

湖南师范大学

硕士学位论文

农村居民点用地空间格局及影响因素研究

——以湖南省宁乡市为例

学 科 专 业	土地资源管理
学 位 类 型	<input checked="" type="checkbox"/> 科学学位 <input type="checkbox"/> 专业学位
研 究 生 姓 名	陈晓霞
导师姓名、职称	谢炳庚 教授
论 文 编 号	201420131062

湖南师范大学学位评定委员会办公室

二零一八年六月

分类号 _____

密级 _____

学校代码 10542

学号 201420131062

农村居民点用地空间格局及影响因素研究

——以湖南省宁乡市为例

Research on the Spatial Pattern and Influencing Factors of Rural Residential land

—A Case of Ningxiang City in Hunan Province

研究生姓名 陈晓霞

指导教师姓名、职称 谢炳庚 教授

学 科 专 业 土地资源管理

研 究 方 向 土地利用规划与管理

湖南师范大学学位评定委员会办公室

二零一八年六月

摘要

农村居民点是农村居民共同居住、活动的集聚地，其规模、密度、形态的空间分布格局受自然和社会经济环境的影响。科学识别农村居民点用地空间格局特征，揭示居民点分布与周围环境、生产之间的关系，对农村居民点科学规划和发展具有重要意义。本研究以湖南省宁乡市土地利用变更调查数据库为主要信息源，综合运用景观格局指数、空间关联模型、核密度估计、空间变差函数等方法，揭示宁乡市2013年农村居民点用地的空间格局特征，在此基础上，运用地理探测器模型探究自然基底因素和经济社会因素对农村居民点用地空间格局的相对影响和交互影响，并找出各影响因素的指示范围。主要结论如下：

(1) 宁乡市农村居民点用地的规模普遍偏小，规模小的农村居民点比重大但规模差距小，规模大的农村居民点比重小但规模差距大；在空间分布上，农村居民点用地规模具有显著的低值集聚特征，规模较大的农村居民点主要集中在回龙铺、煤炭坝、菁华铺、坝塘、大成桥等乡镇，总体上呈“东热西冷”的空间格局。宁乡市农村居民点用地空间分布集聚态势明显，密度空间差异显著，具体表现为西南-东北方向密集、西北-东南方向稀疏的空间特征，其中老粮仓西北部、流沙河东南部及资福中部地区是农村居民点用地密集核心区。宁乡市农村居民点用地形态的空间格局具有较好的连续性和稳定性，其空间分异受随机性和结构性因素的共同影响，而由空间自相关引起的结构

化分异较为显著，呈现出明显的阶梯状分布特征，其中南北地区农村居民点用地形态复杂、不规则，中部地区农村居民点用地形态简单、规整，自西向东复杂程度呈倒“U”型变化。

(2) 高程、坡度、农民人均纯收入、粮食单产是影响宁乡市农村居民点用地规模空间分异的主要因素，高程、坡度、非农人口比例、人均耕地面积是影响宁乡市农村居民点用地密度空间分异的主要因素，与道路距离、与城镇距离、人均耕地面积、农村人均纯收入是影响宁乡市农村居民点用地形状空间分异的主要因素；各影响因素下农村居民点用地分布的优势区域或范围不同；两种影响因素之间的交互作用大大增强了他们单独对农村居民点用地分布的影响。

关键词：农村居民点用地；空间格局；影响因素；地理探测器；宁乡市

ABSTRACT

Rural settlements are the places where rural residents dwell and live together, the spatial distribution of rural settlements is influenced by many factors, such as natural, social and economic factors. Scientifically identifying the characteristics of spatial patterns of rural residential land and revealing the relationship between the distribution of residential areas and the surrounding environment and production are of great significance to the scientific planning and development of rural residential areas. The spatial pattern characteristics of rural residential land in Ningxiang City in 2013 were revealed by taking the land use change survey database in Ningxiang City of Hunan Province as the main source of information and comprehensively using the methods of landscape pattern metrics, spatial correlation model, nuclear density estimation and spatial variability function. On the basis of this, geo-detector model was used to explore the relative influence and interaction of natural basal factors and economic and social factors on the spatial pattern of rural residential land, and to find out the scope of indication of each influencing factors. The main conclusions are as follows:

(1) The scale of rural residential land in Ningxiang city is generally small. The proportion of small-scale rural residential land is large, but the gap is small, and the proportion of large-scale rural

residential land is small, but the gap is large. In terms of spatial distribution, the scale of rural residential land has a significant low-value clustering feature and shows the spatial pattern of "East heat West cold ". Large-scale rural residential land are mainly concentrated in Huilongpu, Coal Dam, Jinghuapu, Batang and Dachengqiao townships. The agglomeration trend of spatial distribution of rural residential land in Ningxiang City is obvious, and spatial differences in density are significant, which are manifested by dense spatial features in the southwest-northeast and sparse spatial features in the northwest-southeast direction. The northwest of the old granary, the southeast of the Liusha River, and the central area of the Zifu are dense core areas of rural residential land .The spatial distribution pattern of shape of rural residential land in Ningxiang City has good continuity and stability, and its spatial differentiation is affected by both random and structural factors, but the structural differentiation caused by spatial autocorrelation is more significant. The characteristics of ladder-like distribution are obvious. The shape of rural residential land in the north and south areas is complex and irregular while the shape in the central region is simple and regular, with an inverted-U change from west to east.

(2) Elevation, slope, per capita net income of farmers and grain yield are the main factors affecting the spatial differentiation of rural residential land scale in Ningxiang City.Elevation, slope, non-agricultural

population ratio and per capita cultivated area are the main factors affecting the spatial differentiation of rural residential land density in Ningxiang City. The main factors affecting the spatial differentiation of rural residential land shape in Ningxiang City are distance from the road, distance from the town, per capita cultivated area and per capita net income of farmers. The dominant areas or scopes of rural residential land distribution under different influencing factors are different; the interaction between the two influencing factors greatly enhances their influence on the distribution of rural residential land alone.

Key words: rural residential land; spatial pattern; influencing factors; geo-detector; Ningxiang City

目 录

摘 要.....	1
ABSTRACT.....	11
1 绪 论.....	3
1.1 选题背景.....	3
1.2 研究意义.....	4
1.3 国内外研究进展.....	5
1.4 研究内容与技术路线.....	10
2 研究区域概况与数据来源.....	13
2.1 区域概况.....	13
2.2 数据来源与处理.....	17
3 农村居民点用地空间格局特征.....	18
3.1 农村居民点用地规模分布特征.....	18
3.2 农村居民点用地密度分布特征.....	21
3.3 农村居民点用地形态分布特征.....	24
4 农村居民点用地空间格局影响因素定量测度.....	28
4.1 地理探测器概述.....	28
4.2 变量数据选取.....	31
4.3 研究结果.....	35
4.4 结果分析.....	44
5 结论与展望.....	47

5.1 研究结论.....	47
5.2 展望.....	48
参考文献.....	49
致 谢.....	54

1 绪论

1.1 选题背景

1.1.1 新型城镇化建设中土地供需失衡的难题

中国是一个农业大国，农村人口占总人口的比重大，作为农村人口聚居地的农村居民点在未来较长时期内仍将在城乡建设用地中占绝对优势。2014年，全国总人口约13.67亿人，其中农村人口约6.18亿人，占总人口的45.23%。同期，全国城乡建设用地约 $22.84 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其中农村居民点用地约 $13.94 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占城乡建设用地的61.04%，即人均城镇用地约 119m^2 ，而人均农村居民点用地约 226m^2 ，约为人均城镇用地的2倍。随着新型城镇化与工业化进程的快速推进，各项建设用地需求日益增加，在土地资源有限的局面下，城镇建设发展将不可避免地侵占耕地，建设用地与耕地之间的矛盾日渐突出，建设用地的供给将面临巨大压力。然而，当前城乡建设用地利用粗放、浪费土地的现象仍普遍存在。农村居民点四周多为优质耕地，其发展对耕地数量减少的威胁远远大于城镇，表现为农村居民点用地面积大、布局分散及空废化现象严重（谭雪兰，2011）。农村居民点用地布局与城镇良性发展、耕地保护关系密切，迫切需要把握农村居民点空间分布规律，整合城乡空间，以解决土地供需失衡问题。

1.1.2 社会主义新农村建设等重大战略的引导

自2005年党的十六届五中全会提出社会主义新农村建设的十六字方针以来，党中央相继出台了一系列有利于农村地区发展的政策制度，农村经济和乡村建设取得了较快发展。由于受城乡土地“二元结构”发展模式的影响，农村发展特别是农村土地综合利用等存在诸多问题，并日渐成为推动社会主义新农村建设的主要屏障，因此，开展农村用地的研究显得尤为重要。对农村居民点用地空间布局及其影响因素的研究一直是土地科学的重要研究内容，其主要基于农村居民点用地空间格局的形成是其与周围生态、经济、社会等因素相互作用的过程，居民点的布局和发展直接影响农民生活水平的提高和居住环境及农村产业发展的好坏。就目前相关研究来看，学术界对农村居民点的研究还没有形成系统性、科学性的理论体系。针对其研究现状，结合其他学科的优势，借鉴学习各学科的科

学理论和方法来研究农村居民点的布局和内在驱动因素,使农村居民点的合理选址和优化布局有据可依,这是目前研究农村问题首先需要并亟待深入开展科学研究的重要课题。

1.1.3 宁乡社会经济稳步均衡发展的现实需要

宁乡地理位置优越,物产资源丰富,素有“猪粮大县”的美誉。改革开放以来,特别是随着国家中部崛起及“两型社会”示范区建设战略的实施,宁乡市域经济发展迎来了政策扶持和项目倾斜的重大机遇,各项公共事业发展迅速,经济实力大大增强,连续多年入选全国百强县。伴随着市域经济发展水平的提高,乡村产业发展和乡村社区建设得以稳步推进,农村面貌尤其是农村居民点形态及功能发生了显著变化。农村居民点用地作为农村土地利用的重要组成部分,直接影响着区域土地利用的规模和方向,并对区域经济社会的转型有十分重要的作用(秦天天,2012)。“两型社会”建设,土地是关键,开展农村居民点用地数量和空间格局特征、影响因素的认识,为改善农村人居环境提供参考,是当前宁乡社会经济稳步均衡发展面临的重大现实问题。

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

本研究以 GIS 技术为平台,综合集成景观格局指数、GIS 空间分析模型、地理探测器模型等多种研究方法,深入挖掘宁乡市农村居民点用地空间分布的一般性规律和特征,识别出其空间分异的主要影响因素、指示范围和因素交互作用的强弱,揭示主导因素对农村居民点用地空间分异的作用机理,这在一定程度上可拓展农村居民点用地空间格局研究内容的深度,并对土地科学与景观生态学及空间统计学等相关学科的交叉融合做出有益探索,有助于农村居民点用地空间格局研究方法的完善。

1.2.2 实际意义

有限的土地资源和低效的土地利用会严重制约着区域社会经济的发展,对农村居民点用地空间分异特征及其原因的挖掘,可为其科学规划和布局提供有力依据,并在一定程度上有效提高农村土地的利用率。本研究对宁乡农村居民点用地的空间格局及影响因素开展研究,可以准确把握居民点用地的总体分布特征及区

域差异,认识城市化过程中其空间布局与周围环境因素的互动关系,揭示其主要影响因素和作用方式,以期为社会主义新农村建设提供参考。

1.3 国内外研究进展

1.3.1 农村居民点用地空间格局研究进展

19 世纪初,国外学者开始对农村居民点用地进行研究,研究内容主要集中在乡村聚落的形成及其与地理环境之间的关系等方面,研究方法主要以定性描述为主。1841 年,德国学者 Kohl 首次对村落、大都市和集镇等不同类型聚落的形成和布局形态进行了系统的研究,并重点分析了地形、交通等因素对聚落分布的影响(金其铭,1989)。1933 年,德国地理学家 Christaller 通过对德国南部农村市场中心和服务范围的研究,验证了其中心地理论,为农村居民点用地规划和空间体系的研究提供了理论基础(金其铭,1989)。

20 世纪下半叶,受西方“计量地理学革命”的影响,一些学者开始对农村居民点用地的空间结构、空间演变趋势及形态与类型进行定性定量研究。如美国学者 Atsuyuki 等(1992)对几何学中的 Voronoi 图进行了深入分析,并在具体的地理要素的空间分析中进行了实证研究,为农村居民点用地空间结构的研究提供了理论指导。随后,Charles 等(2000)详细划分了 Voronoi 图中的变异系数(Cv 值),探讨了农村居民点用地空间分布的类型,将农村居民点用地的分布状态划分为集群、随机和均匀三种类型。Sylvain 等(2001)以加拿大魁北克南部的乡村聚落为研究对象,对农村居民点景观演变进行研究,揭示了农民居住模式与居民点景观格局变化之间的关系。Michael(2003)系统研究了农村居民点空间分布形态的类型,将农村居民点空间分布形态划分为低密度型、高密度型、集聚型、规则型、线型、随机型等六种类型。

近年来,伴随 GIS、RS 和景观生态学等理论方法的发展,农村居民点用地布局的研究逐渐与多个学科融合,研究内容扩展到农村居民点景观类型与土地利用的可视化(Marjanne 等,2007)、农村居民点用地布局与经济发展(Paul,2009)等方面,向人文、社会研究方向发展趋势明显。如 Ali 等(2008)基于 GIS 空间分析和 Fragstats 景观计算软件相结合的方法,系统分析了土耳其 Torul 山区土地利用和森林覆盖景观的时空变化。Clercq 等(2012)通过对比利时农村居民点景观

变化的研究，提出了一种分析居民点变化特征的新方法。Porta 等（2013）基于人口迭代技术，识别了农村居民点的边界，区分了农村居民点的内部功能，提出要将农业生产用地和居住用地进行隔离。

相比国外，国内关于农村居民点用地的研究于 20 世纪 80 年代以后才开始骤增，其研究进程发展较快，农村居民点空间布局逐渐成为研究的热点。近年来，在“3S”技术及计量地理学的推动下，关于农村居民点用地区位、规模、形态、微观结构及空间演化的研究日益增多。

在农村居民点用地的区位方面，主要集中于对各地貌类型上农村居民点用地分布位置及其特征的研究，如平原地区农村居民点多分布于耕地资源丰富、距水源较近的地方（肖飞等，2012），山地与丘陵区农村居民点多分布于地形平坦的阳坡，且垂直分异明显（郭晓东，2012；关小克等，2016），而黄土高原上的农村居民点集中分布于河谷阶地等地貌部位，且有向阳、向路等特点（梁会民等，2001；甘枝茂等，2004）。随着遥感影像等新技术、新数据源在土地科学领域的应用和发展，众多学者对不同空间尺度下农村居民点用地的空间分异规律展开了大量的研究。如田光进等（2003）应用 TM 遥感影像研究了全国农村居民点用地的分布特征，发现居民点主要集中分布在东北平原、华北平原及淮河与长江中下游等地区，具有东部多、西部少的特点。蔡为民等（2004）通过对黄河三角洲地区农村居民点用地的研究，发现农村居民点用地集中分布在农业发展较早、自然条件优越的山前冲积平原区。姜广辉等（2007）、李灿等（2013）针对北京市不同区位条件下的农村居民点用地，综合运用计量地理模型与 GIS 技术相结合的方法对其内部结构特征进行研究，发现其内部结构的差异性显著。周伟等（2011）发现三峡库区的农村居民点多分布在城市郊区，占用耕地的现象有所减少。谭雪兰等（2010）、刘明皓等（2011）、张瑞娟等（2015）运用 GIS 空间分析和景观生态学相结合的方法进行研究，发现农村居民点用地布局与经济水平、交通通达性、坡度、海拔及耕地空间分布等因素密切相关。随着空间计量经济学和 GIS 技术的发展，还有一些学者运用空间统计学、Voronoi 图等方法研究农村居民点的分布模式。如刘仙桃等（2009）、王志杰等（2013）运用 GIS 技术与 Voronoi 图相结合的方法，对县域农村居民点的分布模式开展了研究。马利邦等（2012）通过对通渭县乡村聚落的研究，发现最近邻距离、空间变差函数和 Voronoi 地图

