

高铁网络化对区域城市商服用地价格的影响 ——以长三角为例

孔冰清^{1,2}, 王磊^{1,3,4}, 张潇冉^{1,3,4}

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2. 山东省城建设计院, 济南, 250000;
3. 中国科学院流域地理学重点实验室, 南京 210008; 4. 中国科学院大学南京学院, 南京 211135)

摘要: 高铁作为一种快速、高效的现代化交通工具, 其网络化进程深刻影响着区域经济发展和空间结构演变。基于2009—2019年长三角地区215个县级及以上研究单元铁路数据、城市社会经济数据及商服用地交易数据, 构建高铁开通、可达性、连通性等指标, 对高铁网络化特征进行分析, 借助多期DID模型, 探讨高铁网络化对区域城市商服用地价格的影响。结果表明: (1) 高铁网络形成了以沪宁杭城际为骨架的区域连通性格局。高铁网络化显著压缩了城市间旅行时间, 对地级市及以下等级研究单元的可达性提升更为明显, 而对区域中心城市连通性的提升更为显著。(2) 高铁开通、可达性和连通性提升对长三角研究单元平均商服用地价格作用不断增强, 分别使城市商服用地价格增加6.6%、7.2%和7.4%, 高铁网络化促使商服用地交易活动向区域中心城市集聚的趋势明显。随着中国持续推进高铁规划建设, 地方政府需结合城市本底条件理性对待高铁网络化效应, 科学合理地进行商服用地供应与调控。

关键词: 高铁效应; 高铁可达性; 高铁连通性; 城市商服用地价格; 多期DID模型; 长江三角洲

高速铁路(以下简称“高铁”, High-speed Rail, HSR)作为中国重要的大型基础设施, 通过快速、安全、时效性强等特点增强城市间的联系, 扩大了城市经济活动的空间范围, 成为重塑区域经济形态与结构变化的重要工具^[1,2]。截至2019年底, 中国高铁运营里程超4万km, 占据全球高铁总里程的72%^[3]。高铁缩短旅行时间, 改变城市间的联系方式, 提高技术、资本、人口等要素的流动效率, 已成为中国区域空间重构和经济发展的新动力^[4-7]。不同发展要素在高铁网络产生的空间扩散力和空间集聚力共同驱动作用下进行跨区域流动与组合, 影响了城市的土地价格、用地结构与开发模式, 尤其对劳动力和信息流依赖较大的商服用地产生显著影响^[8-10]。

相关研究多通过网络可达性和连通性等指标, 评估高铁网络化对区域与城市空间结构的影响^[11-13], 研究主要聚焦在三种地理空间尺度上: (1) 在城市群尺度, 高铁网络化影响表现出地区异质性。有学者认为高铁通过提高要素流动效率, 促进区域内资金、人流、物流向经济发展水平更高、规模更大的城市集聚, 表现出“虹吸效应”, 进而强化区域核心—边缘结构^[14-16]; 另外, 高铁出行降低旅行成本, 促进核心城市产生“外溢效应”, 带

收稿日期: 2023-08-07; 修订日期: 2023-11-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(2022000125, 42371191); 江苏省自然科学基金项目(BK20200109)

作者简介: 孔冰清(1998-), 女, 山东菏泽人, 硕士, 主要从事高铁效应和区域规划研究。

E-mail: qbkong1998@163.com

通讯作者: 王磊(1984-), 男, 河南信阳人, 博士, 研究员, 主要从事高铁效应和区域规划研究。

E-mail: wanglei@niglas.ac.cn

动周边城市发展,缩小城市间的发展差距,促进城市群内部更加均衡发展^[17,18]。(2)在都市圈尺度,高铁促进城市紧密联系以形成同城化发展态势,凭借良好分工与协作,都市圈逐渐形成功能互补的有机整体^[19-22]。也有学者对都市圈内城市发展均衡性进行研究,发现高铁网络的建设会促进高水平商业服务业进一步向大城市集中,加剧都市圈经济活动分布的不均衡^[23,24]。(3)在城市尺度上,高铁在区域尺度影响城市经济发展的同时,高铁站的建设也会对城市空间结构变化产生影响,在站区形成经济增长点和次级经济活动中心^[25-27]。也有学者利用公共交通导向的城市发展模式(Transit-oriented Development, TOD)进行高铁站空间效应研究,认为利用TOD对高铁站区规划开发,可以改善城市空间结构,以吸引人口集聚和产业发展^[28,29]。

高铁效应对不同发展水平、不同主导产业的城市作用存在差异^[30,31]。商服用地价格作为土地市场中最为敏感的要素,可以客观反映城镇化水平,与城市经济发展状况、城市规模、区位与交通条件等多个方面相关^[32,33],因而受高铁网络化影响较为显著(图1)。高铁网络化促进区域空间结构演变、推动城市经济发展,但目前研究多从高铁可达性、连通性单一视角出发,有待通过刻画高铁网络化的综合特征,揭示高铁效应的作用途径。此外,相关高铁效应研究多注重区域中心城市间的联系^[34]。随着高铁网络完善和线路安排的尺度下沉,有必要在县级层面深化高铁网络化效应研究。

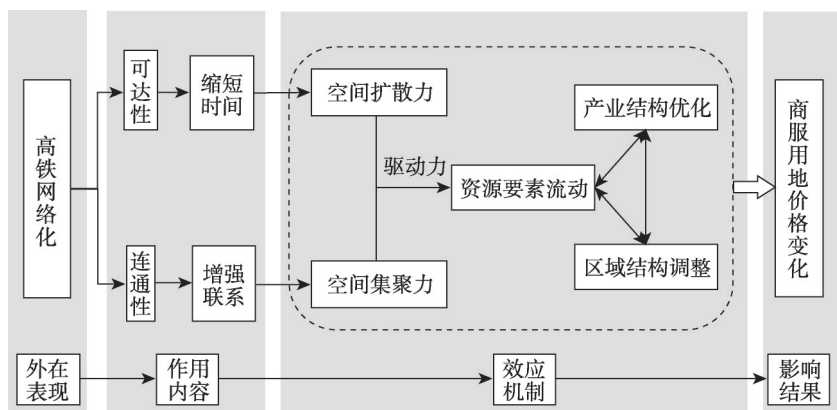


图1 高铁网络化与商服用地价格分析框架

Fig. 1 The analysis framework for HSR network expansion and urban commercial land prices

为此,基于长三角县级及以上行政单元,利用铁路数据、城市社会经济统计数据 and 城市商服用地交易数据,采用多期双重差分模型等方法,通过高铁开通、高铁可达性、高铁连通性三个方面刻画高铁网络结构,探讨高铁网络化对长三角城市商服用地价格的影响,为高铁城市的土地供应调控与发展规划提供一定参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

长三角是中国经济综合实力最强、高铁密度最大的地区之一^[35]。基于中共中央、国务院2019年颁布的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》,长三角地区涵盖沪苏浙皖三省一市。2019年,长三角地区以3.7%的国土面积、2.27亿人口,创造了23.7万亿元

GDP。截至2019年,区域内拥有18条高铁线路,运营里程达5095 km。其中41个地级市及以上研究单元中35个开通了高铁,174个县级单元中70个开通了高铁,形成了以上海、南京、杭州、合肥等主要城市为中心,覆盖区域内其他主要城市的高铁交通网络。长三角高铁网络发展主要有两个阶段:第一阶段为2009—2014年,主要连通上海、南京、杭州、宁波等中心城市,形成高铁网络的核心节点;第二阶段为2014—2019年,高铁网络逐渐在区域中心城市完成布局,并进一步向县级行政单元扩展(图2)。

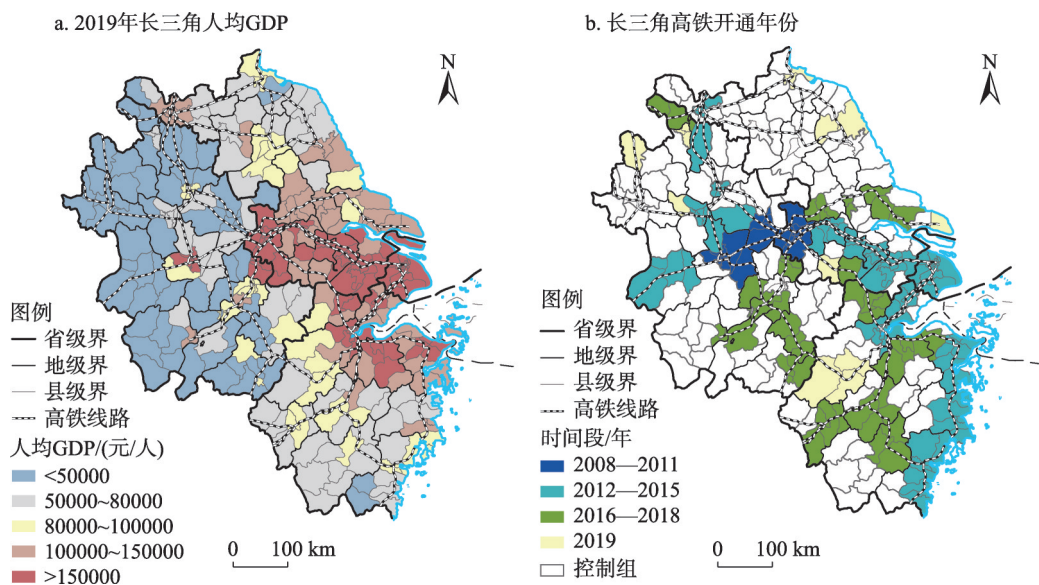


图2 2019年长三角地区人均GDP和高铁建设分布

Fig. 2 The patterns of GDP and HSR network in the Yangtze River Delta in 2019

1.2 研究方法

1.2.1 高铁可达性

可达性用来反映一个城市在交通网络中的位置,本文选取城市间平均旅行时间衡量高铁开通后城市间的可达性变化^[36-39]。基于历史列车时刻表整理得到2009—2019年长三角县级研究单元两两之间的平均旅行时间。本文平均旅行时间 T_{ij} 计算方法如下:

如果两个城市之间有直达列车,则可直接计算两城市间的日平均旅行时间;若无列车直达,则需要在ArcGIS环境下构建网络OD矩阵计算求得,每换乘一次,需要增加30分钟的等待时间,按照该方案的乘车时间加上转车等待时间即为两城市的最短旅行时间。具体计算公式为:

$$T_{ij} = \frac{\sum_{n_{ij}=1}^{n_{ij}} t_{n_{ij}}^{ij}}{n_{ij}} \quad (1)$$

式中: n_{ij} 代表两个城市间每日直达的铁路或高铁列车的数量(列); $t_{n_{ij}}^{ij}$ 代表城市*i*和城市*j*之间的普铁或高铁的列车服务的平均旅行时间(小时)。为了计算简便忽略部分研究单元内多个车站之间的旅行时间。利用式(2)来计算研究单元*i*到长三角已通车的37个地级市及以上研究单元*k*的高铁可达性(TTT_i)。

$$TTT_i = \sum_{k=1}^k T_{ik} \quad (2)$$

式中： T_{ik} 表示长三角某研究单元*i*和某地级市及以上研究单元*k*之间每日普铁或高铁的平均旅行时间（小时）。

1.2.2 高铁连通性

高铁连通性不仅反映研究单元对外的联系水平，也反映该研究单元对区域节点的掌控能力^[40,41]。本文中的高铁连通性用度中心性进行衡量，度中心性包括度值与二值化度值：度值指研究单元间的列车班次，表示通过铁路与其他地区联系的便利程度；二值化度值反映与研究单元有直接列车联系的城市个数，表示研究单元在该地区的地位^[42,43]。度中心性越高说明城市在高铁网络中连通性越好，公式如下：

$$TTC_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n L_{ij} \quad (3)$$

$$INTERCITY_i = \sum_{j=1, j \neq i}^n L_{ij}' \quad (4)$$

式中： L_{ij} 表示城市*i*到城市*j*的直达列车数量（列）； n 为高铁通车城市数目（个）； TTC_i 表示城市*i*的度值； L_{ij}' 表示城市*i*到城市*j*是否是直达列车，开通为1否则为0； $INTERCITY_i$ 表示城市*i*的二值化度值。连通性通过ucinet 6.0软件进行计算求得。

基于以上公式，结合长三角高铁建设现状，选取2009年、2012年、2016年、2019年四个时间节点，分析高铁开通、高铁可达性和高铁连通性的时空特征。

1.2.3 高铁网络化效应

城市商服用地价格波动一方面受高铁建设与运营的影响，即高铁网络化的溢出效应；另一方面源于城市自身发展带来的增长^[44-46]。由于长三角内各研究单元间高铁开通时间各异，本文采用了政策评估中常用的多期双重差分模型（DID），将高铁开通视为一次准自然实验，来评估高铁影响的商服用地增值效应及溢出效应，该方法可以很好地识别高铁网络化效应、减少误差，提高模型的解释力^[47,48]。将研究期内已开通高铁的研究单元作为处理组，还未开通高铁的研究单元作为控制组，并最终确定实验组为105个，对照组为110个。本文多期DID模型设定如下：

$$\ln y_{i,t} = \alpha + \beta_1 HSR_{i,t} + \sum_k \theta_k X_{i,t,k} + m_i + year_t + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$\ln y_{i,t} = \alpha + \beta_1 HSR_{i,t} + \beta_2 HSR_{i,t} \times AC_{it} + \sum_k \theta_k X_{i,t,k} + m_i + year_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$\ln y_{i,t} = \alpha + \beta_1 HSR_{i,t} + \beta_2 HSR_{i,t} \times AC_{it} + \beta_3 HSR_{i,t} \times AC_{it} \times CC_{it} + \sum_k \theta_k X_{i,t,k} + m_i + year_t + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

式中：被解释变量 $\ln y_{i,t}$ 为研究单元*i*在年份*t*商服用地平均价格的对数； α 表示常数项； $HSR_{i,t}$ 为主要解释变量，表示在*t*年时研究单元*i*是否开通高铁的虚拟变量，在高铁开通当年及开通之后的年份取值为1，否则取值为0； θ_k 为控制变量的参数估计； $HSR_{i,t} \times AC_{it}$ 表示高铁可达性； $HSR_{i,t} \times AC_{it} \times CC_{it}$ 表示高铁连通性； β_1 、 β_2 、 β_3 分别表征高铁开通、高铁可达性、高铁连通性对商服用地价格水平影响的净效应； $X_{i,t,k}$ 是县级单元层面可能对商服用地价格变化有影响的其他控制变量； m_i 用来代表个体固定效应； $year_t$ 用来代表时间固定效应； ε_i 为随机误差项。

1.3 变量与数据来源

1.3.1 变量选择

被解释变量选取研究单元各年份平均商服用地价格，解释变量选取衡量研究单元在高铁网络中区位禀赋的指标，包括高铁是否开通、高铁可达性指数、高铁连通性指数；结合相关研究，本文选取城市经济发展规模类、人均类及结构性等指标作为控制变量，同时也考虑消除城市行政等级的影响^[49]。指标具体说明如表1所示。

表1 模型设置变量的定义与说明
Table 1 Definition and description of variables

变量	分类	变量名	描述和单位
被解释变量	土地市场数据	PRICE	商服用地平均价格/(元/m ²)
		HSR	是否开通高铁：开通为1否则为0
解释变量	高铁变量	AC	高铁可达性指数/小时
		CC	高铁连通性指数/百次
		GDP	生产总值/亿元
控制变量	城市经济发展变量	POP	常住人口/万人
		PGDP	人均生产总值/(万元/人)
		FE	公共财政支出/万元
		FAI	固定资产投资/万元
		PIND2	第二产业生产总值占比/%
		PIND3	第三产业生产总值占比/%
		REALS	房地产开发投资额/万元
		SCALE	城市等级：1=县和县级市；2=其他地级市市辖区；3=地级市以上及省会市辖区

1.3.2 数据来源

由于2019年末爆发新型冠状病毒肺炎疫情，各地经济发展普遍进入停滞或半停滞状态，因此研究跨度为2009—2019年，包含了长三角地区所有县级单元，共计215个。相关数据包括铁路数据、商服用地交易数据、城市经济数据等。其中，高铁网络化数据主要通过《全国铁路旅客列车时刻表》获得。商服用地数据根据《土地利用现状（GB/T21010-2017）》中（05）商服用地的划分，数据均来源于中国土地市场网（<https://landchina.com/>），利用各研究单元历年商服用地出让总成交额和总面积相除得到商服用地的平均成交价格。城市社会经济控制变量数据主要来源于2009—2020年《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》以及《中国县域统计年鉴》《中国人口统计年鉴》等，对于缺失的个别指标数据，根据该地区的国民经济和社会发展统计公报予以补充，仍旧缺失的，利用线性插值或按比例空间插值的方法计算代替。

2 结果分析

2.1 长三角高铁网络化空间格局演变

2.1.1 高铁可达性变化

图3展示了长三角各研究单元的高铁可达性演变情况，其中值越小，表明可达性水平越高，即该研究单元到中心城市的平均最短旅行时间越小。研究期内高铁网络化使长三角各研究单元可达性得到了显著提高，单位时间内的出行范围大大增加，可达性提升

