

文章编号: 1008-2786-(2018)5-784-08

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000374

宁波四明山区农村聚落空间格局及影响因素

寇相玮¹, 李伟芳^{2*}, 姜文达¹, 毛菁旭¹, 赵 柯¹

(1. 宁波大学 地理与空间信息技术系, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

摘 要:在国家乡村振兴战略下,理解农村聚落格局和影响因素对合理利用土地资源,促进城乡协调发展具有重要意义。基于此,以宁波四明山区为例,综合运用景观格局指数、核密度分析、Voronoi 图的变异系数及 GIS 空间分析等方法,定量分析了农村聚落的空间分布特点及影响因素。研究结果表明:宁波四明山区农村聚落呈现明显的空间分异特征,在空间上呈现北部和东部集聚,主要受海拔、坡度、河流、道路、耕地等因素影响沿线错落分布。以梨洲街道、陆埠镇、河姆渡镇、横街镇为主是高密度区,向西部和南部依次为以溪口镇、四明山镇为主的低密度区。该研究可为宁波四明山区农村聚落的土地整理及规划提供新依据,也能为生态功能区建设提供借鉴意义。

关键词:农村聚落;空间格局;影响因素;四明山区

中图分类号: F301.24

文献标志码: A

农村聚落是农村居民生产和生活的载体,是农业劳动者在长期的生产生活中形成的定居点,在人地关系的表现中居于核心地位,它的形态规模及空间分布状况在某种自然和社会经济环境中反映居民活动^[1],不仅是社会主义新农村建设的一个重要物质载体,也是促进城乡发展的重要力量^[2]。长期以来,我国的农村聚落都是出于自发的形成状态,布局散乱,浪费了一定的土地资源,特别是在山区,由于地形地貌等自然条件的限制,其布局自发性更强,阻碍了当地的农业生产 and 新农村发展。

近年来,对不同地区农村聚落的空间分布及优化、整理等研究成为热点,其中大多为典型地域,如黄土高原沟壑区、干旱绿洲区及大城市边缘地区^[3-5],主要研究方法为 GIS(地理信息系统)技术、景观生态格局分析、探索性空间数据分析方法^[6-8]。随着快速城镇化的发展,对山区农村聚落的研究也逐渐成为趋势,例如:研究适宜山区农村聚落布局的

TR-SE 模式,并运用空间信息技术平台进行规划布局^[9];运用 RS、GIS 及 Fragstats 技术对城镇化过程中山区农村聚落景观的变化过程、格局趋势进行分析研究^[10];运用 ArcGIS 空间分析技术对岩溶山区农村居民点用地适宜性进行了评价^[11]。这些研究都为山区农村聚落的布局与规划发展提供了积极的借鉴意义,但对东部沿海经济发达地区自然环境保护较好的山区研究较少。随着新型城镇化和新农村建设的不断推动,如何以土地为载体的村庄聚集建设和优化布局已成为城乡一体化的焦点。因此,本研究选取长三角自然环境优越的宁波四明山区作为研究区域,运用景观格局指数及空间信息技术等方法对典型山区的农村聚落空间格局及影响因素进行分析,为该地区寻找合理的农村聚落区位及其优化布局提供依据,从而为合理利用土地资源及生态功能区建设提供参考。

收稿日期(Received date):2017-12-8;改回日期(Accepted date):2018-5-22

基金项目(Foundation item):浙江省社会科学重点研究基地 2015 年度省社科规划项目(15JDHY01YB)。[Social Science Planning Project (2015) of Zhejiang Provincial Social Science Key Research Institute (15JDHY01YB)]

作者简介(Biography):寇相玮(1993-),女,河南许昌人,硕士研究生,主要研究方向:人文地理与土地规划。[KOU Xiangwei(1993-), female, born in Xuchang, Henan province, M. Sc. candidate, research on human geography and land planning] E-mail: kou1727@163.com

* 通讯作者(Corresponding author):李伟芳(1964-),男,浙江宁波人,教授,主要研究方向:土地资源管理与规划。[LI Weifang(1964-), male, born in Ningbo, Zhejiang province, professor, research on management and planning of land resources] E-mail: liweifang@nbu.edu.cn

1 研究区概况与数据

1.1 研究区概况

四明山区位于浙江省东部地区,跨余姚、鄞州、奉化、嵊州、新昌、上虞等县市区,呈东西狭长形分布。本文研究的四明山区域为分布在宁波的部分(以下称为宁波四明山区,如图1)。宁波四明山区区域总面积 1409.61 km²,包括海曙区的横街镇、章水镇、鄞江镇、龙观乡,余姚市的梁弄镇、四明山镇、梨洲街道、大岚镇、鹿亭乡、陆埠镇、河姆渡镇和大隐镇及奉化区的溪口镇,其中平原面积 239.8 km²,水域面积 65.6 km²,山地丘陵面积 1104.21 km²,山地丘陵面积占行政区域总面积的 78.33%。