等方法可以有效解释其分布模式的类型。鄂施璇等（2016）运用全局聚类检验、核密度估计及空间热点探测等方法对乡村聚落的空间集聚特征进行了研究，结果表明乡村聚落在空间分布上区域差异明显。

目前对农村居民点用地规模的研究，主要集中在农村居民点用地的变化速度、变化方式及其用地转化等方面（胡贤辉，2007；任平等，2015；张栢林，2016）。一些学者研究发现，城镇化、工业化、人口变化及政策制度等因素会影响农村居民点用地规模的变化速度，且在不同时期呈现出不同的特征（邢谷锐，2007；周洁等，2011）。罗光杰等（2010）指出农村居民点用地的扩展指数随生产力水平的变化而变化。刘彦随（2010）、冯应斌（2015）、宇林军（2016）等通过研究表明，农村居民点用地规模的变化方式具有地域差异，自然条件较好的地区，以外延增长为主，内部出现空心化现象。在一些自然条件较差的地区，由于人口外迁而使农村人口规模减小，但农村居民点用地规模基本维持不变（李裕瑞等，2010；乔陆印等，2015）。在农村居民点用地的转出与转入方面，刘巧芹等（2009）、刘芳等（2010）通过研究发现，农村居民点用地的转出以城镇工矿用地、交通用地、耕地为主，转入以耕地和园地为主。

农村居民点用地形态的研究，主要集中在形状特征分析、形态地域类型划分等方面。随着 GIS 技术和景观生态学的不断发展，许多学者选择一系列景观指标，如分维数、形状指数等，对不同区域、不同尺度的农村居民点用地形态进行定量研究（海贝贝等，2013；王曼曼等，2016），发现我国各地现有农村居民点用地的形状具有明显的不规则性（陈德凡等，2014；杜国明等，2015）。还有一些学者运用空间统计学、分形等技术对农村居民点形态的空间依赖性和分形特征进行研究，如李全林等（2012）、马利邦等（2015）运用空间变差函数、空间插值等方法开展研究，发现区域乡村聚落形态的空间自相关性较强。张竟竟等（2013）、庄至凤等（2015）结合城镇体系研究中的空间关联维数模型对平原及山地丘陵地区的城乡聚落的空间结构进行了系统研究，发现城市聚落与农村聚落具有相似的分形特征。伴随农村居民点用地形状特征的研究，一些学者依据形态指标，运用聚类分析、神经网络等方法对农村居民点用地形态的地域类型进行划分（闵婕等，2014；谭雪兰等，2015）。如马晓冬等（2012）基于乡村聚落形态指标体系的构建，运用系统聚类方法定量研究了江苏省乡村聚落的形态，划分了

乡村聚落空间分布的地域类型,并对不同类型的分布范围及其形成机理进行了重点剖析。

1.3.2 农村居民点用地空间格局影响因素研究进展

国内外对农村居民点用地空间格局影响因素的研究有两个特点,一是内容上既重视单要素对用地布局的影响,也关注多要素对用地布局的综合作用;二是研究工具以统计软件和 GIS 为主。

在农村居民点研究的萌芽起步阶段,自然条件对农村居民点用地布局的影响是国外学者关注的重点(金其铭,1989)。Hoskins(1955)研究发现先前居民点类型和土地的丰富程度对农村居民点用地空间分布特征的影响显著。Roberts(1996)认为农村居民点用地选址的影响因素不是固定不变的,指出建房应从点与位置两个方面进行综合考虑。之后,经济发展、乡村交通、人口迁移、政府政策和社会文化等经济社会指标逐步被纳入到农村居民点用地布局影响因素的研究中。如 Peter(2003)通过对南非地区居民点布局的研究,发现地区基础设施可达性的主要影响因素是居民点分布形态。Carmen 等(2004)研究了城镇化大背景下农村居民点用地的变化特征,并剖析了农村产业结构调整、人口非农化、居民生计方式变化、人口迁移等对其产生的影响。Hansen 等(2005)通过对美国农村居民点用地变化速率及其驱动力的研究,指出用地扩张对生态系统的危害。Olena 等(2011)基于 Logistic 回归模型分析了 1990-2005 年土耳其伊斯坦布尔郊区居民点演变的影响机制,提出影响居民点空间演变的主导因素是人口密度、邻里关系和坡度。

国内众多学者从不同的角度用不同的方法对农村居民点用地空间格局的影响因素进行了定性定量的研究,结果表明,农村居民点的形成与发展会受到地理位置、发展水平、文化背景、居民思想观念等多重因素的影响。姜广辉等(2006)、石诗源等(2010)、闵婕等(2014)运用景观生态学和 GIS 空间分析方法统计分析农村居民点用地在自然、社会、经济等诸要素下的分布状况,发现其空间格局与高程、坡度、农用地分布、城镇位置及交通区位等因素密切相关,并指出自然因素尤其是地形对农村居民点用地的选址起决定性作用。任平等(2015)运用空间自回归模型对农村居民点空间分布影响因素的影响程度开展研究,发现地形影响力大于城镇辐射影响力,道路影响力最小。马帅等(2016)运用洛伦兹曲

线、基尼系数、信息熵等方法分析了农村居民点用地分布与地形之间的关系。任国平等（2016）将因子分析和多元 Logistic 回归模型引入到乡村聚落研究中，发现其空间格局形成的首要因素是地理空间差异，而格局改变的内在本质是农村居民收入、社会投入及乡村工业化等社会经济因素。

随着农村居民点空间演变研究的深入开展，农村居民点空间格局演变影响机制的研究受到重视。李晓刚等（2006）运用主成分分析法，发现农村居民点用地变化的主要影响因素是经济发展和农业科技进步。张金前等（2009）、赵冰雪等（2015）运用因子分析法，发现农村居民点空间演变与农村工业化进程、区域经济发展水平、交通改善和国家政策制度等因素有关。苏高华等（2009）建立了灰色关联分析模型对农村居民点用地扩张与产业发展、农业人口变化之间的关系进行数学表达。师满江等（2016）运用多元线性回归分析方法，发现城市辐射距离、水源地远近及道路远近是影响农村居民点变化的首要因素。此外，一些学者从农户行为角度出发揭示农村居民点变化的微观机制，如袁洁（2008）、吴旭鹏（2010）通过问卷调查，发现影响居民点布局变化的重要因素是居民生计方式的改变。

1.3.3 研究述评

通过以上对农村居民点用地国内外文献的梳理发现，许多学者对其空间格局及影响因素开展了大量研究，包括其研究方法及研究手段的探索等，成果丰硕。但因对其研究起步较晚，目前学术界对该领域的研究仍存在一些不足之处，主要表现在两个方面：

（1）在农村居民点用地空间格局方面，大多以市域、县域或乡镇为研究单元，采用景观生态学与 GIS 空间分析相结合的方法对其分布位置、规模及形态特征开展研究。受研究区域、研究尺度等的影响，对农村居民点空间分布的异质性及空间关联性的研究还不够系统。特别是以村为研究单元，探索农村居民点属性数据中所隐含的信息，挖掘其内部特征与规律，还有待于进一步深入研究。

（2）在农村居民点用地空间格局影响因素方面，现有研究主要引入景观指数指标，揭示不同环境因素影响下居民点景观的变化情况，对影响力水平和作用方式的研究不够深刻。尽管传统的线性回归方法为影响力水平的研究提供了一种有力的工具，但它不考虑研究对象的地理空间分异和空间关联关系，且缺少对影响因素交互作用的研究。GIS 技术与地理探测器模型的结合，可为此问题的解决

提供一种新思路。

1.4 研究内容与技术路线

1.4.1 研究内容

以宁乡市农村居民点用地为研究对象，利用 RS 和 GIS 技术对收集的土地利用调查数据与社会经济发展数据进行处理，分析农村居民点用地的规模特征、密度特征和形态特征，并探讨其空间格局影响因素的相对重要性、影响因素的指示范围和因素交互作用的强弱。

1.4.2 技术路线

在 ArcGIS10.0 软件环境下，从 2013 年的土地利用变更调查库中提取农村居民点用地空间数据，得到农村居民点空间分布矢量图；将矢量数据转换为栅格数据，并将其导入景观分析软件 Fragstats4.2 中进行景观指数的计算，计算结果根据空间位置关联到各行政村中心，运用 GIS 空间分析模型对计算结果进行运算处理，依据分析模型及景观结构原理对农村居民点用地规模、密度、形态的空间分异特征进行分析；采用地理探测器模型，定量分析自然基底因素和经济社会因素对居民点用地空间格局的影响程度，找到主要影响因子和辅助因子，并对其结果进行理论探究（图 1-1）。

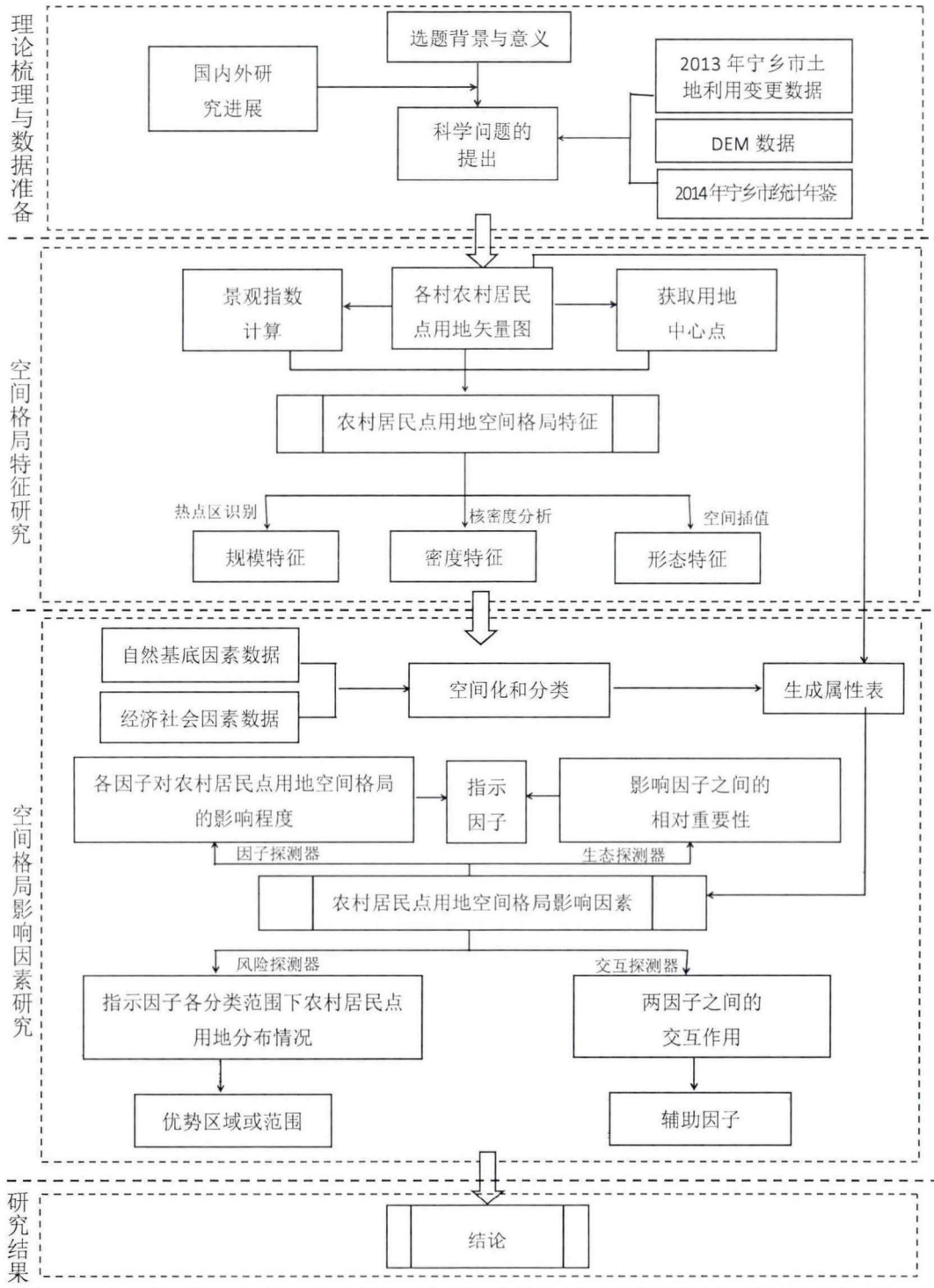


图 1-1 研究技术路线图

Fig.1-1 Technical route to the research

1.4.3 研究方法

(1) 文献分析法

收集、阅读与农村居民点用地研究相关的国内外文献，并对其进行梳理、分析和总结，把握农村居民点用地空间格局及影响因素的研究进展，提出科学问题。

(2) 景观格局指数方法

选取合适的景观格局指数指标来表征农村居民点用地的规模、密度、形状等，依据其相关理论分析居民点用地的分布特征。

(3) GIS 空间分析方法

借助 GIS 软件建立空间数据库，运用邻域分析、缓冲区分析、叠加分析等工具进行数据运算和统计；利用空间关联模型、核密度估计、地统计分析、克里格插值等空间分析工具对农村居民点用地空间分布进行数据处理和表达。

(4) 地理探测器模型法

运用地理探测器模型对农村居民点空间格局影响因素的相对重要性及因素之间的交互作用关系进行研究，为之后的理论分析奠定基础。

2 研究区域概况与数据来源

2.1 区域概况

2.1.1 自然条件

(1) 地理位置

宁乡地处湖南中部偏北，湘江下游和洞庭湖南缘，属湘中丘陵向滨湖平原的过渡区。其地理位置为北纬 $27^{\circ} 55' \sim 28^{\circ} 29'$ ，东经 $111^{\circ} 53' \sim 112^{\circ} 46'$ ，东西长约 88 公里，南北宽约 69 公里。南与韶山、湘乡毗连，北同赫山、桃江交界，东以望城为临，西与涟源、安化接壤。全市土地总面积 2912 平方公里。

(2) 地形地貌

宁乡西临雪峰山余脉，东与湘江尾间交接，地势西高东低，南陡北缓，地貌有山地、丘陵、平原三种形态。具体来看，西、北、南缘为低山区，地势相对险峻，海拔 800 米以上的山峰 13 座，如瓦子寨、扶王山等，海拔 600-800 米的山峰 28 座，如大仑山、九折仑等，东南为丘陵区，地势高低起伏，北部为岗地，较为平缓，东北为洞庭湖平原过渡地带，低平开阔。全市最低处是朱良桥乡的团头湖，海拔 28.8 米。

(3) 气候水文

宁乡属亚热带大陆性季风湿润气候区，雨热同期，四季分明。冬季干冷，寒潮频繁，春温多变，夏季高温高湿，秋季常有秋旱，气温呈阶段性急降。全市多年平均气温 16.8°C ，七月气温最高，平均 28.9°C ，一月气温最低，平均 4.5°C 。光照充足，年日照时数 1737.6 小时，年无霜期 274 天。年降水量 1358.4 毫米，夏季雨水充足。

