态系统发展空间关联网络形态

运用公式(1)测算 2005—2020 年旅游生态系统发展空间关联强度,采用自然断点法将联系强度分为 4 类,并借助 ArcGIS 10.2 软件绘制大于均值的旅游生态系统发展空间关联强度图(图 2)。由图 2 可知,武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络轴线呈现“东密西疏、北疏南密”的特征,武陵源-永定始终为强联系关系,而武陵源-永顺、新邵-新化、新邵-冷水江以及新邵-涟源之间的旅游生态系统发展联系较为稳定。从分片区来看,湖北与湖南分片区旅游生态系统发展空间联系逐渐减弱;贵州分片区在武陵山片区的旅游生态资源要素流动强度相对滞后;重庆分片区与贵州、湖南分片区的联系强度持续加强。

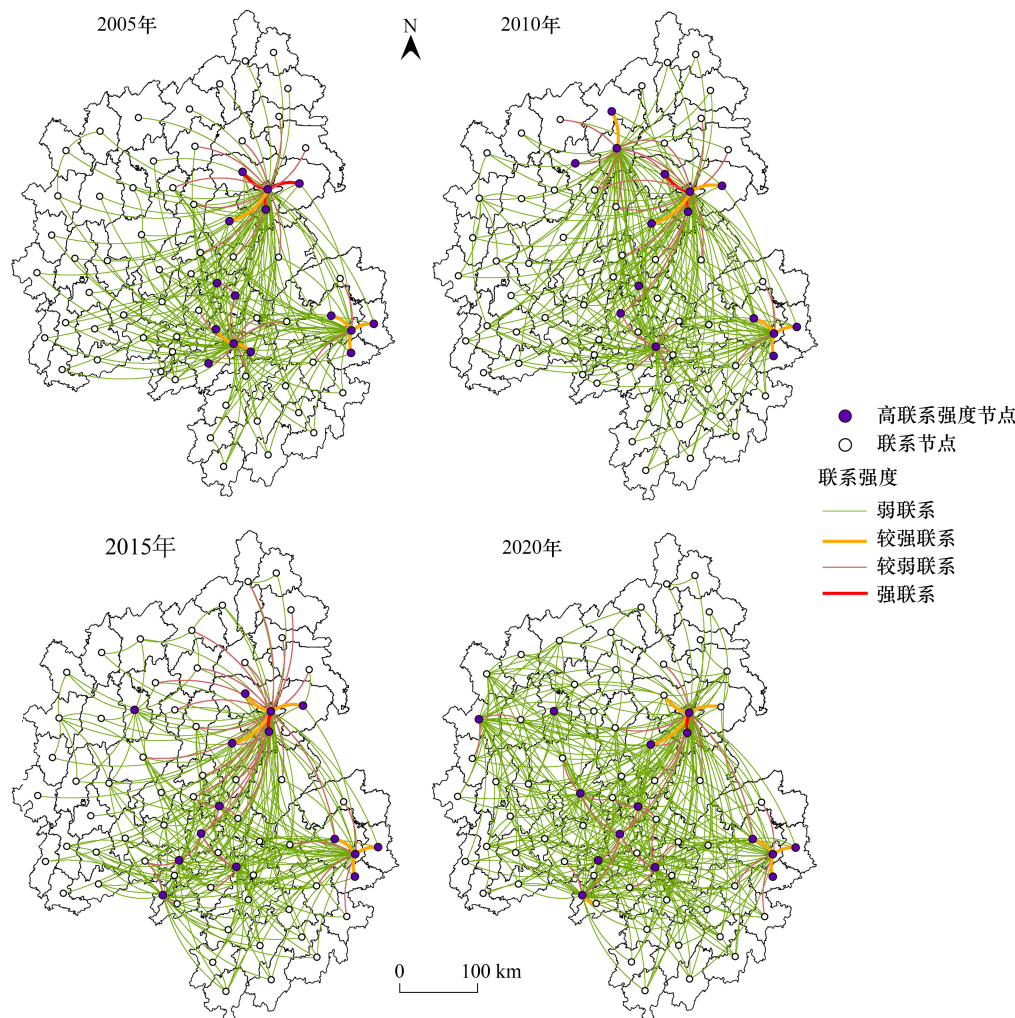


图 2 武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络分布

Fig.2 Spatial correlation network of tourism ecosystem in the Wuling mountain area

