

保定市农村居民点时空格局演变及影响因素

崔欣¹, 王印传¹, 张佰林², 侯满平³

(1.河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071000; 2.天津工业大学 经济与管理学院, 天津 300387; 3.北京第二外国语学院 中国文化和旅游产业研究院, 北京 100024)

摘要:运用遥感影像提取研究区 1998 年、2008 年、2018 年三期农村居民点时空分布数据,利用 Fragstats 软件、GIS 技术和地理探测器等工具研究农村居民点在规模、形状和分布三方面的演变特征,探索区位因素对农村居民点格局的影响方式,分析了经济和社会因素对农村居民点格局演变的作用机制。结果表明:(1)研究区农村居民点用地总体规模和平均规模扩张明显;农村居民点形状变化不明显但不规则性增强;农村居民点分布更加聚集。(2)研究区农村居民点的公路、河流指向性特征显著;无明显铁路指向性特征;城镇对农村居民点的格局影响程度逐渐增大。(3)地理探测器探测结果表明,经济和社会因素对研究区农村居民点空间格局的影响是综合的、多样的和复杂的;农村居民人均纯收入、产业非农化率和城镇化率是对农村居民点规模、形状和分布均产生显著影响的综合性因子,其他因子对农村居民点空间格局的影响具有一定的交叉性和片面性。

关键词:演变; 农村居民点; 空间格局; 影响因素; 保定市

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)05-0265-08

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2020.05.035

Spatiotemporal Evolution of Rural Settlements and Influencing Factors in Baoding City

CUI Xin¹, WANG Yinchuan¹, ZHANG Bailin², HOU Manping³

(1.College of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China; 2.School of Economics and Management, Tiangong University, Tianjin 300387, China; 3.China Academy of Culture & Tourism, Beijing International Studies University, Beijing 100024, China)

Abstract: Baoding City is located in the middle of Hebei Province, with diverse landforms. We use the tools of landscape analysis software, GIS technology and geographical detector, to describe the evolution characteristics of rural settlements in scale, shape and distribution from 1998 to 2018, discussed the influence of location factors on the layout of rural settlements and the mechanism of economic and social factors on the development and change of rural settlements. First, landscape indexes including total area (TA), largest patch index (LPI), number of patch (NP), percent of landscape (PLAND), mean patch size (AERA_MN), patch size standard deviation (PSSD), mean shape index (SHAPE_MN), mean fractal dimension (FRAC_MN), mean patch perimeter area ratio (PARA_MN), landscape shape index (LSI), patch cohesion index (COHESION) and aggregation index (AI) were selected to calculate, analyze and compare the evolution of rural settlements in plains and non-plain areas. Furthermore, kernel density estimation method was used to show the density distribution of rural settlement patches. Still, overlay and buffer analyses were used to analyze the influence of location factors on the evolution of rural settlement patches. Lastly, *P* values show the influence of economic and social factors on the evolution of rural settlement patches. The results are drawn as follows. (1) From 1998 to 2018, the overall scale and average size of rural settlement patches in the plain areas are larger than the non-plain areas and the scale difference was increasing; the shape of rural settlement patches in the plain areas was more complex than that in the non-plain areas, but the two areas were still relatively regular in style. The distribution of rural settlement patches in the plain area and the non-plain areas

收稿日期:2019-11-05

修回日期:2019-11-26

资助项目:国家自然科学基金“都市郊区农村居民点产住空间权衡机理及协同机制研究”(41801193)

第一作者:崔欣(1992—),女,河北邯郸人,硕士研究生,研究方向为城市土地与工程管理。E-mail:15359050870@163.com

通信作者:王印传(1969—),男,河北涿州市人,博士,副教授,主要从事区域与城市规划研究。E-mail:cwy3436@126.com

was gradually gathering, and the concentration of the plain areas was higher than that in the non-plain areas. (2) The directional characteristics of highways and rivers in rural settlements were significant; there was no obvious directional characteristics of railways; the influence of urban distribution on rural settlements gradually increased with time. (3) The results of geographical detector showed that the impacts of economic and social factors on the spatial pattern of rural settlements were comprehensive, diverse and complex, and the per capita net income, industrial non-agriculturalization rate and urbanization rate were comprehensive factors which had the effect on the scale, shape and distribution of rural settlements simultaneously in the study areas, while other factors had a certain degree of cross-cutting and one-sidedness on the spatial distribution of rural settlements.

Keywords: evolution; rural settlement; spatial pattern; influence factors; Baoding City

在新农村和美丽乡村建设、精准扶贫和乡村振兴等政策推动下,农村地区一直是诸多学者研究的焦点区域。农村居民点作为农村人口的“归宿地”,是农村地区重要的生活、生产和生态空间^[1]。从目前来看,由于自然本底条件的差异、历史渊源的不同、生活习惯的差别、社会经济发展水平存在差距,再加上规划的滞后甚至缺失等原因,我国农村居民点广泛存在形态结构和布局散乱、用途与功能不搭配,生产、生活功能不配套等问题^[2-3]。针对上述问题,我国学者近些年来对农村居民点的研究集中在:农村居民点内在复杂空间系统解析^[4]、时空演变^[5-6]、空间分异^[7]、形态特征识别^[8]、多功能划分^[9]、转型^[10]、用地结构分类^[11]以及基于空心化现状的农村居民点用地整理与分配^[12]等方面。我国农村居民点空间布局经历了改革开放前期和初期的自发选择状态^[13];随着村庄规划和土地整治的深入开展,农村居民点选址和布局问题得到控制和改善,但此时农村地区经济和社会的发展又要求提高农村居民点用地的土地利用集约度和土地利用效率,农村居民点布局向聚集形态发展^[14];加上快速工业化和城镇化的推进,大量农村人口向城镇转移,许多农村成为“空心村”,新型城乡形态发展转型受阻^[15]。因此从农村居民点格局的长期发展变化来看,开展针对农村居民点格局的长时间变化监测,并以此判断和掌握其演变的阶段性和规律性,可以指导现实中农村居民点整理工作的开展,具有较强的应用性。