宁乡水资源丰富，有洩水、靳江、楚江、乌江四条主要河流，洩水、靳江为湘江一级支流，是市内水力资源较为丰富的河流，其中洩水全长 144 公里，为宁乡的母亲河，楚江、乌江为其最大支流。境内最大的水库黄材水库为全国三大土坝水利工程之一。

(4) 自然资源

宁乡矿产资源较丰富，矿种较多，储藏量大。已探明的矿床矿点 78 处，重

点开发利用的有煤、硅、锰、花岗岩、石灰石、海泡石等 20 多种矿种，是著名的煤炭之乡、建材之乡和温泉之乡。

2.1.2 社会经济发展状况

(1) 行政区划与人口

2013 年，宁乡辖 22 个镇、11 个乡，总人口 137.70 万人，其中城镇人口 64.65 万人，农村人口 73.05 万人，城镇化率为 46.95%。

(2) 经济社会发展水平

2013 年，宁乡市地区生产总值达 835.05 亿元，其中第一产业增加值 93.23 亿元，对经济增长的贡献率为 3.3%，第二产业增加值 575.52 亿元，对经济增长的贡献率为 82.1%，第三产业增加值 166.30 亿元，对经济增长的贡献率为 14.6%，一、二、三次产业占地区生产总值的比重分别为 11.2:68.9:19.9。全年完成社会固定资产投资 608.35 亿元，实现社会消费品零售总额 172.51 亿元，实现财政收入 48.38 亿元。城、乡居民人均可支配收入分别为 2.8528 万元、1.7894 万元。市域经济基本竞争力较强，在全国百强县（市）中居于 56 位。

(3) 交通区位条件

宁乡处长（沙）株（洲）湘（潭）城市群连接地带，也是省会长沙通往洞庭湖、武陵源旅游景区之要道，交通便利，到目前已形成以铁路、国道、省道、高速公路为主干，以县、乡公路为辅的综合交通网络。石长铁路、洛湛铁路井字相连，319 国道、S206、S208、S209 和 S311 四条省道及益娄衡、京珠西、长常张、长韶娄四条高速纵横交错，贯穿全境，直通长沙、北京等省内外主要城市。

2.1.3 土地利用状况

2013 年，宁乡市农用地 251762.48hm²，占土地总面积的 86.45%；建设用地 35080.32hm²，占土地总面积的 12.05%；未利用土地 4366.47hm²，占土地总面积的 1.50%（表 2-1）。宁乡土地利用表现出以下特点：

(1) 土地利用类型以耕地、林地为主

全市土地利用类型多样，农用地面积最大。耕地、林地共占土地总面积的 76.01%，而城镇村及工矿用地用地相对较少，占土地总面积的 11.26%。

(2) 土地开发利用程度高，后备土地资源少

全市已开发利用土地面积 286842.80hm²，土地利用率达 98%以上，未利用土地仅占土地总面积的 1.50%。随着人口的增长和建设用地需求量的增加，农业与非农业用地矛盾会更加突出。

(3) 农村居民点土地利用集约度较低

全市农村居民点用地占建设用地总面积的 77.78%，人均农村居民点用地 349.02m²，远超出《镇规划标准》（GB50188—2007）规定的人均 140 m² 的上限标准。

表 2-1 宁乡市 2013 年土地利用结构

Tab.2-1 The land use structure in Ningxiang city in 2013

地类	面积(hm ²)	比重(%)	
耕地	水田	80538.35	27.66
	水浇地	73.63	0.03
	旱地	15470.65	5.31
	小计	96082.63	32.99
园地	果园	482.40	0.17
	茶园	2509.90	0.86
	其它园地	14.60	0.01
	小计	3006.90	1.03
林地	有林地	98826.85	33.94
	灌木林地	2743.05	0.94
	其他林地	23697.24	8.14
	小计	125267.14	43.02
草地	人工牧草地	5.48	0.00
	其他草地	1420.89	0.49
	小计	1426.37	0.49
城镇村及工矿用地	建制镇	6041.00	2.07
	村庄	25496.30	8.76
	采矿用地	1079.80	0.37
	风景名胜及特殊用地	165.54	0.06
	小计	32782.64	11.26
	铁路用地	187.59	0.06
交通运输用地	公路用地	1969.22	0.68
	农村道路	4034.02	1.39
	小计	6190.83	2.13
水域及水利设施用地	河流水面	3178.46	1.09
	湖泊水面	217.83	0.07
	水库水面	835.12	0.29
	坑塘水面	11249.72	3.86
	内陆滩涂	555.36	0.19
	沟渠	2780.67	0.95
	水工建筑用地	140.87	0.05
	小计	18958.03	6.51
其他土地	设施农用地	204.20	0.07
	田坎	6875.71	2.36
	沼泽地	0.79	0.00
	沙地	1.00	0.00
	裸地	413.03	0.14
	小计	7494.73	2.57
土地总面积	291209.27	100.00	

2.2 数据来源与处理

2.2.1 数据来源

本研究涉及空间数据和社会经济数据的应用，其中空间数据包括：来源于宁乡市国土资源局的 2013 年土地利用变更调查数据（1:1 万）；来源于地理空间数据云（<http://www.gscloud.cn/>）的宁乡市 DEM 数据（30m 空间分辨率）；从宁乡市政府获取的宁乡市 2013 年行政区划图（1:1 万）、从宁乡市交通局获取的宁乡市 2013 年交通图（1:1 万）。社会经济数据来源于《宁乡统计年鉴-2014 年》、《宁乡年鉴-2014 年》及其他相关政府部门的统计资料。

2.2.2 数据处理

（1）土地利用数据获取

在 ArcGIS10.0 软件平台上，从土地利用变更调查数据库中提取农村居民点用地、城镇用地、耕地、河流以及交通用地等空间数据，并将这些空间数据及行政区划图层的投影坐标进行统一配准。

（2）DEM 数据处理

对已有的 DEM 数据利用控制点进行几何精校正，配准 DEM 数据与土地利用数据的坐标，经过行政边界切割裁剪后，生成研究区高程图。

（3）矢量数据的转换

在 ArcGIS10.0 软件中找到 Spatial Analyst 模块，利用 Features to Raster 工具，将农村居民点用地矢量数据（SHP 格式）转为栅格数据（ESRI GRID 格式），使其能够在 Fragstats4.2 软件中计算各种景观指数。

3 农村居民点用地空间格局特征

在自然、经济社会、历史文化等环境影响下所形成的农村居民点用地空间分布格局，是大小和形状各异的农村居民点斑块在空间上的排列与组合，一般由规模、密度和形态三大属性表征。景观指数是高度浓缩的景观格局信息，能反映其结构的组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标（陈文波等，2002）。本研究结合景观空间结构原理，选取农村居民点用地斑块的面积、平均最邻近指数、景观形状指数等景观指标来描述农村居民点用地的规模大小、分布密度、形态及空间布局情况，并借助 GIS 空间分析模型对其空间分异特征和关联特征进行研究。

3.1 农村居民点用地规模分布特征

农村居民点用地的规模主要体现在用地面积上，因此，本研究以农村居民点用地的斑块面积为分析变量，采用频率分布图揭示宁乡市农村居民点用地规模的统计分布特征。

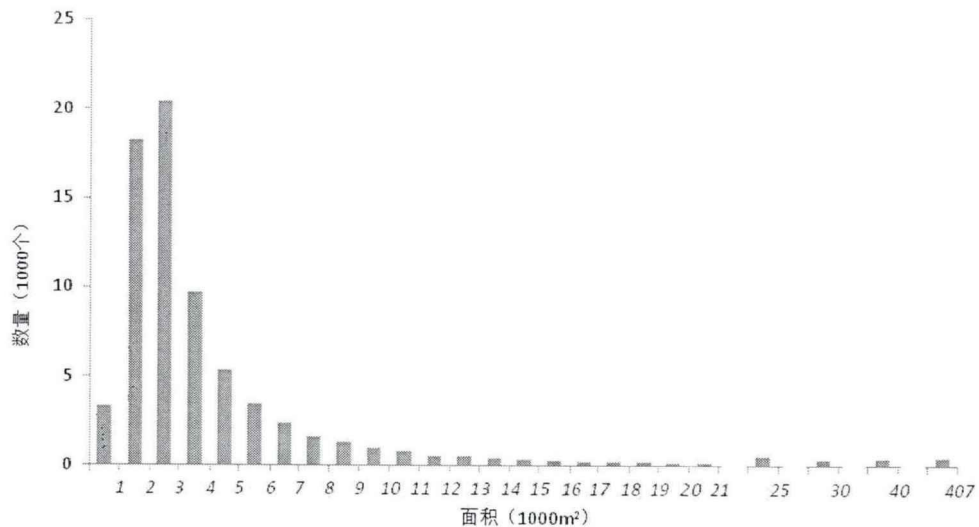


图 3-1 宁乡市 2013 年农村居民点用地规模频率分布图

Fig.3-1 Frequency distribution of scale of rural residential land in Ningxiang city in 2013

借助 ArcGIS10.0 地统计分析模块中 Frequency Histogram 对宁乡市农村居民点用地规模进行统计，结果如图 3-1 所示。由图可知，宁乡市农村居民点用地规模频率分布图呈偏正态形态，数据与中心相背离，非对称性显著。通过计算，频

率分布图的偏斜系数为 11.75，但中值（1626.1m²）小于均值（3687.2m²），说明低值居民点数量多且分布集中，而高值居民点数量少且分布离散；其峰值系数为 298.42，说明农村居民点用地规模数据呈现出较窄集中分布的“尖顶”特征，且有较广离散分布的“肥尾”现象。斑块面积为 2000m²-3000m² 的农村居民点数量达到 20395 个，约占居民点斑块总数的 30%。由以上分析表明，宁乡市农村居民点用地的规模普遍偏小，规模小的居民点比重大但规模差距较小，规模大的居民点比重小但规模差距大，等级分异较明显。

由于农村居民点用地斑块面积小，数量多，以不连续的居民点斑块为研究单元进行空间分析不利于农村居民点用地规模空间集聚特征的可视化。因此，以村为研究单元，对农村居民点用地规模的空间分布进行研究。同时，为了降低行政村范围划定对农村居民点用地规模的影响，以农村居民点用地相对规模，即行政村内农村居民点总面积与行政村面积的比值为分析变量，借助全局空间聚类检验和空间“热点”探测方法研究宁乡市农村居民点用地规模的空间分布特征。

全局空间聚类检验是对农村居民点用地规模的空间分布模式进行检验的一种方法，用于验证其是否具有高值或低值簇群。计算公式为：

$$G(d) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j} \quad (\text{式 3-1})$$

式中， d 为距离， x_i 和 x_j 为行政村 i 和行政村 j 的观测值， $w_{ij}(d)$ 为以距离规则定义的空间权重，可以对 $G(d)$ 进行标准化， $Z(G) = [G - E(G)] / \sqrt{VAR(G)}$ ，其中 $E(G)$ 和 $VAR(G)$ 分别为 $G(d)$ 的期望值和方差。当 $G(d)$ 值高于 $E(G)$ 值，且 $Z(G)$ 值统计显著时，表明区域存在农村居民点高值簇群，当 $G(d)$ 值低于 $E(G)$ 值，且 $Z(G)$ 值统计显著时，表明区域存在农村居民点低值簇群。

利用 ArcGIS10.0 空间分析模块中的 Getis-Ord General G 工具进行聚类检验，结果如表 3-1 所示。宁乡市农村居民点用地规模的 $G(d)$ 值 (0.000003) 小于 $E(d)$ 值， $Z(G)$ 值为 -5.34，且 $P(G) = 0.00$ ，信度检验超过 0.99，说明农村居民点用地规模在空间上存在显著的低值聚簇区，即规模较小的农村居民点在空间上集群分布，随机产生该低值聚类模式的可能性只有 1% 或者更小的可能性。

利用 ArcGIS10.0 的 Hot Spot Analysis 模块对农村居民点用地规模高值集群（热点区）和低值集群（冷点区）进行探测，应用自然断点分类法将计算得出的 Z 值分为四类，得到农村居民点用地规模的热点分布图（图 3-2）。由图可知，宁乡市农村居民点用地规模分布具有明显的集聚性和等级性特征，东部、东南地区农村居民点用地规模较大，西部、中部地区农村居民点用地规模较小，呈现出“东热西冷”的空间分布格局。农村居民点用地规模的热点型村有 46 个，除个别行政村的农村居民点规模形成几个非聚簇的点状高值区外，其余均呈团状集聚分布，主要集中在回龙铺、煤炭坝、菁华铺、坝塘、大成桥等乡镇，该区域平原广阔，经济发达，人口密度大，为农村居民点的聚集布局创造了条件，较易形成村庄聚簇区，农村居民点用地规模大；次热点型村有 193 个，占村域总数的 44.36%，占据宁乡市东北、东南和西南的广大区域，主要集中在热点区四周并沿省道 108 线、327 线和洩水干流自西向东延伸分布，便利的交通和丰富的水、土资源为农村居民点的新建及扩展提供了有利的条件，农村居民点用地分布较为集聚，规模较大；次冷点型村有 128 个，主要分布在老粮仓、黄材、偕乐桥、资福、道林以及东湖塘等乡镇；冷点型村有 68 个，主要分布在宁乡市西部和西北部，农村居民点用地呈低值连片分布，主要是因为受山地、丘岗地貌的限制，地形起伏较大，交通闭塞，农村居民点用地布局零散，用地规模较小，其中玉潭镇是县城所在地，随着城镇规模的不断扩展，周边的农村居民点在城市化过程中消失或转变为城镇，农村居民点变得零星、稀少。

3.2 农村居民点用地密度分布特征

本研究引入点模式空间分析方法，运用平均最邻近指数和核密度估计法分别测度宁乡市农村居民点用地的分布状态及其密度的空间分布特征。

平均最邻近指数指两个相邻农村居民点斑块质心之间的观测平均距离与假设随机分布的期望平均距离的比值，用于判断农村居民点用地分布呈随机或集聚状态。计算公式为：

$$ANN = \frac{\overline{D_0}}{D_e} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i / n}{\sqrt{n/A}/2} = \frac{2\sqrt{\lambda}}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (\text{式 3-3})$$

式中， $\overline{D_0}$ 是两个相邻农村居民点之间的观测平均值， $\overline{D_e}$ 是假设随机模式下农村居民点的期望平均距离， n 为农村居民点斑块总数， d 为距离， A 为研究区面积。

如果 $ANN < 1$ ，为集聚分布状态，如果 $ANN > 1$ ，则趋向于随机分布。

表 3-2 宁乡市 2013 年农村居民点用地平均最邻近指数
Tab.3-2 The ANN of rural residential land in Ningxiang city in 2013

名称	平均观测距 离/m	期望平均距 离/m	平均最近邻 指数	Z 值	P 值
参数值	100.64	138.21	0.72	-140.21	0.00

在 ArcGIS10.0 中，借助 Future to Point 模块提取面状农村居民点用地的质心并将其转化为点状农村居民点，然后利用 Near 工具计算出农村居民点最邻近点平均距离的观测值、期望值、标准化 Z 值和 P 值，结果如表 3-2 所示。由表可知，2013 年宁乡市农村居民点用地分布的平均最邻近指数小于 1，表明农村居民点用地的空间分布呈集聚分布态势。标准化 Z 值和 P 值是统计显著性的量度，用来衡量农村居民点用地空间分布集聚或分散的程度，在 $P=0.01$ 的置信水平下，如果 $Z > 2.58$ 或 $Z < -2.58$ 时，则可以拒绝零假设（随机分布），农村居民点用地的空间集聚或分散水平显著。表 3-2 中的标准化值 Z 为 -140.21，且 $P=0$ ，表明宁乡市农村居民点用地空间分布集聚态势较为显著，只有 1% 或者更小的可能性使此聚类模式是随机产生的结果。

