

长三角地区人口空间均衡模型建构及应用

程晨^{1,2}, 丁金宏², 顾高翔², 田阳²

(1. 上海立信会计金融学院 财税与公共管理学院, 上海 201209;

2. 华东师范大学人口研究所, 上海 200241)

摘要: 人口均衡是中国人口发展的重要战略目标, 人口空间均衡是人口均衡的空间表现, 其对区域均衡发展也有着重大意义。本文在个体迁移行为的基础上提出了一个新的多区域人口空间均衡概念, 并利用工资率、区域条件指数、城市拥挤程度及地理距离等指标, 构建了一个基于个体迁移行为的多区域人口—经济—资源环境均衡模型(RESPE), 并以长江三角洲地区为例, 分析了现有条件下均衡人口空间分布状态。研究发现: 均衡状态下长三角地区人口呈现沿江、沿海集聚, 主要包括苏南沿江、杭州湾沿海及南京至苏北的运河沿线, 以上海为核心的人口空间高集中度圈层结构依然明显; 沪宁杭等引力区具有强劲的人口集聚潜力; 斥力区多紧邻准均衡区, 且广泛分布于江苏北部及浙江、安徽的多数区域。在自由迁移条件下, 长三角地区人口将进一步向沪宁杭及苏南地区集聚。

关键词: 人口空间均衡; 空间结构; 劳动力迁移; 推拉理论; 长三角地区

DOI: 10.11821/dlxb202402007

1 引言

人口均衡是中国人口发展的长期战略目标, 是国家战略规划层面的概念。2008年中国人口学界提出将“均衡”作为人口国策的价值目标, 把综合人口国策完整地表达为建设“人口均衡、资源节约、环境友好”的三型社会^[1]。2010年编制的国家人口发展“十二五”规划, 首次明确将“以建设人口均衡型社会”作为中国人口长期发展的基本目标之一, 2020年“十四五”人口规划再次强调“促进人口长期均衡发展”的总体思路。中国的长期战略目标是一个涉及多方面的综合性规划, 其中涉及到的人口问题与经济、资源、环境紧密相关, 但是人口学者提出的均衡偏向价值, 与物理学、经济学等其他学科的含义大相径庭, 影响了人口学与经济学、管理学和地理学等多学科的交叉与可衔接性, 厘清人口均衡的内涵和外延具有重要的理论和现实意义。

人口均衡有着丰富的外延, 基于中国幅员辽阔、差异巨大的国情, 人口空间均衡的研究就显得尤为重要, 中国共产党“二十大”提出的“发展不平衡、不协调、不可持续”中的“不平衡”带有明确的空间含义。聚焦人口空间均衡是对人口均衡理论研究及人口均衡发展战略规划实践中空间视角的强调, 也是根据现阶段中国人口均衡发展面临的突出问题作出的选择。但是作为国家发展战略的一个重要方面, 人口空间均衡的理论发展仍存在困惑, 即人口空间均衡到底是什么? 因此, 对人口空间均衡的含义展开辨析、建

收稿日期: 2022-10-12; 修订日期: 2023-06-05

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(18ZDA132) [Foundation: Major Program of National Social Science Foundation of China, No.18ZDA132]

作者简介: 程晨(1991-), 女, 安徽桐城人, 博士, 讲师, 研究方向为人口地理。E-mail: chengchenecnu@163.com

通讯作者: 丁金宏(1963-), 男, 江苏涟水人, 博士, 研究员, 研究方向为人口地理。E-mail: jhdng@re.ecnu.edu.cn

立相应的理论模型进行刻画模拟和实证,既是均衡不同多义性统一的理论需求,也是实现国家人口长期均衡战略目标的应用需求。

鉴于此,本文基于多学科视角,重新界定人口空间均衡的概念,提出以多区域之间的净迁移量作为人口空间均衡状态的判断准则;借鉴经典的推拉理论,采用系统动力建模方法,构建多区域人口空间均衡模型(Regional Spatial Population Equilibrium Model, RESPE),以长江三角洲(简称长三角)地区为例,分析现有资源配置及环境禀赋约束下的人口空间均衡分布格局。

2 概念辨析

目前学术界主要从3个方面探讨人口空间均衡。①将均衡理解为空间效用水平相等或空间作用力的平衡,这也是经济学一般均衡或物理学力的平衡的要义。人口空间均衡是指同一家庭在任意两地获得的效用水平相等,若非经济因素(气候、种族歧视等)无法补偿收入等经济因素的差异时,家庭作出迁移决策^[2];人口空间分布会受到外力作用的影响而偏离均衡态,但通过市场调解或者人口迁移,产生工资、地租等补偿差异,可使人口迅速恢复均衡或达到新均衡^[3-4]。Schachter等指出人口迁移行为与劳动力市场密切相关,个人或家庭迁移概率由效用最大化确定,通过改变劳动力供给曲线,人口迁移可产生或改变收入差异;人口空间均衡是假设迁入人口与迁出人口的总量相等,此时人口空间再分配的宏观经济收益基本消除^[5]。在各国城市化进程中,人口在城乡或不同等级城市间持续流动与再分配是不均衡力驱动下的空间均衡,不同层级的城市人口分布折射出的是诸类社会资源的市场分配秩序,人口规模大的城市数量相对较小,这是齐夫法则(Zipf Rank-size Rule)界定的人口空间均衡^[6-7]。丁金宏认为人口分布及再分布是多种社会物理力综合作用的结果,当代中国人口迁移流量、流向背后均有资源环境和社会经济力在推拉,资源环境力属静力,社会经济力属动力,个人因素属内摩擦力,地理距离、文化差异性属外摩擦力^[8-9]。②将均衡理解为人口分布与地理空间或经济社会、资源环境等因素分布的匹配^[10-12],即一个国家或地区可持续供养的人口数量应与其资源承载力相匹配^[13]。基于人地关系视角,吴瑞君等指出“均”是人口数量的均匀分布,“衡”是人口与经济社会、资源环境容量相协调,人口分布均衡的要义在于“均而不衡,衡而不均,不患不均,重在求衡”^[14],这类均衡本质上是在追求人地关系的协调发展。③将均衡理解为价值意义上的高尚,是一种理想状态,这类研究主要代表了中国人口学者对中国人口发展的价值引导和理想追求。一般认为人口空间均衡是指人口分布向更高级均衡状态发展,是人口分布结构的相对平衡^[15-19]。张耀军认为区域人口均衡指的是人口数量适度、结构合理、素质优良、空间分布优化^[20]。此时人口均衡的主体是区域(国家、城镇或乡村),追求人口均衡的目的是服务于区域可持续发展。