我国农村居民点空间研究呈现由单一到综合、从定性到定量、从生活生产协调到“三生空间”合理布局的发展趋势;从研究尺度上看,省域大尺度或村、乡镇等小尺度农村居民点空间研究占据主导,市域中观尺度的研究较为缺乏^[16]。近些年针对农村居民点格局演变的研究主要集中在:农村居民点空间格局演变特征、影响因素、地域分异、类型划分、布局优化、驱动机制分析以及分区^[17-21]等方面,但是在研究方法和内容上针对区域农村居民点市、县等中观尺度长时间序列

分阶段动态监测的研究仍需深入,这关乎对格局演变规律的把握,进而影响“格局—过程—服务”级联程序的运作。鉴于此,本文以保定市的 18 个区县为研究区域,探索该区域 1998—2018 年农村居民点空间格局的动态变化过程,并具体分析区位、经济和社会因素对农村居民点格局演变的作用方式和机制,以期为研究区农村居民点整理提供参考。

1 研究区概况

研究区(图 1)包括保定市的 3 个区:满城区、清苑区、徐水区;3 个县级市:涿州市、安国市、高碑店市;12 个县:定兴县、唐县、高阳县、望都县、容城县、安新县、雄县、易县、曲阳、蠡县、顺平县和博野县,总面积 13 936 km²,地貌类型上包括保定市的平原、丘陵和小部分中低山区。为了探究研究区范围内平原和其他非平原地区的演变差异,又在研究区内部划分平原和非平原两个区域,其中平原区为 $DEM \leq 60$ m 且坡度 $Slope \leq 10^\circ$ 的区域,平原区和非平原区面积比约为 3:2。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

选取研究区 1998 年、2008 年、2018 年 3 个时间点的遥感影像作为基础数据源(每期 3 景共 9 景),其中 1998 年、2008 年为 TM 影像(30 m 空间分辨率);2018 年为 OLI 影像(15 m 空间分辨率);选取的遥感影像的云量均在 5% 以下;DEM 数据来源于地理空间数据云(30 m 空间分辨率);社会和经济数据来源于相应年份保定市经济统计年鉴和河北省经济统计年鉴。本文提取的农村居民点用地不包含建制镇。利用 2009 年保定市地类图斑对 2008 年农村居民点图斑的提取结果进行验证,经过比对总体精度达到 90% 以上;利用 2018 年谷歌地球高清影像对 2018 年提取结果进行验证,总体精度超过 85%;提取的 1998 年农村居民点图斑通过与下载的遥感影像底图进行比对,总体精度也达到 85% 以上。

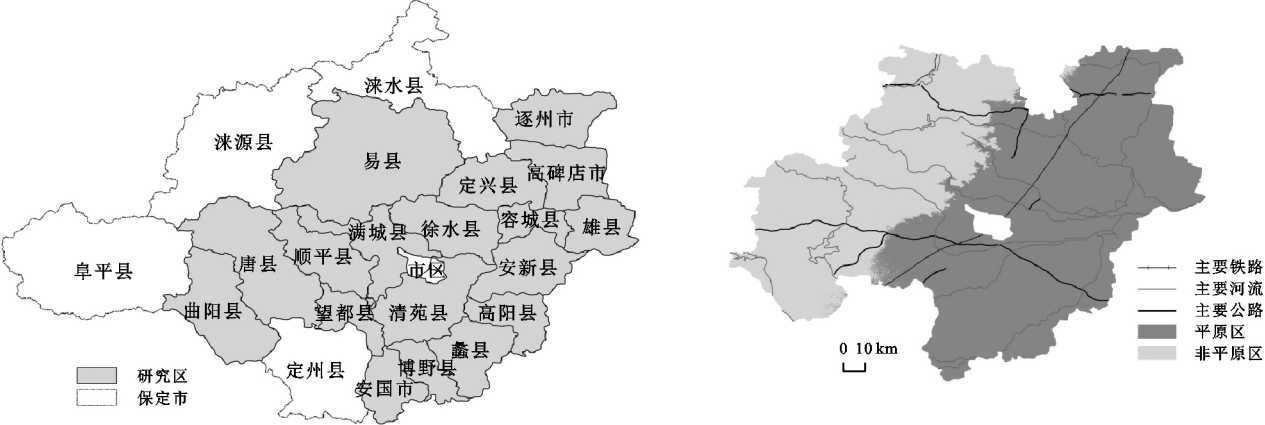


图 1 研究区概况

2.2 研究方法

2.2.1 景观指数分析 运用 Fragstats 软件从反映农村居民点规模、形状和分布 3 个方面,选出农村居民点斑块面积(TA)、最大斑块面积(LPI)、斑块数量(NP)、斑块所占景观面积的比例(PLAND)、平均斑块面积(AERA_MN)、斑块面积标准差(PSSD)、平均形状指标(SHAPE_MN)、平均分维数(FRAC_MN)、斑块平均周长面积比(PARA_MN)、景观形状指标(LSI)、蔓延度(COHESION)和聚集度(AI)等指标^[5]进行景观格局指数的统计分析,用于对研究区农村居民点格局演变分析。

2.2.2 GIS 技术 运用 ArcGIS 核密度估计、热点分析、叠加分析和缓冲区分析等方法进行研究区农村居民点格局演变及区位因素的驱动作用的相关分析。

2.2.3 地理探测器 地理探测器是一种新的统计学方法,可以探测空间分异性并揭示其背后的驱动因子^[22]。利用地理探测器对研究区农村居民点格局演变的影响因素进行探测识别,该模型的计算公式如下^[23]:

$$P_{D,U}=1-\frac{1}{n\sigma_u^2}\sum_{i=1}^m n_{D,i}\sigma_{UD,i}^2$$

式中: $P_{D,U}$ 为农村居民点格局演变的影响因素探测力指标; $n_{D,i}$ 为次一级区域样本数; n 为整个区域样本数; m 为次级区域个数; σ_u^2 为整个区域农村居民点空间形态变量的方差; $\sigma_{UD,i}^2$ 为次一级区域的方差。假设 $\sigma_{UD,i}^2\neq 0$,模型成立, $P_{D,U}$ 的取值区间为 $[0,1]$, $P_{D,U}=0$ 时,表明某种影响因素对农村居民点空间分异没有解释力, $P_{D,U}$ 值越大,说明该因素对农村居民点空间分异的影响越大。

