

人口集聚对中国城市经济增长的影响分析

陈 乐¹, 李 郇^{1,2}, 姚 尧³, 陈栋胜¹

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 2. 中山大学城市化研究院, 广州 510275;
3. 中国地质大学(武汉)信息工程学院, 武汉 430074)

摘要: 人口集聚是新经济地理学关注的焦点, 由于连续年份城市建设用地数据难以获取等原因, 目前仍无法明确人口集聚是否促进了中国城市经济增长。采用消除连续年份时空异质性的DMSP/OLS夜间灯光数据方法所提取的建设用地等数据, 通过构建人口密度影响地均收入水平的理论模型, 分析2005-2013年间人口集聚对中国35个大城市经济增长的影响。研究发现人口集聚对中国城市经济增长产生显著的正向影响, 其影响程度沿东、中、西部依次递减; 在解释机制上, 人口集聚主要通过知识和人力资本促进中国城市经济的增长, 而知识密集行业占比和高校师生比的空间分布及两者对城市收入的影响是沿东、中、西部依次递减的, 是解释人口集聚促进城市经济增长存在空间差异的主要原因。

关键词: 人口集聚; 城市经济增长; 夜间灯光数据; 中国

DOI: 10.11821/dlxb201806009

1 引言

人口向城市集聚是人类社会发展的重要现象, 在人口集聚过程中, 技术得以进步, 经济实现增长, 城市获得繁荣^[1]; 然而人口的集聚也为城市带来了巨大挑战, 拥挤、犯罪、疾病等问题也阻碍了城市的进一步发展^[2]。事实上, 城市中人口集聚所产生的收益与成本是并存的^[3]: 人口的合理集聚会使得集聚经济带来的收益远大于拥挤效应带来的成本, 城市经济实现增长, 然而人口的过度集聚使得拥挤成本足以抵消集聚经济带来的收益, 城市经济出现衰退^[4]。中国作为一个发展中国家, 近些年大规模流动人口向城市持续迁移, 造成中国城市人口规模远高于世界其他国家^[5]。那么, 中国的人口集聚对城市经济增长产生何种影响, 大城市是否会出现过度拥挤现象?

国外研究普遍认为, 人口集聚能够促进地区经济的增长, 这一共识始于20世纪90年代新经济地理学的诞生^[6-7], 集聚经济逐渐成为经济地理学界关注的焦点, 而人口集聚能否促进地区经济增长则是其中一个重要议题。在理论层面上, Martin等首先将内生增长与内生区位理论相结合, 以探讨经济增长与企业选址的关系, 其认为创新收益大于通勤成本时, 人口等要素集聚能够促进地区经济的增长^[8]。Martin等进一步发现集聚经济与经济增长存在累积循环关系, 即集聚经济通过企业的创新促使地区经济增长, 而经济增长反过来降低了创新成本, 进而吸引更多的企业和劳动力集聚于该地区^[9]。在实证分析上, Ciccone等首次提出用人口密度衡量人口的集聚, 并利用美国县级数据, 发现人口密度每

收稿日期: 2017-04-19; 修订日期: 2018-03-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(41571118) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41571118]

作者简介: 陈乐(1987-), 男, 陕西渭南人, 博士生, 研究方向为城市经济学、经济地理学。E-mail: chenle198783@126.com

通讯作者: 李郇(1964-), 男, 江西南昌人, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市经济学、区域经济学。

E-mail: lixun23@126.com

增加一倍, 劳动生产率提升6%^[10]。Ciccone采用欧洲5国628个区域的数据, 研究发现人口密度增加一倍, 地区经济增长4.5%^[11]。Ottaviano等运用芬兰各大区数据, 也发现人口密度对地区经济增长产生显著正向影响^[12]。近年来, 学者开始从微观层面探讨人口集聚对生产率的影响, Combes等利用法国人口普查数据, 发现就业密度每增加一倍, 劳动力收入增加3%^[13]。Faberman等利用1992年和1997年美国统计局纵向商业数据, 研究发现当控制地质和气候要素时, 人口密度影响劳动力收入的系数也为3%^[14]。国外经验研究表明, 人口集聚能够促进地区经济的增长, 但这一结论大多建立在较大尺度上, 在集聚经济与拥挤成本并存的城市, 人口集聚能否促进城市的经济增长仍有待进一步验证。

就国内而言, 部分学者从城市尺度探讨了人口集聚是否影响城市经济增长, 主要有3种结论: ①人口集聚促进了城市经济增长^[15-16]; ②人口集聚对城市经济增长的影响呈“倒U”型曲线, 即人口集聚促进了多数城市的经济增长, 但人口密度过高的城市则抑制了经济增长^[17-18]; ③人口集聚对城市经济增长的影响呈由负向正的“U”型曲线模式^[19]。由此可见, 国内对于人口集聚促进中国城市经济增长的观点并未达成共识, 此外, 与国外城市相比, 中国城市的人口密度偏大, 中国是否出现因大城市人口过度集聚而抑制经济增长的实证研究仍鲜有所见^[5]。

本文选用2005-2013年间中国35个直辖、省会和计划单列市为研究对象, 采用消除时空异质性的DMSP/OLS夜间灯光数据提取方法获得的建城区面积等数据, 验证人口集聚对中国城市经济增长的影响及其空间差异, 并在此基础上探寻人口集聚影响中国城市经济增长的解释机制。这将对推进人口集聚与城市经济增长的研究提供一定的理论意义, 也为新时期中国城市经济增长与空间发展政策提供一定的现实指导意义。

2 理论基础

2.1 人口集聚影响中国城市经济增长的理论模型

本文理论模型是基于柯布—道格拉斯生产函数, 构建劳动力密度影响地均收入水平的理论公式, 假定*i*城市*t*时期总产出的柯布—道格拉斯生产函数表示为:

$$Y_{it} = A_{it} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{(1-\alpha)} \quad (1)$$

式中: Y_{it} 表示*i*城市*t*时期的总产出; A_{it} 表示技术发展水平; K_{it} 表示资本存量; L_{it} 表示劳动力总量; 系数 α 表示资本存量的回报率, 且 $0 \leq \alpha \leq 1$ 。需要指出的是, 该模型是适用于面板数据的, 柯布道格拉斯生产函数最初用于1899-1922年美国的资本和劳动对产出的影响, 其同样适用于中国城市面板数据的研究; 另外对于中国城市经济增长问题的研究, 学界多采用面板数据进行分析, 以避免不随时间变化要素对模型产生的干扰。

针对劳动力密度对地均收入水平影响的问题, 本文尝试构建地均收入的生产函数, 由于城镇人口和经济活动均依附于建设用地, 因此在(1)式两边同时除以建设用地 C_{it} 可得:

$$Y_{it}/C_{it} = A_{it} (K_{it}/C_{it})^{\alpha} (L_{it}/C_{it})^{(1-\alpha)} \quad (2)$$

