

基于乡镇尺度的河南省人口分布的地统计学分析

张海霞,牛叔文,齐敬辉,叶丽琼,李 娜

(兰州大学资源环境学院,兰州 730000)

摘要: 基于地统计学方法,以乡镇层面的第六次人口普查数据为基础,对河南省人口分布及其影响因素进行分析。结果表明:全省人口分布基本上可划分为山区低密度、平原中密度和城市高密度三种类型;变异函数在东西、南北、东北—西南和西北—东南四个方向上趋向相近,距离超过80 km后,各向异性增强;变异函数的指数模型拟合效果最好,插值结果直观地表现了人口疏密的梯度变化;洛阳至淮滨一线为全省较明显的人口分界线;山区和平原两种地形条件是影响该省人口空间格局的基本因素;在平原地区,区位条件和社会经济发展的互动作用又成为影响城镇人口分布的主要因素。在推进城镇化的进程中,应结合主体功能区划和新型城镇化战略,有序推进城乡人口的再分布。

关键词: 人口分布;乡镇尺度;地统计学;变异函数;河南省

DOI: 10.11821/dlj201602010

1 引言

人口分布是特定的时空背景下人地关系的一种反映^[1],理清人口空间分布的决定因素是理解人与环境关系的基础^[2]。中国迅速发展的城市化过程导致了人口在空间上的再分布^[3],并对资源环境和经济社会的协调发展产生了深远的影响^[4]。为此,人口分布成为地理学、人口学等多个学科研究的重要领域。1935年,胡焕庸先生提出了中国人口的地理分界线,将全国划分为东南部人口稠密区和西北部人口稀疏区,概括了中国人地关系的宏观格局^[5]。1990年,胡焕庸先生进一步将全国分为八大人口区^[6]。随着现代空间技术和地理信息处理技术的进步,有关中国人口分布的研究从定性分析、简单定量、数学模拟到时空过程的分析,研究者对人口分布的认识不断深化^[5-8]。国内有不少研究探讨了省级层面的人口分布问题^[9,10]。城市作为人口密集区,其人口分布受到高度关注^[11-14]。还有一些研究致力于解释影响人口分布的因素^[15-18]。Christopher Small基于几个与大陆自然地理和气候相关的环境参数,给出了现代城市人口分布的全球空间分析结果^[19]。

研究人口分布时,空间尺度是测度人口密度的一个基本参量。人口在空间上虽具流动性,但大多数人口的活动空间具有相对的稳定性。一定时间内单位面积上的人口数量成为度量区域间人口疏密的基本依据。较大空间尺度上的土地面积和人口数量容易获得,人口密度的计算简单。但其平均值仅能表现人口分布的宏观格局,分析单元内部的差异被掩盖了。较大空间尺度划分为若干个小尺度后,能够得到更为细致的人口分布结

收稿日期: 2015-07-26; 修订日期: 2015-12-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171437)

作者简介: 张海霞(1989-),女,河南汤阴人,硕士,主要研究方向为人口与区域可持续发展。

E-mail: zhanghx13@lzu.edu.cn

通讯作者: 牛叔文(1955-),男,甘肃榆中人,教授,博导,主要研究方向为生态经济与区域发展。

E-mail: shuwenn@lzu.edu.cn

果,但相关数据的获取困难。由于人口活动在白天和夜间往往是分离的,例如劳动人口在工作地和居住地之间往返,中小学生在学校与家庭之间往返,因而,空间尺度过小就没有实际意义了。例如,农村地区小于村落尺度、城镇地区小于社区或建筑单元尺度时,人口密度的空间变异性将会消失。目前研究全国和省级范围的人口分布时,多以县级行政区为基本单元^[4,10,20]。有一些研究以1 km×1 km的格网来做分析单元^[8,21-23]。由于城市地区人口密度高,研究多以街道(乡镇一级)或以社区、建筑物为分析单元^[13,24,25]。实际上,人口最密集的地方是繁华商业区,若以居住地为分析对象,这种高密度特性就难以表现出来。基于大多数城乡人口日常活动的空间范围,本文认为农村地区以乡镇为单元、城市以街道为单元来估算人口密度是较为适当的。

河南省是中国的人口大省,也是人口稠密、人地关系较为紧张的地区。以河南省为例研究人口分布具有较好的代表意义。利用变异函数的特性,对人口密度区域化变量的结构性和变异性进行分析,并在此基础上进行无偏最优估计,生成梯度变化的插值图,更有利于表现人口在空间上变化的特征和规律,直观地反映人口疏密的格局,包括梯度过程、范围大小和空间形状等。本文基于第六次人口普查数据,以乡镇和街道为单元,利用地统计学方法分析河南省人口空间分布的特征和趋向,并揭示影响该省人口分布的主要因素,结合主体功能分区和新型城镇化战略的实施,讨论合理引导人口分布的问题,为协调人口与资源环境的关系、促进生态文明建设提供参考。

2 研究区概况

河南省地处中原,地形主要分为平原和山地两种类型。豫西为秦岭山脉的东端,包括崤山、伏牛山等。豫南有桐柏山、大别山,但山地面积不大。豫西北为太行山地,呈现出一个宽窄不等的弧形地带。其他大部地区为黄淮海平原和西南部的南阳盆地。省内以大陆性季风气候为主,光热水土资源的组合良好,为人口的生存和发展提供了有利条件。因此这里成为中华农业文明的重要起源地,历史文化厚重。由于居中的地理位置和较大的人口基数,该省长期以来在民族融合、人口流动和文化变迁中发挥着重要作用,在历史上一直是中国人口分布的重心所在^[26]。近代以来,交通、通信等基础设施的建设进一步凸显了河南省在空间区位上承东启西、连南贯北的重要性。河南省现有地级市17个,县级行政区159个(包括县、县级市和市辖区)。2010年第六次人口普查资料显示,全省总人口数约9403万,为全国第三人口大省。全省国土总面积16.7万km²,平均人口密度为568人/km²,约是全国平均人口密度的4倍,是一个人口较为稠密的省份。2010年全省人口的城镇化水平为38.8%^[27],人均GDP为24446元^[27],发展水平在全国居中。这表明随着城镇化过程的推进和经济社会的发展,河南省的人口再分布仍处于变化幅度较大的时期。由于人口数量大,其再分布过程会产生广泛的资源环境效应。

