

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2019.04.009

基于GIS的清远市人口分布时空演变特征分析^①

莫莹¹, 朱煜峰¹, 张明¹, 周博²

1. 东华理工大学 测绘工程学院, 南昌 330013; 2. 中山大学 地理科学与规划学院, 广州 510275

摘要: 采用人口密度、空间自相关、人口分布结构指数和人口重心等分析方法, 结合GIS技术和GeoDa软件分析了清远市2005年—2015年人口分布时空演变特征。结果显示: 清远市人口密度地域差异明显, 北低南高; 人口向清远市区集聚, 但多地空间相关性较弱; 人口分布不均衡但态势逐渐减弱; 人口重心始终位于英德市黄花镇境内, 偏离几何中心, 呈西北向东南移动。清远市人口时空演变主要受自然环境和区位、城市规划和政策、轨道交通和经济发展水平等因素影响。

关键词: 人口分布; 空间自相关; 时空演变; GIS

中图分类号: C921

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)04-0041-08

人口分布在一定区域内受社会生产方式、经济发展水平、交通可达性及历史等多种因素的影响与制约, 研究人口分布特征和规律对协调人地关系、科学管理人口、资源和环境等具有现实意义^[1-2]。因此, 人口分布研究历来受到学者重视。近年来, 国内学者对人口分布研究主要有以下方面: ①研究对象为不同群体, 针对外来人口、流动人口、少数民族等不同群体研究其空间分布^[3-5]; ②从不同尺度来看研究区域, 或针对广州市、北京市、南京市等主要城市^[6-8], 或针对四川省、东北三省、省际等全省或跨省区域^[2,9-10], 或针对整个中国的人口空间分布变化^[11-12]的研究; ③研究方法多结合GIS技术, 利用空间自相关^[2]、人口集中指数^[3]、探索性空间数据分析(ESDA)^[5]、人口密度^[6]、人口重心^[8]、洛伦兹曲线^[9]、人口不均衡指数^[11]、基尼系数^[12]等方法研究人口空间分布的集聚程度及演化情况。由此看出, 人口分布时空演变特征的研究方法已较成熟, 研究对象多为经济较发达省市或城市群, 研究尺度较大; 而针对经济欠发达、研究单元尺度较小的小城市研究较少。

清远市是珠三角北缘的门户城市, 广清一体化发展战略的实施, 使清远市南部地区快速融入珠三角, 促进了清远市快速发展。人口的变动影响城市内部经济、社会、产业等各要素结构和布局的变化^[13], 人口的合理分布可以促进经济的发展。关于清远市人口空间分布时空演变特征方面的研究, 余洋^[14]运用Google Earth软件提取影像地物信息分析了清远市人口密度。本研究选取广东省清远市为研究区域, 以乡镇(街道)为研究单元, 选用2005年—2015年清远市人口数据, 运用ArcGIS和GeoDa等软件分析清远市人口时空演变特征, 拟为清远市人口管理和经济发展提供科学依据。

1 研究区概况及数据来源

清远市(23°26′56″N—25°11′40″N, 111°55′17″E—113°55′34″E)位于广东省中北部、北江中下游, 南邻广州、佛山, 北接韶关、湖南和广西。现辖清城区、清新区、佛冈县、阳山县、连南瑶族自治县、连山壮族瑶族自治县, 并代管英德市和连州市2个县, 共2区2市4县, 总面积1.9万km², 2015年末全市总户

① 收稿日期: 2018-07-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41464001); 江西省自然科学基金资助项目(2012ZBAB216001); 江西省教育厅科技研究资助项目(GJJ14489)。

作者简介: 莫莹(1995-), 女, 硕士研究生, 主要从事地理学与地理信息系统。

通信作者: 朱煜峰, 博士, 副教授。

籍人口 418.51 万人。

本研究人口数据来自 2005 年—2015 年清远市各县(市、区)统计年鉴, 地图数据源自国家基础地理信息中心 1:100 万数据库。由于研究时段内部分年份行政区划调整和人口统计数据不全, 故选取研究区 2005 年、2008 年、2012 年和 2015 年的人口数据; 为了数据统一性及数据获取与处理的方便, 以 2015 年清远市行政区划为统计基础处理数据, 选取 86 个乡镇(街道)研究单元(清新区笔架林场数据不全, 未列入)。

