

城镇化与生态环境耦合协调时空特征分析

——以绵阳市为例

王成霞 林玲 杨小燕 孙川西玉 王攀

绵阳城市学院建筑工程学院 四川绵阳 621010

摘要: 在城镇化发展过程中, 城镇化与生态环境之间的耦合协调, 是人地关系稳定发展的基础条件, 也是可持续发展理论的核心。基于组合赋权法确定综合权重值, 构建城镇化与生态环境的综合协调指数, 运用耦合协调度模型对绵阳市城镇化与生态环境耦合协调性进行时空演化规律分析, 旨在为推动绵阳市经济绿色发展提供理论基础。结果表明: 2010-2020年年间, 绵阳市城镇化系统总体呈上升趋势, 各区县城镇化系统发展水平差异较大, 城镇化发展以涪城区为中心向四周辐射; 生态环境承载力整体呈现先上升而后下降的趋势, 并且城镇化发展越快的区域, 生态环境压力越大; 2020年, 城镇化与生态环境的耦合协调水平得到改善, 但空间差异明显, 耦合协调度分布具有一定空间集聚效应, 城市化与生态环境协调发展对比类型变化小, 仍以城市化滞后为主。

关键词: 城镇化; 生态环境; 耦合协调; 绵阳市

Analysis of the Coordinated Spatial and Temporal Characteristics of Urbanization and Ecological Environment

— Taking Mianyang City as an Example

Chengxia Wang, Ling Lin, Xiaoyan Yang, Chuanxiyu Sun, Pan Wang

Institute of civil engineering, Mianyang City College, Mianyang Sichuan 621010

Abstract: In the process of urbanization development, the coupling and coordination between urbanization and the ecological environment are fundamental prerequisites for stable and sustainable development of human-environment relationships. This coupling is also at the core of sustainable development theory. Using the combination weighting method to determine comprehensive weight values and construct a comprehensive coordination index between urbanization and the ecological environment, this study employs a coupling coordination model to analyze the spatiotemporal evolution patterns of the coupling coordination between urbanization and the ecological environment in Mianyang City. The aim is to provide a theoretical basis for promoting green economic development in Mianyang City. The results indicate that from 2010 to 2020, the overall urbanization system in Mianyang City showed an upward trend. There were significant differences in the development levels of urbanization systems among various districts and counties, with urbanization radiating outward from Fucheng District. The overall ecological carrying capacity showed a trend of first rising and then falling, and regions with faster urbanization development experienced greater ecological environmental pressure. In 2020, the coupling coordination level between urbanization and the ecological environment improved, but spatial disparities were evident. The distribution of coupling coordination degree exhibited some spatial clustering effects, and the types of contrasting development between urbanization and the ecological environment changed little, with urbanization lagging behind being the dominant trend.

Keywords: Urbanization; Ecological environment; Coupling coordination; Mianyang City

基金项目: 绵阳城市学院教科研项目 (XJXM202207)

作者简介: 王成霞 (1996—), 女, 汉族, 四川绵阳人, 硕士, 讲师。主要从事基于GIS与遥感技术的生态环境污染修复与评估。

随着社会的发展,人们已经从被动的适应自然到主动适应自然的转变,并且不再考虑基本的温饱问题,而是追求高质量的生活,这也将促进城镇化进程的加快。快速发展的社会,随之带来的问题是生态环境承载力逐渐下降,特别是人均生态环境承载力正不断降低^[1]。所以,在“十四五”期间协调好城镇化和生态环境之间的关系变得尤为重要。

目前对于城镇化与生态环境承载力耦合协调度的研究,主要是集中在经济推动发展型地区,如长江三角洲^[2]、珠江三角洲^[3]、成渝地区^[4]等,这些都是我国经济实力较强的地区;而绵阳市作为我国唯一的科技城,由其科技化支撑下的城镇化发展与生态环境之间的关系,间接代表了我国科技发展与生态环境之间的关系,因此研究绵阳市城镇化和生态环境承载力间的耦合协调关系具有重要意义。笔者以绵阳市9个区县为研究对象,基于组合权重法,构建城镇化与生态环境二者协调发展综合评价指标体系,引入耦合协调度模型,分析绵阳市2010、2015和2020年城镇化与生态环境发展水平,旨在探寻影响二者时空协调发展问题,为绵阳市的城镇化和生态环境承载力发展提供理论基础。