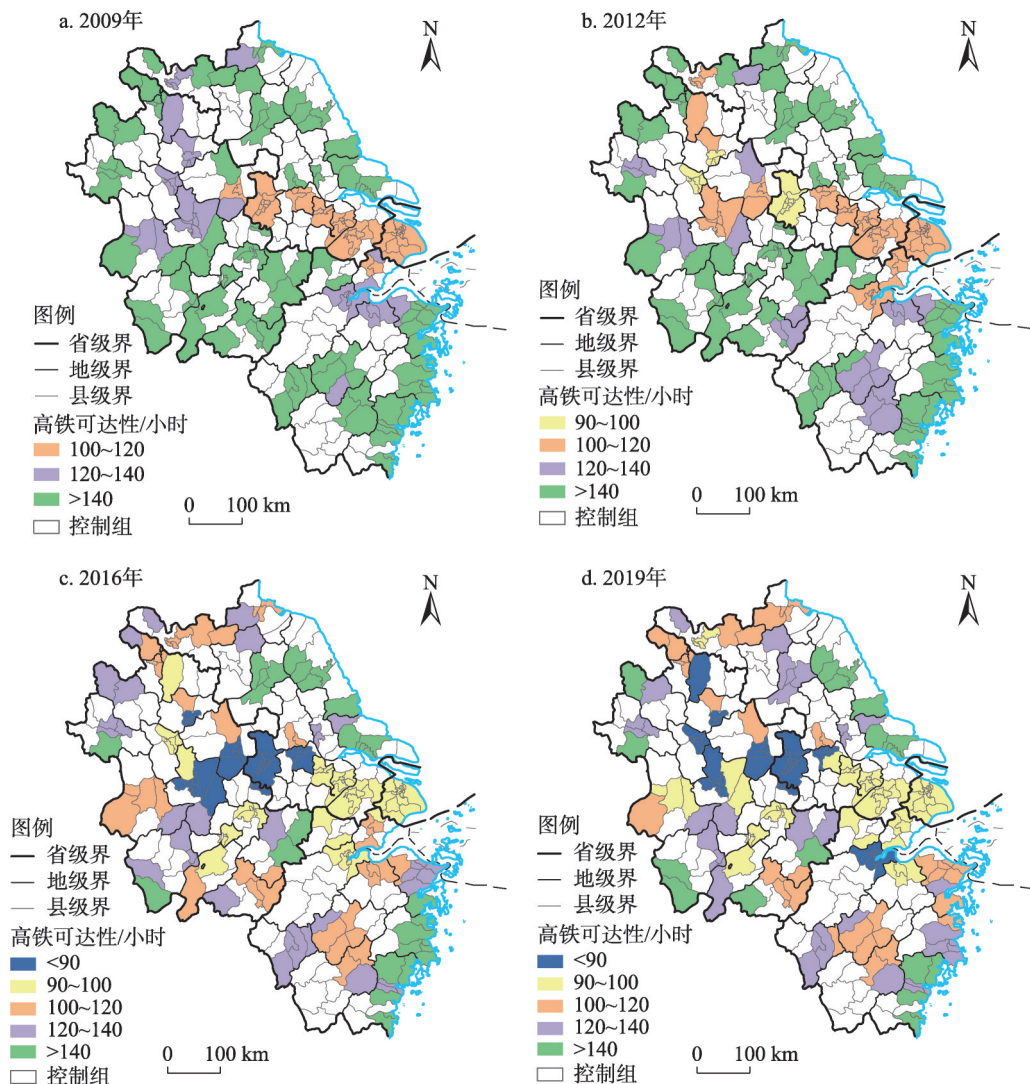


图3 2009—2019年长三角各研究单元高铁可达性变化空间格局

Fig. 3 Changes in HSR accessibility cities and counties in the Yangtze River Delta, 2009-2019

约22%，平均旅行时间缩短约40小时。从演变历程上看，2009年在沪宁高铁沿线的研究单元可达性提升较快，伴随高铁网络的延展，所有研究单元可达性均有提升，但大城市仍保持前列。在空间分布中，整体呈现东部可达性高、西部可达性低；中心地区可达性高、外围可达性低的特征。京沪、宁杭高铁沿线形成了高可达性“走廊”，从廊道向两侧地区呈现可达性逐渐下降的态势。

图4展示了2009—2019年长三角各研究单元高铁可达性绝对值和相对值的变化，呈现出长三角边缘地区城市可达性提升较大，中心地区城市提升较小的格局。南京、上海、杭州等区域中心城市可达性基础较好，高铁网络化提升总旅行时间平均在30小时左右；边缘中小城市可达性提升幅度较大，高铁网络化提升总旅行时间平均在40小时左右。通过计算2009—2019年长三角地区高铁可达性变异系数，发现相较于2009年（1.256），2019年变异系数下降为1.204，表明区域可达性差距逐渐缩小。

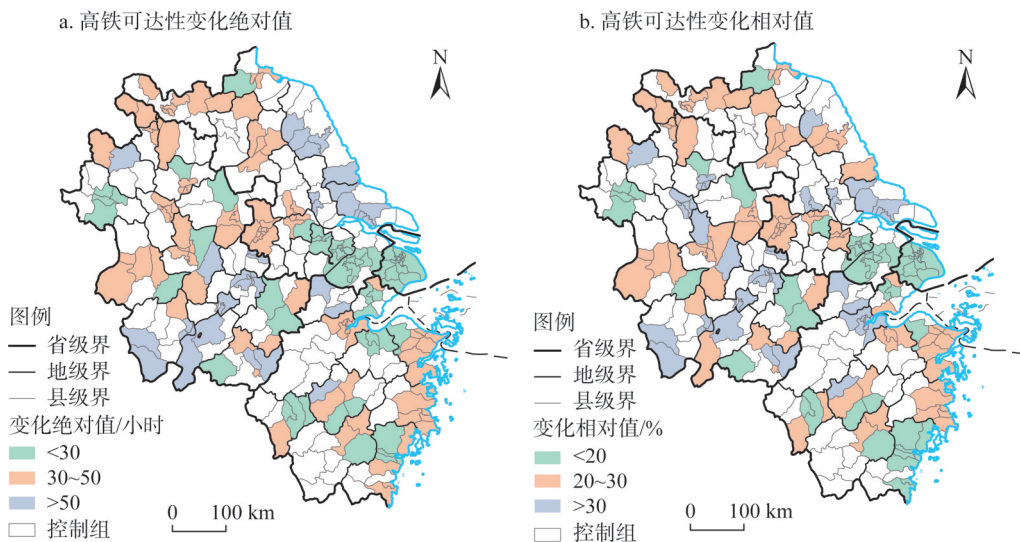


图4 2009—2019年长三角高铁可达性相对值和绝对值变化

Fig. 4 The relative and absolute changes in HSR accessibility in the Yangtze River Delta, 2009-2019

2.1.2 高铁连通性变化

图5展示了2009—2019年高铁连通性的变化,其中度值(*TTC*)代表了经过该研究单元的列车服务频率,二值化度值(*INTERCITY*)表示两两研究单元间的列车联系强度。总体而言,高铁连通性呈现先满足连通再增强联系强度的演变趋势。上海、南京、杭州这些中心城市及位于高铁干线上的研究单元一直保持着较高的连通性,联系强度相较于其他研究单元要高出近4.85倍。从演变历程上看,新开通高铁的研究单元度值增加幅度较大,而二值化度值的演变格局与度值存在一定差异,位于京沪、宁杭等高铁干线的研究单元提升较明显。从空间结构上看,长三角高铁网络格局呈现以沪宁杭为中心,向西北和东南方向倾斜的放射结构,沪宁杭区域中心城市间联系强度较高,构成了长三角主要的联系骨架,以较少的城市数目联系承担了较多的高铁班次;而其他研究单元间中低频率的列车联系承担了连通长三角大部分地区的作用,构成区域的普遍网络联系格局。作为重要的高铁客流中心,区域中心城市集聚要素资源和经济势能,是服务业活动集聚的中心。

2.2 长三角高铁网络化对城市商服用地价格的影响

2.2.1 城市商服用地价格变化的空间特征

商服用地市场虽受政策和宏观经济影响有阶段性波动,但用地价格演变整体呈上升趋势^[50,51]。图6展示了2009—2019年长三角各研究单元商服用地出让价格的变动,发现商服用地价格较高的研究单元,大部分位于高铁干线上。为更好地反映商服用地价格的空间演变特征,通过计算Global Moran's *I*指数,来检验空间自相关性。从整体上看,研究期间Global Moran's *I*数值在0.2~0.3之间,说明长三角商服用地价格增长空间分布呈现较显著的空间集聚特征。从时间尺度来看,2019年Global Moran's *I*数值(0.308)明显高于2009年(0.215),表明长三角研究单元间经济发展水平的空间相关性在不断提升,城市间的依赖性不断增强。在空间自相关的基础上,通过空间杜宾模型检验高铁网络的空间溢出效应,结果表明空间相关系数及空间溢出效应系数均在10%水平下显著为正。这意