3 研究方法

3.1 数据来源与处理

根据全国第六次人口普查资料,乡镇和街道的人口数量以居住半年以上的常住人口数据为基础。基于2013年版的《河南省地图集》^[28]对乡镇边界进行矢量化处理,并生成各分析单元的面积。具体方法为:

(1) 农村地区和部分市辖区所管辖的乡镇有清晰的行政边界,人口数据能够与空间

单元相匹配,以乡镇为分析单元。

(2) 部分城区的街道办事处有明确的管辖范围和人口统计,以街道为分析单元。

(3) 部分城区的街道相互交错,边界难以廓清,且面积不大,特别是人口密集的核心城区,将几个街道合并为一个单元。

(4) 还有一些工业园区、农场、林场及养殖场等单位没有明确边界,但人口数据是独立统计的,则将其人口数据归并到所在或邻近的行政区中;若该类单位跨几个分析单元,则采取面积权重法将人口数据分解到其所覆盖的分析单元中。

经整理共有1955个分析单元。其中前两类分析单元占了绝大多数,后两类只是个别情形。

3.2 地统计学方法概述

地统计学(Geostatistics)是研究地理现象的空间格局与变异的一种分析方法,它基于区域化变量理论,以变异函数为关键性工具,探讨那些在空间分布上既有随机性又有结构性的现象^[29-31]。它利用变异函数模型和空间插值方法来表现地理现象的空间过程。

在满足二阶平稳假设下, $Z(x)$ 是某一区域化变量,空间位置 x_i 和 x_i+h 处的属性值分别是 $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i+h)$,变异函数 $r(h)$ 定义^[32-33]为:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 \quad [i = 1, 2, \dots, N(h)] \quad (1)$$

式中: h 为步长; $N(h)$ 为样本点对的数量。

变异函数有4个基本参数:基台值(c_0+c)、块金值(c_0)、变程(a)和分维数(D)。前3个参数均可从变异函数中直接得出^[31-32]。如图1所示。基台值指变异函数随着 h 不断增加而达到的一个相对稳定的平台值,它表示区域化变量的最大变异。块金值是当 $h=0$ 时, $r(h)$ 的值,它代表最小抽样尺度以下变量的变异性及测量误差。变程为变异函数达到基台值时的采样距离,它反映了区域化变量的空间自相关性,当 h 超过变程时,区域化变量的空间自相关性消失。分维数表示变异函数的曲率,为无量纲数,其值由 $r(h)$ 和 h 之间的关系决定,计算公式为^[32]:

$$2r(h) = h^{(4-2D)} \quad (2)$$

式中: D 指分维数。分维数可用来表示区域化变量的空间自相关程度。分维数越接近2,说明区域化变量在空间上的差异性越小,分布越均衡^[31]。

理论变异函数模型 $r(h)$ 是未知的,研究者只能利用有效的空间样本去估计。通常采用的理论模型有球状模型、指数模型和孔穴效应模型等。通过理论模型可进行空间插值,使人口分布过程连续化。

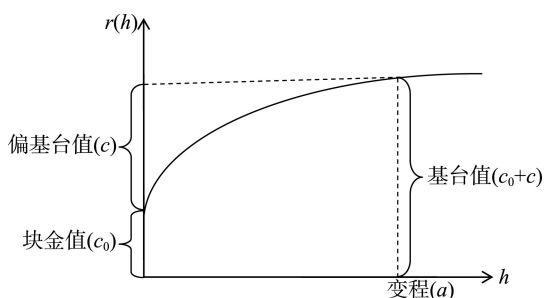


图1 变异函数曲线图

Fig. 1 The curve of variance function model

4 结果分析

4.1 不同空间尺度上人口密度的差异

人口分布的疏密不均是普遍现象。稠密区中有相对稀疏的部分,稀疏区中有相对稠密的部分。分析单元的空间尺度越大,其属性值的极值比就越小,平均趋向越强。随着空间尺度的缩小,极值比迅速扩大。以河南省17个地市级单元计算,人口密度最大的是

郑州市 1145 (人/km²), 最小的是三门峡市 213 (人/km²), 前者是后者的 5.4 倍。以县级单元计算, 人口密度最大的为许昌市魏都区 7434 (人/km²), 最小是卢氏县 88 (人/km²), 极值比为 83.5。以乡镇单元计算, 极值比达 836.6, 如表 1 所示。这表明空间尺度缩小能有效降低平均化趋向, 更精确地表现人口空间分布。

将河南省 1955 个分析单元的人口累计百分比和土地面积累计百分比生成洛伦兹曲线 (图 2), 可直观地表现人口在地理分布上的不均衡现象。在图 2 的左下角, 35.16% 的土地面积上只有 10% 的人口。这些单元为人口低密度区, 主要分布在豫西山地、大别山区、