一、研究区概况与研究方法

1. 研究区概况

绵阳市,属四川省辖地级市,位于四川盆地西北部,涪江中上游地带。东邻广元市和南充市;南接遂宁市;西接德阳市,西北与阿坝藏族羌族自治州、甘肃省陇南市接壤。地势北高南低,高差悬殊大,最大高差达5092.8米,境内有4个国家级自然保护区。截止2022年年底,绵阳市辖3区1市5县,分别是涪城区、游仙区、安州区、江油市、盐亭县、梓潼县、三台县、平武县、北川羌族自治县(简称北川县)。其综合实力在四川省内排第2,是国内唯一的科技城,也是四川省重点发展经济的地区之一。城镇化与生态环境系统指标数据均来源于2011-2021年的《绵阳市统计年鉴》。

2. 研究方法 with 指标体系选择

(1) 指标权重计算方法

① 数据标准化

因为部分各指标存在量纲差异,对其系统的作用有正负之分,为了便于综合计算和比较分析,可采用min-max方法对原始数据进行无量纲化处理^[5]。标准化结果会使所有指标值的范围处于[0, 1]。

② 熵权法

第j项指标的冗余度为:

$$r_j = -\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (1)$$

式中, p_{ij} 由公式 $x_i / \sum_{i=1}^n x_i$ 计算得出。

第j个指标的熵权值为:

$$w_j = r_j / -\sum_{i=1}^n r_j \quad (2)$$

式中, w_j 为指标权重; r_j 为指标冗余度。

③ AHP

层次分析法(AHP)使通过专家两两比较各个指标,进行判断赋值,构造判断矩阵T为

$$(T_{ij})_{m \times n} = \begin{pmatrix} T_{11} & T_{12} & \cdots & T_{1n} \\ T_{21} & T_{22} & \cdots & T_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{m1} & T_{m2} & \cdots & T_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

指标权重向量为:

$$w_i = \sqrt[n]{\prod_j T_{ij}} / \sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_i T_{ij}} \quad (4)$$

④ 组合权重法

熵权法属于客观性的赋值方法,但却忽视了主观层面的权重影响;而层次分析法则注重主观层面的权重赋值,而忽视了客观层面。因此,为增加评价体系的合理性,采用组合权重法获取权重值。其计算公式^[5]为:

$$W = \alpha w' + \beta w'' \quad (5)$$

式(7)中: w' 为熵权值; w'' 为层次分析法权重值; α 为熵权值的影响因子; β 为层次分析法权重的影响因子,且 $\alpha + \beta = 1$, 取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

(2) 耦合度模型模型构建

① 城镇化与生态环境的综合协调指数

根据组合熵权法确定综合权重后,将各指标标准化处理后的数值乘以权重获得其综合指数,从而构建城镇化与生态环境的综合协调指数,计算公式分别为:

$$U_1 = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (6)$$

$$U_2 = \sum_{j=1}^n w_j y_j \quad (7)$$

式中: i, j 分别为城镇化发展水平和生态环境的指标数量; x_i, y_j 为标准化数值; w_i, w_j 分别为其对应的指标权重值。

利用以上公式建立城镇化与生态环境的综合协调指数,计算公式为:

$$S = \lambda U(x) + \mu E(y) \quad (8)$$

式中, S为综合协调指数; λ 、 μ 为子系统的权重, 取 $\lambda = \mu = 0.5$ 。

②耦合协调度模型

耦合协调度模型用于分析事物的协调发展水平。耦合度指两个或两个以上系统之间的相互作用影响, 实现协调发展的动态关联关系, 可以反映系统之间的相互依赖、相互制约程度。协调度指耦合相互作用关系中良性耦合程度的大小, 它可体现出协调状况的好坏。耦合协调度模型共涉及3个指标值的计算, 分别是耦合度C值, 协调指数S值, 耦合协调度D值。并且最终结合耦合协调度D值和协调等级划分标准, 最终得出各项的耦合协调程度^[6]。其中, 当 $0 \leq C < 0.25$, 低水平耦合; $0.25 \leq C < 0.5$ 较低水平耦合; $0.5 \leq C < 0.75$, 较高水平耦合; $0.75 \leq C < 1$, 高水平耦合。

$$C = 2\sqrt{U_1 U_2} / (U_1 + U_2) \quad (9)$$

$$D = \sqrt{C \times S} \quad (10)$$

(3) 指标体系

根据绵阳市城镇化实际发展状况, 遵循科学性、客观性、独立性和数据可获取性等原则, 从人口城镇化、经济城镇化、社会城镇化3方面选取8项指标。其中人口城镇化主要表征城镇人口占城乡人口比重, 故选取城镇人口比重1项指标。经济城镇化主要指城镇经济发展情况, 选取人均GDP、人均可支配收入、第三产业就业人