核密度估计是 GIS 空间分析中计算地理要素表面密度的一种方法，可用于测度农村居民点用地在整个区域分布的密集情况。它的原理是以某个农村居民点为参考点，基于数学函数计算出各农村居民点到参考位置的距离值，并以距离值创建一个平滑圆形表面。距离参考点越近的农村居民点，权重值就越大。此方法的优点是可以产生一个连续的密度表面，规避了农村居民点要素在行政单元内均匀分布的假设。计算公式为：

$$f(x,y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{d_i}{h}\right) \quad (\text{式 3-4})$$

式中， $f(x,y)$ 为位于 (x,y) 位置的密度估计值， n 为农村居民点个数， h 为带宽或平滑参数， d_i 为 (x,y) 位置与第 i 个观测位置的距离， $k\left(\frac{d_i}{h}\right)$ 为核函数。

利用 ArcGIS10.0 软件中的 Feature To Point 模块，提取农村居民点的几何中心，再借助 Kernel Density 模块进行计算，得到宁乡市农村居民点用地密度分布图（图 3-3）。2013 年宁乡市土地总面积为 2912.09km²，农村居民点用地斑块有 67506 个，农村居民点用地平均密度为 23.18 个/km²，总体密度较大。由图 3-3

可知，农村居民点用地最密集区域达到 56.76 个/km²，最稀疏区域仅为 0.25 个/km²，大部分地区农村居民点分布密度在 13.33 个/km²-39.03 个/km²之间，空间差异显著，总体上呈现出“西南-东北方向密集、西北-东南方向稀疏”的空间格局。

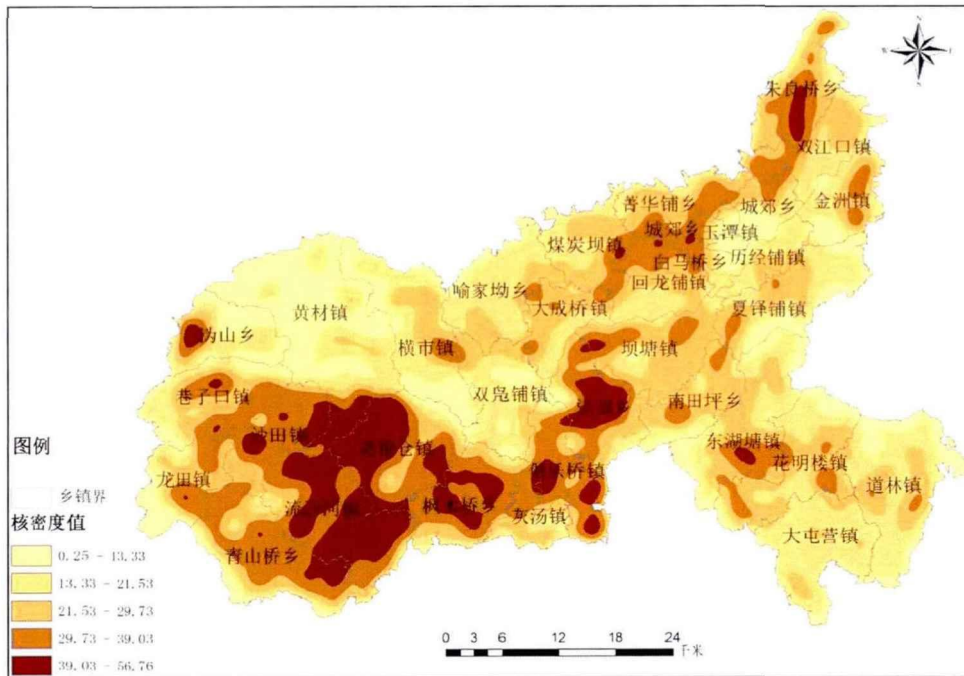


图 3-3 宁乡市 2013 年农村居民点用地密度分布图

Fig.3-3 The density of rural residential land in Ningxiang city in 2013

宁乡市西南部地区农村居民点用地密度较高，其中，老粮仓西北部、流沙河东南部、资福中部及枫木桥等地区形成密集核心区，密度达到 39.03 个/km²-56.76 个/km²，农村居民点用地以团聚形态分布，并向周边区域呈阶梯状递减。主要原因在于老粮仓、流沙河、资福位于沩水、乌江流域，河网密集，人口稠密，耕作半径较小，农村居民点用地沿河岸密集分布。

东湖塘南部、朱良桥中南部、城郊与白马桥的接壤处形成次一级的农村居民点密集区，密度值在 29.73 个/km²-39.03 个/km²之间，呈明显的条带状或点状分布特征。主要是因为该地区以平原为主，地势平坦，交通等基础设施较完善，城市经济的辐射影响较大，农村居民向城镇周边和道路两侧集中居住。

在道林北部、夏铎铺南部、横市南部、沩山东部、黄材以及双凫铺中部地区，农村居民点用地密度较低，多在 13.33 个/km² 个以下，远远低于全市平均水平，属于农村居民点密度低值区。主要是因为该区域以低山丘陵为主，地势起伏较大，

耕地离村落距离较远，农村居民点集中布局的区域有限，农村居民点分布较为稀疏。

3.3 农村居民点用地形态分布特征

以农村居民点用地的景观形状指数为分析变量，采用空间变差函数和克里格插值方法研究宁乡市农村居民点用地形态的分布模式和空间格局特征。

景观形状指数是通过计算农村居民点斑块形状与等面积正方形之间的偏离程度来衡量其形状的不规则性或复杂程度。景观形状指数值越大，居民点斑块形状越偏离正方形或越不规则。计算公式为：

$$LSI = \frac{0.25 \sum_{i=1}^n p_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n s_i}} \quad (\text{式 3-5})$$

式中， s_i 为第*i*个农村居民点斑块的面积； p_i 为第*i*个农村居民点斑块的周长。

空间变差函数是用于研究某个变量结构性与随机性特征和数据值空间相关性的基本工具，又称半变异函数。变量 $Z(x)$ 和 $Z(x+h)$ 两点之差的方差的一半定义为 $Z(x)$ 的变差函数，用数学公式表示为：

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var} [Z(x) - Z(x+h)] = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (\text{式 3-6})$$

式中， h 为滞后距，如果有变量 $Z(x)$ 的观测数据，就可以估算该变量 $Z(x)$ 的变差函数，计算公式为：

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_j+h)]^2 \quad (\text{式 3-7})$$

式中， $\gamma^*(h)$ 为实验变异函数， $N(h)$ 是相距为 h 的样本点个数。通常用指数模型、线性模型、球体模型、高斯模型等对实验变异函数值进行拟合，得到空间变差函数。

空间变差函数通常用一定滞后距 h 的变异函数值 $\gamma(h)$ 与该 h 的对应方差图进行表达（如图 3-4）。变程 a 反映了数据的空间相关距离，也称影

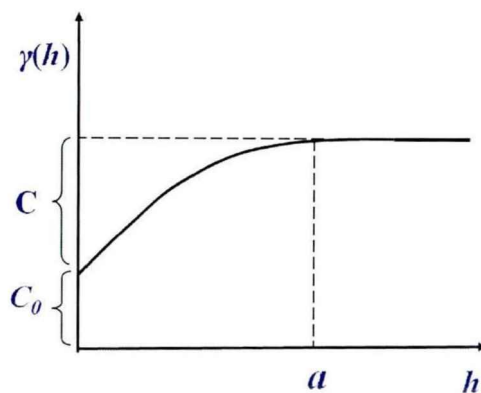


图 3-4 理论方差图

Fig.3-4 Theoretical variance diagram

响距离，如果超过这个距离，数据点之间不再有明显的相关性。块金值 C_0 表示 h 为 0 时的变异值，其数值大小可反映变量随机成分的大小。基台值 $C_0 + C$ 反映变量的变化幅度，块金系数 $C_0 / (C_0 + C)$ 表示随机成分引起的空间异质性占总变异的比，比值越小，空间异质性由随机因素引起的可能性小，空间自相关性越强。

本研究以村为基本单元，计算农村居民点的景观形状指数值，并将该值赋到每个村域单元的几何中心点上。将采样步长定为 899.41m，计算实验变差函数值，并对实验值进行模型拟合，通过标准差、误差、阈值等参数的对比，选择拟合度最优的模型，拟合结果如表 3-3、图 3-5。

表 3-3 宁乡市 2013 年农村居民点用地形态分布格局的变差拟合模型参数
Tab.3-3 The parameters of variogram model on spatial pattern for shape of rural residential land in Ningxiang city in 2013

名称	变程 (a)	基台值 ($C+C_0$)	块金值 (C_0)	块金系数 $C_0/(C+C_0)$	拟合模型 (Model)	决定系数 (R^2)
参数值	7941.44	33.93	16.74	0.49	高斯模型	0.83

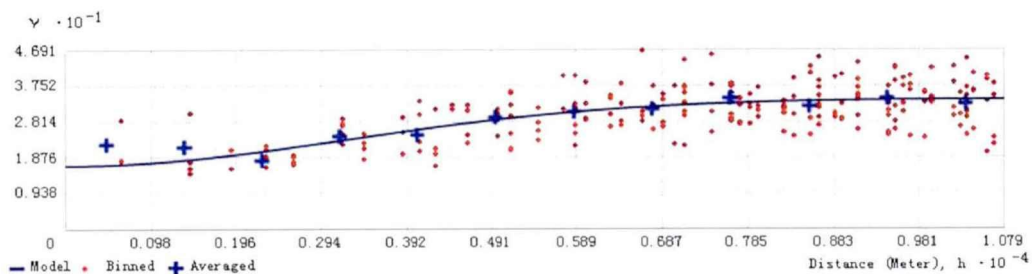


图 3-5 宁乡市 2013 年农村居民点用地形态变差函数图

Fig.3-5 Variogram on spatial pattern for shape of rural residential land in Ningxiang city in 2013

决定系数 (R^2) 用来度量模型的拟合优度，其取值范围是 $[0, 1]$ ，值越接近 0，表明模型对实验值的拟合程度越差，反之，说明拟合程度越好。采用最小二乘法进行空间变差拟合，拟合效果较为理想的模型为高斯模型，其回归系数高达 0.83，说明宁乡市农村居民点用地形态的空间分布较连续，稳定性较好。

由高斯函数模型计算得出的块金值、基台值和块金系数来看，宁乡市农村居民点用地形态存在明显的空间差异，其块金值为 16.74，基台值为 33.93，而块金系数为 0.49，表明宁乡市农村居民点用地形态空间相关程度中等，其空间分异受

随机性和结构性因素的共同影响,但由空间自相关引起的结构化分异对其的影响更为显著。进一步分析空间变程值 α ,发现宁乡市农村居民点景观形状指数的空间变程为7941.44m,说明农村居民点用地形态空间自相关的作用范围较大,在该范围内农村居民点用地形态具有相似性。

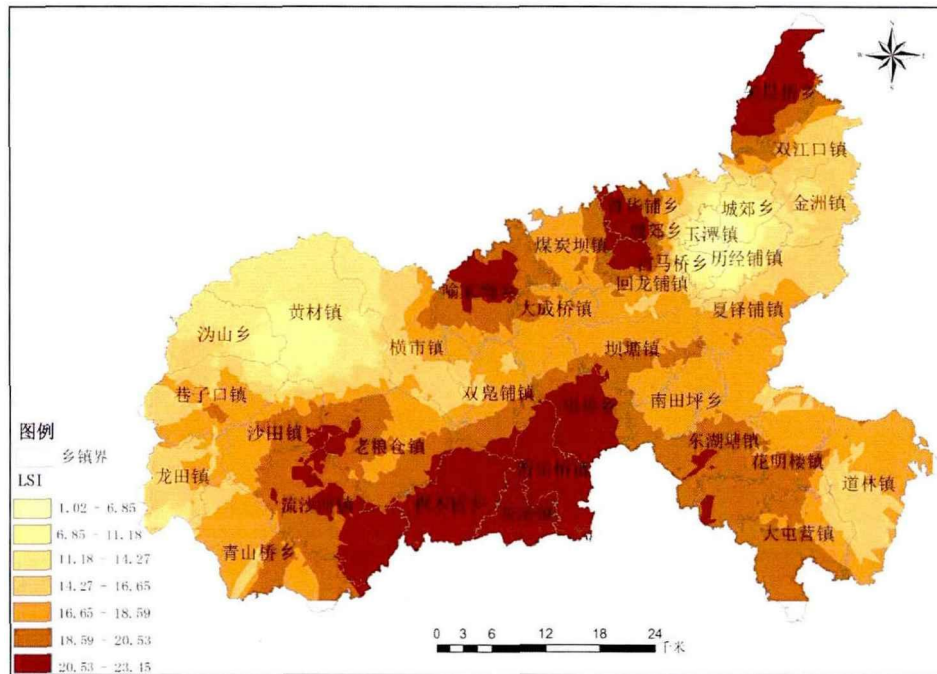


图 3-6 宁乡市 2013 年农村居民点用地形态分布图

Fig.3-6 Spatial distribution for shape of rural residential land in Ningxiang city in 2013

克里格插值是一种基于变异函数及结构分析理论,在一定区域内对变量进行无偏最优估计的方法,即空间局部插值法。本研究基于半变异函数模型分析,对宁乡市农村居民点形状指数的样点数据进行克里格插值,得到农村居民点用地形态空间分布图(图 3-6)。由图可知,宁乡市农村居民点用地斑块的不规则程度普遍较高,农村居民点景观形状存在较为显著的地域差异,梯度变化明显。南部和北部的农村居民点用地景观形状指数较高且变化大,中部的指数数值相对较低且变化较为平缓,这说明南部和北部地区的农村居民点形态复杂而不规则,自西向东复杂程度呈倒“U”型变化。具体而言,枫木桥、灰汤和偕乐桥、资福等乡镇,因河网密集,农村居民点分布较密集,造成农村居民点沿河道呈带状延伸的形态,而朱良桥、菁华铺、白马桥、喻家坳等乡镇,交通较发达,农村居民点多沿道路呈带状延伸,形成景观形状指数的高值区。西南部的青山桥、龙田、沙田以及道林、花明楼、东湖塘等乡镇,地形以岗地和低山丘陵为主,受地形条件的制约,

农村居民点用地布局分散，规模较小，其形态多为不规则团块状，而东部地区的金州、夏铎铺、大成桥等地区，地形以平原为主，农村居民点受地形制约较小，其形态较为规整，多以矩形为主。西北地区的沩山乡、黄材镇，东部县城及周边乡镇的局部区域是景观形状指数的低值区，农村居民点用地形态较规整、简单，以方形为主。

4 农村居民点用地空间格局影响因素定量测度

农村居民点空间格局的形成是农村居民对其居住活动空间择优的过程，居民点用地的选址与其周围的地理环境、人文社会条件密切相关。本研究根据农村居民点用地形成特点，结合相关理论分析，筛选出高程、坡度、与河流距离、与道路距离、与城镇距离、人均地区生产总值、农村人均纯收入、非农从业人口比重、粮食单产、人均耕地面积等 10 个因素，借助地理探测器模型探究不同环境因素对农村居民点用地空间格局的影响力及作用范围。地理探测器模型包括因子探测器、生态探测器、风险探测器、交互探测器四个部分，他们分别用于解决不同因素对农村居民点用地影响的相对重要程度及其显著性差异、不同影响因子下农村居民点用地分布的优势位置或范围和不同影响因子之间的交互作用关系等问题。