3 结果与分析

3.1 农村居民点空间格局演变特征

3.1.1 用地规模扩展显著,规模分异明显 (1) 农村居民点规模演变分析。选取农村居民点斑块面积(TA)、斑块数量(NP)、斑块所占景观面积的比例(PLAND)、平均斑块面积(AERA_MN)、斑块面积

标准差(PSSD),用来表征农村居民点规模的信息,指标及计算结果见表 1。结果显示 1998—2018 年,研究区农村居民点用地总体规模、斑块数量和平均规模增长明显,增长率分别为 25.35%,34.95%和 29.10%,表明研究区农村居民点空间呈扩展趋势,集约用地效果不佳;斑块占景观面积比逐渐增大与斑块面积的增长相互印证。斑块面积标准差能够揭示斑块面积分布的均匀性程度,研究区农村居民点斑块面积标准差增大,表明斑块面积两极分化趋势明显。

为深入探究研究区内部规模演变差异,将平原与非平原区农村居民点规模进行了对比分析。2018 年非平原区斑块占景观面积的比例比 1998 年降低了 0.04%,然而平原区斑块占景观面积比逐渐增大且增长幅度超过了整个研究区的增长幅度,表明 20 a 以来平原区农村居民点用地增长推动了整个研究区农村居民点用地面积的扩张;平原区农村居民点用地的平均规模大于非平原区且差距越来越大;平原区和非平原区斑块面积标准差均增大,表明两个区域内农村居民点斑块面积差异增加、两极分化加重,此外平原区与非平原区斑块面积标准差的差值越来越大,表明平原区斑块面积两极分化程度高于非平原区。

表 1 1998—2018 年研究区及其内部分区农村居民点规模变化统计

年份	区域	TA/ hm ²	NP/ 个	PLAND/ %	AREA_MN/ hm ²	PSSD/ hm ²
1998	研究区	142350	6217	10.21	53.40	45.76
	平原区	113412	4351	13.50	53.59	45.92
	非平原区	28938	1866	5.23	42.58	36.90
2008	研究区	158050	6245	11.34	56.93	57.79
	平原区	133302	4579	15.87	60.48	63.99
	非平原区	24748	1666	4.47	45.16	41.28
2018	研究区	190700	8390	13.68	68.94	77.45
	平原区	161945	5998	19.28	72.99	89.81
	非平原区	28755	2392	5.19	50.42	56.58

(2) 农村居民点规模分异可视化。在 ArcGIS

10.2 中,以斑块面积为统计属性分别制作 1998 年、2008 年和 2018 年农村居民点的规模分布“热点”图(附图 2)。图中每个点在空间上代表农村居民点斑块的质心,数值上代表“热点”分析的 Z 得分。图中不同的统计显著级别用不同饱和度颜色表示,红色、蓝色和黄色区域分别代表农村居民点斑块规模高值集聚的“热点”区、斑块规模低值集聚的“冷点”区以及斑块规模随机分布区^[5]。

通过对比分析:(1) 1998—2008 年,处于平原与非平原交界处的“冷热点”数量变动较大。非平原区的“冷点”数量明显减少,由于自身斑块规模的扩张使得小规模农村居民点集聚的“冷点”区变为斑块规模随机分布的区域;平原区“热点”数量减少幅度相对较小,减少区域主要位于定兴县西北部,减少原因归结于张石高速公路的修建。此外随着保定市市区的发展,“热点”区向保定市周边靠拢。(2) 2008—2018 年研究区的“冷点”和“热点”数量持续减少,斑块规模更多呈现随机分布,整个研究区域内“冷热点”分布较为分散。其中“冷热点”数量变化集中在平原区,这与农村居民点整治的推进以及公路等基础设施的修建有关。非平原农村居民点斑块规模变化较小。

3.1.2 斑块形态可控范围内复杂化 选取景观形状指标(LSI)、平均形状指标(SHAPE_MN)、平均分维数(FRAC_MN)来表征农村居民点形状演变的情况。结果显示(表 2):1998—2018 年,研究区的 SHAPE_MN 值由 1.087 6 增长为 1.141 1,FRAC_MN 值由 1.014 9 增长为 1.020 3 表明农村居民点斑块形状趋于复杂且分形特征越加明显,但平均分维数最大仅为 1.020 3 表明研究区居民点分维数整体上是偏低的,斑块形状仍以相对规整的样式为主,但不排除局部地区受特殊因素影响存在一定的不规则性;将斑块形状指数计算尺度从单个斑块扩展到整个景观所得的 LSI 值,从整体上揭示了农村居民点形状的分异,研究区 LSI 值先减小后增大,表明整个研究区农村居民点形状先趋于规整之后又呈现复杂化的势头。平原区和非平原的形状演变过程与上述过程相似,差异在于平原区的各项形状指标均高于非平原,平原区农村居民点斑块形状更为复杂,分形特征更加明显。

3.1.3 密度空间分布变化显著,分布呈聚集态势

(1) 分布连通性和聚集性分析。选取蔓延度(COHESION)和聚集度(AI)来表征农村居民点斑块的连通和聚集情况,COHESION 可以量化农村居民点景观的自然连通性,COHESION 值越大表明景观的连通性越强;AI 表示农村居民点斑块的聚集程度,AI 值越大表明农村居民点斑块的聚集程度越高。

表 3 为农村居民点分布表征指标及计算结果。1998—2018 年整个研究区 COHESION 值和 AI 值均增加,表明农村居民点斑块连通性越来越强并且聚集程度越来越高。对比平原区和非平原区,数据显示 20 a 间平原区农村居民点斑块的连通性和聚集程度均高于非平原区,并且这种差距逐渐增大。

