

近 30 年闽南沿海乡村聚落用地空间演化过程研究

梁发超¹, 刘诗苑², 起晓星³, 刘黎明^{4*}

(1. 华侨大学政治与公共管理学院/政治发展与公共治理研究中心, 泉州 362021; 2. 厦门市集美区建设局, 厦门 361022; 3. 中山大学中国公共管理研究中心/政治与公共事务管理学院, 广州 510275; 4. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193)

摘要: 科学辨识乡村聚落用地空间演化过程是乡村振兴进程中优化乡村生产生活生态空间的重要依据。该研究选取厦门市集美区作为典型案例区, 以 1986—2017 年 4 个时间点的遥感影像解译数据为基础, 利用标准差椭圆、核密度和空间自相关等分析方法, 定量识别了近 30 年集美区乡村聚落用地空间演化过程及其机理。结果表明: 集美区乡村聚落密度分布存在空间异质性, 中、高密度区域集中分布于农业区位条件良好的中部地区; 聚落演化过程以关联扩张方式为主导, 乡村聚落用地收缩斑块空间分布呈现随机性, 扩张斑块存在空间自相关性; 地形地势因素和演化特点的共同作用, 聚落用地基本空间格局保持稳定; 聚落用地核密度分析和局部自相关分析, 揭示了聚落演化与地理环境、产业演进和城乡关系变化紧密的关系, 反映了集美区各发展阶段, 城乡互动过程对乡村聚落空间演化的驱动特点及其内在机理。研究结果可为优化乡村聚落发展布局以及统筹乡村振兴规划与土地整治规划提供理论支撑和方法指导。

关键词: 土地利用; 农村; 遥感; 乡村聚落; 时空演化; 空间过程识别; 标准差椭圆; 集美区

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.22.003

中图分类号: F293.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2019)-22-0018-09

梁发超, 刘诗苑, 起晓星, 刘黎明. 近 30 年闽南沿海乡村聚落用地空间演化过程研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(22): 18—26. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.22.003 <http://www.tcsae.org>

Liang Fachao, Liu Shiyuan, Qi Xiaoxing, Liu Liming. Spatial evolution process of rural settlement land in coastal areas of Southern Fujian in recent 30 years[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(22): 18—26. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.22.003 <http://www.tcsae.org>

0 引言

乡村聚落是乡村地区人口聚集的空间载体, 具有生产、生活、生态和文化遗产等多维功能的地域综合体。乡村聚落用地的空间布局及其演化过程是农村社会行为主体适应乡村地域外部环境、自然资源、区位条件、文化特质和经济发展的集中体现^[1-2]。伴随着闽南沿海地区快速的工业化和城镇化, 乡村地域系统的要素、结构和功能发生巨大变化, 致使乡村聚落的生产、生活、生态、文化及社会空间的重构, 呈现出乡村聚落用地空间布局及形态发生了一系列转变^[3]。十九大报告提出实施乡村振兴战略, 构建城乡融合发展的空间格局, 实现人和自然有机融合的乡村空间关系。乡村聚落用地空间演化过程及其机理是进行乡村地域空间优化配置的基础, 也是乡村振兴战略实施进程中分类推进乡村发展的重要依据。近年来针对乡村聚落用地的相关研究主要集中在乡村聚落类型的划分^[4]、景观格局演变过程^[5-7]、空间形态特征

与空心化问题^[8-10]、影响因子与驱动机制^[11-13]、整治潜力测算与分区^[14-16]等, 也有学者重点进行乡村聚落用地功能转型^[17-18]和空间重构^[19-20]的研究。从整体来看, 在研究范式层面, 通常从“现象—趋势—机制—对策”的研究主线开展工作, 综合运用地理学、社会学、经济学和生态学等学科的理论和方法, 对乡村聚落形态、结构、功能、文化及环境等空间特征进行研究。在研究方法层面, 主要采用景观格局指数法^[5]、邻域缓冲区分析^[21]、空间自相关分析^[22]和样带分析^[23]等分析乡村聚落用地空间分异特征, 研究方法呈现质性研究和定量相结合的趋势。但对闽南沿海地区乡村聚落用地演化过程进行长时间序列定量刻画及其机理分析的研究相对欠缺, 难以准确判断和把握其演化过程的规律性和阶段性, 在乡村振兴进程中无法科学优化乡村聚落用地空间布局。

集美区作为厦门市由海岛型城市向海湾型城市跨岛发展的先行区, 乡村聚落用地空间演化过程深受特区开放政策、区位条件、经济增长等因素的影响, 综合考虑乡村聚落演变过程、集聚特点和现状分布等是理解经济发达地区农村人地关系的重要途径。集美区乡村聚落演化经历了工业化和城市化的影响, 城乡界线逐渐淡化, 城乡一体化加快, 第一产业与第二、三产业协调互补。这一期间乡村聚落有的萎缩消亡, 有的不断扩张, 有的社会经济蓬勃发展, 有的土地性质发生变化, 有的形态格局相对稳定。因此选取集美区为研究区, 在闽南地区

收稿日期: 2019-06-20 修订日期: 2019-08-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401210, 41471455, 41771560); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(19YJA630043); 2018 年福建省高校杰出青年科研人才培育计划项目

作者简介: 梁发超, 副教授, 博士, 主要研究方向为土地利用与景观规划、土地资源与城市管理。Email: liangfachao1983@163.com

*通信作者: 刘黎明, 教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为土地利用与景观规划。Email: liulm@cau.edu.cn

具有代表性，对后工业化时代集美区进一步缩小城乡差距和建设美丽乡村具有指导意义，对正在经历工业化和城市化的其他区域具有借鉴性。本研究以 1986 年为基期，定义该时期农村居民点用地为乡村聚落，根据历史沿革，应用 RS 和 GIS 技术，追踪这些乡村聚落近 30 年演变过程。综合集成空间分布标准差椭圆、核密度和空间自相关等分析方法，动态监测集美区 1986—2017 年乡村聚落用地空间演化过程及其现状集聚趋势，以期为厦门市集美区乡村聚落用地空间格局优化以及统筹乡村振兴规划与土地整治规划提供参考价值。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