宁波是我国东南沿海重要的港口城市、长江三角洲南翼经济中心,全国第二批“城市双修”试点城市。宁波四明山区位于宁波西部,是宁波重要的水源涵养地及生态功能区,研究该区农村聚落空间布局,对指导东南沿海地区丘陵山区新农村建设与生态修复,促进农村聚落与生态环境和谐发展具有重要意义。

1.2 数据来源与预处理

文中的数据主要来源有:(1)宁波余姚市、海曙区、奉化区国土部门提供的土地利用数据库,2014年浙江省第二次土地调查更新成果的矢量数据;(2)地理空间数据云网站下载的 30 m 空间分辨率数字高程数据(DEM);(3)宁波市土地利用总体规划(2006—2020年)的规划文本以及图件等。对已有数据进行预处理:(1)将农村聚落、道路、河流、耕地等图层从土地利用数据库中提取出来;(2)运用景观格局软件 Fragstats4.0 计算景观格局指数,分析农村聚落的分布特征、规模及形态结构;(3)运用 ArcGIS 中 kernel density 模块生成宁波四明山区农村聚落的核密度图;(4)运用 GIS 技术生成 Voronoi 多边形,计算变异系数 C_v 值;(5)将 DEM 数据进行处理,生成高程图和坡度图,并运用渐变尺度法^[12]对河流、道路、耕地进行多环缓冲区分析。

2 研究方法

本研究以宁波四明山区农村聚落点状数据为基础,以 GIS 技术为平台,采用景观指数法、核密度分析、Voronoi 图的变异系数方法,分析研究区农村聚

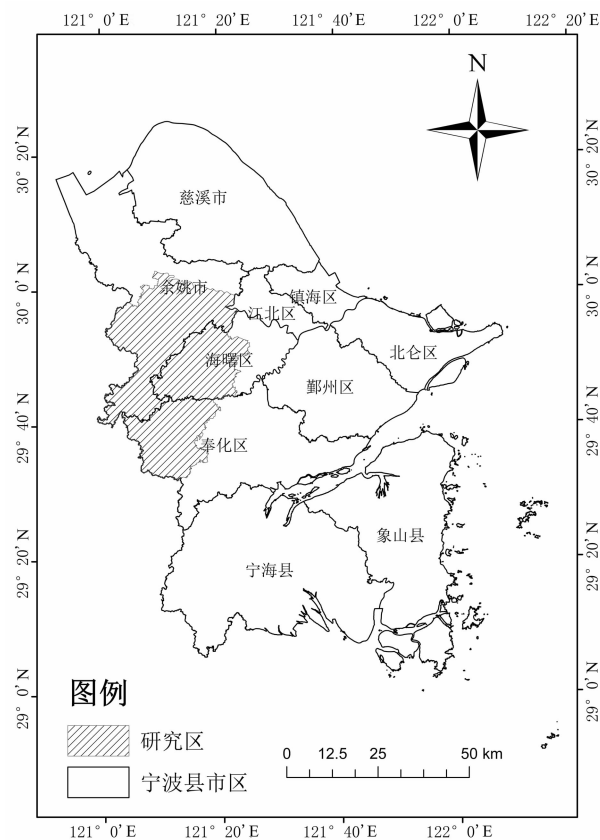


图1 研究区地理位置示意图

Fig. 1 The location of study area

落的分布格局及规模;再根据农村聚落的分布特点将研究区农村聚落图层分别与高程图、坡度图、河流图层、道路图层和耕地图层缓冲区进行叠加分析,并梳理影响宁波四明山区农村聚落分布的主要因素。

2.1 景观指数法

景观指数是指能够将景观格局信息高度浓缩,并反映其结构组成和空间配置等某方面特征的简单定量指标,适合运用景观指数定量分析表达景观格局和生态过程的一种空间分析方法^[13]。运用景观指数法能够有效地研究聚落的空间分布格局。在景观生态学中,每一个景观指数都是相互关联的,单一的一个景观指数并不能完全反映景观的全部特征。因此,要尽量将多个指标结合起来进行研究,才能尽可能全方位地反映出景观的特征。本研究选取斑块面积(CA)、斑块个数(NP)、斑块所占景观面积比例(PLAND)、平均斑块面积(MPS)对宁波四明山区农村聚落的分布规模等进行分析。

