

1990-2010年福建省县域人口老龄化 时空演变特征及其驱动机制

张开洲^{1,2}, 陈楠^{1,2}

(1. 福州大学 福建省空间信息工程研究中心, 福州 350002;

2. 福州大学 空间数据挖掘与信息共享教育部重点实验室, 福州 350002)

摘要:将探索性空间数据分析方法应用于人口老龄化区域差异研究,以福建省为例,分析1990-2010年间县域人口老龄化时空演变特征,并探讨导致格局演变的驱动机制。结果表明:①人口老龄化的总体空间格局存在较强的空间正相关性,但空间集聚有所减弱。②热点区(高度热点区)由沿海向内陆演进,属跃迁式突变;边缘区发展方向刚好相反,属收缩式渐变。③总变异中随机性因素增大,结构化分异减弱;区域空间差异愈发显著,主要体现在西北—东南方向上。④各类因素对不同地区人口老龄化的影响程度和方向各不相同,但在空间上按一定的方向产生具有一定规律性的分化。总体而言,死亡率和每千人拥有病床数对人口老龄化贡献为正,出生率、人均受教育年限及迁入率具有抑制作用,而人均GDP对人口老龄化既有推动也有抑制作用。

关键词:人口老龄化;空间差异;时空演变;影响因素;福建省

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.05.002

中图分类号:C922

文献标识码:A

1 引言

人口老龄化是指总人口中老年人口比重日益提高的现象(祁峰, 2010)。国内有关人口老龄化的研究多偏重于考察人口老化的人口学效应和社会学效应,即从非空间的角度考察人口老龄化的现状、过程、原因、影响及对策等(袁俊等, 2007; 高晓路等, 2012)。近年来,人口老龄化的区域空间差异研究逐渐成为国内学术界所关注的新热点(张纯等, 2007; 王志宝等, 2013)。根据地理学第一定律,空间上分布的事物是相互联系的,但邻近事物之间的相似性比较远事物之间的相似性更大(Tobler, 1970)。一些学者的研究证明了人口老龄化在空间上具有集聚趋势,时间上存在由集聚区逐渐向外扩散的关联效应(林琳等, 2007; 李扬等, 2011; 赵儒煜等, 2012),说明人口老龄化同经济和社会发展一样也具有比较显著的时空演变特征。

采用传统方法的人口老龄化区域空间差异研

究注重于空间分布特征的直观描述(李日邦等, 1999; 刘娜等, 2012),或老龄化水平的数值差异分析(于蜀等, 2000; 杨雪等, 2012),无法准确和清晰地反映由空间关系和数值关系共同作用下的空间模式和变异特征。探索性空间数据分析方法为解决这些问题提供了强大的技术支撑,能有效反映地理特征间的相互关系及空间模式(张旭等, 2012),可将空间因素纳入人口老龄化问题的研究框架,为进一步深入研究人口老龄化区域差异问题开辟新的途径,但目前在国内人口老龄化研究领域应用还不够深入和广泛。

人口老龄化区域空间差异包括区域间差异和区域内差异两层含义,不同的区域尺度下研究视角不同,发现的规律也各不相同。国内的学者探讨东、中、西部三大地带(李秀丽等, 2008)或全国省际之间(姚静等, 2000; 王泽宇等, 2013)的老年人口空间分布差异的较多,而对区域内部差异的关注不足。由于区域内部的人口老龄化变化更具复杂性、

收稿日期:2013-10; 修订日期:2014-01。

基金项目:福建省自然科学基金资助项目(2011J01268);福建省社会科学规划项目(2007B2067)。

作者简介:张开洲(1989-),男,甘肃武威人,硕士生,主要研究方向为地理空间分析与增值服务,E-mail: zksirc1989@163.com。

通讯作者:陈楠(1975-),男,福建厦门人,副研究员,主要从事人口与经济交叉学科领域研究,E-mail: fjc99@163.com。

动态性、不确定性,值得重点关注。

综合上述背景,以福建省为例,基于探索性空间数据分析方法,对县域人口老龄化的空间集聚格局、演变过程和深层次的动力机制问题进行探讨,试图从空间视角丰富对人口老龄化区域差异的认识。

2 数据与方法

2.1 度量指标和数据来源

老年人口比重,又称老年系数,是老年人占人口总数的百分比,是反映一个地区人口老龄化程度的最重要的指标。依据大多数文献和国际通用标准,将65岁及以上人口定义为老年人口,并利用老年人口比重这一指标来衡量地区人口老龄化程度。中国人口普查每10年一次,福建省1990年、2000年和2010年分别进行了第四次、第五次和第六次人口普查,这为研究人口老龄化问题提供了翔实可靠的数据支撑。结合对应年份的福建省统计年鉴,在ArcGIS 9.3软件上将上述3期人口普查数据和各年份统计数据关联到福建省分县行政区划图,建立福建省人口老龄化地理数据库。

2.2 探索性空间数据分析方法

2.2.1 空间关联指数

引入衡量区域整体关联水平的全局Moran's I 指数和检测局部地区是否存在高值或低值聚集态的Getis-Ord G_i^* 指数,以此刻画人口老龄化的空间关联特征。

(1) 全局Moran's I 指数定义为:

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

式中: n 为空间单元的数目; w_{ij} 为空间权重矩阵,文中采用邻接标准定义权重矩阵; x_i, x_j 表示空间单元 i, j 上的属性值; $\bar{x} = 1/n \sum x_i$ 。Moran's I 的取值介于-1~1,在给定显著性水平下,大于0,表示地区间存在正相关性;小于0,表示空间负相关;接近0,意味着各地区之间无关联。

(2) Getis-Ord G_i^* 指数定义为:

$$G_i^* = \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_j / \sum_{j=1}^n x_j$$
 (2)

解释这一统计量的最好方法是将其标准化:

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{Var}(G_i^*)}}$$
 (3)

式中: $E(G_i^*)$ 和 $\text{Var}(G_i^*)$ 分别为数学期望和方差; $w_{ij}(d)$ 是基于距离标准 d 的空间权重矩阵,实际当中也可用邻接标准的权重矩阵代替;其他变量含义同上。显著的正 $Z(G_i^*)$ 表示空间单元 i 周围的属性值较高,属高值空间集聚;显著的负 $Z(G_i^*)$ 表示空间单元 i 周围属性值较低,属低值空间集聚。

2.2.2 变差函数

变差函数是分析区域化变量空间变异性的有效工具。假设区域化变量满足二阶平稳和本征假设条件,其变差函数可定义为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$
 (4)

