

# 河北省域乡村聚落空间分布及其影响因素研究

王楠<sup>1</sup> 郝晋珉<sup>2,3</sup>

(1. 自然资源部国土整治中心, 北京 100035; 2. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193;  
3. 自然资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100193)

**摘要:** 在宏观尺度上剖析乡村聚落的空间分布特征及其影响因素, 有利于全面了解乡村聚落的空间分异规律及其形成原因, 并为村庄规划等工作提供研究基础。以河北省为主要研究区域, 借助景观格局指数、最邻近分析、核密度估计等方法, 分析乡村聚落的总体变化和空间分布特征, 并综合运用分布指数、因子分析法和多元线性回归分析法探究影响乡村聚落空间分布的主要因素。结果表明: 2000年以来尤其是2010年之后, 河北省乡村聚落主要以外延方式扩大规模, 且逐渐呈规模化、集中化分布, 其主要集聚分布于地形平坦的东南部地区, 且其集聚程度不断提升; 高耸地形、不利于农业生产的土壤以及大小规模河湖等自然因素对乡村聚落空间分布的限制性正在减弱, 不同等级城镇、道路等区位因素对乡村聚落产生集聚作用的程度和影响半径等有所差异; 乡村产住规模、区域经济发展水平和区域基础设施完善度是影响河北省乡村聚落空间分布的主要社会和经济因素, 且不同因素的主要作用区域有所差异。研究结果可为我国北方相关地区开展差异化的乡村聚落优化提供理论依据。

**关键词:** 乡村聚落; 空间分布; 影响因素; 分布指数; 北方地区; 河北省

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-1298(2024)05-0176-10

OSID:



## Spatial Distribution of Rural Settlements and Its Influencing Factors in Hebei Province

WANG Nan<sup>1</sup> HAO Jinmin<sup>2,3</sup>

(1. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China  
2. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China  
3. Key Laboratory of Agricultural Land Quality, Ministry of Natural Resources, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Analyzing the spatial distribution characteristic of rural settlements and their influencing factors on a macro scale is conducive to comprehensively understanding the spatial differential law of rural settlements and its forming reasons, and providing a research basis for village planning and other work. Taking Hebei Province as the main research area, the overall changes and spatial distribution characteristics of rural settlements were analyzed with the help of landscape pattern indices, the nearest neighbor analysis and kernel density estimation, and the main factors influencing rural settlement spatial distribution were explored based on the integrated application of distribution indices, factor analysis and multiple linear regression analysis. The results showed that since 2000, especially after 2010, rural settlements in Hebei Province had mainly expanded their area through extension development and gradually showed a large-scale and concentrated distribution. They were aggregated in the southeast of Hebei Province and their degree of agglomeration was continuously increasing. The limitations of natural factors such as towering terrain, soil that was not conducive to agricultural production and rivers and lakes of different scales on the spatial distribution of rural settlements were weakening. There were differences in the degree and radius of agglomeration effects that locational factors such as towns or roads of different levels on rural settlements. The rural production and housing scale, the regional economic development and the regional infrastructure completeness were the main social and economic factors that affected the spatial distribution of rural settlements in Hebei Province, and the main areas affected by different factors

收稿日期: 2023-09-25 修回日期: 2023-12-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(42301318)和国家科技支撑计划项目(2015BAD06B01)

作者简介: 王楠(1994—), 女, 工程师, 博士, 主要从事乡村聚落转型与农村土地整治研究, E-mail: wangnan\_1994@126.com

通信作者: 郝晋珉(1960—), 男, 教授, 博士, 主要从事国土空间规划与区域可持续发展研究, E-mail: jmhao@cau.edu.cn

were distinct. The research results can provide a theoretical basis for the differentiated optimization of rural settlement in relevant regions of northern China.

**Key words:** rural settlements; spatial distribution; influencing factors; distribution index; northern China; Hebei Province

## 0 引言

乡村聚落是指一定规模与从事农业生产密切相关的人群,在一定地域范围内集中居住的形态<sup>[1]</sup>。乡村聚落的区位、规模、分布、结构、形态和功能等方面的地域分异与格局演化往往能揭示不同阶段、不同区域的人地关系规律<sup>[2]</sup>。目前,有关乡村聚落演变与驱动机制的相关研究已形成了较为完善的研究体系,具体表现为研究方法更加多样<sup>[3-7]</sup>、研究区域更加多元<sup>[8-9]</sup>、研究理论逐步建立<sup>[10-11]</sup>、研究视角更加丰富<sup>[12-16]</sup>。然而,近年来此类研究多在市级及以下尺度上开展,如市域<sup>[17-19]</sup>、县域<sup>[20-21]</sup>、镇域<sup>[22]</sup>、村域<sup>[23]</sup>或部分流域<sup>[24]</sup>等。少量以省域为研究范围开展的相关研究多关注于我国南方地区<sup>[25-26]</sup>,缺乏在宏观空间尺度上对北方地区乡村聚落发展规律的全面认识。

河北省位于华北地区,是我国重要的农业大省,还是我国唯一兼有高原、山地、丘陵、平原、湖泊和海滨的省份。因此,该省典型的农村区域特征和丰富的土地资源类型有助于通过开展相关研究全面剖析北方地区乡村聚落的空间分布规律。本研究对2000年以来河北省乡村聚落的空间分布类型和格局进行分析,并从自然和区位、社会和经济等方面探究影响乡村聚落空间分布的主要因素,在宏观尺度上剖析近年来北方地区乡村聚落的空间分布规律,以期对相关地区开展差异化的乡村聚落用地优化提供理论依据。

## 1 研究方法和数据收集

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 景观格局指数

本研究采用景观格局指数<sup>[27]</sup>,并结合GIS技术,对2000、2010、2018年的乡村聚落斑块特征进行量化,反映其在规模方面的总体变化特征,为开展乡村聚落空间分布及其影响因素研究提供基础分析及依据。主要计算指标及其含义见表1。

#### 1.1.2 最邻近分析

点状要素一般有随机、均匀和集聚3种空间分布类型,其判别可采用最邻近距离和最邻近点指数<sup>[28]</sup>。前者通过测定每个点与其最邻近点之间的距离 $r_1$ ,再取其平均值 $\bar{r}_1$ 求得,用以表示点状要素

表1 乡村聚落景观格局指数及其含义

Tab.1 Landscape pattern indices of rural settlements and their meanings

景观格局指数	指标含义
斑块数目(NP)	景观中乡村聚落斑块数量
斑块总面积(CA)	景观中乡村聚落斑块总面积
斑块所占景观面积比例(PLAND)	乡村聚落斑块总面积占景观总面积比重
平均斑块面积(MPS)	景观中乡村聚落斑块总面积与斑块数目比值
斑块面积标准差(PSSD)	反映景观中各乡村聚落斑块面积之间的差距
最大斑块指数(LPI)	景观中最大乡村聚落斑块面积占斑块总面积比例