4.1 地理探测器概述

4.1.1 基本原理

地理探测器是探测地理事物空间分异性，揭示其因子影响力的一种统计学方法（王劲峰等，2017）。其核心思想是：若某个因变量受某个自变量的影响，则因变量和自变量的空间分布具有相似性（Wang Jinfeng et al, 2010）。

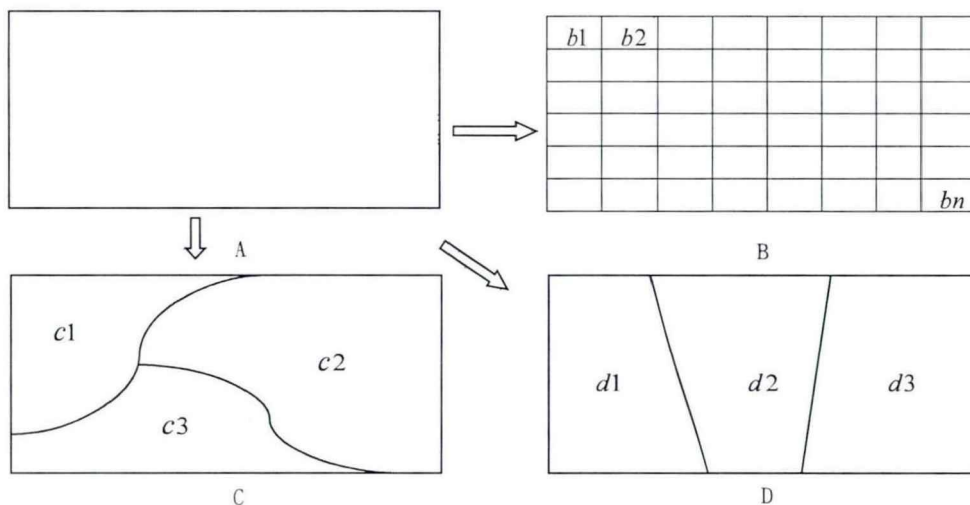


图 4-1 研究区的空间类别分区

Fig.4-1 Divisions of study region

假设以 A 为研究区（图 4-1），以 B 中的方格为单位统计研究区的农村居民

点用地，方格记为 $b_1, b_2 \dots, b_n$ ，每个方格内的农村居民点用地属性值分别记作 y_1, y_2, \dots, y_n 。C 和 D 是两个可能对农村居民点用地分布起作用的因素，它们可以是类别变量也可以是连续变量，将研究区 A 按照 C 和 D 的属性进行分类，子区域分别用 c_1, c_2, c_3 和 d_1, d_2, d_3 表示。

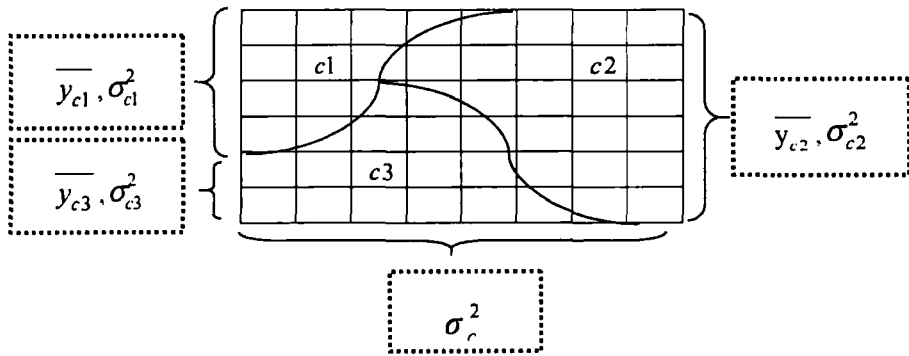


图 4-2 叠加后的图层及相应参数

Fig.4-2 Overlaid layer and the corresponding parameters

将农村居民点用地分布层 B 与影响因子 C 层作空间叠加得到图 4-2，子区域 c_1 、 c_2 和 c_3 中 B 的平均值和方差分别用 \bar{y}_{c_1} 、 \bar{y}_{c_2} 、 \bar{y}_{c_3} 和 $\sigma_{c_1}^2$ 、 $\sigma_{c_2}^2$ 、 $\sigma_{c_3}^2$ 表示。如果农村居民点用地分布完全由影响因子 C 决定，则在每个子区域 c_1 、 c_2 、 c_3 中， \bar{y}_{c_1} 、 \bar{y}_{c_2} 、 \bar{y}_{c_3} 的差异性将非常显著，而农村居民点用地属性值的变异性 ($\sigma_{c_1}^2$ 、 $\sigma_{c_2}^2$ 、 $\sigma_{c_3}^2$) 非常小，甚至在极端情况下等于 0。

根据以上原理定义影响因子 C 对农村居民点用地分布的解释力为 P ，公式如下：

$$P = 1 - \frac{n_{c_1}\sigma_{c_1}^2 + n_{c_2}\sigma_{c_2}^2 + n_{c_3}\sigma_{c_3}^2}{n\sigma_c^2} \quad (\text{式 4-1})$$

式中， $\frac{n_{c_1}\sigma_{c_1}^2 + n_{c_2}\sigma_{c_2}^2 + n_{c_3}\sigma_{c_3}^2}{n\sigma_c^2}$ 反映的是分区变异占研究区总体变异的比列， n 表

示这个研究区被划分的总栅格数， n_{c_1} 、 n_{c_2} 、 n_{c_3} 表示按照影响因子 C 分区时各子区域的栅格数。通常 P 的取值区间为 $[0, 1]$ ， $P=0$ 时，表示农村居民点用地空间分布呈随机状态， $P=1$ 时，表示农村居民点用地空间分布完全受因素 C 影响， P 数值越大，表示因素 C 对农村居民点用地空间格局的影响越大。

对于图 4-1 中 D 因素，可做类似分析。

4.1.2 组成部分

1. 因子探测器

通过比较农村居民点用地属性值在某因素各子区域内的总方差与其在整个研究区域内的总方差，来解释该因素对农村居民点用地空间分异的影响程度。因素分区下的总方差占研究区总体方差的比例越小，表明该因素对用地空间分异的解释力越强，即影响力越大。

2. 生态探测器

通过比较农村居民点用地属性值在各因子区域内的总方差，来判断各因素对农村居民点用地空间分布影响的相对重要性差异，用于说明是否某因素比其他因素具有更大的影响力。通常用 F 统计量来检验统计显著性差异。

3. 风险探测器

通过比较农村居民点用地属性值在某因素各子区域中的平均值，来揭示其显著高值或低值分布的区域或范围。通常用 T 统计量来检验显著性差异。

4. 交互探测器

两种因素交互作用时是否会增强或减弱对农村居民点用地空间分异的解释力，或者两种因素是独立起作用的，主要通过比较两因素交互作用时的 P 值与两种因素单独作用时的 P 值之和来判断。两种因素之间交互作用的关系可分为五类（表 4-1）。

表 4-1 两个自变量对因变量交互作用的类型
Tab.4-1 Types of interaction between two covariates

交互作用类型	满足条件
非线性减弱	$P(C \cap D) < \text{Min}(P(C), P(D))$
单线性减弱	$\text{Min}(P(C), P(D)) < P(C \cap D) < \text{Max}(P(C), P(D))$
双线性增强	$P(C \cap D) > \text{Max}(P(C), P(D))$
相互独立	$P(C \cap D) = P(C) + P(D)$
非线性增强	$P(C \cap D) > P(C) + P(D)$

4.1.3 模型优势

目前，农村居民点用地空间格局影响因素的研究方法，主要以数据统计分析

和回归模型分析方法为主,其对该问题的解决在一定程度上提供了很好的思路和有力的工具,但也存在较大缺陷。其具体表现为:基于GIS技术统计分析不同环境因素下农村居民点用地景观格局变化的方法,具有时空扫描、动态探测用地分布的特点,能够有效识别居民点集聚的热点区,但无法揭示影响因素之间的相对重要程度;而多元线性回归模型、Logistic回归模型、空间回归模型及地理加权回归模型的回归系数能揭示自然或人文因子对农村居民点用地分布影响程度的大小,但不能说明各因素之间的交互作用关系和居民点分布的优势区域或范围,且因素之间的共线性问题会影响分析结果的精确度。

以空间分异性为基础的地理探测器模型,不仅能确定地理要素对农村居民点用地影响的相对重要性,而且能对其计算结果进行统计显著性检验,验证地理要素与农村居民点用地之间空间分布的一致性及其有效性,在农村居民点用地空间格局影响因素的探究方面具有较大的优越性。具体来说,地理探测器还有以下优点:(1)擅长分析类型量,对于数值量,只要将其适当离散化转换为类型量,即可对其进行探测分析;(2)对变量无线性假设,探测结果的大小反映了自变量对因变量的解释程度;(3)可以探测两变量之间的交互作用关系,且多变量共线性问题对模型结果没有影响。

4.2 变量数据选取

4.2.1 农村居民点用地 Y 数据

本研究将各行政村农村居民点用地属性值作为因变量,共435个样本,每个行政村均含有农村居民点用地规模、密度和景观形状信息,分别记作Y1、Y2、Y3。

4.2.2 影响因素数据

1.自然基底条件

自然基底条件主要包括地形因素、区位条件以及交通条件等内容,其中,地形因素是农村居民点用地选址的天然制约力之一。从区位条件看,宁乡市位于湘江下游和洞庭湖南缘,农村居民点用地分布会受到河流的影响,除此之外,距中心城镇的距离也会对农村居民点用地空间分布产生较大影响力。在交通条件方面,交通通达度越好的区域,越有利于农村产业的发展和经济实力的增强,农村

居民多沿国道、县道、乡道等主干道路选址建房。因此，本研究分别选取高程、坡度、与河流距离、与道路距离、与城镇距离 5 个指标作为影响农村居民点用地空间格局的自然基底因素（表 4-2、图 4-3）。

高程是根据地理空间云网站提供的 DEM 数据，在 ArcGIS10.0 平台上，将栅格数据进行重分类转换为矢量数据后，与宁乡市村级行政区划图层进行叠加，通过 Zonal as statistic table 工具，统计得到各行政村平均高程数据，用自然断点法将其分成 5 类。

坡度是应用 ArcGIS10.0 的 3D 分析模块将 DEM 生成坡度图，与宁乡市村级行政区划图层进行叠加，同样通过 Zonal as statistic table 工具，统计得到宁乡市村级评价单元平均坡度数据，用自然断点法将其分成 5 类。

河流是选取宁乡市境内浏江、乌江及其主要支流，利用 ArcGIS10.0 的 Euclidean Distance 工具进行缓冲区分析，计算行政村内各农村居民点到其最近河流距离的平均值，用自然断点法将其分为 5 类。

道路包括国道、省道、县道、铁路、高速公路等在内的主干道路，经 ArcGIS10.0 的 Euclidean Distance 工具进行缓冲区分析，计算行政村内各农村居民点到其最近主干道路距离的平均值，用自然断点法将其分为 5 类。

城镇数据是以各乡镇的城镇用地为中心，用 ArcGIS10.0 的 Euclidean Distance 工具进行缓冲区分析，计算行政村内各农村居民点到其最近城镇距离的平均值，采用自然断点法将其分为 5 类。

2. 经济社会状况

农村居民点用地作为一种生产性要素，承载了农村人口大部分的社会经济活动。人们从事农业生产需要土地生产力本底条件和发展潜力，农业生产条件越好，经济发展活力越强，经济发展整体水平不断提升，居民收入增加，生活水平提高，迫切要求改善其居住环境，这在一定程度上加速了农村居民点用地发展的步伐。另外，随着城镇化的快速发展，越来越多的农村人口向非农产业和城镇转移，农村人口结构的变化带来农民生活和消费观念的变革，同时影响着农村居民点用地的形成与发展。因此，本研究选取人均地区生产总值、农民人均纯收入、非农从业人口比例、粮食单产、人均耕地面积作为影响农村居民点用地空间格局的经济社会因素（表 4-2、图 4-3）。

根据宁乡市各乡镇地区生产总值、农村纯收入、总人口、农业人口、土地面积、粮食产量、耕地面积等指标数据，计算得到各乡镇的人均地区生产总值、农民人均纯收入、非农从业人口比重、粮食单产、人均耕地面积数据，用自然断点法将其分为5个类别。这些社会经济数据虽然没有具体分解到各个行政村，同一乡镇内各村的发展差异无法体现，但在一定程度上能够反映不同地域村庄发展水平、农业生产能力及劳动力非农化程度。

表 4-2 宁乡市农村居民点用地影响因素分区结果

Tab.4-2 Division results of influencing factors of rural residential land in Ningxiang City

指标	1	2	3	4	5
平均高程 x_1/m	0-60	60-112	112-186	186-325	325-580
平均坡度 $x_2/^\circ$	0-3	3-6	6-10	10-15	15-40
与河流平均距离 x_3/m	0-860	860-1850	1850-3200	3200-4860	4860-7412
与道路平均距离 x_4/m	0-480	480-900	900-1445	1445-2250	2250-4677
与城镇平均距离 x_5/m	0-1050	1050-2250	2250-3700	3700-5800	5800-9200
人均地区生产总值 $x_6/万元$	0-1.68	1.68-2.50	2.50-4.00	4.00-7.00	7.00-11.82
农民人均纯收入 $x_7/万元$	0-1.22	1.22-1.45	1.45-1.65	1.65-1.95	1.95-3.30
非农从业人口比例 $x_8/\%$	0-4	4-7	7-12	12-22	22-92
粮食单产 $x_9/(kg/hm^2)$	0-1.5	1.5-2.5	2.5-3.2	3.2-4.5	4.5-6.0
人均耕地面积 x_{10}/m^2	0-270	270-635	635-786	786-895	895-977