式中: h 为样本距; $N(h)$ 是分隔距离为 h 的样本量; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别是 $Z(x)$ 在位置 x_i 和 $x_i + h$ 处的属性值($i=1, 2, \dots, N(h)$)。变差函数有5个主要的参数:变程 a ,表示受区域化变量影响范围的大小;块金值 C_0 ,表示随机变异的大小;基台值 $C_0 + C$,表示系统或系统属性中的最大变异;结构方差比 $C/(C_0 + C)$,用来衡量空间自相关程度(张志斌等, 2012);分维数 D ,由变差函数 $\gamma(h)$ 和样本距 h 之间的函数关系确定,其值越接近于2,表示空间分布越均质。

2.2.3 地理加权回归

地理加权回归(Geographical Weighted Regression, GWR)模型对传统模型框架进行了扩展,是研究空间关系的一种新方法。传统模型只显示了研究区域的总体平均效果,而GWR模型考虑了局部参数估计,能够突出在不同区域自变量对因变量的不同影响(方远平等, 2012),并且借助于GIS技术还能将结果作可视化分析,形象地展示参数的空间非平稳性。模型表示为:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{j=1}^k \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} + \varepsilon_i$$
 (5)

式中: (u_i, v_i) 表示样点 i 的空间坐标; $\beta_0(u_i, v_i)$ 和 $\beta_j(u_i, v_i)$ 分别表示 i 点上的回归常数和第 j 个回归参数; ε_i 是均值为0、方差为 δ^2 的误差项; y_i 是因变量值。

相关模型在SAM 4.0软件上利用GWR分析模块完成,经过对比采用高斯函数权重进行模型的拟合,其中最优带宽的确定运用了由Fotheringham等(2002)提出的“AIC值最小”准则。

3 县域人口老龄化时空演变特征

3.1 人口老龄化空间关联特征

3.1.1 总体空间特征

分别计算1990、2000、2010年老年人口比重的全局Moran's *I*指数估计值和相关指标,结果如表1。整个研究期内,全局Moran's *I*的估计值均大于0,并通过高显著性水平检验。这说明县域单元之间人口老龄化存在较强的全局空间正相关,证明地区间人口老龄化空间差异是客观存在的,具有较高老年人口比重的地区与同为较高老年人口比重的地区相邻,反之亦然。上述3个年份中,全局Moran's *I*估计值在2000年大幅下调后,保持在很小的波动范围内,说明县域人口老龄化的空间集聚在大幅扩散之后发生小幅集聚,总体格局在1990年基础上发生重组后保持了一定的连续性。

3.1.2 局部空间关联特征

分别计算出各县域单元上述3个年份老年人口比重的Getis-Ord *G**指数值,在ArcGIS 9.3软件上用最佳自然断裂法(Jenks)将各年份的*G**统计量从高到低分成热点区、次热点区、次边缘区、边缘区

4种类型,以表征不同空间位置上人口老龄化高值和低值集聚的梯次分布(图1)。从中可以看出:

3个年份中,人口老龄化的高值簇即热点区和低值簇即边缘区表现出较强劲的空间演变特征,但演变都保留有一定的“痕迹”,即高值簇向内陆迁移,低值簇则向沿海迁移。具体来看,1990年热点区集中分布在闽东沿海宁德、福州的几个点上,2000年发生空间跃迁,除部分仍分布在闽东几个点上,其余向内陆转移;而到了2010年,热点区完全集中分布在福建内陆地区;边缘区的演进方向刚好相反,1990年边缘区呈长带状分布在福建中北部,2000年急速向沿海地区收缩,到了2010年完全集中到了沿海厦漳泉等地区的几个点上。以上变化说明,福建人口老龄化发展迅速,热点区在内陆地区有扩大并集聚分布的趋势,人口老龄化形势愈发严峻。

整体来看,人口老龄化热点区的演变属于跃迁式突变,而边缘区则是收缩式渐变,人口老龄化空间格局表现出以边缘区为中心,逐渐向外围地区过渡的中心—外围结构。随着时间的推移,边缘区的格局范围逐渐缩小,不断地向东南方向退化,最终被压缩到厦漳泉地区,其空间辐射效应变得越来越弱,这种格局变化折射出厦漳泉三地是最具人口老龄化“稀释”能力的地区,对境外人口具有强劲吸引力和容纳力。20世纪90年代以来,随着改革开放的深入发展和台海局势的缓和,福建经济建设中心逐渐由内陆转向沿海,厦漳泉三地成为产业转移的主要承接地;2004年后,随着海峡西岸经济区战略的提出,让作为两岸交流“前沿”的厦漳泉地区对台优势、地位和潜力更进一步确立和凸显,成为台商

表1 1990、2000、2010年福建老年人口比重的全局Moran's *I*估计值

Tab.1 Estimations of Moran's <i>I</i> for the proportion of elderly population in Fujian in 1990, 2000 and 2010				
年份	Moran's <i>I</i>	<i>E(I)</i>	<i>Z(I)</i>	<i>p</i> 值
1990	0.57	-0.02	7.63	<0.001
2000	0.34	-0.02	4.77	<0.001
2010	0.37	-0.02	5.09	<0.001

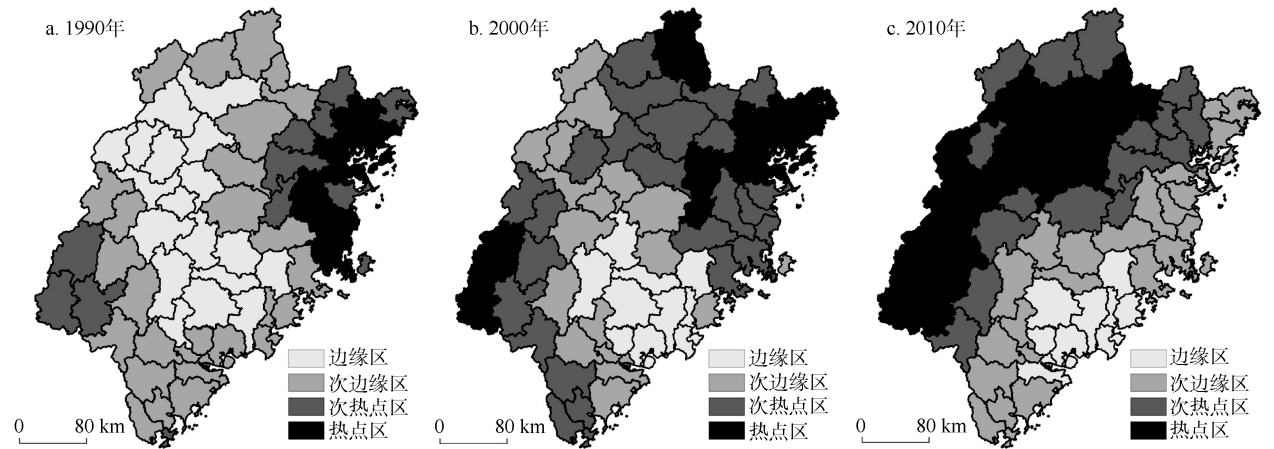


图1 1990、2000、2010年福建老年人口比重空间格局演变

Fig.1 Spatial pattern of the proportion of elderly population of Fujian in hotspot classes in 1990, 2000 and 2010