数比重来表征。社会城镇化方面选取民用汽车数量、医疗卫生机构数、城镇居民最低生活保障率及人均房屋建筑面积4项指标, 表征研究区新型城镇化社会发展水平。

生态环境承载力是在一定情况下生态系统对人类活动的承受能力^[7], 根据绵阳市生态环境发展状况, 遵循科学性、客观性、独立性和数据可获取性等原则, 借鉴何江飞等^[8]人研究, 从生态环境水平、生态环境压力及生态环境保护3方面选取9项指标对绵阳市生态环境承载力综合发展水平进行测度。其中, 生态环境水平方面选取森林覆盖率、人均耕地面积及人均自然保护区面积3项指标表征。选取人均工业二氧化硫排放量、人均工业烟(粉)尘排放量、人均农用塑料薄膜、人均农药使用量及人均化肥施用量5项指标表征生态环境压力。生态环境保护方面选取城镇生活污水集中处理率1项指标表征。

二、城镇化与生态环境耦合关系评价

1. 权重及各系统发展指数

根据指标权重计算方法, 可以得到各一级指标的权重值得分(如图1), 绵阳市各区县城市化系统和生态环境系统的发展水平呈明显不均衡状态。在城镇化方面, 社会城市化>经济城市化>人口城市化, 人口城市化是影响绵阳市城市化发展的重要因素; 在生态环境方面, 则是生态环境水平滞后, 且生态环境压力巨大; 而生态环境保护方面的贡献也较滞后。

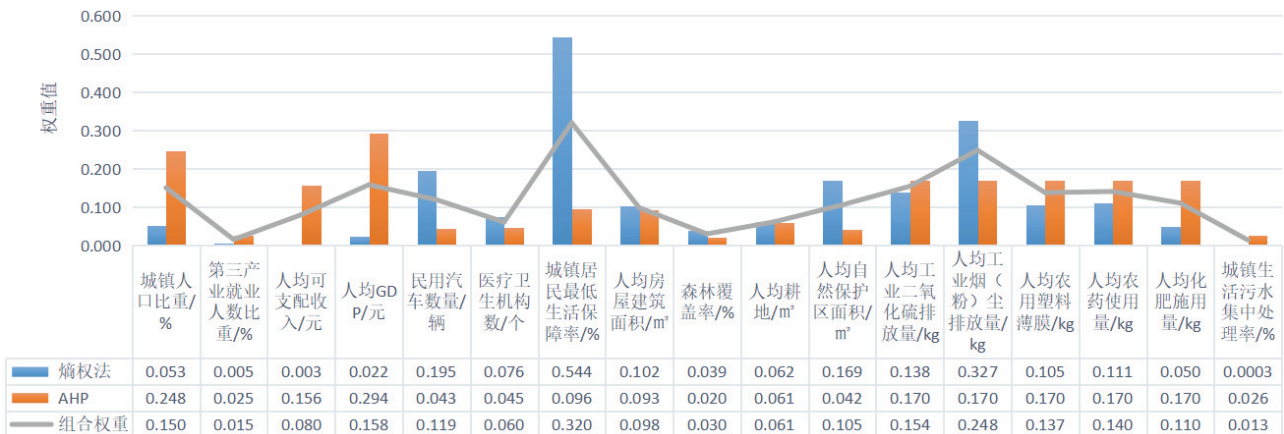


图1 各指标权重值得分

2. 城镇化质量与生态环境承载力综合指数分析

选取2010、2015和2020年城镇化及生态环境承载力共计17项指标, 经过计算, 得到绵阳市整体城镇化质量综合指数(图2-a)、生态环境承载力综合指数(图2-b)。

如图2-a所示, 2010-2020年, 绵阳市各区县城镇化系统总体呈上升趋势, 其中变化最明显的为游仙区,

总体上升了19.477%; 其次是安州区, 上升了17.976%。其中, 上升较快的是经济指标中的人均GDP值, 各区县中以游仙区变化最为明显, 由2010年的2.016万元上涨至2020年的7.212万元。游仙区依靠众多的自然和人文旅游资源, 如著名景点仙海湖、越王楼等, 带动当地基础服务设施完善, 推动全区旅游业和服务业快速发展, 因此城镇化率显著提高。虽受疫情影响, 导致其2020

