

基于耦合协调度的孟州市农村居民点布局优化

牛海鹏 杨肖雅

(河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 焦作 454000)

摘要: 农村居民点布局适宜性取决于农村居民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性。统筹农村居民点空间结构与村庄发展, 有利于促进农村居民点布局优化和村庄协调发展。以孟州市为研究区, 基于农村居民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性, 运用突变级数模型开展了农村居民点布局适宜性评价, 并测度分析了居民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性的耦合协调度。结果表明: 孟州市整体农村居民点空间结构相对稳定, 位于丘陵区的村庄空间结构稳定性较弱。村庄发展实力差距悬殊, 西北部村庄发展适宜性较弱, 西虢镇、南庄镇和化工镇村庄发展适宜性较强。孟州市农村居民点布局整体协调度较低, 中度协调和高度协调农村居民点占农村居民点总面积的26.90%, 低度协调为72.60%, 濒临失调村庄仅4个。综合分析评价结果后将孟州市农村居民点划分为优先建设型、一般发展型、保留型、产业引进型和重点改造型5种布局优化模式。该研究结果可为乡村振兴背景下农村居民点整治和村庄规划编制提供理论与方法支撑。

关键词: 农村居民点布局; 空间结构; 突变级数模型; 耦合协调度; 优化模式

中图分类号: F321.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2019)02-0153-10

Optimization of Rural Residential Area Distribution in Mengzhou City Based on Coupled Coordination Degree

NIU Haipeng YANG Xiaoya

(School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: The suitability of rural residential area distribution is related to the spatial structure stability of rural settlements and the development suitability of villages. It is conducive to promoting rural residential area distribution optimization and sustainable development to coordinate the spatial structure of rural settlements and the village development. According to catastrophe progression model, taking Mengzhou City as sample area, the suitability of rural residential distribution was evaluated from two aspects, spatial structure stability of rural residential areas and the suitability of village development, and the coupling coordination degree was measured between the two evaluation targets according to the coupling coordination degree model. Furthermore, the following results were obtained: the spatial structure stability of the whole rural settlements in Mengzhou City was relatively high, while the stability of village spatial structure in hilly region was low. The villages of Mengzhou City had a wide gap in development strength which highlighted that the development suitability of villages in the northwest of Mengzhou City was weak, while the villages in Xiguo Town, Nanzhuang Town and Huagong Town were more suitable for development. The overall coordination degree of rural residential distribution in Mengzhou City was low, which showed that the highly and moderately coordinated rural residential areas accounted for 26.90% of the total rural residential area, and that of the low coordination type was 72.60%. There were four villages on the verge of being dysfunctional. Through a comprehensive analysis of the evaluation results, the layout of rural settlements in Mengzhou City was divided into five optimization patterns, including priority construction type, general development type, reservation type, industrial introduction type and strengthening transformation type. It can provide a scientific basis for the renovation of rural residential and village planning under the background of rural revitalization.

Key words: rural residential distribution; spatial structure; catastrophe progression model; coupling coordination degree; optimization pattern

收稿日期: 2018-08-25 修回日期: 2018-11-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(41371524)和河南理工大学创新型科研团队项目(T2018-4)

作者简介: 牛海鹏(1974—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事土地资源利用与评价研究, E-mail: niuhaipeng@126.com

0 引言

我国社会经济的快速发展和生产力水平的提高促进了农村劳动力向二、三产业转移和城镇化水平提升,促使人口、土地、资金等生产要素在乡村与城镇之间流动速度进一步加快,导致生产要素在城乡之间分配失调,城乡差距日益扩大^[1]。据2015年全国1%人口抽样调查主要数据公报显示,与2010年第六次全国人口普查相比,2015年城镇人口增加10 193万人,乡村人口减少6 816万人,城镇人口比重上升6.20个百分点。乡村人口的大量流失造成农村空心化和乡村人口老弱化^[2],并引起了两栖占地^[3]、耕地撂荒、宅基地荒废等一系列土地资源浪费现象。农村居民点建设规划的缺失导致农村居民点布局散乱、人居环境差,且受城乡结构和产业布局影响造成多数村庄的生产结构和就业结构较为单一,严重制约了乡村的协调和持续发展。因此,开展农村居民点布局优化研究对于促进乡村协调可持续发展、推动乡村振兴具有重要意义。

农村居民点作为农民生产、生活等活动的集聚点^[4],其布局合理性成为影响乡村发展的重要节点之一。开展农村居民点科学合理整治活动一方面可有效调控乡村空间结构,另一方面也可作为城乡一体化发展提供稳固的空间基础。我国相关学者已从农村居民点分布特征^[4-6]、演变趋势及其变化因素分析^[7-9]、整治潜力^[10-13]、整治分区与整治模式^[14-18]等多方面开展了农村居民点整治研究,研究多从区位条件^[17]、生态和社会经济约束^[13]、生产生活可达性^[15]、农户整治意愿^[19-20]等视角出发,基于自然生态、经济、社会因素构建评价指标体系开展农村居民点布局的适宜性评价,并根据评价结果将村庄划分出不同的整治类型区,同时结合不同类型区的区域特征构建相应的农村居民点整治模式。以往研究中多采用综合指数法、模糊评价法等对数据进行分析,评价方法单一,且大多仅从影响村庄发展的因素选取指标,较少将农村居民点的空间结构形态纳入到影响农村居民点布局适宜性的因素中,更缺乏对农村居民点空间布局结构与村庄发展之间内在联系的耦合研究。

本文运用GIS空间分析法和景观格局指数法提取相关评价指标,引入突变级数模型测度孟州市村域尺度的农村居民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性,运用耦合协调度模型测度两者的耦合协调关系;同时,系统分析农村居民点布局评价结果,确定孟州市农村居民点布局的优化模式并提出优化方向。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区概况

孟州市位于河南省焦作市的西南部,隶属于河南省焦作市,位于东经112°33′~112°55′,北纬34°50′~35°2′,处于黄河冲积平原的黄河北岸,系太行山前丘陵向黄河平原过渡区,境内由西向东有明显的低山—丘陵—平原过渡特征,其中丘陵、平原、滩区各占1/3,受地貌因素影响,全域农村居民点空间布局差异显著。孟州市的市域总面积541.64 km²,共辖11个乡(镇、街道办事处)、274个行政村、393个自然村。2015年末全市总人口38.3万人,其中乡村人口18.6万人,人口自然增长率为0.548%,地区生产总值达271.5亿元。孟州市农村居民点用地面积6 170.82 hm²,占全市土地总面积的12.26%,农村人均居民点用地集约化水平较低,人均用地面积达到288.2 m²/人。