表 2 福建老年人口比重演变类型区的个数和比例

Tab.2 The number and percentage of proportion of elderly population hotspot classes in Fujian

年份	热点区		次热点区		次边缘区		边缘区	
	个数	比例/%	个数	比例/%	个数	比例/%	个数	比例/%
1990	9	13	12	18	28	42	18	27
2000	13	19	25	37	18	27	11	16
2010	17	28	16	24	22	33	10	15

投资大陆的重要聚集地。由于产业结构较齐全,民营经济活跃,加之社会保险、福利制度相对完善,吸引大量外来人口迁入,年轻型的迁移人口缓解了这3个地区的老龄化进程,大大减轻了内部人口老龄化压力。

在表2的4种类型区演变中,人口老龄化热点区的个数和比例不断增大,2010年与1990相比个数增加了8个,所占比例从13%上升到28%;与此相反,边缘区的个数和比例在逐年减小,2010年与1990年相比个数减少了8个,所占比例由27%下降为15%。可以看出,与边缘区相比,热点区在空间格局中逐渐占据主导地位,说明越来越多的地区人口老龄化正在向加速方向推进;而次热点区和次边缘区的个数和比例呈相反的波动变化趋势,反映出人口老龄化演变过程中的不稳定性。结合图1分析,次热点区的空间跃迁趋势大致与热点区相一致,而次边缘区多向热点区和次热点区跃升,人口老龄化空间差异的演变格局呈现出来的并不是两极分化景象,大多数地区的演变倾向于向热点核心区靠拢,表现为“单极化”情形,反映出区域整体迈向老龄化是一种基本趋势,这与区域经济等现象发展过程中的二元结构特征存在不同。

3.2 人口老龄化空间变异特征

将上述3个年份的老年人口比重作为样本数据赋给各县域单元的几何中心点,得到空间点要素集,根据多次模拟试验将采样步长确定为241 km,对数据集采用高斯模型、球状模型、指数模型和线性模型进行拟合,选取拟合系数最高的模型,分别计算各年份的变差函数以及各方向上的分维数,结果如表3、表4。

表3中,3个年份变差函数的拟合模型在球状模型与高斯模型之间来回演变,且拟合系数逐渐减小,反映出人口老龄化格局演变的不稳定性,其空间自组织性逐渐减弱。相关变程 a 经过微小下降后得到大幅提升,说明总体上人口老龄化空间效应的最大影响范围趋于增大。人口老龄化的块金值

表 3 福建老年人口比重的半方差模型参数值

Tab.3 Parameters of variogram for the proportion of elderly population in Fujian

年份	拟合模型	R^2	a/km	C_0	C_0+C	$C/(C_0+C)$
1990	球状模型	0.940	190.4	0.001	0.029	0.934
2000	高斯模型	0.860	186.2	0.008	0.031	0.742
2010	球状模型	0.834	217.2	0.004	0.060	0.927

表 4 福建老年人口比重的分维数值

Tab.4 Fractals of variogram for the proportion of elderly population in Fujian

年份	南—北		东北—西南		东—西		西北—东南	
	D	R^2	D	R^2	D	R^2	D	R^2
1990	1.756	0.695	1.700	0.701	1.458	0.892	1.958	0.591
2000	1.517	0.661	1.594	0.714	1.858	0.237	1.590	0.754
2010	1.512	0.582	1.775	0.334	1.611	0.586	1.319	0.893

和基台值也都趋向增大,2010年与1990年相比增幅分别达75.0%和51.7%,说明引起人口老龄化空间差异的随机性成分有所增大,人口老龄化的空间差异愈发显著,老年人口的分布越来越不均衡。3个年份结构方差比先减小后增大,但总体呈下降趋势。1990年结构方差比为93.4%,2000年下降到74.2%,2010年又上升为92.7%,表明人口老龄化空间差异中由空间自相关引起的结构化分异有减弱的趋势。

进一步观察变差函数在不同方向的分维数(表4),人口老龄化的空间分布又呈现出一定分异。3个年份中东北—西南和东—西2个方向上维数值变化呈相反的趋势,变化的结果增强了人口老龄化的空间均质性。南—北和西北—东南方向的维数值逐年下降,说明这两个方向上人口老龄化的差异性增大,异质性增强,其中西北—东南方向上的维数值下降幅度更为显著,且拟合程度趋好,说明西北—东南方向上变异速度较快,是全方向上人口老龄化空间差异的主要贡献者,表现为西北内陆地区人口老龄化程度不断加重,而东南沿海地区人口老龄化进程有所延缓。产生这种现象的主要原因是福建沿海和内陆在区位、交通、经济等条件方面差别明显,内陆地区处在山区和丘陵地带,经济发展水平相对较低,交通条件比较滞后,对外地人口的吸引力微乎其微,加之城镇化水平低,农产品的低附加值和耕地的减少,加剧了部分青壮年人口的流失,于是逐渐成为人口老龄化严重地区,山海差距被进一步拉大。

4 人口老龄化时空演变的驱动机制

4.1 变量的选取

人口老龄化是受多因素综合作用影响的结果,这些因素包括经济因素、社会因素、自然因素、宗教传统、社会制度等(查奇芬等, 2013)。大量研究表明,人口老龄化出现的直接原因,一方面是人口生育率的下降,另一方面是人口平均寿命的延长,出生率和死亡率是影响人口老龄化的最直接因素,对人口老龄化的影响属于内力作用。经济的发展、公共健康的改进、普通教育的提高和人口迁移等社会经济制度因素对人口老龄化的发展起着间接的影响,属于外力作用。中国人口老龄化是与社会经济系统的开放、改革和发展同步的,有理由推测,人口老龄化与经济发展水平有关;高水平的医疗卫生技术能够为人们生活健康服务,有益于人均寿命的延长;教育文化水平的提高可以改变人们的生育观念,有利于更好地推行计划生育政策;人口迁移可以改变各年龄组的人口数量,进而影响老年人口比重。

由于社会科学研究中涉及的一些变量很难精确量化或者根本无法测量,指标选取时常采用替代变量或标识来近似刻画(陈楠等, 2007)。同时,指标选取一方面要基于已有的理论假设,另一方面也要顾及数据的可获取性。据此选取出生率(t_1)、死亡率(t_2)来表征人口自然变动因素;以人均GDP(t_3)、每千人拥有病床数(t_4)、人均受教育年限(t_5)3个指标来评估经济水平、医疗卫生、文化教育等因素对人口老龄化的影响。福建省地处沿海,自身迁出人口相对较少,人口迁移以净迁入为主,由于各县域单元人口迁出数据不易获得,故引入迁入率(t_6)(迁入率为一定时期地区迁入人口/该时期地区平均人口×100%)作为衡量人口迁移变动因素的替代变量。