2 研究方法

2.1 人口空间分布特征分析方法

2.1.1 人口密度

人口密度是指单位土地面积分布或承载的人口数量(人/km²), 反映区域人口数量与土地面积间比例关系^[2]。参照中国人口分布密度分级^[15]、人口密度分级原则和标准^[16], 将清远市人口密度分布划分为: 集聚核心区(>1 000 人/km²)、高度密集区(500~1 000 人/km²)、中度密集区(400~500 人/km²)、低度密集区(200~400 人/km²)、一般过渡区(100~200 人/km²)、相对稀疏区(50~100 人/km²)、绝对稀疏区(<50 人/km²)七大类。

2.1.2 空间自相关

空间自相关分析是一种探索性空间统计分析方法, 其主要思想源自地理学第一定律, 认为空间数据存在地理位置的空间自相关性或依赖性和关联性^[17-18]。

1) 全局空间自相关性

全局 Moran'*I* 指数是研究全部空间数据的依赖性和关联性。假设 *n* 为空间数据个数, x_i, x_j 为空间位置 *i, j* 属性值, w_{ij} 为空间权重矩阵; 采用标准化统计量 *Z* 对 Moran'*I* 显著性检验, 其公式分别如下^[18]:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

$$Z = \frac{I - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (2)$$

式(1)中: *I* 取值范围为[-1, 1], *I* < 0 时, 为负空间自相关性, 研究单元离散分布; *I* > 0 时, 为正相关, 集聚分布; *I* = 0 时, 为不相关, 随机分布。式(2)中: *E*(*I*) 为期望值; VAR(*I*) 为标准方差。

2) 局部空间自相关性

全局空间相关统计反映区域变量是否存在空间集聚状态, 无法表示集聚的空间状况, 需对空间数据进行局部空间自相关分析。本研究选用 LISA 集聚图和 Moran 散点图进行研究。

① LISA 集聚图

LISA(Anselin's LISA) 又称局部 Moran 指数, 是衡量空间单元与邻近单元相似属性及其显著性的指标, 计算公式如下^[19]:

$$I_i = Z_i \sum_j W_{ij} Z_j \quad (3)$$

式中: W_{ij} 为空间自相关权重矩阵; Z_i 和 Z_j 均为标准差标准化后的属性值。

② Moran 散点图

Moran 散点图反映局部或小范围不稳定性特点, 4 个象限分别为 HH(高高聚集)、LL(低低聚集)、HL(高低聚集)、LH(低高聚集), 与 LISA 集聚图相对应, 反映 4 类分析单元与其邻近单元间关联状况, 探索清远市人口分布的空间异质性特征。

2.2 人口空间演变分析方法

2.2.1 人口分布结构指数

人口分布结构指数包括人口分布不均衡指数和集中指数, 总体分析区域人口空间分布集中或分散程度及其变动趋势, 公式为^[1]:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \left(\frac{P_i}{P} - \frac{S_i}{S} \right) \right]^2}{n}} \quad (4)$$

$$C = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_i}{P} - \frac{S_i}{S} \right| \quad (5)$$

式中: U 为不均衡指数; C 为集中指数; n 为研究区域内子区域数量; i 为某一子区域; P_i 和 S_i 分别为 i 区域人口和面积之和, P, S 分别为该地区总人口与总面积. U 值和 C 值介于 0 到 1 间, 数值越趋于 0, 人口分布越均衡; 数值越接近 1, 人口分布越不均衡.

2.2.2 人口重心

人口重心迁移是测度区域人口分布演变的重要指标, 重心位置一般用经纬度表示, 其公式如下^[16]:

$$X = \sum P_i X_i / \sum P_i \quad Y = \sum P_i Y_i / \sum P_i \quad (6)$$

式中: 设区域有 i 个子区域; X, Y 为人口重心坐标; P_i 为 i 区域人口数, (X_i, Y_i) 为 i 区域中心坐标. 实际分析中, (X_i, Y_i) 取清远市各县、镇政府坐标.

3 人口分布时空演变特征

3.1 人口空间分布特征

3.1.1 人口密度分析

清远市 2005 年、2008 年、2012 年和 2015 年人口密度分布如图 1 所示. 清远市 2015 年全市平均人口密度为 221 人/km², 属于低度密集区; 其中人口密度较高的清城区为 505 人/km², 清新区为 296 人/km², 佛冈县为 269 人/km². 59 个乡镇(街道)属于低度密集区和一般过渡区, 但清城区凤城街道人口密度高达 4 613 人/km², 连州壮族自治县三水乡仅 27 人/km², 两者相差 4 586 人/km². 从增长速度上看, 自 2005 年来, 清远市人口密度明显上升, 其中清城区和连南壮族自治县增长速度最快, 分别为 9.78% 和 9.11%. 总体来说, 清远市人口密度分布不均, 地区分异显著, 呈北低南高的特点.