式中: L_{it}/C_{it} 为*i*城市*t*时间的劳动力密度。为了专门探讨劳动力密度对城市收入水平的影响, 需要控制地均资本存量等要素, 因此在(2)式两边同时取对数。

$$\ln(Y_{it}/C_{it}) = \ln A_{it} + \alpha \ln(K_{it}/C_{it}) + (1-\alpha) \ln(L_{it}/C_{it}) \quad (3)$$

式中: 地均产出 Y_{it}/C_{it} 反映*i*城市*t*时间的收入水平, 用 y_{it} 表示; 劳动力密度 L_{it}/C_{it} 反映*i*城市*t*时间的人口集聚程度, 用 $Density_{it}$ 表示; 地均资本存量 K_{it}/C_{it} 则用 k_{it} 表示。

$$\ln y_{it} = \ln A_{it} + \alpha \ln k_{it} + (1 - \alpha) \ln \text{Density}_{it} \quad (4)$$

(4)式即为本文探讨劳动力密度对中国城市经济增长影响的基础模型,其中 $\ln A_{it}$ 为核心控制变量,内生增长理论提出后,学界多采用知识和人力资本等要素进行衡量,其中知识要素选取知识密集行业占工业总产值比例;人力资本多采用大学生人口占总人口比例进行衡量,由于连续年份大学生数据无法获取,采用高校师生比进行替代。控制变量还包括制造业占比(制造业产值/生产总值)和服务业占比(服务业产值/生产总值),之所以选用产业占比,原因在于中国多数城市的经济增长仍以制造加工业为主,而服务业是当前城市中愈发重要的产业,二者均在城市经济增长中发挥着重要作用。

鉴于探讨劳动力密度对中国城市收入影响的研究多存在内生性问题,本文构建了劳动力密度对经济增长的一阶动态分布滞后模型,如下所示:

$$\ln y_{it} = \ln y_{i(t-1)} + \ln A_{it} + \alpha \ln k_{it} + (1 - \alpha) \ln \text{Density}_{it} \quad (5)$$

式中: $y_{i(t-1)}$ 为*i*城市上一年的地均收入水平,加入该项以控制不可观测要素对*t*时间城市收入水平的干扰。

2.2 人口集聚影响城市经济增长的解释机制

人口集聚为什么影响城市经济的增长?现有文献尚未提供一个完整的解释框架,对此,本文基于新经济地理学,尝试回顾人口集聚相关经验研究,探寻人口集聚影响城市经济增长的解释机制。

新经济地理学重点关注集聚经济形成的原因^[6-7],认为知识的溢出、中间投入品和劳动力市场池子是传统影响集聚经济的核心向心力^[20],由于地理学中存在着经典的累积因果关系,人口的集聚也同时促进了这三个向心力的形成^[21-22],在科学技术愈发重要的现代城市,人力资本显著提升,知识的作用愈发明显,人口集聚通过人与人之间交流产生知识溢出,进而推进城市经济增长的作用尤为重要^[23-24]。

那么,人口集聚是如何通过人与人之间交流产生知识溢出推进城市经济增长的?借鉴Duranton等的研究^[22],将这一过程细分为知识的产生、传播与积累3个过程,认为行业的多样性、知识密集行业的集聚以及高人力资本的投资,是促进现代城市经济增长的3个主要途径:①知识的产生多发生于城市发展初期,人口多样性促使人们发展和选择适合自身的行业,而行业多样性加强了城市的分工,进而促进经济的增长^[25];②知识的传播更易在高技术高学历群体集聚的知识密集行业间出现,通过学习模仿高技术劳动力的知识与技能,新进劳动力的生产力水平显著提升^[26],进而带动城市生产力水平的整体提升;③人力资本积累是知识积累的表现形式,人力资本作为城市增长的核心要素,在人口规模持续增长的情况下,人力资本得以积累,技术得以进步^[27],城市经济得以增长。

可以看出,人口集聚主要通过人与人之间交流产生的知识溢出促进城市经济增长,而行业多样性、知识密集行业占比和人力资本投资水平是衡量这一解释机制的核心要素,在实证分析中,可以通过这3类指标验证人口集聚是如何促进中国城市经济增长的。

3 数据

3.1 数据来源

研究对象为中国35个省会和计划单列市,其中东部16个城市^①、中部8个城市^②、西

① 北京、天津、石家庄、沈阳、大连、上海、南京、杭州、宁波、福州、厦门、济南、青岛、广州、深圳、海口。

② 太原、长春、哈尔滨、合肥、南昌、郑州、武汉、长沙。

部11个城市^③。选择这35个城市的原因在于：①统计年鉴提供的地级市建设用地以及常住人口数据存在严重的质量不稳定等问题；本文最初利用《中国城市建设年鉴》获取了全国264个地级市的人口密度数据，然而得出的人口密度数据与实际情况相差甚远且存在严重偏误。②这35个城市代表了中国城镇人口集中程度最高的城市，探讨这些地区人口集聚对经济增长的影响，更能清晰验证中国大城市是否出现了人口密度过高的现象。研究范围为市域，虽然市辖区更合适人口集聚问题的研究，然而现有的统计资料无法提供足够的市辖区数据，特别是市辖区常住人口数据的获取，虽然《中国城市统计年鉴》提供了市辖区总人口数据，但是该数据是户籍总人口，不包括流动人口数据；历年各市统计年鉴虽然提供了各区县常住人口数据，但35个城市中有14个城市缺乏该数据，基于上述考虑，采用市域替代市辖区。

为度量人口集聚对城市经济增长的影响，选取地均收入水平（实际GDP/建成区面积）和人口密度（城镇人口/建成区面积）两个核心指标，选用城镇人口密度而非劳动力密度的原因在于，现有统计数据缺乏连续年份的城市劳动力数据，《中国城市统计年鉴》中虽有各市的劳动力数据，但该数据仅是公安部统计的户籍人口的劳动力，缺乏反映流动人口的统计情况。其他变量包括地均资本存量（实际资本存量/建成区面积）、制造业占比（制造业产值/生产总值）、服务业占比（服务业产值/生产总值）、工业行业多样性、知识密集行业占比和高等学校师生比指标。

3.1.1 建成区面积指标 建成区面积是需要获取的核心数据，由于一直缺乏连续年份合理的建设用地数据，以2010年全国30 m地表覆盖数据^[28]为基准，采用消除时空异质性的DMSP/OLS夜间灯光数据，辅以《中国重点城市建设规模扩展遥感监测图集》中35个城市2006年、2010年数据及2009年全国第二次土地调查数据，得到2005-2013年全国35个城市的建设用地数据。

DMSP/OLS夜间灯光数据是由美国军事气象卫星DMSP搭载的OLS传感器所获取的当地20:30-21:30的数据，通过剔除夜晚来临较晚、云层较厚的统计时段，获得全年所有固定夜晚灯光数据的平均值，并向公众公布。早在1978年，Croft就证明了城市建成区与夜间灯光数据的高度相关性^[29]，加之夜间灯光数据具有长时序、高时间分辨率、与人类活动的高度相关性等特点，运用夜间灯光数据提取城市建成区是非常高效的方法。