表 1 三个空间尺度上的极值比的变化
Tab. 1 The extreme ratios on three different space scales

空间尺度	单元个数	面积 (km ²)			人口总数 (万人)			人口密度 (人/km ²)		
		max	min	$\frac{\max}{\min}$	max	min	$\frac{\max}{\min}$	max	min	$\frac{\max}{\min}$
地市级	17	26591	1965	13.5	1026.4	67.6	15.2	1145	213	5.4
县级	150	4004	35	114.4	192.6	5.5	35.0	7434	88	84.5
乡镇级	1955	783	5	156.6	118.9	0.1	1189	17590	21	837.6

桐柏山区以及太行山麓地带。图 2 的右上角, 10% 的土地面积上拥有 36.20% 的人口。这些单元为人口高密度区, 它们主要分布在大、中、小城市的市区, 县城及部分区位条件较好的建制镇。洛伦兹曲线的中间部分代表从事农业生产的平原和盆地地区, 其人口密度居中。三种人口密度的空间分布如图 3 所示。

4.2 分布形态

地统计学方法对区域化变量进行空间分析的前提是需要数据服从正态分布。以 100 (人/km²) 为阶梯分组, 形成不同人口密度下的直方图, 显然是左偏的。1100 (人/km²) 以下的单元个数占了总数的 90%, 相对集中。而 1100 (人/km²) 以上的单元个数仅占 10%, 其人口密度延伸到

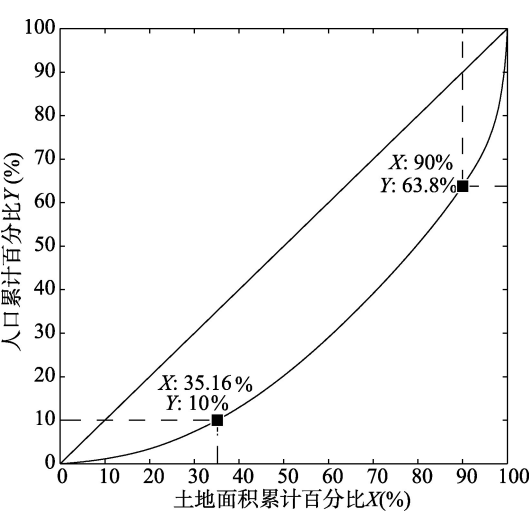


图 2 河南省人口分布的洛伦兹曲线
Fig. 2 Lorenz curve of population distribution of Henan province

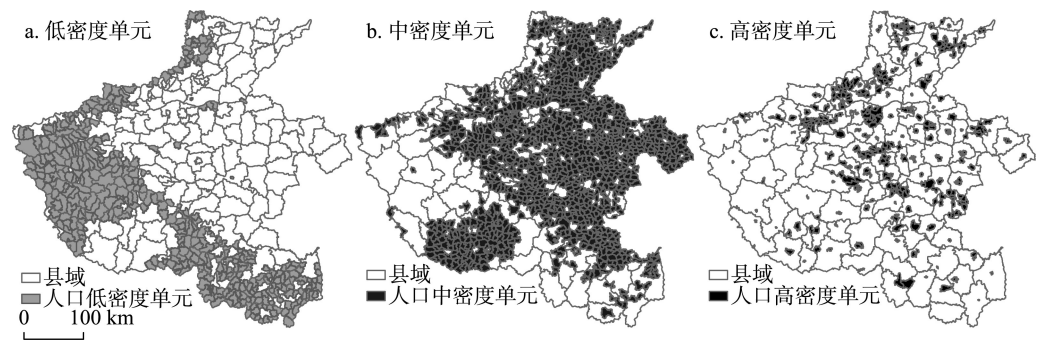


图 3 河南省人口密度分布图
Fig. 3 The population density distribution of Henan province

17590 (人/km²), 十分分散。将人口密度数据转换成对数, 其峰度值为2.28、偏度值为0.09, 直方图近似于正态分布, 如图4所示。

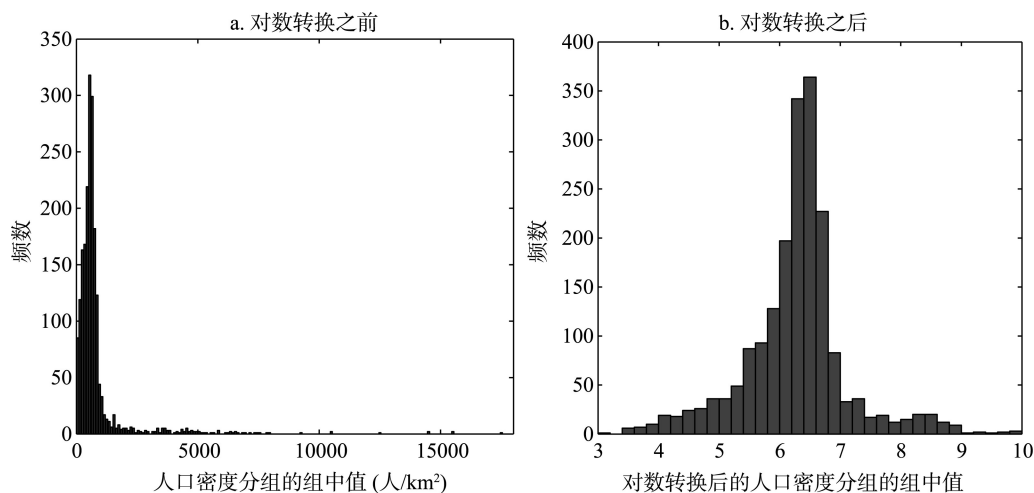


图4 河南省人口密度直方图

Fig. 4 Histogram for population density of Henan province

4.3 人口密度的变异函数

利用GS+软件对河南省人口密度进行变异函数的计算和模拟。由于1955个分析单元的平均面积为84 km², 若将其视为矩形, 其边长约为9 km, 因此将东西、南北两个方向上的变异函数 $\gamma(h)$ 的初始步长设为9 km, 东北—西南和西北—东南两个方向上的初始步长设为12 km。变异函数只有在样本间最大距离的1/2以内才有意义^[31], 河南省上述四个方向上的样本最大距离处于530~580 km之间, 计算变异函数时在样本最大距离1/2的范围内取值。四个方向上变异函数的块金值在0.27~0.38之间, 差异不大, 如图5所示。这反映了当空间尺度小于最小抽样尺度时, 由于山地与平原之间的自然地理环境、城市与乡村之间的人文地理环境等条件的不同而导致人口密度有所差异。