2.1.2 度数中心度分析

采用公式(2)进一步测算各县(市、区)的度数中心度以分析其在旅游生态系统发展空间关联网络的局部地位。由图3可知,2005—2020年武陵山片区整体度数中心度有所提升,武陵源、冷水江、鹤城、吉首和永定的度数中心度均值远高于其他地区。2005年武陵源、鹤城和冷水江在旅游生态系统发展空间关联网络中占据主导地位,上述地区城镇化水平较高,与其他地区交流阻碍相对较少。而鹤峰、石门和慈利等县(市、区)度数中心度较低,节点间要素流动缓慢,属于旅游生态系统发展空间关联网络的边缘行动者。2020年,玉屏、碧江、余庆和安化等县(市、区)的度数中心度有所提升,一定程度分散了相对发达地区在旅游生态系统发展空间关联网络中的绝对影响力,对于促进区域旅游生态系统空间均衡发展发挥了关键作用。

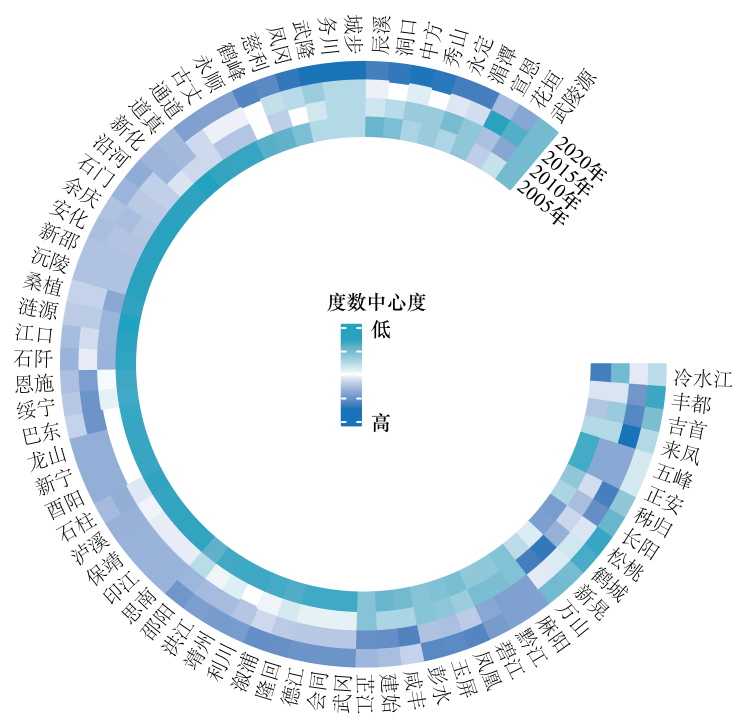


图3 武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络的度数中心度

Fig.3 Spatial correlation network centrality of tourism ecosystem development in Wuling mountain area

2.2 土地利用转型时空格局

2000—2020年武陵山片区共有2.478万 km^2 土地发生类型转换(表2),占研究区总面积的14.423%。从转型规模来看,2000—2020年,武陵山片区林地面积净增加3289.910 km^2 ,在所有用地类型中变化量最大;其次是建设用地面积增加了932.083 km^2 。在转型方向上,建设用地、林地、水域面积不断增加,而草地和耕地面积则持续减少。从转换规模来看,草地向林地转出规模最大,达到3927.484 km^2 ;草地向耕地转出面积达到538.407 km^2 ;耕地向林地转出面积为2733.851 km^2 ;林地向耕地转出面积为2398.989 km^2 ,部分林地转出为草地面积达到456.548 km^2 。

从表3可以看出,2000—2020年综合土地利用动态度呈现“上升-下降-上升”的波动变化趋势。其中,2010—2015年综合土地利用动态度最低,说明在此期间土地利用结构较为稳定;2005—2010年和2015—2020年综合土地利用动态度相对较高。根据4个时间段的土地利用动态度均值对不同地类排序为:建设用地>水域>草地>耕地>林地。其中,鹤峰耕地开垦和转换频繁,故耕地动态度最高;巴东建设用地动态度居于武陵山片区首位;鹤城的草地动态度和黔江的林地动态度相对较高,上述地区作为市辖区,比较注重城市绿化和林地管理;而五峰坚持“生态立县”战略,深入推进流域综合治理,水域动态度在区域内最高(图4)。