在地理空间中的相互邻近程度。当研究区内的点状要素呈随机型分布时,其最邻近距离可表示为

$$\bar{r}_E = \frac{1}{2\sqrt{n/S}} = \frac{1}{2\sqrt{D}} \quad (1)$$

式中  $\bar{r}_E$ ——理论最邻近距离  
 $n$ ——点单元数量  
 $S$ ——研究区土地总面积  
 $D$ ——点单元密度

因此,均匀分布的最邻近距离最大,随机分布次之,集聚分布最小。

最邻近点指数 $R$ 为实际最邻近距离 $\bar{r}_1$ 与理论最邻近距离 $\bar{r}_E$ 的比值,即

$$R = \frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_E} \quad (2)$$

当 $R=1$ 时, $\bar{r}_1 = \bar{r}_E$ ,点单元随机分布;当 $R>1$ 时, $\bar{r}_1 > \bar{r}_E$ ,点单元趋于均匀分布;当 $R<1$ 时, $\bar{r}_1 < \bar{r}_E$ ,点单元趋于集聚分布。该方法可用于判断乡村聚落的空间分布类型。

#### 1.1.3 核密度估计法

核密度估计法假设地理事件可以发生在空间的任一地点,但在不同位置上发生的概率有所不同<sup>[28]</sup>。点密集区域事件发生的概率高,点稀疏区域事件发生的概率低。根据概率理论,核密度估计被定义为:设点集 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 为从分布密度函数 $f$ 的总体中抽取的样本,核密度估计 $f$ 在某点 $x$ 处的值为 $f(x)$ 。其表达式为

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (3)$$

式中  $k\left(\frac{d_i}{h}\right)$ ——核函数

$d_i$ ——估值点  $x$  到事件  $X_i$  处的距离

$h$ ——带宽,其值大于0

该方法可用于判断乡村聚落的空间分布密度。

#### 1.1.4 分布指数

分布指数在已有相关研究中用于描述不同地形条件下乡村聚落的分布状况,其有利于消除不同地形因子面积分布差异造成的影响<sup>[29]</sup>。本研究将该方法的研究对象进行了扩展,用于描述包括地形在内的一系列自然和区位条件下的乡村聚落分布状况,全面分析影响乡村聚落空间分布的主要因素。其计算公式为

$$P_{ie} = \frac{S_{ie}/S_i}{S_e/S} \quad (4)$$

式中  $P_{ie}$ ——乡村聚落在  $i$  类自然和区位条件下的分布指数

$S_{ie}$ ——乡村聚落在  $i$  类自然和区位条件下的面积

$S_i$ ——研究区乡村聚落总面积

$S_e$ ——研究区内  $i$  类自然和区位条件下的总面积

当  $P_{ie} > 1$  时,说明乡村聚落在该类自然和区位条件下出现的频率较高,该类自然和区位条件是影响乡村聚落空间分布的主要因素。 $P_{ie}$  越大,其影响程度越明显。

#### 1.1.5 因子分析法

因子分析法通过研究众多变量之间的内部依赖关系,探求观测数据中的基本结构,并用少数几个假想变量来表示基本的数据结构<sup>[30]</sup>,是进行乡村聚落空间分布影响因素分析的一种常见的多元统计方法。该方法假设有  $n$  个观测变量,分别为  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , 其中  $x_i$  为具有零均值、单位方差的标准变量,则因子模型的一般表达式为

$$x_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + u_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

式中  $f_1, f_2, \dots, f_m$ ——公因子,解释变量之间的相关性

$u_i$ ——特殊因子,表示该变量不能被公因子所解释的部分

$a_{ij}$ ——因子负载,是第  $i$  个变量在第  $j$  个公因子上的负载( $j = 1, 2, \dots, m$ )

参考已有研究并基于数据的可获取性,从乡村居住规模、区域社会经济发展水平、乡村生产规模3方面共选取15个可能影响乡村聚落空间分布的社会经济指标进行因子分析:乡村聚落是农民的主

要住所,随着乡村人口规模扩大,容纳农民生活的乡村聚落也将扩张,因而乡村居住规模是影响乡村聚落空间分布的最直接因素,选取乡村户数( $X_1$ )、乡村人口数( $X_2$ )、乡村从业人员数( $X_3$ )和城镇化率( $X_4$ )来反映;随着区域发展水平提升,优越的生活条件会吸引农民在该区域聚居,良好的经济条件也会促使农民进一步扩张乡村聚落,因而选取农林牧渔业增加值( $X_5$ )、一般公共预算收入( $X_6$ )、一般公共预算支出( $X_7$ )、农村居民人均可支配收入( $X_8$ )和公路里程( $X_9$ )反映区域社会经济发展水平;乡村聚落所集聚的人口以农业生产活动为主要生计来源,农业生产规模越大,乡村聚落中伴随农民房前屋后的用于晾晒、养殖等用途的小规模生产场地也会相应扩大,因而乡村生产规模也对乡村聚落空间分布有一定影响,选取农用机械总动力( $X_{10}$ )、农作物总播种面积( $X_{11}$ )、粮食产量( $X_{12}$ )、农业产业化经营率( $X_{13}$ )、农林牧渔业总产值( $X_{14}$ )和农林牧渔服务业产值( $X_{15}$ )来反映。以通过因子分析法所提取的公因子得分为自变量,以所选取的衡量乡村聚落空间分布的相关指标为因变量,采用多元线性回归分析法,可以进一步验证并分析得到不同公因子对乡村聚落空间分布的影响程度<sup>[31]</sup>。

#### 1.2 数据来源与处理

采用数据包括河北省地理空间数据和社会经济数据两类。地理空间数据中,2000、2010、2018年乡村聚落,以及2000年DEM和1995年土壤类型等,提取自中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/Default.aspx>)发布的相关数据;2019年水系数据提取自国家基础地理信息中心(<https://www.ngcc.cn/ngcc/>)发布的1:1 000 000全国基础地理数据库;地市级、区县级、乡镇级人民政府POI数据提取自规划云(<http://guihuayun.com/>),并根据国家统计局(<https://www.stats.gov.cn/>)公布的2023年行政区划进行筛选;2000、2009、2018年主要道路提取自北京大学地理数据平台(<https://geodata.pku.edu.cn/>)分享的相关数据。2018年各县(市)社会经济数据来源于2019年《河北农村统计年鉴》;对于个别缺失或存在异常的数据,从相关县(市)统计年鉴中核实并补充。

## 2 结果与分析

### 2.1 乡村聚落总体变化特征

河北省乡村聚落景观格局指数计算结果见表2。由表2可以看出,2000年到2018年期间该区域乡村聚落规模发生了一定变化,且这种变化在2010年之后表现更为明显。首先,乡村聚落的数量

(NP)、面积(CA)及其占土地利用总面积的比重(PLAND)均有明显增加,乡村聚落规模扩大。其次,乡村聚落平均斑块面积(MPS)的增大,表明乡村聚落规模的扩张主要以外延式为主,即围绕原有乡村聚落新建房屋。另外,乡村聚落之间的规模差距(PSSD)和最大斑块指数(LPI)有所增加,表明乡村

聚落逐渐呈规模化、集中化分布,零散分布的小面积聚落比例减少。进入21世纪后,随着农户自身经济水平的不断提升,其会源于攀比、炫耀或未雨绸缪的非理性心理因素,超出自身需求大量扩张聚落,同时随着我国城镇发展迈入高质量阶段,城镇建设占用乡村聚落的情况也大幅减少<sup>[32]</sup>。

表2 2000、2010、2018年河北省乡村聚落景观格局指数

Tab.2 Landscape pattern indices of rural settlements of Hebei Province in 2000, 2010 and 2018