4.2 模型构建及检验

基于空间关联和空间变异的分析测度得出,人口老龄化在空间上呈集聚状态,但又表现出一定的空间差异性,且不同方向上呈现出不同的变异模式,这为构建GWR模型进一步分析各变量对老龄化的影响程度及其空间非平稳性态势奠定了理论基础。设福建省某年某县域单元老年人口比重为 y_i ,第 i 点的坐标为 (u_i, v_i) ,根据上文选取的变量信息,构建模型如下:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)(t_{1i}) + \beta_2(u_i, v_i)(t_{2i}) + \beta_3(u_i, v_i)(t_{3i}) + \beta_4(u_i, v_i)(t_{4i}) + \beta_5(u_i, v_i)(t_{5i}) + \beta_6(u_i, v_i)(t_{6i}) + \varepsilon_i$$

通过模拟计算,对GWR在空间变异的显著性进行显著性检验,并与普通最小二乘法(OLS)进行比较(表5)。从表5可知,上述3个年份中两种模型统计上都是高度显著的。GWR模型与OLS模型相比,尽管2010年的赤池信息量准则(AIC)相比优化效果的区别不太显著,但其他2个年份里,AIC值下降程度都远远超过3,标准差(Sig.)在统计学上的标准也有明显下降,这样即便把GWR模型的复杂性考虑在内,GWR模型也具有比OLS模型更好的效果。从比较结果中还可以得到一个重要信息,即3个年份GWR模型的拟合系数 R^2 和经调整的 R^2 较OLS模型都有大幅提升,且随着时间呈不断增高趋势。以上分析说明,总体上GWR模型的局部回归效果要优于OLS模型的全局回归。

4.3 结果与分析

来自局部GWR估计系数很好地揭示了区域内人口老龄化与各影响因素之间复杂的关系,每一个影响因素对老龄化的影响随着区位的变化而变化,回归系数有正有负。为了便于更高效地评述驱动机制,将模型计算的3个年份各影响因素回归系数通过ArcGIS 9.3软件作空间可视化,以此来具体分析影响因素对福建县域人口老龄化的影响力度及其空间差异。

4.3.1 出生率对人口老龄化影响空间变异特征

绝大多数地区出生率与人口老龄化之间呈负向关系,与实际吻合。出生率低的地区新生人口数量少,少儿人口在总人口中的比例大幅下降,从而抑制了年轻人口的增长,导致老年人口比重相对增大。从3个年份回归系数绝对值的空间分布上来看(图2),1990年、2000年东北地区回归系数较高,

表5 GWR与OLS模型拟合参数比较

Tab.5 Comparison of GWR and OLS models fitting parameters

模型参数	1990年		2000年		2010年	
	GWR	OLS	GWR	OLS	GWR	OLS
Sig.	0.233	0.602	0.335	0.678	0.473	0.787
AIC	120.471	133.264	144.215	149.064	166.670	169.169
R^2	0.679	0.403	0.732	0.562	0.884	0.822
Adjusted R^2	0.593	0.354	0.662	0.526	0.855	0.807
p-value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

向西南方向系数呈梯度递减趋势,高值点大部分出现在宁德、南平等地区;2010年高值点南移,回归系数绝对值由沿海中部的莆田、泉州地区向四周扩散性递减,说明这两个地区的人口老龄化对出生率的敏感度高于其他地区。从3个年份GWR模型回归系数绝对值空间变化可以看出,出生率对人口老龄化影响最大地区逐渐南移,且高值区域逐渐减小。

4.3.2 死亡率对人口老龄化影响空间变异特征

对于绝大多数地区,死亡率对人口老龄化的影响呈正向作用,表明死亡率越低人口老龄化程度越低。死亡率对人口老龄化的作用是复杂的,死亡率的降低增加了区域各年龄组人口比重,但对少儿人口和老年人口这两端的作用更为明显。死亡率的下降使少儿人口比重和老年人口比重都有所增长。可以推断,就福建绝大多数县域而言,在1990-2010年间死亡率对老年人口比重变动的的影响要低于对其他年龄组的影响。

从回归系数空间变化上看(图3),1990年与

2000年回归系数呈现从东北向外逐步扩散减小,低值点分别出现在漳州、三明地区;2010年回归系数高值点在东北地区有所减少,在西南地区大量出现,整体呈现由南北两端向中间地带递减的趋势,而低值区域的分布横跨福建中部,区域范围有所扩大。从3个年份回归系数的均值变化可以看出,各地死亡率对人口老龄化影响呈增大趋势。

4.3.3 人均GDP对人口老龄化影响空间变异特征

上述3个年份人均GDP回归系数的均值呈波动变化,与人口老龄化之间的关系为:1990年和2000年为正相关,2010年完全变为负相关。观察各年份回归系数空间分布(图4),1990年回归系数绝对值由南北两端向中间地带递减,最高点出现在南部地区,这些地区处于河谷阶地河口段附近,具有天然的港口优势,经济发展起步快,因而对人口老龄化呈现出明显的促进作用;2000年回归系数绝对值高值点向内陆分散,除了沿海的福州,内陆的三明、龙岩等地区也进入高值区域,人均GDP对沿

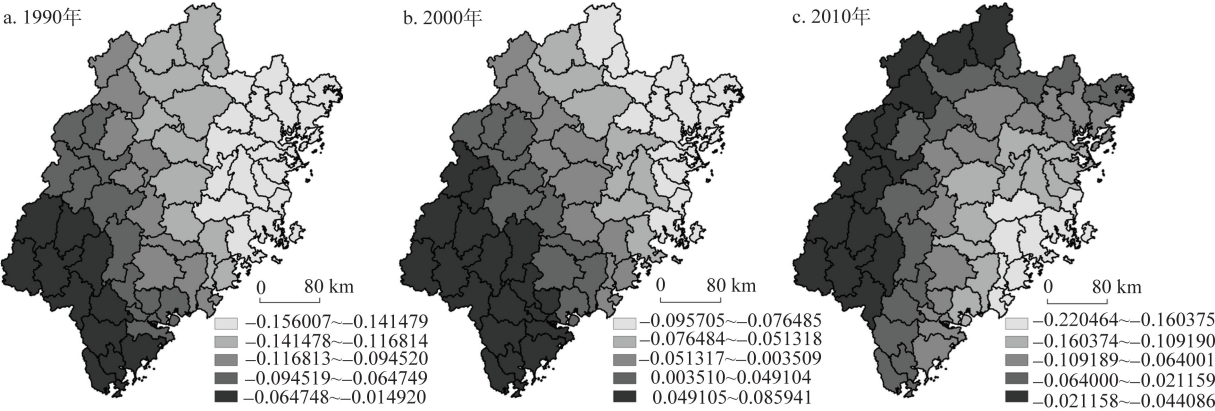


图2 1990、2000、2010年GWR模型出生率回归系数空间分布

Fig.2 Spatial distribution of regression coefficients of birth rates based on GWR model in 1990, 2000 and 2010