2.2 核密度分析

核密度估计是一种用于估计概率密度函数的非参数方法,在本文研究中,运用核密度估计农村聚落

的空间分布密度。在空间位置上出现的概率不同,密集程度也就不同,聚落分布密度与核密度数值呈正比关系。公式如下:

$$f(x,y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (1)$$

上式中: $f(x,y)$ 为 (x,y) 位置的核密度值, h 为带宽, n 为带宽内点的数量, k 为核函数, d_i 为位置距第 i 个观测位置的距离。

2.3 Voronoi 多边形

在几何学中,Voronoi 多边形图是由连接相邻两点间直线的垂直平分线组成的多个连续多边形组成,这是一种与距离密切相关的平面划分方法^[14]。变异系数 C_v 值是 Voronoi 多边形面积标准差(SD)与平均值(AVG)的比值,可用来衡量要素在空间上的相对变化程度。其计算公式为:

$$C_v = \frac{SD}{AVG} \times 100\% \quad (2)$$

通过 C_v 值对点要素进行研究时,Duyckaerts 和 Godefroy 提出了三个建议值:当 C_v 值 $< 33\%$ 时,点集为均匀分布;当 $33\% \leq C_v$ 值 $\leq 64\%$ 时,点集为随机分布;当 C_v 值 $> 64\%$ 时,点集为集群分布^[15]。

3 结果与分析

3.1 宁波四明山区农村聚落空间格局分析

3.1.1 规模分析

宁波四明山区一共有5386个农村聚落斑块,斑块面积大小不一,总面积 5306.03 hm^2 ,从 0.00017 hm^2 到 46.066 hm^2 之间不等,平均面积为 1.0626 hm^2 ,超过半数以上的聚落面积大于平均面积,表明宁波四明山区农村聚落分布较为分散且数量较多。其中 0.2 hm^2 以下面积的聚落斑块数为 2152 个,数量最多,25 hm^2 以上面积的聚落斑块数为 9 个,数量最少,研究区农村聚落整体呈现数量与规模成反比的特点。从斑块数量(NP)和斑块总面积(CA)来看,梨洲街道、陆埠镇、溪口镇、梁弄镇、河姆渡镇、横街镇的农村聚落占地面积比例最大。斑块所占景观面积比例(PLAND)反映研究区域的农村聚落建设用地的规模水平,梨洲街道占比 11.77%,在研究区所有乡镇中规模最大,四明山镇所占比例最小,为 0.95%;整个研究区斑块所占景观面积比例(PLAND)为 4.06%,整体聚落规模不大,与研究区山区的地形地貌特征有较大关系。平

均斑块面积(MPS)是反映研究区斑块的平均规模,平均斑块(MPS)越大,表明该区域的平均规模就越大,该指数较大的有梨洲街道、河姆渡镇、溪口镇和陆埠镇,较小的有章水镇和四明山镇,指数差异显著,从5434.23 m^2 到13812.00 m^2 不等。根据以上景观格局指数表明研究区农村聚落的整体规模较小且用地规模差异较为明显(表1)。

表1 研究区农村聚落布局景观指数分析(以乡镇为单位)

Tab. 1 Township-based landscape metrics of rural settlements

行政单位	斑块数量个	斑块总面积 /hm ²	斑块所 占景观 面积比例 /%	平均斑 块面积 /(m ² /个)	C _v 值 /%	
余姚市	梨洲街道	933	1288.66	11.77	13 812.00	148.73
	陆埠镇	785	886.69	7.42	11 295.43	80.18
	梁弄镇	507	513.32	5.11	10 124.56	148.38
	四明山镇	217	119.91	0.95	5526.00	115.41
	大岚镇	175	126.56	1.98	7231.93	52.81
	鹿亭乡	205	138.41	2.09	6751.47	29.03
	河姆渡镇	482	615.58	9.47	12 771.40	143.22
	大隐镇	109	94.46	3.07	8666.24	95.06
海曙区	横街镇	450	445.73	4.52	9905.09	95.43
	章水镇	269	146.18	1.12	5434.23	40.59
	鄞江镇	331	269.71	4.48	8148.32	167.57
	龙观乡	228	221.10	3.09	9697.17	47.37
奉化区	溪口镇	695	857.12	2.33	12 332.65	176.87
研究区总计		5368	5723.43	4.06	10 626.48	156.58

3.1.2 密度分析

运用核密度估计的方法对研究区农村聚落核密度进行分析,通过 ArcGIS 软件生成 kernel 密度图,并将其分为 5 个等级(如图 2)。研究区农村聚落分布密度最大为 37.27 个/ km^2 ,最小为 0.29 个/ km^2 ,核密度较高的区域分布在梨洲街道和陆埠镇,呈现块状分布特点,梁弄镇、河姆渡镇、鄞江镇、大隐镇、横街镇及龙观乡的核密度高值区则成点状分布,面积相对较小。溪口镇、四明山镇及章水镇属于核密度低值区,农村聚落布局较少。研究区核密度整体分布密度较低,由东北向西南密度逐渐减少。