表 2 2000—2020 年武陵山片区土地利用转移矩阵/km²
Table 2 Land use transfer matrix of Wuling mountain area from 2000 to 2020

2000 年	2020 年						总转出
	草地	耕地	建设用地	林地	水域	未利用地	Total transfer out
草地 Grassland	11838.074	538.407	88.651	3927.484	51.355	0.575	4606.472
耕地 Cultivated land	321.118	35334.021	611.802	2733.851	240.307	0.433	3907.511
建设用地 Construction land	6.592	58.435	614.318	74.351	10.958	0	150.336
林地 Woodland	456.548	2398.989	371.483	110493.073	311.354	2.669	3541.042
水域 Water area	6.464	72.628	10.171	93.708	1103.61	0.035	183.006
未利用地 Unused land	0.149	1.091	0.312	1.558	0.566	6.011	3.676
总转入 Total transfer in	790.87	3069.55	1082.419	6830.951	614.541	3.712	12392.042
变化量 Variation	-3815.602	-837.961	932.083	3289.910	431.535	0.036	

表 3 武陵山片区土地利用动态度/%
Table 3 Changes in dynamic degree of land-use dynamics in the Wuling mountain area

土地利用动态度 Degree of land-use dynamics	2000—2005 年	2005—2010 年	2010—2015 年	2015—2020 年
综合土地利用动态度 Comprehensive dynamic degree of land use	0.189	0.596	0.101	0.384
草地动态度 Dynamic degree of grassland	1.125	3.762	0.537	3.455
耕地动态度 Dynamic degree of cultivated land	0.916	1.166	0.713	2.831
建设用地动态度 Dynamic degree of construction land	2.094	7.825	4.912	7.361
林地动态度 Dynamic degree of woodland	0.342	0.810	0.242	1.177
水域动态度 Dynamic degree of water area	2.230	5.508	0.796	5.212

2.3 旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型权衡协同关系

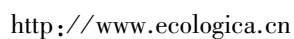
2.3.1 全局特征

通过计算 2005—2020 年 CSCN 与不同地类动态度的 Spearman 秩相关系数,从全局角度分析两者之间的权衡协同关系及变化趋势。由表 4 可知,综合土地利用动态度与 CSCN 整体上为协同关系,但不同地类与 CSCN 的权衡协同关系具有阶段性特征。2005 年,CSCN 与草地动态度协同性最强,其次分别是林地和耕地,而建设用地动态度与 CSCN 存在权衡关系。2010 年,5 个地类动态度与 CSCN 均为权衡关系,尤其是水域动态度与 CSCN 的权衡关系愈加强烈。2015 年仅林地和水域动态度与 CSCN 存在显著的协同关系。一方面,自“退耕还林”政策实施以来,有效推动了景观空间格局变化,赋能旅游生态系统发展空间关联网络形成。另一方面,通过实施水生态环境治理和水资源保护措施,水域动态度与 CSCN 之间由权衡关系转变为协同关系。2020 年,受重大突发公共卫生事件影响,虽然武陵山片区综合土地利用动态度与 CSCN 呈现协同关系,但单一土地类型动态度与 CSCN 相关性未通过显著性检验。

表 4 Spearman 秩相关系数
Table 4 Spearman correlation coefficients

土地利用动态度 Degree of land-use dynamics	2005	2010	2015	2020
			CSCN	
综合土地利用动态度 Comprehensive dynamic degree of land use	0.418 **	-0.154	0.152	0.215 *
草地动态度 Dynamic degree of grassland	0.492 **	-0.232 *	0.128	-0.171
耕地动态度 Dynamic degree of cultivated land	0.323 **	-0.285 **	0.043	-0.060
建设用地动态度 Dynamic degree of construction land	-0.335 **	-0.036	0.177	-0.012
林地动态度 Dynamic degree of woodland	0.489 **	-0.242 **	0.272 **	-0.028
水域动态度 Dynamic degree of water area	-0.145	-0.246 **	0.266 **	0.040

** 和 * 分别表示在 0.01、0.05 水平显著相关;CSCN:旅游生态系统发展空间关联网络中心性 Centrality in the spatial correlation network for tourism ecosystem development



