

基于地理探测器的南昌市人口空间格局与自然因素关系研究^①

卢 磊, 叶长盛, 李辉丹

东华理工大学 地球科学学院, 南昌 330013

摘要: 基于南昌市人口普查数据, 利用空间自相关和地理探测器等方法, 探讨南昌市人口空间分布与自然因素之间的关系。结果表明: ①研究期间, 南昌市人口空间格局基本保持不变, 人口密度大致呈现“中心外围”格局, 人口重心始终位于西湖区系马桩街道内部, 并向西南方向缓慢移动。②人口分布在空间上呈显著的“高高集聚”“低低集聚”特征, 且有增强趋势。③不同自然因素对南昌市人口空间分布的影响力有所不同, 其由大到小依次是河网密度、起伏度、海拔、坡度。人口空间格局是多个因子综合作用的结果, 任意两因子交互作用的影响力均大于单因子的影响力。

关键词: 南昌市; 标准差椭圆; 空间自相关; 地理探测器; 人口空间格局; 影响因素

中图分类号: K90

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2021)06-0105-10

人口分布是指特定时间段内人口在地理空间上的集聚与扩散状态, 它受自然条件、经济发展以及社会、历史等因素的综合影响与制约^[1]。自然条件既是人口分布的物质基础, 也是城市发展的依托。城市尤其是特大城市的形成总是依托于优越的自然条件, 城市人口分布格局在一定程度上能够反映自然要素在地理空间上的分布。对于城市而言, 人口是城市中最具活力和创造力的因素, 人口分布的变动能够直接影响城市公共设施和产业的布局^[2]。随着城市化的不断发展, 农村人口不断流向城市, 促进了经济、文化的交流, 使城乡居民共享现代文明成果, 但人口的集聚也会引起诸如交通拥堵、环境污染、资源调配不合理等一系列的城市问题。因此, 研究城市人口分布的时空演变规律及其驱动因素, 有利于人口的合理再分布, 对促进城市健康发展, 实现人口与资源、经济、社会的协调发展具有重要意义。

20 世纪初, 国外学者对人口分布及其影响因素做了较为详细的研究^[3-5], 认为影响人口分布的因子主要包括气候、土壤、海拔、交通和制度等, 部分学者总结出一系列人口密度模型, 例如 Clark 模型、Newling 模型和 Smeed 模型等^[6], 这些模型能够较好地模拟城市人口分布的特征及其变化。相较而言, 我国学者对人口分布的关注稍晚, 1935 年揭示我国人口密度的对比线“胡焕庸线”^[7]一经提出, 引起了大量学者的关注。随后, 我国学者紧跟时代步伐, 注重解决现实问题, 集中关注城市人口^[8]、流动人口^[9]、老年人口^[10]、贫困人口^[11]和患病人口^[12]等内容, 研究尺度也日益精细化, 由省、市、县逐步精确到乡镇街道^[13-15], 研究方法日趋成熟, 主要包括人口重心^[16]、地理加权回归^[17]、ESDA^[18]、地理探测器^[19]和基于

① 收稿日期: 2020-01-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(42061041)。

作者简介: 卢 磊, 硕士研究生, 主要从事区域与城市规划的研究。

通信作者: 叶长盛, 教授, 博士。

夜间灯光数据的人口空间模拟^[20]等。学者们普遍认为人口空间格局形成机制主要包括自然和社会经济 2 个因素。自然因素中河网密度、海拔、坡度、地形起伏度等对人口分布的影响在大量研究中得到证实。例如,游珍等^[21]认为地形因子中海拔、坡度、地形起伏度与人口分布呈显著负相关,而坡向对人口分布的影响则不显著;柏中强等^[22]发现在乡镇街道尺度上,全国大部分省的河网密度与人口密度呈现正相关关系,而江苏、上海则呈现负相关关系。由此可见,不同或同一自然因素在不同区域、不同尺度上对人口分布的影响强度、正负相关性都有所不同。

南昌市地处我国中部鄱阳湖平原,属于人口稠密地区。据统计,2010 年南昌市常住人口首次超过户籍人口,说明南昌市人口外流现象减弱,经济实力有所增强。南昌市独特的自然地理条件决定了南昌人口空间格局分布的特殊性,南昌市人口分布呈现“中心外围”格局分布特征,并有不断增强的趋势。在社会经济快速发展、城市规模不断扩大的情况下,区域人口与环境的矛盾日益尖锐,迫切需要研究该区域“人与地”的关系。基于此,本文从乡镇街道尺度研究南昌市的人口分布特征,并利用地理探测器分析自然因素对人口分布空间格局的影响,揭示人口空间分布规律,以期制定合理的人口政策和城市规划提供参考。