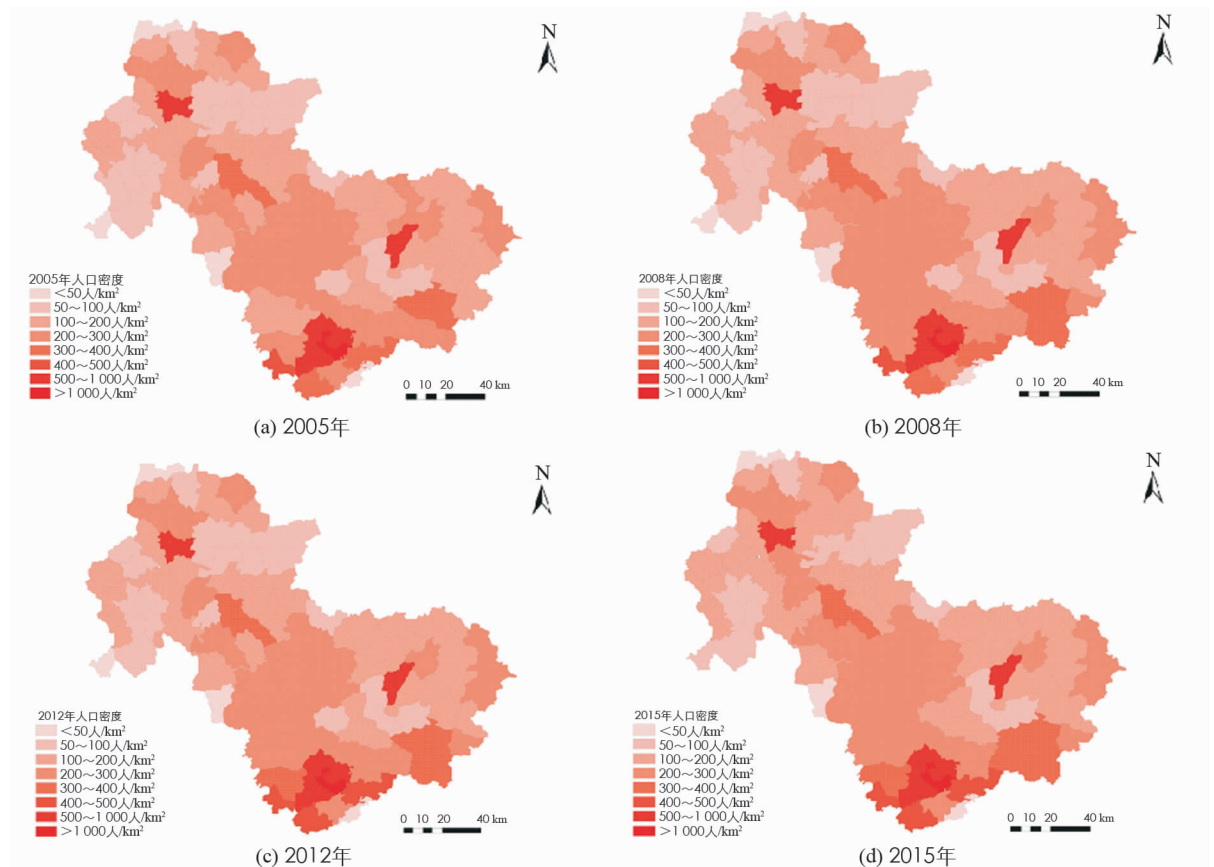


图1 2005年—2015年清远市人口密度分布图

3.1.2 空间自相关分析

1) 全局空间自相关分析

基于清远市人口密度数据,利用 GeoDa 软件基于 Rook 邻接矩阵得全局 Moran's I 指数(表 1).从表 1 看出,清远市 86 个研究单元在 2005 年、2008 年、2012 年和 2015 年人口密度的 Moran's I 值均为正值,且其显著水平均在 0.01 上,均有显著意义.对 Moran's I 值显著性水平检验, $Z > 6.00$, $p < 0.001$,即在 99.9%置信度条件下,清远市 86 个研究单元人口密度空间分布没有随机分布,存在显著正空间自相关,人口密度值相似的研究单元在空间上趋于集聚,人口稠密区和人口稀疏区呈现空间集中分布态势.从演化趋势来看,2005 年—2015 年间,Moran's I 值逐渐增大,其中 2005 年、2008 年和 2012 年指数基本相当,2015 年指数大幅上升,表明清远市人口密度有集聚趋势,正向清远市区集聚.