集美区位于福建省厦门市西部，东部毗连同安区，西连海沧区东孚镇、漳州市长泰县，东南部与厦门岛隔海相望，南邻马銮湾、厦门港^[24]，中心位于 118°1'30"E，24°37'39"N。辖区地势北高南低，北、东、西三面为低山丘陵，南面临海，中南部地势平坦，地貌类型多样，以低山、丘陵和台地为主，海岸线长约 60 km，水库河流海洋相互连通（图 1）。集美区下辖 4 个街道和 2 个乡镇，共 57 个村（居），面积约 282.4 km²，1986 年户籍人口 14.5 万，2017 年常住人口 65.6 万，是厦门市由海岛型城市向海湾型城市跨岛发展的先行区。集美区交通区位优势显著，是厦门岛对外交通的重要通道，也是连接厦漳泉“闽南金三角”地区的重要陆路通道^[24]。20 世纪 90 年代之前，集美区是以农业生产为主的近郊。此后工业化开始加快，先后开发了集美台商投资区、杏林台商投资区、灌口机械工业集中区和后溪工业组团，2007 年厦门市提出了跨岛发展的新战略，并对原集美区和原杏林区调整区划，调整后的集美区涵盖原集美区和杏林台商投资区，2010 年以来，城市化进程加快，先后开发了集美新城、软件园和商务区。到 2017 年，第三产业增加值比例超过第二产业，集美区新城框架基本形成，郊区农业生产更加突出了都市特色和休闲体验功能。伴随城镇用地迅速扩展，产业持续转型升级，城乡互动关系密切，乡村经济实力不断提升，聚落扩张演化动力增强，1986—2017 年乡村聚落用地面积由 975.88 hm² 增加到 1 643.79 hm²。

1.2 数据来源

本研究采用多源数据，分别为：1) 1986、1997 年 TM 影像、2007 年 quickbird 影像、2017 年 GF-1 影像；2) 厦门市集美区的行政区划矢量图；3) 1:50 000 数字高程模型（DEM，源自矢量化的厦门市集美区地形图）；4) 社会经济数据（源自 2018 年厦门市统计年鉴）；5) 实地调研数据等。

选取集美区的 1:10 万地形图为准，运用 ENVI5.3 软件先对遥感影像进行几何纠正、坐标转换、裁剪合并等预处理，提取 1986、1997、2007 和 2017 年厦门市集美区乡村聚落用地（图 1、表 1）。为提高解译精度，按以下原则解译影像：1) 以 2007 年高分辨率影像为参照；2) 先解译近期影像，后解译早期影

像，按序解译；3) 先解译高分辨率影像，后解译低分辨率影像；4) 仔细比对前后时期目标斑块变化。在早期影像解译时，辅助地形图对 1986 年、1997 年 TM 影像（543 波段组合）的乡村聚落图斑分别进行监督分类，在此基础上，采用人机交互的方式进行目视解译，并利用 2007 年高分辨率影像和实地调查对解译结果进行校验，提高了乡村聚落图斑提取的准确率，增强了数据的科学性、准确性。对社会经济数据空间化处理，与矢量空间数据链接，构建具有统一坐标信息的乡村聚落用地空间数据库。

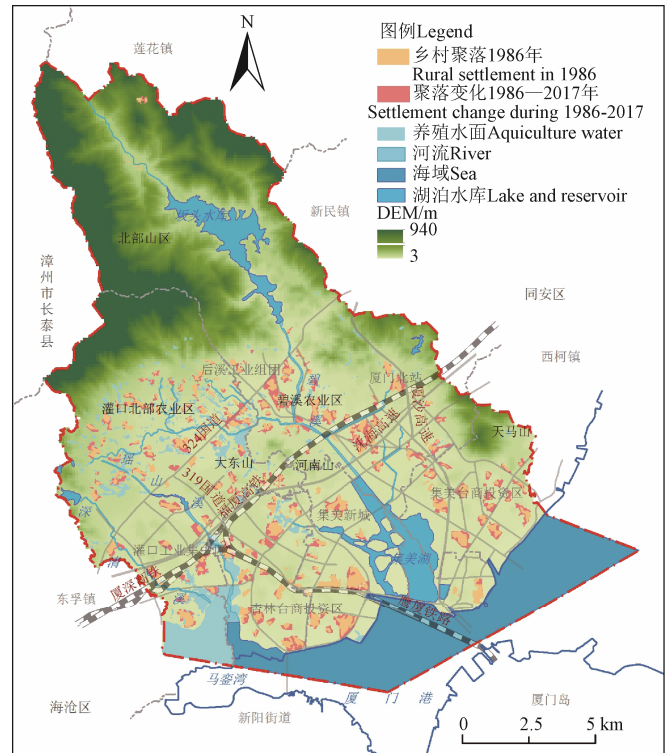


图 1 研究区地理位置与乡村聚落用地空间分布

Fig. 1 Geographical location and spatial distribution of rural settlement land in study area

表 1 各时点乡村聚落规模

Table 1 Scale of rural settlements at each time point

年份 Year	斑块数 Patch number	总面积 Total area/hm ²	平均面积 Average area/hm ²	标准差 Standard deviation/hm ²
1986	189	975.88	5.16	5.76
1997	181	1121.96	6.20	7.10
2007	166	1451.91	8.75	10.60
2017	174	1643.79	9.45	10.38

2 研究方法

2.1 标准差椭圆分析

标准差椭圆（standard deviational ellipse, SDE）能够精确地揭示地理要素的空间分布中心、离散和方向趋势，是定量分析地理要素空间分布整体特征的空间统计学方法^[25-28]。转角 θ 是由正北方向顺时针旋转到主轴形成的角度，反映其分布的主趋势方向，长轴表征乡村聚落用地在主趋势方向上的离散程度，其数学表达式为^[25-28]：

$$\tan \theta = \frac{(\sum_{i=1}^n w_i^2 x_i'^2 - \sum_{i=1}^n w_i^2 y_i'^2) + \sqrt{(\sum_{i=1}^n w_i^2 x_i'^2 - \sum_{i=1}^n w_i^2 y_i'^2)^2 + 4(\sum_{i=1}^n w_i^2 x_i' y_i')^2}}{2 \sum_{i=1}^n w_i^2 x_i' y_i'} \quad (1)$$

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i x_i' \cos \theta - w_i y_i' \sin \theta)^2}{\sum_{i=1}^n w_i^2}}$$

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i x_i' \sin \theta - w_i y_i' \cos \theta)^2}{\sum_{i=1}^n w_i^2}} \quad (2)$$

式(1)和(2)中,根据 $\tan \theta$ 可以得出方位角, δ_x 和 δ_y 分别为沿 x 轴和 y 轴的标准差, x_i' 和 y_i' 表示距离平均中心的坐标偏差。以集美区乡村聚落用地空间的平均分布中心为中心(重心),以乡村聚落分布的主趋势方向为方位角,在 X 方向和 Y 方向上的标准差为椭圆轴,通过构建乡村聚落用地的空间分布椭圆,来解释乡村聚落用地空间分布的中心性、方向性和空间分布形态等特征。同时,通过不同年份标准差椭圆特征值,识别出集美区乡村聚落用地发展变化的方向、强度及其空间离散趋势。本文借助ArcGIS软件空间统计模块计算集美区乡村聚落用地的标准差椭圆参数,并对结果可视化。

2.2 核密度分析

核密度分析法(kernel density estimation, KDE)是一种非参数的密度计算方法,通过研究区点密度的空间变化来揭示点的分布特征,适用于测度乡村聚落用地空间分布密度^[28]。数学公式如下:

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

式(3)中 $f(x, y)$ 为点 (x, y) 处密度估计值; $k()$ 为核函数;带宽 $h > 0$; n 为观测数量; d_i 为 (x, y) 位置距第 i 个要素的距离。核密度值越高,乡村聚落用地空间分布密度越大。

2.3 空间自相关分析

2.3.1 全局空间自相关

全局空间自相关(Global Moran's I)能根据地理要素位置和要素属性值来检验空间邻接研究对象的相似程度^[17, 29-30]。本文采用全局空间自相关分析判断集美区乡村聚落用地空间分布是聚类模式、离散模式还是随机模式。全局Moran's I 指数计算公式如下:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S_0 \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

式中 n 为研究单元数; x_i 和 x_j 分别为空间 i 和 j 的属性值; \bar{x} 表示变量 x_i 的均值; w_{ij} 为空间权重矩阵; S_0 为空间权重矩阵之和。 I 的值介于 $[-1, 1]$ 之间,在给定的显著水平下,若 $I > 0$ 时,表示存在空间正相关,反之,负相关,当 I 接近或等于0时,无空间自相关,即完全空间随机过程。

ArcGIS中Global Moran's I 模块统计出假设为随机分布的概率 p 值和标准差倍数 z 得分,并根据Moran's I 、 p 值和 z 值综合判断要素全局空间分布模式。

2.3.2 空间热点探测分析

空间热点探测分析(Getis-Ord G_i^*)是对某一地区是否存在显著的高值和低值的检验,可用可视化的方法揭示“热点”区和“冷点”区^[11, 22, 31],适用于乡村聚落用地规模分异研究。计算公式如下:

$$G_i^* = \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) X_i X_j / \sum_{j=1}^n X_j \quad (5)$$

为了便于比较和解释,对 $G_i^*(d)$ 进行标准化处理:

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{Var}(G_i^*)}} \quad (6)$$

式中 $w_{ij}(d)$ 为以距离规则定义的空间权重; X_i 和 X_j 是 i 区域和 j 区域观测值; $E(G_i^*)$ 和 $\text{Var}(G_i^*)$ 分别是 G_i^* 的数学期望和变异数。若 $Z(G_i^*)$ 为正,且统计显著,则属于高值空间集聚(热点区);若 $Z(G_i^*)$ 为负,且统计显著,则属于低值空间集聚(冷点区)。

2.3.3 聚类和异常值分析

聚类和异常值分析(Anselin Local Moran's I)又称局部Moran's I 指数,用来揭示研究区域内不同空间单元属性之间的异质性,数学公式如下^[22, 32]:

$$I = Z_i \sum_{j=1}^n W_{ij} Z_j \quad (7)$$

式中 W_{ij} 为空间权重; Z_i 和 Z_j 分别为 i 、 j 空间单元的标准值。局部Moran's I 指数能分析出某一点与其周围点在某种属性上的聚类关系:包括高高聚类(HH)、高低聚类(HL)、低高聚类(LH)和低低聚类(LL)。本文利用ArcGIS软件聚类和异常值分析工具(Anselin Local Moran's I),进行聚类和异常值分析,探查乡村聚落用地热点和冷点区域的聚类形态。

3 结果分析

3.1 乡村聚落用地空间整体演化过程

3.1.1 乡村聚落规模变化

集美区乡村聚落总面积呈现逐年递增趋势,1986—2017年增长667.91 hm²,年平均增长22.55 hm²。其中峰值出现在1997—2007年,增长速率32.99 hm²/a,分别比2007—2017年和1986—1997年高出13.8和19.71 hm²/a。聚落斑块平均面积稳步增长,由1986年5.16 hm²增长到9.45 hm²,增长了82.96%,斑块面积标准差也同步扩大(表1)。

1986年以来集美区落实改革开放政策,依托侨乡优

势，发展外向型经济，开始了工业化进程，产业结构由一二三，转型为二二一，大量的农村劳动力从事第二、三产业，城市周边的乡村集体土地最先征收转为国有土地。乡村聚落扩张有了经济基础，农民在原有聚落周边空地建房，便于连接既有水电道路设施。1990 年以来，集美区开发建设了多个工业园区，社会经济持续快速发展。随着工业化加快，大量外来人口涌入大型工业园区，房屋出租收入刺激了园区周边的乡村聚落扩张加快。2007 年之后，在海湾型城市战略的推动下，集美区开始了大规模城市化进程，大量农村土地转为城市建设用地，城乡一体化进程加快，建设用地边界管制趋于严格，乡村聚落扩张速度有所放缓，大规模的交通基础设施建设，对原有乡村聚落格局产生了较大影响，聚落收缩现象增多。

为研究乡村聚落演化过程，将基期与末期聚落斑块的空间叠加关系划分为两种形态，4 种方式（表 2）。根据空间拓扑关系划分各时期变化聚落图斑的类型，分别统计各类型斑块数量和规模（表 3）。1986—2017 年扩张型聚落面积 801.71 hm²，收缩型聚落面积 133.8 hm²，其中跳跃式新增 20 个斑块，面积 48.61 hm²，消亡 21 个斑块，面积 34.62 hm²。各个时期关联扩张斑块的数量和

规模均远大于跳跃式新增斑块，关联收缩聚落数量和规模同样在收缩型聚落中占主要地位。这表明 1986 年以来集美区乡村聚落演化过程主要以关联扩张方式为主导，尽管斑块个数有所减少，聚落总面积和平均面积仍持续增大。在关联扩张与关联收缩方式共同作用下，大小聚落之间的规模差异扩大。

表 2 乡村聚落演化过程的形态分类

Table 2 Morphological classification of rural settlement evolution process

大类 Large class	类型 Types	空间叠加关系 Spatial superposition	空间拓扑形态 Spatial topology	实例 Example
扩张型聚落	关联扩张	与末期空间上有交集的扩张聚落图斑	与基期图斑外或内沿共边的扩张图斑	邻近原聚落新增宅基地
	跳跃式新增	与基期空间上无交集的独立新增聚落图斑	独立于基期的图斑	新建聚落
收缩型聚落	关联收缩	与基期空间上有交集的收缩聚落图斑	与基期图斑外或内沿共边，或包含于基期图斑的收缩图斑	退出旧宅基地，交通线路等穿越、拆解村落
	消亡	与末期空间上无交集的独立消亡聚落图斑	独立于末期的图斑	整村拆迁、搬迁图斑

表 3 各时期乡村聚落演化特征

Table 3 Features of rural settlement evolution of every period

时期 Periods	面积变化 Area change/ hm ²	关联扩张斑块 Correlated expansion patch		跳跃式新增斑块 Saltatory new patch		关联收缩斑块 Correlated contraction patch		消亡斑块 Extinction patch	
		个数 Number	面积 Area/hm ²	个数 Number	面积 Area/hm ²	个数 Number	面积 Area/hm ²	个数 Number	面积 Area/hm ²
1986—2017 年	667.91	363	753.10	20	48.61	153	99.18	21	34.62
1986—1997 年	146.08	107	160.27	4	13.85	17	22.89	3	5.15
1997—2007 年	329.95	287	386.10	7	19.99	107	65.24	7	10.90
2007—2017 年	191.88	342	274.12	9	14.26	106	85.55	10	10.95