辩证地看,建立在较规范的经济学、物理学学理上或追求人地关系协调的人口空间均衡研究,注重从历史过程和实证分析中寻找均衡的证据,相对更为严谨;而将人口空间均衡与价值目标和政策规范结合,则失之理想化。过往人口空间均衡研究多采用宏观视角,聚焦宏观层面上人口分布的均衡性与影响人口分布的外部因子,鲜有研究着眼微观层面上的人口迁移行为,然而人口迁移行为正是人口空间均衡分布的微观理性机制。此外,在研究方法方面,人口空间均衡模型多采用人口集中系数、不均衡指数、不匹配度等指标,尚未建立科学的评价指标体系。

人口空间均衡的内在含义是在特定外部条件下人口空间分布的稳定平衡状态,即达成动态平衡的空间结构。考虑到个人(或家庭)因各种经济或非经济因素在不同区域之间迁移流动,每个区域都会经历人口迁入迁出,从而影响区域间的人口分布格局。本文基于个体迁移行为提出一个新的多区域人口空间均衡概念:在除人口以外的其他要素保持不变的情况下,区域与区域之间的净迁移量为0,即区域间的迁入人口与迁出人口数量相等,多区域之间的净迁移量为0,达到区域间人口分布的动态平衡。均衡状态下各区域之间仍存在迁移流,但区域间人口分布保持动态稳定,人口空间分布结构不再变化。

本文延续经济学、物理学学理上的均衡概念,认为在多区域空间中,人口空间均衡指的是区域间人口数量的动态平衡;在均衡机制上,从微观个体迁移决策角度出发,认为在人口空间均衡状态下,区域之间的人口迁入/迁出量相等,即区域间人口净迁移率为0,称其为人口净零迁移。这样人口的跨区域迁移将不会导致区域人口数量的变化,各区域内的人口数将保持动态平衡。

3 多区域人口空间均衡模型(RESPE)

如前文所述,本文提出的人口空间均衡指的是在经济社会、资源环境等各种驱动力共同作用下,区域间人口净零迁移的状态,此状态通过微观层面上的人口跨区域迁移行为实现。因此,区域间的经济社会和资源环境条件差异、以及区域本身的空间位置是影响人口迁移的微观动力基础,而净迁移率为0是人口空间均衡状态的宏观表征。综上所述,人口空间均衡所指的平衡态是在一定的自然地理与经济社会条件下形成的人口空间分布的稳定平衡状态。基于前文提出的人口空间均衡概念,本节采用系统动力建模方法,以区域间迁移的个体为建模对象,对经典的推拉理论进行扩展,将自上而下的宏观经济模型与自下而上的个体迁移模型结合,以经济、自然、社会等多要素综合驱动个体的跨区域迁移,具体利用经济、环境等观测数据,选择工资率反映经济因素对人类活动的影响,区位条件指数及人口拥挤度来描述自然环境因素的影响,构建了包括生产函数、吸引力函数、人口迁移函数等一系列方程的多区域人口空间均衡模型(RESPE),计算给定外部要素条件下的多区域人口空间均衡的分布格局。

3.1 模型结构

本文假设所研究的空间内包含 n 个区域,区域间的迁移行为以家庭为单位完成,家庭可按其迁移意愿在区域内自由迁徙,其迁移意愿受到经济、资源、环境以及区域间迁移成本的综合影响。为简化模型,本文假设区域内家庭规模相同,每个家庭向生产部门提供1个单位的劳动力。

3.1.1 生产行为 本文采用Cobb-Douglas函数表示区域宏观层面的生产行为,沿用顾高翔等的设定^[21],假设生产函数规模报酬不变,则其具体形式可表现为:

$$Y_i = K_i^{\alpha_i} (A_i L_i)^{1-\alpha_i} \quad (1)$$

式中: Y_i 是区域 i 的产出; K_i 是区域 i 的资本存量; L_i 是区域 i 的劳动者数量; A_i 是区域 i 劳动者的生产技术水平; α_i 是区域 i 的资本要素产出弹性系数,通过计算各区域工资总量的GDP占比获得。