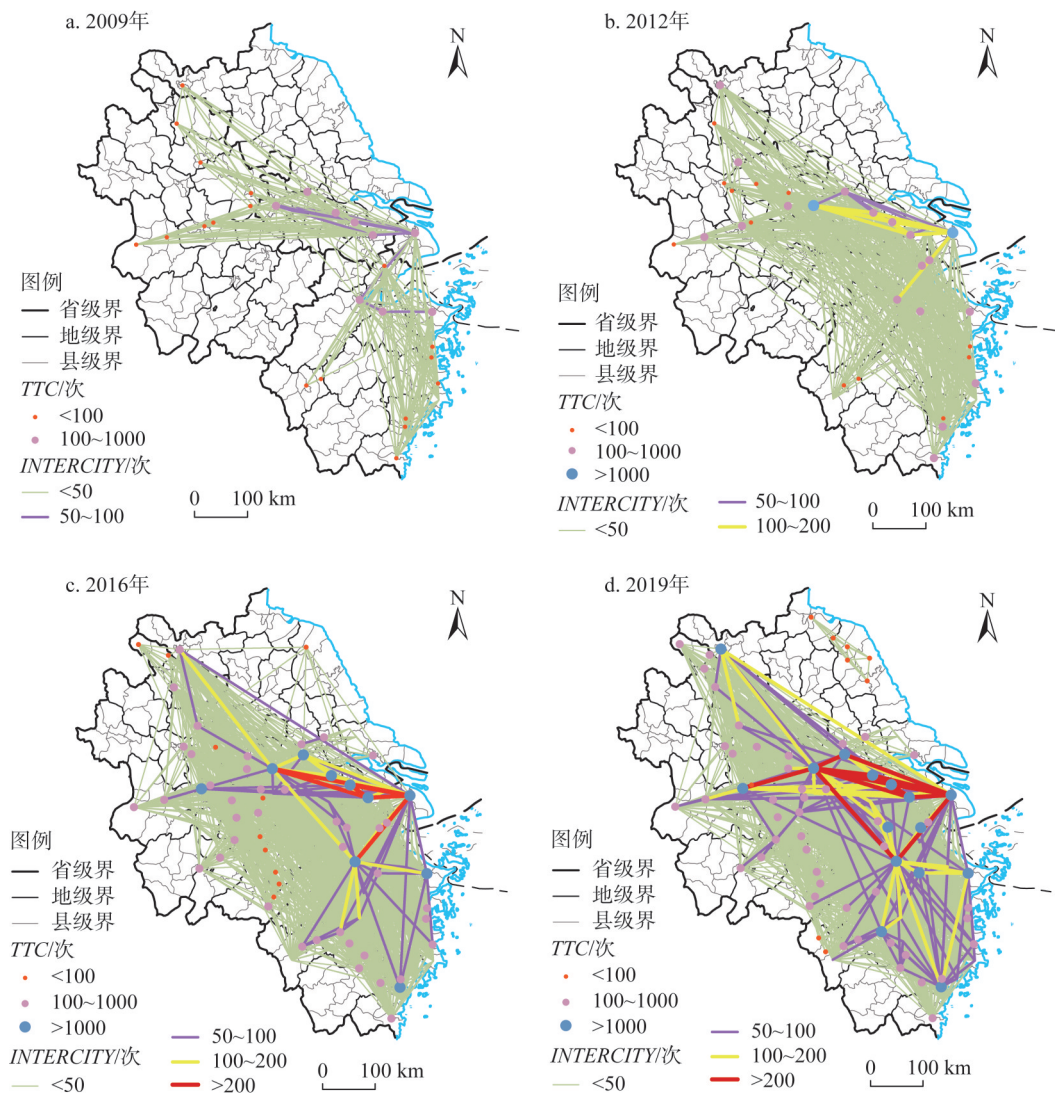


图5 2009—2019年长三角高铁网络分布格局

Fig. 5 The changes in HSR connectivity in the Yangtze River Delta, 2009-2019

意味着一个研究单元的高铁开通也会带动周边地区的商服用地价格上升，同时高铁网络的完善进一步促进了区域合作，使生产要素能够更加自由地流动。进一步计算商服用地价格变化的相对值（图7），发现用地价格增长高值空间主要集聚在南京、杭州周边，这与高铁活动主要集中在沪宁杭城市发展带的情况相对应。商服用地价格的变化与高铁建设总体布局保持相似的趋势，高铁开通对沿线城市的用地价格提升水平较明显，两者表现出很强的关联性。

2.2.2 高铁网络化对城市商服用地价格的影响

利用多期DID模型测算高铁网络化对城市商服用地价格影响。为了减少共线性和便于对比分析，对指标进行了标准化处理。研究在依次加入高铁开通、高铁可达性、高铁连通性的解释变量背景下，通过高铁网络化对城市商服用地价格的影响进行测算，首先是在未控制时间和个体固定效应的前提下对高铁变量进行分析；其次是在引入时间和研

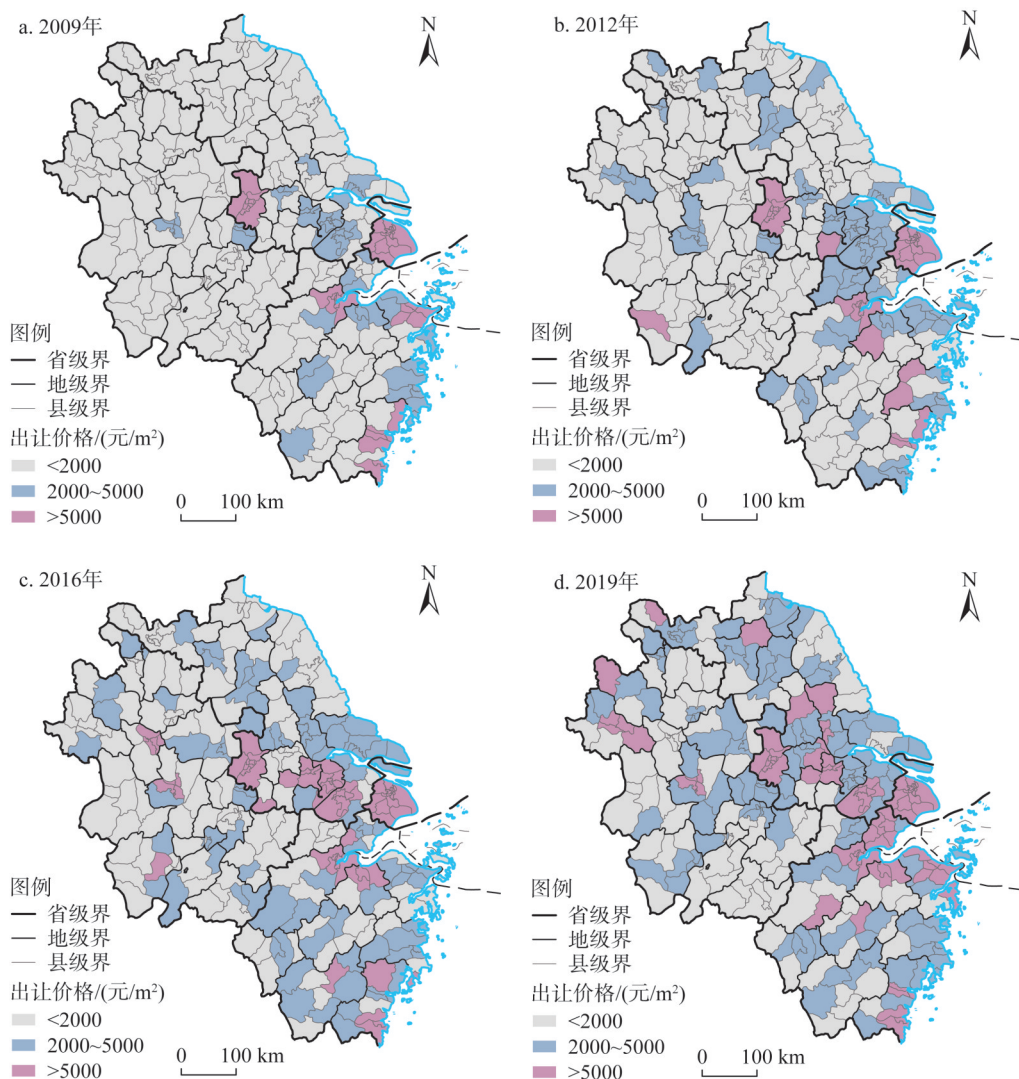


图6 2009—2019年长三角各研究单元商服用地出让价格空间格局

Fig. 6 The patterns of urban commercial land prices in the Yangtze River Delta, 2009-2019

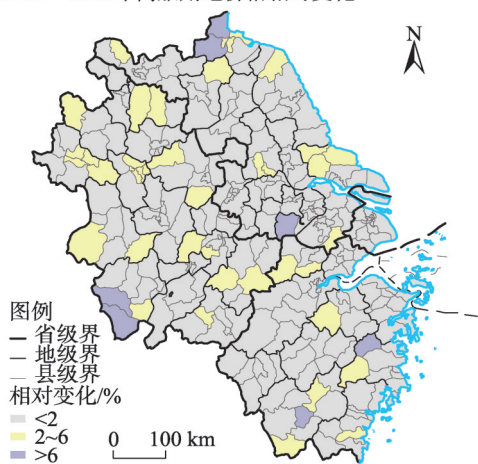
究单元的固定效应的前提下,加入控制变量逐步分析;最后在控制时间和个体固定效应的前提下,剔除省会城市及直辖市(南京、上海、杭州、合肥)的样本研究,从而减小样本选择对模型检验结果的影响。