表 2 1998 年、2008 年和 2018 年研究区及其内部分区
农村居民点形状变化统计

年份	区域	形状指标		
		LSI	SHAPE_MN	FRAC_MN
1998	研究区	53.48	1.0876	1.0149
	平原区	49.10	1.0288	1.0090
	非平原区	26.99	1.0198	1.0060
2008	研究区	54.08	1.1144	1.0177
	平原区	48.67	1.0393	1.0101
	非平原区	27.30	1.0202	1.0065
2018	研究区	55.11	1.1411	1.0203
	平原区	50.54	1.0579	1.0126
	非平原区	28.20	1.0313	1.0075

表 3 1998 年、2008 年和 2018 年研究区及其内部分区
农村居民点分布集散性变化情况

年份	区域	分布集散性指标	
		COHESION/%	AI/%
1998	研究区	38.94	29.53
	平原区	38.95	29.76
	非平原区	32.28	22.90
2008	研究区	42.26	32.96
	平原区	44.63	33.71
	非平原区	33.78	25.06
2018	研究区	49.42	37.39
	平原区	52.10	38.78
	非平原区	40.30	29.46

(2) 农村居民点分布密度探测。核密度估算模型可以判断区域内农村居民点斑块分布的聚集情况,其值越高表明农村居民点在其所处区域分布的密度越大。本文在 ArcGIS 10.2 中设置搜索半径为 6 500 m,栅格数据输出像元大小为 500 m,结果见附图 3。1998 年和 2008 年核密度图分布格局相似,以市区为中心由东北至西南方向的带状区域内农村居民点分布密集。2008—2018 年,研究区农村居民点核密度高值区域持续扩大,表明研究区居民点斑块数量在单位面积内增加明显,由带状分布变为以县城中心为“核中心”的多核分布。

3.2 区位因素对农村居民点空间格局的影响

公路、铁路、河流和城镇是影响农村居民点空间格局的重要区位因素^[24]。其中公路、铁路和河流属于线状区位因素,城镇中心属于点状区位因素,以此

分成两类进行区位因素的分析。

3.2.1 公路、铁路和河流指向性 运用 ArcGIS 10.2 中的缓冲区分析功能,以穿过研究区的国道、省道、高速公路及铁路等主要干道及大清河、唐河(主流)等主要水系做缓冲区分析。其中参与分析的公路均在

1998 年之后建成,主要包括京张高速、京昆高速、保阜高速、张石高速、廊涿高速、京港澳高速以及首都环线高速等。以 1 000 m 为半径分别建立公路、铁路和河流的多级缓冲区,分别统计出各级缓冲区内农村居民的空间布局情况(表 4)。

表 4 1998 年、2008 年和 2018 年公路、铁路和河流各级缓冲区内景观指数变化

缓冲区/m	景观指标	1998 年			2008 年			2018 年		
		公路	铁路	河流	公路	铁路	河流	公路	铁路	河流
0~1000	TA/hm ²	11332	1895	9736	13457	1409	9434	21955	1799	11486
	SHAPE_MN	1.015	1.044	1.019	1.022	1.057	1.014	1.031	1.054	1.013
	AI/%	22.75	38.38	23.66	25.39	43.02	20.36	30.80	44.96	21.19
1000~2000	TA/hm ²	19856	828	2686	19680	685	2502	29575	806	2708
	SHAPE_MN	1.009	1.036	1.017	1.012	1.030	1.012	1.015	1.042	1.007
	AI/%	18.88	34.30	22.69	20.25	31.69	17.65	23.48	37.08	14.23
2000~3000	TA/hm ²	13810	653	2271	13148	518	2362	18913	724	2225
	SHAPE_MN	1.005	1.023	1.015	1.008	1.024	1.012	1.015	1.039	1.004
	AI/%	17.59	34.29	22.94	19.33	33.84	17.86	23.37	37.04	16.07
3000~4000	TA/hm ²	11395	602	2213	9151	576	2374	17046	472	2231
	SHAPE_MN	1.008	1.034	1.011	1.011	1.036	1.004	1.018	1.040	1.005
	AI/%	17.95	36.66	21.21	19.20	38.44	15.79	24.77	38.30	13.82
4000~5000	TA/hm ²	5220	505	2041	7604	569	1943	9497	542	1944
	SHAPE_MN	1.010	1.034	1.014	1.015	1.034	1.005	1.021	1.044	1.009
	AI/%	20.79	35.43	23.62	24.27	34.00	16.13	26.64	36.65	18.42

(1) 随着距公路距离的增加,各级公路缓冲区内农村居民点面积先增大后减小、平均形状指标先减小后增大、聚集度逐渐减小,其中 1 000~2 000 m 缓冲区内的农村居民点分布最广,0~1 000 m 缓冲区内平均形状聚集指标值最大;在公路 2 000 m 缓冲区内增加的农村居民点面积占全部增加面积的 42.1%,公路 0~5 000 m 缓冲区内的农村居民点面积占据研究区农村居民点总面积的百分比由 1998 年的 43.3% 上升到 2018 年的 50.9%。以上表明公路对农村居民点具有显著的影响,但影响范围有限。

(2) 从各级铁路缓冲区来看,随着距铁路距离的增加农村居民点面积不断减小,其中铁路 0~1 000 m 缓冲区内农村居民点面积最大;随着距铁路距离的增加,居民点形状和分布聚集度变化无规律,表明铁路对农村居民点形状和聚集度的影响不显著;从时间变化来看,2018 年距铁路 1 000 m 以内农村居民点面积不增反减,表明铁路对居民点的吸引力减小,研究区农村居民点空间布局的铁路指向性不显著。

(3) 通过各级河流缓冲区的分析,研究区农村居民点空间布局具有明显的河流指向性特征,且河流对农村居民点空间布局的影响与道路基本吻合,区别在于河流 0~1 000 m 缓冲区是居民点分布最广的区域。

3.2.2 城镇中心对农村居民点格局的影响 以城镇中心为圆心做多环缓冲区分析,结果显示各级缓冲区

内农村居民点有明显分异(表 5);1998—2018 年随着距城镇中心距离的增加,相等面积的各级缓冲区内的农村居民点面积和聚集度呈现逐渐减小的趋势,表明城镇对农村居民点的吸引作用随距离逐渐衰减。城镇的发展对农村居民点的规模影响显著,且随着时间的推移这种影响越来越大,2018 年距离城镇 5 000 m 以内的农村居民点面积比 1998 年增加了近一倍。城镇各级缓冲区内农村居民点形状变化无明显规律。