3.1.2 乡村聚落空间格局变化

绘制乡村聚落斑块空间分布标准差椭圆，1986—2017 年 x 轴长度平均 5.88 km，y 轴长度平均 4.44 km，旋转角从 111.04° 减少到 103.03°，各年度标准差椭圆的主要参数偏差范围 2%~6%，聚落基本空间格局较为稳定，保持 W-E 方向分布（表 4、图 2）。表明研究区聚落基本空间格局受控于北部高中南部低的地势，以及三面环山，东西宽、南北稍窄的平原地带地形（图 1），也符合聚落关联扩张和关联收缩为主的演化特点。

表 4 乡村聚落斑块空间分布标准差椭圆主要参数

Table 4 Main parameters of standard deviational ellipse of spatial distribution in rural settlement patches

年份 Year	中心坐标 X Center coordinate X/m	中心坐标 Y Center coordinate Y/m	x 轴 x axis/m	y 轴 y axis/m	旋转 Rotation/ (°)
1986	604 360.4	2 722 700	5 875.51	4 410.66	111.04
1997	604 444.9	2 722 642	5 807.80	4 497.45	109.57
2007	604 763.5	2 722 777	5 881.06	4 460.72	106.00
2017	604 371.4	2 722 972	5 952.63	4 374.93	103.03

标准差椭圆的中心即相应年份乡村聚落的重心，它的迁移变化可以反映研究区乡村聚落演化的空间总体过程。以 1986 年聚落的重心为坐标原点，测算各时期聚落重心迁移速率、方向，并进行可视化。经测算，重心平均迁移年速率为 29.24 m/a，其中 1986—1997 年迁移速率仅为 9.32 m/a，分别比 1997—2007 年、2007—2017 年速率低 25.28、34.47 m/a，从方向上看，1986—1997 年聚落重心缓慢向东南方向移动，指向杏林街道区域。作为老工业区，杏林街道工业基础较好，成为改革开放后，外向型工业投资热点区域，杏林城区周边聚落率先参与到第二产业活动中，为聚落扩张积累了资金。1997—2007 年聚落重心较快向东北方向迁移，指向侨英街道区域，反映了开发集美北部工业区对周边聚落发展的带动。2007—2017 年聚落重心快速折向西北，指向后溪、灌口区域，反映了海湾型城市发展战略下，灌口机械工业集中区、后溪工业组团等产业布局对聚落扩张的推动作用。聚落演化热点区域在各个时期存在差异，且 1997—2017 年的空间指向性较 1986—1997 年强，原因在于 1997 年以来集美区的城市化和工业化速度加快，聚落空间格局发生较大变化。

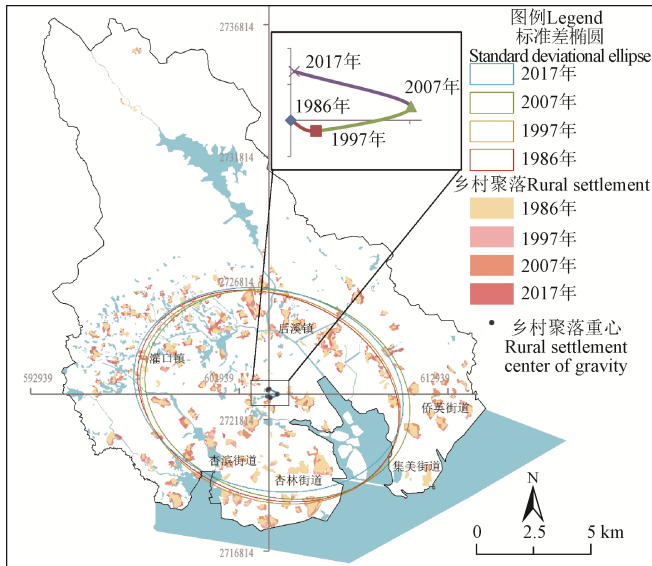


图2 1986—2017年集美区乡村聚落分布重心迁移及标准差椭圆
Fig. 2 Gravity shift and standard deviational ellipse of rural settlement distribution in 1986—2017

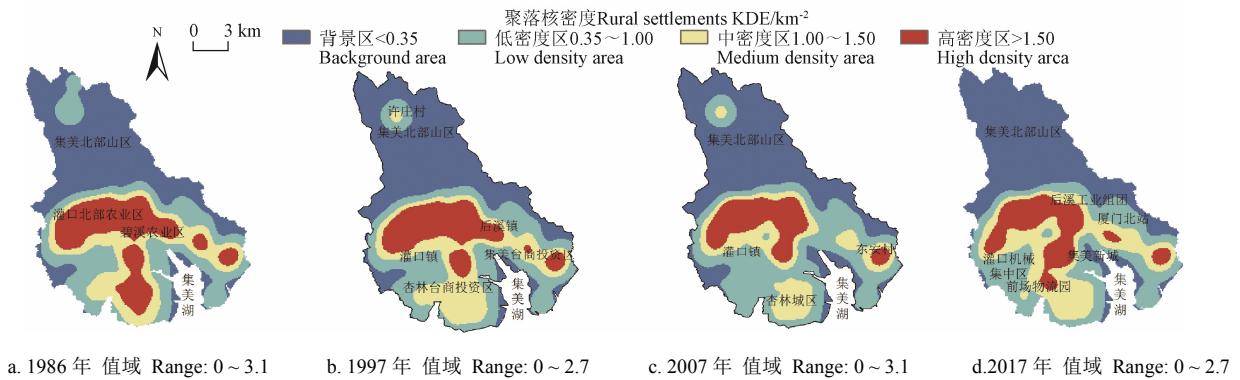


图3 1986—2017年集美区乡村聚落核密度分析
Fig. 3 Kernel density analysis of rural settlements from 1986 to 2017 in Jimei District

1986—2017年期间,灌口北部农业区和碧溪农业区聚落核密度保持高度稳定,1990年前后开发的杏林台商投资区和集美台商投资区附近区域聚落核密度保持稳定。随着灌口、后溪工业集中区、前场物流园区、集美新城以及厦门北站片区的开发建设,城区范围显著扩大,乡村聚落高密度区域呈现不断收缩态势:1997年杏林城区周边已无乡村聚落高密度区;2007年高密度区范围收缩至最小,中、高密度区带状分布形态暂时消失;2017年中、高密度区带状分布形态再次出现。集美北部山区是重要的水源涵养地,2007—2017年这里聚落核密度减小,原因是由许庄村整村生态移民,原有聚落消亡。高密度乡村聚落空间分布与农业生产活动关系较为密切。在利于农业活动开展区域,聚落的发育和成长较快。如,灌口北部农业区和碧溪农业区土地充裕,为聚落的扩张演化提供较大空间,聚落密度持续较高。乡村为工业化提供了土地、劳动力和原材料等要素,工业化也给乡村聚落的扩张型演化发展奠定了经济基础。城市化过程中,乡村提供了城市化所需的大量土地,也获得巨大的征地拆迁补偿。随着城市中心的辐射作用增强,在交通等基础设施联系下,城乡互动关系变得更加密切,乡村的经济条件进一步改善,“离乡不离土”