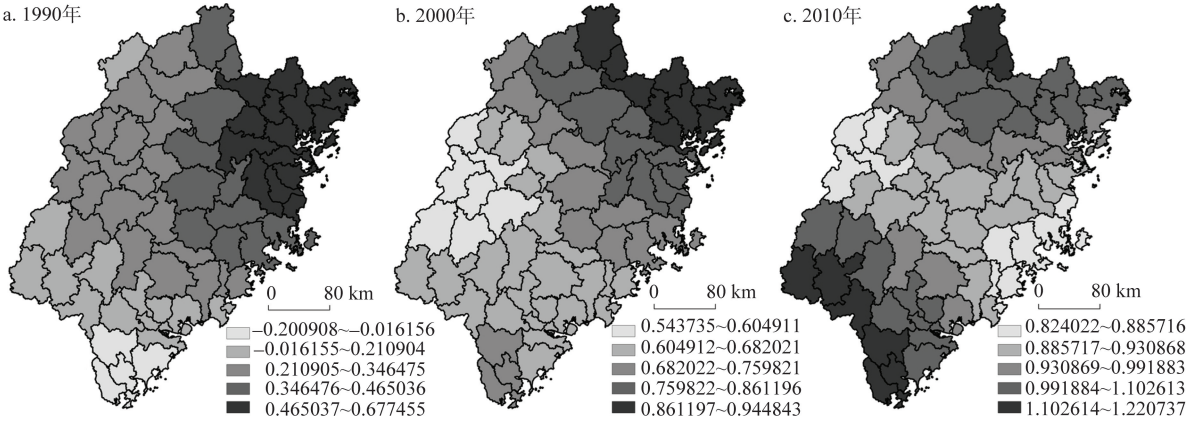


图3 1990、2000、2010年GWR模型死亡率回归系数空间分布

Fig.3 Spatial distribution of regression coefficients of mortality rates based on GWR model in 1990, 2000 and 2010

海和内陆人口老龄化的影响呈现出促进与滞后的交织作用;2010年各地人均GDP对人口老龄化都起抑制作用,回归系数绝对值从西北向东南方向递减,说明了内陆地区人均GDP对人口老龄化的贡献高于沿海地区。3个年份回归系数均值趋近于0,说明在县域尺度下经济发展因素对人口老龄化影响并不十分显著。

4.3.4 每千人拥有病床数对人口老龄化影响空间变异特征

每千人拥有病床数对人口老龄化的影响为正向作用,表明医疗条件越好人口老龄化程度越高,这主要是因为改革开放以来福建同全国其他地区一样,医疗卫生事业也取得了长足进步,使得人口平均预期寿命不断延长,从而加速了人口老龄化的进程。从图5看到,3个年份回归系数分布表现出

较明显的空间演变特征。1990年东北及西南部地区回归系数较大,对人口老龄化影响在福建东北部及西南部较大;2000年高值点主要出现在沿海的厦门、泉州及其周边地区,低值点在西北边远山区。由于基层医疗机构建设对地方财政的依赖性较大,沿海地区财政收入增长比内陆地区快,使得基层医疗机构建设能力较强,从而导致每千人拥有病床数对人口老龄化影响变大,回归系数空间布局发生变化;2010年分布态势与2000年相反,表现为内陆地区回归系数较高,沿海地区回归系数较低,内陆地区对人口老龄化的影响高于沿海地区。随着各地医疗水平差距不断拉大,落后地区医疗水平对人口老龄化的影响转而变得比发达地区突出。从3年GWR模型回归系数空间变化可以看出,每千人拥有病床数对人口老龄化影响波幅较宽,福建大多数

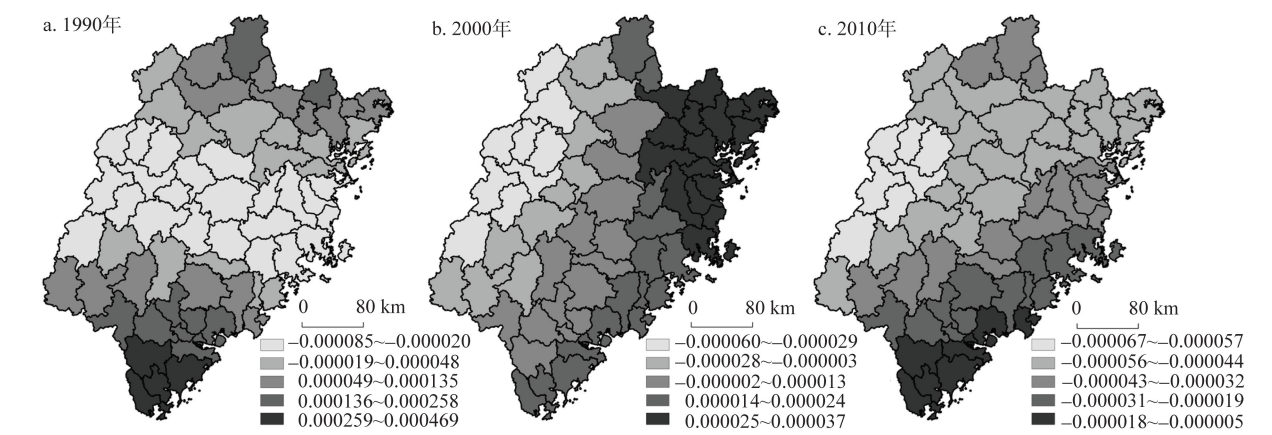


图4 1990、2000、2010年GWR模型人均GDP回归系数空间分布

Fig.4 Spatial distribution of regression coefficients of per capita GDP based on GWR model in 1990, 2000 and 2010