表 5 1998 年、2008 年和 2018 年城镇中心各级缓冲区内景观指数变化

缓冲区/m	景观指标	城镇中心		
		1998 年	2008 年	2018 年
0~5000	TA/hm ²	64199	64098	79018
	SHAPE_MN	1.018	1.024	1.039
	AI/%	25.04	28.02	33.92
5000~7070	TA/hm ²	15651	16519	16441
	SHAPE_MN	1.012	1.012	1.022
	AI/%	20.92	23.57	27.44
7070~8590	TA/hm ²	6107	5883	5614
	SHAPE_MN	1.007	1.015	1.013
	AI/%	16.91	21.73	23.65
8590~10000	TA/hm ²	2247	2289	2363
	SHAPE_MN	1.010	1.011	1.021
	AI/%	20.93	19.33	23.45

3.3 经济发展和社会生活对农村居民点格局的影响
3.3.1 影响因子筛选 随着区域经济的快速发展,

农村居民收入水平不断提高,在解决温饱问题之后,对美好生活的向往与追求使得农民迫切要求改善自身的居住环境,最明显的表现就是扩大自己的住房面积“住的更宽敞”,这一过程加大了对固定资产的投入;此外,随着城乡一体化进程的推进,城镇与农村的差异化减小,城镇的一些社会服务进入农村,此时农村居民也有经济能力去追求和体验丰富多彩的社会服务,因此这样的行为又进一步刺激了农村区域产业非农化的快速发展,拓宽了农村居民获取收入的途径。参照 Qu^[7]的研究成果,选取人均 GDP(F_1)、农村居民人均纯收入(F_2)、固定资产投资(F_3)和产业非农化率(F_4)作为经济影响因子,来探测经济因素对农村居民点格局演变的驱动作用。

农村居民点的格局演变除了受到经济发展的影响,也受到社会生活的浸化。农村社会生活的发展状况可以从农民拥有的生产资料以及农村人口和城镇人口分布上加以衡量。在经济发展水平比较低的小

农经济时代,农民为了解决生活中最为基本的温饱问题,通常会把农村居民点选址与耕地资源联系起来,耕地资源生产条件又与粮食产量相挂钩;随着城镇化进程的快速推进,大量的农村人口向城镇转移,带动着农民生活方式的变革,一些农民离开传统的独立独户的院落,住进统一建设的居民小区里,驱动着农村居民点格局发生变化;人口增长最直接的表现是对粮食和住房需求的增加,住房需求影响着农村居民点的布局。因此,选取人均耕地面积(F_5)、人均粮食产量(F_6)、城镇化率(F_7)和人口密度(F_8)作为社会影响因子^[7]。

3.3.2 地理探测器探测结果 根据地理探测器模型的计算公式将每一个影响因子通过 K-means 分类算法把全域划分为 9 个等级区。运用模型分别探测影响因子对农村居民点规模、形状和分布上的影响作用力大小,分别用斑块面积(TA)、斑块平均周长面积比(PARA_MN)和聚集度(AI)来表征,结果见表 6。

表 6 1998 年、2008 年和 2018 年经济和社会因子的 $P_{D,U}$ 值探测结果

探测指标	年份	$P_{D,U}$ 值							
		F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8
TA	1998 年	0.23	0.25	0.44	0.40	0.11	0.35	0.26	0.40
	2008 年	0.33	0.42	0.12	0.44	0.30	0.37	0.30	0.16
	2018 年	0.06	0.29	0.20	0.72	0.25	0.26	0.44	0.16
PARA_MN	1998 年	0.26	0.42	0.26	0.64	0.25	0.22	0.33	0.25
	2008 年	0.29	0.19	0.29	0.27	0.52	0.32	0.21	0.19
	2018 年	0.18	0.45	0.26	0.18	0.38	0.26	0.46	0.33
AI	1998 年	0.18	0.26	0.26	0.32	0.48	0.81	0.28	0.79
	2008 年	0.26	0.80	0.10	0.63	0.59	0.46	0.07	0.77
	2018 年	0.08	0.20	0.32	0.36	0.25	0.63	0.57	0.90

依据模型运算结果,1998—2018 年:(1) 农村居民人均纯收入、产业非农化率和城镇化率对农村居民点的规模、形状和分布均产生显著的影响,只是其对规模、形状和分布的地理探测 $P_{D,U}$ 峰值出现的时间有差异;其他因子对农村居民点空间格局的影响是片面的,例如人均粮食产量对农村居民点分布的地理探测 $P_{D,U}$ 值最高达到 0.81,但对形状的地理探测 $P_{D,U}$ 值最高值只有 0.32。(2) 经济和社会因子对农村居民点规模、形状和分布的影响具有一定的独立性和交叉性。例如产业非农化率对规模的影响作用力逐渐增大,在 2018 年产业非农化率对规模的地理探测 $P_{D,U}$ 值达到 0.72,但产业非农化率对形状的地理探测 $P_{D,U}$ 值逐渐减小,对分布的地理探测 $P_{D,U}$ 值先增大后减小;人口密度和人均粮食产量对农村居民点分布的影响作用力大小比较稳定,其地理探测 $P_{D,U}$ 值均保持在 0.40 以上,但其对规模和分布的地理探测 $P_{D,U}$ 值最高不超过

0.40。(3) 经济和社会因子对研究区农村居民点空间布局的影响是多样的、复杂的,比如城镇化率对农村居民点分布的地理探测 $P_{D,U}$ 值在 2008 年只有 0.07,但在 2018 年 $P_{D,U}$ 值达到 0.57;人均 GDP 对农村居民点规模的地理探测 $P_{D,U}$ 值由 0.33 降为 0.06。