景观格局指数	2000年	2010年	2018年
斑块数目(NP)	7 804	7 803	9 296
斑块总面积(CA)/hm <sup>2</sup>	7.47 × 10 <sup>5</sup>	7.54 × 10 <sup>5</sup>	1.05 × 10 <sup>6</sup>
斑块所占景观面积比例(PLAND)/%	3.98	4.01	5.59
平均斑块面积(MPS)/hm <sup>2</sup>	95.71	96.57	113.23
斑块面积标准差(PSSD)/hm <sup>2</sup>	67.54	67.57	114.52
最大斑块指数(LPI)/%	0.25	0.16	0.28

2.2 乡村聚落空间分布特征

由于最邻近分析和核密度估计法均需采用点要素开展相关分析,因而本研究先借助 ArcGIS 10.3 软件将河北省3期乡村聚落数据转换为点图层,然后再借助软件中的相关分析工具开展此部分研究。

2.2.1 空间分布类型

为识别乡村聚落的空间分布类型,采用最邻近分析计算河北省乡村聚落的最邻近点指数,结果如表3所示。各年份R均小于1;临界值z均小于-2.58,显著性水平P<0.01,表明乡村聚落呈现出的集聚分布态势只有1%的可能性是随机过程产生的结果。因此,河北省乡村聚落在各时间点上均呈现明显的集聚分布态势。对比可知,随着时间的推移,R呈上升态势,表明乡村聚落集聚程度不断提升。其中,2010年到2018年间由于乡村聚落数量

表3 2000、2010、2018年河北省乡村聚落最邻近点指数

Tab.3 Nearest neighbor indices of rural settlements of Hebei Province in 2000, 2010 and 2018

参数	2000年	2010年	2018年
最邻近点指数R	0.717 0	0.718 4	0.772 8
临界值z	-47.833 4	-47.580 7	-41.903 3

大幅跃升,R提升幅度也较为明显。

2.2.2 空间分布格局

为识别乡村聚落集聚的主要区域,采用核密度估计法对河北省乡村聚落的空间分布密度进行测算,结果如图1所示。2000年乡村聚落集中分布于河北省东南部地区,与平原地区分布基本一致。2000年和2010年的核密度分布图大体相似,但到2018年核密度高值区在东南部平原地带又出现明显扩张趋势,可见地形条件可能是影响乡村聚落空

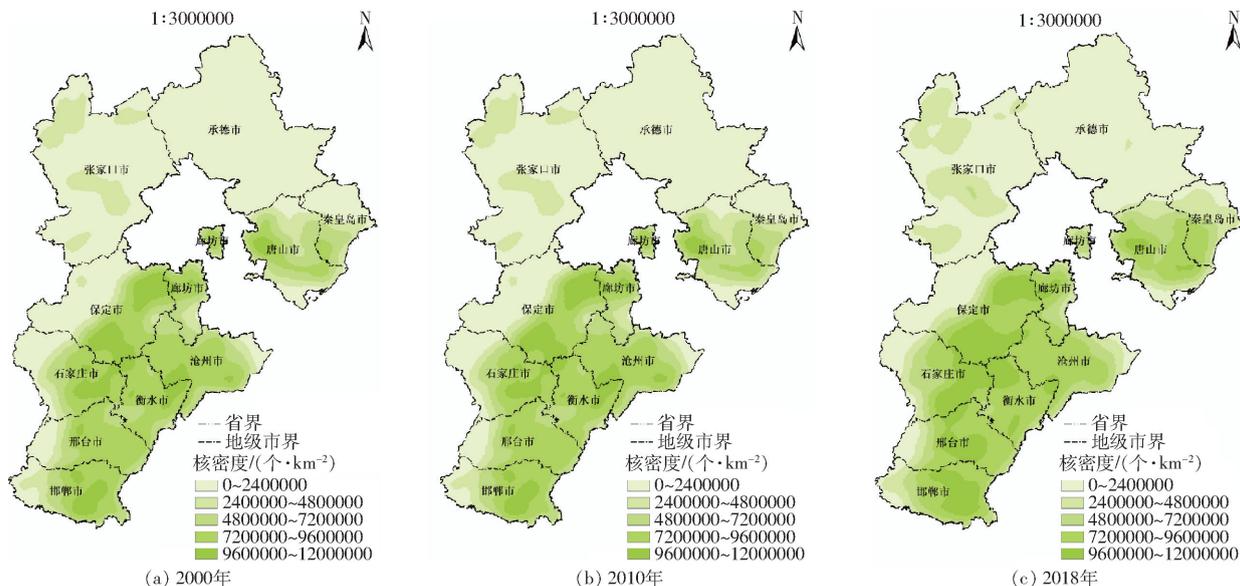


图1 2000、2010、2018年河北省乡村聚落核密度分布图

Fig.1 Kernel density distributions of rural settlements of Hebei Province in 2000, 2010 and 2018

间分布的一大重要因素。

## 2.3 乡村聚落空间分布影响因素

### 2.3.1 自然和区位因素

借助 ArcGIS 10.3 软件,将分级或分类后自然和区位因子与乡村聚落进行叠加,计算不同自然和区位因子下的乡村聚落分布指数。由于难以获取到多年份的地形、土壤、河湖空间分布数据,且此类自然因素在一定时期内相对稳定,因而本研究在开展相关分析时采用某一期自然因素空间分布数据分别与 3 期乡村聚落空间分布数据进行叠加。

#### (1) 地形

地形在一定时期内具有相对稳定性,是乡村聚落初始区位形成的基础<sup>[33]</sup>,本研究主要探讨高程和坡度与乡村聚落空间分布的关系。如图 2a 所示,随着高程上升,乡村聚落分布指数逐渐下降,且其仅在高程小于 500 m 时大于 1。这是由于海拔增加会导致气温降低,加之山地地形的限制,适宜农业生产的土地大量减少,农业人口聚居条件变差,乡村聚落规模相应减少<sup>[34]</sup>。另外,这种空间关系未随时间推移发生明显变化,可知低海拔地区始终是河北省乡村聚落分布的主要区域。如图 2b 所示,随着坡度上升,乡村聚落分布指数呈下降态势,且其仅在坡度小于 2° 时大于 1。坡度越大的地区,涵养水源的能力越差,水土流失越严重,不利于开展农业生产活动,也不利于乡村聚落建设。然而,从 2010 年到 2018 年,乡村聚落在平地(坡度为 0°~2°)上的分布指数有所下降,在坡地(坡度大于等于 2°)上的分布指数呈上升态势。通过进一步分析相关数据可知,该时段中各坡度范围内的乡村聚落规模均有增长,但坡地区域乡村聚落规模增长幅度更大,增长率高

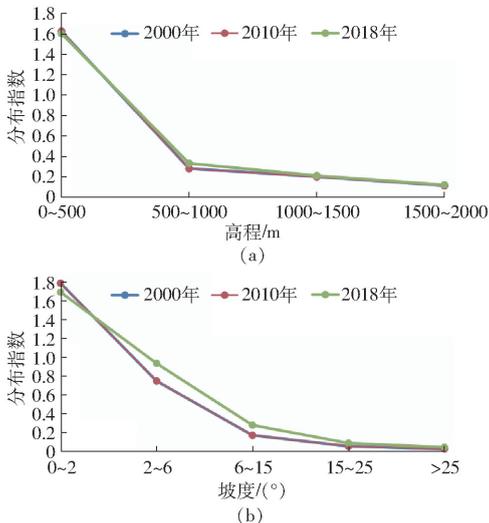


图2 河北省乡村聚落地形因子分布指数

Fig. 2 Distribution indices of rural settlements in topographic factor in Hebei Province