各区域工资率 w_i 由劳动力的边际产出决定:

$$w_i = (1 - \alpha_i) K_i^{\alpha_i} (A_i L_i)^{-\alpha_i} A_i \quad (2)$$

式中: w_i 是区域 i 的单位时间的劳动价格。

3.1.2 人口迁移 推拉理论提出个体的迁移决策会同时受到迁出地推力与迁入地拉力两方面因素的影响。Lee认为除迁出地与迁入地推拉外,迁移距离及成本等中介障碍,以及性别、年龄、受教育程度、生命周期等个人因素也会影响个体迁移决策,迁出地与迁入地均存在推力和拉力因素^[22],推力与拉力的不平衡并使个体能克服迁移惰性时迁移行为发生。基于推拉理论,本文参考顾高翔等的多区域迁移模型,利用Wilson空间相互作用模型来刻画由推力和拉力共同作用的区域间人口吸引力^[21]。Wilson模型是一种基于最大熵原理的空间相互作用模型,与传统引力模型相比,其所刻画的空间相互作用随反映距离的变量指数衰减^[23],李山也将该模型扩展并应用于旅游区对游客的吸引力计算^[24]。考虑劳动者作为家庭迁移行为的决策人,则区域*j*对区域*i*劳动者的吸引力可表示为:

$$T_{ij} = AO_i D_j e^{-\beta d_{ij}} \quad (3)$$

式中: T_{ij} 表示区域*j*对区域*i*劳动者的吸引力; O_i 表示区域*i*的人口供给水平,反映人口迁移中的推力,采用区域劳动者数量 L_i 代替; D_j 表示区域*j*的劳动力需求水平,反映迁移中的拉力; β 表示区域*i*到区域*j*的空间阻尼系数, β 值越大,距离衰减越快; d_{ij} 是区域*i*到区域*j*的道路网最短距离; $e^{-\beta d_{ij}}$ 反映由空间距离带来的迁移成本对迁移行为的阻碍; A 是归一化系数。对于迁移拉力 D_j ,在个体迁移行为发生过程中,劳动者受到的迁入地拉力主要包括以工资收入为主的经济因素和以人口拥挤程度为代表的空间因素,而空间因素也受到气温、风速、降水等自然环境和基础设施、公共服务等社会环境两方面因素的影响^[25]。个体的迁移行为是一种符合理性人假设的经济行为,个人或家庭经过理性选择往往倾向于迁入较原籍地收入更高、社区环境更好的区域。本文以Cobb-Douglas函数形式来刻画人口迁移的拉力,以收入为代表的经济因素是影响迁移决策的主因,因此将其单独列出,将自然、社会环境和人口拥挤度等因素复合,可表示为:

$$D_j = (w_j)^\gamma \left[\frac{1}{P_j} \exp(-H_j) \right]^{1-\gamma} \quad (4)$$

式中: w_j 是区域*j*的劳动者工资率; P_j 是区域*j*中每个二维网格内的人口规模; γ 是弹性系数; H_j 表示区域*j*的自然和社会环境因素对人类活动的影响。由于Wilson模型本身反映的是空间节点之间的相互作用力,因此公式(4)反映了每个二维网格迁移目的地对人口的拉力。采用区位条件指数表示不同区域的自然和社会环境要素,自然要素包括气温、风速、湿度、降水等,社会要素包括财政指数、基础设施条件、交通便捷性、高校指数等,是一套完整的评价指标体系^[26]。

与经典推拉理论不同,由于宏观模型缺乏迁移者个体的异质性数据,因此本文建立基于空间吸引力的个体在区域之间迁移的概率,以概率形式决定个体迁移方向。对于任意区域*i*,将迁移概率乘以人口数量,就可得到迁入人口和迁出人口的期望值。区域*i*迁移到区域*j*的人口数量期望可表示为:

$$M_{ij} = L_i \frac{T_{ij}}{\sum_j T_{ij}} \times n \quad (5)$$

式中: M_{ij} 为区域*i*到区域*j*的人口迁移数量; $\sum_j T_{ij}$ 表示所有区域对区域*i*劳动者的吸引力; n 是家庭规模系数。

3.1.3 人口空间分布均衡 在其他要素保持不变的情况下,人口空间分布的均衡状态指的是多区域之间的净迁移量为0,即每个区域的总迁入人口等于其总迁出人口。

$$\sum_j M_{ij} - M_{ii} = \sum_j M_{ji} - M_{ii} \quad (6)$$

式中: $\sum_j M_{ij}$ 表示迁出区域 i 的人口数量; $\sum_j M_{ji}$ 表示迁入区域 i 的人口数量; M_{ii} 表示留在区域 i 不迁移的本地人口数量。

$$P = \sum_i P_i = \sum_i L_i \times n \quad (7)$$

式中: P 为区域内人口总量。

3.2 模型求解

式 (3) 中区域 i 的人口供给水平 O_i , 本文采用区域人口数量代替:

$$O_i = L_i \times n \quad (8)$$

城市人口增长的资源环境约束变量中, 最紧张的短板是用地, 土地资源利用的最大容量是人口增长的天花板, 人口规模的快速增长致使城市用地规模需求激增。由于现实中各区域面积存在差异, 每个二维网格表示 1 个公里格, 需要在式 (4) 中乘以公里格个数, 此处可简化成区域居住用地面积, 使其反映整个区域对人口的拉力水平。

$$D_j = (w_j)^\gamma \left[\frac{1}{P_j} \exp(-H_j) \right]^{1-\gamma} \times N_j \quad (9)$$

式中: N_j 表示区域内二维网格的个数。

以上模型中式 (1)~(9) 构成了一个非线性方程组, 其目标是求解出均衡状态下的人口空间分布, 外生变量分别是: K_i 、 A_i 、 α_i 、 H_j 、 γ 、 β 、 d_{ij} 、 L 、 P 、 N_j 、 M_{ii} 、 O_i , 待解变量分别是: Y_i 、 w_j 、 T_{ij} 、 M_{ij} 、 L_i 、 P_j 、 D_j , 若方程组有解, 则有唯一可行解。