除去灾害等破坏性自然因子,自然因素作为能够持续影响农村居民点格局的因素,产生的作用是潜移默化的,与此不同的是,农村居民点格局能够对经济和社会因素的某些因子产生相对迅速的反映,比如固定资产投资的增加直接影响到农村居民点格局的变化。此外,经济和社会因素易受到国家宏观政策的影响,地理探测 $P_{D,U}$ 值难免出现为大幅度变化的情况。总结来看,经济和社会因素对研究区农村居民点空间格局的影响存在综合性、多样性和复杂性,经济和社会因素中均存在对农村居民点规模、形状和分布均产生显著影响综合性因子,比如经济因子农村居民人均纯收入、产业非

农化率和社会因子城镇化率,其他因子对农村居民点空间格局的影响具有一定的交叉性和片面性。

4 结论与讨论

通过时空以及区域对比分析得出研究区农村居民点时空格局演变的情况如下:(1)从整体来看,1998—2018年,研究区农村居民点规模扩张明显,2018年农村居民点用地总规模比1998年增长了34.0%,平均规模也有所扩大,表明研究区农村居民点用地集约效果不明显;研究区农村居民点斑块形状趋于复杂,但形状和分形指标整体上偏低,表明形状相对规整的斑块仍占据主导,但是随着时间推移局部地区斑块形状不规则性逐渐显现;农村居民点斑块连通性越来越强并且聚集程度越来越高。(2)从平原区与非平原区的对比来看,平原区与非平原区均呈现集聚分布的格局,但两者规模差异较大,平原区表现为大规模集中分布的态势,非平原区展现出小规模集聚的特点,此外平原区规模扩张显著,增长幅度超过40%,而非平原区规模小幅度减少;平原区居民点形状复杂程度略高于非平原区,两区域居民点形状差异较小;平原区农村居民点斑块的连通性和聚集程度均高于非平原区,并且这种差异逐渐增大。

在影响因素分析方面,(1)选取公路、铁路、河流和城镇作为影响农村居民点空间格局的重要区位因素,通过分析发现研究区农村居民点空间格局具有明显的公路和河流指向性特征,且两者具有一致的指向性;铁路对研究区农村居民点空间格局的影响较弱,且这种影响力随着时间流逝进一步减弱,农村居民点空间格局的铁路指向性特征不明显;城镇与农村的发展相互影响相互促进,研究表明随着时间的推移,城镇对农村居民点格局的影响程度越来越大,城镇的发展一定程度上推动着农村居民点格局的改变。(2)经济和社会因素对研究区农村居民点的规模、形状和分布的影响是深远的和动态的,在不同的阶段两种因素或结合或对抗或独立影响着农村居民点空间的布局方式,是导致农村居民点空间格局逐渐产生分异的关键因素。

农村居民点时空格局同时涉及到时间和空间两个方面,用空间分析的方法呈现出不同时间点的格局是本文的主要研究思路。然而从实质上看农村居民点时空格局是人地关系复杂系统的一种外在表现,与人的发展息息相关。以后的研究不应仅仅考虑区位、经济和社会因素的影响,更应该将人文因素加入其中,如何把人文因素量化是未来农村居民点时空格局研究的重要方向。

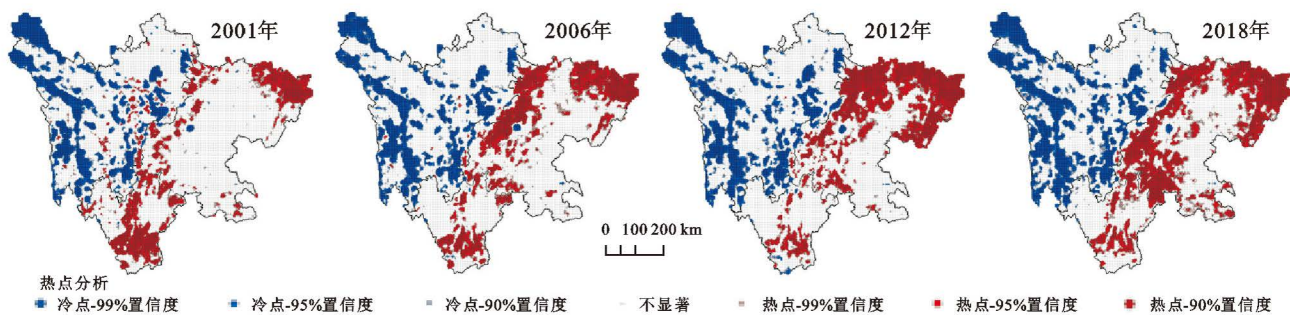
参考文献:

- [1] 双文元,郝晋珉,艾东,等.基于区位优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):251-261,297.
- [2] 刘彦随.中国农村空心化的地理学研究及整治实践[J].地理学报,2009,64(10):1193-1202.
- [3] Long H, Li Y, Liu Y, et al. Accelerated restructuring in rural China fueled by 'increasing vs. decreasing balance' land-use policy for dealing with hollowed villages [J]. Land Use Policy, 2012, 29(1): 0-22.
- [4] 张伯林,姜广辉,曲衍波.经济发达地区农村居民点生产居住空间权衡关系解析[J].农业工程学报,2019,35(13):253-261.
- [5] 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.
- [6] 李冬梅,王冬艳,李红,等.吉中低山丘陵区农村居民点时空演变[J].经济地理,2016,36(5):143-151.
- [7] Yanbo Q, Guanghui J, Yuting Y, et al. Multi-scale analysis on spatial morphology differentiation and formation mechanism of rural residential land: A case study in Shandong Province, China [J]. Habitat International, 2018, 71: 135-146.
- [8] 关小克,王秀丽,张伯林,等.不同经济梯度区典型农村居民点形态特征识别与调控[J].经济地理,2018,38(10):190-200.
- [9] 张列,王成,杜相佐,等.农村居民点用地的多功能性划分及其农户利用差异性评价[J].农业工程学报,2017,33(12):278-285.
- [10] 曲衍波,姜广辉,张伯林,等.山东省农村居民点转型的空间特征及其经济梯度分异[J].地理学报,2017,72(10):1845-1858.
- [11] 马雯秋,何新,姜广辉,等.基于土地功能的农村居民点内部用地结构分类[J].农业工程学报,2018,34(4):269-277.
- [12] Yurui Li, Yansui Liu, Hualou Long, et al. Community-based rural residential land consolidation and allocation can help to revitalize hollowed villages in traditional agricultural areas of China: Evidence from Dancheng County, Henan Province [J]. Land Use Policy, 2014, 39: 188-198.
- [13] 刘晓清,毕如田,高艳.基于GIS的半山丘陵区农村居民点空间布局及优化分析:以山西省襄垣县为例[J].经济地理,2011,31(5):822-826.
- [14] 李裕瑞,刘彦随,龙花楼.中国农村人口与农村居民点用地的时空变化[J].自然资源学报,2010,25(10):1629-1638.
- [15] 刘彦随,刘玉.中国农村空心化问题研究的进展与展望