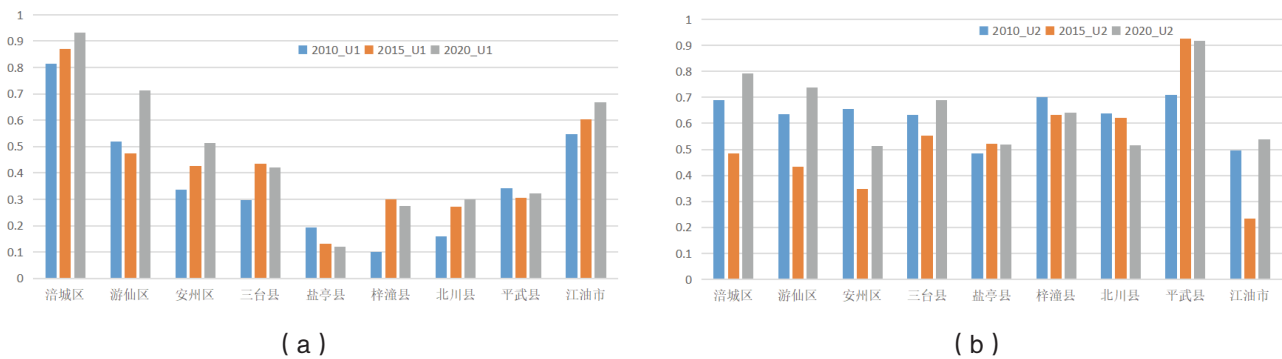


图2 城镇化质量和生态环境承载力综合指数

年服务业增长速度下降，由上一年（2019年）的同比增长7.2%降至2.1%，但从2010至2020这十年期间，总体仍处于增长阶段。部分区县呈现出城镇化率综合指数下降的现象，下降率最大的是盐亭县，由2010年的0.194下降至0.121，下降了7.351%。盐亭县虽然地理位置优越，资源丰富，但是缺乏完善的工业体系，交通也不便利，加上地形因素，导致人口流失严重，由2010年的59.7万人，到2015年的45.1万人，再到2020年的37.1万人。因为人员流失过大，缺乏劳动力，导致其城镇化率呈现下降趋势。

从图2-b分析可以看出，其生态环境承载力呈现出2010—2015年不断下降，2015—2020不断上升的趋势。绵阳市生态发展在近年来，处于全国中等水平，发展速度和力度都需要进一步提升。2015年下降的原因主要在于工业发展，排放了大量的二氧化硫和烟（粉）尘，增加了生态环境压力，而且城镇化发展越快的区域，生态环境压力也越大，如涪城区、游仙区和江油市。虽然部分区域进行了治理，但是数据远远比不上其排放量，导致生态环境承载力下降。2020年又上升的原因是政府加大了对环境的综合整治，2017年到2021年是绵阳市的“环保攻坚年”，政府不断加大对环境保护工作力度，在

大气、水和土壤方面，也采取了相对应的措施进行污染防治，环境污染得到相应改善；此外，绵阳市政府为加快建设“美丽绵阳”，建立了《大规模绿化绵阳总体规划（2016—2020年）》，该规划使绵阳市整体的森林覆盖率和自然保护区面积增加，极大提升了生态环境水平，使得绵阳市生态环境承载力大大提高。

3. 城镇化与生态环境耦合协调分析

2010年耦合度的范围为[0.666-0.999]（图3），大部分处于高水平耦合，只有最低的梓潼县处于较高水平耦合，主要是其城镇化率较低，耦合度最高是江油市；2015年耦合度范围为[0.803-0.999]，整体处于高水平耦合，其中耦合度最低的是盐亭县，最高是游仙区；2020年耦合度范围为[0.784-1]，整体也处于高水平耦合，耦合度最低的是盐亭县，最高的是游仙区和安州区。涪城区、游仙区、安州区及三台县的耦合度较稳定2010-2020基本保持稳定；盐亭县、平武县呈现下降趋势；梓潼县、北川县呈现上升趋势，江油市呈现先下降后上升趋势。