2.3.2 局部特征

采用双变量局部空间自相关模型探究土地利用动态与 CSCN 之间的权衡协同关系(图 5)。由图 5 可知,2005 年 LL 协同关系在地区数量上占据绝对优势,集中分布在湖北和湖南分片区;2010 年呈现权衡关系的地区数量增加;2015—2020 年 LL 协同区数量较多,主要分布在湖北分片区。此外,不同地类动态与 CSCN 具有显著空间异质性特征。草地动态与 CSCN 不存在 HH 协同区;耕地动态与 CSCN 之间已形成稳定的权衡区集中分布格局;林地动态与 CSCN 的关系以 LL 协同为主,虽然林地动态处于较低水平有利于维护巩固旅游生态系统发展空间关联网络中心性,但亦会导致旅游生态资源开发存在诸多限制;建设用地动态与 CSCN 的关系由 LL 协同转向以 HL 权衡为主导,当建设用地扩张会增加土地资源利用冲突,削弱地区之间的旅游生态系统发展空间联系;水域动态与 CSCN 的关系由 LL 协同向 HL 权衡转变,和耕地动态与 CSCN 的权衡协同空间分布格局具有高度相似性。

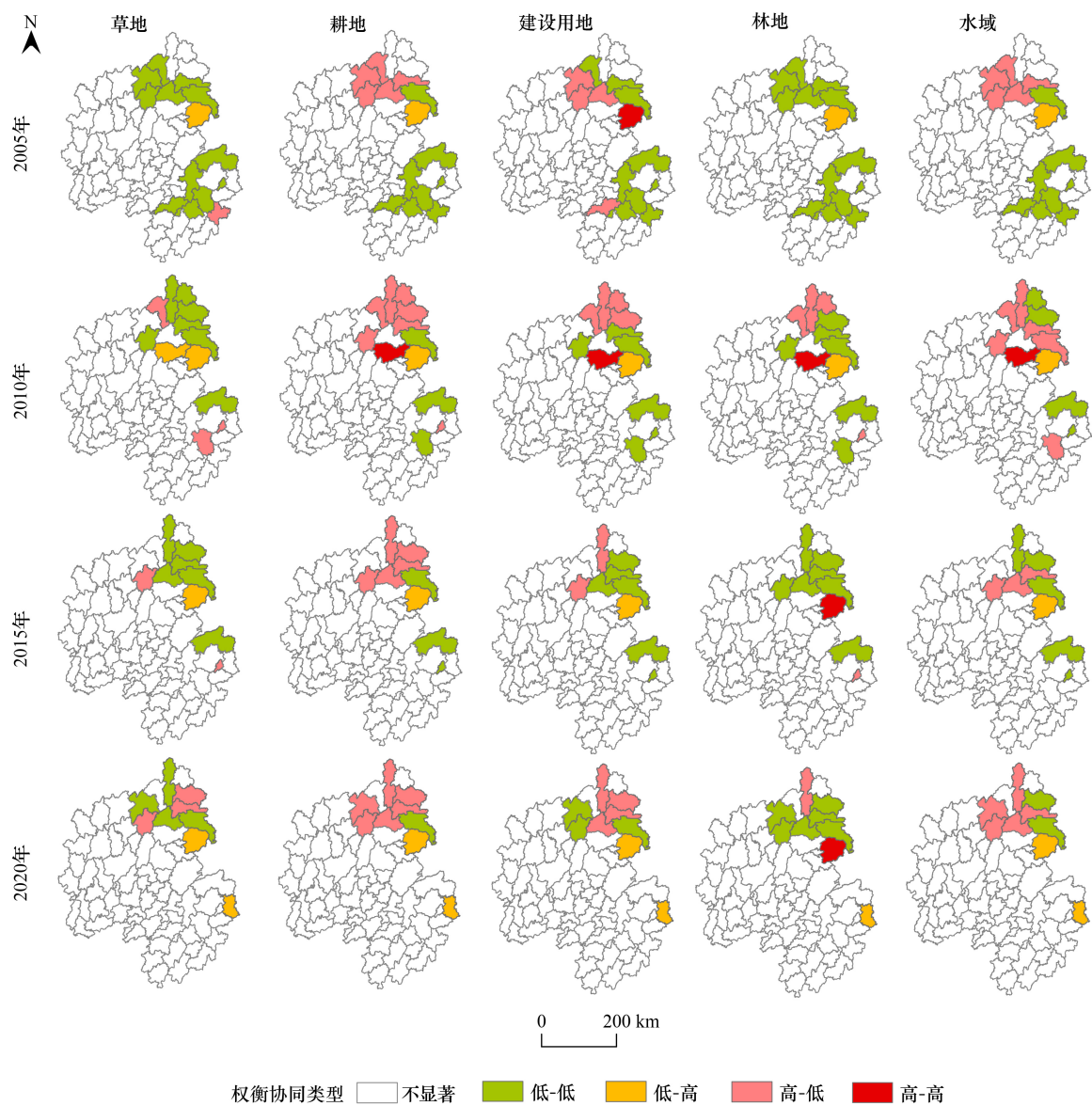


图 5 旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型的局部权衡协同关系

Fig.5 Trade-offs/synergistic relationship between the spatial correlation network of tourism ecosystem development and land use transition