由于DMSP卫星缺少星上定标，导致相同年份不同传感器之间以及同一传感器不同年份之间数据的不可比性^[30-31]，本文选用Wei等^[32]提出的基于伪不变特征的时空归一化阈值法，该方法通过对夜间灯光数据进行地域分块分别求出不同地区的最佳阈值，进而划分出建设用地与非建设用地，能够精准反映城市的建设用地情况；已有学者尝试将该方法应用于诸如中国、美国大陆地区等场景，且均证明了该方法的有效性^[33-34]。

本文提取建设用地的方法主要通过以下3个步骤实现：①获取2010年（基准年）建成区面积。首先，以2010年TM 30 m数据为基准，将全国灯光数据依区县边界分割为2800多个NTL影像，并根据公式 $\sum_{i=1}^n |\hat{A}_{T,i} - A_i| = \min$ 进行迭代，以确定每个区县的最佳阈值，其中， A 为TM 30 m数据， \hat{A} 为建成区模拟值， n 为区县总数， $0 \leq T \leq 63$ 为阈值；其次，将 i 区县中 $DN_i \geq Threshold_i$ 的区域设定为建成区，拟合全国建成区面积，该数据与TM 30 m数据的相关度高达0.992。第二，获取2005-2009年、2011-2013年的建成区面积。首先，选用公式 $PIFs = (DN_{2010} < 63) \text{ and } (DN_i < 63) \text{ and } (|\Delta DN_{i,2010} - P| = \min)$ 确定目标

③ 呼和浩特、南宁、重庆、成都、贵阳、昆明、西安、兰州、西宁、银川、乌鲁木齐。

年份的 $PIFs$ 区域^[32], 其中 P 值为限差临界值, 经过反复验证确定 35 个城市的限差临界值为 5; ② 利用公式 $PIFs_t = a \times PIFs_{2010} + b$ 确定阈值模型的参数 a 和 b , 并根据公式 $Thresholds_t = a \times Thresholds_{2010} + b + 0.5$ 获取目标年份的最佳阈值^[33]; ③ 对拟合的建成区面积进行检验和修正。利用《中国重点城市建设规模扩展遥感监测图集》进行佐证, 发现 35 个城市中, 除条带状城市的建设用地偏小外, 其他城市的拟合数据与图集数据一致, 继而利用临界检验, 确定条带状城市的 $PIFs$ 的限差临界值为 9, 最终获取的城市建成区如图 1 所示 (分别在东、中、西部挑选经济水平较高与较低的 9 个城市)。

3.1.2 其他指标 实际 GDP 来源于历年各市的统计年鉴; 城镇人口根据常住人口减去常住农村人口获得, 其中常住人口均来源于历年各市的统计年鉴, 常住农村人口除长春、福州、厦门、济南、青岛、南京和苏州外, 均来自于历年各市的统计年鉴中常住人口细分项中的农村人口, 南京和苏州的农村人口数据来自于《江苏统计年鉴》辅以统计公报, 而长春、福州、厦门、济南和青岛缺少常住农村人口或常住城镇人口数据, 本文采用历年各市的城镇化率进行了替代; 制造业和服务业产出来源于《中国城市统计年鉴》并通过统计公报进行佐证; 行业多样性和知识密集行业占比数据来源于历年各市统计年鉴; 高校师生比来源于《中国城市统计年鉴》。

其中, 实际资本存量主要来源于各市的统计年鉴, 按照永续盘存法通过 3 个步骤获取: ① 根据公式 $K_{2005}^i = I_{2005}^i [(1 + g_i) / (g_i + \delta)]$ 计算 2005 年 35 个城市的全社会资本存量, 其中 I_{2005}^i 是 2005 年城市 i 的固定资产投资额, g_i 为 i 城市 2005-2006 年的名义人均 GDP 增长率, δ 为折旧率, 统一采用 9.6%。② 根据公式 $K(t) = K(t-1) + I(t) - \delta K(t-1)$ 获取 2006-2014 年 35 个城市的名义资本存量^[35], 其中 $I(t)$ 为当年价格的固定资产投资总额, 折旧率 δ 依然采用 9.6%。③ 根据 2005-2014 年各市所属省份的 GDP 缩减指数, 将名义资本存量换算成以 2005 年为基年的实际资本存量。

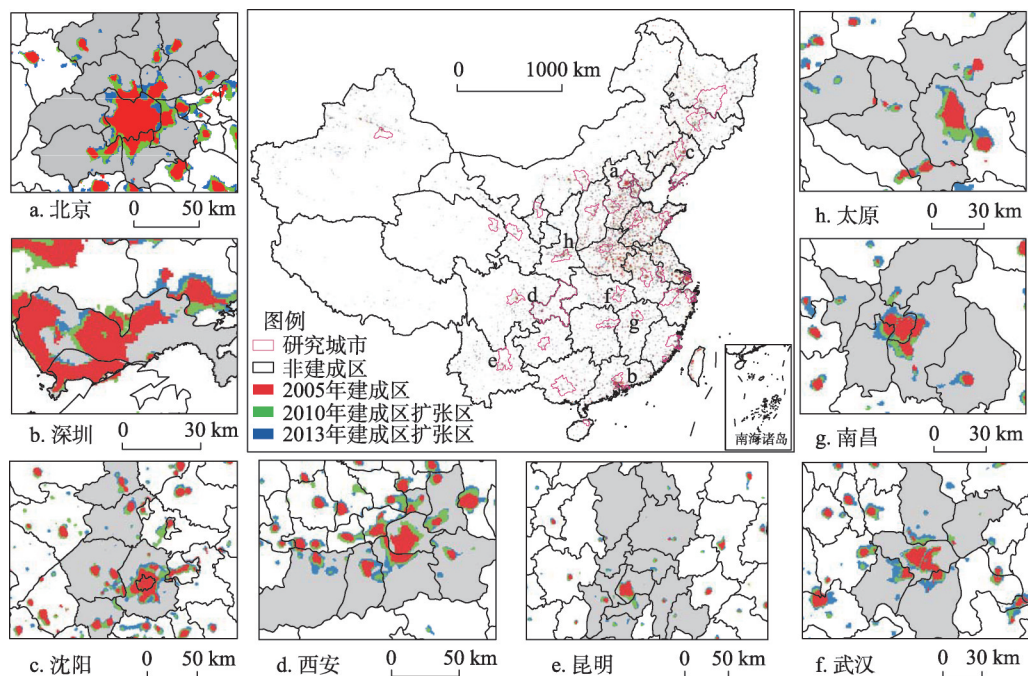


图1 2005-2013年城市建设用地的提取结果

Fig. 1 Urban construction land from 2005 to 2013

3.2 人口密度的描述性分析

人口密度是衡量人口集聚的核心指标^[10-11, 15, 18]，周一星等明确指出人口密度等于城镇人口除以城市建成区面积，其中，建成区是指经过征用的土地和实际发展起来的城镇非农业活动的建设地段，并进一步提出中国城市的人口密度在0.2万人/km²以上^[36]。