表 1 清远市人口密度 Moran's I 值及其 Z 值

年份	2005 年	2008 年	2012 年	2015 年
I	0.251 6	0.267 7	0.276 9	0.325 7
Z 值	6.498 9	6.503 7	6.519 4	6.845 3

2) 局部空间自相关分析

全局 Moran's I 指数仅说明各研究单元与其相邻研究单元间空间差异的平均程度,结合 Moran's I 散点图和 LISA 集聚图,进一步分析研究单元上某地理现象或属性值与相邻区域的相似程度.

利用 GeoDa 软件绘制清远市 2005 年、2008 年、2012 年和 2015 年人口密度 Moran's I 散点图,如图 2 所示.从图 2 可看出 4 期散点图变化不大,多数点趋于原点集中,说明大多数研究单元与其邻接单元关联性较弱;位于第一、三象限的点多于第二、四象限,反映清远市人口密度分布正相关的研究单元多于负相关的研究单元.其中,第一象限内的研究单元 2005 年—2015 年人口密度幅度范围为 $381 \sim 4\,725 \text{ km}^2/\text{人}$,高一高集聚类型人口密度值存在一定差距,主要位于清城区和清新区.

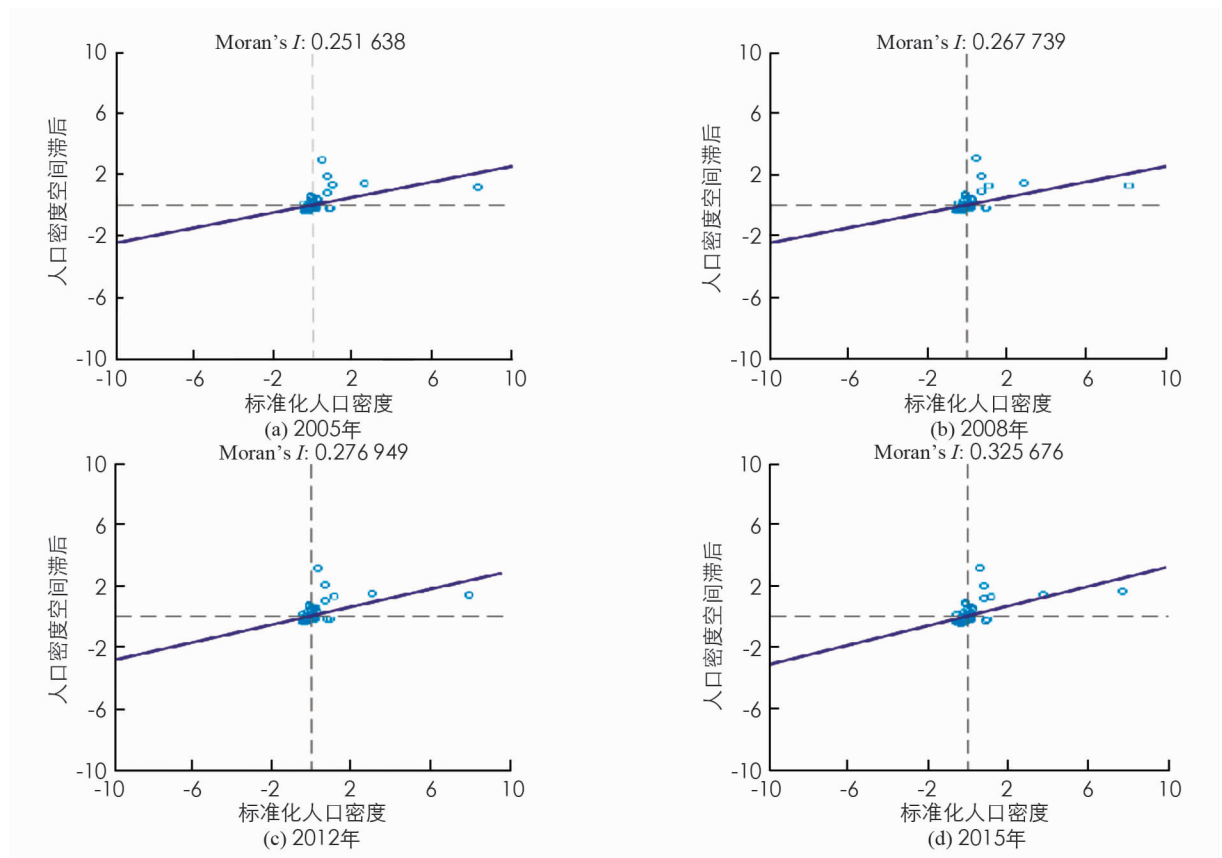


图 2 2005 年—2015 年清远市人口密度 Moran's I 散点图

为更直观观察人口密度空间集聚情况,利用 GeoDa 软件绘制清远市 2005 年、2008 年、2012 年和 2015

年 LISA 集聚图(图 3). 由图 3 可知, 清远市人口整体集聚方位变化不大, 但集聚区域有少量变化. Not Significant 为无关联研究单元, 其研究单元 2005 年—2015 年均占全市总研究单元的 80% 以上, 说明清远市大部分研究单元人口密度分布空间相关性较弱. HH 为高高集聚, 研究单元一直为 5 个, 仅占全市总研究单元 5.8%, 表明研究单元与其周边研究单元的人口密度较高, 如东山街道与洲心街道的人口密度都较高. LL 为低低集聚, 其研究单元 2005 年—2015 年占全市总研究单元 12%~14%, 主要集中在连山壮族瑶族自治县、阳山县和连南瑶族自治县, 表明连南瑶族自治县县内乡镇间人口密度关联程度较低. HL 和 LH 为高低集聚和低高集聚, 在图中表现不明显.