74%~131%,而平地区域乡村聚落规模增长率仅为32%。随着社会经济的进步,人类改造自然的能力增强,自然环境对于农业发展、农村建设的限制逐渐减小<sup>[35]</sup>。因此,河北省乡村聚落虽主要分布于平地地区,但随着社会经济发展其在坡地区域呈现快速扩张趋势。

#### (2) 土壤

土壤资源是人类赖以生存的物质基础,与乡村聚落的空间分布格局有较强关联<sup>[36]</sup>。我国的土壤分类以发生学原理为指导,考虑了相对稳定的历史发生<sup>[37]</sup>,因此本研究主要探讨土纲与乡村聚落空间分布的关系。如图 3 所示,仅有半水成土和人为土的乡村聚落分布指数大于 1,半淋溶土的乡村聚落分布指数在 1 附近浮动。其中,半水成土以潮土为主,其一般分布于地势平坦、土层深厚、水热资源较丰富的地区,是我国主要的旱作土壤,盛产粮棉;人为土主要为水稻土和灌淤土,是在长期人为活动影响下形成的土壤类型;半淋溶土以褐土为主,一般分布于光热条件较好、土体深厚、土壤质地适中的地区,广泛适种粮食和经济作物。另外,随着时间推移,乡村聚落在其他类型土壤上的分布指数有所提升。可知,河北省乡村聚落主要分布于利于开展农业生产的土壤上,但随着社会经济的不断发展,土壤条件对于农业生产的限制作用不断减小。

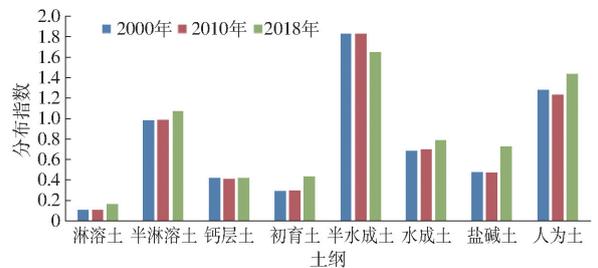


图3 河北省乡村聚落土壤因子分布指数

Fig. 3 Distribution indices of rural settlements in soil factor in Hebei Province

#### (3) 河湖

本研究将河湖划分为大型河湖(湖泊、水库、双线的河流和沟渠等)和小型河湖(单线的河流、沟渠等),并探讨不同等级河湖与乡村聚落空间分布的关系。由图 4a 可知,随着与大型河湖距离越远,其乡村聚落分布指数呈现先上升、后下降的变化趋势,且该数值在距离大型河湖 5~25 km 范围内大于 1,5~15 km 范围内达到最大值。可见,由于大型河湖存在较高的洪涝灾害风险或划定了一定距离的保护范围,农民一般会考虑在与大型河湖一定距离范围外定居。由图 4b 可知,随着与小型河湖距离越远,

其乡村聚落分布指数呈现下降态势,且该数值仅在距离小型河湖 3 km 范围内大于 1,可见小型河湖对乡村聚落有一定的吸引作用,但其影响半径相对较小。此外,随时间推进,乡村聚落在与大型河湖一定距离范围内的分布指数有所上升,大型河湖对于乡村聚落的集聚作用增强,但 5 km 范围内依旧不具有空间分布优势。由于取水手段更加先进,乡村聚落在与小型河湖一定距离范围内的分布指数也有小幅提升。

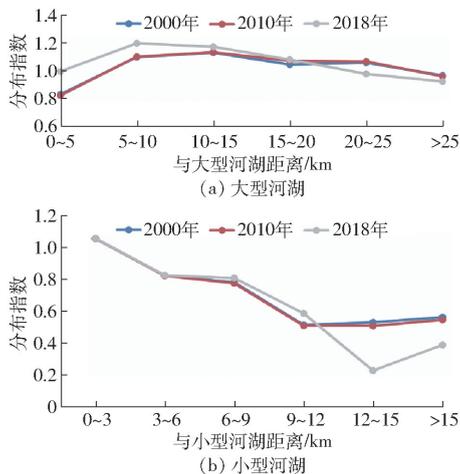


图4 河北省乡村聚落河湖因子分布指数  
Fig. 4 Distribution indices of rural settlements in river and lake factor in Hebei Province

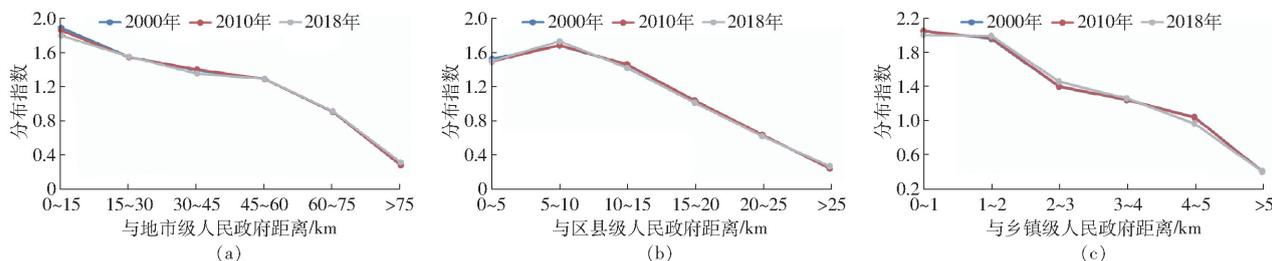


图5 河北省乡村聚落城镇因子分布指数

Fig. 5 Distribution indices of rural settlements in urban factor in Hebei Province

(5) 道路

本研究将道路划分为主干道(高速、国道、省道、铁路等)、次干道(城市主干道、县道等)和支路(城镇街道、乡村道路等),并探讨不同等级道路与乡村聚落空间分布的关系。考虑到不同年份道路统计数据口径不一致且存在数据缺失情况,本研究暂

不对不同年份的乡村聚落道路因子分布指数进行对比分析。由图6可知,与各级道路距离越远,乡村聚落分布指数几乎均呈减小趋势,且从2010年来看,乡村聚落分布指数分别在距主干道、次干道和支路5、12、5 km时大于1(2018年分别为5、6、3 km)。可见,次干道作为农民日常生活中与外界联结沟通的

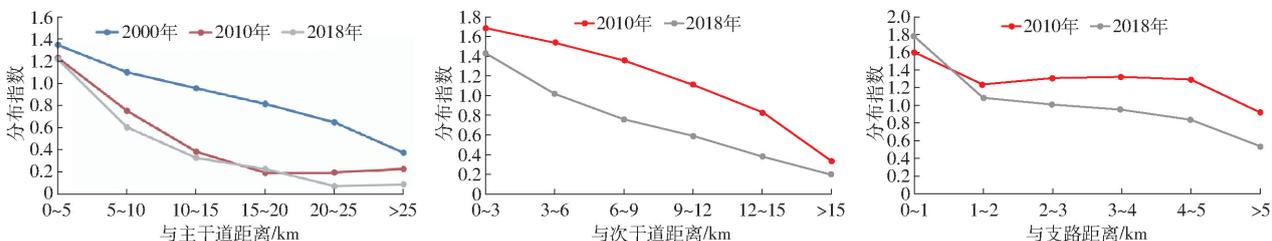


图6 河北省乡村聚落道路因子分布指数

Fig. 6 Distribution indices of rural settlements in road factor in Hebei Province