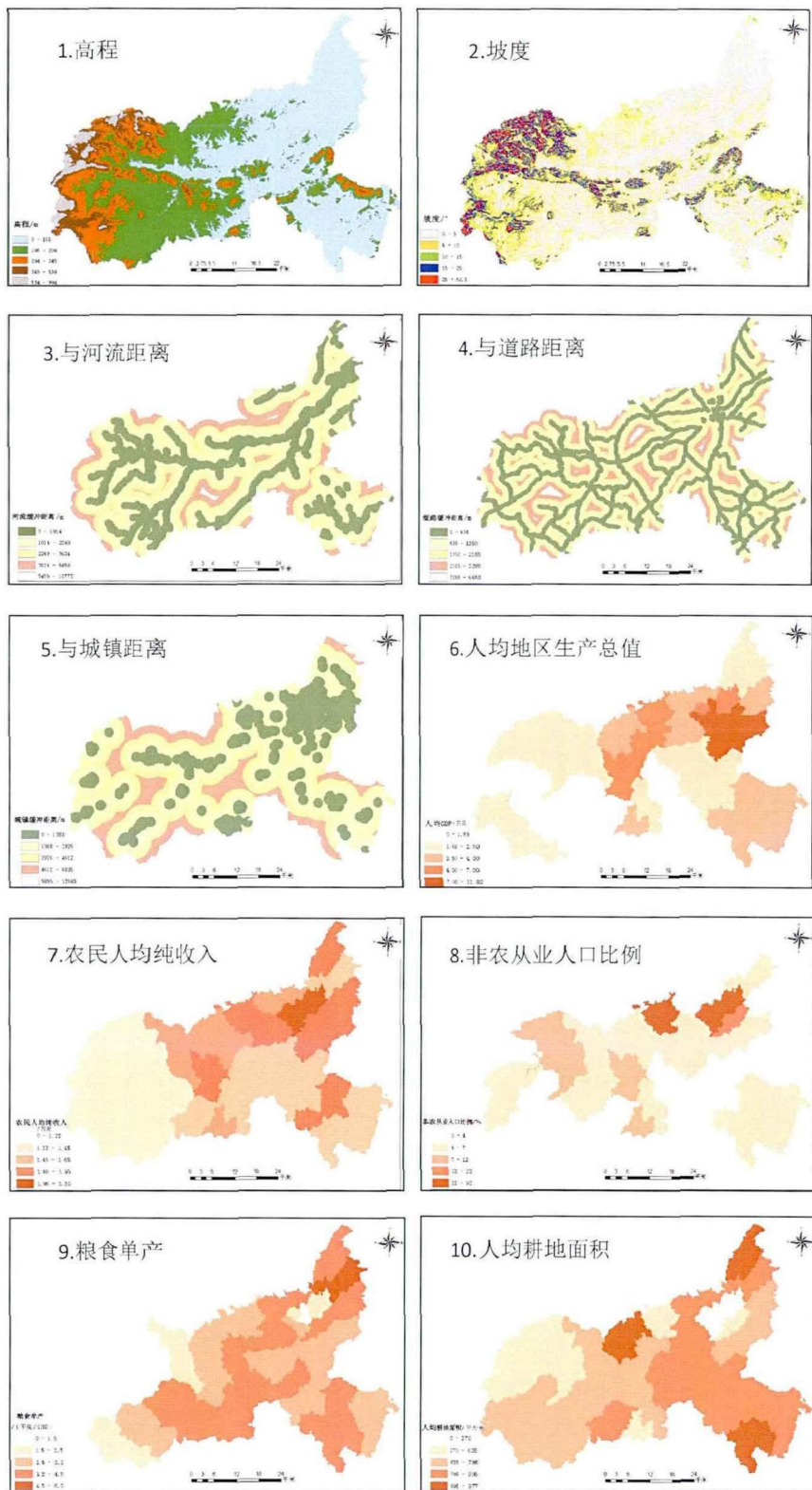


图 4-3 宁乡市农村居民点用地影响因素等别化空间分布

Fig.4-3 Spatial distribution of classification of influencing factors of rural residential land in Ningxiang City

4.2.3 技术过程

在 ArcGIS10.0 中，根据空间位置将农村居民点用地属性数据与影响因素数据关联到各行政村中心，导出生成 excel 属性表。以农村居民点用地属性数据为因变量 Y，影响因素数据为自变量 X，导入到地理探测器软件中进行计算，得到各自变量 X 对因变量 Y 的解释力及其统计显著性和 X 数据间相互作用对 Y 的影响力。

4.3 研究结果

4.3.1 影响 Y1 的因素

不同因素对农村居民点用地规模空间分布的影响程度运用因子探测器来测度，计算结果如表 4-3 所示。

表 4-3 宁乡市农村居民点用地规模分布影响因素的 P 值

Tab.4-3 The P values of influencing factors of scale distribution of rural residential land in Ningxiang City

影响 因素	高程	坡度	与河 流距 离	与道 路距 离	与城 镇距 离	人均 地区 生产 总值	农民 人均 纯收 入	非农 从业 人口 比例	粮食 单产	人均 耕地 面积 积
P 值	0.218	0.233	0.009	0.030	0.034	0.153	0.275	0.074	0.283	0.188

由表 4-3 可知，自然基底因素对农村居民点用地规模空间分布影响程度的排序为：坡度>高程>与城镇距离>与道路距离>与河流距离。坡度的 P 值最大，其解释力在 23%以上，其次是高程因素，其解释力在 21%以上，是影响农村居民点用地规模分布的主要自然因素。这说明地形是农村居民选址建房的基础前提，高程、坡度较低的地区，水、土资源较丰富，农业耕作和居住环境较好，农村居民点建设成本低，有利于农业生产的规模化发展、农村基础设施的建设以及社会公共资源的利用，使得居民点用地集聚分布的态势明显。各经济社会因素对农村居民点用地规模空间分布影响程度的排序为：粮食单产>农民人均纯收入>人均耕地面积>人均地区生产总值>非农人口比例。粮食单产和农民人均纯收入的 P 值较大，其解释力都在 27%以上，其次是人均耕地面积、人均地区生产总值，其解释力为 15%以上，这说明影响农村居民点用地规模分布的主要经济社会因素是粮食单产和农民人均纯收入。主要在于，粮食单产、农民人均纯收入的多少反映

了农业生产水平和农民生活水平的高低。当农业生产要素被持续投入和资源得到重新配置时，农村的工农业生产环境得以改善，一定程度上加大了农村居民点景观的异质化程度。另外，工农产业的发展促进了农村居民生活水平的提高和生活观念的改变，进而影响着农村居民点用地规模的空间分异。

为了比较不同因素对农村居民点用地空间分布影响的差异，验证其对农村居民点用地空间分异具有控制力的主导因子，采用生态探测器对不同因素进行统计显著性检验。表 4-4 中为生态探测器的计算结果，“Y”表示行因子与列因子在统计学上差异显著（置信度为 95%），“N”表示行因子与列因子在统计学上差异不显著。

表 4-4 宁乡市不同因素对农村居民点用地规模影响的统计差异

Tab.4-4 Statistical differences of the impact of different factors on the scale of rural residential land in Ningxiang City

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
x1										
x2	N									
x3	N	Y								
x4	N	N	N							
x5	N	N	N	N						
x6	N	N	Y	Y	Y					
x7	N	N	Y	Y	Y	Y				
x8	N	N	N	N	N	N	N			
x9	N	N	Y	Y	Y	Y	N	Y		
x10	N	N	Y	Y	Y	N	N	Y	N	

表 4-4 的统计检验表明，高程与坡度、人均地区生产总值、农民人均纯收入之间无显著性差异；坡度与河流之间差异显著；人均地区生产总值与河流、道路、城镇、农民人均纯收入之间差异显著；粮食单产、人均耕地面积与农民人均纯收入之间无显著性差异。这进一步说明高程、坡度、农民人均纯收入、粮食单产对农村居民点用地规模的影响较大，与道路距离、与城镇距离、非农从业人口比例、人均地区生产总值、人均耕地面积等因素对农村居民点用地规模的影响较小。因此，可将高程、坡度、农民人均纯收入、粮食单产作为影响农村居民点用地规模分布的主要因素。

农村居民点用地规模分布的优势区域或范围即用地规模的显著高值或低值所处的地理位置用风险探测器来搜索。通常用两个表来表示风险探测器的计算结

果。第一个表是在因素各子区域中农村居民点用地规模的平均值，第二个表是每两个子区域之间农村居民点用地规模平均值的统计学差异，若有显著差异（置信度为 95%），则用“Y”表示，反之，用“N”表示。

表 4-5 和表 4-6 是高程的风险探测器计算结果。在表 4-5 中，用数字 1、2、3、4、5 表示高程的 5 个子区域，且数值越大表示高程值越大。根据农村居民点用地规模均值对高程区排序，结果为 2>1>3>4>5，这说明农村居民点用地规模随高程增大而减小，在 2 高程区（60-112m），其均值最大，为 0.102。表 4-6 的统计检验结果也表明，2 高程区的农村居民点用地规模均值与 3、4、5 高程区的农村居民点规模均值之间有显著差异，而与 1 高程区的农村居民点用地规模均值无显著差异，进一步证明高程为 60-112m 时，农村居民点用地规模最大，在高程为 0-112 米范围内，是农村居民点用地分布较优越的区域。

表 4-5 宁乡市不同高程区农村居民点用地规模的均值

Tab.4-5 The mean value of rural residential land scale in different elevation areas in Ningxiang City

高程分区	1	2	3	4	5
农村居民点用地规模均值	0.100	0.102	0.094	0.060	0.047

表 4-6 宁乡市不同高程区农村居民点用地规模的统计差异

Tab.4-6 Statistical difference of the scale of rural residential land in different elevation areas in Ningxiang City

	1	2	3	4	5
1					
2	N				
3	N	Y			
4	Y	Y	Y		
5	Y	Y	Y	Y	

对于其他因素，可做类似探测，找到其影响下农村居民点用地规模分布的优势区域或范围（表 4-7）。

由表 4-7 可知，随着坡度的增加，农村居民点用地规模总体呈递减的趋势，在 0° -3° 地势相对平缓的区域，农村居民点用地规模最大。随着居民点与河流距离的增加，居民点用地规模先增大后减小，在距离河流 860-1850m 范围内，农村居民点呈团簇状高度集中分布，农村居民点用地规模相对较大，但随着自来水网、道路等基础设施的不断完善，河流水源对农村居民点用地布局的限制程度

减小。随着居民点与道路距离的增加,农村居民点用地规模先增大后减小,在距道路 480-900m 范围内,农村居民点用地规模最大。随着居民点与城镇距离的增加,农村居民点用地规模先增大后减小,当农村居民点距城镇 1050-2250m 范围内,农村居民点用地规模最大。地区生产总值、农民人均纯收入及非农从业人口比例较高的地区,农民建房能力较高,农村居民点用地规模增加的可能性较大,但当经济水平最高时,主要以城镇扩展为主,农村居民点用地规模小。耕地资源越丰富及粮食单产越高的区域,居民收入来源有保障,农村居民点用地规模越大。

表 4-7 宁乡市农村居民点用地规模分布影响因素的指示范围

Tab.4-7 The indicator scope of the influence factors of the scale distribution of rural residential land in Ningxiang City

指示因子	优势范围	分区号	农村居民点用地规模均值
坡度 (°)	0-3	1	0.103
与河流距离 (m)	860-1850	2	0.094
与道路距离 (m)	480-900	2	0.095
与城镇距离 (m)	1050-2250	2	0.098
人均地区生产总值(万元)	4-7	4	0.111
农民人均纯收入(万元)	1.65-1.95	4	0.115
非农从业人口比例 (%)	12-22	4	0.121
粮食单产 (kg/hm ²)	4.5-6.0	5	0.109
人均耕地面积 (m ²)	895-977	5	0.114

表 4-8 宁乡市两种影响因素对农村居民点用地规模的交互作用

Tab.4-8 The interaction between two influencing factors on the scale of rural residential land in Ningxiang City

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀
x ₁	0.218									
x ₂	0.269*	0.233								
x ₃	0.251	0.285	0.009							
x ₄	0.280	0.300	0.072	0.030						
x ₅	0.325	0.320	0.084	0.151	0.034					
x ₆	0.323*	0.369*	0.211	0.229	0.230	0.153				
x ₇	0.412*	0.428*	0.354	0.352	0.338	0.316*	0.275			
x ₈	0.393	0.346	0.237	0.224	0.226	0.291	0.343*	0.074		
x ₉	0.406*	0.422*	0.333	0.336	0.337	0.392*	0.362*	0.359*	0.283	
x ₁₀	0.446	0.440	0.311	0.293	0.313	0.440	0.447*	0.381	0.432*	0.188

*表示两个影响因素之间存在双因子增强作用

不同影响因素之间交互作用于农村居民点用地规模分布时,是否会增强或减

弱单因素对其的作用，以及作用方式是线性的还是非线性的，主要通过交互探测器来识别。各因素两两之间交互作用于农村居民点用地规模的计算结果如表 4-8 所示。由表可知，两种影响因素之间的交互作用类型均为双线性增强 ($P(C \cap D) > \text{Max}(P(C), P(D))$) 或非线性增强 ($P(C \cap D) > P(C) + P(D)$)，说明两种因素对农村居民点用地规模共同作用产生的影响大于单因素对农村居民点用地规模的影响。农民人均纯收入 \cap 人均耕地面积对农村居民点用地规模的解释力 ($P=0.447$) 最高，高程 \cap 人均耕地面积对农村居民点用地规模的解释力 ($P=0.446$) 次之，说明人均耕地面积是农村居民点用地规模空间分异的辅助影响因素。

4.3.2 影响 Y2 的因素

由因子探测器计算结果可知 (表 4-9)，自然基底因素对农村居民点用地密度分布影响程度的排序为：高程>坡度>与道路距离>与城镇距离>与河流距离。高程的 P 值最大，坡度的 P 值次之，且两者的解释力都在 12% 以上，是影响农村居民点用地密度分布的主要自然因素。这说明随着地形起伏度的增加，农村居民点用地规模减小，聚合度降低，破碎化程度升高，密度值增大，但高程或坡度过大的区域，由于农村居民点工程建设困难，建设成本高，且农业耕作基础和交通通达性差，促使农村居民点用地分布少而稀疏。经济社会因素对农村居民点用地密度分布影响程度的排序为：人均耕地面积>非农从业人口比例>人均地区生产总值>农民人均纯收入>粮食单产。人均耕地面积和非农从业人口比例的 P 值较大，其解释力都在 20% 以上，人均地区生产总值、农民人均纯收入次之，其影响力在 11% 以上，说明影响农村居民点用地密度分布的主要经济社会因素是非农从业人口比例和人均耕地面积。主要原因是，在城乡产业调整和产业升级的过程中，城市产业的外迁加速了农村工业化的发展，农村工业化打破了传统农村居民点空间布局的原则，改变了农村居民点空间均质分布的环境，由此导致农村就业结构的变化和农村居民点用地的空间分异。而耕地作为农村居民的主要生产资料，农村居民点的分布扩展与其之间的依存关系密切，进而影响着农村居民点用地的分布。

由生态探测器进行统计显著性检验 (表 4-10)，结果表明，高程与坡度、人均耕地面积、非农从业人口比例之间无显著性差异；高程与河流、非农从业人口

比例与河流之间差异显著；人均耕地面积与河流、道路、城镇、农民人均纯收入、粮食单产之间差异显著。这进一步说明高程、坡度、人均耕地面积、非农从业人口比例对农村居民点用地密度的影响较大，与道路距离、人均地区生产总值、农民人均纯收入对农村居民点用地密度的影响较小。因此，可将高程、坡度、人均耕地面积、非农人口比例作为影响农村居民点用地密度分布主要因素。

表 4-9 宁乡市农村居民点用地密度分布影响因素 P 值

Tab.4-9 The P values of influencing factors of density distribution of rural residential land in Ningxiang City

影响 因素	高程	坡度	与河 流距 离	与道 路距 离	与城 镇距 离	人均 地区 生产 总值	农民 人均 纯收 入	非农 从业 人口 比例	粮食 单产	人均 耕地 面积 积
P 值	0.136	0.120	0.046	0.115	0.082	0.124	0.110	0.205	0.091	0.222

表 4-10 宁乡市不同因素对农村居民点用地密度影响的统计差异

Tab.4-10 Statistical differences of the impact of different factors on the density of rural residential land in Ningxiang City

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
x1										
x2	N									
x3	Y	N								
x4	N	N	N							
x5	N	N	N	N						
x6	N	N	N	N	N					
x7	N	N	N	N	N	N				
x8	N	N	Y	N	N	N	N			
x9	N	N	N	N	N	N	N	N		
x10	N	N	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	

由风险探测器计算结果可知（表 4-11），不同影响因素下农村居民点用地密度分布的优势区域或范围不同。随着高程、坡度、与河流距离、与道路距离、与城镇距离的增加，农村居民点用地密度值呈先增大后减小的总体趋势，均在第 3 等别区，农村居民点用地分布最密集。农村居民点用地密度值与人均地区生产总值、农村人均纯收入、非农人口比例均呈负相关，均在第 1 等别区，农村居民点用地密度最大。在耕地资源与粮食单产相对丰富的地区，人口密度大，农村居民点用地面积大，且数量多，使得居民点分布密度大。