3.1.3 聚集特征分析

通过 ArcGIS 的 Geostatistical Analyst 模块生成研究区的 Voronoi 图(图 3),并以乡镇为单位计算其

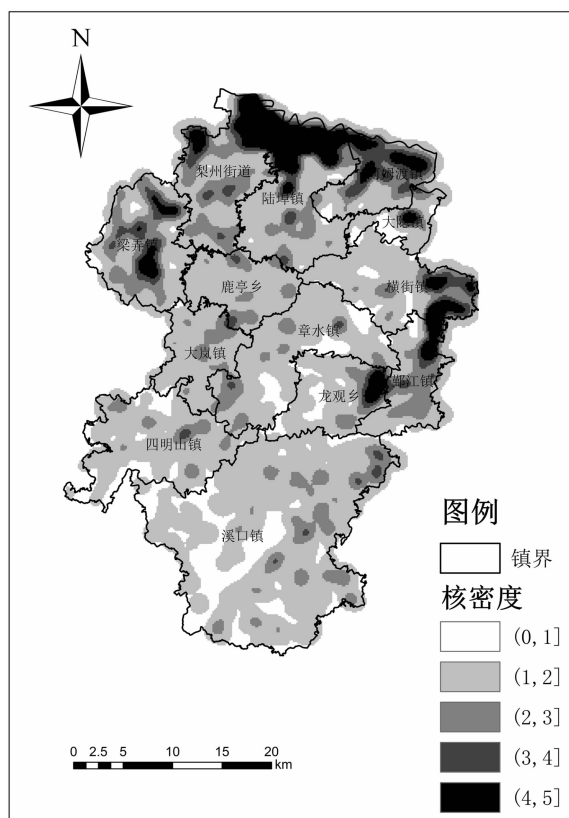


图2 研究区农村聚落核密度图

Fig. 2 The nuclear density map of rural settlements

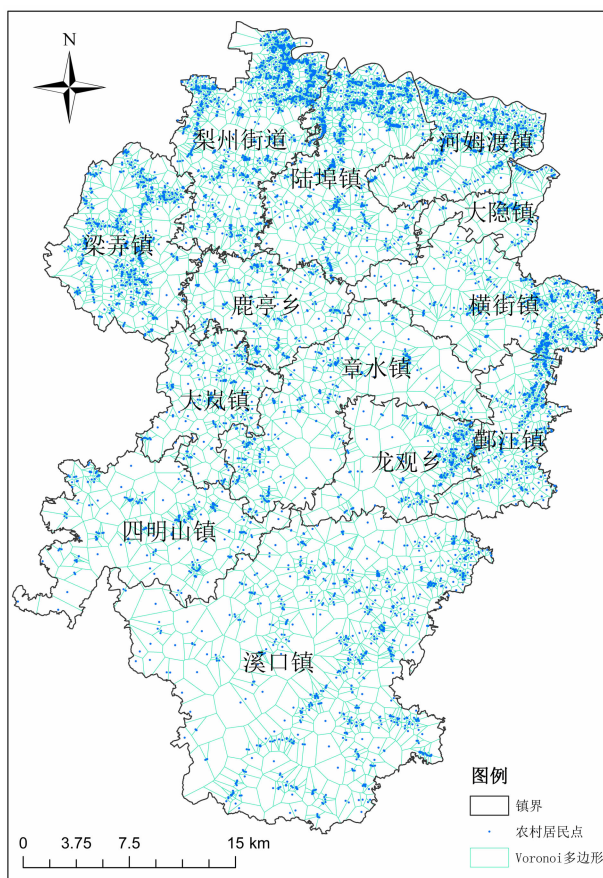


图3 研究区农村聚落 Voronoi 多边形集合

Fig. 3 The Voronoi diagram of rural settlements

C_v 值(表1)。宁波四明山区农村聚落总面积占区域总面积的4.06%,基于Voronoi图的研究区 C_v 值为156.58%,表明宁波四明山区的农村聚落成集聚分布。其中溪口镇、河姆渡镇、梁弄镇、大隐镇、鄞江镇、梨洲街道、四明山镇、横街镇、陆埠镇的 C_v 值>64%,为集群分布,表明其农村聚落的分布与特定的资源、自然条件和人类活动有密切的关系;鹿亭乡的 C_v 值<33%,为均匀分布,表明该镇农村聚落的分布与均匀性的自然条件和人类活动有关;龙观乡、大岚镇及章水镇的 C_v 值为 $33\% \leq C_v \leq 64\%$,呈随机分布,表明其农村聚落的分布与自然条件及人类活动的关系不密切。

3.2 影响宁波四明山区空间分布的主要因素

农村聚落空间分布受自然、社会、经济等因素影响,通过实地调研和上述研究表明,河流、交通、地形以及农业用地分布对宁波四明山区农村聚落空间格局影响较大(如图4),考虑到宁波四明山区重要生态功能区建设及优化国土资源空间格局的需要,本文从以下几个方面对宁波四明山区空间分布的主要因素影响因素进行分析。

3.2.1 海拔因素

宁波四明山区农村聚落的分布受到海拔因素的影响较大,通常情况下,所在地区海拔越高,聚落分布得越少^[16]。对研究区的DEM数据分析得出,宁波四明山区的海拔最高为1479 m,最低为-1 m。运用自然间断分类法,将该区分为5个高程等级(表2)。结果显示,各个等级占研究区总面积的比例分别为78.9%,7.65%,5.56%,6.56%,1.33%,海拔在120 m及以下的农村聚落占整个研究区聚落的78.9%,农村聚落的分布主要集中在北部及东部地区(如图5),主要是由于海拔较低,交通、电力等基础设施完善,适合农村居民的居住及出行活动,因此在这一高程区域内,农村聚落分布较多,斑块所占密度也较大;海拔相对较高的地区农村聚落比重较低,并且呈现零星状分布,说明海拔因素对于宁波四明山区农村聚落的分布影响显著。