1 研究区概况

南昌市位于东经 $115^{\circ}27' - 116^{\circ}11'$ 、北纬 $28^{\circ}09' - 29^{\circ}11'$ 之间,地处江西省的中部偏北,赣江、抚河下游,东北临鄱阳湖,赣江由西南向东北穿城而过汇入鄱阳湖,市域内水网密布,湖泊众多,水域面积约为 $2\,200\text{ km}^2$ 。全市以平原为主,东南地势平坦,西北丘陵起伏,市域海拔最高点位于湾里区的梅岭。2010 年南昌市常住人口达 504.26 万人,人口密度为 700.64 人/km^2 。研究期间,南昌市下辖东湖区、西湖区、青云谱区、青山湖区、湾里区、南昌县、新建县、安义县和进贤县,市政府驻地在东湖区,2015 年新建县撤县设区更名为新建区,文中仍以 2010 年的行政区划为准。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文的人口数据来源于《中国人口普查分乡、镇、街道资料(2000 年、2010 年)》。由于南昌市 2000 年到 2010 年的乡镇街道级行政区划变化较大,为方便数据处理,以 2010 年的行政区划为基准,并在行政区划调整的基础上对人口数据进行合并或拆分,最终,确定研究单元为 135 个。数字高程数据来源于地理空间数据云平台,空间分辨率为 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$,河网水系数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所。

2.2 影响因子选取

人口分布受降水、温度、海拔、坡度、地形起伏度、河网密度等自然因子的影响,考虑到本文以乡镇街道为单元来研究南昌市人口空间分布格局,气候因子对南昌市各街道的人口分布影响并不大,因此,基于已有研究及数据的可获取性,使用 ArcGIS10.2 中的字段计算器和空间分析等工具提取海拔、坡度、地表起伏度^[23]、河网密度 4 个自然因子来探究其对南昌市人口分布的影响。

2.3 研究方法

1) 标准差椭圆。标准差椭圆是分析空间分布方向性的方法之一,能够展现地理要素空间分布的全局特征,识别中心的位置变化与移动方向等。其大小反映了地理要素的集中程度,平均中心能够表现地理要素的空间重心及其迁移方向,长半轴表征地理要素空间分布的主方向,短半轴则反映地理要素分布的次方向^[24]。

2) 空间自相关。空间自相关包括全局自相关和局部自相关,全局自相关是探索某地理事物在空间上是否集聚的指标,常用 Global Moran's I 表示,其值域在 $-1 \sim +1$ 之间,值等于零说明该地理现象在空间上不相关,大于零则表示正相关,小于零表示负相关,其绝对值越大相关性越强。局部空间自相关能够探索某地理事物在哪些地方集聚,常用 Local Moran's I 表示。

3) 地理探测器. 地理探测器是一种用于探测自变量与因变量在空间分布上是否存在相似性的方法,它包括生态探测、因子探测、风险探测和交互探测 4 个探测器^[25]. 本文选用因子探测和交互探测来测度 4 个自然因子对南昌市人口空间分布的影响程度.

因子探测主要是探测自变量在多大程度上控制了因变量在空间上的分布,可用 q 值度量,其计算公式为:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma_U^2} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \sigma_{U_{D,i}}^2$$

(1)

式中: q 为影响因素对人口密度的影响力探测指标; n 为乡镇、街道数量; $n_{D,i}$ 为次一级区域样本数; m 为次级区域个数; σ_U^2 为全市乡镇、街道人口密度的方差; $\sigma_{U_{D,i}}^2$ 为次一级区域人口密度方差. q 取值范围为 $0 \sim 1$, q 越大,证明该因子对人口分布的影响越大;当 $q = 1$ 时,则说明该因子完全控制了人口的空间分布.

3 结果与分析

3.1 南昌市人口分布空间格局特征

3.1.1 人口数量有所增加,区域分布不均衡

2000—2010 年,南昌市总人口由 433.17 万人增至 504.26 万人,10 年间增加了 71.09 万人,年均增加 7.11 万人,人口密度由 601.86 人/km² 增长到 700.64 人/km²,年均增长率 1.53%. 研究期间,南昌市各县区人口数量增长差异明显(表 1),安义县和湾里区的人口呈减少趋势,安义县的人口由 2000 年的 22.04 万人减少到 2010 年的 18.02 万人,减少了 4.02 万人,是人口减少最多的县域;其他县区人口数量都呈上升趋势,其中青山湖区和青云谱区的人口年均增长率达到 3% 以上,西湖区和进贤县人口变动不大,年均增长率不足 1%;作为南昌市老城区的东湖区和西湖区虽然人口密度一直保持在 10 000 人/km² 以上,但人口增长率低于青山湖区和青云谱区,青山湖区人口增长最多,10 年间增加了 26.21 万人,年均增长率为 3.51%. 从人口变动情况来看,除西北地形较复杂的丘陵山地地带人口数量在减少外,东南地势平坦的县区人口数量都在增加,距离市中心较近的青云谱区和青山湖区的人口增长更快.