3.3 研究区域、数据来源及弹性系数取值

3.3.1 长三角地区特征 长三角地区包含沪苏浙皖 3 省 1 市, 由以上海为核心、联系密切的 41 个地级及以上城市组成, 国土面积 35.8 万 km^2 , 仅约占全国的 3.7%。区域总体经济发展水平较高, 2020 年区域生产总值为 24.47 万亿元, 总人口规模为 2.35 亿人, 分别占全国的 24.1%、16.7%, 是中国经济经济活动与人口迁移流动强度最高的区域之一^①。区域内以平原、丘陵和低山地貌为主, 地势较平缓, 降水量较多, 整体环境舒适度高。长三角 41 个市在自然地理、资源环境和经济社会发展等方面既有区域一致性, 又有内在差异性, 这不仅是人口与经济社会发展的前提条件, 也是人口空间均衡的关键驱动因子。

3.3.2 数据来源及弹性系数取值 文中各市 GDP、在岗职工工资总额、劳动者及人口总量等数据来自历次人口普查和相关统计年鉴; 居住用地面积取自《中国城市建设统计年鉴 2020》; 依据 1991—2020 年长三角地级市统计年鉴中的固定资产投资数据, 采用永续盘存法计算各市的固定资本投资总额, 年折旧率为 5%; 工资率依据在岗工资总额与在岗职工数核算得出, 部分地级市相关数据缺失, 使用插值法计算或相近年份替换; 区域间距离通过道路网距离数据核算; 刘清春构建的区域条件指数包括全国所有地级市尺度的数据, 同样适用于长三角地区^[26]; 李山计算了全国范围内适用的地市级域的空间阻尼系数, 并基于长三角展开实证研究^[24], 本文将空间阻尼系数 β 的取值定为 0.002。

加入劳动者工资率弹性参数 γ 是为了在空间相互作用模型中对工资率的贡献作相应调整, 使其能真实反应工资收入水平对个体迁移拉力的贡献率, γ 取值范围为 $0 < \gamma < 1$ 。基于 1% 人口抽样调查数据计算 2010—2015 年长三角 41 个市 5 年人口迁移矩阵, 得出 5 年人口迁移量 \bar{M}_{ij} 。将 γ 改为外生变量, 以区域间人口迁移计算值和真实值方差最小为目标, 建立目标函数, 使用通用代数软件 GAMS 求解非线性规划, 得到方差最小目标下, γ 的取值为 0.817。

① 根据 2021 年《中国统计年鉴》、第七次人口普查数据核算。

4 长三角地区均衡人口计算

4.1 空间均衡状态下长三角地区人口分布

基于RESPE模型,计算现有外部条件下长三角地区均衡人口空间分布(图1)。均衡状态下,长三角人口空间分布呈现以上海为核心的高集中度圈层结构,且东高于西、沿海高于内陆的空间格局显著。上海均衡人口达3223.42万人,是长三角整个圈层的核心,有继续迁入700余万人的空间,这是因为2020年上海的工资率分别是南京、杭州、合肥的1.3倍、1.5倍、2.4倍,其资本存量与劳动者生产技术水平也远高于长三角其余各市,居住用地面积占比超过长三角整个区域的10%,仍具有强劲的人口集聚能力。上海的发展也带动了整个长三角下游城市群的发展,沪宁杭、苏锡等连片的核心聚集区因其整体较高的工资水平与经济发展程度,具有较大的人口发展潜力。南京、苏州、杭州、无锡的居住用地面积也处于全区领先水平,4地的均衡人口分别为1843.73万人、1778.69万人、1643.39万人、1283.94万人,沪宁杭、苏锡5地共同构成了上海—苏州—无锡—南京、上海—杭州、杭州—南京的三角形人口核心集聚区。

作为长三角地区的人口集聚区,沪宁杭、苏锡等地所具备的巨大人口发展潜力不但由宏观层面的规模经济、外部经济性所决定,也是微观层面满足个体多元化、多重性需求所驱动,大都市使追求个性发展的青年人对发展机会的追求有了实现的可能性。安徽省会城市合肥均衡人口也达到1000万人;毗邻沪宁杭等核心聚集区的宁波、绍兴、南通、嘉兴等地,工资率、居住用地等也处于区域内较高水平,均衡人口也在500万人以上;由于地区资源环境容量限制与经济社会发展水平制约,亳州、池州的均衡人口将降至100万人以内。

4.2 人口空间均衡度分析

人口空间均衡度是人口空间均衡计量研究的关键指标,将均衡人口与现实人口的差额与现实人口之比来表示人口空间均衡度,测量方式如下:

$$E_i = \frac{P_i^E - P_i^R}{P_i^R} \quad (10)$$

式中: E_i 表示区域 i 的人口空间均衡度, E_i 的值越接近于零代表现实人口规模越接近均衡态; P_i^E 表示区域 i 均衡人口规模; P_i^R 表示区域 i 现实人口规模。依据均衡度值综合将长三角41个市分为引力区、准均衡区与斥力区3种类型。

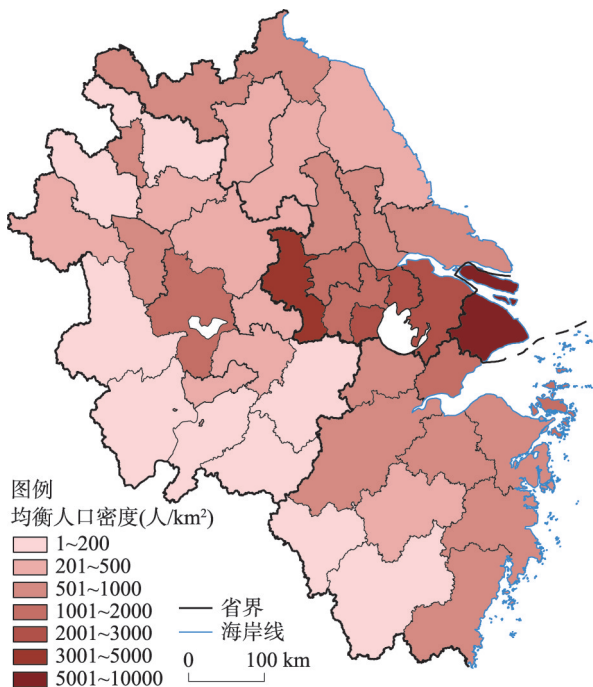


图1 2020年均衡状态下长三角41个市人口密度分布

Fig. 1 Equilibrium state for population density in 41 cities of the Yangtze River Delta in 2020