3 讨论与结论

3.1 讨论

本研究从复杂网络视角下刻画了武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络特征,弥补了以往受制于地理空间距离而忽视跨区域旅游生态系统联系的不足,对于促进旅游生态环境保护和土地利用转型协同发展具有重要参考价值。自 1999 年国家开始实施“退耕还林”政策以来,武陵山片区积极贯彻落实国家政策理念,将坡度大于 25°的坡耕地退耕还林,以减少侵蚀和荒漠化的风险,推动土地利用形态发生显著变化。然而,武陵山片区“退耕还林”工作仍然受到限制,建设用地急剧增加是导致耕地和林地频繁转换的重要原因。尽管部分县(市、区)通过实施较为严格的生态保护政策限制林地开发和转化,但由此衍生了除旅游生态产业以外其他可替代的新兴旅游业态,会降低旅游生态系统发展空间关联网络中心性。随着旅游市场需求变化,武陵山片区土地利用转型与旅游生态系统发展空间关联网络的权衡协同类型呈现多样性和复杂性特征。因而,应充分识别土地资源转化潜力与价值以制定相应策略,提高山区旅游生态系统发展空间关联网络结构稳定性。首先,加大对草地和林地生态保护的投入力度,增强二者的旅游生态系统价值,提高旅游生态系统发展空间关联网络影响力。其次,推动耕地向多功能农业转型,结合旅游和教育功能,促进耕地资源高质量保护与高水平利用双平衡。充分考虑建设用地规划对于旅游生态系统发展空间关联网络的需求,加快推进城市更新、旧城改造以及生态旅游示范区建设。最后,通过生态修复和景观设计,提升湖泊、河流、湿地等水域用地的生态价值,促进旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型协同发展。

此外,权衡协同关系是一种动态演化的过程,需关注不同阶段旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型之间的关系。如 2020 年受重大公共卫生事件影响,武陵山片区所有地类动态度与旅游生态系统发展空间关联网络中心性的相关性分析未通过显著性检验,且从局部来看呈现权衡关系的县(市、区)数量在逐渐增加。因此,亟须加强武陵山片区各县(市、区)之间的合作与联动,推动旅游资源、生态环境资源等在区域内的共享与互补。根据不同县(市、区)的自然条件和经济状况,制定差异化的土地利用政策,提高区域旅游生态系统服务功能。囿于微观尺度长时间社会经济数据收集难度较大,未来可结合遥感数据的精确尺度以及土地利用数据的更新,开展旅游生态系统发展空间关联网络与土地利用转型隐性形态的互动机理和阈值效应研究,为武陵山片区及同类地区实现旅游可持续发展和国土空间优化提供更为全面和深入的理论支撑和实践指导。

3.2 结论

(1)武陵山片区旅游生态系统发展空间关联网络轴线呈现“东密西疏”的非均衡分布。武陵源、冷水江、鹤城、吉首和永定的度数中心度均值远高于其他地区,武陵源-永定始终为强联系关系。综合土地利用动态度呈现“上升-下降-上升”的波动变化特征,建设用地动态度最高,而后依次是水域、草地、耕地和林地。在转化规模上,林地和耕地的相互转化面积最大。

(2)土地利用动态度与 CSCN 的权衡协同关系具有阶段性特征。2005 年,CSCN 与草地、耕地、林地动态度为协同关系。但在 2010 年 5 个地类动态度与旅游生态系统发展空间关联网络中心性均出现权衡区。2015 年仅有林地和水域动态度与 CSCN 之间存在显著的协同关系。而在 2020 年所有地类动态度与 CSCN 不存在显著相关性。

(3)不同地类动态度与 CSCN 的权衡协同关系具有显著的空间异质性特征。草地动态度与 CSCN 协同发展水平相对偏低;耕地与建设用地动态度和 CSCN 之间以 HL 权衡关系为主导;林地动态度与 CSCN 以 LL 协同关系为主导;水域动态度与 CSCN 的关系始终在 LL 协同和 HL 权衡之间切换,相较于地类分布格局稳定性较差。

参考文献 (References):

- [1] 史晓婷,李磊,陶卓民,赖志城,李涛. 长三角地区城市生态旅游发展水平时空演变及其影响因素. 生态学报,2024,44(9):3970-3983.

- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 习近平:着力完善现代旅游业体系加快建设旅游强国、推动旅游业高质量发展行稳致远. 2024-05-17 [2024-5-28]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content_695188_5.htm.
- [3] Zhong L S, Deng J Y, Song Z W, Ding P Y. Research on environmental impacts of tourism in China: progress and prospect. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(11): 2972-2983.
- [4] 李维维, 王甫园, 马晓龙, 虞虎. 生态型城市旅游综合体土地利用时空演化机制研究——以西溪湿地为例. *旅游学刊*, 2023, 38(4): 133-148.
- [5] 黄冬春, 王兆峰. 长江中游城市群旅游生态效率空间网络结构演变及其效应. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(11): 2326-2337.
- [6] 单玉红, 程秋月, 柯新利, 郑东杰. 流空间视角下湖北省县域土地利用碳排放关联态势及其影响因素研究. *中国土地科学*, 2024, 38(3): 48-59.
- [7] 纪秋磊, 梁伟, 傅伯杰, 吕一河, 严建武, 张为彬, 金朝, 兰志洋. 基于 Google Earth Engine 平台与复杂网络的黄河流域土地利用/覆被变化分析. *生态学报*, 2022, 42(6): 2122-2135.
- [8] Jiang Y Y. Evaluating eco-sustainability and its spatial variability in tourism areas: a case study in Lijiang County, China. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2009, 16(2): 117-126.
- [9] 郭向阳, 明庆忠, 杨春宇, 穆学青, 胡金海. 喀斯特生态脆弱区旅游生态系统韧性时空变化及多尺度障碍因素——以贵州省为例. *经济地理*, 2023, 43(10): 190-200, 230.
- [10] 汪晶晶, 章锦河, 王群, 黄剑锋. 旅游生态系统能值研究进展. *生态学报*, 2015, 35(2): 584-593.
- [11] 李志远, 冯学钢, 何静, 左文俊. 中国旅游生态韧性空间关联网络结构及其驱动因素. *地理研究*, 2024, 43(5): 1146-1165.
- [12] 乔伟峰, 柴逸贝, 王佳伟, 李琛. 大都市郊区旅游型乡村土地利用转型过程与机理分析——以南京市郊余村为例. *地理科学进展*, 2024, 43(6): 1060-1073.
- [13] Mcmurry K C. The use of land for recreation. *Annals of the Association of American Geographers*, 1930, 20(1): 7-20.
- [14] Chen Q, Mao Y, Morrison A M. The influence of land use evolution on the visitor economy in Wuhan from the perspective of ecological service value. *Land*, 2022, 11(1): 1.
- [15] 乔伟峰, 李琛, 戴凌玲, 贾锆阳, 杨春花. 乡村地域多功能演化与土地利用转型耦合研究进展与展望. *地理研究*, 2024, 43(6): 1556-1571.
- [16] Greer T, Wall G. Recreational hinterlands: a theoretical and empirical analysis. *Recreation Land Use in Southern Ontario*, 1979, 14: 227-245.
- [17] Hammes D L. Resort development impact on labor and land markets. *Annals of Tourism Research*, 1994, 21(4): 729-744.
- [18] Wang M C, Wang C S. Tourism, the environment, and energy policies. *Tourism Economics*, 2018, 24(7): 821-838.
- [19] Mao X Y, Meng J J, Wang Q. Tourism and land transformation: a case study of the Li River Basin, Guilin, China. *Journal of Mountain Science*, 2014, 11(6): 1606-1619.