1.2 数据来源

基础数据由孟州市国土资源局提供,主要图件数据包括孟州市坡度等级图、2015年末孟州市土地利用变更图;文本数据资料包括《孟州市土地利用总体规划》(2010—2020)、《孟州市城乡总体规划(2016—2030)·基础资料汇编》,社会经济数据来源于《焦作市统计年鉴》。

1.3 数据预处理

以2015年土地利用变更调查数据为基础,基于ArcGIS 10.3工作平台提取各地类图斑数据。经过剔除、合并特殊农村居民点图斑后共搜集263个行政村村域数据。通过ArcGIS的要素转换工具将水域和道路图斑转为线状数据,经过面要素转点要素提取各个农村居民点、城市、建制镇的图斑中心点;使用邻域分析工具计算各农村居民点到邻近的交通干线、水源、农村居民点的距离;以村为单位合并各村庄农村居民点斑块,将合并后的农村居民点图斑矢量数据转为30 m×30 m的栅格数据,并通过Fragstats 4.2计算各个村庄的相关景观格局指数;将农村居民点的点数据与坡度等级图叠加,提取各农村居民点坡度等级数据。由于村庄包含一个或多个农村居民点斑块,斑块之间有所差异,因此采用面积加权法计算村庄居民点到相应位置的距离和坡度级别。

2 研究思路与方法

2.1 研究思路

村庄是人类历史长期形成的具有明显家族聚居现象的低级形式聚落,农村居民点布局是地域自然

和人文要素相互耦合的结果^[7]。城镇化速度的加快改变了传统乡村地域系统,农村居民点内部耦合状态被打破,同时自然、社会、历史和经济因素不同导致各村庄农村居民点空间形态各异、发展实力差距悬殊。本文选取村庄作为评价单元,以农村居民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性为切入点研究孟州市村庄农村居民点的布局适宜性。在参考相关研究成果的基础上,遵循评价指标可操作性、可比性、科学性、独立性的原则选取 20 个评价指标,建立农村居民点布局适宜性评价指标体系(表 1),其中正向指标用“+”号表示,逆向指标用“-”号表示。在此基础上,运用改进突变级数模型评价村庄农村居民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性,评价指标大小分别表征农村居民点的空间结构稳定性强弱和村庄发展实力高低。同时,根据两者的耦合协调分析结果将农村居民点布局划分为 4 种类型,结合农村居民点布局适宜性评价结果和村庄所处区域特征提出 5 种布局优化模式,并提出相应的优化方案。

2.2 研究方法

2.2.1 农村居民点布局适宜性评价指标体系

区位条件差、布局分散的村庄农村居民点用地粗放、空间结构稳定性相对较弱,可改造性较强,尤其对于发展实力较强而空间结构稳定性较弱的村庄,通过优化农村居民点布局提高农村居民点用地效率、集约节约利用土地资源并改善村庄生产、生活、生态空间,对村庄的可持续发展具有重要意义。空间结构稳定性表征农村居民点的空间布局适宜性,主要指村庄区位条件的优劣、农村居民点用地的粗放程度以及人为规划干扰程度,分别从区位条件、规模特征和形态结构 3 个方面进行评价。发展适宜性表征农村居民点的发展要素布局适宜性,指村庄是否具备产业发展所需基本条件,即优质的资源条件、稳定的社会经济状况、良好的生态环境条件,因此村庄发展适宜性从资源禀赋、村庄引力、公共基础设施和自然生态条件 4 个方面进行指标体系构建和评价。

表 1 农村居民点布局适宜性评价指标体系
Tab.1 Indicator system for layout suitability of rural settlements

目标层	准则层	权重	指标层	权重	指标属性
空间结构稳定性	区位条件	0.253	与交通干线距离	0.061	-
			与城镇距离	0.059	-
	形态结构	0.252	面积形状指数	0.057	-
			分维数	0.104	-
	规模特征	0.495	农村居民点占地率	0.271	+
			平均斑块面积	0.422	+
人均居民点用地面积分值			0.026	-	
村庄发展适宜性	资源禀赋	0.325	耕地面积	0.032	+
			园地面积	0.143	+
			采矿用地面积	0.191	+
			复种指数	0.012	+
	村庄引力	0.334	村庄规模	0.027	+
			劳动力人口	0.043	+
			历史古迹	0.256	+
			居民点邻近距离	0.005	-
	公共基础设施	0.087	道路占地率	0.020	+
			学校面积	0.217	+
	自然生态条件	0.254	生境质量指数	0.032	+
与水源距离			0.006	-	
坡度等级			0.016	-	

(1)空间结构稳定性:依据面积加权距离法测算农村居民点与城镇(城市、建制镇)和交通干线的距离以表示区位条件。形状指数(AWMSI)和分维数(AWMPFD)是度量景观空间格局复杂性的两个重要指标,分别反映景观边缘复杂性和人类活动对景观格局干扰程度。将形状指数和分维数作为衡量农村居民点形态结构的逆向指标,通过 AWMSI 值

衡量农村居民点边缘复杂程度,AWMPFD 值衡量农村居民点受人类活动(如:村庄规划、整治)干扰程度。采用农村居民点占地率和平均斑块面积(MPS)作为正向指标、人均居民点用地面积分值作为逆向指标表示村庄农村居民点用地的规模特征,参照 GB 50188—2007《镇规划标准》,将 110 m²/人作为人均农村居民点用地面积的最适宜值。