4.2.1 准均衡区 将人口空间均衡度值在 ± 0.1 之间的区域定义为准均衡区，长三角地区的10个准均衡区主要分布在沿江、沿海地带。江苏的准均衡区多处于长江下游平原和苏北平原，从南部地区的常州、中部地区的南通、扬州延伸至北部地区的徐州、连云港，受上海经济圈和南京都市圈的双重辐射，5地现实人口规模基本临近均衡态。浙江仅有宁波一地，其地势低平，地理位置优越，水陆交通发达且紧邻上海，也基本实现稳定平衡态。安徽有合肥、铜陵、黄山、淮南4地，省会合肥、皖江沿线的铜陵属于区域内经济发展较好的城市；而地处皖南的黄山地势错综复杂，可开发建设用地尤其是居住面积较少；淮南工业发展滞后，4地人口已基本达到均衡（表1、图2）。

4.2.2 引力区 将人口空间均衡度值大于0.1的区域定义为人口引力区，长三角引力区集中于长三角城际铁路客运线网主骨架沪宁线及浙东地区。按均衡度值将（0.1~0.4）、（0.4~0.7）、（>0.7）分为轻度、中度及重度3类引力区，重度引力区仅有南京与无锡，南京均衡人口是现有规模的近两倍，从空间上看，南京是整个长三角的地理中心，对周边特别是苏北及安徽的吸引力较强；无锡可容纳比现有规模多7成的人口数量。中度引力区有镇江、绍兴、舟山三地，由于当前的高工资率、相对舒适

表1 2020年长三角准均衡区均衡人口、真实人口规模及均衡度

Tab. 1 Equilibrium population, existing population, and equilibrium level in the quasi-equilibrium area of the Yangtze River Delta in 2020

区域	均衡人口(万人)	真实人口(万人)	均衡度
连云港	499.50	459.94	0.086
扬州	495.14	455.98	0.086
合肥	1010.04	937.00	0.078
常州	560.34	527.81	0.062
铜陵	128.23	131.00	-0.021
黄山	128.10	133.00	-0.037
南通	742.41	772.66	-0.039
宁波	900.87	940.43	-0.042
徐州	831.41	908.38	-0.085
淮南	276.64	303.00	-0.087

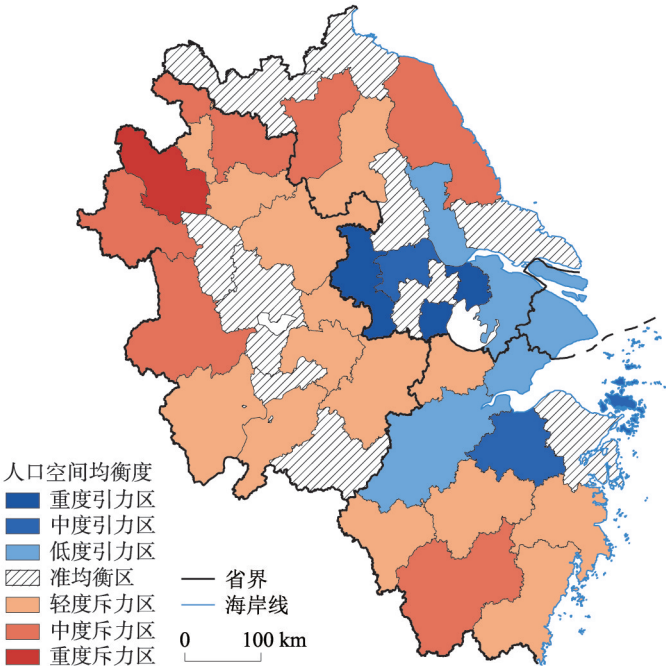


图2 2020年长三角地区41个市人口空间均衡度差异
Fig. 2 Differences in population spatial equilibrium in 41 cities of the Yangtze River Delta in 2020

的人居环境及邻近区域中心上海, 仍可持续引入相当规模的人口。轻度引力区有苏州、杭州、上海、嘉兴、泰州5市, 引力区仅10市就吸纳了长三角超5成的人口数量(表2、图2)。

4.2.3 斥力区 斥力区人口空间均衡度的值小于-0.1, 也将其分为轻度、中度及重度斥力区3类, 取值范围分别为-0.4~-0.1、-0.7~-0.4、-1.0~-0.7, 长三角的斥力区广泛分布于江苏北部及浙江、安徽的多数区域。轻度斥力区多毗邻准均衡区, 且连片集中于安徽大部分区域及浙中、浙东地区, 包括长江沿线的滁州、马鞍山、芜湖、池州、安庆等, 金衢盆地的衢州、金华及温黄平原的台州等地, 均为各省的人口稠密区。中度斥力区一般紧邻轻度斥力区, 包括苏北(盐城、宿迁)、皖北(宿州、阜阳)、皖西南山区(六安)及浙西南(丽水)等经济社会发展受资源环境约束的区域。安徽亳州由于较低的工资率与无优势的区位发展条件, 且远离长三角核心城市上海, 属于重度斥力区(表3、图2)。当前斥力区需持续缓解部分人口压力, 通过迁出部分人口产生收入、地租等补偿差异, 使得人口规模重新达到均衡态。