3.2.2 坡度因素

坡度是用来表示地表斜面与水平面相关的倾斜程度,是体现地表形态的重要指标之一,是农村聚落

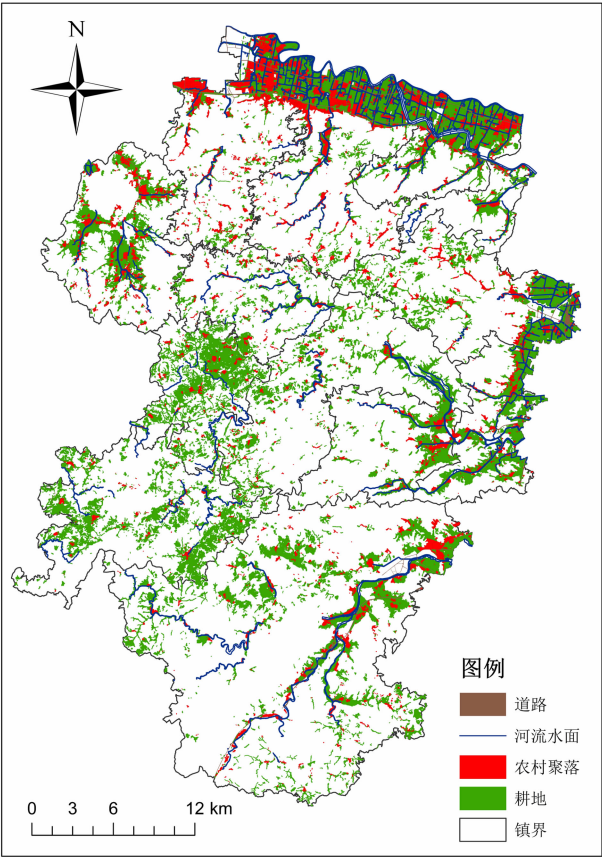


图 4 研究区农村聚落分布图
Fig. 4 The distribution of rural residential areas

表 2 不同高程下聚落面积统计

Tab. 2 The area statistics of settlements at different elevations

高程/m	聚落面积/hm ²	比例/%
(-1,120]	4515.97	78.9
(120,270]	437.92	7.65
(270,430]	317.98	5.56
(430,620]	375.58	6.56
(620,+∞)	75.98	1.33
总和	5723.42	100

空间分布的宏观地理背景^[17]。通过 ArcGIS 的空间分析功能,将 DEM 生成坡度图,按照坡度标准将其分为五级:(0,10]为平坡、(10,20]为缓坡、(20,30]为斜坡、(30,40]为陡坡、(40,50]为急坡。将分级好的坡度图与聚落分布图在 ArcGIS 上进行叠加分析得到不同坡度级别的农村聚落分布情况(如表 3)。结果显示,宁波四明山区 93.76% 的农村聚落分布在坡度小于 20°的区域内,其中 78.78% 的农村聚落是分布在 10°以下坡度的,由于坡度较缓,在此

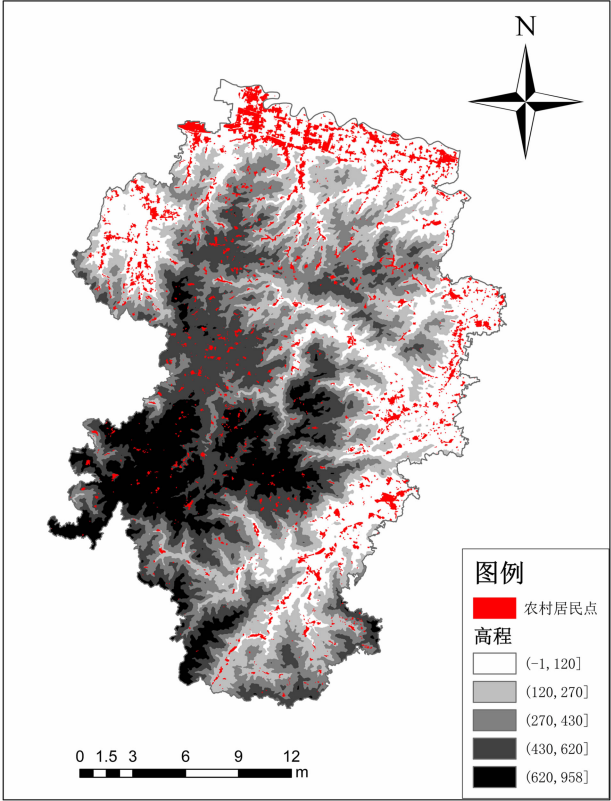


图 5 研究区高程图
Fig. 5 The elevation map of the study area

坡度上修建各种基础设施的成本相对较低,修建难度较小,故聚落分布集中且规模较大;而当坡度大于 20°时,修建道路及水利工程等基础设施的难度会加大,相应的建设成本也会增加,故在此坡度下的农村聚落分布较少且分散。因此,坡度大小影响宁波四明山区农村聚落的分布。