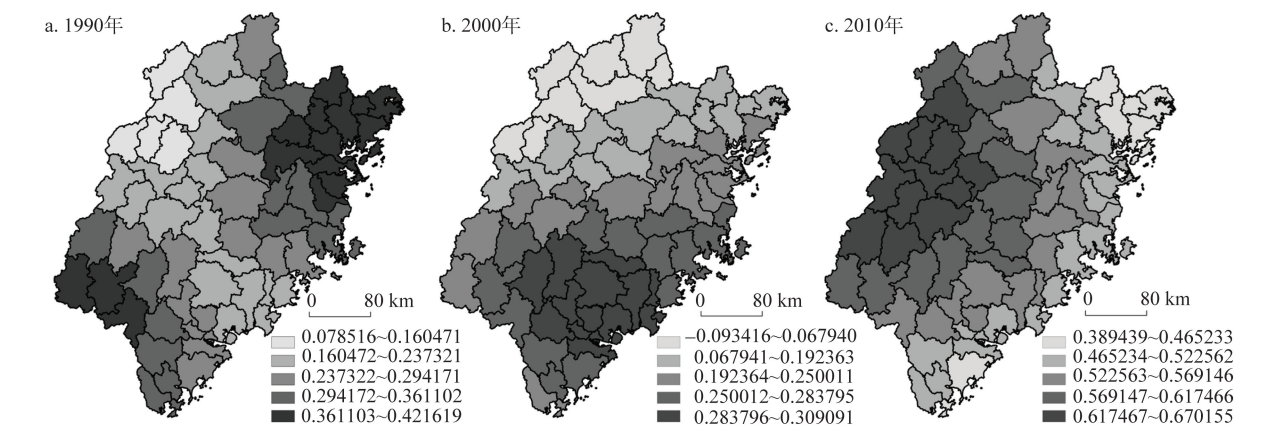


图5 1990、2000、2010年GWR模型每千人拥有病床数回归系数空间分布

Fig.5 Spatial distribution of regression coefficients of the number of hospital beds per thousand residents based on GWR model in 1990, 2000 and 2010

地区处在其高低值交替影响之下。

4.3.5 人均受教育年限对人口老龄化影响空间变异特征

人均受教育年限的回归系数大部分是负值,对人口老龄化为负影响(图6)。从人均受教育年限回归系数绝对值的空间变化上来看,1990年高值点出现在东北,向西南回归系数绝对值逐渐减小,说明东北地区人口老龄化对人均受教育年限的敏感度高于西南地区;2000年、2010年回归系数绝对值最高点逐渐南移,南部地区回归系数绝对值较高,向北系数绝对值逐渐减小,说明了人均受教育年限对福建南部地区人口老龄化影响较大,北部地区影响较小。3个年份回归系数绝对值均值水平总体呈减小趋势,但高值区域逐渐增多,说明人均受教育年限对人口老龄化影响逐渐减小,但影响范围扩大。

4.3.6 迁入率对人口老龄化影响空间变异特征

从图7可以看出,迁入率与人口老龄化之间都

呈负相关关系,表明迁入人口越多,人口老龄化程度越低。但随着时间的推移,回归系数绝对值均值逐渐减小,说明迁入率对人口老龄化的影响逐渐减小。通过对3个年份福建外来人口年龄结构的统计发现,迁入人口中主要是15~64岁的劳动年龄人口,这些数量庞大的外来人口大大缓解了福建省常住人口的老龄化程度。从这3年回归系数绝对值的空间分布来看,1990年回归系数绝对值呈现南北部地区较高,中部地区较低的趋势,漳州沿海地区的迁入率对人口老龄化的影响高于其他地区;2000、2010年回归系数分布比较相似,低值点大都出现在西部闽赣边界一带,不同的是2000年高值点出现在福州—宁德一带,2010年高值点南移到福州—厦门周边地区。

福建沿海地区第二、三产业发展迅速,产业类型较齐全,吸纳了大批外来劳动力在当地就业和定居,毫无疑问,这些地区已成为外来人口的聚集中

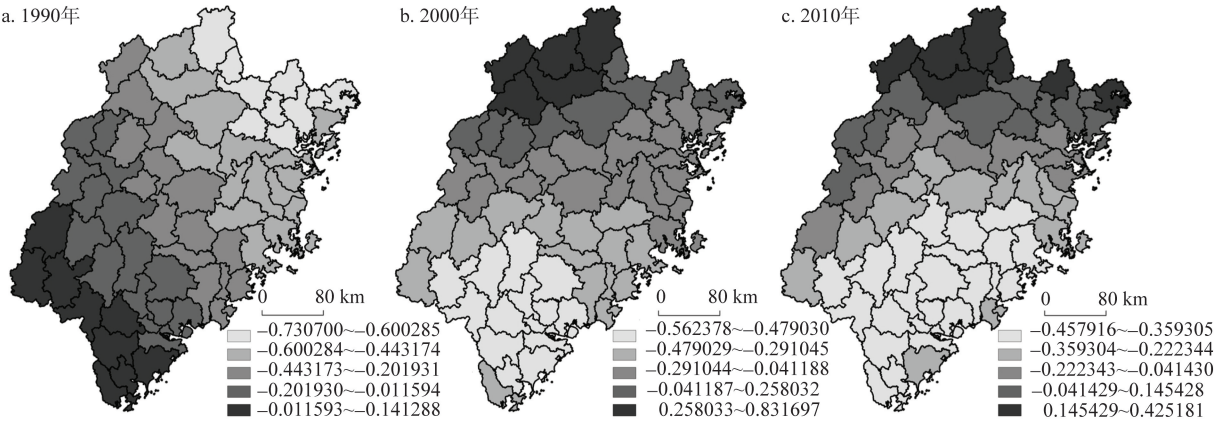


图6 1990、2000、2010年GWR模型人均受教育年限回归系数空间分布

Fig.6 Spatial distribution of regression coefficients of schooling years per capita based on GWR model in 1990, 2000 and 2010

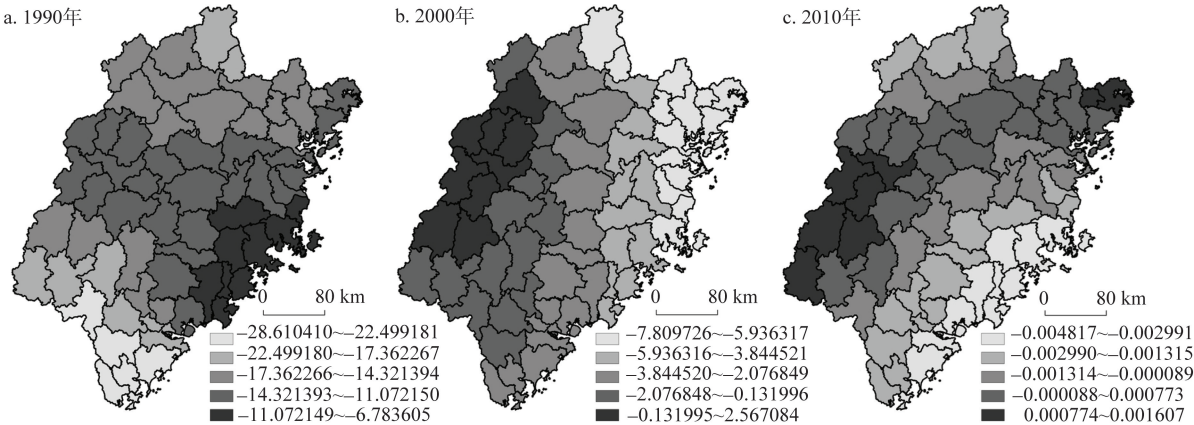


图7 1990、2000、2010年GWR模型迁入率回归系数空间分布

Fig.7 Spatial distribution of regression coefficients of immigration rates based on GWR model in 1990, 2000 and 2010