四个方向上变异函数 $\gamma(h)$ 的变程处于262~286 km之间, 与不同方向上省界长度的一半距离非常接近。偏基台值反映了 $\gamma(h)$ 的变异幅度, 其中东西方向上的变异幅度最大, $\gamma(h)$ 从0.271增加到1.041, 偏基台值为0.742; 南北方向上的偏基台值最小, 为0.354; 东北—西南方向和西北—东南方向上的偏基台值分别为0.486和0.402。这主要是由于东西方向上山地和平原这两类地形的差异以及全省范围内各异的社会经济发展水平引起的。随着步长的增加, 四个方向上的 $\gamma(h)$ 都逐步扩大, 这显示了人口密度的空间自相关性由强到弱的变化, 即在变程范围内, 距离越大, 人口密度的差异也越大。在80 km的距离以内, 四个方向上的 $\gamma(h)$ 比较接近, 交错变化, 说明人口密度在

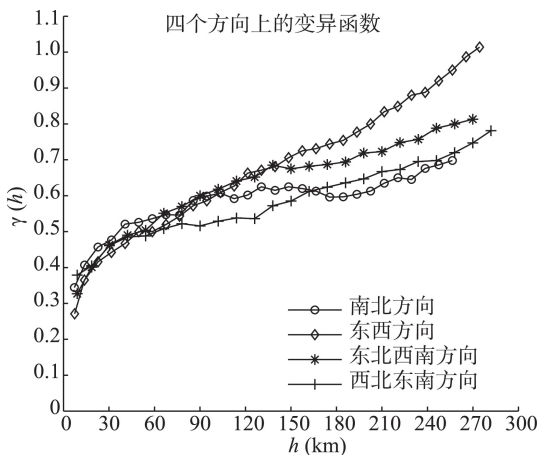


图5 四个不同方向上的变异函数

Fig. 5 Variance functions of the four different directions

不同方向上的变异程度是相近的；当 h 超过 80 km 后，四个方向上 $\gamma(h)$ 的偏基台值的差距逐步拉大，各向异性增强。表明人口密度的分异特征是在大于 80 km 的步长尺度上充分表现出来的。

从变异函数的分维数来看（表 2），河南省人口密度在空间上的分维数的拟合精度较高，均大于 0.90。四个方向上的分维数值由大到小的顺序依次是南北方向、西北—东南方向、东北—西南方向、东西方向。这说明人口密度在南北方向上的均质性最强，差异性最小，东西方向上的人口密度空间格局的不均衡性大于其他三个方向，与图 5 得出的结果相一致。

4.4 变异函数模型及其插值

在地统计软件 GS+ 生成的变异函数模型中，指数模型的拟合效果最好，计算公式^[32]为：

$$\gamma(h)=\begin{cases} 0 & h=0 \\ c_0+c(1-e^{-\frac{h}{a}}) & h>0 \end{cases} \quad (3)$$

式中： c_0 指块金（效应）常数； c 为拱高，即偏基台值； a 不表示变程，而表示约 3 倍的变程。

表 3 列出了 9 km±1.0 km 的步长范围内 5 个指数变异函数模型的参数。本文以 9 km 为初始步长的指数模型进行插值，结果如图 6 所示。图 6 较为直观地表现了河南省人口疏密的梯度变化，并以不同的等值线勾画出了不同人口密度的空间范围和分布形态。人口稀疏区呈半环状，分布在省域西部、西北部边缘和西南部山地，人口密度在 310（人/km²）以下。人口稠密区主要分布在黄淮海平原及南阳盆地，其中，乡村地区的人口相对稀疏，密度在 310~850（人/km²）之间，而城镇地区人口十分密集，密度多在 850（人/km²）以上。所有大、中、小城市的市区和大部分县城都形成了局部的高值区。因此，河南省人口分布基本上可简划为 3 大类：低密度的山区，中密度的平原农村地区和高密度的平原城市地区。

5 影响河南省人口分布的主要因素

人类作为特殊的生物种群，其分布不仅受自然地理条件，如海拔、地形、温度、水资源以及土地的第一性生产力等因素的影响，也受社会经济和文化因素的影响。多年来，人们试图将诸多影响因子与人口疏密做定量化的分析^[18,34]，但由于影响因素的多样化组合和相互作用，较为

精确的量化分析存在着诸多困难。并且，随着社会生产力的不断提高，人类适应和改造自然环境的能力逐步增强，相同地理条件对人类生存与发展的制约程

表 2 四个不同方向上的变异函数的分维数
Tab. 2 Fractal dimensions of variance function in the four different directions

方向	分维数	标准误差	R^2
南北方向	1.917	0.090	0.944
东北-西南方向	1.872	0.034	0.993
东西方向	1.831	0.063	0.967
西北-东南方向	1.899	0.120	0.919