(2)村庄发展适宜性:生产和生活依赖于土地,选取耕地、园地、采矿用地面积和复种指数表示村庄资源禀赋情况。人是社会经济主体,村庄规模、居民点平均邻近距离和劳动力人口是产业园区选取的重要因素,历史古迹彰显一个地区的历史文化,具有良好传承作用又是村庄旅游发展的重要依托,故将劳动力人口、村庄规模、历史古迹和居民点邻近距离作为衡量村庄引力的指标,其中居民点邻近距离通过村庄与最邻近 3 个农村居民点斑块距离的平均值表示;通过赋值法量化历史古迹,市级历史古迹赋值为 1、省级历史古迹赋值为 3、国家级赋值为 5。以道路占地率和学校面积衡量公共基础设施,通过道路占地率表征交通通达度,学校面积体现村庄内部公共设施配置状况。选取生境质量指数、坡度等级和与水源距离作为评价村庄自然生态条件的指标,生境质量指数依据 HJ 192—2015《生态环境状况评价技术规范》(表 2);坡度小的区域生态条件相对稳定,适宜人类居住且农村居民点建设成本低。河流、水库和滩涂用地既具有生态涵养功能又有较大的观赏价值,将村庄与河流、水库、滩涂距离作为衡量村庄自然生态条件的指标。

表 2 生境质量指数各生境类型权重

Tab.2 Habitat quality index and habitat type weights		
类型(权重)	结构类型	分权重
林地(0.35)	有林地	0.60
	灌木林地	0.25
	疏林地和其他林地	0.15
草地(0.21)	高覆盖度草地	0.60
	中覆盖度草地	0.30
	低覆盖度草地	0.10
水域湿地(0.28)	河流(渠)	0.10
	湖泊(库)	0.30
	滩涂湿地	0.50
	永久性冰川雪地	0.10
耕地(0.11)	水田	0.60
	旱地(水浇地)	0.40
建设用地(0.04)	城镇建设用地	0.30
	农村居民点用地	0.40
	其他建设用地	0.30
未利用地(0.01)	沙地	0.20
	盐碱地	0.30
	裸土地	0.20
	裸岩石砾	0.20
	其他未利用地	0.10

注:草地的结构类型按照草地基部覆盖度(即单位面积内植物基部实际所占的土地面积与调查面积的百分比)分类,0~5%为低覆盖度、5%~25%为中覆盖度、25%~100%为高覆盖度。

农村居民点到相应位置的距离计算公式为

$$R_i = \frac{\sum S_{ij}r_{ij}}{S_i}$$

(1)

式中 r_{ij} —— i 村庄 j 农村居民点图斑到相应位置的
距离

R_i —— i 村庄到相应位置的距离

S_{ij} —— i 村庄 j 农村居民点图斑的面积

S_i —— i 村庄农村居民点占地面积

人均农村居民点用地面积分值计算公式为

$$P_i = \frac{|s_i - 110|}{110}$$

(2)

式中 P_i —— i 村庄人均农村居民点用地面积分值

s_i —— i 村庄人均农村居民点用地面积

生境质量指数计算公式为

$$E = A_{bio}(0.35S_L + 0.21S_C + 0.28S_S + 0.01S_G + 0.04S_J + 0.01S_W)$$

(3)

式中 A_{bio} ——归一化系数,参考值 511.26

S_L ——林地面积

S_C ——草地面积

S_S ——水域湿地面积

S_G ——耕地面积

S_J ——建设用地面积

S_W ——未利用地面积

2.2.2 评价指标量化处理

为消除评价体系中指标之间量纲的影响,使指标之间具有可比性,本文采用极值法对指标数据进行归一化处理,具体公式为

$$Z_{ij}^{(1)} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

(4)

$$Z_{ij}^{(2)} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

(5)

式中 $Z_{ij}^{(1)}$ 、 $Z_{ij}^{(2)}$ ——正向指标标准化值、逆向指标
标准化值

$\min(x_j)$ 、 $\max(x_j)$ ——指标 j 最小值、最大值

x_{ij} ——评价单元 i 的 j 指标值

2.2.3 突变级数模型构建

突变级数法是以雷内·托姆提出的突变理论为理论基础的一种定量评价方法^[21],研究内部机理未知的系统。该方法的控制变量一般不超过 4 个,常被用于产品、工程、技术等多目标(准则、要求)方案的决策中。其计算过程是先将评价目标分解为多个层次,其次对指标的重要程度排序,再按照分歧方程推导的归一化公式求取相应控制变量的隶属度函数值,最后根据“互补取均值”、“非互补取小值”的原则求取状态变量值。农村居民点布局优化是将农村居民点的空间结构和村庄发展实力进行协调统一的过程,农村居民点布局适宜性评价中包含了农村居

民点空间结构稳定性和村庄发展适宜性两个评价目标,且每个评价目标中包含多个准则。因此,可运用突变级数模型测度农村居民点布局适宜性评价体系的指标层向其准则层、再由准则层向其目标层递归获取评价目标的指数值。为克服人为排序的主观性,本文运用熵值法计算各个指标的权重并对指标进行排序。

(1)权重确定

底层指标的权重通过指标在样本的比重确定熵值和效用值计算得到;上层指标的权重通过熵值的可加性计算的上层指标效用值确定。

底层指标在样本中的比重计算公式为

$$Q_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n) \quad (6)$$

式中 Q_{ij} ——底层指标 j 在 i 样本中的比重

底层指标熵值计算公式为

$$M_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m Q_{ij} \ln Q_{ij} \quad (7)$$

式中 M_j ——底层指标 j 的熵值

底层指标权重计算公式为

$$w_j = \frac{u_j}{\sum_{j=1}^n u_j} \quad (8)$$

其中

$$u_j = 1 - M_j$$

式中 w_j ——底层指标 j 的权重

u_j ——底层指标 j 的效用值

上层指标权重计算公式为

$$W_k = \frac{U_k}{\sum_{k=1}^s U_k} \quad (k = 1, 2, \cdots, s) \quad (9)$$

式中 U_k ——上层指标 k 的效用值

W_k ——上层指标 k 的权重

(2)突变级数模型及其等级标准制订

常见的突变类型包括折叠突变、尖点突变、燕尾突变和蝴蝶突变 4 种类型(表 3),本文主要涉及的类型为尖点突变、燕尾突变和蝴蝶突变。由于突变级数法是通过层层递归求取的评价值,易造成整体评价指数偏高、评价结果之间差距较小,使评价对象好坏难以判断。因此,本文借鉴孙茜等^[22]提出的等级标准,将评价对象的初始综合值 V_i 根据等级标准映射到对应的 10 个均匀区间 $[v_t, v_{t+1}]$,当 $V_i \in [v_t, v_{t+1}]$ 时得到调整后综合评价指数 V'_i ,计算公式为

$$V'_i = 0.1 \left(\frac{V_i - v_t}{v_{t+1} - v_t} + t \right) \quad (t = 0, 1, 2, \cdots, 9) \quad (10)$$