通过城镇常住人口除以灯光数据提取建成区面积，并以此确定人口密度数据是合理的，具体体现在：就人口密度程度而言，2010年基准年35个城市中人口密度最大的城市为深圳1.29万人/km²，最小城市为石家庄0.27万人/km²，平均值为0.61万人/km²，且集中于0.4万~0.7万人/km²之间，符合中国城市人口密度的基本范围。就人口密度的空间分布而言，东部城市平均人口密度为0.7万人/km²，远高于中西部城市的0.53万人/km²，符合人口向经济发达城市集聚的发展规律。然而，值得注意的是，中国西部城市并未出现人口密度过低的现象，部分原因在于西部城市多以山地为主，山地面积较大和山地起伏度较高亦会增加人口密度^[37]。就人口密度的变动趋势而言，多数城市呈逐年降低趋势，根据图2，2005-2013年间，35个城市的人口密度分布均向左侧平移，同时2005年、2010年和2013年核密度曲线主波峰所对应的人口密度分别为0.6万人/km²、0.55万人/km²和0.5万人/km²，人口密度逐年下降，符合中国城市人口增速相对放缓而建设用地面积增加的趋势。

收入水平和人口规模是衡量城市增长的两个核心指标，由图3可知，2005-2013年35个城市的人口密度与收入水平的相关度高达0.78，而与人口规模的相关度仅为0.25，原因可能在于，人口密度对人口规模的影响不仅受到集聚经济促使的企业岗位增加或政府改善消费环境等正向影响，还受到人口过度集聚引起的拥堵、环境污染等负面影响。相比之下，人口密度对城市经济增长的影响更为直接，然而，根据内生增长理论，城市经济增长更多是受到人均资本存量和技术进步等要素的影响，因此，需要通过计量地理的方法，在控制其他要素的情况下，单独探讨人口密度能否促进城市经济的增长。

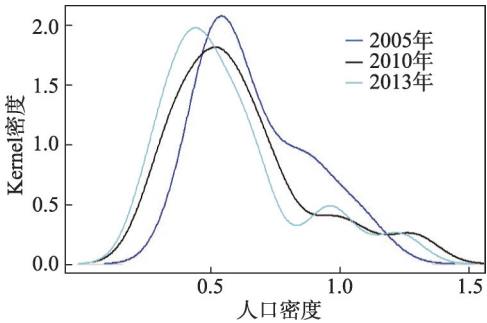


图2 人口密度的分布演变趋势
Fig. 2 Tendency of the distribution of population density

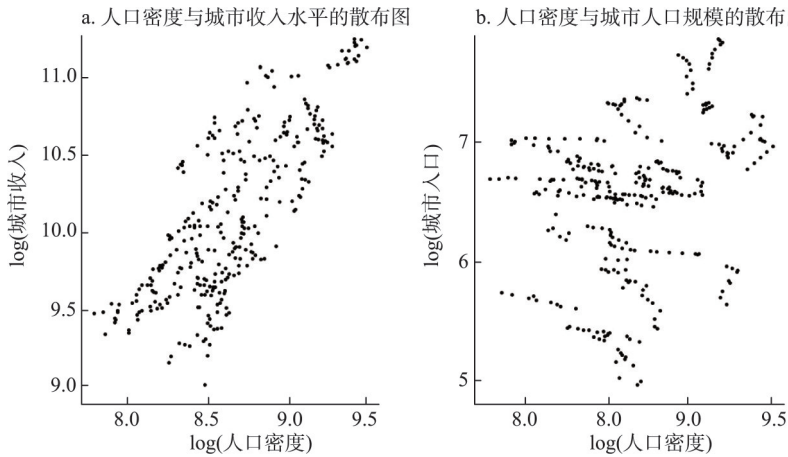


图3 人口密度与城市增长的关系对比
Fig. 3 Relationship between urban income and population size

4 人口集聚影响中国城市经济增长的实证分析

4.1 人口集聚促进了中国城市经济增长

4.1.1 基本结果 表1是采用公式(4)和(5)分析2005-2013年人口密度对中国35个城市收入水平影响的基本结果,结果显示人口集聚对中国城市经济增长产生显著的正向影响,该结论与丁成日^[5]认为的中国城市人口密度并未出现过高现象的推断一致,佐证了本文的模型设置是合理的。

模型1为仅考虑人口密度对城市收入水平影响的结果,其中Hausman检验的*P*值小于0.1,需要考虑个体固定效应模型,结果表明人口密度对地均收入的影响为正值,且在1%水平显著,城市人口密度每增加10%,地均收入水平增加7.1%。模型2、3和4为依次加入地均资本存量、制造业占比和服务业占比要素时,人口密度对地均收入影响的结果,结果显示人口密度对地均收入依然产生显著的正向影响。

为避免内生性问题对回归结果产生影响,考虑通过GMM估计加入收入水平一阶滞后项的动态面板模型(如模型5~8),其回归结果与模型1~4接近,即人口密度对地均收入仍产生显著的正向影响,且城市人口密度每增加10%,地均收入水平则增加6.2%左右。同时,sargan检验*P*值大于0.1,不能拒绝工具变量服从外生的卡方分布,由此验证了动态面板模型选取的合理性^[38]。由于动态面板结果更为稳健,最终确定人口密度对城市地均收入水平的影响系数为0.62左右。

就控制变量而言,地均资本存量对地均收入水平产生显著的正向影响且系数稳定在0.33~0.36之间,表明资本投入在中国城市经济增长中发挥着重要的作用;制造业占比对地均收入水平亦产生显著的正向影响,表明制造业集聚仍对现阶段中国城市经济增长产生重要作用;服务业占比对地均收入影响的显著性并不稳健,虽然模型4中服务业占比的系数显著为正,但模型8稳健性估计结果指出服务业系数为负且不在10%水平显著,

表1 人口集聚影响中国城市经济增长的结果
Tab. 1 Results of population agglomeration on urban economic growth in China

	模型1 (FE)	模型2 (FE)	模型3 (FE)	模型4 (FE)	模型5 (GMM)	模型6 (GMM)	模型7 (GMM)	模型8 (GMM)
lnincome _{<i>t-1</i>}					0.28* (2.431)	0.31** (2.823)	0.2 · (1.652)	0.31** (2.896)
ln(人口密度)	0.71*** (19.169)	0.7*** (22.980)	0.61*** (19.723)	0.7*** (23.181)	0.67*** (11.566)	0.65*** (16.136)	0.62*** (14.297)	0.64*** (16.704)
ln(地均资本存量)		0.36*** (11.801)	0.36*** (13.039)	0.37*** (12.031)		0.33*** (6.7943)	0.34*** (6.2843)	0.33*** (6.373)
制造业占比			0.77*** (7.121)				0.43* (2.236)	
服务业占比				0.15* (2.026)				-0.04 (-0.377)
Sargan 检验 <i>P</i> 值					0.165	0.171	0.171	0.171
Hausman 检验 <i>P</i> 值	0.002	<2.2e-16	<2.2e-16	<2.2e-16				
调整的 <i>R</i> ²	0.503	0.629	0.666	0.679				
样本量	315	315	315	315	245	245	245	245