(1) 指标检验

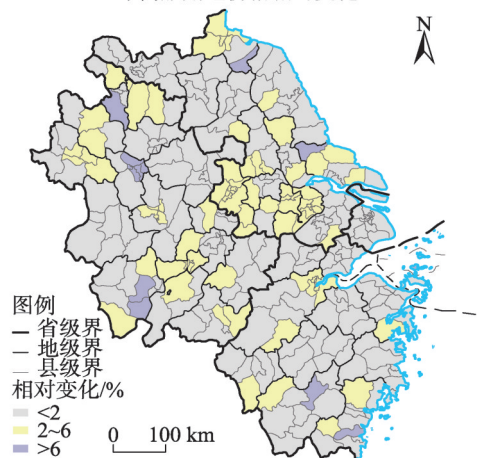
① 平行趋势检验

平行趋势假设是采用多期DID模型的必要前提。在实际中,不同研究单元在高铁建设过程中的优先度是不同的,存在随时间变化过程中不同地价变化的估计误差,有必要进行检验。图8展示了在95%置信区间下 β 的估计结果,系数 β 在高铁开通前均不显著,在高铁开通后 β 从第二年开始有显著的正向影响,并且显著性水平呈现上升趋势,证明高铁对商服用地价格具有正向的处理效应和一定的持续性,与以往学者研究吻合^[52]。

a. 2009—2012年商服用地价格相对变化



b. 2009—2016年商服用地价格相对变化



c. 2009—2019年商服用地价格相对变化

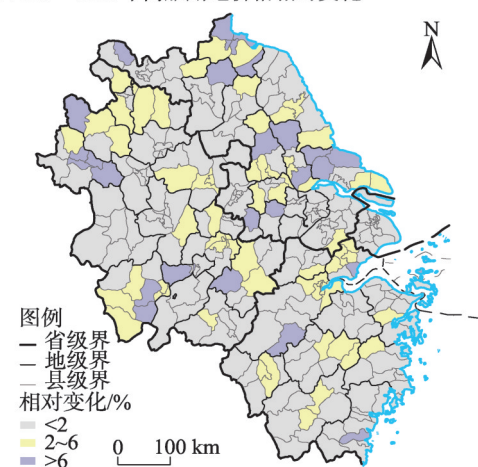


图7 2009—2019年长三角各研究单元商服用地价格相对变化

Fig. 7 Relative changes in urban commercial land prices in the Yangtze River Delta

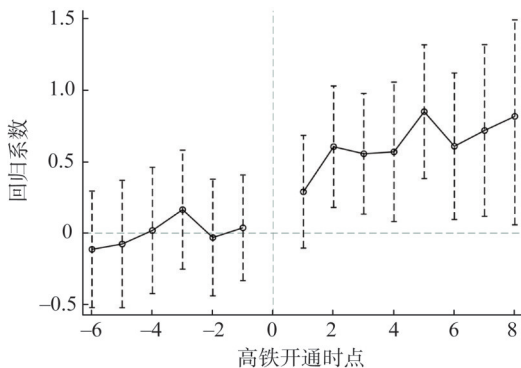


图8 平行趋势检验

Fig. 8 Parallel trend test

② 安慰剂检验

安慰剂检验是通过反事实验证因果关系来检验稳健性的方法，通过调整政策实施时间来实现。本文将各研究单元的高铁开通时间提前三年，得到核心解释变量 HSR_AC3 和 HSR_CC3 ，检验其对商服用地价格的影响是否发生变化。表2展示了安慰剂检验的结果，两个高铁变量的系数均不再显著，说明高铁开通前的平行趋势假设成立，从另一方面佐证了研究中高铁网络化对城市商服用地价格的影响，增强了结论的稳健性。

(2) 高铁开通对城市商服用地价格影响

表3展示了高铁开通对城市商服用地价格的影响，回归结果显示，高铁开通对城市商服用地价格有促进作用。在模型（1）未控制固定效应和控制变量的情况下，高铁开通对商服用地价格的影响显著为正。在模型（10）加入全部控制变量后， HSR 的系数为0.066，且显示在5%统计意义上的显著，表示开通高铁会推动城市商服用地价格的上涨。在去除省会城市及直辖市后，模型（12）在加入控制变量的前提下， HSR 系数为0.091，表现为5%统计意义上的显著。可以看出，高铁开通对于长三角各研究单元都表现出正相关的作用，高铁的建设运营对于中小城市商服用地价格影

表2 安慰剂检验结果

Table 2 Placebo test results

变量	高铁可达性		高铁连通性	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>HSR</i>	0.005 (0.177)	0.012 (0.176)	0.178 (0.130)	0.185 (0.129)
<i>HSR_AC3</i>	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)		
<i>HSR_CC3</i>			2.830 (1.916)	2.944 (1.933)
<i>lnGDP</i>		0.836** (0.338)		0.797** (0.339)
<i>lnPGDP</i>		0.107 (0.108)		0.113 (0.109)
<i>lnPOP</i>		0.098* (0.058)		0.106 (0.089)
<i>lnFE</i>		-0.175 (0.188)		-0.213 (0.187)
<i>lnFAI</i>		-0.054* (0.032)		0.084 (0.011)
<i>PIND2</i>		-0.028 (0.133)		-0.048 (0.137)
<i>PIND3</i>		0.155*** (0.039)		0.143*** (0.039)
<i>lnREALS</i>		0.105* (0.058)		0.105* (0.057)
<i>SCALE</i>		1.000 (0.614)		1.237** (0.597)
<i>_cons</i>	6.138*** (0.511)	4.340* (2.259)	6.580*** (0.492)	3.845* (2.221)
<i>N/个</i>	2354	2354	2354	2354
时间和个体固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>r²_a</i>	0.245	0.258	0.246	0.259

注：*、**、***分别表示 10%、5%、1% 显著性水平，括号内为 *t* 值，下同。

响更大，对其产业集聚和经济增长等效益作用也更为明显。中小城市通过高铁与中心城市互联互通，降低旅行时间，促进劳动和资本要素的集聚，提高商业土地价格。

（3）高铁可达性对城市商服用地价格影响

为深入研究高铁网络化带来的影响，本文引入可达性（*HSR_AC*）进行计算。结果显示（表4），高铁可达性对城市商服用地价格发展水平影响系数均为正，说明高铁可达性改善，提高了商服用地价格水平。具体来看，随着控制变量的逐步加入，模型（1）~模型（10）均呈现出稳定的统计意义上显著，表明高铁可达性对城市商服用地价格具有

表3 高铁开通对城市商服用地价格的影响

Table 3 The impact of HSR operation on urban commercial land prices

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
<i>HSR</i>	0.105*** (0.040)	0.040 (0.033)	0.066** (0.032)	0.074** (0.031)	0.074** (0.031)	0.067** (0.031)	0.072** (0.031)	0.064** (0.031)	0.066** (0.032)	0.066** (0.032)	0.050 (0.033)	0.091** (0.042)
<i>lnGDP</i>			0.205* (0.113)	0.216* (0.126)	0.220* (0.126)	0.246* (0.128)	0.250** (0.127)	0.239* (0.128)	0.225* (0.131)	0.224* (0.132)		0.211 (0.157)
<i>lnPGDP</i>				0.020 (0.110)	0.037 (0.110)	0.011 (0.111)	0.028 (0.110)	0.049 (0.115)	0.038 (0.115)	0.050 (0.116)		0.250* (0.140)
<i>lnPOP</i>					0.089 (0.066)	0.093 (0.066)	0.091 (0.066)	0.094 (0.066)	0.095 (0.066)	0.096 (0.066)		0.010 (0.081)
<i>lnFE</i>						-0.143** (0.060)	-0.122** (0.061)	-0.119* (0.061)	-0.116* (0.061)	-0.145** (0.064)		-0.215** (0.088)
<i>lnFAI</i>							-0.045 (0.028)	-0.040 (0.028)	-0.040 (0.028)	-0.045 (0.028)		-0.056 (0.043)
<i>PIND2</i>								0.748*** (0.274)	0.695*** (0.258)	0.635** (0.260)		0.317 (0.335)
<i>PIND3</i>									0.187 (0.250)	0.163 (0.250)		0.190 (0.314)
<i>lnREALS</i>										0.064* (0.035)		0.038 (0.051)
<i>SCALE</i>	0.609*** (0.038)	0.838*** (0.193)	0.888*** (0.183)	0.885*** (0.184)	0.808*** (0.190)	0.792*** (0.194)	0.778*** (0.192)	0.762*** (0.195)	0.838*** (0.193)	0.203*** (0.045)	0.867*** (0.192)	0.838*** (0.193)
<i>-cons</i>	6.618*** (0.053)	7.704*** (0.347)	6.852*** (0.577)	7.000*** (1.008)	7.511*** (1.075)	7.211*** (1.089)	7.147*** (1.085)	7.613*** (1.096)	7.640*** (1.098)	7.829*** (1.099)	1.550** (0.617)	3.445* (1.753)
<i>N/个</i>	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2299	2299
时间和 个体固 定效应	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>r²_a</i>	0.131	0.598	0.598	0.598	0.598	0.598	0.599	0.600	0.600	0.599	0.340	0.539

正向促进作用。在模型（10）中，*HSR_AC*为0.006，说明在有效控制了其余干扰因素后，长三角内其他研究单元到中心城市的总旅行时间每缩短一个小时，该研究单元的商服用地价格就会上升0.6%。对于模型（11）~模型（12），在去除省会城市及直辖市后，系数调整为0.003，高铁可达性对商服用地价格的影响的显著性为10%，即总旅行时间每缩短一个小时，该研究单元的商服用地价格上升0.3%，实证结果保持不变。高铁可达性提升表现在提高运输速度，减少交通时间和交通成本，增强中心城市与其他研究单元之间的联系和融合度，消除区域中心城市“一城独大”的现象，提升小城市的经济发展，对区域均衡发展有促进作用。通过高铁可达性带来的空间扩散力，长三角各研究单元联系更加紧密，要素流动加快推动了商服用地价格上升。