由自然基底因素和社会经济因素对农村居民点用地密度交互作用的结果可

知（表 4-12），两种因素之间存在双线性增强或非线性增强作用，说明两种因素对农村居民点用地分布密度共同作用产生的影响大于单因素对农村居民点用地分布密度的影响。人均耕地面积与人均地区生产总值对农村居民点用地密度的解释力（ $P=0.421$ ）最高，人均耕地面积与农民人均纯收入对农村居民点用地密度的解释力（ $P=0.392$ ）次之，说明人均地区生产总值、农民人均纯收入是农村居民点用地密度空间分异的辅助影响因子。

表 4-11 宁乡市农村居民点用地密度分布影响因素的指示范围

Tab.4-11 The indicator scope of the influence factors of the density distribution of rural residential land in Ningxiang City

指示因子	优势范围	分区号	农村居民点用地密度均值
高程 (m)	112-186	3	30.13
坡度 (°)	6-10	3	26.51
与河流距离 (m)	1850-3200	3	26.01
与道路距离 (m)	900-1445	3	26.22
与城镇距离 (m)	2250-3700	3	26.47
人均地区生产总值 (万元)	0-1.68	1	27.40
农民人均纯收入 (万元)	0-1.22	1	26.62
非农从业人口比例 (%)	0-4	1	29.31
粮食单产 (kg/hm ²)	3.2-4.5	4	27.09
人均耕地面积 (m ²)	635-786	3	28.29

表 4-12 宁乡市两种影响因素对农村居民点用地密度的交互作用

Tab.4-12 The interaction between two influencing factors on the density of rural residential land in Ningxiang City

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀
x ₁	0.136									
x ₂	0.275	0.120								
x ₃	0.212	0.199	0.046							
x ₄	0.270	0.246	0.184	0.115						
x ₅	0.260	0.256	0.157	0.238	0.082					
x ₆	0.272	0.335	0.202	0.267	0.219	0.124				
x ₇	0.312	0.329	0.191	0.224*	0.202	0.167*	0.110			
x ₈	0.362	0.315*	0.297	0.294*	0.264*	0.327*	0.302*	0.205		
x ₉	0.287	0.251	0.217	0.220	0.188	0.319	0.359	0.330	0.091	
x ₁₀	0.392	0.320*	0.312	0.308*	0.274*	0.421	0.392	0.337*	0.299*	0.222

*表示两个影响因素之间存在双因子增强作用

4.3.3 影响 Y3 的因素

由因子探测器计算结果可知（表 4-13），人均耕地面积的 P 值最大，坡度

的 P 值最小。经济社会因素对农村居民点用地形状空间分布的影响大于自然基底因素的影响。自然基底因素对农村居民点用地形状分布影响程度的排序为：与道路距离>与城镇距离>高程>与河流距离>坡度，与道路距离和与城镇距离是影响农村居民点用地形状分布的主要自然基底因素。这说明交通和区位决定了农村居民点在人流、物流和信息流方面对外通达性的差异，对农村居民点布局具有强烈的吸附功能，使农村居民点及区域经济活动呈现沿道路线状延伸或由乡镇中心向四周圈层推进的特点，从而造成农村生产要素的分异和重组、劳动力的流动，进而影响农村居民点用地分布及斑块形状的区域分异。经济社会因素对农村居民点用地形状影响程度的排序为：人均耕地面积>农民人均纯收入>非农人口比例>粮食单产>人均地区生产总值，这说明影响农村居民点用地形状的主要经济社会因素是人均耕地面积和农民人均纯收入。人均耕地面积、农民人均纯收入分别是农业生产条件和农村居民生活水平的反映。一般地，大量连片成块的耕地资源促进了农业产业的规模经营，进而加速了农村剩余劳动力的释放和人口的迁移流动，导致空心村现象的出现，加剧了农村居民点的空间分异。另外，农民外出务工增加了自身的收入来源，其改善居住环境的要求迫切，促进了农村居民点的分裂与增生，深刻地影响着农村居民点用地形状的空间分异。

表 4-13 宁乡市农村居民点用地形状分布影响因素 P 值

Tab.4-13 The P values of influencing factors of shape distribution of rural residential land in Ningxiang City

影响 因素	高程	坡度	与河 流距 离	与道 路距 离	与城 镇距 离	人均 地区 生产 总值	农民 人均 纯收 入	非农 从业 人口 比例	粮食 单产	人均 耕地 面积
P 值	0.109	0.091	0.106	0.173	0.162	0.114	0.243	0.219	0.170	0.384

由生态探测器进行统计检验（表 4-14），结果表明，高程与坡度、河流、农村人均纯收入、非农从业人口比例、人均耕地面积之间无显著性差异；道路、城镇与人均耕地面积、农民人均纯收入之间无显著差异；农村人均纯收入与坡度、河流、地区生产总值之间差异显著。这进一步说明与道路距离、与城镇距离、人均耕地面积、农村人均纯收入对农村居民点用地形状分布的影响较大，高程、非农从业人口比例、粮食单产、人均地区生产总值对农村居民点用地形状的影响较小。因此，可将与道路距离、与城镇距离、人均耕地面积、农村人均纯收入作为

影响农村居民点用地形状分布主要因素。

由风险探测器计算结果可知（表 4-15），不同影响因素下农村居民点用地形状分布的优势区域或范围不同。随着高程、坡度、与河流距离、与道路距离、与城镇距离的增加及人均生产总值、农民人均纯收入的增大，农村居民点用地形状指数呈现先增大后减小的总体趋势，均在第 3 等别区，农村居民点用地形状最复杂。农村居民点用地形状与非农人口比例呈负相关，在第 1 等别区，农村居民点用地形状指数最大。在耕地资源与粮食单产比较丰富的地区，农村居民点用地受人类活动影响较大，形状较复杂。

表 4-14 宁乡市不同因素对农村居民点用地形状影响的统计差异

Tab.4-14 Statistical differences of the impact of different factors on the shape of rural residential land in Ningxiang City

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
x1										
x2	N									
x3	N	N								
x4	N	Y	N							
x5	N	Y	N	N						
x6	N	N	N	N	N					
x7	Y	Y	Y	N	N	Y				
x8	Y	Y	Y	N	N	Y	N			
x9	N	N	N	N	N	N	N	N		
x10	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y	

表 4-15 宁乡市农村居民点用地形状分布影响因素的指示范围

Tab.4-15 The indicator scope of the influence factors of the shape distribution of rural residential land in Ningxiang City

指示因子	优势范围	分区号	农村居民点用地形状均值
高程 (m)	112-186	3	19.81
坡度 (°)	3-6	2	18.71
与河流距离 (m)	1850-3200	3	18.73
与道路距离 (m)	900-1445	3	19.20
与城镇距离 (m)	2250-3700	3	19.09
人均地区生产总值 (万元)	2.50-4	3	18.62
农民人均纯收入 (万元)	1.45-1.65	3	19.74
非农从业人口比例 (%)	0-4	1	19.34
粮食单产 (kg/hm ²)	3.2-4.5	4	19.02
人均耕地面积 (m ²)	895-977	5	20.82

由自然基底因素和社会经济因素对农村居民点用地形状交互作用的结果可

知(表 4-16), 两种因素之间存在双线性增强或非线性增强作用。说明两种因素对农村居民点用地形状共同作用产生的影响大于单因素对农村居民点用地形状的影响。人均耕地面积 η 与河流距离对农村居民点用地形状的解释力 ($P=0.501$) 最高, 人均耕地面积 η 高程对农村居民点用地形状的解释力 ($P=0.491$) 次之, 说明与河流距离、高程是农村居民点用地形状空间分异的辅助影响因素。

表 4-16 宁乡市两种影响因素对农村居民点用地形状的交互作用

Tab.4-16 The interaction between two influencing factors on the shape of rural residential land in Ningxiang City

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	0.109									
x_2	0.166*	0.091								
x_3	0.216*	0.216	0.106							
x_4	0.296	0.280	0.248*	0.173						
x_5	0.330	0.318	0.288	0.329*	0.162					
x_6	0.242	0.255	0.232	0.306	0.246*	0.114				
x_7	0.346*	0.318*	0.355	0.369*	0.336*	0.307*	0.243			
x_8	0.365	0.307*	0.358	0.365*	0.312*	0.317*	0.335*	0.219		
x_9	0.379	0.318	0.292	0.324*	0.346	0.359	0.362*	0.383*	0.170	
x_{10}	0.491*	0.438*	0.501	0.469*	0.427*	0.460*	0.430*	0.459*	0.441*	0.384

*表示两个影响因素之间存在双因子增强作用

4.4 结果分析

通过地理探测分析得到影响农村居民点用地空间格局分异的主导因素, 有必要进一步分析各主导因素对农村居民点用地空间格局的作用机理。

(1) 高程和坡度, 是反映区域地形地貌特征的重要指标, 是影响农业生产结构与方式的重要条件, 对农村居民点用地空间格局的影响非常显著。通常情况下, 高程和坡度低的地方, 光热资源丰富, 水文条件较好, 适宜农作物生长和人们定居生活。同时, 地势也是交通道路等设施修建和社会经济发展的重要自然条件, 地势平坦区域经济较发达与就业机会较多, 农民得到的收入相对较高, 人口分布密集, 住房需求大。宁乡市的西北部山区, 平均海拔较高, 不具备农村居民点大规模形成和发展的条件, 农村居民点分布稀少, 形状也较为简单; 在西南部和南部的丘陵区, 地势较高, 沟谷较多, 可开发利用的耕地和建设用地有限, 在很大程度上限制了农村居民点的形成和扩展, 农村居民点用地规模小, 细碎化严

重,多分布在地势较低、坡度较缓的山脊和河谷盆地低洼区,形状复杂而不规则;东北部和东南部为平原区,海拔较低,地势相对平缓,耕地分布比较广泛,土质肥沃,适耕性与宜居性较强,农村居民点规模大,团簇分布明显,形状多呈矩形。

(2) 耕地资源,是农业生产赖以发展的物质基础。宁乡市是农业大县,种植水稻是宁乡市主要的农业生产方式,长期以来,宁乡市农民家庭的主要收入来源于水稻种植,因此,农村居民点布局对耕地有很强的依赖性。在地域空间分布上,宁乡市人均耕地资源呈现出东多西少的特点,而农村居民点用地分布也有东热西冷的特点,即人均耕地资源越少的区域,其农村居民点用地分布越少,反之,农村居民点用地分布越多。宁乡东部地区,如双江口、回龙铺、道林、花明楼、东湖塘等乡镇,人均耕地资源大,建房耕地资源限制性小,同时依靠区位优势,经济发展水平较高,农民收入高,建房能力强,农村居民点用地规模大、分布密集、形状相对复杂;西南地区,如流沙河、老粮仓等乡镇,人均耕地资源较大,农村经济较发达,人均收入较高,但受地形影响,农村居民点用地规模小,数量多,形状复杂程度高;西北部地区,如沩山、黄材等乡镇,人均耕地少,且海拔较高、地面坡度较大,农民收入较低,农村居民点用地分布少且分散,形状简单。

(3) 到主要干道距离和到乡镇中心距离,是反映农村居民点用地区位条件的重要指标。交通是促进区内外联系的重要通道,对当地经济的发展具有重要的引领作用。到主要干道距离客观反映了农村居民点的交通便捷度和与外界联系的紧密度,距离越短,表示与外界联系程度高,反之,与外界联系程度低。宁乡市内县级以上主干道较多,连接着各个乡镇与外界城市中心,距离交通主干道越近的城镇郊区,农村建房越密集,而远离主干路的偏远山区,农民建房分散。宁乡市西南和西北方向的村庄远离主干道,不方便与外界联系,同时资金难以引入,致使经济发展缓慢,农民收入来源少,农村居民点用地规模相对较小。到乡镇中心距离,反映了农村居民点受镇域中心经济与公共服务辐射的难易程度,距离越小,辐射程度越高,反之辐射程度越低。乡镇中心集中了境域内较发达的医疗、教育、银行、社会保障等服务设施,距离乡镇中心越近,就越易于享受公共设施服务。到乡镇中心距离表现为以乡镇为中心向四周辐射的同心圆状,而宁乡农村居民点用地分布具有从乡镇中心向四周呈圈层结构变化的特征,在距城镇1000-3000m范围内,农村居民用地规模、密度就远比其他区域的农村居民点用

地规模、密度大。

(4) 人均地区生产总值、农民人均纯收入和非农从业人口比例，是反映区域经济发展水平和要素投入水平的重要指标。区域经济发展水平和要素投入水平决定了农村居民的生活水平和生产生活方式，对农村居民点用地分布影响作用较大。经济发达的地区，一方面，农民收入水平一般较高，在解决温饱问题之后，对住房的需求就日益强烈，另一方面，经济的发展带动基础设施的快速建设和公共服务平台的完善，客观上增加农村居民点用地规模的同时，促进农村劳动力就业的非农化。宁乡市东北部的煤炭坝、菁华铺、回龙铺等乡镇，工业发展势头良好，经济基础雄厚，地区生产总值和农民人均纯收入较高，人们在解决温饱问题后，对住房和基础设施建设的需求强烈，增加了农村居民点用地规模，同时受城镇规划的影响，农村居民点用地集聚程度高且形状相对规整；东南部的道林和花明楼等乡镇，耐火材料产业发展有了一定规模，并在全市经济发展中具有举足轻重的地位，农村建设依托产业发展的优势明显，该区域的农村居民点用地规模较大，分布较为集中，形状较复杂；而西北的黄材、沔山等乡镇，属于典型的贫困山区，山多地少，交通条件落后，整体竞争实力弱，农民多外出务工，农村居民点用地规模小、数量少、分布零散。

5 结论与展望

5.1 研究结论

本研究以宁乡市为研究区域，从 2013 年土地利用变更调查数据库和统计年鉴等资料中分别提取农村居民点用地空间数据和社会经济数据，基于空间分析模型、景观格局指数、地理探测模型等方法，从村域尺度视角探究农村居民点用地空间格局特征及其影响因素，得到以下结论：

(1) 宁乡市农村居民点用地的规模普遍偏小，规模小的农村居民点比重大但规模差距小，规模大的农村居民点比重小但规模差距大；在空间分布上，农村居民点用地规模具有显著低值集聚的特征，规模较大的农村居民点主要集中在回龙铺、煤炭坝、菁华铺、坝塘、大成桥等乡镇，总体上呈现出“东热西冷”的空间分布格局。

(2) 宁乡市农村居民点用地密度集聚分布态势显著，并具有明显的空间差异特征，具体表现为西南-东北方向密集、西北-东南方向稀疏的空间特征，老粮仓西北部、流沙河东南部及资福中部地区形成农村居民点密集核心区。

(3) 宁乡市农村居民点用地形态的空间分布较连续，稳定性较好，其空间分异受随机性和结构性因素的共同影响，但由空间自相关引起的结构化分异对其的影响更为显著，呈现出明显的阶梯状分布特征，其中南北地区的农村居民点用地形态复杂、不规则，中部地区的农村居民点用地形态简单、规整。

(4) 高程、坡度、农民人均纯收入、粮食单产是影响宁乡市农村居民点用地规模空间分异的主要因素；人均耕地面积可作为农村居民点用地规模空间分异的辅助影响因素；自然和区位因素对农村居民点用地规模的指示范围位于第 1、2 等别区，而经济社会因素的指示范围则位于第 4、5 等别区；两种影响因素之间的交互作用类型均为双线性增强或非线性增强。

(5) 高程、坡度、非农人口比例、人均耕地面积是影响宁乡市农村居民点用地密度空间分异的主要因素；人均地区生产总值、农民人均纯收入可作为农村居民点用地密度空间分异的辅助影响因素；自然和区位因素对农村居民点用地密度的指示范围位于第 3 等别区，而经济社会因素的指示范围则位于第 1、4 等别区；两种因素之间存在双线性增强或非线性增强作用。