表 1 南昌市各县区的人口数量和密度(2000—2010 年)

县 区	2000 年	2010 年	2000 年	2010 年	年均增长率/%
	人口数量/万人		人口密度/(人·km ⁻¹)		
西湖区	47.03	50.38	13 343.51	14 293.69	0.71
东湖区	46.25	57.55	10 111.56	12 582.18	2.44
青云谱区	22.51	31.67	6 203.61	8 729.26	4.07
青山湖区	63.57	89.78	1 927.22	2 722.14	4.12
南昌县	89.48	101.87	493.94	562.31	1.38
新建县	67.06	79.54	318.74	378.06	1.86
进贤县	68.72	69.04	353.13	354.80	0.05
湾里区	6.51	6.40	284.77	279.66	－0.18
安义县	22.04	18.02	334.00	273.13	－1.82
南昌市	433.17	504.26	601.86	700.64	1.64

3.1.2 人口分布呈现由中心城区向外围递减的特征

2000—2010 年,南昌市人口空间格局基本保持不变(图 1a-b),人口密度呈现出由市中心向外围郊区递减的分布特征. 研究期间人口密度大于 10 000 人/km² 的行政单元由 25 个增加到 29 个,基本都分布在南昌市老城区及其附近,小于 500 人/km² 的行政单元由 61 个增加到 66 个,基本分布在距离市中心较远的郊区,人口密度高值区和人口密度低值区的面积都在增加,这表明市中心人口缓慢向外围扩散,郊区乡镇人口则向市中心集聚. 南昌市各县区政府所在地的人口密度都呈现显著上升趋势,除湾里区的招贤镇上升不

明显外, 安义县的龙津镇、新建县的长堎镇、南昌县的莲塘镇和进贤县的民和镇的人口密度都在成倍增长. 从人口密度变化情况看(图 1c), 10 年间人口密度增加的行政单元有 61 个, 主要分布在市中心附近、各县区政府驻地和一些发展条件较好的乡镇; 人口密度减少的有 74 个, 11 个位于市中心, 其余 63 个基本都位于距离市中心较远的乡镇.

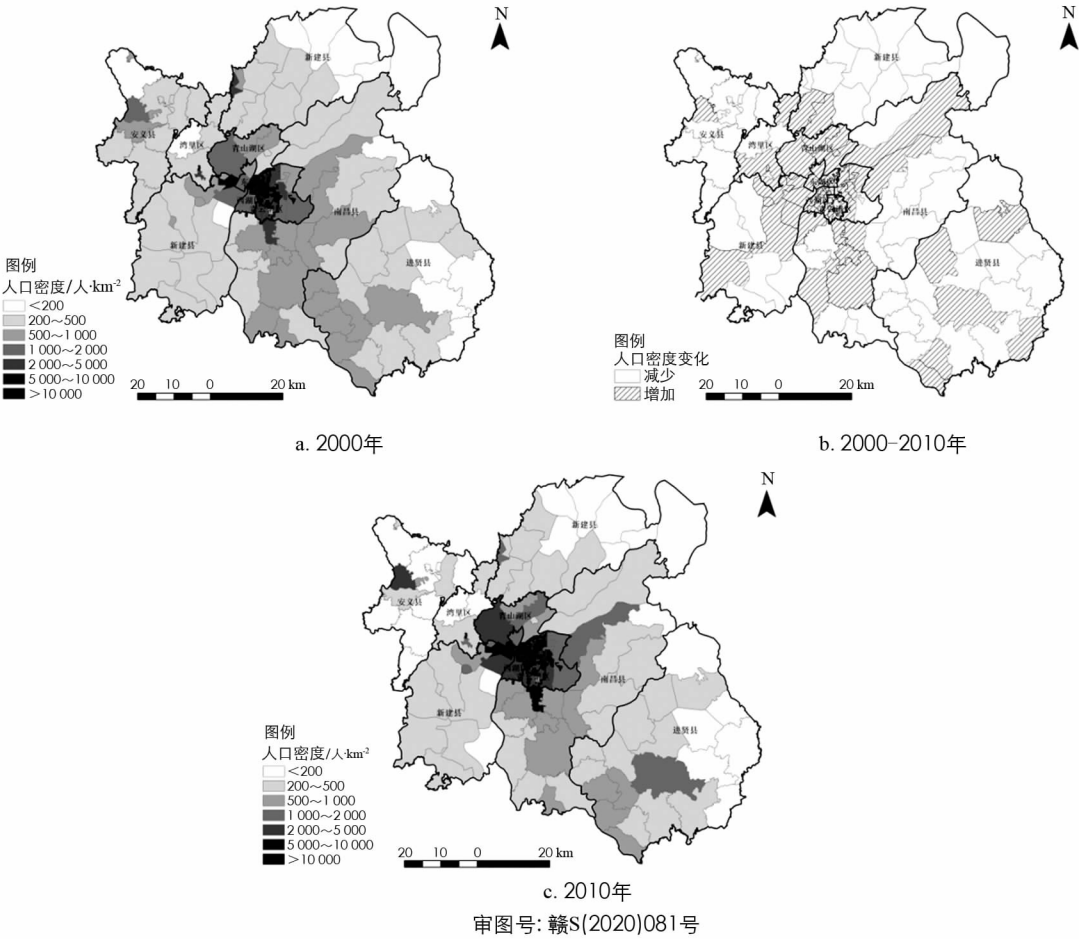


图 1 南昌市人口密度分布及其变化(2000—2010)