2010年有1个区县，即涪城区，属于良好协调，说明其城镇化和生态环境承载力具有较好的协调性（图4）。涪城区作为绵阳市的主城区之一，具有较好的城镇

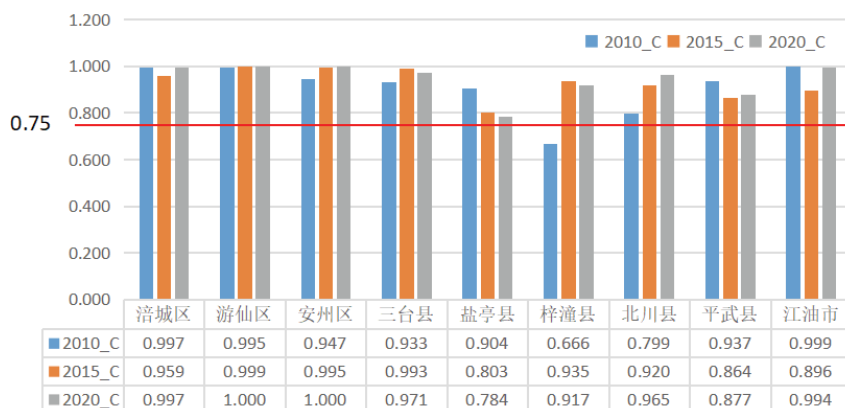


图3 绵阳市各区县耦合度

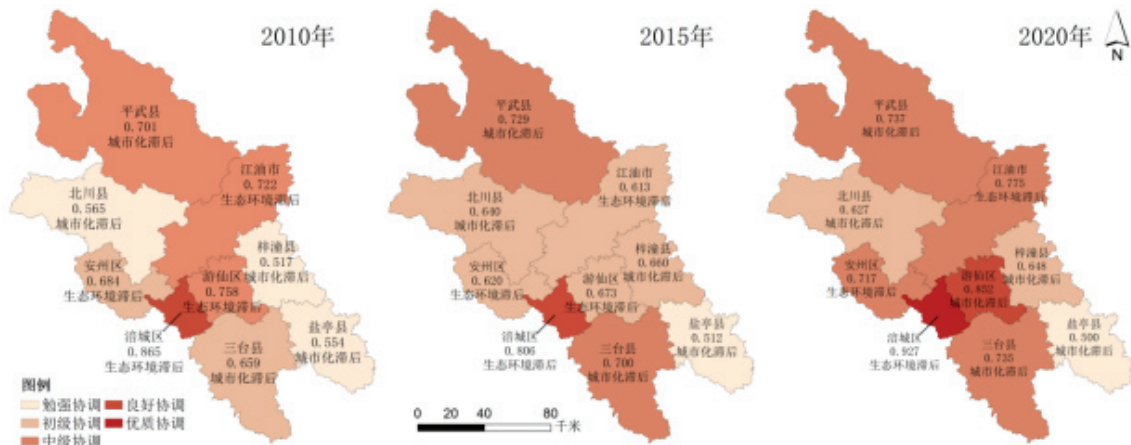


图4 绵阳市各区县耦合协调度

化率，但缺乏森林、草地等的覆盖，导致其生态环境相对滞后；有3个区县属于中级协调，分别是游仙区、平武县和江油市，其中江油市属于生态环境滞后型，游仙区和平武县属于城镇化滞后型；三台县和安州区属于初级协调，两者均属于城镇化滞后型；盐亭县、梓潼县和北川县属于勉强协调，也属于城镇化滞后型。

2015年有5个区县的协调度发生了变化，其中三台县、梓潼县和北川县协调度得到了提升，均是在2010年的基础上提升了一个等级，主要得益于其城镇化率的提高；有2个区县的协调度发生了降低，分别是游仙区和江油市，游仙区主要是由于工业排放的污染物增多，导致生态环境承载力下降，这也是该区由城镇化滞后变为生态环境滞后的主要原因；江油市主要是当地许多居民使用塑料薄膜、农药和化肥，导致土壤环境质量变差；其余4个区县的协调程度没有发生变化。虽然安州区的协调性等级没有发生变化，但是其对比类型由城镇化滞后变为了生态环境滞后型，说明在发展过程中，安州区太过注重城市化发展，而忽略了生态环境的重要性。故2015年，绵阳市有1个良好协调，2个中级协调，5个初级协调和1个勉强协调；对比类型中有6个城镇化滞后和3个生态环境滞后。