心,对人口老龄化的“稀释”能力明显高于其他地区。

5 结论

本文旨在以空间视角探索区域内人口老龄化的相关情形,以福建省为例,利用全局 Moran's I 指数、Getis-Ord G_i^* 指数、变差函数及其分维数等空间分析方法指标,考察 1990-2010 年县域人口老龄化区域差异的时空演变特征,并进一步运用 GWR 模型探讨人口老龄化的驱动机制。结果表明:

(1) 总体空间格局上,福建县域人口老龄化存在较强的空间正相关性,2000 年人口老龄化的空间集聚有所减弱,但总体格局保持了一定的连续性。人口老龄化热点区由沿海向内陆演进,属跃迁式突变;边缘区演进的方向刚好相反,属收缩式渐变;空间格局表现出以边缘区为中心,逐渐向外围地区过渡的中心—外围结构,大多数地区的演变倾向于向热点核心区靠拢。

(2) 对人口老龄化进行空间变异分析发现:近 20 年来,人口老龄化的格局演变具有不稳定性,空间自组织性逐渐减弱。总体上引起人口老龄化空间差异的随机性成分有所增大,而由空间自相关机理导致的结构化分异有减弱的趋势。人口老龄化的空间差异愈发显著,西北—东南方向上的变异是人口老龄化差异扩大的主要贡献者,导致山海差距进一步拉大。

(3) 3 个年份里 GWR 模型回归系数的空间分布差异表明各驱动因素对不同地区人口老龄化的影响程度和方向各不相同,但在空间上按一定的方向产生具有一定规律性的分化。总体而言,死亡率和每千人拥有病床数对人口老龄化具有正向推动作用;出生率、人均受教育年限及迁入率对人口老龄化具有抑制作用,表现为条件越好人口老龄化水平越低;人均 GDP 对人口老龄化的影响机制较为复杂,既有推动也有抑制。3 个年份里,出生率对人口老龄化影响最大地区逐渐南移,死亡率对人口老龄化的贡献在逐渐增大;人均 GDP 对人口老龄化影响并不十分显著;每千人拥有病床数对人口老龄化影响波幅较宽,福建大多数地区处在其高低值交替影响之下;人均受教育年限和迁入率的影响呈不断减小趋势。

(4) 任何一个地区的人口老龄化都不是一个封

闭的系统,与周围区域之间蕴含互为依存的潜在机制,在应对人口老龄化问题时就不能忽视空间作用的反向调节作用,区域之间应该寻求联动发展,要打破导致地区分割和封锁的体制壁垒,建立灵活多变的统筹协作机制来共同应对人口老龄化挑战,同时自身也要善于借助相关地区的政策效应来达到本区域的人口调控目标。人口老龄化的空间差异是客观存在的,一定程度上,这种差异可以增强各区域应对老龄化挑战的紧迫感,尤其对于经济欠发达地区,可以督促当地加快发展经济,为老龄化高峰的到来积累物质基础。但是区域老龄化差异过大也会强化各区域的地方意识,甚至引起社会动荡。所以今后国家的区域人口政策要更多地关注老年人口布局问题,在空间上统筹安排,采取合理措施科学引导人口进行二次分布,缩小人口老龄化的空间差异。

(5) 需要强调的是,尝试在考虑空间变异性的条件下定量地对县域人口老龄化驱动机制作深入挖掘,变量选择的全面与否和指标替代不同可能造成模拟结果或参数估计的差异,从而对于人口老龄化发展机理的影响会发生一定变化,如何选取科学性和可信度更高的指标变量,构建逻辑合理的评价体系,是今后进一步研究的方向。

参考文献(References)

- 陈楠,林宗坚,王钦敏. 2007. 人口经济学中的 GIS 与定量分析方法. 北京: 科学出版社. [Chen N, Lin Z J, Wang Q M. 2007. The GIS and quantitative analysis method of population economics. Beijing, China: Science Press.]
- 方远平,谢蔓. 2012. 创新要素的空间分布及其对区域创新产出的影响: 基于中国省域的 ESDA-GWR 分析. 经济地理, 32(9): 8-14. [Fang Y P, Xie M. 2012. The effect of innovation elements agglomeration on regional innovation output: based on Chinese provinces and cities's ESDA-GWR analysis. Economic Geography, 32(9): 8-14.]
- 高晓路,颜秉秋,季珏. 2012. 北京城市居民的养老模式选择及其合理性分析. 地理科学进展, 31(10): 1274-1281. [Gao X L, Yan B Q, Ji J. 2012. Urban elders' desirable caring patterns and its rationality: a decision tree analysis. Progress in Geography, 31(10): 1274-1281.]
- 李日邦,王五一,谭见安,等. 1999. 我国人口老龄化发展的阶段、趋势和区域差异. 地理研究, 18(2): 113-121. [Li R B, Wang W Y, Tan J A, et al. 1999. The development stages and trend of population ageing and its regional differ-