(4) 城镇

由于难以大批量获取到历史年份政府驻地数据,且在宏观空间尺度上政府驻地的迁移随时间变化并不显著,因而本研究主要采用目前各级政府分布POI数据探讨不同等级城镇与乡村聚落空间分布的关系,计算结果如图5所示。首先,乡村聚落在乡镇级人民政府上的分布指数相对较高,可知乡村聚落更倾向于围绕低等级城镇周边分布。其次,乡村聚落分别在距地市级、区县级、乡镇级人民政府60、20、5 km范围内时分布指数大于1,这表明城镇等级越高,其对乡村聚落产生集聚作用的影响半径越大。不过,高等级城镇对乡村聚落产生的广泛集聚作用并非全部来源于其直接影响,还有可能来源于间接效应,即高等级城镇对低等级城镇存在辐射影响<sup>[38]</sup>,低等级城镇再对乡村聚落产生集聚作用。对于区县级人民政府而言,乡村聚落在距其0~5 km范围内的分布指数略小于5~10 km范围内(图5b),这说明虽然县城的各类服务设施更为完善,但县级单元作为近年来城镇化发展的重要层级<sup>[39]</sup>,乡村聚落在县城内部的发展并不突出。此外,乡村聚落在城镇因子上的分布指数随时间变化并不明显,表明各级城镇在各距离范围内对乡村聚落的集聚作用随时间变化均不大。

最主要道路类型,其对于乡村聚落吸引作用的影响半径相对较大。

### 2.3.2 社会和经济因素

考虑到市辖区主要以城市化为发展方向,本研究以河北省121个县和县级市为研究单元,综合运用因子分析法和多元线性回归分析法,借助IBM SPSS Statistics 21软件对影响乡村聚落空间分布的社会和经济因素进行分析。首先,KMO检验所得数值为0.755,高于0.7,表明所有变量之间的偏相关系数的平方和远小于简单相关系数的平方和;Bartlett的球形度检验所得 $P$ 值小于0.001,拒绝原假设,表明相关矩阵不是单位阵,因而本研究所选取的观测数据适合开展因子分析。然后,采用主成分分析法求解初始因子,结果如表4所示。可知前4个因子的特征值均大于1,且其累积贡献率达到76.420%,表明这4个因子代表了所选取的15项指标的大量信息,可以达到数据精简的目的。

表4 各因子的特征值及贡献率

Tab.4 Characteristic value and contribution rate of each factor

公因子	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	6.150	40.997	40.997
2	2.458	16.386	57.383
3	1.659	11.060	68.443
4	1.197	7.977	76.420
5	0.945	6.303	82.723
6	0.703	4.685	87.408
7	0.584	3.891	91.299
8	0.447	2.978	94.277
9	0.332	2.211	96.488
10	0.277	1.848	98.336
11	0.087	0.578	98.914
12	0.079	0.528	99.442
13	0.059	0.392	99.834
14	0.019	0.127	99.961
15	0.006	0.039	100

接着,采用最大方差法使与每个因子有关的负载平方的方差最大,当只有少数几个变量在某个因子上有较高的负载时,对因子的解释才是最简单的,因子旋转结果如表5所示。可知,第1公因子主要与 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 和 $X_{12}$ 高度相关,第2公因子主要与 $X_4$ 、 $X_6$ 和 $X_8$ 高度相关,第3公因子主要与 $X_9$ 高度相关,第4公因子主要与 $X_{15}$ 高度相关。由此,将可能影响河北省乡村聚落空间分布的主要社会和经济因素归纳为乡村产住规模、区域经济发展水平、区域基础设施完善度和乡村第三产业发展水平4类。

最后,以软件自动计算生成的4个公因子的得

表5 旋转后的因子载荷矩阵

Tab.5 Factor loading matrix after rotation

因子	公因子			
	1	2	3	4
$X_1$	0.826	0.126	0.431	-0.081
$X_2$	0.894	0.197	0.273	-0.078
$X_3$	0.885	0.201	0.285	-0.020
$X_4$	-0.020	0.864	-0.099	0.136
$X_5$	0.364	0.084	0.666	0.521
$X_6$	0.015	0.847	0.369	-0.116
$X_7$	0.190	0.671	0.569	-0.128
$X_8$	0.237	0.810	-0.070	0.119
$X_9$	0.093	-0.078	0.824	-0.115
$X_{10}$	0.705	0.236	0.034	0.241
$X_{11}$	0.785	-0.050	0.123	0.365
$X_{12}$	0.857	0.020	-0.138	0.319
$X_{13}$	0.291	0.395	-0.153	-0.028
$X_{14}$	0.410	0.066	0.637	0.568
$X_{15}$	0.092	0.026	-0.067	0.757

分为自变量,以乡村聚落面积为因变量,采用逐步多元线性回归对121个研究单元进行分析。由表6可知,调整决定系数 $R^2$ 为0.689,说明多元线性回归模型拟合度较好;乡村第三产业发展水平未进入回归模型,说明乡村第三产业发展水平对于乡村聚落空间分布的影响并不显著。

表6 多元线性回归结果

Tab.6 Results of multiple linear regression

项目	标准系数	$P$
乡村产住规模	0.701	<0.001
区域经济发展水平	0.397	<0.001
区域基础设施完善度	0.220	<0.001
$R^2$	0.696	
调整 $R^2$	0.689	

乡村产住规模、区域经济发展水平和区域基础设施完善度均通过了0.01水平显著性检验,且其标准系数依次减小,说明三者对乡村聚落空间分布的影响程度依次减弱。通过将以上3个公因子的得分落实到空间层面可知,乡村产住规模对乡村聚落空间分布的影响主要体现在河北省东南部平原地区(图7a),该区域地势平坦,乡村人口较多、农业生产规模较大,乡村聚落较为集聚;区域经济发展水平对乡村聚落空间分布的影响主要体现在环京津周边地区(图7b),该区域经济发展水平较高,吸引乡村聚落集聚于此;区域基础设施完善度对乡村聚落空间分布的影响主要体现在河北省西北部山地及高原地区(图7c),该区域地处偏远,发达的交通网络成为其沟通外界资源的重要纽带,并对于促进乡村聚落集聚具有重要意义。