3.1.3 乡村聚落分布密度变化

提取各聚落图斑的重心,用重心表示聚落,计算聚落的空间分布密度。运用 ArcGIS 核密度(Kernel Density)模块,先统计各时点最邻近 10 个乡村聚落的平均距离,值约为 1.8 km,再选取 1.5 km 和 2 km 计算窗口计算比较核密度分析结果。从结果看,均反映了相似的空间分布规律,但 2 km 计算窗口更能表现整体趋势,故采用 2 km 的计算窗口计算各时期聚落核密度分布。参照 1986 年聚落核密度自然断点法分类阈值,将各时期的聚落核密度划分为背景区、低密度区、中密度区和高密度区(图 3)。集美区聚落密度分布空间异质性较明显,背景区主要位于北部山区,少量分布于东、西侧山地及南侧集美湖沿岸,该区域地质环境不适于形成聚落,村庄极少分布。中、高密度区域集中连片分布,主要位于地势平坦、交通便利、耕作条件良好的中部地区,呈团状或带状分布。高密度区域远离城镇工矿中心分布,低密度区域分布在中、高密度区周围。

的观念,加剧了乡村聚落的扩张。进入工业化和城市化后期,由于农用地已被大量征收,所剩农村集体土地大多用于发展第二、三产业,人口也转向从事第二、第三产业活动,尽管乡村聚落形态仍然保留,但是聚落扩张空间受到更为严格的管控,核密度相对稳定。如,杏林城区周边区域聚落、集美东安村。

3.2 乡村聚落用地空间扩张过程的特征

3.2.1 全局自相关

运用 ArcGIS 全局空间自相关(Global Moran's I)模块,采用反距离法计算各时期乡村聚落扩张斑块的空间自相关 Moran's I 值,距离模式为欧氏距离,统计各时期最邻近 10 个乡村聚落变化斑块的平均距离约为 0.8~1.3 km,将距离阈值设为 1 km。1986—2017 年期间,聚落扩张斑块均存在空间自相关性,但各时间段的 Moran's I 值、 z 得分值逐渐降低, p 值逐渐增大(表 5)。1986—1997 年在 z 得分为 6.05 情况下,Moran's I 为 0.501,说明聚落扩张斑块在 99.9%置信度下存在极其显著的空间正相关性。1997—2007 年在 z 得分为 2.24 的情况下,Moran's I 为 0.083,说明聚落扩张斑块在 95%置信度下存在较显著的空间正相关性。2007—2017 年在 z 得分为 1.80 的情况

下，Moran's I 为 0.049，说明聚落扩张斑块在 90%置信度下存在显著的空间正相关性。分析结果表明，集美区乡村聚落扩张的空间关联性逐步降低，差异性逐步扩大的过程，反映了影响乡村聚落演化的因素多元化，作用结果是空间分异加剧。为此，有必要借助局部自相关模型进一步研究具体空间扩张过程。

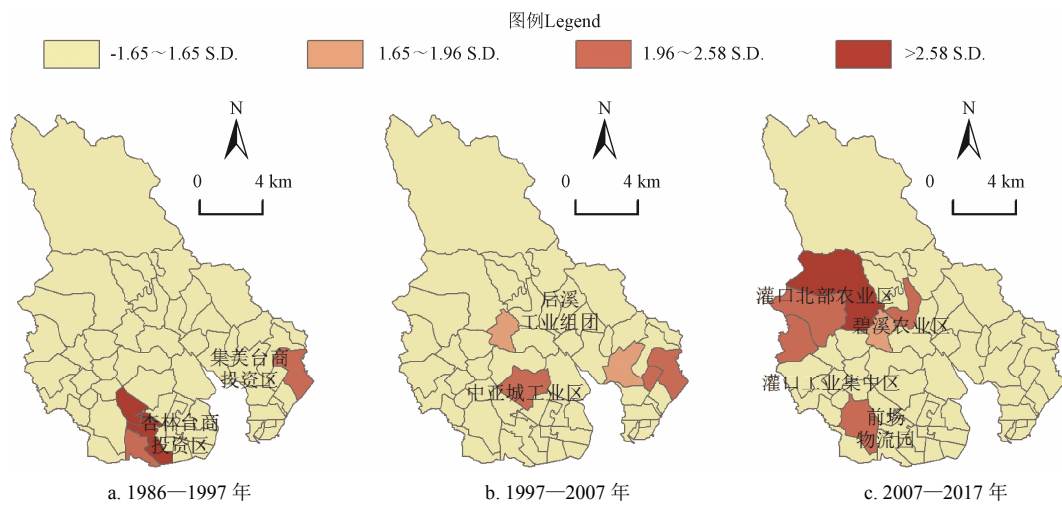
表 5 聚落扩张空间自相关 (Moran's I)

Table 5 Spatial autocorrelation of rural settlement expansion

时期 Periods	Moran's I 值 Moran's I value	z 得分 z score	P 值 P value
1986—1997 年	0.501	6.05	0.001
1997—2007 年	0.083	2.24	0.025
2007—2017 年	0.049	1.80	0.072

3.2.2 局部自相关分析

分别统计各时期村(居)级行政单位乡村聚落的扩张面积，并与空间数据进行关联。运用 ArcGIS 局部自相关分析工具进行热点分析 (Getis-Ord G_i^*) 和聚类异常值分析 (Anselin Local Moran's I)，探查乡村聚落扩张的空间过程 (图 4、图 5)。结果表明，1986—2017 年集美区乡村聚落扩张活动在空间上未形成显著的冷区，热点聚类形态以高高聚类为主；2007 年之前，工业化时期，热点区域与第二产业发展关系密切；2007 年之后，城乡一体化加快，农村经济的快速发展，传统农业产业集中区出现聚落扩张热点；1997 年以来，集美和杏林老城完全城市化，城区周边聚落土地性质转变为国有土地，城乡开始融合，聚落的边界管控更加严格，扩张活动趋于停止，形成低低聚类区域。



注：S.D.表示 GiZ 得分标准差。
Note:S.D.of GiZ score.