式中 v_t ——底层控制变量全部为 $\{0, 0.1, \cdots, t/10 + 0.1\}$ 时的顶层评价指数

V'_i ——调整后综合评价指数

表 3 突变级数模型
Tab.3 Catastrophe progression models

突变类型	控制变量数	势函数	分歧方程	归一化公式
折叠突变	1	$f(x) = x^3 + a_1x$	$a_1 = -3x^2$	$x_{a_1} = \sqrt{a_1}$
尖点突变	2	$f(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}a_1x^2 + a_2x$	$a_1 = -6x^2, a_2 = 8x^3$	$x_{a_1} = \sqrt{a_1}, x_{a_2} = \sqrt[3]{a_2}$
燕尾突变	3	$f(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{3}a_1x^3 + \frac{1}{2}a_2x^2 + a_3x$	$a_1 = -6x^2, a_2 = 8x^3$ $a_3 = -3x^4$	$x_{a_1} = \sqrt{a_1}, x_{a_2} = \sqrt[3]{a_2}$ $x_{a_3} = \sqrt[4]{a_3}$
蝴蝶突变	4	$f(x) = \frac{1}{6}x^6 + \frac{1}{4}a_1x^4 + \frac{1}{3}a_2x^3 + \frac{1}{2}a_3x^2 + a_4x$	$a_1 = -10x^2, a_2 = 20x^3$ $a_3 = -15x^4, a_4 = 4x^5$	$x_{a_1} = \sqrt{a_1}, x_{a_2} = \sqrt[3]{a_2}$ $x_{a_3} = \sqrt[4]{a_3}, x_{a_4} = \sqrt[5]{a_4}$

注: $f(x)$ 表示突变系统的势函数; x 表示突变系统的状态变量; $a_1、a_2、a_3、a_4$ 表示突变系统的控制变量; $x_{a_1}、x_{a_2}、x_{a_3}、x_{a_4}$ 表示系统变量对应的突变级数值。

2.2.4 耦合协调度模型

耦合度是描述系统或要素彼此作用影响的程度。协调度是度量系统或要素发展过程中的协同作用和协调程度^[23]。本文借鉴物理学中容量耦合概念^[24],参考刘耀彬等^[25]、姜磊等^[26]采用的耦合协调度计算模型,计算农村居民点空间结构稳定性系统和村庄发展适宜性系统之间的协调度,具体计算公式为

$$D = \sqrt{CT} \quad (11)$$

其中
$$C = 2 \left[\frac{V_s(x) V_d(y)}{(V_s(x) + V_d(y))^2} \right]^{1/2}$$

$$T = \alpha V_s(x) + \beta V_d(y)$$

式中 D ——协调度

C ——耦合度

$V_d(y)$ ——村庄发展适宜性指数

$V_s(x)$ ——农村居民点空间结构稳定性指数

T ——综合协调指数

$\alpha、\beta$ ——待定系数,分别取 0.5

3 评价结果与分析

3.1 空间结构稳定性和村庄发展适宜性

以孟州市为研究区,采用 GIS 技术提取距离、坡度等相关指标数据,通过极值法对指标进行数据标准化处理。然后结合熵值法确定的权重对指标(准则)重要程度排序,依据归一化公式(表 3),按照“互补取均值”的原则从农村居民点布局适宜性评价体系的指标层向目标层逐层递归得到目标层的初始评价指数,并根据式(10)调整后得到最终评价结果。孟州市农村居民点空间结构稳定性指数和村庄发展适宜性指数的区间分别为 $[0.086, 0.694]$ 、 $[0.068, 0.463]$,均值为 0.499、0.143。用自然断点法将空间结构稳定性评价结果分为稳定($V_s(x) > 0.53$)、较稳定($0.43 < V_s(x) \leq 0.53$)、不稳定($V_s(x) \leq 0.43$)3 个等级(图 1);村庄发展适宜性评价结果划分为适宜($V_d(y) > 0.23$)、较适宜($0.14 < V_d(y) \leq 0.23$)和不适宜($V_d(y) \leq 0.14$)3 个等级(图 2)。最终,孟州市农村居民点布局适宜性评价结果共包含 9 种组合类型(表 4)。

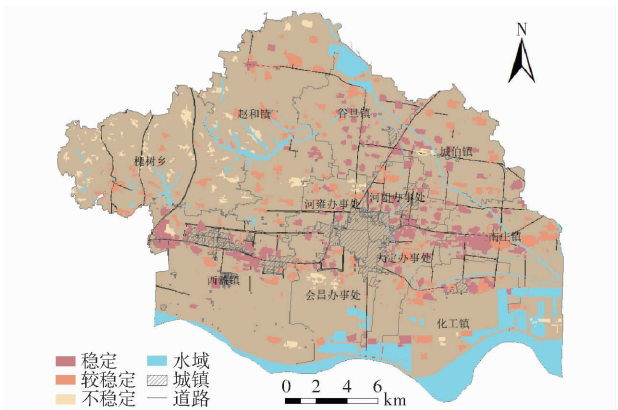


图 1 农村居民点空间结构稳定性分级图
Fig.1 Stability level map of spatial structure

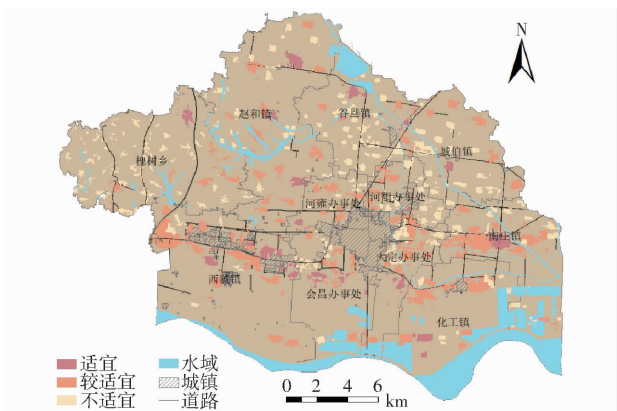


图 2 村庄发展适宜性分级图

Fig.2 Village development suitability level map of rural residential area

表 4 评价结果组合类型及个数

Tab.4 Combination types and number of evaluation results

评价等级	稳定 s1	较稳定 s2	不稳定 s3	合计
适宜 d1	3	12	4	19
较适宜 d2	39	39	10	88
不适宜 d3	57	59	40	156
合计	99	110	54	263