表 3 不同坡度下聚落面积统计表

Tab. 3 The area statistics of settlements under different gradients

坡度/°	聚落面积/hm ²	比例/%
(0,10]	4508.76	78.78
(10,20]	857.3	14.98
(20,30]	300.5	5.25
(30,40]	53.02	0.92
(40,50]	3.84	0.07
总和	5723.42	100

3.2.3 交通因素

人们进行生产和生活时,交通条件是必不可少的。通常聚落多分布在便于人们出行的交通便利地

区。以 500 m 为间距做缓冲处理,对交通因素进行分析,分为五个范围(表 4)。结果显示,农村聚落的分布与其距离道路的远近有着直接的关系,随着与道路距离的增加,农村聚落分布的面积会逐渐减少;反之,距离道路越近,所占面积比例就越大。当缓冲区为 500 m 时,居民点的分布较为密集,所占比例为 39.42%,但其比例并未占比半数以上,说明基于研究区山区独特的自然地理特征、经济发展状况及研究区作为生态功能区的独特性,道路对于研究区农村聚落的分布影响较大,但并不突出。总体来看,道路的远近也是影响宁波四明山区农村聚落分布的主要因素。

表 4 不同道路缓冲区内聚落面积统计表

Tab.4 The area statistics of settlements based on road buffers

缓冲区/m	聚落面积/hm ²	比例/%
(0,500]	2256.13	39.42
(500,1500]	1311.98	22.92
(1500,2500]	541.63	9.46
(2500,3500]	431.66	7.55
(3500,4500]	331.26	5.79
(4500,+∞)	850.76	14.86
全区	5723.42	100

3.2.4 水文因素

水文因素中,尤其是河流的走向会影响到人口的分布。提取研究区域河流水面的图层,以 500 m 为间距做缓冲处理,再与农村聚落图层进行叠加分析,得到不同缓冲区农村聚落的分布情况,共分为四个范围(表 5)。由结果可知,当缓冲距离≤500 m 时,宁波四明山区农村聚落分布面积所占比例为 72.62%,占研究区农村聚落的总面积一半以上,随着距离的不断加,所占的面积不断减少,表明河流水面对农村聚落的分布具有重要的影响。为了生产和生活的需要,人们会选择居住在距离水源地更近的地方,因此农村聚落的布局就会更加注重水文因素。

3.2.5 耕地因素

农业生产生活用地是农村居民的重要资源,尤其是耕地。在山区,受农业生产水平及耕作半径的限制,特定的居住地所控制和管理的耕地面积是有限的,故研究区的农村聚落分布会受到耕地的影响。

表 5 不同河流缓冲区内聚落面积统计表

Tab.5 The area statistics of settlements based on rivers buffers

缓冲区/m	聚落面积/hm ²	比例/%
(0,500]	4156.09	72.62
(500,1000]	586.9	10.25
(1000,1500]	342.92	5.99
(1500,+∞)	637.52	11.14
全区	5723.42	100

将宁波四明山区的耕地分布矢量数据提取并进行缓冲区的处理,与农村聚落图层进行叠加,获取不同耕地缓冲区的农村聚落分布状况,共分为四个范围(表 6)。由结果知,当缓冲区小于 100 m 时,农村聚落的面积所占比重为 75.63%,聚落分布较为密集。随着农村聚落与耕地距离的逐渐变大,分布面积逐渐减少,密度较为稀疏,说明宁波四明山区农村聚落的分布受耕地影响显著。

表 6 不同耕地缓冲区内聚落面积统计表

Tab.6 The area statistics of settlements based on land buffers

缓冲区/m	聚落面积/hm ²	比例/%
(0,50]	3071.02	53.65
(50,100]	1257.92	21.98
(100,150]	598.97	10.47
(150,+∞)	795.52	13.9
全区	5723.42	100

4 结论与讨论

本文对宁波四明山区农村聚落的空间分布及影响因素进行研究,为山区农村聚落的合理布局与优化提供参考,结论如下:

(1)基于景观格局指数、核密度分析及 Voronoi 图的变异系数等方法,结合宁波四明山区农村聚落的现状及自然人文环境等影响,对研究区农村聚落空间格局进行分析,得出宁波四明山区农村聚落集中分布在北部及东部乡镇,南部及西部地区受到自然条件的限制,农村聚落规模及密度较小,分布较为分散,规模大小依次为梨洲街道>河姆渡镇>陆埠镇>梁弄镇>横街镇>鄞江镇>龙观乡>大隐镇>溪口镇>鹿亭乡>大岚镇>章水镇>四明山镇。农