表 3 变异函数的指数模型的相关参数

Tab. 3 Parameters of the exponential variation functions model

步长 (km)	残差平方和	R^2	块金值 (C_0)	基台值 (C_0+C)	变程 (km)
8	0.0143	0.974	0.3700	1.0630	292.70
8.5	0.0137	0.974	0.3700	1.0720	298.00
9	0.0142	0.972	0.3660	1.0460	279.50
9.5	0.0133	0.971	0.3610	0.9880	243.00
10	0.0143	0.970	0.3620	1.0260	264.50

度也会有所不同。当地理条件和社会生产力发展水平都不相同时,各因素对人口分布的影响力就缺乏量的可比性。但人口分布作为一种客观存在,总有一些基本依据来反映各影响因素的孰重孰轻。河南省作为中国的内陆省份,境内虽然没有限制人类生存的极端自然条件,但自然和人文因素在空间上的组合存在明显差异,它们在不同层面上影响人口分布,造成了人口疏密不均的现象。

5.1 地形条件是影响人口空间格局的基本因素

在大陆性季风气候条件下,省内水热条件的差异对人口分布没有产生大的影响。北、西、南三面半环状的山地,岭谷相间,地势陡峻,海拔在500~2400 m之间,是省内主要的林区。在一些山麓台地和沟谷中有一些耕地呈带状分布。由于耕地数量有限,这些区域可承载的人口数量少,村落稀疏。黄淮海平原,地势平坦,土壤肥沃,水源充足,耕地集中分布,农业生产条件优越,长期以来是中国的粮食主产区。因此这里村落星罗棋布,人口高度密集。早在西汉元始二年(公元2年),颍川郡(以许昌为中心的10710 km²地域范围)的人口密度就高达206(人/km²),为当时中国人口最密集的区域之一^[35]。在地形因素的影响下,大致从洛阳—平顶山—驻马店—淮滨一线有一条明显的西北—东南向的人口密度分界线,分界线的东北部人口稠密,西南部人口稀疏(南阳盆地除外,它是一个局部的人口密集区),这表现了河南省人口分布的宏观格局(图6)。显然,土地垦殖率的高低是影响省内人口分布的重要因素,而地形条件又是决定土地垦殖率的基本因素。例如,豫西山区的卢氏县土地面积为4004 km²,2012年土地垦殖率仅为9.5%^[28],而位于黄淮海平原的临颍县土地面积仅为821 km²,但同期土地垦殖率却高达71.5%^[28]。概言之,山地和平原这两类地形条件是导致人口疏密分布的基本因素。

5.2 社会经济发展和区位条件是影响城市人口聚集的因素

在农耕生产条件下,较高的土地生产力、众多的人口和居中的区位条件都是治国安邦者所要考虑的基本方面。然而,在适宜农耕的区域内,哪些点上形成了城镇、并进一步地聚集了人口,成为密中更密的所在,就存在更深层次的原因。黄淮海平原作为中国农业文明的发源地之一,历史上曾有多多个地方成为中原王朝的都城,例如安阳、洛阳、许昌和开封等。人类生存对淡水的高度依赖,使得一些邻近河流湖泊的地点成为建设城市的优先选择,例如开封、漯河等。为增强军事防卫能力,古人利用山川形胜建城,例如洛阳、信阳和南阳等。为便于商业贸易,在人口分布中心或出产不同产品的一些区域交界地带,也有城市形成。

近代以来,工业化的启动对能源矿产的需求急剧增长。平顶山、焦作、鹤壁等地的煤炭资源,濮阳的石油和天然气资源,三门峡的铝土矿等能矿资源的开发成为人口聚集和城镇发展的重要条件。一些优势的农产品也成为工业生产原料,例如许昌的烟草、安阳的棉花等。经济活动的多元化、社会分工的细化和生活方式的多样化,使得商业贸易

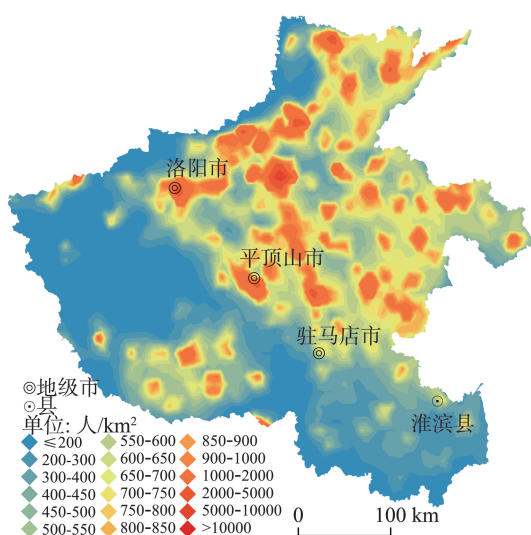


图6 河南省人口密度插值图

Fig. 6 Interpolation of population density of Henan province

和各类服务业日益兴旺,就业成为吸引人口集聚的因素。

长期以来,水陆交通与城镇发展具有良好的互动关系。随着京广线、陇海线两条铁路干线成为纵横全国的交通大动脉,位于这两条铁路干线上的城市迅速发展起来。特别是郑州市作为两条铁路干线的枢纽,其区位优势凸显起来。在工业化、城镇过程加速推进的今天,铁路、公路、航空组成的立体化交通体系,以及输油、输气管线,输水工程,电网,通信光缆,污水和垃圾处理等公共基础设施成为现代城市人口生活的必要条件。城市和基础设施之间的高度依赖和紧密互动,产生了马太效应,使得人口不断向密度高的地方聚集,成为城市化进程的驱动力量。