为验证突变级数模型的评价精度,将孟州市各乡镇地方测度结果及排名情况(表 5)与实际发展状况进行对比分析。首先,除中心城区(大定办、会昌办、何雍办、河阳办)外,西虢镇、南庄镇是孟州市乡镇企业最为发达的两个乡镇,吸纳了不少农村剩余劳动力就业,西虢镇毗邻洛阳吉利区,优越的区位和交通条件使其工业发展经济优势明显,南庄镇是全国重点镇,以皮毛加工和电子商务为主导产业;其次,赵和镇和化工镇则凭借优越的自然地理位置,具有良好的生态环境和丰厚的资源禀赋;而谷旦镇和城伯镇作为典型的平原区,地势平坦、村庄建设规

表 5 评价结果及排名

Tab.5 Evaluation results and ranking

分区	中心城区	西虢镇	赵和镇	城伯镇	化工镇	谷旦镇	南庄镇	槐树乡
空间结构稳定性	0.529	0.532	0.467	0.533	0.501	0.533	0.505	0.424
名次序号	4	3	7	2	6	1	5	8
村庄发展适宜性	0.151	0.183	0.154	0.140	0.146	0.125	0.143	0.115
名次序号	3	1	2	6	4	7	5	8

整,但缺乏二、三产业的支撑造成村庄空间结构稳定性虽高但发展适宜性整体偏低;处于远郊区的槐树乡位于丘陵地带,与其他几个乡镇相比区位和交通条件较差、村落规模小且布局零散,近年来农村剩余劳动力不断外流,其空间结构稳定性和村庄发展适宜性在所有乡镇中最低。因此,根据各乡镇实际情况,西虢、赵和、化工和南庄 4 个乡镇的村庄整体发展适宜性

优于谷旦、城伯和槐树乡 3 个乡镇,同时,由于中心城区、西虢镇、南庄镇的村庄受到城镇扩张的影响,村庄空间结构稳定性低于平原区的城伯镇和谷旦镇。经验证,评价结果与实际情况一致,突变级数模型对农村居民点布局适宜性评价具有较强的适用性。

3.1.1 农村居民点空间结构稳定性分析

孟州市农村居民点整体空间结构比较规则,空

间结构稳定性指数较高,263 个村庄中有 99 个村庄为稳定型、110 个为较稳定型,仅有 54 个村庄为不稳定型。河阳办、大定办、谷旦镇的空间结构稳定性指数较高,平均指数分别为 0.554、0.552、0.533;槐树乡结构稳定性最低,平均稳定性指数为 0.424,44 个村庄中包含了 27 个空间结构不稳定型村庄。

结果显示(图 1):孟州市西北部丘陵区的农村居民点空间结构较不稳定、中东部平原区稳定性指数整体较高、南部黄河滩区多为较稳定状态。受地形条件限制,槐树乡和赵和镇农村居民点边缘都相对复杂、分维数较高,与槐树乡相比位于过渡带的赵和镇的农村居民点平均斑块面积(MPS)较大,因此空间结构稳定性相对较高;在经济条件好的平原区,随着人口的增长村庄不断扩张,但由于村庄建设过程中缺乏合理规划使农村居民点无序扩张,造成农村居民点边缘复杂化,使农村居民点空间结构稳定性较低,如河雍办事处的王庙村和会昌办事处的堤北头村。

3.1.2 村庄发展适宜性分析

孟州市各乡镇的村庄发展适宜性评价指数差距较大,在所有评价的村庄中共包含发展适宜型村庄 19 个、较适宜 88 个、不适宜 156 个。孟州市西北部的槐树乡、谷旦镇、赵和镇的不适宜型村庄数量较多,占不适宜型总数的 53.21%。

结果显示(图 2):发展适宜性高的村庄具有明显的沿交通干线分布的特征,不适宜型的多围绕发展适宜性较高区域分布或分布相对独立但与邻近居民点有一定距离;位于近郊区的南庄镇、西虢镇的村庄整体发展水平较高,这主要由于该区域地势平坦、区位条件优越、村庄集中分布形成了集聚效应,并受城区辐射带动了乡镇企业发展,加强了区域内村庄的经济发展实力;而槐树乡受到地形条件和资源禀赋限制,村庄布局较为分散,削弱了村与村、城与乡之间的联系,引起区域内人口外流、村庄发展缓慢;谷旦镇虽处于东部平原区,但由于农村居民点布局分散、区位条件差造成村庄发展适宜性整体偏低。

3.2 农村居民点布局优化分析

目前,大多学者在实际应用中采用均匀分布函数法划分协调度级别^[26-29]。本研究依据式(11)计算孟州市空间结构稳定性和村庄发展适宜性之间的协调度,根据实际测度结果的区间($0.235 \leq D \leq 0.511$),采用均匀分布函数法将孟州市各个村庄的空间结构稳定性和村庄发展适宜性协调度划分为高度协调($0.5 \leq D \leq 1$)、中度协调($0.4 \leq D < 0.5$)、低度协调($0.3 \leq D < 0.4$)和濒临失调($0 \leq D < 0.3$)4 个等级(图 3)。并根据农村居民点布局适宜性评