（4）高铁连通性对城市商服用地价格影响

继续引入高铁连通性作为高铁网络化的属性，在可达性的基础上将高铁连通性做交

表4 高铁可达性对城市商服用地价格的影响

Table 4 The impact of HSR accessibility on urban commercial land prices

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
<i>HSR</i>	0.482 [*] (0.274)	0.621 ^{***} (0.238)	0.638 ^{***} (0.239)	0.649 ^{***} (0.238)	0.680 ^{***} (0.239)	0.696 ^{***} (0.238)	0.694 ^{***} (0.239)	0.669 ^{***} (0.238)	0.685 ^{***} (0.239)	0.701 ^{***} (0.240)	0.316 (0.301)	0.835 ^{***} (0.245)
<i>HSR_AC</i>	0.008 ^{***} (0.002)	0.004 ^{**} (0.002)	0.004 ^{**} (0.002)	0.005 ^{***} (0.002)	0.005 ^{***} (0.002)	0.005 ^{***} (0.002)	0.005 ^{***} (0.002)	0.005 ^{***} (0.002)	0.005 ^{***} (0.002)	0.006 ^{***} (0.002)	0.004 (0.003)	0.003 [*] (0.002)
<i>lnGDP</i>			0.160 (0.141)	0.086 (0.145)	0.076 (0.143)	0.128 (0.149)	0.128 (0.149)	0.134 (0.151)	0.098 (0.154)	0.071 (0.155)		0.179 (0.156)
<i>lnPGDP</i>				0.206 (0.131)	0.176 (0.132)	0.232 [*] (0.134)	0.233 [*] (0.134)	0.176 (0.138)	0.190 (0.138)	0.155 (0.137)		0.247 [*] (0.145)
<i>lnPOP</i>					0.203 ^{**} (0.084)	0.205 ^{**} (0.081)	0.205 ^{**} (0.081)	0.202 ^{**} (0.080)	0.208 ^{***} (0.080)	0.208 ^{***} (0.079)		0.010 (0.086)
<i>lnFE</i>						-0.202 ^{**} (0.079)	-0.201 ^{**} (0.078)	-0.201 ^{**} (0.078)	-0.199 ^{**} (0.079)	-0.248 ^{***} (0.083)		0.259 ^{***} (0.088)
<i>lnFAI</i>							-0.004 (0.039)	-0.001 (0.039)	0.002 (0.039)	-0.006 (0.039)		-0.066 (0.045)
<i>PIND2</i>								0.457 (0.312)	0.437 (0.303)	0.371 (0.307)		0.238 (0.344)
<i>PIND3</i>									0.397 (0.286)	0.412 (0.291)		0.143 (0.321)
<i>lnREALS</i>										0.126 ^{**} (0.054)		0.024 (0.052)
<i>SCALE</i>	0.537 ^{***} (0.045)	0.847 ^{***} (0.182)	0.890 ^{***} (0.185)	0.935 ^{***} (0.190)	0.937 ^{***} (0.194)	0.824 ^{***} (0.201)	0.822 ^{***} (0.204)	0.812 ^{***} (0.202)	0.772 ^{***} (0.207)	0.916 ^{***} (0.205)	0.465 ^{***} (0.093)	3.793 ^{***} (0.738)
<i>_cons</i>	6.815 ^{***} (0.071)	7.761 ^{***} (0.347)	7.098 ^{***} (0.675)	5.423 ^{***} (1.278)	6.583 ^{***} (1.377)	6.194 ^{***} (1.402)	6.196 ^{***} (1.403)	6.503 ^{***} (1.404)	6.665 ^{***} (1.416)	7.213 ^{***} (1.422)	1.887 ^{***} (0.651)	-3.686 ^{**} (1.840)
<i>N/个</i>	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2299	2299
时间个体 固定效应	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>r²_a</i>	0.161	0.628	0.628	0.628	0.630	0.632	0.632	0.632	0.632	0.636	0.600	0.608

互项 (*HSR_ACCC*) 进行研究。结果显示 (表5) 高铁连通性对商服用地价格发展水平影响系数均为正, 且 R^2 与高铁开通、高铁可达性相比逐渐增加至 0.710, 说明伴随高铁属性的丰富, 模型的解释力逐渐增强。模型 (10) 中 *HSR_ACCC* 为 0.002, 表示在控制其他干扰因素后, 长三角其他研究单元到中心城市的高铁列车频率每增加 100 条, 该研究单元的商服用地价格就会上升 0.2%。而去除省会城市及直辖市后, 模型 (11)~模型 (12) 中高铁连通性系数为 0.001, 虽然存在正向效应, 但并不显著, 表示在其他城市中高铁连通性对商服用地价格产生的影响不甚明显。分析造成这种现象的原因, 连通性代表研究单元间的交通联系频率和集聚力, 也反映了该研究单元在区域内的核心地位。长三角高密度联系网络主要分布在京沪、沪昆等主干通道, 在一定程度上表征了长三角经济发展的重心所在。上海、南京、杭州等城市的连通性远高于其他城市, 人口流动和经济活动交流更为频繁, 随着产业和资源向中心城市集聚, 中心城市的发展与周边城市的经济差

表5 高铁连通性对城市商服用地价格的影响

Table 5 The impact of HSR connectivity on urban commercial land prices

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
<i>HSR</i>	1.619*** (0.290)	0.786* (0.474)	0.811* (0.468)	0.806* (0.477)	0.901* (0.473)	1.017** (0.469)	0.969** (0.465)	0.944* (0.482)	0.983** (0.484)	0.991** (0.483)	1.504*** (0.271)	-0.180 (0.579)
<i>HSR_AC</i>	0.006*** (0.002)	0.008** (0.004)	0.008** (0.004)	0.008** (0.004)	0.009** (0.004)	0.010*** (0.003)	0.010*** (0.003)	0.010*** (0.004)	0.010*** (0.003)	0.009*** (0.003)	0.009*** (0.002)	-0.002 (0.004)
<i>HSR_ACCC</i>	0.009*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.001 (0.001)
<i>lnGDP</i>			-0.099 (0.263)	-0.110 (0.306)	-0.038 (0.293)	-0.051 (0.300)	-0.090 (0.291)	-0.082 (0.297)	-0.149 (0.309)	-0.118 (0.314)		0.315 (0.283)
<i>lnPGDP</i>				0.021 (0.216)	-0.069 (0.214)	0.030 (0.215)	0.022 (0.209)	0.013 (0.218)	0.043 (0.221)	0.021 (0.220)		0.067 (0.201)
<i>lnPOP</i>					0.260*** (0.092)	0.257*** (0.089)	0.266*** (0.085)	0.264*** (0.085)	0.268*** (0.084)	0.268*** (0.082)		-0.055 (0.083)
<i>lnFE</i>						-0.289*** (0.103)	-0.239** (0.103)	-0.238** (0.103)	-0.238** (0.103)	-0.313*** (0.110)		-0.300*** (0.101)
<i>lnFAI</i>							-0.130** (0.053)	-0.128** (0.053)	-0.126** (0.052)	-0.123** (0.053)		-0.097* (0.057)
<i>PIND2</i>								0.127 (0.432)	0.149 (0.434)	0.159 (0.435)		0.320 (0.483)
<i>PIND3</i>									-0.397 (0.402)	-0.369 (0.412)		-0.074 (0.460)
<i>lnREALS</i>										0.184** (0.084)		-0.072 (0.066)
<i>SCALE</i>	0.481*** (0.054)	-0.639*** (0.223)	0.607*** (0.233)	0.612*** (0.234)	0.640*** (0.236)	-0.524** (0.243)	-0.343 (0.271)	-0.335 (0.274)	-0.295 (0.278)	-0.516* (0.292)	0.443*** (0.107)	3.291** (1.455)
<i>_cons</i>	7.152*** (0.096)	7.620*** (0.394)	8.027*** (1.152)	7.867*** (1.780)	9.513*** (1.927)	9.183*** (1.910)	9.737*** (1.922)	9.702*** (1.905)	9.831*** (1.916)	9.955*** (1.901)	2.654** (1.032)	-0.440 (2.983)
<i>N/个</i>	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2354	2299	2299
时间和个体 固定效应	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>r²_a</i>	0.356	0.696	0.696	0.695	0.697	0.702	0.706	0.706	0.705	0.710	0.366	0.637

距逐渐加大；对于小城市来说，城市发展不足、产业类型单一等问题使其对经济要素的吸引力远不及中心城市。因此连通性带来的空间集聚力促进了空间分配结果的不均衡，加强了中心城市与边缘城市的差异。

3 结论与讨论

本文以2009—2019年长三角县级及以上研究单元铁路数据、城市商服用地交易数据和社会经济数据为基础，采用多期DID模型，通过高铁开通、高铁可达性、高铁连通性三个方面刻画高铁网络结构，探讨长三角高铁网络化演变及对城市商服用地价格的影响，主要得出以下结论：