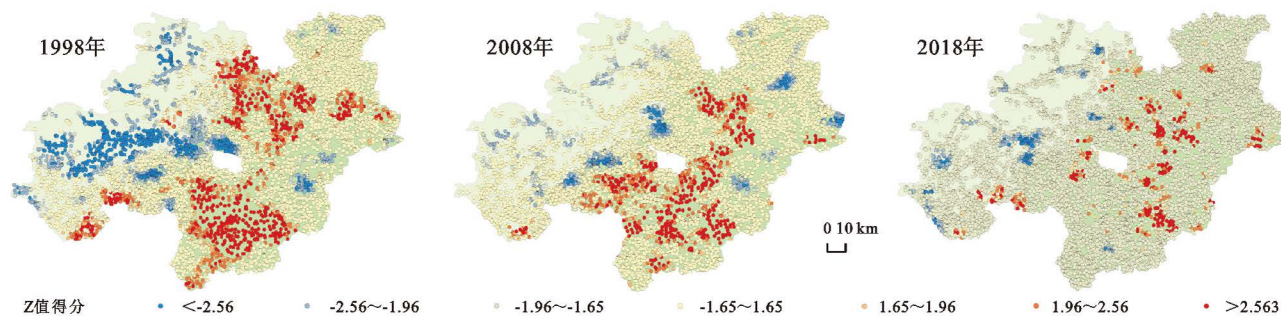
- [J].地理研究,2010,29(1):35-42.
- [16] 贺艳华,唐承丽,周国华,等.我国中部地区农村聚居现状及调控模式研究[J].人文地理,2014,29(3):95-102.
- [17] 师满江,颜耀文,曹琦.干旱区绿洲农村居民点景观格局演变及机制分析[J].地理研究,2016,35(4):692-702.
- [18] 关小克,张凤荣,刘春兵,等.平谷区农村居民点用地的时空特征及优化布局研究[J].资源科学,2013,35(3):108-114.
- [19] 姜广辉,何新,马雯秋,等.基于空间自相关的农村居民点空间格局演变及其分区[J].农业工程学报,2015,31(13):265-273.
- [20] 谭雪兰,钟艳英,段建南,等.快速城市化进程中农村居民点用地变化及驱动力研究:以长株潭城市群为例[J].地理科学,2013,34(3):309-315.
- [21] 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.
- [22] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [23] 杨忍,刘彦随,龙花楼,等.基于格网的农村居民点用地时空特征及空间指向性的地理要素识别:以环渤海地区为例[J].地理研究,2015,34(6):1077-1087.
- [24] 谭雪兰,张炎思,谭洁,等.江南丘陵区农村居民点空间演变特征及影响因素研究:以长沙市为例[J].人文地理,2016,31(1):89-93,139.

(上接第 264 页)