注:① 括号中为*t*值;② ***、**、*、·分别对应0、0.01、0.05、0.1的显著性水平;③ 表中制造业占比和服务业占比要素存在较强负相关性(-0.48),需要将二者分别回归。

表明与制造业相比，现阶段服务业集聚对中国城市经济增长的影响并不明显。另外在控制产业集聚要素时，人口密度对地均收入的影响仍然显著，其显著性也远高于产业集聚要素，表明人口集聚在城市经济增长中发挥着重要作用。

4.1.2 知识和人力资本对回归结果的影响 那么在控制知识和人力资本要素时，基础回归结果是否发生了明显变化？表2是在表1基础上加入高校师生比和知识密集行业占比^④要素的回归结果，结果显示人口密度对地均收入的正向影响依然显著但该系数略有下降，知识和人力资本要素对地均收入也产生显著的正向影响。研究结果进一步证明，人口集聚在城市经济增长中发挥着重要作用。

模型1~2显示当分别控制高校师生比和知识密集行业占比要素时，人口密度对地均收入的正向影响依然在1%水平显著，但回归系数略有下降，从最初的0.61分别下降至0.60和0.59；高校师生比和知识密集行业占比的系数显著为正，与现有文献的发现一致；另外与表1中的模型3相比，调整的 R^2 有显著提升，表明二者的加入提升了模型的稳健性。模型3显示当同时控制高校师生比和知识密集行业占比要素时，人口密度的系数下降至0.58，但仍然非常显著，调整的 R^2 进一步提升，表明同时控制高校师生比和知识密集行业占比的模型更加稳健。模型4~6为避免内生性问题的GMM估计结果，结果显示，人口密度对地均收入依然产生显著的正向影响，且系数稳定在0.61，而高校师生比和知识密集行业占比的回归系数虽然为正却变为不显著，表明二者的加入虽然提升了模型的稳健性但存在着内生性。

综合而言，2005-2013年间，人口密度对中国35个城市地均收入产生显著的正向影

表2 知识和人力资本要素对回归结果的影响
Tab. 2 Regression analysis of knowledge and human capital

	模型1 (FE)	模型2 (FE)	模型3 (FE)	模型4 (GMM)	模型5 (GMM)	模型6 (GMM)
$\ln income_{i,t}$				0.21 [*] (1.962)	0.22 [*] (2.064)	0.21 [*] (2.033)
$\ln(\text{人口密度})$	0.60 ^{***} (19.56)	0.59 ^{***} (19.282)	0.58 ^{***} (19.107)	0.61 ^{***} (14.85)	0.61 ^{***} (14.692)	0.61 ^{***} (14.858)
$\ln(\text{地均资本存量})$	0.37 ^{***} (13.279)	0.36 ^{***} (13.16)	0.37 ^{***} (13.43)	0.34 ^{***} (8.039)	0.34 ^{***} (8.235)	0.34 ^{***} (8.263)
制造业占比	0.75 ^{***} (7.20)	0.73 ^{***} (6.919)	0.72 ^{***} (6.805)	0.40 ^{**} (2.909)	0.39 ^{**} (2.907)	0.40 ^{**} (2.928)
高校师生比	1.74 [*] (2.503)		1.84 ^{**} (2.705)	0.38 (0.514)		0.47 (0.685)
知识密集行业占比		0.37 ^{***} (3.351)	0.38 ^{***} (3.505)		0.17 (1.450)	0.47 (1.482)
Sargan 检验 P 值				0.153	0.163	0.150
Hausman 检验 P 值	8.841e-09	0.0003	0.0499			
调整的 R^2	0.730	0.734	0.740			
样本量	315	315	315	245	245	245

注：① 括号中为 t 值；② ***、**、*、· 分别对应 0、0.01、0.05、0.1 的显著性水平。

④ 将通信设备、计算机及电子设备制造业，医药制造业，交通运输设备制造业，黑色金属冶炼及压延加工业，仪器仪表及文化、办公用机械制造业，化学原料及化学制品制造业，专用设备制造业，通用设备制造业和电气机械及器材制造业9个行业确定为知识密集型行业。

响,且在控制行业集聚、知识和人力资本等要素时,这一正向影响依然显著,表明人口集聚在城市经济增长中发挥着重要作用。

4.2 影响程度沿东、中、西部依次递减

由于城市人口密度与收入水平在东、中、西部均存在显著的空间差异,那么人口集聚对地均收入的影响是否也存在空间差异性呢?为回答这一问题,本文进一步引入地区虚拟变量与人口密度的交叉项(表3),结果显示人口集聚对城市经济的正向影响沿东、中、西部依次递减。

表3 人口集聚对城市经济增长影响的空间差异

Tab. 3 Effects of population agglomeration on urban economic growth among the eastern, central and western regions

	模型1 (FE)	模型2 (FE)	模型3 (FE)	模型4 (FE)	模型5 (FE)	模型6 (GMM)	模型7 (GMM)	模型8 (GMM)	模型9 (GMM)	模型10 (GMM)
$\ln income_{i,t}$						0.603*** (5.397)	0.67*** (7.815)	0.41*** (4.694)	0.48*** (4.845)	0.26** (2.794)
(ln人口密度*东部)	0.84*** (9.948)		0.67*** (9.530)		0.71*** (11.932)	0.82*** (7.809)		0.78*** (9.140)		0.80*** (8.412)
(ln人口密度*中部)		0.72*** (9.892)		0.51*** (7.988)	0.55*** (10.565)		0.52*** (3.737)		0.47*** (5.293)	0.56*** (7.318)
ln(地均资本存量)	0.304*** (6.746)	0.41*** (9.149)	0.326*** (8.920)	0.41*** (10.882)	0.34*** (11.031)	0.28*** (3.276)	0.34*** (3.806)	0.31*** (3.829)	0.37*** (4.812)	0.32*** (4.108)
制造业占比			1.2*** (9.123)	1.24*** (9.087)	0.92*** (8.062)			0.64*** (3.973)	0.60** (3.045)	0.48** (3.01)
高校师生比			3.728*** (4.153)	3.13*** (3.362)	3.66*** (4.835)			2.308* (2.381)	2.76** (2.716)	2.05* (2.45)
知识密集行业占比			0.66*** (4.677)	0.47** (3.175)	0.39** (3.239)			0.34* (2.114)	0.34* (2.159)	0.23 (1.586)
(Sargan 检验P值)						0.197	0.170	0.145	0.146	0.139
(Hausman 检验P值)	2.754E-09	5.014E-13	6.601E-12	5.754E-10	< 2.2E-16					
调整的R ²	0.339	0.338	0.545	0.509	0.676					
样本量	315	315	315	315	315	245	245	245	245	245