相对全国尺度而言, 当前长三角地区的人口分布格局较为适宜, 但其内部差距尤其是东西向的相对差距仍较为显著, 此种差异也是区域自然地理、资源开发利用、经济社会发展差距的显性表达。如今中国城市化进入中后期, 以上海为核心的长三角地区面临的人口快速增长与资源环境约束之间的矛盾也在逐渐缓解, 调整区域内人口与外部条件间的均衡关系具备了实现的必要性与可能性, 而实现长三角的人口空间均衡将为中国其他区域形成示范带动效应。就目前长三角地区的资源配置而言, 其人口空间分布的现状与均衡状态仍有一定差异, 若地区内全面取消特大、超大城市的户籍等政策限制, 使劳动者按其意愿自由迁移, 人口将进一步向沪宁杭及苏南等连片经济发达地区迁移。

表2 2020年长三角引力区均衡人口、现有人口规模及均衡度

Tab. 2 Equilibrium population, existing population, and equilibrium level in attractive areas of the Yangtze River Delta in 2020

类型	区域	均衡人口(万人)	真实人口(万人)	均衡度
重度	南京	1843.73	931.47	0.979
	无锡	1283.94	746.21	0.721
中度	镇江	494.98	321.04	0.542
	绍兴	785.79	527.10	0.491
	舟山	165.23	115.78	0.427
轻度	苏州	1778.69	1274.83	0.395
	杭州	1643.39	1193.60	0.377
	上海	3223.42	2487.09	0.296
	嘉兴	673.43	540.09	0.247
	泰州	516.88	451.28	0.145

表3 2020年长三角斥力区均衡人口、现有人口规模及均衡度

Tab. 3 Equilibrium population, existing population, and equilibrium level in repulsive areas of the Yangtze River Delta in 2020

类型	区域	均衡人口(万人)	真实人口(万人)	均衡度
轻度	湖州	299.57	336.76	-0.110
	马鞍山	186.12	216.00	-0.138
	蚌埠	283.98	330.00	-0.139
	淮北	164.80	197.00	-0.163
	芜湖	296.75	365.00	-0.187
	台州	531.61	662.29	-0.197
	宣城	194.75	250.00	-0.221
	滁州	284.82	399.00	-0.286
	衢州	157.72	227.62	-0.307
	淮安	300.90	455.62	-0.340
	温州	623.31	957.29	-0.349
	金华	446.37	705.07	-0.367
	安庆	261.89	417.00	-0.372
	池州	80.48	134.00	-0.399
中度	盐城	398.03	670.96	-0.407
	丽水	117.71	250.74	-0.531
	阜阳	306.39	820.00	-0.626
	宿迁	180.50	498.62	-0.638
	六安	148.96	440.00	-0.661
重度	宿州	175.73	533.00	-0.670
	亳州	98.62	500.00	-0.803

5 结论与讨论

5.1 结论

本文聚焦人口空间均衡问题,强调人口均衡理论研究及人口均衡发展战略规划实践的空间视角。基于多学科视角对人口空间均衡进行了概念界定,提出了以多区域之间的净迁移量作为人口空间均衡状态的判断准则;借鉴经典的推拉理论,采用系统动力建模方法,引入经济和资源环境等因素,构建了一个以劳动力数量、工资率、区域条件指数、城市拥挤度为迁移的推力拉力,以城市之间交通距离为迁移阻尼的区域人口空间均衡模型 RESPE,分析了给定外部条件下的长三角地区 41 个市均衡人口空间分布格局。主要研究结果为:

(1) 综合过往多学科对均衡理论的阐释,本文提出人口空间均衡的内在含义是在特定外部条件下人口空间分布的稳定平衡状态,即达成动态平衡的空间结构。在此基础上,本文基于个体迁移行为提出了一种多区域人口空间均衡概念,即在多区域间人口相对数量的动态平衡。这一定义强调均衡状态下多区域之间的人口净零迁移,达到区域间人口分布的动态平衡。基于这一定义,本文设计了一套人口空间均衡机制,从微观个体迁移决策角度出发,在人口空间均衡状态下,区域之间的人口迁入/迁出量相等,迁移不导致区域人口数量的变化。

(2) 在人口空间均衡状态下,长三角地区人口集聚热点多处于沪宁杭、苏锡甬绍等连片发达区域,较高工资率及气候舒适度将持续吸引劳动者迁入,人口分布格局基本与经济发展水平相同。人口集聚呈现出以上海为根节点,并沿沪宁线等区域内重要交通轴线推进的态势。东高于西、沿海高于内陆的人口分布格局显著。

(3) 长三角地区的准均衡区主要分布在沿海、沿江地带;引力区集中于长三角城际铁路客运线网主骨架沪宁线及浙东地区。苏南、浙东等热点城市仍保持强劲的人口集聚能力,区域人口分布格局未发生根本性变化,以上海为核心的人口地理高集中度圈层结构显著;斥力区均为各省的人口稠密区,主要集中在江苏北部及浙江、安徽等紧邻均衡区的地带,由于地形和经济发展的制约,需疏解部分人口,通过人口迁移产生补偿差异致使人口分布重新恢复均衡。

(4) 本文的人口空间模型是人口与经济、资源环境综合实践的显性表达,在长三角内部,由于资源环境存在相对一致性,对人口空间均衡的影响也相对较少,因此经济因素导致的劳动力市场供求关系成为影响人口空间均衡的最主要因素。当前人口集聚主要发生在上海及周边具有强劲的经济集聚力和就业向心力的连片发达地带,未来若全面取消户籍等政策限制,人口将进一步向沪宁杭及苏南集聚。