基于以上分析,本文初步认为人口分布问题可从三个层面上来理解:① 在全球尺度上看,有无适宜人口生存的环境。人类生存需要一定范围的温度、空气、陆地空间、淡水和食物等,海洋、极地、高海拔山地等不具备人类生存的条件。② 具备生存条件时,土地承载力成为制约人口分布的基本因素,而这又取决于地形、土壤、水热条件以及生产力发展水平的组合状况,所谓一方水土养一方人。平原地区的土地垦殖率远高于山地,也具有更高的土地承载力。③ 人口密集的城市不仅要依赖当地的土地生产力,而且需要通过交通等基础设施从更大的空间范围获取所需的资源。区位优势和社会经济的发展就成为人口向城市集聚的必要条件。概言之,人口分布是自然和人文等多种因素共同作用的结果。

6 结论与讨论

6.1 结论

空间尺度是研究人口分布的一个基本指标,较小的空间尺度能够更精确地表现人口的实际分布。本文用1955个乡镇的资料分析河南省的人口分布,结果表明:该省的人口分布可划分为三大类:低密度的豫西、豫南和豫西北山区,中密度的黄淮海平原和南阳盆地的农村地区,高密度的城镇地区。其中35.1%的低密度区域仅有10%的人口,而10%的高密度区域拥有36.2%的人口。

东西、南北、东北—西南和西北—东南四个方向上的变异函数的变程在262~286 km之间。在80 km的距离以内,四个方向上的 $\gamma(h)$ 变异相近,其中东西方向上的变异幅度最大。超过80 km后,变异函数的各向异性增强。

指数模型是拟合精度最高的变异函数模型。以9 km为初始步长进行空间插值,其结果直观地表现了河南省人口疏密的梯度变化及分布形状。洛阳至淮滨一线有一条由西北—东南向的人口密度分界线,分界线的东北部人口稠密,西南部人口稀疏,表现了河南省人口分布的宏观格局。

影响人口分布的因素可从三个层面上来理解:在全球尺度上看,有适宜和不适宜人类生存的两种环境;在适宜人类生存的区域,人口分布的疏密取决于土地承载力,河南省的土地承载力主要受山地和平原两种地形条件的影响;在平原地区,社会经济发展和区位条件成为影响人口向城镇集中的主要因素。

河南省是中国的人口大省,实现其城乡人口的有序转移和空间上合理再分布,具有重要的现实意义。应在实施主体功能区规划和新型城镇化战略的过程中,创造安居乐业的条件,产生有利于人口集聚的马太效应。城市化过程和人口集聚的资源环境效应有正负两个方面,应扬长避短,谋求绿色发展之路。

6.2 讨论

在十一五期间, 国家提出实施主体功能区划, 以形成人口、经济和资源环境相协调的国土空间开发格局^[36]。人口密度是主体功能分区的基本评价指标之一。豫西山地为林区, 属于限制开发或禁止开发的范围。为更好地发挥森林生态系统在涵养水源、调节气候、维护生物多样性等方面的生态服务功能, 应有序引导山区人口向外迁移, 进一步降低人类活动对环境的负面影响。在一些自然保护区、森林公园、名胜风景区不应再从事农业垦殖、采矿和大规模的建设活动, 将原有的农民或林场工人就地转换为森林管护、旅游服务人员, 以此来探索生态文明建设的途径。

2010年河南省的人口城镇化水平为38.8%, 比全国人口城镇化平均水平低11个百分点, 人口城镇化进程滞后。因此需要从安居、乐业两个方面采取措施推进城镇化进程。一方面要依托当地的资源优势, 壮大和提升已有的产业类型, 创造更多的就业机会, 吸引农村劳动力的转移。另一方面要结合新型城镇化战略的实施, 合理规划和建设各级城镇, 完善各项基础设施, 配套基本的公共服务, 营造良好的生活环境, 促进城乡人口再分布。

现有不少研究关注城市化和人口聚集对资源环境带来的负面效应, 提出用城市环境变迁理论、生态现代化理论和紧凑型城市理论来讨论城市环境治理问题^[37]。本文认为城市化也有正面效应。在人口稠密的黄淮海平原, 居民点用地比重较高。分散建设道路、水、电、光缆等基础设施的成本高。随着城镇人口比重的不断增加, 虽然城镇用地面积随之增加, 人口密集区的环境问题会更加突出。但有利的是: ① 城镇用地会更加集约, 乡村地区会有更多的宅基地空闲, 现已出现了不少空心村^[38]。短期内空闲土地虽置换不出来, 但20年~30年后这些土地可以复垦。在农村节省出的土地将会多于在城镇占用的土地。② 更多人口集中到城镇后, 公用设施建设的投资效率和公共服务水平会明显提高, 污水、生活垃圾更容易进行无害化处理, 进而改善人们的生活水平。③ 农村人口减少后, 每个劳动力拥有的耕地面积会增加, 这有利于扩大土地的经营规模, 提高劳动生产率。

参考文献(References)

- [1] Clarke J I, Rhind D W, Becket C, et al. Population data and global environmental change. In: Human Dimensions of Global Environmental Change Programme Report No.3. Paris: International Social Science Council, 1992: 147-147.
- [2] Small C, Cohen J E. Continental physiography, climate and the global distribution of human population. *Current Anthropology*, 2004, 45(2): 269-277.
- [3] 牛叔文, 兰忠成, 胡嫚嫚. 城市化: 人口增长约束及其政策启示. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(8): 49-56. [Niu Shuwen, Lan Zhongcheng, Hu Yuanyuan. Urbanization: Population growth constraint and policy implications. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(8): 49-56.]
- [4] 封志明, 杨艳昭, 游珍, 等. 基于分县尺度的中国人口分布适宜度研究. *地理学报*, 2014, 69(6): 723-737. [Feng Zhiming, Yang Yanzhao, You Zhen, et al. Research on the suitability of population distribution at the county level in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(6): 723-737.]
- [5] 胡焕庸. 中国人口之分布—附统计表与密度图. *地理学报*, 1935, 2(2): 33-74. [Hu Huanyong. Population distribution of China: attach the statistical table and density map. *Acta Geographica Sinica*, 1935, 2(2): 33-74.]
- [6] 胡焕庸. 中国人口的分布、区划和展望. *地理学报*, 1990, 45(2): 140-145. [Hu Huanyong. The distribution, regionalization and prospect of China's population. *Acta Geographica Sinica*, 1990, 45(2): 140-145.]
- [7] 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. *地理研究*, 2013, 32(7): 1291-1302. [Pan Qian, Jin Xiaobin, Zhou Yinkang. Population change and spatiotemporal distribution of China in recent 300 years. *Geographical Research*, 2013, 32(7): 1291-1302.]
- [8] Yue Tianxiang, Wang Yingang, Liu Jiuyan, et al. Surface modelling of human population distribution in China. *Ecological*