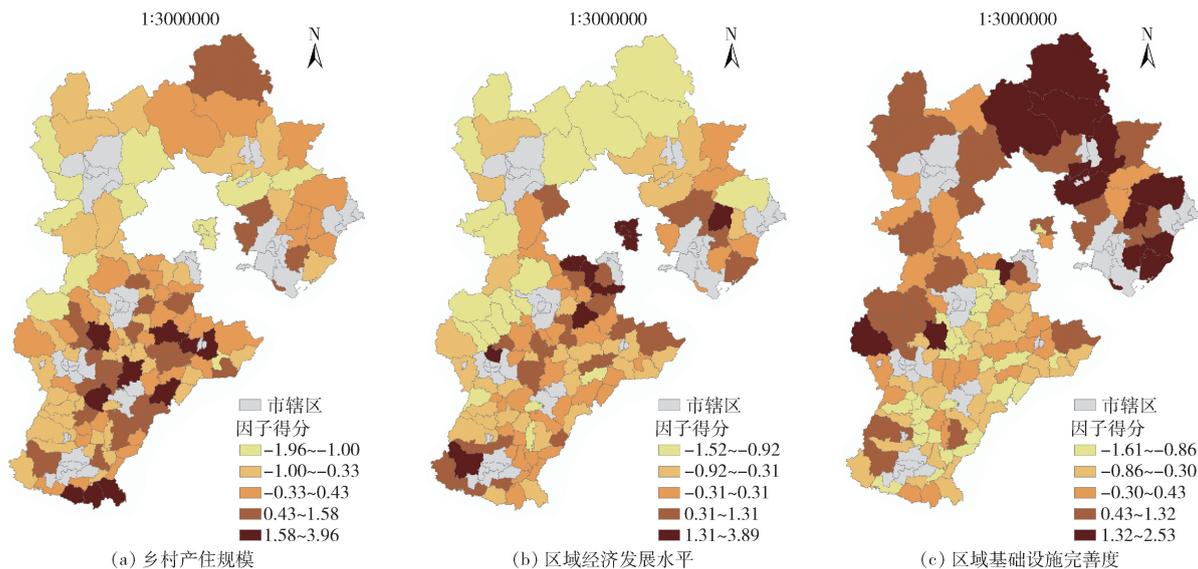


图7 河北省各县域公因子得分

Fig. 7 Common factor scores of counties in Hebei Province

### 3 讨论

乡村聚落的空间分布是多种因素综合作用的结果。其中,自然和区位因素是乡村聚落长期存在与延续的基本条件。自新石器时代农业生产出现起,乡村聚落的选址就主要与地形、土壤、河流等一系列自然资源要素影响下的农业生产条件密切相关<sup>[40]</sup>。因此,自然条件相对优越的河北省东南部地区始终是乡村聚落集聚的主要区域。随着人类文明的不断进步和发展,除农业生产外,农村地区非农产业发展需求也在不断提升<sup>[41]</sup>。而非农产业发展所需的资本、技术、信息等生产要素是以农业发展为主体的乡村地区不曾具备的,因此在区位层面上与发达地区建立紧密联系尤为重要。城镇可以提供非农产业发展所需的生产要素,道路可以成为农村地区与发达地区之间生产要素流动的桥梁,因此二者对乡村聚落的空间分布具有一定影响。然而,随着21世纪以来我国社会经济的快速发展,现代农业、信息通信等一系列科技手段被广泛应用,多数自然和区位因素对于农村地区各类生产活动的限制作用逐渐减弱。目前,短时期内的乡村聚落的空间分布格局主要受到社会和经济因素影响<sup>[31]</sup>。虽然自然和区位因素对乡村聚落空间分布的影响正在减弱,但其长期影响下形成的规模化农业和人口,仍能使河北省东南部地区乡村聚落保持高度集聚。另外,偏远地区由于经济发展落后、人口流失严重,乡村聚落可能会面临消亡,但为保护部分乡村聚落的文化价值、经济价

值等,未来可以通过提升所在区域交通等基础设施水平的方式为古村落保护与发展提供助力。

### 4 结论

(1) 2000—2018年期间,河北省乡村聚落主要以外延方式扩大规模,并逐渐呈规模化、集中化分布,零散分布的小面积聚落比例减少。从空间分布上来看,该省乡村聚落呈现明显的集聚分布态势,且其集聚程度不断提升,从区域上来看集中分布于河北省东南部平原地区。整体来看,2010年以后河北省乡村聚落的变化更为明显。

(2) 从影响河北省乡村聚落空间分布的自然和区位因素来看,地势越低平、土壤条件越有利于农业生产、越靠近小型河湖或大型河湖一定距离范围外,乡村聚落越集聚,但随人类改造自然的能力增强,此类自然因素对乡村聚落空间分布的限制性正在减小。城镇、道路等区位因素均具有集聚乡村聚落的作用,但相比而言,不同等级城镇中乡镇集聚程度更强、地市影响半径更广,不同等级道路中次干道影响半径更广。

(3) 影响河北省乡村聚落空间分布的主要因素有乡村产住规模、区域经济发展水平和区域基础设施完善度,且其影响程度依次减弱。其中,乡村产住规模主要作用于地势平坦的东南部平原地区,区域经济发展水平主要作用于经济发达的环京津周边地区,区域基础设施完善度主要作用于地理位置偏远的西北部山地及高原地区。

### 参 考 文 献

[1] 周国华,贺艳华,唐承丽,等. 论新时期农村聚居模式研究[J]. 地理科学进展,2010,29(2):186-192.

- ZHOU Guohua, HE Yanhua, TANG Chengli, et al. On rural settlement patterns in new era[J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(2):186-192. (in Chinese)
- [2] 马晓冬, 李全林, 沈一. 江苏省乡村聚落的形态分异及地域类型[J]. *地理学报*, 2012, 67(4):516-525.  
MA Xiaodong, LI Quanlin, SHEN Yi. Morphological difference and regional types of rural settlements in Jiangsu Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(4):516-525. (in Chinese)
- [3] 汤国安, 赵牡丹. 基于GIS的乡村聚落空间分布规律研究——以陕北榆林地区为例[J]. *经济地理*, 2000, 20(5):1-4.  
TANG Guoan, ZHAO Mudan. A GIS based research on the distribution of rural settlements: taking Yulin area as an example [J]. *Economic Geography*, 2000, 20(5):1-4. (in Chinese)
- [4] 郭晓东, 牛叔文, 吴文恒, 等. 陇中黄土丘陵区乡村聚落空间分布特征及其影响因素分析——以甘肃省秦安县为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2010, 24(9):27-32.  
GUO Xiaodong, NIU Shuwen, WU Wenheng, et al. Characters of rural settlement spatial distribution and its influence factors in loess hilly area of Gansu Province: a case of Qin'an County, Gansu Province [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2010, 24(9):27-32. (in Chinese)
- [5] 朱彬, 马晓冬. 苏北地区乡村聚落的格局特征与类型划分[J]. *人文地理*, 2011, 26(4):66-72.  
ZHU Bin, MA Xiaodong. A research on pattern characteristics and type classification of rural settlement in northern Jiangsu Province [J]. *Human Geography*, 2011, 26(4):66-72. (in Chinese)
- [6] 王健, 王健, 吴文良, 等. 重大线性工程建设下山区乡村聚落空间演变[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(24):236-246.  
WANG Jian, WANG Jian, WU Wenliang, et al. Spatial evolution of rural settlement in mountainous areas under the major linear projects [J]. *Transactions of the CSAE*, 2020, 36(24):236-246. (in Chinese)
- [7] 付永虎, 王心怡, 刘俊青, 等. 苏北典型乡村聚落的时空演变特征研究——以东海县为例[J]. *中国农业大学学报*, 2023, 28(3):208-222.  
FU Yonghu, WANG Xinyi, LIU Junqing, et al. Spatial-temporal evolution of typical rural settlements in northern Jiangsu Province: a case study of Donghai County [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2023, 28(3):208-222. (in Chinese)
- [8] 鲍紫藤, 罗小龙, 顾宗倪, 等. 快速城镇化背景下乡村聚落分形特征及影响因素研究——以广东省茂名市为例[J]. *人文地理*, 2022, 37(1):100-108.  
BAO Ziteng, LUO Xiaolong, GU Zongni, et al. Fractal characteristics and influencing factors of rural settlements under the background of rapid urbanization: a case of Maoming in Guangdong [J]. *Human Geography*, 2022, 37(1):100-108. (in Chinese)
- [9] 吴益坤, 罗静, 罗名海, 等. 大都市区周边乡村聚落空间格局研究——以武汉市为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2022, 31(1):37-48.  
WU Yikun, LUO Jing, LUO Minghai, et al. Analysis of spatial pattern of rural settlements in metropolitan areas: a case study of Wuhan [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, 31(1):37-48. (in Chinese)
- [10] 李红波, 张小林, 吴江国, 等. 苏南地区乡村聚落空间格局及其驱动机制[J]. *地理科学*, 2014, 34(4):438-446.  
LI Hongbo, ZHANG Xiaolin, WU Jiangguo, et al. Spatial pattern and its driving mechanism of rural settlements in southern Jiangsu [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(4):438-446. (in Chinese)
- [11] 郭晓东, 马利邦, 张启媛. 基于GIS的秦安县乡村聚落空间演变特征及其驱动机制研究[J]. *经济地理*, 2012, 32(7):56-62.  
GUO Xiaodong, MA Libang, ZHANG Qiyuan. A GIS-based research on the spatial evolution characteristics and driving mechanism of the rural settlements in Qin'an County [J]. *Economic Geography*, 2012, 32(7):56-62. (in Chinese)
- [12] ROSNER A, WESOŁOWSKA M. Deagrarianisation of the economic structure and the evolution of rural settlement patterns in Poland [J]. *Land*, 2020, 9(12):523.
- [13] 雷文韬, 黄明华, 谢宏坤. 湘西州典型乡村聚落景观空间分异特征及驱动因素分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2021, 42(6):146-154.  
LEI Wentao, HUANG Minghua, XIE Hongkun. Analysis on the spatial differentiation characteristics and driving factors of typical rural settlement landscape in Xiangxi Prefecture [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2021, 42(6):146-154. (in Chinese)
- [14] 杨斌, 王占岐, 张红伟, 等. 高山贫困地区农村居民点空间格局演变特征及驱动机制[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(4):285-293.  
YANG Bin, WANG Zhanqi, ZHANG Hongwei, et al. Spatial pattern evolution characteristics and driving mechanism of rural settlements in high mountain areas with poverty [J]. *Transactions of the CSAE*, 2021, 37(4):285-293. (in Chinese)
- [15] 吴俊, 郭熙, 傅聪颖, 等. 南方丘陵区农村居民点离散度时空演变及其影响因素——以江西省鹰潭市为例[J]. *中国农业大学学报*, 2021, 26(10):209-222.  
WU Jun, GUO Xi, FU Congying, et al. Spatial-temporal evolution and impact factors of rural settlements dispersion in the hilly region of southern China: a case study of Yingtan City, Jiangxi Province [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(10):209-222. (in Chinese)
- [16] 唐秀美, 刘玉, 任艳敏, 等. 生态涵养区农村居民点内部用地结构特征研究[J]. *农业机械学报*, 2022, 53(3):189-196.  
TANG Xiumei, LIU Yu, REN Yanmin, et al. Internal land use landscape of rural settlements in ecological conservation area [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2022, 53(3):189-196. (in Chinese)
- [17] 穆森, 那顺达来, 包斯琴, 等. 呼和浩特400余年乡村聚落格局时空演变分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2022, 36(9):202-208.