图 4 1986—2017 年集美区乡村聚落扩张热点分析

Fig. 4 Hot spot analysis of rural settlement expansion from 1986 to 2017 in Jimei District

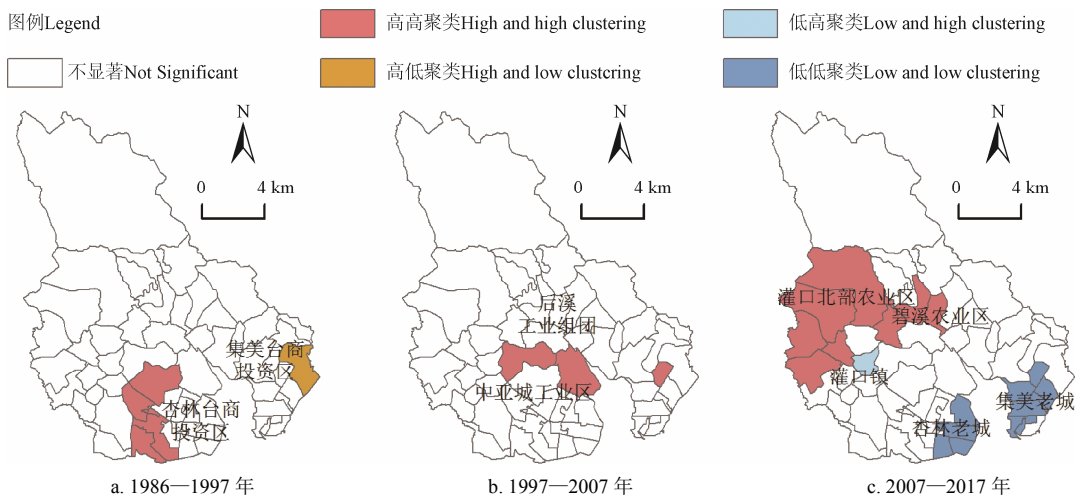


图 5 1986—2017 年集美区乡村聚落扩张聚类和异常值分析

Fig.5 Clustering and outlier analysis of rural settlement expansion from 1986 to 2017 in Jimei District

从热点分析结果看，1986—1997 年聚落扩张热点区域分别位于杏林台商投资区周边的前场、西滨和马銮村，集美台商投资区周边的东安村。1997—2007 年聚落扩张热点区域分别位于中亚工业区的锦园村、后溪工业组团附近的

顶许村，以及集美台商投资区周边的东安、兑山、叶厝村。2007—2017 年聚落扩张热点区域主要位于灌口镇浦林、顶许、东辉、双岭、田头村，以及后溪镇的前进村。这期间浦林村北面布局了灌口机械工业集中、东部布局了前场物

流园区；前进村和灌口顶许、东辉村紧邻后溪工业组团。田头、双岭村、东辉村位于灌口北部农业区，顶许和前进村位于碧溪农业区，近年来这些村依托靠近城镇中心和工业区的区位优势，农村经济活跃，大力发展都市农业，形成了一批远近闻名的特色农业产业示范点。

从聚类和异常值分析情况看，高高聚类区域范围与热点区域大致相同。1986—1997年东安村扩张速度明显高于周边村落，形成高低聚类形态。2007—2017年灌口镇中心村落扩张受到土地空间限制，扩张速度低于周边区域，形成低高聚类。同时集美、杏林老城区表现为低低聚类，即原有聚落成为城中村，或与城区融为一体，成为城市社区，聚落扩张停止。

3.3 乡村聚落用地空间收缩过程的特征

采用反距离法计算各时期乡村聚落收缩斑块的空间自相关 Moran's I 值，距离模式为欧氏距离，阈值设为 1km。计算结果 z 得分 0.46~0.65， p 值 0.517~0.644，表明 1986—2017 年期间，聚落收缩斑块的空间自相关性并不显著，聚落收缩斑块空间分布呈现随机性。结合当期遥感影像分析，1986—1997 年收缩斑块主要分布于杏林城区西北部的 319 国道沿线，反映了城市扩张中交通用地“吞噬”乡村聚落的过程；1997—2007 年收缩斑块主要位于杏林台商投资区西部边缘，以及集美台商投资区内部、灌口工业集中区，反映了乡村聚落收缩与工业用地扩张的“此消彼长”过程；2007—2017 年收缩斑块位于集美新城，以及铁路、高速公路、城市快速路沿线，反映了大规模城市化和城市化过程中交通网络建设对乡村聚落收缩演化的影响作用。

表 6 聚落缩减空间自相关 (Moran's I)

时期 Period	Moran I 指数 Moran's I value	z 得分 z score	P 值 P value
1986—1997年	0.066	0.62	0.532
1997—2007年	0.022	0.46	0.644
2007—2017年	0.060	0.65	0.517

4 结论

1) 集美区乡村聚落总面积呈现逐年递增趋势，空间演化过程主要以关联扩张方式为主导，尽管斑块个数有所减少，聚落总面积和平均面积仍持续增大，关联扩张与关联收缩方式共同作用的结果导致大小聚落之间的规模差异扩大。标准差椭圆分析显示，集美区乡村聚落基本空间格局在地形地势因素和演化过程特点的共同作用下保持稳定。通过各时期聚落重心迁移速率、方向可视化，发现各个时期聚落演化热点存在空间差异，反映了集美区工业化、城市化背景下，不同发展阶段，城乡互动过程对乡村聚落空间演化的驱动特点。

2) 计算各时期聚落核密度分布，将聚落核密度划分为背景区、低密度区、中密度区和高密度区。结果表明聚落密度分布存在空间异质性，背景区指示不利于形成聚落的地理环境。中、高密度区域指示良好的聚落发育环境。高密度区域远离城镇工矿中心分布，高密度区域

与低密度区域形成较为明显的空间连续特征，因而可以采用空间自相关理论模型进一步探究聚落空间演化过程及其形成机理。

3) 采用反距离法计算各时期乡村聚落扩张和收缩斑块的空间自相关 Moran's I 值。结果表明，各时期聚落收缩斑块的空间自相关性并不显著，聚落收缩斑块空间分布呈现随机性，结合遥感影像分析，聚落收缩与城市化、工业化关系密切，交通区位好的聚落更容易受到城市化和工业化影响。与聚落收缩不同，各时期聚落扩张斑块均存在空间自相关性，运用局部自相关分析工具，进一步探查乡村聚落扩张的空间过程发现，1986—2017 年集美区乡村聚落扩张活动在空间上未形成显著的冷区，热点聚类形态以高高聚类为主；热点区域与第二产业发展关系密切；随着城乡一体化加快，农村经济的快速发展，传统农业产业集中区出现聚落扩张热点；随着集美和杏林老城完全城市化，城区周边聚落土地性质转变为国有土地，城乡开始融合，聚落的边界管控更加严格，扩张活动趋于停止，形成低低聚类区域。

本研究通过剖析工业化、城市化中乡村聚落用地的数量、演化形态、空间过程，揭示了 1986—2017 年集美区乡村聚落演化的过程、规律及影响因素，并初步探讨聚落空间演化机理。因本研究数据主要来源为遥感影像，侧重研究乡村聚落演化的外部表现，乡村聚落演化内在机理有待进一步深入研究。下一阶段，可以结合聚落社会、文化、经济、人口等微观数据，定量解析乡村聚落用地空间演化的内在机理。