3.1.3 人口重心向西南方向缓慢移动, 空间分布为“西北—东南”方向, 人口极化效应明显

研究期间, 南昌市人口重心位置相对固定, 始终位于西湖区系马桩街道内部(表 1、图 2), 人口重心由东北向西南迁移, 表明南昌市西南方向人口集聚程度略强于东北. 人口重心年均迁移距离 22.68 m, 迁移速度缓慢, 共迁移了 226.83 m, 这说明南昌市人口分布格局具有一定的稳定性. 总体上看, 南昌市人口空间格局呈现西北—东南方向分布, 2 个年份的标准差椭圆基本覆盖了南昌市的西湖区、东湖区、青云谱区、青山湖区和近郊区, 这些区域的人口密度明显高于标准差椭圆外围的行政区域. 10 年间标准差椭圆的面积由 611.72 km² 减小到 545.47 km², 说明南昌市人口分布进一步集聚, 人口极化效应明显. 长半轴和短半轴也呈现减小趋势, 进一步证明了南昌市人口的向心集聚特征. 长短轴之比减小则说明南昌市人口分布在东北—西南方向集聚程度更强. 旋转角度减小, 标准差椭圆呈现逆时针旋转, 说明南昌市人口有向西、南方向移动的趋势.

表 2 南昌市人口密度标准差椭圆参数变化(2000—2010 年)

年份	平均中心(重心)		长半轴/km	短半轴/km	旋转角/°	面积/km ²
2000	115°53′54″E	28°40′26″N	18.04	10.8	136.28	611.72
2010	115°53′47″E	28°40′21″N	17.01	10.2	135.7	545.47

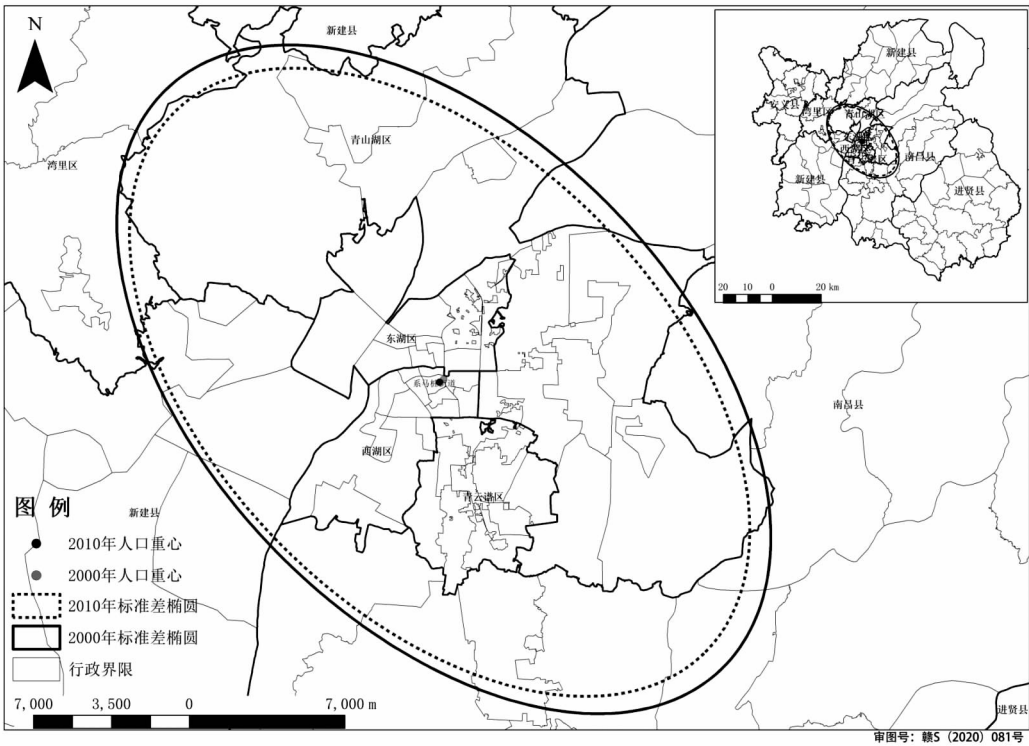


图 2 南昌市人口重心分布及其标准差椭圆分布(2000—2010 年)

3.1.4 人口分布呈现显著的“高高集聚”、“低低集聚”特征

利用 GeoDa 软件计算出南昌市 2000 年和 2010 年人口密度数据的空间自相关系数 Moran’s *I* 的估计值(表 3)。

表 3 南昌市人口分布空间自相关系数 Moran’s *I*(2000—2010 年)

年份	Moran’s <i>I</i>	<i>P</i> -value	<i>Z</i> -value
2000	0.813 227	0.000 1	18.950 4
2010	0.926 914	0.000 1	21.676 6

南昌市 2000 年和 2010 年的人口分布空间自相关系数 Moran’s *I* 的估计值都为正且接近于 1, 并有变大的趋势, 这表明南昌市各乡、镇、街道的人口密度在空间分布上存在较强的相关性, 即人口密度高值区和高值区在地理单元上邻近、低值区和低值区在地理单元上邻近。随着时间推移, 这种人口分布格局有不断增强的趋势, 表明南昌市微观尺度上人口密度空间差异越来越大。