- MU Sen, NASHUN Dalai, BAO Siqin, et al. Spatiotemporal evolution of rural settlement pattern in Hohhot over the past 400 years[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2022, 36(9): 202-208. (in Chinese)
- [18] 杨春梅, 徐小峰, 张豪, 等. 基于三生空间功能的上海市农村居民点特征演变及优化研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2021, 30(10): 2392-2404.
- YANG Chunmei, XU Xiaofeng, ZHANG Hao, et al. Evolution and optimization features of rural residential areas based on 'the functions of production-living-ecological spaces' in Shanghai[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(10): 2392-2404. (in Chinese)
- [19] 孙道亮, 洪步庭, 任平. 都江堰市农村居民点时空演变与驱动因素研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(10): 2167-2176.
- SUN Daoliang, HONG Buting, REN Ping. Study on the spatiotemporal evolution and driving factors of rural settlements in Dujiangyan City[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(10): 2167-2176. (in Chinese)
- [20] 邹存铭, 房艳刚, 袁庆学. 半干旱贫困地区乡村聚落空间演变与易地扶贫搬迁重构效应——以吉林省通榆县为例[J]. *经济地理*, 2022, 42(4): 27-33.
- ZOU Cunming, FANG Yan'gang, YUAN Qingxue. Spatial evolution of rural settlements in semi-arid and poverty-stricken area and their restructuring effects by poverty alleviation and relocation: a case study of Tongyu County in Jilin Province[J]. *Economic Geography*, 2022, 42(4): 27-33. (in Chinese)
- [21] 李晓青, 徐修桥, 谢炳庚, 等. 喀斯特地区农村居民点对石漠化演变的影响[J]. *经济地理*, 2020, 40(10): 154-163.
- LI Xiaoqing, XU Xiuqiao, XIE Binggeng, et al. Influence of rural residential areas on the evolution of rocky desertification in Karst area[J]. *Economic Geography*, 2020, 40(10): 154-163. (in Chinese)
- [22] 王兆, 刘福兵, 杨庆媛, 等. 山区农村居民点时空格局演变特征及蚁群仿真优化——以重庆澄江镇为例[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(8): 2065-2084.
- WANG Zhao, LIU Fubing, YANG Qingyuan, et al. Spatio-temporal patterns of rural settlements in mountainous areas and optimization with ant colony algorithm: evidence from Chengjiang Town in Chongqing[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(8): 2065-2084. (in Chinese)
- [23] 张晓平, 王海玲, 刘嘉豪. 欠发达农区农村居民点内部用地结构演变研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(6): 195-202.
- ZHANG Xiaoping, WANG Hailing, LIU Jiahao. Research on the evolution of land use structure of rural settlements in underdeveloped agricultural areas[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2020, 41(6): 195-202. (in Chinese)
- [24] 段文婷, 陈有川, 张洋华, 等. 黄河下游地区农村居民点数量变化的时空特征及其影响因素研究[J]. *城市发展研究*, 2021, 28(6): 19-24.
- DUAN Wenting, CHEN Youchuan, ZHANG Yanghua, et al. Temporal and spatial characteristics and influencing factors of rural settlements' quantity change in the lower reaches of the Yellow River[J]. *Urban Development Studies*, 2021, 28(6): 19-24. (in Chinese)
- [25] 陈昌玲, 许明军, 诸培新, 等. 近30年来江苏省农村居民点时空格局演变及集约利用变化[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(10): 2124-2135.
- CHEN Changling, XU Mingjun, ZHU Peixin, et al. Spatial-temporal pattern evolution and intensive use changes of rural residential land in Jiangsu Province in the last 30 years[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(10): 2124-2135. (in Chinese)
- [26] 孙裔煜, 高静, 全德, 等. 基于GTWR的广东省乡村聚落规模时空演变研究[J]. *地理科学*, 2023, 43(7): 1249-1258.
- SUN Yiyu, GAO Jing, TONG De, et al. Spatio-temporal evolution characteristics and influencing factors of rural settlements in Guangdong Province based on GTWR model[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 43(7): 1249-1258. (in Chinese)
- [27] 李君, 李小建. 综合区域环境影响下的农村居民点空间分布变化及影响因素分析——以河南巩义市为例[J]. *资源科学*, 2009, 31(7): 1195-1204.
- LI Jun, LI Xiaojian. Study on the effect factors and distribution changes of rural residential under the multiple regional environment: a case study of Gongyi City in Henan Province[J]. *Resources Science*, 2009, 31(7): 1195-1204. (in Chinese)
- [28] 佟玉权. 基于GIS的中国传统村落空间分异研究[J]. *人文地理*, 2014, 29(4): 44-51.
- TONG Yuquan. Research on the spatial differentiation of Chinese traditional village based on GIS[J]. *Human Geography*, 2014, 29(4): 44-51. (in Chinese)
- [29] 焦贝贝, 石培基, 刘春芳, 等. 黄土高原低山丘陵区农村居民点分布与地形因子关系研究——以兰州市七里河区为例[J]. *资源科学*, 2013, 35(8): 1719-1727.
- JIAO Beibei, SHI Peiji, LIU Chunfang, et al. The distribution of rural settlements in relation to land form factors in low hilly land on the Loess Plateau[J]. *Resources Science*, 2013, 35(8): 1719-1727. (in Chinese)
- [30] 郭志刚. 社会统计分析方法[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1999.
- [31] 胡贤辉, 杨钢桥, 张霞, 等. 农村居民点用地数量变化及驱动机制研究——基于湖北仙桃市的实证[J]. *资源科学*, 2007, 29(3): 191-197.
- HU Xianhui, YANG Gangqiao, ZHANG Xia, et al. The change of land use for rural residency and the driving forces: a case study in Xiantao City, Hubei Province[J]. *Resources Science*, 2007, 29(3): 191-197. (in Chinese)