[参 考 文 献]

- [1] 屠爽爽, 龙花楼, 张英男, 等. 典型村域乡村重构的过程及其驱动因素[J]. 地理学报, 2019, 74(2): 323—339. Tu Shuangshuang, Long Hualou, Zhang Yingnan, et al. Process and driving factors of rural restructuring in typical villages[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(2): 323—339. (in Chinese with English abstract)
- [2] 杨忍. 基于自然主控因子和道路可达性的广东省乡村聚落空间分布特征及影响因素[J]. 地理学报, 2017, 72(10): 1859—1871. Yang Ren. An analysis of rural settlement patterns and their effect mechanisms based on road traffic accessibility of Guangdong[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(10): 1859—1871. (in Chinese with English abstract)
- [3] 梁发超, 刘诗苑, 刘黎明. 基于“居住场势”理论的乡村聚落景观空间重构: 以厦门市灌口镇为例[J]. 经济地理, 2017, 37(3): 193—200. Liang Fachao, Liu Shiyuan, Liu Liming. Spatial restructuring of the rural settlement landscape based on residential field and power theory: A case study of Guankou Town in Xiamen[J]. Economic Geography, 2017, 37(3): 193—200. (in Chinese with English abstract)
- [4] 陈宗峰, 李裕瑞, 刘彦随. 黄土丘陵沟壑区乡村聚落分布格局特征与类型[J]. 农业工程学报, 2017, 33(14): 266—274. Chen Zongfeng, Li Yurui, Liu Yansui. Distribution pattern characteristic and type classification of rural settlements in loess hilly-gully region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(14): 266—274. (in Chinese with English abstract)

- abstract)
- [5] 师满红, 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. Shi Manhong, Jie Yaowen, Cao Qi. The landscape evolution and mechanism analysis of rural settlements in the oasis of arid region[J]. Geographical Research, 2016, 35(4): 692—702. (in Chinese with English abstract)
- [6] 梁发超, 刘诗苑, 起晓星. 厦门市乡村聚落地空间演变解析及优化策略[J]. 经济地理, 2017, 37(12): 172—179. Liang Fachao, Liu Shiyuan, Qi Xiaoxing. Spatial evolution of rural settlement land and its optimization countermeasures in Xiamen City in 1986-2016[J]. Economic Geography, 2017, 37(12): 172—179. (in Chinese with English abstract)
- [7] 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. Wang Manman, Wu Xiuqin, Wu Bin, et al. Evolution analysis of spatial pattern of rural settlements in sandy area of northern Yanchi[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(8): 260—271. (in Chinese with English abstract)
- [8] Li Y R, Liu Y S, Long H L, 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.
- [9] Qu Y B, Jiang G H, Yang Y T, 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.
- [10] 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. Yu Linjun, Sun Dashuai, Zhang Dingxiang, et al. Rural household survey based analysis of hollowing of rural residential land in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(7): 1043—1049. (in Chinese with English abstract)
- [11] 海贝贝, 李小建, 许家伟. 巩义市农村居民点空间格局演变及其影响因素[J]. 地理研究, 2013, 32(12): 2257—2269. Hai Beibei, Li Xiaojian, Xu Jiawei. Spatio-temporal evolution of rural settlements in Gongyi[J]. Geographical Research, 2013, 32(12): 2257—2269. (in Chinese with English abstract)
- [12] 李智, 张小林, 李洪波. 县域城乡乡村聚落规模体系的演化特征及驱动机理: 以江苏省张家港市为例[J]. 自然资源学报, 2019, 34(1): 140—152. Li Zhi, Zhang Xiaolin, Li Hongbo. Evolution characteristics and driving mechanism of urban-rural scale system at county level: A case of Zhang Jiagang city, Jiangsu province[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(1): 140—152. (in Chinese with English abstract)
- [13] 李翔, 张毓涛, 王慧杰, 等. 泽普县农村居民点空间格局演变及其影响因素[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(4): 108—116. Li Xiang, Zhang Yutao, Wang Huijie, et al. Spatio-temporal evolution of rural settlement in Zepu[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(4): 108—116. (in Chinese with English abstract)
- [14] 曲衍波, 张凤荣, 宋伟, 等. 农村居民点整理潜力综合修正与测算: 以北京市平谷区为例[J]. 地理学报, 2012, 67(4): 490—503. Qu Yanbo, Zhang Fengrong, Song Wei, et al. Integrated correction and calculation of rural residential consolidation potential: A case study of Pinggu District, Beijing[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(4): 490—503. (in Chinese with English abstract)
- [15] 龙花楼, 张英男, 屠爽爽. 论土地整治与乡村振兴[J]. 地理学报, 2018, 73(10): 1837—1849. Long Hualou, Zhang Yingnan, Tu Shuangshuang. Land consolidation and rural vitalization[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(10): 1837—1849. (in Chinese with English abstract)
- [16] 闫晓东, 吴晓光, 张宏飞, 等. 基于改进综合指标法的内蒙古自治区农村居民点整治潜力评估及分区[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(9): 163—169. Yan Xiaodong, Wu Xiaoguang, Zhang Hongfei, et al. Evaluation and zoning of land improvement potential of rural settlements in Inner Mongolia: Based on improved comprehensive index method[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(9): 163—169. (in Chinese with English abstract)
- [17] 曲衍波, 姜广辉, 张佰林, 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. Qu Yanbo, Jiang Guanghui, Zhang Bailin, et al. Spatial characteristics of rural residential land transition and its economic gradient differentiation[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(10): 1845—1858. (in Chinese with English abstract)
- [18] Qu Y B, Jiang G H, Li Z T, et al. Understanding rural land use transition and regional consolidation implications in China[J]. Land Use Policy, 2019, 82: 742—753.
- [19] Long H L, Qu Y. Land consolidation: An indispensable way of spatial restructuring in rural China. Journal of Geographical Sciences, 2014, 24(2): 211—225.
- [20] Long H L, Tu S S, Ge D Z, et al. The allocation and management of critical resources in rural China under restructuring: Problems and prospects[J]. Journal of Rural Studies, 2016, 47: 392—412.
- [21] 汤国安, 赵牡丹. 基于 GIS 的乡村聚落空间分布规律研究: 以陕北榆林地区为例[J]. 经济地理, 2000, 20(5): 1—4. Tang Guoan, Zhao Mudan. A GIS based research on the distribution of rural settlements: Taking Yulin area as an example[J]. Economic Geography, 2000, 20(5): 1—4. (in Chinese with English abstract)
- [22] 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—2002. Ren Ping, Hong Buting, Zhou Jieming. Research of spatio-temporal pattern and characteristics for the evolution of rural settlements based on a spatial autocorrelation model[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(12): 1993—2002. (in Chinese with English abstract)
- [23] 李全林, 马晓东, 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. Li Quanlin, Ma Xiaodong, Shen Yi. Analysis of spatial pattern of rural settlements in northern Jiangsu[J]. Geographical Research, 2012, 31(1): 144—154. (in Chinese with English abstract)
- [24] 梁发超, 刘浩然, 刘诗苑, 等. 闽南沿海景观生态安全网络空间重构策略: 以厦门市集美区为例[J]. 经济地理, 2018, 38(9): 231—239. Liang Fachao, Liu Haoran, Liu Shiyuan, et al. Spatial restructuring countermeasures of landscape ecological security network in Southern Fujian: A case study of Jimei District in Xiamen[J]. Economic Geography, 2018, 38(9): 231—239. (in Chinese with English abstract)
- [25] 叶士琳, 曹有挥, 王佳韡, 等. 长江沿岸港口物流发展格局演化及其机制[J]. 地理研究, 2018, 37(5): 925—936. Ye Shilin, Cao Youhui, Wang Jiawei, et al. Spatio-temporal evolution characteristics and mechanism of the port logistics system along the Yangtze River[J]. Geographical Research, 2018, 37(5): 925—936. (in Chinese with English abstract)