全局自相关只能揭示人口密度在地理空间上是否存在相关性, 故还需利用局部自相关来检验人口密度在空间上的集聚程度显著性。2000 年至 2010 年, 南昌市均未出现人口密度高低集聚模式, 2 个年份的人口集聚模式空间变化不大, 呈现显著的高高集聚和低低集聚特征(图 3)。高高集聚主要分布在市中心的东湖区、西湖区、青山湖区和青云谱区, 这些区域经济较发达, 属于人口稠密区; 低高集聚模式主要分布在高高集聚的西部和南部, 这些研究单元基础设施较完善, 较市中心来说, 对人口的吸引力较弱; 低低集聚则主要分布在距离市中心较远乡镇, 如新建县、进贤县等县的大部分乡镇, 这些乡镇自然条件较差, 配套设施不齐全, 人口基数小。

3.2 人口分布与自然因素的关系

3.2.1 因子探测分析

一般而言, 自然环境在短时间内不会发生重大改变, 所以, 在一定时间内, 某区域的人口分布也不会有太大变动。因子探测结果显示各自然因子对南昌市人口分布均有一定程度的影响, 但影响力各不相同。

研究期间,各自然因子对人口分布解释度排序不变,由大到小依次是河网密度、地形起伏度、海拔和坡度.年际变化表现为河网密度、起伏度和坡度对人口分布的解释度在增强,海拔因子对人口分布的解释度则呈减小趋势.

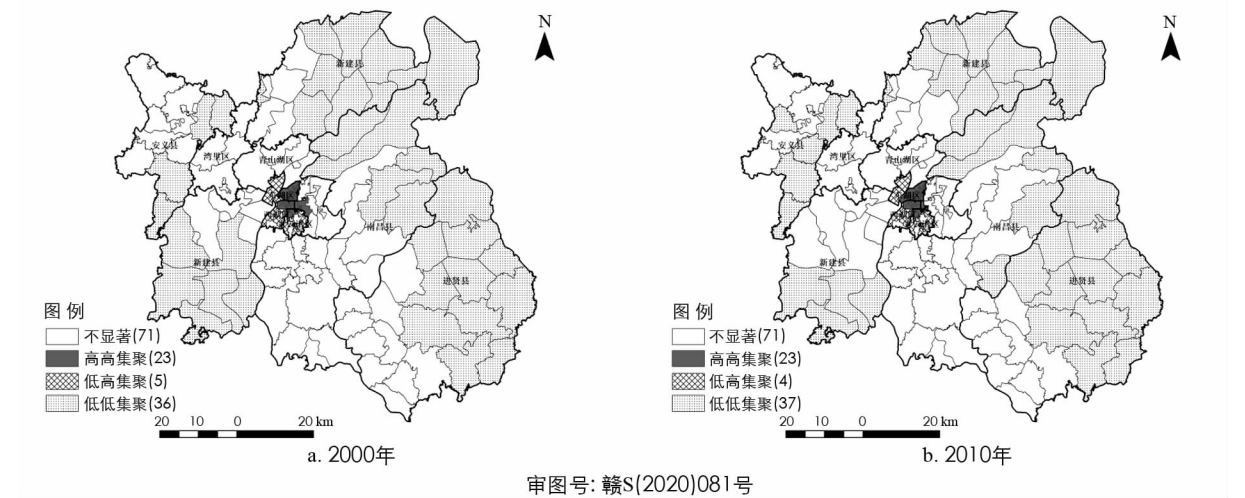


图 3 南昌市人口密度局部空间自相关图(2000—2010 年)

表 4 因子探测结果(2000—2010 年)

影响因子	年 份		差 值
	2000	2010	
海拔(X_1)	0.162 2	0.156 9	-0.005 316 966
坡度(X_2)	0.053 9	0.058 0	0.004 062 441
起伏度(X_3)	0.182 9	0.183 1	0.000 257 129
河网密度(X_4)	0.293 8	0.323 7	0.029 978 303

1) 海拔对南昌市人口分布的影响

南昌市以平原为主,地势整体上呈由西北和东南向中间降低的趋势,平均海拔为 32.1 m. 平均海拔处于 40 m 以下的行政单元人口占比不断增加,处于 40~80 m 和大于 200 m 的区域人口占比呈减小趋势,表明南昌市人口分布有向低海拔区域聚集的规律性. 海拔处于 80~200 m 区间的人口占比大体呈增长趋势,这主要源于蛟桥镇 10 年间人口的急剧增加. 蛟桥镇西北邻梅岭,南与红谷滩新区相邻,地势上由西北向东南降低,平均海拔为 103.7 m,作为昌北新城的发展中心,经济实力不断增强,随着南昌经济技术开发区的建设和江西财大、江西农大等高校的入驻,人口密度不断增加. 研究期间,海拔对南昌市人口分布的解释度在减小,表明海拔对人口分布的影响减弱(表 5).