- [17] 曹英丽,赵雨薇,杨璐璐,等. 基于改进 DeepLabV3+ 的水稻田间杂草识别方法[J]. 农业机械学报, 2023, 54(12): 242–252. CAO Yingli, ZHAO Yuwei, YANG Lulu, et al. Weed identification method in rice field based on improved DeepLabV3+ [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2023, 54(12): 242–252. (in Chinese)
- [18] 顾文娟,魏金,阴艳超,等. 基于改进 DeepLabV3+ 的番茄图像多类别分割方法[J]. 农业机械学报, 2023, 54(12): 261–271. GU Wenjuan, WEI Jin, YIN Yanchao, et al. Multi class segmentation method for tomato images based on improved DeepLabV3+ [J]. Transactions of The Chinese Society for Agricultural Machinery, 2023, 54(12): 242–252. (in Chinese)
- [19] PEI Y, LIU Y, LING N. MobileViT-GAN: a generative model for low bitrate image coding[C]//2023 IEEE International Conference on Visual Communications and Image Processing (VCIP), 2023.
- [20] FANG M, LIANG X, FU F, et al. Attention mechanism based semi-supervised multi-gain image fusion[J]. Symmetry, 2020, 12(3): 451.
- [21] WANG Z, DONG L, ZHANG M, et al. Remu-Net: multi-branch net framework for 3D brain tumor segmentation[J]. Journal of Circuits, Systems and Computers, 2022, 31(12): 2250215.
- [22] 毛昊,李新利,王孝伟,等. 基于多类别 Focal Loss 损失函数的变电站场景图像语义分割研究[J]. 华北电力大学学报(自然科学版), 2022, 49(5): 84–92. MAO Hao, LI Xinli, WANG Xiaowei, et al. Research on semantic segmentation of transformer substation image based on multi-category Focal Loss function[J]. Journal of North China Electric Power University (Natural Science Edition), 2022, 49(5): 84–92. (in Chinese)
- [23] ZHAO C. A novel semantic segmentation method based on improved FCN for unmanned driving [C] // 2023 IEEE 6th International Conference on Automation, Electronics and Electrical Engineering (AUTEEE), 2023.
- [24] 武花,张新长,孙颖,等. 融合多特征改进型 PSPNet 模型应用于复杂场景下的建筑物提取[J]. 测绘通报, 2021(6): 21–27. WU Hua, ZHANG Xinchang, SUN Ying, et al. Building extraction in complex scenes based on the fusion of multi-feature improved PSPNet model[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2021(6): 21–27. (in Chinese)
- [25] WU K, ZHANG S, XIE Z. Monocular depth prediction with residual DenseASPP network[J]. IEEE Access, 2020(99): 1.

(上接第 185 页)

- [32] 王楠. 乡村空间重构背景下的聚落演变与调控研究——以河北省为例[D]. 北京: 中国农业大学, 2022. WANG Nan. Research on the evolution and regulation of settlements under the background of rural spatial reconstructing: a case study of Hebei Province[D]. Beijing: China Agricultural University, 2022. (in Chinese)
- [33] 海贝贝,李小建,许家伟. 巩义市农村居民点空间格局演变及其影响因素[J]. 地理研究, 2013, 32(12): 2257–2269. HAI Beibei, LI Xiaojian, XU Jiawei. Spatio-temporal evolution of rural settlements in Gongyi[J]. Geographical Research, 2013, 32(12): 2257–2269. (in Chinese)
- [34] 徐州,林孝松,余情,等. 巫山县农村居民点分布与地形因子关系[J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 338–343. XU Zhou, LIN Xiaosong, YU Qing, et al. Distribution of rural settlements in relation to landform factors in Wushan County[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, 25(4): 338–343. (in Chinese)
- [35] 姜广辉,张凤荣,秦静,等. 北京山区农村居民点分布变化及其与环境的关系[J]. 农业工程学报, 2006, 22(11): 85–92. JIANG Guanghui, ZHANG Fengrong, QIN Jing, et al. Relationship between distribution changes of rural residential land and environment in mountainous areas of Beijing[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(11): 85–92. (in Chinese)
- [36] 钟国敏,张学雷,段金龙,等. 郑州市土壤多样性和土地利用多样性研究及关联分析[J]. 土壤通报, 2013, 44(3): 513–521. ZHONG Guomin, ZHANG Xuele, DUAN Jinlong, et al. Evaluation and correlative analysis of pedodiversity and land use diversity in Zhengzhou[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2013, 44(3): 513–521. (in Chinese)
- [37] 徐咏文,段萍,罗志华. 浅析中国土壤分类的发生与现状[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(10): 2003–2004.
- [38] 李冬梅,王冬艳,李红. 城市等级对农村居民点演变的影响[C]//2016 中国新时期土地资源科学与新常态创新发展战略研讨会暨中国自然资源学会土地资源研究专业委员会 30 周年纪念会论文集, 2016: 255–261.
- [39] 李晓江,尹强,张娟,等. 《中国城镇化道路、模式与政策》研究报告综述[J]. 城市规划学刊, 2014(2): 1–14. LI Xiaojiang, YIN Qiang, ZHANG Juan, et al. The path, model and policy of urbanization in China[J]. Urban Planning Forum, 2014(2): 1–14. (in Chinese)
- [40] 王楠,郝晋珉,张金懿. 河北省乡村聚落的历史起源与发展研究[J]. 中国农业大学学报, 2023, 28(12): 214–223. WANG Nan, HAO Jinmin, ZHANG Jinyi. Research on the historical origin and development of rural settlement in Hebei Province[J]. Journal of China Agricultural University, 2023, 28(12): 214–223. (in Chinese)
- [41] 王楠,郝晋珉,星野敏,等. 黄淮海平原农村产业结构与用地结构关系研究——以曲周县为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2023, 59(5): 801–812. WANG Nan, HAO Jinmin, HOSHINO Satoshi, et al. Study on the relationship between industrial structure and land use structure of rural areas in Huang-Huai-Hai Plain: a case study of Quzhou County[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2023, 59(5): 801–812. (in Chinese)