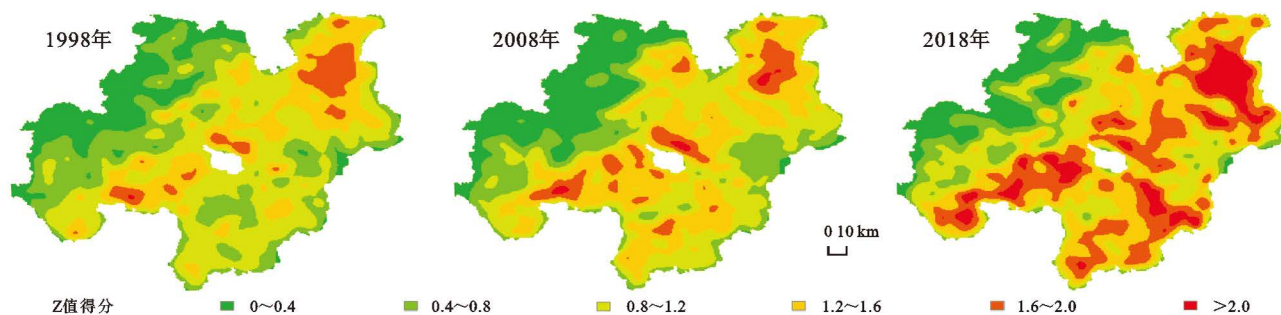
- [4] Mahannopkul K, Jotisankasa A. Influence of root suction on tensile strength of *Chrysopogon zizanioides* roots and its implication on bioslope stabilization[J]. Journal of Mountain Science, 2019,16(2):275-284.
- [5] 李宁,陈丽华,杨苑君.油松、华北落叶松根系抗拉特性的影响因素[J].北京林业大学学报,2015,37(12):77-84.
- [6] 吕春娟,陈丽华,周硕,等.油松根系固土的基本力学特性[J].水土保持学报,2011,25(5):17-20.
- [7] 李建兴,何丙辉,谌芸,等.不同护坡草本植物的根系分布特征及其对土壤抗剪强度的影响[J].农业工程学报,2013,29(10):144-152.
- [8] Ye C, Guo Z, Li Z, et al. The effect of Bahiagrass roots on soil erosion resistance of Aquults in subtropical China [J]. Geomorphology, 2017,285:82-93.
- [9] 刘亚斌,李淑霞,余冬梅,等.西宁盆地黄土区典型草本植物单根抗拉力学特性试验[J].农业工程学报,2018,34(15):157-166.
- [10] 刘昌义,胡夏嵩,赵玉娇,等.寒旱环境草本与灌木植物单根拉伸试验强度特征研究[J].工程地质学报,2017,25(1):1-10.
- [11] 陆桂红,欧国强,杨顺,等.泥石流源区典型草本植物根系抗拉试验[J].山地学报,2014,32(6):725-731.
- [12] 周萍,文安邦,严冬春,等.三峡库区紫色土坡耕地草本植物根系固结地埂的土力学机制[J].水土保持学报,2017,31(1):88-93.
- [13] 钟荣华,鲍玉海,贺秀斌,等.三峡水库消落带 4 种草本根系抗拉特性及根系粘聚力[J].水土保持学报,2015,29(4):188-194.
- [14] 李可,朱海丽,宋路,等.青藏高原两种典型植物根系抗拉特性与其微观结构的关系[J].水土保持研究,2018,25(2):240-249.
- [15] 叶超,郭忠录,蔡崇法,等.5 种草本植物根系理化特性及其相关性[J].草业科学,2017,34(3):598-606.
- [16] 赵丽兵,张宝贵.紫花苜蓿和马唐根的生物力学性能及相关因素的试验研究[J].农业工程学报,2007,23(9):7-12.
- [17] Bao Y H, He X B, Wang A B, et al. Dynamic changes of soil erosion in a typical disturbance zone of China's Three Gorges Reservoir[J]. Catena, 2018,169:128-139.
- [18] 钟荣华,贺秀斌,鲍玉海,等.狗牙根和牛鞭草的消浪减蚀作用[J].农业工程学报,2015,31(2):133-140.
- [19] 贺秀斌,鲍玉海.三峡水库消落带土壤侵蚀与生态重建研究进展[J].中国水土保持科学,2019,17(4):160-168.
- [20] 刘福全,刘静,姚喜军,等.根系固土主导力学因素与差异性评价[J].生态学报,2015,35(19):6306-6315.
- [21] 欧阳前超,魏杨,周霞,等.土石山区护坡草本植物根系抗拉力学特性[J].中国水土保持科学,2017,15(4):35-41.
- [22] 张双燕,费本华,余雁,等.木质素含量对木材单根纤维拉伸性能的影响[J].北京林业大学学报,2012,34(1):131-134.
- [23] 李思诗.崩岗侵蚀劣地草本植物根系抗拉特性与微观性质的关系[D].福州:福建农林大学,2018.
- [24] 宋香静,李胜男,郭嘉,等.环境变化对湿地植物根系的影响研究[J].水生态学杂志,2017,38(2):1-9.
- [25] Hathaway R L, Penny D. Root strength in some *Populus* and *Salix* clones[J]. New Zealand Journal of Botany, 1975,13(3):333-344.



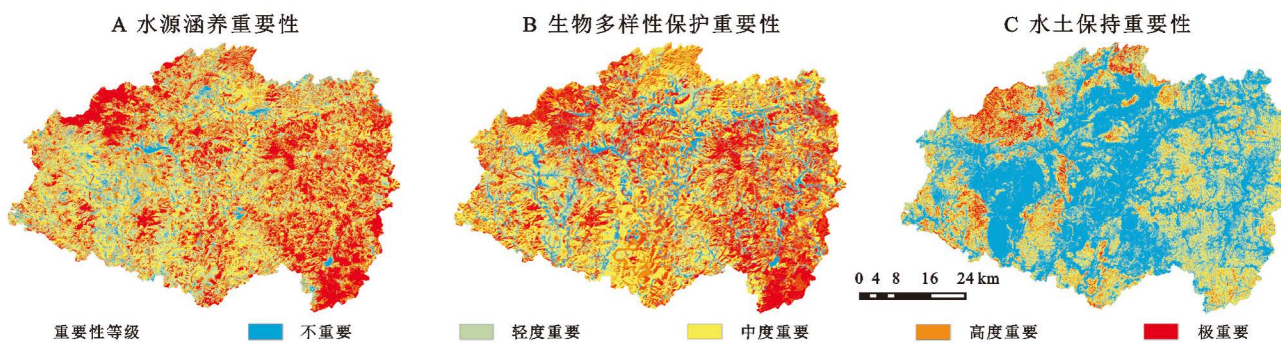
附图1 四川省EVI指数热点分析



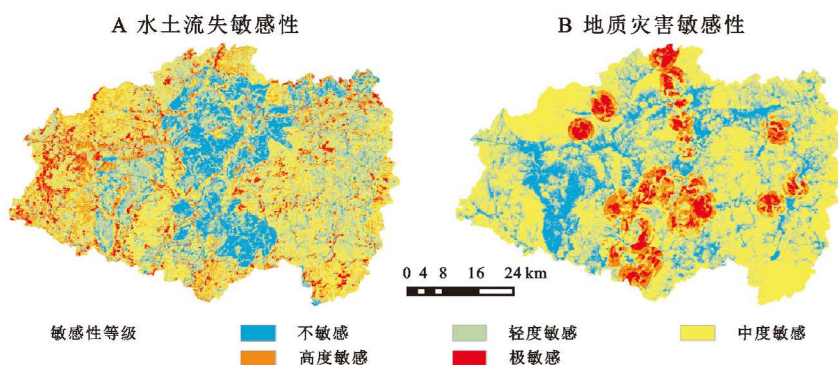
附图2 河北保定市农村居民点规模“热点”探测



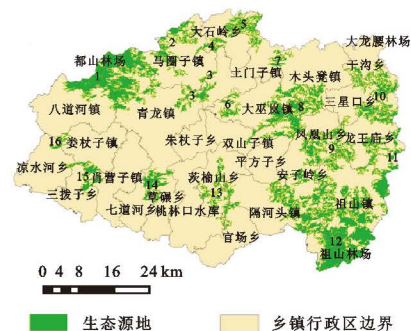
附图3 河北保定市农村居民点Kernel密度分布



附图4 河北秦皇岛市青龙满族自治县生态系统服务功能重要性空间分布



附图5 河北秦皇岛市青龙满族自治县生态敏感性空间分布



附图6 河北秦皇岛市青龙满族自治县生态源地空间分布