- [26] 宋戈, 杨雪昕, 高佳. 三江平原典型地区水田分布格局变化特征[J]. 中国土地科学, 2017, 31(8): 61—68.
Song Ge, Yang Xuexin, Gao Jia. Study on the distribution patterns and characteristics of paddy cropland in the Typical area of Sanjiang Plain[J]. China Land Science, 2017, 31(8): 61—68. (in Chinese with English abstract)
- [27] 金淑婷, 李博, 杨永春, 等. 中国城市分布特征及其影响因素[J]. 地理研究, 2015, 34(7): 1352—1366.
Jin Shuting, Li Bo, Yang Yongchun, et al. The distribution of cities in China and its influencing factors[J]. Geographical Research, 2015, 34(7): 1352—1366. (in Chinese with English abstract)
- [28] 周婷, 牛安逸, 马姣姣, 等. 国家湿地公园时空格局特征[J]. 自然资源学报, 2019, 34(1): 26—39.
Zhou Ting, Niu Anyi, Ma Jiaojiao, et al. Spatio-temporal pattern of national wetland parks[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(1): 26—39. (in Chinese with English abstract)
- [29] 武鹏, 李同昇, 李卫民. 县域农村贫困化空间分异及其影响因素: 以陕西山阳县为例[J]. 地理研究, 2018, 37(3): 593—606.
Wu Peng, Li Tongsheng, Li Weimin. Spatial differentiation of rural poverty in counties and its influencing factors: Take Shanyang county, Shaanxi province as example[J]. Geographical Research, 2018, 37(3): 593—606. (in Chinese with English abstract)
- [30] 王凤, 刘艳芳, 孔雪松, 等. 中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化[J]. 经济地理, 2018, 38(5): 142—151.
Wang Feng, Liu Yanfang, Kong Xuesong, et al. Spatial and temporal variation of grain production and its Influencing factors at the county level in China[J]. Economic Geography, 2018, 38(5): 142—151. (in Chinese with English abstract)
- [31] 王钊, 杨山. 多中心城市区域城市蔓延冷热点格局及演化: 以苏锡常地区为例[J]. 经济地理, 2015, 35(7): 59—65.
Wang Zhao, Yang Shan. Evolution of cold-hot spot pattern of poly centric urban areas urban sprawl: A case study of Suzhou-Wuxi-Changzhou area[J]. Economic Geography, 2015, 35(7): 59—65. (in Chinese with English abstract)
- [32] 康璟瑶, 章锦河, 胡欢, 等. 中国传统村落空间分布特征分析[J]. 地理科学进展, 2016, 35(7): 839—850.
Kang Jingyao, Zhang Jinhe, Hu Huan, et al. Analysis on the spatial distribution characteristics of Chinese traditional villages[J]. Progress in Geography, 2016, 35(7): 839—850. (in Chinese with English abstract)

Spatial evolution process of rural settlement land in coastal areas of Southern Fujian in recent 30 years

Liang Fachao¹, Liu Shiyuan², Qi Xiaoxing³, Liu Liming^{4*}

(1. School of Political and Public Administration/Center for Political Development and Public Governance Research, Huaqiao University, Quanzhou, 362021, China; 2. Construction Bureau of Jimei District, Xiamen, 361022, China; 3. Center for Chinese Public Administration Research/School of Government, Sun Yat-sen University, Guangzhou, 510275, China; 4. School of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: Scientific identification of the spatial evolution process of rural settlements is an important basis for optimizing the space of rural production, living and ecology in rural revitalization. In this paper, Jimei District of Xiamen city, which locates in the Southern Fujian Province, was selected as a typical study area. Based on the classification and interpretation data of remote sensing images at four time points from 1986 to 2017, the spatial evolution process and mechanism of rural settlement land in Jimei District in recent 30 years were quantitatively identified by using standard deviation ellipse, nuclear density and spatial autocorrelation analysis methods. The results showed that the density of rural settlement could be divided into background area, low density area, medium density area and high density area in Jimei District. There was spatial heterogeneity in the density distribution of rural settlements in Jimei District. The medium and high density areas were concentrated in central areas with good agricultural conditions. The high density areas were far away from the centers of urban and industrial mine. There were more obvious spatial continuity features between the high and low density area. The total area of rural settlements showed an increasing trend year by year. The evolution process of settlements was dominated by correlated expansion. Although the number of patches had decreased, the total area and average area of the settlements continued to increase. The combined impact of correlated expansion and contraction led to an increasing difference in the size between large and small settlements. With rapid development of urban-rural integration and rural economy, the hot spots of settlement expansion appeared in traditional agricultural industry concentration areas. With the settlement land around Jimei and Xinglin City transformed into state-owned land, the low-low cluster areas appeared. Combined with analysis of remote sensing image, the contracted settlements were closely related to urbanization and industrialization, and the settlements with good traffic location were more susceptible to urbanization and industrialization. The spatial distribution of contracted patches in rural settlements was random, and the spatial autocorrelation existed in the expanded patches. From 1986 to 2017, the expansion of rural settlements did not generate a significant cold zone, and the hotspot clustering pattern was dominated by high clusters in Jimei District. The basic spatial pattern of settlements remained stable due to the combination of topographic factors and evolution characteristics. It was found that there were spatial differences in the hot spots of settlement evolution in various periods by visualizing the rate and direction of the center of gravity of the settlements in each period. The core density analysis and partial autocorrelation analysis revealed a close relationship between settlement evolution and geographical environment, industrial evolution and urban and rural relationship change, and reflected the driving characteristics and internal mechanism of urban and rural interaction process of rural settlement spatial evolution in different development stages under the background of industrialization and urbanization in Jimei District. The results of this study could provide theoretical and methodological supports for optimizing development layout of rural settlements and coordinating rural revitalization planning and land remediation planning.

Keywords: land use; rural area; remote sensing; rural settlement; time-space evolution; spatial process recognition; standard deviational ellipse; Jimei District