- ences in China. *Geographical Research*, 18(2): 113-121.]
- 李秀丽, 王良健. 2008. 我国人口老龄化水平的区域差异及其分解研究. *西北人口*, 29(6): 104-107. [Li X L, Wang L J. 2008. A study on regional differences and difference decomposition of population aging in China. *Northwest Population Journal*, 29(6): 104-107.]
- 李扬, 刘慧, 金凤君, 等. 2011. 北京市人口老龄化的时空变化特征. *中国人口·资源与环境*, 21(11): 131-138. [Li Y, Liu H, Jin F J, et al. 2011. Spatiotemporal transition of the aging population based on ESDA- GIS in Beijing City. *China Population Resources and Environment*, 21(11): 131-138.]
- 林琳, 马飞. 2007. 广州市人口老龄化的空间分布及趋势. *地理研究*, 26(5): 1043-1054. [Lin L, Ma F. 2007. Spatial distribution and trends of the aging of population in Guangzhou. *Geographical Research*, 26(5): 1043-1054.]
- 刘娜, 陈瑛. 2012. 基于GIS的我国农村老年人口时空发展研究. *资源开发与市场*, 28(4): 325-328. [Liu N, Chen Y. 2012. Study on spatio-temporal distribution features of rural elderly population in China with GIS. *Resource Development & Market*, 28(4): 325-328.]
- 祁峰. 2010. 我国人口老龄化的经济效应分析. *经济问题探索*, (1): 18-22. [Qi F. 2010. Research on the economic effects of China's aging population. *Inquiry into Economic Issues*, (1): 18-22.]
- 王泽宇, 孙然, 韩增林, 等. 2013. 中国人口老龄化水平测度与空间关联研究. *地域研究与开发*, 32(3): 138-143. [Wang Z Y, Sun R, Han Z L, et al. 2013. Research on the measure of Chinese population aging level and spatial correlation. *Areal Research and Development*, 32(3): 138-143.]
- 王志宝, 孙铁山, 李国平. 2013. 近20年来中国人口老龄化的区域差异及其演化. *人口研究*, 37(1): 66-77. [Wang Z B, Sun T S, Li G P. 2013. Regional differences and evolutions of population aging in China. *Population Research*, 37(1): 66-77.]
- 杨雪, 王淇田. 2012. 中国人口老龄化趋势地区性差异的量化分析. *吉林大学社会科学学报*, 52(1): 148-153. [Yang X, Wang Q T. 2012. The quantitative analysis of population aging trends on regional differences in China. *Jilin University Journal Social Sciences Edition*, 52(1): 148-153.]
- 姚静, 李爽. 2000. 中国人口老龄化的特点、成因及对策分析. *人文地理*, 15(5): 24-29. [Yao J, Li S. 2000. Study on characters, cause of formation and countermeasures of population aging in China. *Human Geography*, 15(5): 24-29.]
- 于蜀, 陈扬乐. 2000. 中国区域人口老龄化趋势、特征及其对策. *华东师范大学学报: 哲学社会科学版*, 32(3): 94-98. [Yu S, Chen Y L. 2000. On tendency and features of population aging in China. *Journal of East China Normal University: Philosophy and Social Sciences*, 32(3): 94-98.]
- 袁俊, 吴殿廷, 吴铮争. 2007. 中国农村人口老龄化的空间差异及其影响因素分析. *中国人口科学*, (3): 41-47. [Yuan J, Wu D T, Wu Z Z. 2007. Analysis on regional disparity and contributing factors of rural population aging in China. *Chinese Journal of Population Science*, (3): 41-47.]
- 查奇芬, 谢明柱. 2013. 农村人口老龄化空间格局及影响因素研究. *湖南农业大学学报: 社会科学版*, 14(4): 37-42. [Zha Q F, Xie M Z. 2013. Spatial pattern and influencing factors of the rural population aging in China. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Science*, 14(4): 37-42.]
- 张纯, 曹广忠. 2007. 北京市人口老龄化的空间特征及影响因素. *城市发展研究*, 14(2): 56-61. [Zhang C, Cao G Z. 2007. On spatial differences of elderly distribution and its influencing factors in Beijing City. *Urban Studies*, 14(2): 56-61.]
- 张旭, 朱欣焰, 鲍曙明. 2012. 中国人口生育率的时空演变与空间差异研究. *武汉大学学报: 信息科学版*, 37(5): 516-519. [Zhang X, Zhu X Y, Bao S M. 2012. Spatial-temporal pattern analysis and spatial disparity research on provincial total fertility rate in China. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 37(5): 516-519.]
- 张志斌, 潘晶, 达福文. 2012. 兰州城市人口空间结构演变格局及调控路径. *地理研究*, 31(11): 2055-2068. [Zhang Z B, Pan J, Da F W. 2012. Population spatial structure evolution pattern and regulating pathway in Lanzhou City. *Geographical Research*, 31(11): 2055-2068.]
- 赵儒煜, 刘畅, 张锋. 2012. 中国人口老龄化区域溢出与分布差异的空间计量经济学研究. *人口研究*, 36(2): 71-81. [Zhao R Y, Liu C, Zhang F. 2012. Spatial econometric research on regional spillover and distribution difference of population aging in China. *Population Research*, 36(2): 71-81.]
- Fotheringham A S, Brunson C, Charlton M. 2002. *Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Tobler W R. 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 46: 234-240.

Characteristics of spatial-temporal evolution in population aging and driving mechanism at county level in Fujian Province during 1990–2010

ZHANG Kaizhou^{1,2}, CHEN Nan^{1,2}

(1. Spatial Information Research Center of Fujian, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;

2. Key Lab of Spatial Data Mining & Information Sharing of Ministry of Education, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Currently, the studies on domestic population aging mostly focus on the demographic effects and social effects, where the present state, the development process, the causes and the effects of population aging have been widely discussed from a non-spatial perspective. However, a growing number of studies shows that population aging also has significant spatial-temporal evolution characteristics that are as important as the economic and social development aspects. This article attempts to describe regional disparity of population aging process in a different perspective, i.e., regional spatial heterogeneity. With this objective, we collected the census data of Fujian in 1990, 2000 and 2010 and various relevant statistical data of corresponding years from the Fujian Statistical Yearbook. A population aging geographical database was established with these data and the sub-county level administrative map of Fujian Province using ArcGIS9.3. Exploratory spatial data analysis (ESDA) methods as well as Moran's I , Getis-Ord G_i^* , function of variogram, and GWR (geographical weighted regression) were applied to examine population aging disparity in Fujian since 1990, aiming to explore the spatial agglomeration pattern, the process of the evolution and the underlying dynamic mechanisms of the spatial-temporal variation of the county level population aging distribution. The result provides further insight into the complexity and uncertainty of the regional disparity of population aging. The conclusions are as follows: (1) The county level population aging distribution of Fujian Province shows a strong spatial correlation with a downward temporal trend. (2) The spatial structures of hotspot and cold spot distributions also have clear differences. The hotspots moved from the coastal area to inland during the study period, while the cold spots shifted in the opposite direction, presenting reversed gradients. (3) In the overall variation, the influence of random factors has increased and structural difference has decreased. At the same time, regional spatial differences have become more significant, and the difference in the northwest-southeast direction was the primary contributor to the widening population aging regional disparity. (4) All factors that were considered affected population aging, but in different areas the direction and degree of influence varied considerably. In general, mortality rate and the number of hospital beds per thousand people played a positive role in prompting population aging, while birth rate, schooling years per capita, and immigration rate have an inhibitory influence on population aging. Per capita GDP affected population aging both positively and negatively. All in all, the dynamic mechanism of spatial-temporal variation of the county level population aging in Fujian Province has been extensively and quantitatively examined in this study from a spatial variability perspective. Admittedly, what have been discussed in this paper are far from complete, especially the population aging evaluation indexes—different evaluation indexes and variables may lead to some differences in parameter estimation and evaluation result. Further research should examine the appropriateness of indexes for evaluating population aging.

Key words: population aging; spatial differentiation; spatial-temporal change; influencing factors; Fujian Province