村聚落密度也呈现出北密南疏的趋势,除鹿亭乡为均匀分布,龙观乡、大岚镇、章水镇为随机分布外,其余 9 个乡镇均为集群分布。四明山镇因其海拔较高耕地较少应组织其向周边乡镇搬迁,大岚镇耕地分布较多但农村聚落分布较为分散,应对农村聚落进行优化布局,集约用地。

(2)通过空间分析得出,宁波四明山区农村聚落的分布格局在不同程度上受海拔、坡度、交通、水文、耕地等主要自然因素的影响。用地上,随高程与坡度的增加,农村聚落分布范围不断减小;分布上,随着海拔和坡度的增加,农村聚落的密集程度呈现减少的趋势,在道路的 1500m 缓冲区内、河流的 1000m 缓冲区内、耕地的 100m 缓冲区内,聚落分布都是较为密集的,但随着缓冲区距离的增加,聚落分布逐渐减少。因此,宁波四明山区的农村聚落在分布上偏向于海拔较低、坡度较缓、距离道路、河流和耕地较近的地区。对于一些自然条件较差的聚落分布较少。

在宁波四明山区农村聚落未来的优化布局中,应将农村聚落引导布局在海拔 120 m 以下,坡度尽量小于 10° 的区域。随着城镇化的发展,道路对农村聚落布局的影响逐渐显现,未来城镇发展应积极向道路缓冲区 1500 m 范围内集聚,同时应坚持节约集约用地、集中布局的原则,提高土地的利用效率,注意保护耕地,减少建设占用耕地量,推动区域统筹发展。宁波四明山区由于其自身的特殊性,开发建设的同时对于自然资源的保护显得尤为重要,在进行农村聚落的优化布局时应更加注重生态功能区的保护。通过对宁波四明山区农村聚落的空间分布及主要影响因素进行研究,对宁波四明山区的生态建设提供参考,同时为快速城镇化背景下农村聚落的优化布局整理、复垦及新农村建设提供科学依据。

参考文献 (References)

- [1] 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**(07): 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**(07): 1195–1204]
- [2] 文枫, 鲁春阳, 杨庆媛, 等. 重庆市农村居民点用地空间分异研究[J], 水土保持研究, 2010, **17**(4): 222–227 [WEN Feng, LU Chunyang, YANG Qingyuan, et al. Research on spatial differentiation of the rural residential land in Chongqing [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2010, **17**(4): 222–227]
- [3] 赵茜宇, 张占录, 方杰代. 黄土高原丘陵沟壑区农村居民点整理模式分析——以兰州市黄裕乡为例[J], 干旱区资源与环境, 2016, **30**(9): 44–49 [ZHAO Qianyu, ZHANG Zhanlu, FANG Jiedai. Pattern of rural residential land consolidation in Loess Plateau hilly and gully regions: A case of Huangyu town in Lanzhou [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016, **30**(9): 44–49]
- [4] 王重玲, 朱志玲, 白林波, 等. 宁夏中部干旱带农村居民点空间分布研究[J], 中国农学通报, 2015, **31**(10): 269–277 [WANG Chongling, ZHU Zhiling, BAI Linbo, et al. Study on spatial distribution of rural settlements in central arid zone in Ningxia [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, **31**(10): 269–277]
- [5] 陈兴雷, 郭忠兴, 刘小红, 等. 大城市边缘区农村居民点用地空间布局优化研究——对上海南汇地区的考察[J], 地域研究与开发, 2011, **30**(03): 117–122 [CHEN Xinglei, GUO Zhongxing, LIU Xiaohong, et al. Optimization on rural residential plot at urban fringe with special reference to spatial distribution: a case of Nanhui region in China [J]. Areal Research and Development, 2011, **30**(03): 117–122]
- [6] 田光进, 刘纪远, 张增祥, 等. 基于遥感与 GIS 的中国农村居民点规模分布特征[J], 遥感学报, 2002, **6**(4): 307–312 [TIAN Guangjin, LIU Jiyuan, ZHANG Zengxiang, et al. The scale distribution characteristics of Chinese rural settlements by remote sensing and GIS [J]. Journal of Remote Sensing, 2002, **6**(4): 307–312]
- [7] 邓南荣, 张金前, 冯秋扬, 等. 东南沿海经济发达地区农村居民点景观格局变化研究[J], 生态环境学报, 2009, **18**(3): 984–989 [DENG Narong, ZHANG Jinqian, FENG Qiuyang, et al. Landscape pattern changes of rural residential areas in economically developed coastal areas of southeast China [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, **18**(3): 984–989]
- [8] 刘仙桃, 郑新奇, 李道兵. 基于 Voronoi 图的农村居民点空间分布特征及其影响因素研究——以北京市昌平区为例[J], 生态与农村环境学报, 2009, **25**(2): 30–33 [LIU Xiantao, ZHENG Xinji, LI Daobing. Voronoi Diagram – Based research on spatial distribution characteristics of rural settlements and its affecting Factors – a case study of changping district, Beijing [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2009, **25**(2): 30–33]
- [9] 周伟, 高雪松, 凌静, 等. 四川秦巴山区农村聚落布局 TR – SE 模式研究与应用[J], 国土资源科技管理, 2016, **33**(06): 86–93 [ZHOU Wei, GAO Xuesong, LING Jing, et al. Research and application of TR – SE mode about rural settlements layout in Qinba mountain areas in Sichuan [J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2016, **33**(06): 86–93]
- [10] 余兆武, 肖黎珊, 郭青海, 等. 城镇化过程中福建省山区县农村聚落景观格局变化特征[J], 生态学报, 2016, **36**(10): 3021–3031 [YU Zhaowu, XIAO Lishan, GUO Qinghai, et al. Mountain county rural settlement landscape pattern change and spatial characteristics in rapid mountain urbanization process in Fujian province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, **36**(10): 3021–3031]