价结果将农村居民点分成多个适宜性级别,同时依据各级别村庄的空间结构特征和村庄发展特征提出 5 种农村居民点布局优化模式(图 4)。

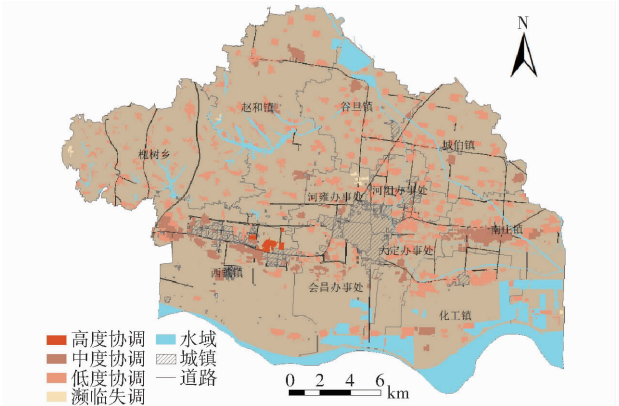


图 3 协调度分级图

Fig.3 Level map of coupling coordination

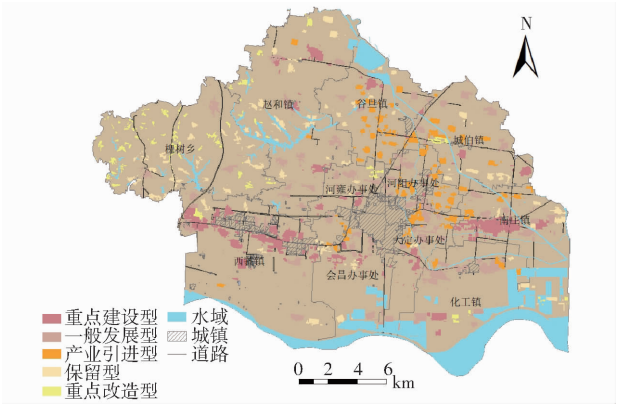


图 4 农村居民点布局优化模式分布图

Fig.4 Distribution results of optimization model of rural residential area

3.2.1 农村居民点协调度分析

孟州市农村居民点的空间结构稳定性和村庄发展适宜性多处于低度协调级别(表 6),孟州市农村居民点布局整体协调度较低,263 个村庄中共包含 226 个村庄处于低度协调状态,占农村居民点总面积的 72.60%;西虢镇的韩庄为高度协调,下口、汤庙、段西等 32 个村庄为中度协调,共占农村居民点总面积的 26.90%;王庙、青龙、马吉岭和秦沟 4 个村庄为濒临失调。

槐树乡和谷旦镇的村庄分别为典型的山地丘陵区农村和典型平原区农村,两种类型的农村居民点布局耦合协调度都不高。受地形条件限制,槐树乡较难形成大规模发展类型的农村居民点,因此农村居民点空间结构不稳定、村庄发展实力较弱,整体布局协调性较低;谷旦镇的农村居民点虽然分布规则且具有良好的资源禀赋,但由于农村居民点之间相对分散使居民点之间的空间集聚程度低,村庄发展受到限制,因此农村居民点布局整体协调性较低;如果缺乏二、三产业支撑,这两类地区的村庄将会逐渐

衰退。乡镇企业发达的南庄镇和西虢镇的村庄分布集中,村庄空间结构稳定、发展程度高,整体布局协调性高,但在发展过程中应对村庄合理规划,不能盲目扩张。

表 6 孟州市各乡镇农村居民点布局评价结果分布
Tab.6 Evaluation results of rural residential area distribution of towns in Mengzhou City

乡镇	村庄 个数	协调度等级				空间结构稳定性等级			发展适宜性等级		
		高度协调	中度协调	低度协调	濒临失调	稳定	较稳定	不稳定	适宜	较适宜	不适宜
大定办事处	16	0	2	14	0	11	4	1	1	7	8
会昌办事处	19	0	5	14	0	9	6	4	4	8	7
河雍办事处	12	0	3	8	1	4	7	1	1	6	5
河阳办事处	16	0	1	15	0	12	3	1	1	5	10
城伯镇	23	0	2	21	0	13	9	1	1	6	16
化工镇	20	0	1	19	0	8	9	3	1	11	8
南庄镇	25	0	4	20	1	10	11	4	1	10	14
西虢镇	21	1	8	12	0	11	8	2	3	13	5
谷旦镇	29	0	2	27	0	17	12	0	2	3	24
赵和镇	38	0	4	33	1	4	24	10	3	14	21
槐树乡	44	0	0	43	1	0	17	27	1	5	38
合计	263	1	32	226	4	99	110	54	19	88	156

3.2.2 农村居民点布局优化模式划分及其优化方向分析

受农村乡土观念、生活习惯、农田日常管理、农村土地集体所有制等因素限制,目前大规模的迁村并点的模式并不适用于农村居民点的布局优化,该模式不但工程量和资金投入量较大,而且大多数搬迁后的农村居民点仍处于闲置、再利用率不高的

状态,易造成土地资源浪费,因此应从村庄实际情况出发整治农村居民点,以村庄的协调可持续发展为优化理念提出适宜的优化方法。本研究从农村居民点的空间结构稳定性和村庄发展适宜性两方面出发,结合两者之间的耦合协调程度,将孟州市农村居民点划分为重点建设型、一般发展型、保留型、产业引进型和重点改造型5种布局优化模式(图4、表7)。

表 7 孟州市农村居民点布局类型及其优化模式
Tab.7 Layout type and optimization mode of rural residential area in Mengzhou City

农村居民点布局类型		农村居民点布局适宜性评价结果			农村居民点布局	合计
类别	协调度	评价结果组合类型	等级	村庄个数	优化模式	
高度协调 t1	[0.5,1]	t1 (d1 - s1)	1	1	重点建设型	33
中度协调 t2	[0.4,0.5)	t2 (d1 - s1 , d1 - s2 , d1 - s3)	2	17		
		t2 (d2 - s1 , d2 - s2)	3	15		
低度协调 t3	[0.3,0.4)	t3 (d1 - s3 , d2 - s1 , d2 - s2)	4	64	一般发展型	64
		t3 (d3 - s1)	5	57	产业引进型	57
		t3 (d2 - s3 , d3 - s2)	6	69	保留型	69
		t3 (d3 - s3)	7	36	重点改造型	40
濒临失调 t4	[0,0.3)	t4 (d3 - s3)	8	4		

(1)重点建设型:此类村庄多沿交通干线分布、区位优势、农村居民点规模大且对周边村庄具有较强吸引能力,应加强医疗、教育等基础配套设施的配置,邻近周边村庄的可进一步发展为小城镇;与附近村庄集聚程度低的可建设为中心村并服务于周边村庄。

(2)一般发展型:空间结构稳定、发展程度较好、村庄空间布局相对协调,村庄自身有一定发展潜力,对于此类村庄可分为两种优化方向:近郊区域的村庄可依附城镇发展;远郊区域村庄应加强与周边

村庄的联系,挖掘村庄自身发展潜力逐渐发展。

(3)保留型:村庄发展实力和村庄结构稳定性整体不高,多分布于远郊区且布局分散,但村庄整体布局较协调,对于此类农村居民点短期内予以保留,根据社会经济的实际发展状况进行优化。