2020年整体耦合协调性较好于2015年，有4个区县的耦合协调性不同程度地得到了提升，分别是涪城区、游仙区、安州区、江油市。其中跨度最大的是游仙区，由初级协调提升到良好协调，跨了两个等级，协调度提高约20.990%，说明游仙区以旅游业作为自身发展的主导产业，不仅使自身的经济实力得到了提升，也使生态环境保护得到了极大加强，甚至其生态环境略微超过了城镇化发展，导致其成为城镇化滞后型城市；剩下的涪城区、安州区、江油市均是只跨了一个等级。涪城

区由良好协调转变为优质协调，主要是注重了生态环境承载力水平。安州区由初级协调转变为中级协调，提升的主要部分在于生态环境承载力方面，在经济发展的同时，没有忽视环境的治理，既减少了二氧化硫和烟（粉）尘的排放，又减少了土壤化肥、农药和塑料薄膜的使用。江油市由初级协调提升到了中级协调，提升的部分也主要在于生态环境承载力方面，减少了二氧化硫和烟（粉）尘的排放，并提高了城镇生活污水集中处理率，由2015年的88.01%提升到了92.71%；其他5个区县协调度等级不变。因此，2020年，绵阳市有1个优质协调，1个良好协调，4个中级协调，2个初级协调和1个勉强协调，对比2015年，有较大提升；对比类型中有6个城镇化滞后和3个生态环境滞后，同2015年相比，没有发生变化。

三、结论

以绵阳市为基础，构建城镇化与生态环境承载力耦合协调模型，在GIS技术支持下，利用组合权重法、归一化指标及耦合协调度等方法，分析绵阳市2010—2020城镇化与生态环境之间的耦合协调时空发展规律。结论如下：

1.2010—2020年，绵阳市各区县城镇化系统总体呈上升趋势。但区域差异较大，城镇化发展水平呈现出由涪城区向外辐射的发展格局，城镇化发展较快区县主要由于旅游业带动服务业快速发展，促使经济水平不断提高；城镇化发展倒退区县主要由于缺乏完整的工业体系且基础设施不完善，导致人口流失严重，缺乏劳动力，经济发展相对落后。

2.2010—2020年，绵阳市生态环境承载力呈现出2010—2015年不断下降，2015—2020不断上升的趋势。2015年城镇化发展较快的区县由于工业发展，排放大量

的二氧化硫和烟(粉)尘导致生态环境压力加大,生态环境承载力下降,出现生态环境水平滞后,生态环境保护方面的贡献较为滞后的问题。但后期生态环境水平不断提升,生态环境承载力得到快速提高。

3.2010-2020年,绵阳市城镇化与生态环境的耦合协调水平得到不断改善,但整体偏低,除涪城区与游仙区外,其他区县均不高,且存在明显的空间差异;城镇化水平较高的区县集聚作用较为明显,具有一定的空间集聚效应;城镇化与生态环境协调发展对比类型变化小,除游仙区由生态环境滞后变为城镇化滞后外,其余区县都没有变化,且以城市化滞后为主。

参考文献:

[1]王思睿,陈一.用地平衡与人居生态环境承载力的耦合关系[J].科学技术与工程,2017,17(14):338-342.

[2]陈芳,史慧敏,陈群.长三角绿色城镇化系统耦合协调度时空演变及其影响因素[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2022,16(02):26-35.

[3]王少剑,崔子恬,林靖杰,等.珠三角地区城镇

化与生态韧性的耦合协调研究[J].地理学报,2021,76(04):973-991.

[4]李晓庆,姜博,米媛,等.长江中上游城市群土地集约利用及与新型城镇化耦合协调时空分异特征[J].水土保持研究,2017,24(05):291-298.

[5]仲妮,孔嘉婧,刘畅.基于熵权法和层次分析法的苏南美丽乡村建设模式质量评价[J].农村经济与科技,2017,28(11):231-234.

[6]吴文恒,牛叔文,郭晓东,常慧丽,李钢.中国人口与资源环境耦合的演进分析[J].自然资源学报,2006(06):853-861.

[7]郭娜,王伯铎,崔晨,等.榆林市生态环境承载力评价分析[J].中国人口资源与环境,2011,21(S1):104-107.

[8]何江飞,姚磊华,郭江波,张茂省,李稳哲,张锦.关中城市群城市建设工程地质分区与适宜性评价——以西安灞桥南部地区为例[J].科学技术与工程,2018,18(15):43-55.