注:①括号中为t值;②***、**、*、·分别对应0、0.01、0.05、0.1的显著性水平;③当同时考虑人口密度、人口密度与中部交叉项、人口密度与西部交叉项要素时,也得出与本表一致的结果。

模型1显示当控制资本存量时,与中、西部城市相比,东部城市人口密度对地均收入水平的影响显著为正,系数为0.84;当加入控制变量后,这一系数降为0.67(模型3);类似地,模型2、4显示在仅控制资本存量和加入制造业占比时,与东、西部城市相比,中部城市人口密度对地均收入水平的影响仍显著为正,系数分别为0.72和0.51;模型5考虑将东部、中部人口密度与控制变量同时加入模型,发现与西部城市相比,东、中部城市人口密度对城市收入水平的影响系数分别为0.71和0.55。为避免内生性问题的干扰,采用动态面板GMM估计(见模型6~10)。其中模型6~9结果显示,东部和中部城市人口密度对地均收入存在显著的正向影响且影响稳健,东部地区影响程度(0.8左右)大于中部地区影响程度(0.5左右);当同时加入东、中部与人口密度要素的交叉项时(模型10),发现与西部相比,东、中部人口密度的系数分别为0.80和0.56。

综合而言,2005-2013年间,东、中、西部城市人口集聚对城市经济增长均存在显著的正向影响,且影响系数在空间上存在显著的差异性,即该影响依东、中、西呈逐渐递减趋势。

5 人口集聚促进中国城市经济增长的解释机制

为什么人口集聚能够促进现阶段中国城市经济增长,其影响程度为什么存在空间差异?基于本文的理论机制,假定在人口密度影响地均收入水平基础模型的基础上,加入高校师生比、知识密集行业占比和行业多样性指标,如果某个指标的回归系数显著且不影响其他变量的回归结果,同时人口密度的系数值出现下降,回归的拟合度提升,则该指标能够成为一个解释机制。

实质上,表2已经验证了知识密集行业占比和高校师生比是两个重要的解释机制,从表2计量结果看,①知识密集行业占比和高校师生比均通过显著水平5%的统计检验,原有回归的各解释变量的符号依然没有发生变化,而且显著;②核心变量人口密度的系数值从0.61下降到0.58,回归拟合度从66.6%提升到74%。另外,与其他控制变量相比,在避免内生性的GMM估计中,二者的显著水平明显降低,表明其与人口密度之间存在着内生性。知识密集行业占比和高校师生比要素不仅是替代技术进步衡量经济增长的重要指标,也是本文解释人口密度促进城市经济增长的重要指标。结合之前的理论基础,明确现阶段人口集聚主要通过知识和人力资本投资促进中国大城市的经济增长。

那么行业多样性的情况如何?从表4的计量结果看,直接引入行业多样性要素^⑤是不可行的。模型1~2是固定效应的回归结果,发现行业多样性系数的绝对值均小于0.01,且未通过显著水平10%的统计检验;模型3~4的GMM动态面板回归结果依然显示,行业多样性系数的绝对值小于0.01,仍未通过10%的统计检验。表4结果表明,行业多样性对收入水平的影响不显著且系数值极小,不能成为一个解释机制,该要素并不能解释现阶段人口集聚对中国大城市经济增长的影响。

综合而言,人与人之间交流产生知识溢出能够较好地解释人口集聚对中国城市经济增长的促进作用,然而现阶段,人口集聚主要通过知识和人力资本促进中国大城市的经济增长,人口集聚无法通过行业多样性促进中国城市经济的增长。

那么为什么人口集聚对城市经济影响存在着空间的差异?原因在于知识密集行业占比和高校师生比对城市收入水平的影响总体呈东、中、西部依次递减的态势,同时这两个指标的空间分布也按照东、中、西部依次递减。

表5是以西部为参照项时,东、中部城市的知识密集行业占比和高校师生比对城市收入水平的影响结果。其中模型1显示,与西部相比,东部高校师生比的系数为2.75,且通过显著水平5%的统计检验,中部高校师生比的系数虽然为负但并不显著;模型2显示,与西部相比,东部高校师生比的系数为0.5,且通过显著水平5%的统计检验,中部高校师生比的系数为正,仍不显著;模型4同时考虑了高校师生比和知识密集行业占比的情况,发现二者与东、中部的交叉项均为正,除中部高校师生比系数不显著外均通过10%的统计检验,同时东部的系数高于中部。不难发现,东部城市的两个学习要素对城市收入的影响最大,中部城市与西部城市接近但略高于西部城市,西部城市的影响最小。

图4为2010年(基准年)知识密集行业占比和高校师生比的空间分布,研究发现知识密集行业占比在东、中、西部的平均值分别为57.94%、50.99%和41.04%,高校师生比在东、中、西部的平均值分别为0.066、0.06和0.052,二者在东、中、西部间均呈逐渐递减分布。实践表明,知识密集行业占比与高校师生比较高的城市也更易吸引高技能和高学历群体,能够加强城市自身的学习能力,进而促进城市的经济增长。

⑤ 行业多样性采用HHI指数的倒数,等于 $1/\sum S_{ij}^2$,其中 S_{ij} 为行业 j 在城市 i 的产出。

表4 行业多样性对集聚经济的影响结果

Tab. 4 Effects of diversity of industry on agglomeration economy

	模型1 (FE)	模型2 (FE)	模型3 (GMM)	模型4 (GMM)
lnincome _{t-1}			0.22* (2.064)	0.21** (2.098)
ln(人口密度)	0.60*** (19.548)	0.58*** (19.006)	0.62*** (14.374)	0.61*** (14.834)
ln(地均资本存量)	0.36*** (12.679)	0.36*** (11.801)	0.34*** (8.119)	0.34*** (8.341)
制造业占比	0.71*** (6.448)	0.68*** (6.26)	0.39** (2.892)	0.40** (2.981)
高校师生比		1.68* (2.444)		0.48 (0.698)
知识密集行业占比		0.37*** (3.438)		0.18 (1.451)
行业多样性	-0.008 (-1.368)	-0.006 (-1.073)	-0.0008 (-0.145)	-0.0002 (-0.051)
Sargan 检验 <i>P</i> 值			0.153	0.144
Hausman 检验 <i>P</i> 值	<2.2e-16	3.79e-07		
调整的 <i>R</i> ²	0.727	0.741		
样本量	315	315	245	245

注: ① 括号中为 *t* 值; ② **、*、· 分别对应 0.01、0.05、0.1 的显著性水平。

表5 集聚经济空间差异的解释机制

Tab. 5 Influencing factors of spatial disparities on agglomeration economy

	模型1 (FE)	模型2 (FE)	模型3 (FE)	模型4 (RE)
截距项				0.40 (1.101)
ln(人口密度)	0.61*** (19.952)	0.595*** (19.251)	0.605*** (19.804)	0.605*** (20.598)
ln(地均资本存量)	0.36*** (13.042)	0.36*** (12.983)	0.35*** (13.023)	0.37*** (14.111)
制造业占比	0.72*** (6.60)	0.74*** (6.913)	0.67*** (6.185)	0.65*** (6.344)
(高校师生比*东部)	2.75** (2.601)		3.69*** (3.363)	2.22** (2.632)
(高校师生比*中部)	-0.72 (-0.335)		-1.3 (-0.602)	0.68 (0.409)
(知识密集行业占比*东部)		0.50** (2.765)	0.66*** (3.580)	0.47* (3.253)
(知识密集行业占比*中部)		0.21 (1.138)	0.24 (1.293)	0.30· (1.811)
Huassman 检验 <i>P</i> 值	2.827e-12	4.281e-07		0.984
调整的 <i>R</i> ²	0.729	0.731	0.741	0.778
样本量	315	315	315	315