(1) 从可达性的角度出发, 伴随长三角高铁网络不断拓展, 高铁可达性显著提高, 整体呈现东部可达性高、西部可达性低; 中心地区可达性高、外围地区可达性低的局面。京沪高铁、宁杭高铁等重要交通廊道上研究单元的可达性高, 由廊道至两侧逐渐递减。一些小城市的可达性受周边大城市辐射影响较大, 呈现出与大城市相似的特征, 如丹阳、德清、来安等中心城市周边的小城市。从连通性的角度来看, 高铁连通性整体呈现先满足连通再增强联系的演变趋势。上海、南京、杭州等区域中心城市及位于高铁干线上的研究单元一直保持着较高的连通性; 一些位于高铁线路交汇点或自身经济较为发达的研究单元(如苏州、无锡、绍兴)连通性提升也较为显著, 对外辐射联系能力增强。

(2) 从整体层面来看, 高铁可达性和连通性对于商服用地价格发展均具有积极的促进作用。当多条高铁线路纵贯横通形成高铁网络后, 多个高铁线路叠加将会呈现出更加明显的区域经济发展效应。在控制其他社会经济变量的前提下, 高铁开通、高铁可达性、高铁连通性对研究单元商服用地价格的促进作用不断增强, 分别使商服用地价格上涨6.6%、7.2%、7.4%。不同高铁属性对不同类型城市商服用地价格的影响作用机理不同。具体表现为高铁可达性会弱化区域“核心—边缘”结构的形成, 但连通性会加强中心城市对资源的集聚程度, 发展水平越高、经济规模越大的研究单元从高铁网络化效应中获益越大。分析其原因, 高铁通过缩短旅行时间以提高可达性, 可达性带来的空间扩散力会使中心城市内集聚的产业和要素向地价较低的周边地区扩散, 从而提升小城市的商服用地价格。但由于不同城市间高铁连通频率各异, 连通性产生的空间集聚力会加强中心城市的枢纽地位, 吸引部分人流、信息流向交流更为频繁便捷的中心地区流动, 最终导致高铁网络化对中心城市商服用地价格的提升作用更为明显。

高铁网络化对城市商服用地价格影响研究表明, 地方发展需要充分认清和把握高铁的空间效应。由于高铁连通性在不同城市间差异较大, 要注意各级城市间错位发展, 避免中小城市发展机会被袭夺。区域发展需要协同高铁客运网络与区域产业布局, 结合不同规模城市的本底条件, 科学地进行用地供应与调控。合理制定高铁新城土地供给计划与规划, 注重站区与市中心的公共交通衔接, 注意避免高铁“鬼城”造成的资源浪费。由于技术原因, 研究仅累加了部分大城市“一市多站”的高铁连通性情况, 未能探讨这些城市高铁站数量增加将带来怎样的商服用地价格波动, 未来需要增加相应的研究。

参考文献(References):

- [1] 初楠臣, 吴相利, 张平宇, 等. 东北地区高速铁路的地域空间效应研究. 经济地理, 2022, 42(8): 22-29, 50. [CHU N C, WU X L, ZHANG P Y, et al. Regional spatial effects of high-speed rails in Northeast China. Economic Geography, 2022, 42(8): 22-29, 50.]
- [2] 施德浩, 于涛, 王磊. 高铁开通对县级单元产业结构的影响: 以长三角地区为例. 地理科学, 2022, 42(11): 1912-1922. [SHI D H, YU T, WANG L. The impact of high-speed railway on the industrial structure of county-level units: Taking the Yangtze River Delta as an example. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(11): 1912-1922.]
- [3] International Union of Railways (UIC). High-speed rail: Fast track to sustainable mobility. In: UIC. The Proceedings of the 8th World Congress on High-Speed. Philadelphia: UIC, 2018: 6-7.
- [4] 王姣娥, 焦敬娟, 金凤君. 高速铁路对中国城市空间相互作用强度的影响. 地理学报, 2014, 69(12): 1833-1846. [WANG J E, JIAO J J, JIN F J. Spatial effects of high-speed rails on interurban economic linkages in China. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(12): 1833-1846.]

- [5] YIM M, BERTOLINI L, DUAN J. The effects of the high-speed railway on urban development: International experience and potential implications for China. *Progress in Planning*, 2015, 98: 1-52.
- [6] 焦敬娟, 王姣娥, 金凤君, 等. 高速铁路对城市网络结构的影响研究: 基于铁路客运班列分析. *地理学报*, 2016, 71(2): 265-280. [JIAO J J, WANG J E, JIN F J, et al. Impact of high-speed rail on inter-city network based on the passenger train network in China. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(2): 265-280.]
- [7] 张衍春, 栾晓帆, 李志刚. “城市区域”主义下的中国区域治理模式重构: 珠三角城际铁路的实证. *地理研究*, 2020, 39(3): 483-494. [ZHANG X C, LUAN X F, LI Z G. The restructuring of regional governance under the city-regionalism of China: A case study of the Pearl River Delta intercity railway. *Geographical Research*, 2020, 39(3): 483-494.]
- [8] CHEN Z, HAYNES K E. Impact of high-speed rail on regional economic disparity in China. *Journal of Transport Geography*, 2017, 65: 80-91.
- [9] WANG L, DUAN X J. High-speed rail network development and winner and loser cities in megaregions: The case study of Yangtze River Delta, China. *Cities*, 2018, 83: 71-82.
- [10] 赵鹏军, 万婕. 城市交通与土地利用一体化模型的理论基础与发展趋势. *地理科学*, 2020, 40(1): 12-21. [ZHAO P J, WAN J. The key technologies of integrated urban transport-land use model: Theory base and development trends. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(1): 12-21.]
- [11] 王雨飞, 倪鹏飞. 高速铁路影响下的经济增长溢出与区域空间优化. *中国工业经济*, 2016, (2): 21-36. [WANG Y F, NI P F. Economic growth spillover and spatial optimization of high-speed railway. *China Industrial Economics*, 2016, (2): 21-36.]
- [12] 颜银根, 倪鹏飞, 刘学良. 高铁开通、地区特定要素与边缘地区的发展. *中国工业经济*, 2020, (8): 118-136. [YAN Y G, NI P F, LIU X L. High-speed train, immobility factors and the development of periphery regions. *China Industrial Economics*, 2020, (8): 118-136.]
- [13] WANG L, HUANG Y X. Changing accessibility and connectivity from high-speed rail development in metropolitan China. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport*, 2021, 174(7): 458-466.
- [14] 王姣娥, 景悦, 杨浩然. 高速铁路对国内民航旅客运输的替代效应测度. *自然资源学报*, 2019, 34(9): 1933-1944. [WANG J E, JING Y, YANG H R. Impacts of high-speed rail on China's domestic air transportation. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(9): 1933-1944.]
- [15] 李涛, 彭天浩, 王姣娥, 等. 铁路功效运输联系空间差异化及区域整合效应. *地理学报*, 2023, 78(4): 946-960. [LI T, PENG T H, WANG J E, et al. Spatial differentiation and effect on regional integration of inter-city connections in China. *Acta Geographica Sinica*, 2023, 78(4): 946-960.]
- [16] 齐昕, 王立军, 张家星, 等. 高铁影响下城市群空间关联形态与经济增长效应研究. *地理科学*, 2021, 41(3): 416-427. [QI X, WANG L J, ZHANG J X, et al. Spatial association of urban agglomeration and its economic growth effect under the influence of high-speed railway. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(3): 416-427.]
- [17] 唐昭沛, 吴威, 刘玮辰, 等. 高速铁路对生产性服务业空间集聚的影响: 以长三角城市群为例. *地理科学进展*, 2021, 40(5): 746-758. [TANG Z P, WU W, LIU W C, et al. Effects of high-speed rail on the spatial agglomeration of producer services: A case study of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. *Progress in Geography*, 2021, 40(5): 746-758.]
- [18] 汪德根, 翟云利, 朱梅, 等. 高铁枢纽驱动下长江经济带城市空间扩展效应与作用机制. *地理学报*, 2023, 78(6): 1443-1466. [WANG D G, ZHAI Y L, ZHU M, et al. Spatial expansion effect and mechanism of cities in Yangtze River Economic Belt driven by high-speed railway hub. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 78(6): 1443-1466.]
- [19] 汪德根, 陈田, 陆林, 等. 区域旅游流空间结构的高铁效应及机理: 以中国京沪高铁为例. *地理学报*, 2015, 70(2): 214-233. [WANG D G, CHEN T, LU L, et al. 2015. Mechanism and HSR effect of spatial structure of regional tourist flow: Case study of Beijing-Shanghai HSR in China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 214-233.]
- [20] 肖池伟, 刘影, 李鹏, 等. 基于城市空间扩张与人口增长协调性的高铁新城研究. *自然资源学报*, 2016, 31(9): 1440-1451. [XIAO C W, LIU Y, LI P, et al. Evaluation of the high-speed rail new town based on coordination of urban spatial expansion and population growth. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(9): 1440-1451.]
- [21] 姜海宁, 张俊, 余建辉, 等. 高铁开通对中国资源型城市经济转型的影响. *自然资源学报*, 2023, 38(1): 58-72. [JI-