- Modelling, 2004, 181(4): 461-478.
- [9] 马颖忆, 陆玉麒, 张莉. 江苏省人口空间格局演化特征. 地理科学进展, 2012, 31(2): 167-175. [Ma Yingyi, Lu Yuqi, Zhang Li. Evolvement of spatial pattern of population with data at county level in Jiangsu province. Progress in Geography, 2012, 31(2): 167-175.]
- [10] 牛叔文, 郭晓东, 刘正广, 等. 甘肃省近百年来人口分布的时空变化分析. 中国人口科学, 2006, (6): 49-57. [Niu Shuwen, Guo Xiaodong, Liu Zhenguang, et al. Time and spatial analysis on the distribution of population in Gansu province over 100 years. Chinese Journal of Population Science, 2006, (6): 49-57.]
- [11] 戚伟, 李颖, 刘盛和, 等. 城市昼夜人口空间分布的估算及其特征: 以北京市海淀区为例. 地理学报, 2013, 68(10): 1344-1356. [Qi Wei, Li Ying, Liu Shenghe, et al. Estimation of urban population at daytime and nighttime and analyses of their spatial pattern: A case study of Haidian district, Beijing. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(10): 1344-1356.]
- [12] 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. 地理研究, 2012, 31(11): 2055-2068. [Zhang Zhibin, Pan Jing, Da Fuwen. Population spatial structure evolution pattern and regulating pathway in Lanzhou city. Geographical Research, 2012, 31(11): 2055-2068.]
- [13] 毛夏, 徐蓉蓉, 李新硕, 等. 深圳市人口分布的细网格动态特征. 地理学报, 2010, 65(4): 443-453. [Mao Xia, Xu Rongrong, Li Xinshuo, et al. Fine grid dynamic features of population distribution in Shenzhen. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(4): 443-453.]
- [14] 杜国明, 张树文, 张有全. 城市人口分布的空间自相关分析: 以沈阳市为例. 地理研究, 2007, 26(2): 383-390. [Du Guoming, Zhang Shuwen, Zhang Youquan. Analyzing spatial auto-correlation of population distribution: A case of Shenyang city. Geographical Research, 2007, 26(2): 383-390.]
- [15] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性. 地理学报, 2007, 62(10): 1073-1082. [Feng Zhiming, Tang Yan, Yang Yanzhao, et al. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(10): 1073-1082.]
- [16] 张志斌, 潘晶, 李小虎. 近 30 年来兰州市人口密度空间演变及其形成机制. 地理科学, 2013, 33(1): 36-44. [Zhang Zhibin, Pan Jing, Li Xiaohu. The spatial evolution and formation mechanism of population density in Lanzhou city over the past 30 years. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(1): 36-44.]
- [17] Du Guoming, Zhang Shuwen, Zhang Youquan. Character and causes of population distribution in Shenyang city, China. Chinese Geographical Science, 2006, 16(3): 217-222.
- [18] 孟向京, 贾绍凤. 中国省级人口分布影响因素的定量分析. 地理研究, 1993, 12(3): 56-63. [Meng Xiangjing, Jia Shaofeng. The quantitative analysis of factors influencing population distribution in China. Geographical Research, 1993, 12(3): 56-63.]
- [19] C. Small. Global analysis of urban population distributions and the physical environment. In: Proceedings of the Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community. Rio de Janeiro: Brazil Academy of Science, 2001: 6-8.
- [20] 王露, 杨艳昭, 封志明, 等. 基于分县尺度的 2020-2030 年中国未来人口分布. 地理研究, 2014, 33(2): 310-322. [Wang Lu, Yang Yanzhao, Feng Zhiming, et al. Prediction of China's population in 2020 and 2030 on county scale. Geographical Research, 2014, 33(2): 310-322.]
- [21] Francisco J G, Isidro C. A population density grid for Spain. International Journal of Geographical Information Science, 2013, 27(12): 2247-2263.
- [22] Gallego F J. A population density grid of the European Union. Popul. Environ., 2010, 31(6): 460-473.
- [23] 廖顺宝, 孙九林. 基于 GIS 的青藏高原人口统计数据空间化. 地理学报, 2003, 58(1): 25-33. [Liao Shunbao, Sun Jiulin. GIS based spatialization of population census data in Qinghai-Tibet Plateau. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(1): 25-33.]
- [24] 秦贤宏, 魏也华, 陈雯, 等. 南京都市区人口空间扩张与多中心化. 地理研究, 2013, 32(4): 711-719. [Qin Xianhong, Wei Yehua, Chen Wen, et al. Population expansion and polycentric development of Nanjing city in a period of hyper-growth. Geographical Research, 2013, 32(4): 711-719.]
- [25] 卓莉, 黄信锐, 陶海燕, 等. 基于多智能体模型与建筑物信息的高空间分辨率人口分布模拟. 地理研究, 2014, 33(3): 520-531. [Zhuo Li, Huang Xinrui, Tao Haiyan, et al. High spatial resolution population distribution simulation based on building information and multi-agent. Geographical Research, 2014, 33(3): 520-531.]
- [26] 张善余. 中国人口地理. 北京: 科学出版社, 2003. [Zhang shanyu. Chinese Population Geography. Beijing: Science Press, 2003.]