注: ① 括号中为 *t* 值; ② **、*、· 分别对应 0.01、0.05、0.1 的显著性水平; ③ 模型 3~4 中, Huassman 检验 *P* 值为 0.984, 应选择随机效应模型, 为了便于对比, 表 5 中同时报告了固定效应的情况 (见模型 3 结果)。

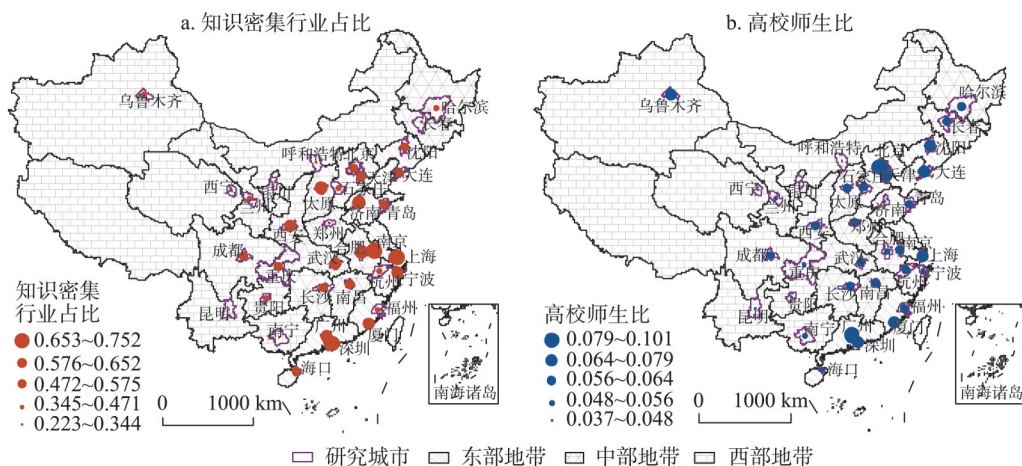


图4 2010年中国35个城市知识密集行业占比和高校师生比的空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of knowledge intensive industry ratio (a) and university teacher-student ratio (b) in China in 2010

6 结论与讨论

由于连续年份建成区面积难以获得等原因,有关中国城市人口集聚或集聚经济的实证研究难以推进,为此,本文利用消除连续年份时空异质性的DMSP/OLS夜间灯光数据方法,精准提取了2005-2013年间中国35个城市的建设用地数据,据此分析了人口集聚对城市经济增长的影响及其空间差异。

从实证结果看:①人口集聚对中国大城市经济增长产生显著正向影响,在采用GMM动态面板估计以及加入行业集聚、知识和人力资本等控制变量时,这一结果依然稳健;进一步发现人口集聚对城市经济增长的影响程度存在着空间差异,即沿东、中、西部依次递减。②人口集聚主要通过知识和人力资本促进中国城市经济的增长,而人口集聚无法通过行业多样性促进城市经济的增长;此外,知识密集行业占比和高校师生比的空间分布及其对城市收入水平的影响呈东、中、西部依次递减的态势,是解释人口集聚促进城市经济增长存在空间差异的主要原因。

研究结论有两方面政策建议:①推进城市的集约型增长。中国城市化长期面临土地城镇化速度远快于人口城镇化的异速增长现象^[39],新城、新区热潮持续^[40-41],大量建设用地闲置和低效率利用;城市规划要以提高城市密度为目的,建设用地的扩张要受到人口增长的约束,可以从加强土地挖潜、建设紧凑型城市出发,推进城市的集约增长。②积极推进城市的知识密集行业和人力资本投资建设。知识和人力资本是经济增长的源泉,也是经济持续、快速、健康增长的核心动力;在高密度的城市,人口集聚更容易通过知识和人力资本促进城市经济的增长;为此,城市规划与政策制定需要积极推进对高学历、高技术人才的引进工作,加强知识密集行业的建设工作。

本文明确了人口集聚能够促进现阶段中国大城市经济的增长,然而随着城市用地的持续扩张与人口流入动力的消失,人口在城市中的集聚程度降低,人口集聚对城市经济增长的正向影响是否发生变化,将是今后深入探讨的一个方向。另外,本文探讨了人口集聚促进城市经济增长的解释机制,为地方政府推进城市的知识与人力资本建设工作提供了借鉴,然而受区位、历史、经济等影响,不同类型城市的知识与人力资本储备与需求不尽相同,如何有效开展各类城市的相关政策,是今后深入探讨的另一个议题。

参考文献(References)