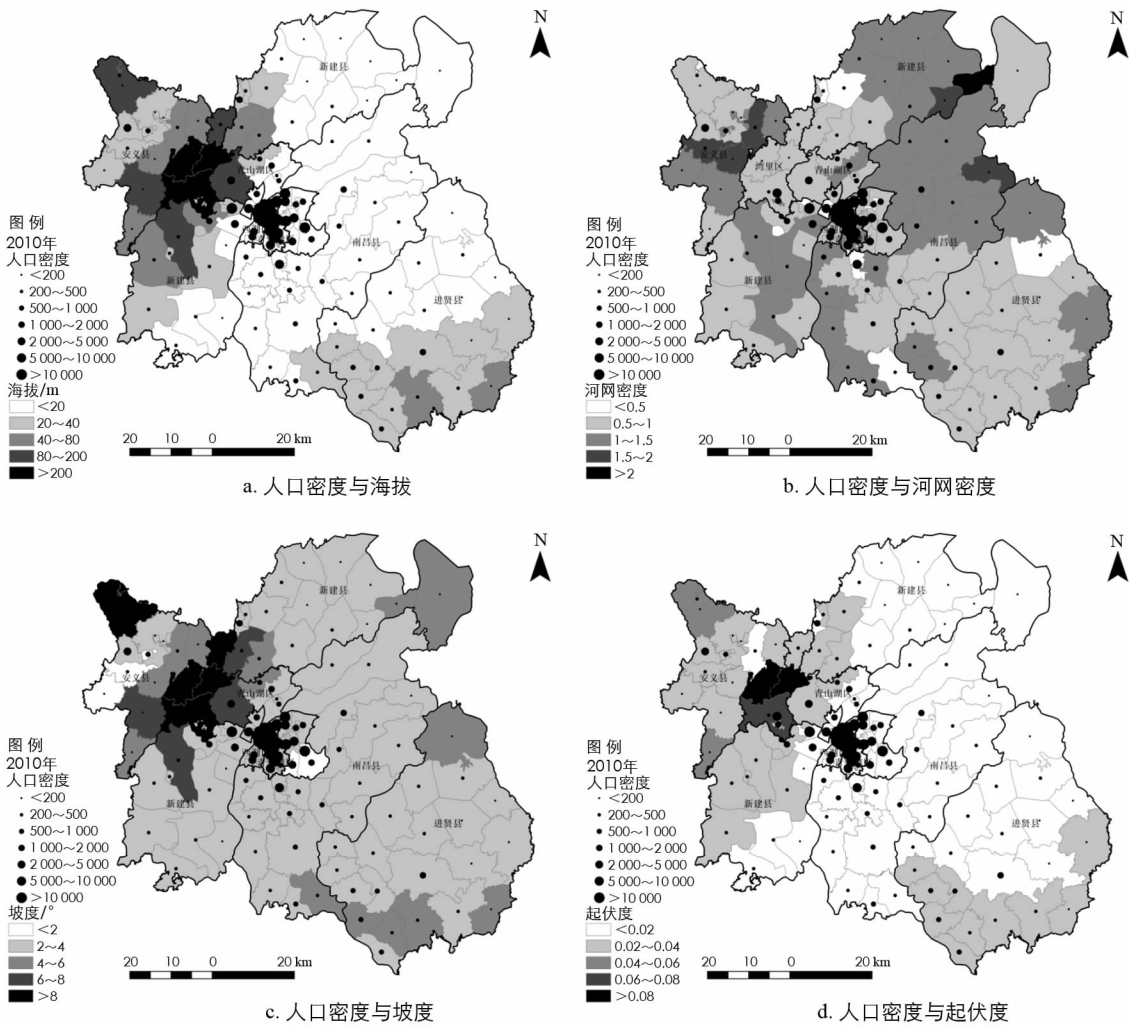
表 5 南昌市人口分布与海拔的关系

统计项		海拔/m				
		<20	20~40	40~80	80~200	>200
人口占比/%	2010 年	44. 91	45. 33	3. 99	5. 06	0. 72
	2000 年	44. 58	44. 75	5. 34	4. 43	0. 90
面积占比/%		63. 32	16. 20	11. 69	6. 26	2. 54

2) 坡度对南昌市人口分布的影响

南昌市大部分地区平均坡度在 2°~4°之间,平均坡度最大区域位于南昌市西北部的山地丘陵区(图 4 和表 6). 平均坡度处于 0°~2°之间的区域人口占比在减小,主要是这些行政单元距离市中心较远,受极化效应影响,人口向市区转移;平均坡度处于 2°~4°的地区人口占比呈增加趋势,表明低坡度区域的吸引力较强;平均坡度处于 4°~6°和大于 8°的行政单元人口占比在减少,人口有向低坡度转移的趋势;6°~8°的区域人口占比却在增加,主要是因为一些高人口密度街道内分布有湖泊或有河流穿过,例如豫章街道、滕王

阁街道、百花洲街道等, 这些地区往往因水域原因导致坡度值较高, 且处于市中心, 人口密度呈增长趋势。在因子探测中, 坡度因子对南昌市人口分布的解释力不强, 2 个年份的解释度均不足 0.06, 有增大的趋势。南昌市整体坡度变化不大, 仅从坡度因子来看, 南昌市人口分布与坡度变化关系较小, 还需进一步研究多因子同时作用于人口分布的情况。



审图号: 赣S(2020)081号

图 4 2010 年南昌市人口密度与自然因素的空间分布

表 6 南昌市人口分布与坡度的关系

统计项		坡度/°				
		<2	2~4	4~6	6~8	>8
人口占比/%	2010 年	2.41	81.25	8.73	6.52	1.09
	2000 年	3.23	79.29	9.99	6.14	1.36
面积占比/%		2.44	71.68	16.22	4.90	4.75