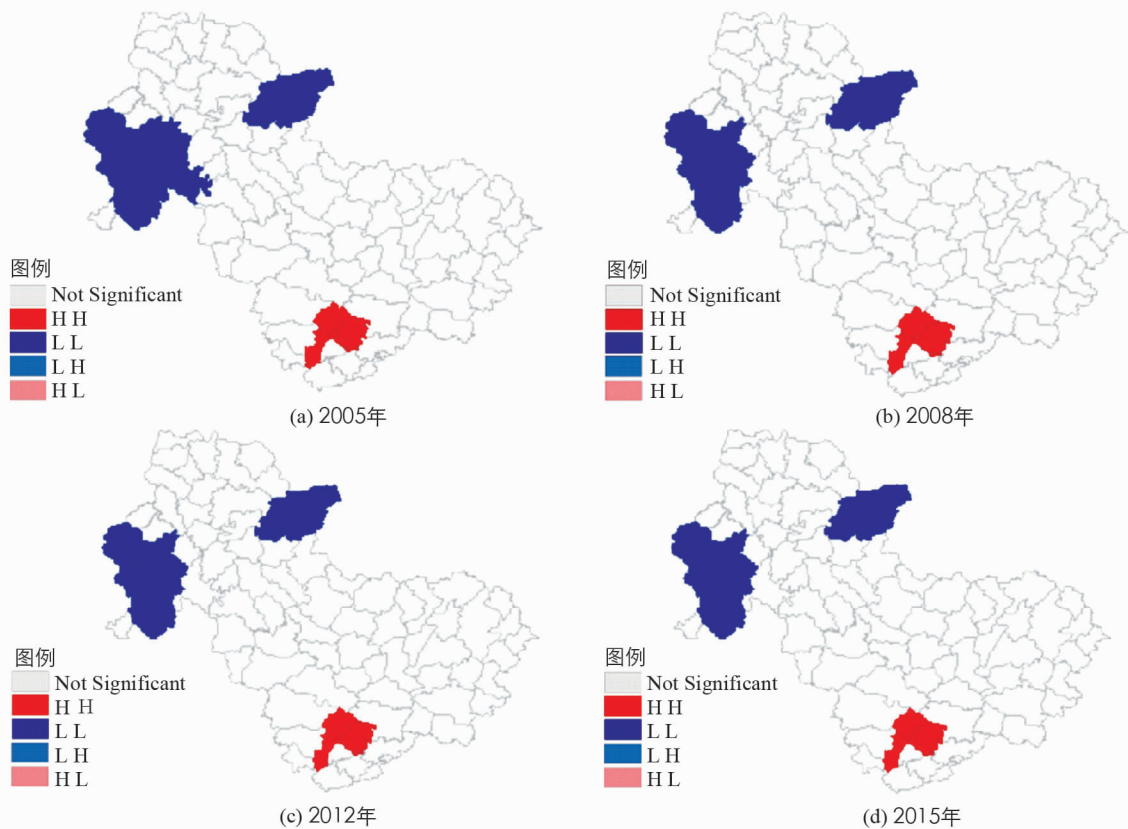


图 3 2005 年—2015 年清远市人口密度 LISA 集聚图

3.2 人口空间演变特征

3.2.1 人口分布结构指数分析

采用不均衡指数和集中指数公式计算清远市人口分布的不均衡指数和集中指数(表 2). 从表 2 可知, 清远市人口分布不均衡指数 U 和集中指数 C 较高, 但持续缓慢下降, 人口分布不均衡但态势逐渐减弱, 人口具有分散趋势. 整体上来说, 清远市是一个人口较为集中的城市.

表 2 2005 年—2015 年清远市人口分布不均衡指数和集中指数

年份	2005 年	2008 年	2012 年	2015 年
U	0.037 1	0.036 9	0.036 6	0.036 3
C	0.060 5	0.059 9	0.058 8	0.058 1

3.2.2 人口重心迁移分析

人口重心迁移是测度区域人口分布演变的一个重要指标, 重心位置一般以经纬度表示^[21]. 