- [1] Glaeser E. Triumph of the City. Shanghai: Shanghai Social Publishing House, 2012. [爱德华·格莱泽. 城市的胜利. 上海: 上海社会科学出版社, 2012.]
- [2] Glaeser E. Cities, productivity, and quality of life. *Science*, 2011, 333(6042): 592-594.
- [3] Glaeser E. Are cities dying? *Journal of Economic Perspectives*, 1998, 12(2): 139-160.
- [4] Henderson JV. The effects of urban concentration on economic growth. NBER Working Paper, 2000.
- [5] Ding Chengri. Is the population density of Chinese cities high? *City Planning Review*, 2004, 28(8): 43-48. [丁成日. 中国城市的人口密度高吗? 城市规划, 2004, 28(8): 43-48.]
- [6] Krugman P. Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 1991, 99(3): 483-499.
- [7] Fujita M, Krugman P. The new economic geography: Past, present and the future. *Papers in Regional Science*, 2004, 83(1): 139-164.
- [8] Martin P, Ottaviano G. Growing locations: Industry location in a model of endogenous growth. *European Economic Review*, 1999, 43(2): 281-302.
- [9] Martin P, Ottaviano G. Growth and agglomeration. *International Economic Review*, 2001, 42: 947-968.
- [10] Ciccone A, Hall R. Productivity and the density of economic activity. *American Economic Review*, 1996, 86(1): 54-70.
- [11] Ciccone A. Agglomeration effects in Europe. *European Economic Review*, 2002, 46(2): 213-227.
- [12] Ottaviano G, Pinelli D. Market potential and productivity: Evidence from Finnish regions. *Regional Science and Urban Economics*, 2006, 36(5): 636-657.
- [13] Combes P, Duranton G, Gobillon L. Spatial wage disparities: Sorting matters! *Journal of Urban Economics*, 2008, 63(2): 723-742.
- [14] Faberman R, Freedman M. The urban density premium across establishment. *Journal of Urban Economics*, 2016, 93: 71-84.
- [15] Zhang Yuan, Liu Xiuyuan. Agglomeration economy and economic growth: An empirical study in China. *The Journal of World Economy*, 2008(3): 60-70. [章元, 刘修岩. 聚集经济与经济增长: 来自中国的经验证据. 世界经济, 2008(3): 60-70.]
- [16] Zhang Zhiqiang. Agglomeration and urban economic growth in China. *Social Science in Nanjing*, 2010(10): 50-55. [张志强. 聚集经济与中国城市经济增长: 基于动态面板数据的实证研究. 南京社会科学, 2010(10): 50-55.]
- [17] Du Min, Liu Changquan. Agglomeration economies, migration and urban growth. *Population and Economics*, 2014(6): 44-56. [杜旻, 刘长全. 集聚效应、人口流动与城市增长. 人口与经济, 2014(6): 44-56.]
- [18] Su H J, Wei H K, Zhao J. Density effect and optimum density of the urban population in China. *Urban Studies*, 2017, 54(7): 1760-1777.
- [19] Chen Ping, Li Ping. Population density and urbanization progress. *Social Science Journal*, 2012, 202(5): 129-133. [陈萍, 李平. 中国城市人口密度与城市化进程: 一个经验的U型曲线. 社会科学辑刊, 2012, 202(5): 129-133.]
- [20] Fujita M, et al. *The Spatial Economy: Cities, Regions and International Trade*. Beijing: China Renmin University Press, 2014. [藤田昌久, 等. 空间经济学: 城市、区域与国际贸易. 北京: 中国人民大学出版社, 2014.]
- [21] Glaeser E, Gottlieb J. The wealth of cities: Agglomeration economies and spatial equilibrium in the United States. *Journal of Economic Literature*, 2009, 47(4): 983-1028.
- [22] Duranton G, Puga D. Micro-foundations of urban agglomeration economies. *Social Science Electronic Publishing*, 2003, 4(4): 2063-2117.
- [23] Henderson JV. Efficiency of resource usage and city size. *Journal of Urban Economics*, 1986, 19(1): 47-70.
- [24] Glaeser E, Kallal H, Scheinkman J, et al. Growth in cities. *Journal of Political Economy*, 1992, 100(6): 1126-1152.
- [25] Jacobs J. *The Economy of Cities*. New York: Vintage, 1969.
- [26] Glaeser E. Learning in cities. *Journal of Urban Economics*, 1999, 46: 254-277.
- [27] Lucas R. On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1): 3-42.
- [28] Chen Jun, Chen Jin, Gong Peng, et al. Higher resolution global land cover mapping. *Geomatics World*, 2011, 4(2): 12-14. [陈军, 陈晋, 宫鹏, 等. 全球地表覆盖高分辨率遥感制图. 地理信息世界, 2011, 4(2): 12-14.]
- [29] Croft T A. Nighttime images of the earth from space. *Scientific American*, 1978, 239(1): 86-98.
- [30] Baugh K, Elvidge C, Ghosh T. Development of a 2009 stable lights product using DMSP-OLS data. *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 2010, 30: 114-130.
- [31] Liu Z, He C, Zhang Q, et al. Extracting the dynamics of urban expansion in China using DMSP-OLS nighttime light data from 1992 to 2008. *Landscape and Urban Planning*, 2012, 106(1): 62-72.
- [32] Wei Y, Liu H, Song W, et al. Normalization of time series DMSP-OLS nighttime light images for urban growth analysis with pseudo invariant features. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 128: 1-13.

- [33] Xie Y, Weng Q. Updating urban extents with nighttime light imagery by using an object-based thresholding method. *Remote Sensing of Environment*, 2016, 187: 1-13.
- [34] Xie Y, Weng Q. Spatiotemporally enhancing time-series DMSP/OLS nighttime light imagery for assessing large-scale urban dynamics. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2017, 128: 1-15.
- [35] Li Xun. Economic growth in cities of China [D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2004. [李郇. 中国城市经济增长研究[D]. 广州: 中山大学, 2004.]
- [36] Zhou Yixing, Shi Yulong. Toward establishing the concept of physical urban area in China. *Acta Geographica Sinica*, 1995, 50(4): 285-301. [周一星, 史玉龙. 建立中国城市的实体地域概念. *地理学报*, 1995, 50(4): 285-301.]
- [37] Wang Lu, Feng Zhiming, Yang Yanzhao, et al. The change of population density and its influencing factors from 2000 to 2010 in China on county scale. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1790-1798. [王露, 封志明, 杨艳昭, 等. 2000-2010年中国不同地区人口密度变化及其影响因素. *地理学报*, 2014, 69(12): 1790-1798.]
- [38] Dang V, Kim M, Shin Y. In search for a robust method for estimating dynamic panel data models of capital structure. SSRN Working Paper, 2010.
- [39] Li Xun, Chen Gangqiang, Xu Xueqiang. Urban allometric growth in China: Theory and facts. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(4): 399-407. [李郇, 陈刚强, 许学强. 中国城市异速增长分析. *地理学报*. 2009, 64(4): 399-407.]
- [40] Li Xun, Liu Yi. Interpreting the hybridity of China's urbanization. *Urban and Regional Planning*, 2011(3): 70-85. [李郇, 刘逸. 中国城市化模式的混合性解析. *城市与区域规划研究*, 2011(3): 70-85.]
- [41] Zou Deci. The necessity of urbanization in China and its challenges. *Urban Planning Forum*, 2010(4): 1-4. [邹德慈. 中国城镇化发展要求与挑战. *城市规划学刊*, 2010(4): 1-4.]

Effects of population agglomeration on urban economic growth in China

CHEN Le¹, LI Xun^{1,2}, YAO Yao³, CHEN Dongsheng¹

(1. Geography Sciences and Planning School of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Urbanization Institute of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 3. School of Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Population agglomeration is the focus of New Economic Geography. However, so far, there is not enough evidence to prove that population agglomeration would promote China's urban economic growth, as it is difficult to obtain data of urban construction land in consecutive years. In this paper, we identify a new way of extracting DMSP/OLS nighttime light data, which could eliminate continuous years of spatial and temporal heterogeneity, to help us obtain data for a robust construction land area. We aim to analyze the effects and spatial disparity of population agglomeration on economic growth of 35 large cities in China from 2005 to 2013, based on a theoretical model of population density that influences per capita urban land revenue. The major results are as follows: population agglomeration has a significant positive impact on urban economic growth in China, and its impact is decreasing from the eastern, the central, to the western regions of China. The results also show that knowledge and human capital are the two main factors promoting urban economic growth in China. We also found that the effects of the ratio of intensive industry and the ratio of college teachers and students on urban incomes is decreasing from the eastern, central, to western regions, and its spatial distribution presents a similar tendency, which are the main reasons for the spatial differences in the effects of population agglomeration on urban economic growth.

Keywords: population agglomeration; urban economic growth; nighttime light data; China