3) 地形起伏度对南昌市人口分布的影响

地形起伏度是通过影响人类建设成本和生活便捷度来影响人口分布的。南昌市大部分区域地形起伏度都在 0.02 以下, 除西北方向的湾里区、安义县部分乡镇外, 南昌市整体起伏度较小。从表 7 可以看出, 研究期间地形起伏度处于 0.02 以下的区域人口占比显著增长, 这些区域建设成本较低, 更适宜人类发展; 起伏度处于 0.06~0.08 的区域人口占比增加可能是由于仅招贤镇处于此区间, 招贤镇是湾里区政府驻地, 相对于湾里区太平镇和梅岭镇而言, 招贤镇的自然条件和经济条件均优于两镇; 其他 3 个地形起伏度区间人

口占比则呈现减少趋势,表明人口有向低起伏度转移的规律性.从因子探测值来看,10 年间地形起伏度对南昌市人口分布的影响有增强的趋势.

表 7 南昌市人口分布与起伏度的关系

统计项		起伏度				
		<0.02	0.02~0.04	0.04~0.06	0.06~0.08	>0.08
人口占比/%	2010 年	68.68	30.27	0.33	0.52	0.20
	2000 年	65.24	33.29	0.57	0.46	0.44
面积占比/%		65.48	29.36	2.34	1.2	1.34

4) 河网密度对南昌市人口分布的影响

从乡镇街道尺度来看,河网密布的地区可能会增加人类建设成本,距离河流过近的行政单元在洪水泛滥时会有发生内涝的可能.研究期间,因子探测中河网密度得分最高并有增大趋势,说明河网密度是南昌市人口分布格局形成的主要因素.从表 8 可以看出,河网密度小于 0.5 的区域人口占比总体呈下降趋势,但始终维持在 22%以上,人口密度最高;河网密度在 0.5~1 的区域人口显著增加,表明人口有一定程度的亲水性;河网密度处于 1~2 的区域人口占比明显下降,人口有向河网密度较低区域转移的趋势;河网密度大于 2 的区域人口占比增加,主要源于西湖区桃源街道人口密度的显著增加,且桃花河和抚河流经此街道.总体上看,南昌市人口密度分布与河网密度呈现负相关关系.

表 8 南昌市人口分布与河网密度的关系

统计项		河网密度				
		<0.5	0.5~1	1~1.5	1.5~2	>2
人口占比/%	2010 年	22.33	51.02	23.85	1.69	1.11
	2000 年	22.98	48.73	23.99	3.27	1.03
面积占比/%		4.93	50.33	40.51	3.60	0.62

3.2.2 交互探测分析

人口分布并不是某单个因子决定的,而是多个因子综合作用的结果.因子探测只能检验单个自然因子对人口分布的影响力,还需利用交互探测分析因子对南昌市人口空间分布是否有交互作用(表 9).

表 9 交互探测结果(2000—2010 年)

项 目	2000	2010	差值
$X_1 \cap X_2$	0.427 3 [#]	0.392 9 [#]	-0.034 4
$X_1 \cap X_3$	0.302 9 [*]	0.274 3 [*]	-0.028 6
$X_1 \cap X_4$	0.470 5 [#]	0.482 3 [*]	0.011 8
$X_2 \cap X_3$	0.448 6 [#]	0.398 3 [#]	-0.050 3
$X_2 \cap X_4$	0.479 9 [#]	0.547 8 [#]	0.067 9
$X_3 \cap X_4$	0.637 7 [#]	0.660 0 [#]	0.022 3

注: # 为非线性增强; * 为双因子增强.

由表 9 可知,2 个年份的因子交互探测所得结果排序一致,由大到小依次为河网密度与起伏度、河网密度与坡度、河网密度与海拔、起伏度与坡度、海拔与坡度、海拔与起伏度.河网密度单因子对人口分布的解释度最高,与其他因子交互作用于人口分布时也具有较高的解释度.坡度对人口分布的解释度最低,但与其他因子交互作用于人口分布时均呈现非线性增强效果.由此可知,任意 2 因子交互作用对人口分布的影响力都大于单个因子,说明南昌市现有的人口分布格局不是由单个因子所决定的,而是由多个因子共同作用形成的.

4 结 论

1) 2000—2010 年,南昌市人口空间格局基本保持不变,市中心的东湖区和西湖区一直是人口密度较

高的区域,人口密度大致呈由市中心向外围逐渐降低的“中心外围”格局。

2) 南昌市人口重心始终位于西湖区系马桩街道内部,向西南方向缓慢移动,人口空间分布为西北—东南方向,研究期间南昌市人口极化效应明显。

3) 10年间南昌市人口密度空间自相关测度 Moran's I 由 0.81 上升至 0.93,表明人口分布在地理空间上具有较强的依赖性,且有不断增强的趋势,人口密度高值区分布在市中心的老城区,低值区则分布在距离市中心较远的郊区。

4) 各自然因子对南昌市人口空间分布的影响力有所不同,由大到小依次为河网密度、起伏度、海拔和坡度。任意 2 个自然因子交互作用都大于单个因子对人口分布的影响力,具有非线性增强效应和双因子增强效应。非线性增强的 2 因子对南昌市人口分布的影响有“1+1>2”的效果,双因子增强的 2 因子则大于单个因子的解释度。南昌市人口分布空间格局的形成是多种因素综合作用的结果。