利用人口重心公式, 计算不同年份人口重心坐标, 结合 ARCGIS 绘制出人口重心迁移图(图 4), 并与几何中心比较偏移距离. 从图 4 看出, 清远市几何中心经纬度为 $23^{\circ}18'43''N$, $112^{\circ}52'23''E$, 位于英德市西北部的大湾镇; 人口重心始终位于中部英德市黄花镇境内, 处于几何中心的东南部, 偏离几何中心较大并且越来越远, 呈西北向东南移动, 最大偏移距离达 14.8 km, 最小将近 14.1 km, 但人口重心位移较小. 人口重心与几何中

心偏移,说明清远市人口分布相对不均衡.

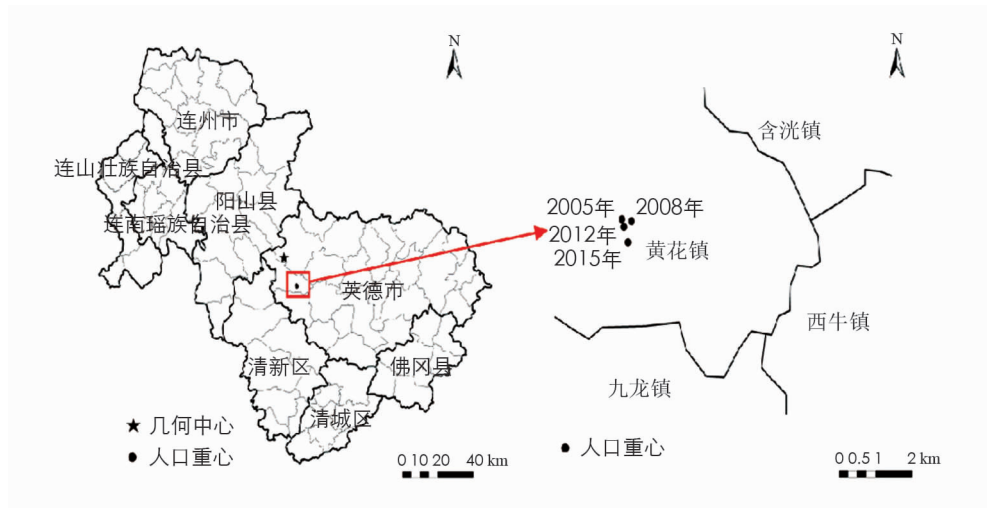


图 4 2005 年—2015 年人口重心迁移轨迹图

4 人口时空演变原因分析

人口分布受一定区域内社会生产方式、经济发展水平、交通可达性及历史等多种因素的影响与制约^[1]. 总体来说,自 2005 年来,清远市人口分布宏观格局比较稳定,受区域自然环境和区位因素、城市规划和政策因素、轨道交通、经济发展水平等方面的影响,清远市人口分布呈现明显地域差异.