(6) 与道路距离、与城镇距离、人均耕地面积、农村人均纯收入是影响宁乡市农村居民点用地形状空间分异的主要因素；与河流距离、高程可作为农村居民点用地形状空间分异的辅助影响因素；自然和区位因素对农村居民点用地形状的指示范围位于第3等别区，各种经济社会因素的指示范围不同；两种因素之间存在双线性增强或非线性增强作用。

5.2 展望

本研究基于村域尺度分析了农村居民点用地的空间格局特征与影响因素，对宁乡市村庄优化布局和提高土地集约利用水平具有一定的指导意义，但仍有一些不足需要在以后的研究工作中改进。

(1) 虽然系统分析了宁乡市2013年农村居民点的空间格局特征，但因数据难获得等原因，没有进行长时间序列的动态比较研究，未能揭示农村居民点格局演变的动态轨迹。

(2) 在农村居民点用地空间格局影响因素的研究中，仅对高程、坡度、河流、城镇、地区生产总值、农民人均纯收入等因素进行分析，缺少对农民意愿、当地文化风俗习惯以及政策导向等难以量化的因素的考虑，在今后的工作中应加强这方面的研究；同时，对于所选取的社会经济因素，采用的数据是乡镇统计数据，无法体现同一乡镇内各村的发展差异，只是在一定程度上反映出不同乡镇的农村发展水平、劳动力非农化程度及农业生产现代化水平。

(3) 地理探测器模型筛选出的主要影响因素、辅助因素及其优势区域或范围，有助于从宏观上掌握农村居民点用地的分布范围和密集区等人居环境优越地带的分布情况，可为村庄规划和布局调控提供有力参考。如何从农村居民点用地空间分异影响因素入手，构建布局优化体系，提供切实可行的调控策略，实现人居环境的生态转变，是今后研究的重要方向。

参考文献

- [1]Ali Ihsan Kanioguliari, et al. Spatiotemporal Changes in Landscape Pattern in Response to Afforestation in Northeastern Turkey:A Case Study of Torul[J].Scottish Geographical Journal, 2008,124(4):259-273.
- [2]Atsuyuki Okabe, Barry Boots. Spatial Tessellations:Concepts and Applications of Voronoi Diagrams[M].Tokyo University Press,1992.
- [3]Carmen C F, Elena G I. Determinants of residential land use conversion and sprawl at the rural urban fringe[J].American Agricultural Economics Association,2004, 86(4):889-904.
- [4]Charles Duyckaerts, Gilles Goldfroy. Voronoi tessellation to study the numerical density and the spatial distribution of neurons[J]. Journal of Chemical Neuroanatomy,2000(20):83-92.
- [5] De Clercq W, De Smedt P, De Reu J, et al. Towards an integrated methodology for assessing rural settlement landscapes in the Belgian Lowlands[J]. Archaeol Prospect, 2012,19(2):141-145.
- [6]Hansen A J, Brown D G. Land-use change in rural America: Rates, Drivers, and Consequences[J]. Ecological Applications,2005,15(6):1849-1850.
- [7]Hoskins W G. The making of the English landscape[M].London: Hodder&Stoughton,1955: 58-72.
- [8]Marjanne Sevenant, Marc Antrop. Settlement models,land use and visibility in rural landscape: two case studies in Greece[J]. Landscape and Urban Planning,2007,80(4):362-374.
- [9]Michael Hill. Rural Settlement and the Urban Impact on the Countryside[M]. Hodder& Stoughton, 2003:58-72.
- [10]Olena Dubovyk, Richard Sliuzas, Johannes Flacke.Spatial-temporal modeling of informal settlement development in Sancaktepe district, Istanbul, Turkey [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2011,(66): 235 - 246.
- [11]Paul Oldeld. Rural settlement and economic development in Southern Italy : Troia and its contado[J].Journal of Medieval History,2009,31(4):327-345.
- [12]Peter S Robinson. Implication of rural settlement patterns for development: a historical case study in Qaukeni, Eastern Cape, South Africa[J].Development Southern Africa,2003,20 (3) :405-421.
- [13]Porta , Parapar J, Doallo R , et al.A Population-based Iterated Greedy Algorithm for the Delimitation and Zoning of Rural Settlements[J].Computers, Environmental and Urban Systems,2013,39:12-26.
- [14]Roberts B K. Landscapes of Settlement[M].London:Routledge,1996:5-9.
- [15]Sylvain Paquette, Gerald Domon. Trends in rural landscape development and sociodemographic recomposition in southern Quebec(Canada)[J].Landscape and Urban Planning,2001(55):215-238.

- [16]Wang J F, Li X H, Christakos G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China[J]. International Journal of Geographical Information Science,2010, 24(1): 107-127.
- [17]蔡为民,唐华俊,陈佑启等.近 20 年黄河三角洲典型地区农村居民点景观格局[J].资源科学,2004,(5):89-97.
- [18]陈德凡,焦欢,周启刚,等.基于 SDA 的西南低山丘陵区农村居民点空间特征分析-以重庆市长寿区为例[J].水土保持研究,2014,21(6):222-227.
- [19]陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观指数分类、应用及构建研究[J].应用生态学报,2002,13(1):121-125.
- [20]杜国明,刘艳,罗奇云.黑龙江乡村聚落分布特征分析[J].东北农业大学学报,2015,46(3):95-102.
- [21]鄂施璇,雷国平,宋戈.松嫩平原粮食主产区农村居民点格局及影响因素分析[J].农业工程学报,2016,32(18):234-240.
- [22]冯应斌,杨庆媛.基于农户分化的村域居民点用地特征分析[J].农业工程学报,2015,31(21):248-258.
- [23]甘枝茂,岳大鹏,甘锐,等.陕北黄土丘陵沟壑区乡村聚落分布及其用地特征[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2004,32(3):102-106.
- [24]关小克,王秀丽,李昕,等.山区农村居民点演变的地貌分异与分类调控研究[J].河南农业大学学报,2016,50(3):396-403.
- [25]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.
- [26]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.
- [27]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].2007,29(3):191-197.
- [28]姜广辉,何新,马雯秋.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.
- [29]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.
- [30]姜广辉,张凤荣,周丁扬,等.北京市农村居民点用地内部结构特征的区位分析[J].资源科学,2007,29(2):109-116.
- [31]金其铭.中国农村聚落地理[M].南京:江苏科学技术出版社,1989.
- [32]李灿,张凤荣,姜广辉,等.京郊卫星城区域农村居民点土地利用特征分析[J].农业工程学报,2013,29(19):233-243.

- [33]李全林,马晓冬,沈一.苏北地区乡村聚落的空间格局[J].地理研究,2012,31(1):144-154.
- [34]李晓刚,欧名豪,许恒周.农村居民点用地动态变化驱动力分析[J].国土资源科技管理,2006(3):27-32.
- [35]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.
- [36]梁会民,赵军.基于GIS的黄土塬区居民点空间分布研究[J].人文地理,2001,16(6):81-83.
- [37]刘芳,张增祥,赵晓丽,等.山东省农村居民点用地的时空变化特征及聚类分析[J].国土资源遥感,2010(3):101-107.
- [38]刘明皓,戴志中,邱道持,等.山区农村居民点分布的影响因素分析与布局优化—以彭水县保家镇为例[J].经济地理,2011,31(3):476-482.
- [39]刘巧芹,李子君,郭爱请,等.石家庄市农村居民点用地变化特征分析[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2009,37(3):100-104.
- [40]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.
- [41]刘彦随,李进涛.中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策[J].地理学报,2017,72(1):161-173.
- [42]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.
- [43]罗光杰,李阳兵,王世杰.岩溶山区聚落分布格局与演变分析[J].长江流域资源与环境,2010,19(7):802-807.
- [44]马利邦,范昊,石培基,等.陇中黄土丘陵区乡村聚落空间格局—以天水市为例[J].生态学杂志,2015,34(11):3158-3165.
- [45]马利邦,郭晓东,张启媛,等.陇中黄土丘陵区乡村聚落的空间格局—以甘肃省通渭县为例[J].山地学报,2012,30(4):408-406.
- [46]马帅,刘军卫,赵志明,等.河北省阜平县农村居民点地形分异特征研究[J].水土保持研究,2016,23(6):327-332.
- [47]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.
- [48]闵婕.基于村域的农村居民点空间格局及影响因素分析—以石柱县冷水镇八龙村为例[J].水土保持研究,2014,21(1):157-162.
- [49]闵婕,杨庆媛.岩溶山区乡村聚落的格局特征及类型分布—以重庆市巫山县为例[J].中国岩溶,2014,33(1):99-109.

- [50]乔陆印,刘彦随,杨忍.中国农村居民点用地变化类型及调控策略[J].农业工程学报,2015,31(7):1-8.
- [51]秦天天,齐伟,李云强,等.基于生态位的山地农村居民点适宜度评价[J].生态学报,2012,32(16):5175-5183.
- [52]任国平,刘黎明,付永虎,等.都市郊区乡村聚落景观格局特征及影响因素分析[J].农业工程学报,2016,32(2):220-229.
- [53]任平,洪步庭,刘寅,等.基于RS和GIS的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究[J].生态学报,2014,34(12):3331-3340.
- [54]任平,洪步庭,周介铭.基于空间自相关模型的农村居民点时空演变格局与特征研究[J].长江流域资源与环境,2015,24(12):1993-2001.
- [55]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.
- [56]石诗源,鲍志良,张小林.村域农村居民点景观格局及其影响因素分析[J].中国农学通报,2010,26(8):290-293.
- [57]苏高华,陈方正,郑新奇.基于系统论的农村居民点用地演变驱动机制研究-以北京市昌平区为例[J].水土保持研究,2009,16(4):117-126.
- [58]谭雪兰.农村居民点空间布局演变研究-以长沙市为例[D].湖南农业大学,2011.
- [59]谭雪兰,段建南,包春红,等.基于GIS的麻阳县农村居民点空间布局优化研究[J].水土保持研究,2010,17(6):177-180.
- [60]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.
- [61]田光进.基于GIS的中国农村居民点用地分析[J].遥感信息,2003(2):32-35.
- [62]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.
- [63]王曼曼,吴秀芹,吴斌,等.盐池北部风沙区乡村聚落空间格局演变分析[J].农业工程学报,2016,32(8):260-271.
- [64]王志杰,何立恒.平原地区县域农村居民点空间分布特征[J].南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(5):60-64.
- [65]吴旭鹏,金晓霞,刘秀华,等.生计多样性对农村居民点布局的影响-以丰都县为例[J].西南农业大学学报(社会科学版),2010,8(5):13-17.
- [66]肖飞,杜耘,凌峰,等.江汉平原村落空间分布与微地形结构关系探讨[J].地理研究,2012,31(10):1785-1792.
- [67]邢谷锐,徐逸伦,郑颖.城市化进程中乡村聚落空间演变的类型与特征[J].经济地理,2007,27(6):932-935.

[68]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.

[69]宇林军,孙大帅,张定祥,等.基于农户调研的中国农村居民点空心化程度研究[J].地理科学,2016,36(7):1043-1049.

[70]袁洁,杨钢桥,朱家彪.农村居民点用地变化驱动机制-基于湖北省孝南区农户调查的研究[J].经济地理,2008,,28(6):991-994.

[71]张栢林,蔡为民,张凤荣.隋朝至 1949 年山东省沂水县农村居民点的时空格局及驱动力[J].地理研究,2016,35(6):1141-1150.

[72]张金前,邓南荣,张颖.东南沿海快速城市化地区农村居民点扩展动力分析-以福建省晋江市为例[J].国土与自然资源研究,2009(2):26-27.

[73]张竟竟.山地丘陵与平原地区城乡聚落空间分布分形特征研究[J].测绘科学,2013,38(1):57-59.

[74]张瑞娟,姜广辉,王明珠,等.基于多维度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.

[75]赵冰雪,夏敏,符海月.农村居民点动态演变及驱动机制研究[J].地域研究与开发,2015,34(1):150-171.

[76]郑文升,姜玉培,李孝环,等.公安县农村居民点用地分布影响因子评价-基于 GWR 的空间异质性分析[J].人文地理,2015(5):71-76.

[77]周洁,卢青,田晓玉,等.基于 GIS 的巩义市农村居民点景观格局时空演变研究[J].河南农业大学学报,2011,45(4):472-481.

[78]周伟,曹银贵,王静,等.三峡库区近 30a 农村居民点格局变化与特征分析[J].农业工程学报,2011,27(4):294-300.

[79]庄至凤,姜广辉,何新.基于分形理论的农村居民点空间特征研究-以北京市平谷区为例[J].自然资源学报,2015,30(9):1534-1546.

致 谢

弹指一挥间，在湖南师范大学读研已有四年。回想这段学习经历，心中感慨良久。在这里，我挥洒过无数的汗水和泪水，经历过一次又一次的挑战和艰辛，尤其是在论文写作过程中，让自己承受了一次较大的考验。所幸在导师、同学和亲人朋友的无私帮助与关怀下，我度过了所有难关，完成了硕士论文，心中万分感谢！

在硕士论文完稿之际，特别感谢我的导师谢炳庚教授。研究生学习期间，老师给予我无限的信任和肯定，提供了很多难得的学习机会，使我的专业水平和实践动手能力得到了很大的提高。在硕士论文开题、中期考核及最后的定稿过程中，谢老师都给予了细致严谨的指导，提出了许多宝贵的建议和意见，倾注了大量的心血和精力。感谢导师对我迟钝的包容和教诲，使我能够顺利完成硕士论文的写作。恩师渊博的学识、谆谆善诱的教学风范、一丝不苟的品格让我十分敬佩，并深深影响着我的学习和生活，是我人生的一面旗帜，将永远激励我不断进取和完善。师恩难以言谢，惟愿您和师母安康、幸福。

感谢湖南师范大学资源与环境科学学院各位老师对我的深深教诲，让我能够从乐观的面对各种困难，尤其是在论文开题、进展汇报时提出了许多建设性的意见，使我的研究思路更加清晰。借此机会，我还要特别感谢我的师母李晓青副教授。李老师在生活和学习上给予我无微不至的关怀和鼓舞，让我变得更加优秀。师母严谨求实的治学态度和严于律己的生活作风时刻影响着我，使我终身收益。

感谢“谢师门”的每一员，给我艰辛的科研生活提供了无数的关怀和欢乐，这是我美好的回忆。感谢我的同窗方碧、方辉云和师弟唐志博、师妹伍幸妮等，在我论文写作期间，与你们的数次学术探讨和交流，给了我灵感，使我难以忘怀。

感谢我的父母，是你们赋予我生命，并辛劳一生为我创造了良好的学习和生活条件，你们始终如一的支持和鼓励，使我从未放弃过自己，论文的成功有你们的一半。感谢我的男友对我生活的关心和学习的监督、指导，无论顺境还是逆境，都一如既往地站在我身后做我坚强的后盾，让我一路勇往直前。

最后，向所有给予我关心和帮助过的人致以诚挚的谢意和衷心的祝福！

陈晓霞

2018年6月于师大

湖南师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：陈晓霞

2018年6月4日

湖南师范大学学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属湖南师范大学。同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权湖南师范大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

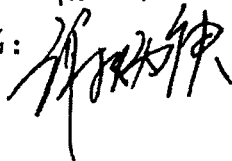
- 1、保密□，在_____年解密后适用本授权书。
- 2、不保密□。

(请在以上相应方框内打“√”)

作者签名：陈晓霞

日期：2018年6月4日

导师签名：



日期：2018年6月4日