- [20] Cai K Y, Huang W W, Lin G S. Bridging landscape preference and landscape design: a study on the preference and optimal combination of landscape elements based on conjoint analysis. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, 73: 127615.
- [21] Liu J, Wang J, Wang S H, Wang J F, Deng G P. Analysis and simulation of the spatiotemporal evolution pattern of tourism lands at the Natural World Heritage Site Jiuzhaigou, China. *Habitat International*, 2018, 79: 74-88.
- [22] 李维维, 陈田, 马晓龙. 城市旅游综合体土地利用空间格局演变及驱动机制——以西安曲江为例. *地理研究*, 2019, 38(5): 1103-1118.
- [23] 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.
- [24] 朱东国, 熊鹏, 方世敏. 旅游生态安全约束下张家界市土地利用优化. *生态学报*, 2018, 38(16): 5904-5913.
- [25] 麻学锋, 刘玉林, 谭佳欣. 旅游驱动的乡村振兴实践及发展路径——以张家界市武陵源区为例. *地理科学*, 2020, 40(12): 2019-2026.
- [26] 谭佳欣, 王凯. 和美乡村建设与旅游城镇化协调关系及障碍因子识别——以武陵山区为例. *自然资源学报*, 2024, 39(4): 768-787.
- [27] 麻学锋, 陈进. 区域旅游城镇化与居民幸福水平适配性时空演变特征与机制. *地理学报*, 2024, 79(4): 1007-1026.
- [28] 王瑾, 张玉钧, 石玲. 可持续生计目标下的生态旅游发展模式——以河北白洋淀湿地自然保护区王家寨社区为例. *生态学报*, 2014, 34(9): 2388-2400.
- [29] 郭渠, 李永华, 孙佳, 程炳岩, 康俊, 张驰, 雷婷, 廖代强, 胡长金. 秦巴山区的生态旅游气候资源——以重庆城口县为例. *山地学报*, 2016, 34(1): 54-62.
- [30] 关莹莹, 李雪铭, 杨俊, 李松波, 田深圳. 基于地理加权回归模型的辽宁省城市人居环境综合适宜性评价. *地理科学*, 2022, 42(12): 2097-2108.
- [31] 陶前辉, 杨波, 李博, 左青. 基于 ASTER GDEM 的湘西北生态旅游资源发掘研究. *生态科学*, 2020, 39(2): 157-165.
- [32] 张宇硕, 沈雪瑞, 陆任静, 鲍捷, 喻忠磊, 赵林, 张学斌. 黄河流域 A 级旅游景区空间格局及其影响因素的多尺度分析. *中国沙漠*, 2022, 42(6): 103-115.
- [33] 赵书虹, 孔营营. 区域旅游经济与空气质量耦合协调的时空演化——以云南省为例. *中国人口·资源与环境*, 2023, 33(8): 146-156.
- [34] 欧阳晓, 王坤, 魏晓. 城乡建设用地关联对生态系统服务的影响——以洞庭湖地区为例. *生态学报*, 2022, 42(21): 8713-8722.
- [35] 陆杉, 熊娇, 李雯. 长江中游地区农业生态效率空间关联网络演化及驱动因素. *生态学报*, 2024, 44(8): 3199-3212.
- [36] 王凯, 刘美伦, 谭佳欣, 关锐, 甘畅. 武陵山片区旅游经济空间关联网络的城乡融合效应. *地理科学进展*, 2024, 43(2): 246-261.
- [37] 龙花楼. 论土地利用转型与乡村转型发展. *地理科学进展*, 2012, 31(2): 131-138.
- [38] 王德智, 邱彭华, 方源敏, 李颖. 海口市海岸带土地利用时空格局变化分析. *地球信息科学学报*, 2014, 16(6): 933-940.
- [39] 万世龙, 杨海楠, 马丽, 叶露锋, 张子龙. 黄河流域城市群水生态系统服务与城镇化权衡协同关系. *资源科学*, 2024, 46(3): 505-523.
- [40] 张锦琳, 游巍斌, 蔡新瑜, 何东进. 武夷山小流域生态系统服务(簇)权衡/协同及对地形起伏度的响应. *生态学报*, 2023, 43(12): 4892-4903.
- [41] 汤良, 胡希军, 罗紫薇, 韦宝婧, 王烨梓, 张亚丽, 邵润钰, 陈存友. 生态脆弱性与城镇化水平时空耦合及其交互影响因素——以湖南省为例. *生态学报*, 2024, 44(11): 4662-4677.
- [42] 庞彩艳, 文琦, 丁金梅, 吴昕燕, 施琳娜. 黄河上游流域生态系统服务变化及其权衡协同关系. *生态学报*, 2024, 44(12): 5003-5013.