参考文献:

- [1] 陈慧琳. 人文地理学 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2007: 61.
- [2] 钟少颖, 陈锐, 杨鑫. 2000—2010 年北京市人口分布格局的时空演变分析 [J]. 城市规划, 2015, 39(11): 16-22.
- [3] M PAUL PRIVAT-DESCHANEL. The Influence of Geography on the Distribution of the Population of Scotland [J]. Scottish Geographical Journal, 1902, 18(11): 577-587.
- [4] WARING H E A. The Distribution of the Population in Mauritius [J]. Scottish Geographical Journal, 1915, 31(4): 180-185.
- [5] LANGDON WHITE. The Distribution of Population in the Salt Lake Oasis [J]. Journal of Geography, 1928, 27(1): 1-14.
- [6] 王梦玮, 刘勇, 刘秀华. 基于人口密度的山地城市多中心性检验——以重庆为例 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(7): 165-170.
- [7] 胡焕庸. 中国人口之分布——附统计表与密度图 [J]. 地理学报, 1935(02): 33-74.
- [8] 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.
- [9] 杨超, 焦华富, 耿慧. 安徽省流动人口分布格局演变及其影响因素 [J]. 地域研究与开发, 2018, 37(06): 165-172.
- [10] 周春山, 童新梅, 王珏晗, 等. 2000—2010 年广州市人口老龄化空间分异及形成机制 [J]. 地理研究, 2018, 37(1): 103-118.
- [11] 李穗英, 胡志强. 基于 GIS 的青海省贫困人口空间分布探析 [J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(4): 172-179.
- [12] 乔家君, 乔亦昕. 农村患病人口分布特征及其影响环境——以河南省兰考县为例 [J]. 经济地理, 2019, 39(1): 157-163.
- [13] 吕晨, 樊杰, 孙威. 基于 ESDA 的中国人口空间格局及影响因素研究 [J]. 经济地理, 2009, 29(11): 1797-1802.
- [14] 车冰清, 沈正平, 陆玉麒, 等. 江苏省流动人口分布的格局演变及其驱动因素——基于城乡建设用地的探讨 [J]. 人文地理, 2017, 32(6): 80-86.
- [15] 张志斌, 潘晶, 达福文. 兰州城市人口空间结构演变格局及调控路径 [J]. 地理研究, 2012, 31(11): 2055-2068.
- [16] 周崇经, 李建新. 新疆人口重心的移动特征 [J]. 干旱区地理, 1988(3): 55-59.
- [17] 沈思连, 王春伟, 汤静. 基于 GWR 模型的河南省人口分布的影响因素研究 [J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(3): 165-174.
- [18] 薛羚茜, 叶长盛. 基于 ESDA 的江西省人口空间分布差异研究 [J]. 东华理工大学学报(社会科学版), 2014, 33(2): 110-117.
- [19] 吕晨, 蓝修婷, 孙威. 地理探测器方法下北京市人口空间格局变化与自然因素的关系研究 [J]. 自然资源学报, 2017, 32(8): 1385-1397.
- [20] 卓莉, 陈晋, 史培军, 等. 基于夜间灯光数据的中国人口密度模拟 [J]. 地理学报, 2005, 60(2): 266-276.
- [21] 游珍, 封志明, 姜鲁光, 等. 澜沧江—湄公河流域人口分布及其与地形的关系 [J]. 山地学报, 2014, 32(1): 21-29.
- [22] 柏中强, 王卷乐, 杨雅萍, 等. 基于乡镇尺度的中国 25 省区人口分布特征及影响因素 [J]. 地理学报, 2015, 70(8):

1229-1242.

- [23] 程维明, 周成虎, 柴慧霞, 等. 中国陆地地貌基本形态类型定量提取与分析 [J]. 地球信息科学, 2009(6): 725-736.
- [24] 王金亮, 邵景安, 李阳兵. 山地大都市核心区组团式城镇的扩张特征与空间趋势 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2014, 36(12): 122-127.
- [25] 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.

On Relationship between Population Distribution and Natural Factors based on Geographic Detector

LU Lei, YE Chang-sheng, LI Hui-dan

School of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang 330013, China

Abstract: Based on the census data of Nanchang City, by means of spatial autocorrelation and geographic detectors to explore the relationship between the spatial distribution of population and natural factors in Nanchang City. The results show that, 1) The spatial pattern of population in Nanchang remained basically unchanged, during 2000—2010, and the population density showed a pattern of “core and periphery”. The population center of gravity was always located in the inner of Ximazhuang street, which slowly moved to the southwest. 2) The distribution of population shows the characteristics of “high cluster” and “low cluster” in geographical space, which was strengthened during ten years. 3) The influence of different natural factors on the spatial distribution of population in Nanchang is different. The degree of influence were, in descending order, the density of the river network, the degree of surface undulation, height, and slope. The influence of any two factors is greater than that of a single factor. The spatial pattern of population is not determined by a single factor, but the result of multiple factors.

Key words: Nanchang City; standard deviation ellipse; spatial autocorrelation; geographic detectors; spatial pattern of population; influencing factors

责任编辑 胡 杨