- [27] 河南省统计局. 河南统计年鉴: 2011. <http://www.ha.stats.gov.cn/hntj/lib/tjnj/2011/indexch.htm>, 2015-03-04. [Statistics Bureau of Henan Province. Henan Statistical Yearbook: 2011. <http://www.ha.stats.gov.cn/hntj/lib/tjnj/2011/indexch.htm>, 2015-03-04.]
- [28] 河南省地图院. 河南省地图集. 北京: 中国地图出版社, 2013. [Map Institute of Henan Province. Atlas of Henan Province. Beijing: China Atlas Press, 2013.]
- [29] Oliver M A, Webster R. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *Catena*, 2014, 113: 56-69.
- [30] 郭怀成, 周丰, 刀谓. 地统计方法学研究进展. *地理研究*, 2008, 27(5): 1191-1202. [Guo Huaicheng, Zhou Feng, Dao Xu. State-of-art on geostatistical methodology. *Geographical Research*, 2008, 27(5): 1191-1202.]
- [31] 靳诚, 陆玉麒. 基于县域单元的江苏省经济空间格局演化. *地理学报*, 2009, 64(6): 713-724. [Jin Cheng, Lu Yuqi. Evolution of spatial pattern of economy in Jiangsu province at county level. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(6): 713-724.]
- [32] 徐建华. 计量地理学. 北京: 高等教育出版社, 2006. [Xu Jianhua. *Quantity Geography*. Beijing: Higher Education Press, 2006.]
- [33] 侯景儒, 黄竞先. 地质统计学及其在矿产储量计算中的应用. 北京: 地质出版社, 1982. [Hou Jingru, Huang Jingxian. *Geostatistics and Its Application in Ore Reserve Calculation*. Beijing: Geological Publishing House, 1982.]
- [34] 张耀军, 任正委. 基于地理加权回归的山区人口分布影响因素实证研究: 以贵州省毕节地区为例. *人口研究*, 2012, 36(4): 53-63. [Zhang Yaojun, Ren Zhengwei. Factors affecting population distribution in mountainous areas: Geographically weighted regression using data from Bijie. *Population Research*, 2012, 36(4): 53-63.]
- [35] 中国科学院自然科学史研究所地学史编写组. 中国古代地理学史. 北京: 科学出版社, 1984. [The Chinese Academy of Sciences Institute of Natural Science. *History of Chinese Ancient Geography*. Beijing: Science Press, 1984.]
- [36] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要. http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_268766.htm, 2006-03-14. [The Central People's Government of the People's Republic of China. *The Eleventh Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China*. http://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_268766.htm, 2006-03-14.]
- [37] Phetkeo P Y, Shinji K. Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emission? A cross-country analysis. *Ecological Economics*, 2010, 70(2): 434-444.
- [38] 刘彦随, 刘玉, 翟荣新. 中国农村空心化的地理学研究 with 整治实践. *地理学报*, 2009, 64(10): 1193-1201. [Liu Yansui, Liu Yu, Zhai Rongxin. *Geographical research and optimizing practice of rural hollowing in China*. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(10): 1193-1201.]

Geological statistics analysis of population distribution at township level in Henan province

ZHANG Haixia, NIU Shuwen, QI Jinghui, YE Liqiong, LI Na

(College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Henan province, located in central region, is China's third most populous province. Based on the sixth population census data at township level, this article analyzes the features and trends of population distribution in Henan province by the geological statistics method, and discusses the factors influencing this distribution. The results are as follows: (1) Spatial scale is a basic parameter to study population distribution issue. The actual situation of population distribution will be expressed accurately when small spatial units are used. (2) The Lorenz curve is generated by the 1955 township-level units. There is 10% of the total population in 35.1% of the total land area with low density, and 36.2% of the population in 10% of the area with high density. (3) The exponential model has the best fitting effect for the variation function. When the distance is within 80 km, the variation functions have similar trends in the four directions of east-west, north-south, northeast-southwest, and northwest-southeast. The anisotropies enhances when the distance is over 80 km. The $r(h)$ is the highest in the east-west direction. (4) The population density has the strongest homogeneity and the smallest variation in north-south direction, and the most obvious variation in east-west direction. (5) The interpolation results represent intuitively the gradient change process of population density. The population distribution of Henan province could be divided into three types: sparsely populated area in mountainous areas, medium density area in rural plains and basins, and densely populated area in urban areas. There is a dividing line of population density from Luoyang city, Pingdingshan city, Zhumadian city to Huaibin county in northwest-southeast direction. To the northeast of the line is densely populated region whereas to the southwest of the line is sparsely populated, which indicates the macro pattern of population distribution in this province. Two kinds of terrain condition (mountains and plains) are the basic factor influencing the population spatial pattern. The level of land reclamation is mainly constrained by the terrain condition, while population density depends on the level of land reclamation. High density in urban regions is the results of the interaction of the superior geographical condition and socioeconomic development. In the rapid urbanization process, it is significant to realize the orderly population movement and reasonable spatial redistribution through implementing the Major Function Oriented Zoning and the New Urbanization Strategy. To create favorable conditions for living and working are in favor of population gathering. We should mitigate negative effects of population redistribution on resources and environment, and seek a green development way.

Keywords: population distribution; township level; geological statistics; variance function; Henan province