(4)产业引进型:村庄空间结构稳定且具有一定规模但缺乏产业支撑,应根据当地资源禀赋状况和生态条件引入其他产业或与周边村庄抱团发展。如位于黄河滩区的新北村,可以打造生态观光农业,处于典型平原区的谷旦镇的董村、党宋马村可在其

周边建设产业园区与薛村和张刘李村共同发展。

(5)重点改造型:村庄空间结构不稳定、村庄发展适宜性低的村庄为重点改造对象。随着村庄的变迁,山地丘陵区许多村庄的农村居民点被荒废、村庄内人口外流,此类村庄应逐步与同类型村庄共同迁并,形成集聚优势构建适宜区域发展的产业,对于古文化村落以及有特色的村庄应予以保存建设为美丽乡村;处于平原区的村庄大多由于村庄扩张无序性造成村庄整体协调性较低,应加强规划治理,拆除杂乱违规用地。

4 结论

(1)孟州市农村居民点空间结构整体较稳定,但受到地形、区位以及建设过程缺乏合理规划造成农村居民点无序化扩张,因此部分村庄空间结构不

稳定;村庄发展实力悬殊,受到地形条件影响,西北部村庄布局分散,村庄发展受到限制;中南部地区村庄大多集中分布,村庄发展适宜性较高。

(2)根据农村居民点的空间结构稳定性和村庄发展适宜性之间的协调度,将农村居民点布局划分为高度协调、中度协调、低度协调和濒临失调4种类型。同时,结合村庄的农村居民点布局适宜性提出重点建设型、一般发展型、保留型、产业引进型和重点改造型5种优化模式,并根据区域特征提出了农村居民点的优化方向。

(3)经验证突变级数模型和耦合协调度模型适用于农村居民点布局优化的研究中,突变级数模型减小了以往研究中出现的主观影响程度,耦合协调程度能反映村庄布局中存在空间和发展之间的问题,研究结果有效、合理且符合当地实际情况。

参 考 文 献

[1] 龙花楼,屠爽爽.乡村重构的理论认知[J].地理科学进展,2018,37(5):581-590.
LONG Hualou,TU Shuangshuang. Theoretical thinking of rural restructuring[J]. Progress in Geography,2018,37(5):581-590. (in Chinese)

[2] 刘彦随,刘玉,翟荣新.中国农村空心化的地理学研究 with 整治实践[J].地理学报,2009,64(10):1194-1202.
LIU Yansui,LIU Yu,ZHAI Rongxin. Geographical research and optimizing practice of rural hollowing in China[J]. Acta Geographica Sinica,2009,64(10):1194-1202. (in Chinese)

[3] 傅超.城镇化过程中两栖占地现状、机理分析及政策选择[D].杭州:浙江大学,2007.
FU Chao. Double occupation of rural-urban land of China during urbanization: situation, mechanism and policy choice [D]. Hangzhou: Zhejiang University,2007. (in Chinese)

[4] 董光龙,许尔琪,张红旗.黄淮海平原不同类型农村居民点空间分布及变化特征研究[J].资源科学,2017,39(7):1248-1258.
DONG Guanglong,XU Erqi,ZHANG Hongqi. The spatial distribution and evolution of different types of rural settlements on Huang-Huai-Hai Plain[J]. Resources Science,2017,39(7):1248-1258. (in Chinese)

[5] 谭雪兰,周国华,朱苏晖,等.长沙市农村居民点景观格局变化及地域分异特征研究[J].地理科学,2015,35(2):204-210.
TAN Xuelan,ZHOU Guohua,ZHU Suhui, et al. Landscape pattern changes and the characteristic of spatio-temporal differentiation of rural residential area in Changsha in recent 20 years[J]. Scientia Geographica Sinica,2015,35(2):204-210. (in Chinese)

[6] 杨忍,刘彦随,龙花楼,等.中国村庄空间分布特征及空间优化重组解析[J].地理科学,2016,36(2):170-179.
YANG Ren,LIU Yansui, LONG Hualou, et al. Spatial distribution characteristics and optimized reconstructing analysis of rural settlement in China[J]. Scientia Geographica Sinica,2016,36(2):170-179. (in Chinese)

[7] 张瑞娟,姜广辉,王明珠,等.基于多维特征组合的农村居民点布局分类[J].农业工程学报,2015,31(4):286-292.
ZHANG Ruijuan,JIANG Guanghui,WANG Mingzhu, et al. Layout classification of rural settlement based on combination of multi-dimensional characteristics[J]. Transactions of the CSAE,2015,31(4):286-292. (in Chinese)

[8] 冯长春,赵若曦,古维迎.中国农村居民点用地变化的社会经济因素分析[J].中国人口·资源与环境,2012,22(3):6-12.
FENG Changchun,ZHAO Ruoxi, GU Weiying. Study on the social economic factors of the land use changes in rural residential areas of China[J]. China Population, Resources and Environment,2012,22(3):6-12. (in Chinese)

[9] 殷嘉迪,雷国平,乐容潮,等.三江平原农村居民点时空格局演变:以富锦市为例[J].水土保持研究,2017,24(6):300-312.
YIN Jiadi,LEI Guoping, LE Rongchao, et al. Spatiotemporal evolution of rural settlements in Sanjiang Plain: a case study in Fujin City[J]. Research of Soil and Water Conservation,2017,24(6):300-312. (in Chinese)

[10] 鲁莎莎,刘彦随.106国道沿线样带区农村空心化土地整治潜力研究[J].自然资源学报,2013,28(4):537-549.
LU Shasha,LIU Yansui. Rural land consolidation potential of typical transect along No.106 State Road[J]. Journal of Natural Resources,2013,28(4):537-549. (in Chinese)

[11] 邹亚锋,吕昌河,周玉,等.规划调控下的农村居民点整治潜力测算研究[J].资源科学,2016,38(7):1266-1274.
ZOU Yafeng,LÜ Changhe,ZHOU Yu, et al. Estimation of the consolidation potential of rural residential land based on planning regulation[J]. Resources Science,2016,38(7):1266-1274. (in Chinese)