4.1 自然环境和区位因素

自然环境条件是影响人口空间分布的基础性因素^[20]. 清远市西北高东南低的地势,造成清远市北部人口稀疏,南部人口稠密的总体格局. 同时,清远市土地类型多样,山地多平地少. 平原主要分布在北江干流及其较大支流沿岸,即清城区和清新区境内,地势平坦,河网密布,为农业生产提供了良好的条件,吸引大量人口向该地区集聚并从事生产活动,人口密度较高. 中部和北部地区多为砂页岩丘陵、岩溶丘陵、变质岩丘陵,这些土地类型土层薄,地表水缺乏,难以开发利用,人类生产活动受限,故人口密度较低.

南部的清城区和清新区具有良好的区位条件,毗连广州市,受大城市辐射影响,为其提供了良好的经济发展环境条件,也为人口集聚奠定了基础. 而中部和北部的地区远离中心城区,经济发展水平较落后,人口密度较小.

4.2 城市规划和政策因素

“十一五”规划提出,以清远中心城区(清城区和清新城区)为核心区,南部、东部和北部三大城镇群协调发展的“一核三城镇群”的城市空间格局;在大区域中的战略定位是打造“两区两城”,即广东区域协调发展示范区、环珠三角高端产业成长新区、华南休闲宜居名城和大广州卫星城. 2012 年清远市政府与广州市政府签署合作框架协议,提出了“广清一体化”战略构想. 近十年来,利用南部地区优越的地理、区位、交通、信息等优势,优先重点发展南部区域,以清城、清新、佛冈为主要增长极,融入珠三角经济圈,接受广州、佛山经济辐射和工业扩散,更好地发挥南部城镇群的龙头带动作用,加快东部和北部城镇群的发展. 因此,城市规划和政策对人口分布有导向作用,南部清城区和清新区人口密度较大,并向此集聚,经济水平倾斜导致人口重心往南部移动.

4.3 轨道交通因素

城市之间的轨道可促进城市之间的物资与人员流通,而城市内的轨道则对于激发城市内部的活力、人口迁移与城市扩张起着非常重要的作用^[21]. 近年来,清远市高速公路建设取得突出成绩,高速公路通车总里程居全省前列. 清连高速、广清高速扩建、广乐高速、二广高速、汕湛高速、连佛高速、佛清从高速等高速公路的修建,2012 年“广清一体化”标志性项目广清轻轨的修建及武广高铁的开通,极大地改善了清远市对内对外的交通条件和投资环境. 通过交通对接,缩短与广州、珠三角和泛珠三角的时空距离,推进与广

州同城化, 推动和加速清远市的旅游、第三产业、物流、人流等发展, 因而清远市南部地区人口稠密。

4.4 经济发展水平因素

人口空间分布本质是一种社会经济现象, 一般来说, 经济发展水平越高, 人口密度越大^[20]。南部人口稠密区中的清城区洲心街道、凤城街道、东城街道、横荷街道及清新区太和镇属于清远市中心城区, 是清远市的经济、政治、文化中心。2008 年以来, 中心城区的 GDP 近全市的 50%; 中心城区已形成休闲旅游、建材陶瓷、有色金属加工制造、商贸服务等支柱产业, 部分产业已形成集群发展的良好态势。随着广清一体化进程加快, 广州地区对接帮扶清远各县(区、市), 如英德市、佛冈县与广州市(白云区)建立对接帮扶关系; 连州市菜心节吸引众多游客; 阳山县积极对接佛山、中山、番禺等地区招商引资; 连南瑶族自治县创建为广东省教育强县等。各县(区、市)根据自身特色, 以市场为导向, 因地制宜选择不同的经济发展模式, 促进当地经济发展, 带动着清远市人口向各区分散。可见经济发展水平可以重塑人口空间分布。

5 结 论

总结上述分析, 近十年清远市人口时空分布有以下特征: ①从人口空间分布看, 清远市人口密度地域差异明显, 北低南高; 空间分布存在正相关, 正向清远市区集聚, 但大部分地区空间自相关性较弱。②从人口空间演变看, 清远市人口分布不均衡但态势逐渐减弱, 人口分布有分散趋势。人口重心始终位于英德市黄花镇境内, 偏离几何中心, 呈西北向东南移动。③从人口时空演变成因看, 自然环境和区位是影响清远市人口北疏南密空间格局的基本因素, 城市规划和政策对人口分布有导向作用, 轨道交通加速了人口流动, 经济发展水平重塑了人口空间分布。

参考文献:

- [1] 张善余. 人口地理学概论 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2013.
- [2] 杨成凤, 韩会然, 李 伟, 等. 四川省人口分布的时空演化特征研究 [J]. 经济地理, 2014, 34(7): 12-19.
- [3] 蒋 丽, 吴缚龙. 2000—2010 年广州外来人口空间分布变动与对多中心城市空间结构影响研究 [J]. 现代城市研究, 2014, 29(5): 15-21.
- [4] 刘 涛, 齐元静, 曹广忠. 中国流动人口空间格局演变机制及城镇化效应——基于 2000 和 2010 年人口普查分县数据的分析 [J]. 地理学报, 2015, 70(4): 567-581.
- [5] 曾丽波, 张加龙, 李亚娟, 等. 1990—2010 年云南省少数民族人口分布空间差异分析 [J]. 地域研究与开发, 2015, 34(2): 167-171.
- [6] 周春山, 边 艳. 1982—2010 年广州市人口增长与空间分布演变研究 [J]. 地理科学, 2014, 34(9): 1085-1092.
- [7] 孟延春, 汤苍松. 改革开放以来北京市人口空间分布的变动特征——基于 1982—2010 年四次人口普查资料的分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(3): 135-142.
- [8] 曾 文, 张小林, 向梨丽, 等. 2000—2010 年南京都市区人口空间变动特征研究 [J]. 地理科学, 2016, 36(1): 81-89.
- [9] 于婷婷, 宋玉祥, 浩飞龙, 等. 东北三省人口分布空间格局演化及其驱动因素研究 [J]. 地理科学, 2017, 37(5): 709-717.
- [10] 朱孟珏, 李 芳. 1985—2015 年中国省际人口迁移网络特征 [J]. 地理科学进展, 2017, 36(11): 1368-1379.
- [11] 潘 倩, 金晓斌, 周寅康. 近 300 年来中国人口变化及时空分布格局 [J]. 地理研究, 2013, 32(7): 1291-1302.
- [12] 杨 强, 李 丽, 王运动, 等. 1935—2010 年中国人口分布空间格局及其演变特征 [J]. 地理研究, 2016, 35(8): 1547-1560.
- [13] 张 岸, 齐清文. 基于 GIS 的城市内部人口空间结构研究——以深圳市为例 [J]. 地理科学进展, 2007, 26(1): 95-105.
- [14] 余 洋, 甄 峰. 基于 Google earth 的城市人口密度研究——以广东清远为例 [J]. 热带地理, 2009, 29(6): 561-566.
- [15] 葛美玲, 封志明. 中国人口分布的密度分级与重心曲线特征分析 [J]. 地理学报, 2009, 64(2): 202-210.
- [16] 党安荣. 人口密度分级的一般原则与定量标准的探讨 [J]. 地理科学, 1990, 10(3): 264-270.
- [17] TOBLER W. On the First Law of Geography: A Reply [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2004, 94 (2): 304-310.
- [18] 徐建华. 计量地理学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2014: 159-162.

- [19] ANSELIN L. Local Indicators of Spatial Association-LISA [J]. *Geographical Analysis*, 2010, 27(2), 93-115.
- [20] 谷国锋, 贾占华. 东北地区人口分布演变特征及形成机制研究 [J]. *人口与发展*, 2015, 21(6): 38-46, 94.
- [21] 解小雨, 李淑杰, 于丽丽, 等. 2000—2010 年长春市中心城区人口空间演变与扩张机制研究 [J]. *安徽师范大学学报(自然科学版)*, 2014, 37(5): 486-490.

A GIS-based Study on Temporal-spatial Evolution Characteristics of Population in Qingyuan City

MO Ying¹, ZHU Yu-feng¹, ZHANG Ming¹, ZHOU Bo²

1. School of Surveying and Mapping Engineering, East China University of Technology, Nanchang 330013, China;

2. School of Geography and Planning, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275 China

Abstract: Combined with GIS and GeoDa software in this paper, the temporal-spatial evolution characteristics of population in Qingyuan City from 2005 to 2015 have been discussed with population density, spatial autocorrelation method, imbalance index, concentration index and gravity center of population method. The results show that the population density of Qingyuan City characterizes by north- low and south-high, showing obvious regional differences. The population is closing to urban area, but most areas have a weak spatial correlation. The distribution of population is unbalanced but this situation is declining. The population gravity center is always located in Huanghua town of Yingde City and deviating from the geometric center in the northwest to southeast movement. The temporal and spatial evolution of population in Qingyuan City is mainly influenced by natural environment and location, urban planning and policy, rail transit and economic development level.

Key words: population distribution; spatial autocorrelation; temporal-spatial evolution; GIS

责任编辑 胡 杨