5.2 讨论

长三角的人口空间格局是城市化到特定阶段产生的特殊问题,既是难以回避的人口难题,也是会伴随城市化进程不断消减或转化的阶段性问题。从本文的计算结果来看,要实现长三角人口空间均衡的长期目标,需要拆除经济社会发展中的一些以户籍为代表的制度壁垒,让人口、经济等要素在市场力量驱动下自由流动,从而实现人口及资源环境、经济社会发展的良性均衡。若在长三角全面取消户籍等政策限制,短期内人口可能会进一步向以上海为中心的连片发达地区集聚。但即便如此,我们对未来区域人口战略特别是人口空间结构的目标定位也应适时调整,避免人口的过度集聚甚至极化,更不能将其当成最优状态,准确的目标定位应是追求人口、经济等要素自由流动形成的动态稳定平衡的人口结构。

人口空间均衡的内在规定性源自“特定条件”,外部条件的改变致使均衡点的位置也发生改变,就瞬时概念来看,均衡只是一种相对理念,现实中人口发展与外部条件的改变之间时常存在滞后性,往往不会因特定条件的调整就即时实现均衡态;就长期而言,瞬时均衡是种理想状态。由于篇幅有限,本文讨论的是给定外部条件下的多区域人口空间均衡分布,并没有对其动态过程进行分析,得到的均衡状态即为特定条件下瞬时的理想均衡分布。而值得注意的是,人口空间分布随时处于从不均衡状态到均衡状态的转变过程中,均衡演进的方向也伴随要素每时每刻的变化在随时发生改变,导致人口空间分布格局始终处于从不均衡到均衡的动态演化进程中。实现人口空间的动态均衡是一项富有挑战性的工作,也具有非常重要的意义。本文的空间均衡模型也是未来研究的基础,在今后的研究中将尝试研究区域由长三角地区拓展至全国,引入不同时期、空间尺度更细的城乡两种类型的人口空间长期动态均衡过程,即随着资源配置的变化如何影响城乡人口空间分布,从而探讨更为复杂和准确的均衡机制。

参考文献(References)

- [1] Yu Xuejun, Zhai Zhenwu, Yang Fan, et al. Why should we build population-balanced society? *Population Research*, 2010, 34(3): 40-52. [于学军, 翟振武, 杨凡, 等. 为什么要建设“人口均衡型社会”? *人口研究*, 2010, 34(3): 40-52.]
- [2] Graves P E, Linneman P D. Household migration: Theoretical and empirical results. *Journal of Urban Economics*, 1979, 6(3): 383-404.
- [3] Fan Lida. Commentary on equilibrium and disequilibrium in migration modelling. *Chinese Journal of Population Science*, 1994(5): 1-7. [范力达. 人口迁移的均衡模型与非均衡模型评述. *中国人口科学*, 1994(5): 1-7.]
- [4] Hunt G L. Equilibrium and disequilibrium in migration modelling. *Regional Studies*, 1993, 27(4): 341-349.
- [5] Schachter J, Althaus P G. An equilibrium model of gross migration. *Journal of Regional Science*, 1989, 29(2): 143-159.
- [6] Stewart J Q. Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. *Geographical Review*, 1947, 37(3): 461-485.
- [7] Henderson V. Innovation and agglomeration: Two parables suggested by city-size distributions: Comment. *Japan and the World Economy*, 1995, 7(4): 391-393.
- [8] Ding Jinhong. Analysis on the causes of inter-provincial migration in China and the characteristics of flow field. *Population Research*, 1994, 18(1): 14-21. [丁金宏. 中国人口省际迁移的原因别流场特征探析. *人口研究*, 1994, 18(1): 14-21.]
- [9] Ding Jinhong, Liu Zhenyu, Cheng Danming, et al. Areal differentiation of inter-provincial migration in China and characteristics of the flow field. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(1): 106-114. [丁金宏, 刘振宇, 程丹明, 等. 中国人口迁移的区域差异与流场特征. *地理学报*, 2005, 60(1): 106-114.]
- [10] Li Jiaming, Lu Dadao, Xu Chengdong, et al. Spatial heterogeneity and its changes of population on the two sides of Hu Line. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 148-160. [李佳铭, 陆大道, 徐成东, 等. 胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化. *地理学报*, 2017, 72(1): 148-160.]
- [11] Xiang Huali. *Spatial Balance of Population and Regional Sustainable Development in Wuhan Metropolitan Area*. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2013. [向华丽. 武汉城市圈人口空间均衡与区域可持续发展. 武汉: 中国地质大学出版社, 2013.]
- [12] Xiao Jincheng, Li Junpei. Study on the equilibrium of spatial distribution structure of population in China: Based on the analysis of relative resource carrying capacity in east and west China. *Economic Perspectives*, 2005(12): 36-40. [肖金成, 李军培. 我国人口空间分布结构的均衡性研究: 基于我国东西部地区相对资源承载力的分析. *经济学动态*, 2005(12): 36-40.]
- [13] Yin Hongpan, Liu Yulin, Liu Shuling. Research on measuring the equilibrium of China's population distribution under the condition of economy's allocation: Based on spatial simulation and estimation with matlab. *Chinese Journal of Population Science*, 2014(5): 11-23, 126. [尹虹潘, 刘渝琳, 刘姝伶. 经济分布基准下的中国人口分布均衡测度研究: 基于Matlab空间模拟的估算. *中国人口科学*, 2014(5): 11-23, 126.]
- [14] Wu Ruijun, Zhu Baoshu. The unbalanced distribution of population in China and the stability of Heihe-Tengchong Line.