- 3031]
- [11] 郇红娟,张朝琼,蔡广鹏,等. 基于GIS的岩溶山区农村居民点用地适宜性评价[J],水土保持研究,2015,22(02):200-203,346 [GAO Hongjuan, ZHANG Chaoqiong, CAI Guangpeng, et al. Land suitability evaluation of rural settlements in karst mountains based on GIS [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(02):200-203,346]
- [12] 陈昌玲,吕晓,张全景. 县域尺度城乡建设用地空间格局分析——以江苏通州为例[J],山东农业大学学报:自然科学版,2015,46(05):694-700 [CHEN Changling, LYU Xiao, ZHANG Quanjing. Analysis of spatial pattern of urban-rural construction land at county scale:taking Tongzhou in Jiangsu province as a case [J]. Journal of Shandong Agricultural University(Natural Science Edition), 2015, 46(05):694-700]
- [13] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级(第2版)[M]. 北京:高等教育出版社,2007:99-109 [WU Jianguo. Landscape ecology: patterns, processes, scales and grades(Second Edition) [M]. Beijing: Higher Education Press, 2007:99-109]
- [14] 李云强,齐伟,王丹,等. GIS支持下山区县域农村居民点分布特征研究——以栖霞市为例[J],地理与地理信息科学,2011,27(3):73-77 [LI Yunqiang, QI Wei, WANG Dan, et al. Research on spatial distribution characteristics of rural settlements in mountainous areas at county level based on GIS:A case study in qixia city[J]. Geography and Geo-Information Science, 2011, 27(3):73-77]
- [15] DUYCKAERTS C, GODEFROY G. Voronoi tessellation to study the numerical density and the spatial distribution of neurons[J]. Journal of Chemical Neuroanatomy, 2000, 20(1):83-92
- [16] 张鹏,雷国平,李佳. 石油城市县域农村居民点空间格局分析[J],水土保持研究,2013,20(1):206-209 [ZHANG Peng, LEI Guoping, LI Jia. Analysis on spatial patten of rural settlements at country level in oil city [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2013, 20(1):206-209]
- [17] 韦红吉,张安明,汤鹏程,等. 乡镇农村居民点布局优化研究——以重庆市黔江区石会镇为例[J],中国农学通报,2013,29(5):123-126 [WEI Hongji, ZHANG Anming, TANG Pengcheng, et al. A research on the optimization of rural community's arrangement-taking Shihui town, Qianjiang area, Chongqing for an example [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(5):123-126]

Spatial Pattern and Influence Factors of Rural Settlements: a Case of Siming Mountain Area in Ningbo City

KOU Xiangwei¹, LI Weifang^{2*}, JIANG Wenda¹, MAO Jingxu¹, ZHAO ke¹

(1. Geography & Spatial Information Techniques Department of Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: A better understanding of the spatial pattern of rural settlements is of great significance to promote the high-efficient use of land resources and facilitate urban-rural integration under China's rural revitalization strategy. The objective of this study is to quantify the spatial pattern and influence factors of rural settlements by using Ningbo's Siming mountain area as a case. In addition, the landscape pattern metrics, nuclear density analysis, the coefficient of variation of Voronoi diagram, and GIS-based spatial analysis were implemented. The results showed that: (1) the rural settlements in Ningbo's Siming mountain area had obvious spatial differentiation characteristics, which were high concentrated in the north and the east part of Siming mountain area; (2) the spatial pattern of rural settlements was highly impacted by the distribution of certain significant factors, including elevation, slope, rivers, roads and cultivated lands; (3) the high-density rural areas included Lizhou street, Lubu town, Hemudu town, and Hengjie town, while the low-density rural areas were located in the west and the south part, such as Xikou and Siming towns, respectively. This study can provide valuable planning implications for future consolidation of rural areas in the Siming mountain area, as well as for constructing ecological function regions.

Key words: rural settlements; spatial pattern; influence factors; Siming mountain area