[12] 刘晓恒,杨柳.基于Voronoi图的农村居民点空间分布及整治潜力研究:以威宁县为例[J].国土与自然资源研究,2016,46(6):46-51.
LIU Xiaoheng,YANG Liu. Voronoi diagram-based research on spatial distribution of rural settlements and consolidation potential: taking Weining County as an example[J]. Territory & Natural Resources Study,2016,46(6):46-51. (in Chinese)

[13] 胡学东,王占岐,童秋英,等.基于生态和社会经济约束的区域土地整治潜力评价研究[J].长江流域资源与环境,

- 2016,25(5): 804–812.
- HU Xuedong, WANG Zhanqi, TONG Qiying, et al. The regional land consolidation and rehabilitation potential evaluation under the constraints of ecology socio-economy[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(5): 804–812. (in Chinese)
- [14] 双文元, 郝晋珉, 艾东, 等. 基于区位势理论的农村居民点用地整治分区与模式[J]. 农业工程学报, 2013, 29(10): 251–261.
- SHUANG Wenyuan, HAO Jinmin, AI Dong, et al. Zoning and mode of rural residential land consolidation based on location potential theory[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(10): 251–261. (in Chinese)
- [15] 刘耀林, 范建彬, 孔雪松, 等. 基于生产生活可达性的农村居民点整治分区及模式[J]. 农业工程学报, 2015, 31(15): 247–254.
- LIU Yaolin, FAN Jianbin, KONG Xuesong, et al. Zoning and mode of rural residential land consolidation based on accessibility to production and living facilities[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(15): 247–254. (in Chinese)
- [16] 肖展春, 危小建, 文莹, 等. 基于 MCR 和多因素评价的辽宁省农村居民点调控分区[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(2): 121–127.
- XIAO Zhanchun, WEI Xiaojian, WEN Ying, et al. Zone control and regulation of rural residential areas in Liaoning Province based on MCR and multi-factor comprehensive evaluation[J]. Areal Research and Development, 2018, 37(2): 121–127. (in Chinese)
- [17] 谢保鹏, 朱道林, 陈英, 等. 基于区位条件分析的农村居民点整理模式选择[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 219–227.
- XIE Baopeng, ZHU Daolin, CHEN Ying, et al. Mode selection for rural residential land consolidation based on analysis of location condition[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(1): 219–227. (in Chinese)
- [18] 贺贤华, 杨昕, 毛熙彦, 等. 基于加权 Voronoi 多边形的山区农村居民点优化布局: 以重庆市崇龛镇与石龙镇为例[J]. 中国农业资源区划, 2016, 37(1): 80–89.
- HE Xianhua, YANG Xin, MAO Xiyan, et al. Optimization of rural residential land distribution in mountainous area based on weighted Voronoi diagram[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(1): 80–89. (in Chinese)
- [19] 张正峰, 吴沅箐, 杨红. 两类农村居民点整治模式下农户整治意愿影响因素比较研究[J]. 中国土地科学, 2013, 27(9): 85–91.
- ZHANG Zhengfeng, WU Yuanqing, YANG Hong. A comparative study on the impact factors of farmers' willingness in the context of two rural residential land readjustment patterns[J]. China Land Sciences, 2013, 27(9): 85–91. (in Chinese)
- [20] 李佩恩, 杨庆媛, 范垚, 等. 基于 SEM 的农村居民点整治中农户意愿影响因素: 潼南县中渡村实证[J]. 经济地理, 2016, 36(3): 162–169.
- LI Peien, YANG Qingyuan, FAN Yao, et al. Influence factors of farmers' willingness in rural residential land consolidation based on SEM: an empirical study of Zhongdu village, Tongnan County[J]. Economic Geography, 2016, 36(3): 162–169. (in Chinese)
- [21] 雷内·托姆. 结构稳定性与形态发生学[M]. 成都: 四川教育出版社, 1992.
- [22] 孙茜, 牛海鹏, 雷国平, 等. 高标准农田建设区域划定与项目区选址研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 337–346.
- SUN Qian, NIU Haipeng, LEI Guoping, et al. Well-facilitated farmland construction zoning and project site selection [J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(12): 337–346. http://www.jcsam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20161242&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.12.042. (in Chinese)
- [23] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态耦合的关联分析[J]. 地理学报, 2005, 60(2): 237–247.
- LIU Yaobin, LI Rendong, SONG Xuefeng. Grey associative analysis of regional urbanization and eco-environment coupling in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(2): 237–247. (in Chinese)
- [24] VALERIE I. The penguin dictionary of physics[M]. Beijing: Beijing Foreign Language Press, 1996: 92–93.
- [25] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 105–112.
- LIU Yaobin, LI Rendong, SONG Xuefeng. Analysis of coupling degrees of urbanization and ecological environment in China[J]. Journal of Natural Resources, 2005, 20(1): 105–112. (in Chinese)
- [26] 姜磊, 柏玲, 吴玉鸣. 中国省域经济、资源与环境协调分析: 兼论三系统耦合公式及其扩展形式[J]. 自然资源学报, 2017, 32(5): 788–799.
- JIANG Lei, BAI Ling, WU Yuming. Coupling and coordinating degrees of provincial economy, resources and environment in China[J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(5): 788–799. (in Chinese)
- [27] 范海燕, 朱丹阳, 郝仲勇, 等. 基于 AHP 和 ArcGIS 的北京市农业节水区划研究[J/OL]. 农业机械学报, 2017, 48(3): 288–293.
- FAN Haiyan, ZHU Danyang, HAO Zhongyong, et al. Agricultural water-saving zoning in Beijing based on AHP and ArcGIS[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(3): 288–293. http://www.jcsam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?flag=1&file_no=20170336&journal_id=jcsam. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.03.036. (in Chinese)
- [28] 盖美, 张福祥. 辽宁省区域碳排放-经济发展-环境保护耦合协调分析[J]. 地理科学, 2018, 38(5): 764–772.
- GAI Mei, ZHANG Fuxiang. Regional carbon emissions eco-nomic development and environmental protection coupling in Liaoning Province[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(5): 764–772. (in Chinese)
- [29] 张明斗, 莫冬燕. 城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析: 以东北三省 34 个地级市为例[J]. 资源科学, 2014, 36(1): 8–16.
- ZHANG Mingdou, MO Dongyan. Coupling coordination degree of urban land use benefit and urbanization[J]. Resources Science, 2014, 36(1): 8–16. (in Chinese)