- Chinese Journal of Population Science, 2016(1): 14-24, 126. [吴瑞君, 朱宝树. 中国人口的非均衡分布与“胡焕庸线”的稳定性. 中国人口科学, 2016(1): 14-24, 126.]
- [15] Liu Hui. The research of urban population balanced [D]. Chongqing: Southwest Jiaotong University, 2012. [刘慧. 城市人口空间均衡研究[D]. 重庆: 西南交通大学, 2012.]
- [16] Zhai Zhenwu, Yang Fan. The situation and analysis of balanced population development in China. Population and Family Planning, 2010(8): 11-12. [翟振武, 杨凡. 中国人口均衡发展的状况与分析. 人口与计划生育, 2010(8): 11-12.]
- [17] Li Jianmin. The balanced development of population and its policy implications. Population and Family Planning, 2010(5): 9-10. [李建民. 论人口均衡发展及其政策涵义. 人口与计划生育, 2010(5): 9-10.]
- [18] Wang Ying, Huang Jin, Zhao Juanying, et al. Construction and application of the model for monitoring, measuring and evaluating long-term balanced development of the population. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(4): 169-174. [王颖, 黄进, 赵娟莹, 等. 人口长期均衡发展及其评价监测模型的构建与应用. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(4): 169-174.]
- [19] Mu Guangzong. Constructing a society with population equilibrium development. Journal of Peking University (Philosophy and Social Sciences), 2011, 48(3): 128-135. [穆光宗. 构筑人口均衡发展型社会. 北京大学学报(哲学社会科学版), 2011, 48(3): 128-135.]
- [20] Zhang Yaojun, Chen Wei, Zhang Ying. Regional population equilibrium: Key factor in principal function areas planning. Population Research, 2010, 34(4): 8-19. [张耀军, 陈伟, 张颖. 区域人口均衡: 主体功能区规划的关键. 人口研究, 2010, 34(4): 8-19.]
- [21] Gu Gaoxiang, Wang Zheng. Agent-based simulation on the evolution and development of regional spatial structure with technology and capital diffusion in China. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(6): 808-822. [顾高翔, 王铮. 技术扩散和资本流动作用下中国区域空间结构演化: 基于Agent的模拟. 地理学报, 2014, 69(6): 808-822.]
- [22] Lee E S. A theory of migration. Demography, 1966, 3(1): 47-57.
- [23] Wilson A G. A statistical theory of spatial distribution models. Transportation Research, 1967, 1(3): 253-269.
- [24] Li Shan. The basic theories and geo-computation researches on tourism destination circle [D]. Shanghai: East China Normal University, 2006. [李山. 旅游圈形成的基本理论及其地理计算研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2006.]
- [25] Gao L, Sam A G. Does climate matter? An empirical study of interregional migration in China. Papers in Regional Science, 2019, 98(1): 477-496.
- [26] Liu Qingchun. Impact of geographic factors on economic growth with spatial econometrics method [D]. Shanghai: East China Normal University, 2007. [刘青春. 经济增长中地理要素作用的空间计量经济分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.]

Construction and application of multi-regional population spatial equilibrium model in the Yangtze River Delta region

CHENG Chen^{1,2}, DING Jinhong², GU Gaoxiang², TIAN Yang²

(1. School of Finance and Public Administration, Shanghai Lixin University of Accounting and Finance, Shanghai 201209, China; 2. Population Research Institute, East China Normal University, Shanghai 200241, China)

Abstract: Population equilibrium development is the valuable guide and ideal pursuit of China's population policy and has significant implications for regional equilibrium development. However, there are still misunderstandings about interpreting population spatial equilibrium, and its scientific connotation requires further explanation and promotion. Population spatial equilibrium gives the meaning of space based on population equilibrium, which can be understood as the spatial equilibrium of population distribution. When other factors remain unchanged, the net migration between regions is zero; that is, the total number of immigrants of each region are equal to its total number of emigrants to achieve the dynamic equilibrium of population distribution among regions. A migration stream will exist between regions in an equilibrium state. Migration and equilibrium can coexist, but the population distribution between regions remains dynamic and stable, and the population spatial distribution structure will not change. Specific conditions cause the inherent stipulation of population spatial equilibrium. The equilibrium point will also change with economic, social, resource, and environmental changes. Equilibrium is a relative concept derived from the instantaneous concept; instantaneous equilibrium is an ideal state in the long term. The population spatial distribution is constantly changing from disequilibrium to equilibrium and from equilibrium to disequilibrium. This paper describes a theoretical model of multi-regional population spatial equilibrium based on the regional wage rate, human climate suitability index, urban crowding degree, and distance. Using the Yangtze River Delta as an example, the study analyzes the equilibrium population spatial distribution under current economic, social, environmental, and population conditions. The study found that the population of the study area is concentrated along the river and the coast, mainly in the south of Jiangsu, along the coast of Hangzhou Bay, and the canal from Nanjing to the north of Jiangsu. By comparing the equilibrium population with the current distribution, the Yangtze River Delta can be divided into quasi-equilibrium, attractive, and repulsive areas. The attractive areas, such as Shanghai, Nanjing, and Hangzhou, have large population agglomeration potential. In contrast, the repulsive areas are mainly located in northern and western Anhui, northern Zhejiang, and other areas close to the quasi-equilibrium area. This suggests that under free migration, the population will further concentrate in the areas of Shanghai, Nanjing, Hangzhou, and southern Jiangsu.

Keywords: population spatial equilibrium; spatial structure; labor migration; push-pull theory; Yangtze River Delta