- ANG H N, ZHANG J, YU J H, et al. The influence of high-speed railway on the economic transformation of resource-based cities in China. *Journal of Natural Resources*, 2023, 38(1): 58-72.]
- [22] 王雨飞, 徐海东, 王光辉. 快速交通网络化影响下的城市空间关联与经济溢出效应研究: 以航空及高铁网络为例. *中国管理科学*, 2023, 31(6): 207-220. [WANG Y F, XU H D, WANG G H. Research on urban spatial correlation and economic spillover effect under the influence of rapid transportation network: Take aviation and high-speed rail networks as examples. *Chinese Journal of Management Science*, 2023, 31(6): 207-220.]
- [23] 宋欣, 孙伟, 王磊. 长三角高铁网络时空演化格局及区域经济影响测度研究. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(2): 296-309. [SONG X, SUN W, WANG L. Spatial-temporal evolution patterns of high-speed rail network and its impact on regional economy in the Yangtze River Delta. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(2): 296-309.]
- [24] 郭艺, 曹贤忠, 曾刚. 高铁建设对特殊类型地区产业转型升级的影响: 来自资源型城市的证据. *地理研究*, 2023, 42(5): 1326-1342. [GUO Y, CAO X Z, ZENG G. Impact of high-speed rail construction on industrial transformation and upgrading in special regions: Evidence from resource-based cities. *Geographical Research*, 2023, 42(5): 1326-1342.]
- [25] 吴威, 曹有挥, 梁双波, 等. 中国铁路客运网络可达性空间格局. *地理研究*, 2009, 28(5): 1389-1400. [WU W, CAO Y H, LIANG S B, et al. The accessibility pattern of railway passenger transport network in China. *Geographical Research*, 2009, 28(5): 1389-1400.]
- [26] 汪德根, 汤娟, 朱梅, 等. 长江经济带城市高铁站区节点和场所功能耦合协调分析. *地理科学*, 2023, 43(8): 1317-1328. [WANG D G, TANG J, ZHU M, et al. Coupling and coordination analysis of node and place functions of urban high-speed railway stations in the Yangtze River Economic Belt. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 43(8): 1317-1328.]
- [27] 牛方曲, 辛钟龄. 中国高铁站的溢出效应及其空间分异: 基于夜间灯光数据的实证分析. *地理研究*, 2021, 40(10): 2796-2807. [NIU F Q, XIN Z L. Spillover effect of China's high-speed railway stations and its spatial differentiation: An empirical study based on night-time light datasets. *Geographical Research*, 2021, 40(10): 2796-2807.]
- [28] 韦胜, 王磊, 袁锦富. 站—城视角下长三角高铁网络“流”空间结构特征研究. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(9): 1898-1907. [WEI S, WANG L, YUAN J F. Characteristics of spatial structure of high-speed railway network flow in the Yangtze River Delta from the "station-city" perspective. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, 32(9): 1898-1907.]
- [29] 苏世亮, 赵冲, 李伯钊, 等. 公共交通导向发展的研究进展与展望. *武汉大学学报: 信息科学版*, 2023, 48(2): 175-191. [SU S L, ZHAO C, LI B Z, et al. Transit oriented development: A review. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2023, 48(2): 175-191.]
- [30] LIN Y T. Travel Costs and urban specialization patterns: Evidence from China's High-speed railway system. *Journal of Urban Economics*, 2017, 98: 98-123.
- [31] DONG X F. High-speed railway and urban sectoral employment in China. *Transportation Research Part A-Policy and Practice*, 2018, 116: 603-621.
- [32] 张俊峰, 张安录. 土地资源空间异质性与经济发展水平的关系研究: 以武汉城市圈为例. *自然资源学报*, 2015, 30(5): 725-735. [ZHANG J F, ZHANG A L. Study on relationship between spatial heterogeneity of land resources and economic development: A case study of Wuhan Urban Agglomeration. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(5): 725-735.]
- [33] WANG L, YUAN F, DUAN X J. How high-speed rail service development influenced commercial land market dynamics: A case study of Jiangsu province, China. *Journal of Transport Geography*, 2018, 72: 248-257.
- [34] WANG L. High-speed rail services development and regional accessibility restructuring in megaregions: A case of the Yangtze River Delta, China. *Transport Policy*, 2018, 72: 34-44.
- [35] 曹卫东, 曾刚, 朱晟君, 等. 长三角区域一体化高质量发展: 问题与出路. *自然资源学报*, 2022, 37(6): 1385-1402. [CAO W D, ZENG G, ZHU S J, et al. High-quality integrated development in the Yangtze River Delta Region: Problems and solutions. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(6): 1385-1402.]
- [36] ZHU Z R, ZHANG A M, ZHANG Y H. Connectivity of intercity passenger transportation in China: A multi-modal and network approach. *Journal of Transport Geography*, 2018, 71: 263-276.

- [37] QIN Y. 'No County Left Behind?' The distributional impact of high-speed rail upgrades in China. *Journal of Economic Geography*, 2017, 17(3): 489-520.
- [38] WANG J J, XU J, HE J. Spatial impacts of high-speed railways in China: A total-travel-time approach. *Environment and Planning a-Economy and Space*, 2013, 45(9): 2261-2280.
- [39] 赵梓渝, 魏冶, 王士君, 等. 有向加权城市网络的转变中心性与控制力测度: 以中国春运人口流动网络为例. *地理研究*, 2017, 36(4): 647-660. [ZHAO Z Y, WEI Y, WANG S J, et al. Measurement of directed alternative centrality and power of directed weighted urban network: A case of population flow network of China during "Chunyun" period. *Geographical Research*, 2017, 36(4): 647-660.]
- [40] 孔冰清, 王磊, 段学军. 中国铁路建设与国土空间发展的关系演变: 基于多层级管治视角. *热带地理*, 2023, 43(5): 859-871. [KONG B Q, WANG L, DUAN X J. The nexus between railway construction and spatial development strategies in China: A perspective of multi-level governance. *Tropical Geography*, 2023, 43(5): 859-871.]
- [41] 王姣娥, 景悦. 中国城市网络等级结构特征及组织模式: 基于铁路和航空流的比较. *地理学报*, 2017, 72(8): 1508-1519. [WANG J E, JING Y. A comparative research of spatial structure and organization mode of inter-city networks from the perspective of railway and air passenger flows. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(8): 1508-1519.]
- [42] 王士君, 廉超, 赵梓渝. 从中心地到城市网络: 中国城镇体系研究的理论转变. *地理研究*, 2019, 38(1): 64-74. [WANG S J, LIAN C, ZHAO Z Y. From central place to city network: A theoretical change in China's urban system study. *Geographical Research*, 2019, 38(1): 64-74.]
- [43] LONG F, ZHENG, F J, LONG Z, et al. Ghost town or city of hope? The spatial spillover effects of high-speed railway stations in China. *Transport Policy*, 2019, 81: 230-241.
- [44] LONG F J, ZHENG L F, SONG Z D. High-speed rail and urban expansion: An empirical study using a time series of nighttime light satellite data in China. *Journal of Transport Geography*, 2018, 72: 106-118.
- [45] 许旺土. 高速铁路对经济影响评估与服务水平提升路径. 南京: 南京大学出版社, 2021: 68-74. [XU W T. Assessment of the Economic Impact of High-Speed Railway and the Path of Service Level Enhancement. Nanjing: Nanjing University Press, 2021: 68-74.]
- [46] WU R, LI Y C, WANG S J. Will the construction of high-speed rail accelerate urban land expansion? Evidences from Chinese cities. *Land Use Policy*, 2022, 114, Doi: 10.1016/j.landusepol.2021.105920.
- [47] 钟业喜, 黄洁, 王玉钊. 高铁对中国城市可达性格局的影响分析. *地理科学*, 2015, 35(4): 387-395. [ZHONG Y S, HUANG J, WEN Y Z. Impact of high-speed railway on spatial pattern of Chinese cities' accessibility. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(4): 387-395.]
- [48] 周南. 高速铁路对土地价格的影响. 南京: 南京大学, 2020. [ZHOU N. Impact of high-speed rail on land prices. Nanjing: Nanjing University, 2020.]
- [49] 李汝资, 刘耀彬, 王文刚, 等. 中国城市土地财政扩张及对经济效率影响路径. *地理学报*, 2020, 75(10): 2126-2145. [LI R Z, LIU Y B, WANG W G, et al. China's urban land finance expansion and the transmission routes to economic efficiency. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(10): 2126-2145.]
- [50] 王玉波. 中国土地财政供给类型与调控对策. *经济地理*, 2018, 38(1): 142-151. [WANG Y B. Land finance supply types in China and regulation countermeasures. *Economic Geography*, 2018, 38(1): 142-151.]
- [51] 李汝资, 刘耀彬, 王文刚, 等. 中国城市土地财政扩张及对经济效率影响路径. *地理学报*, 2020, 75(10): 2126-2145. [LI R Z, LIU Y B, WANG W G, et al. China's urban land finance expansion and the transmission routes to economic efficiency. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(10): 2126-2145.]
- [52] CHANG Z, MURAKAMI J. Transferring land use rights with transportation infrastructure extensions: Evidence on spatiotemporal price formation in Shanghai. *Journal of Transport and Land Use*, 2019, 12(1): 1-19.

The impact of high-speed rail network expansion on urban commercial land prices in the Yangtze River Delta, China

KONG Bing-qing^{1,2}, WANG Lei^{1,3,4}, ZHANG Xiao-ran^{1,3,4}

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, China; 2. Shandong Urban Construction & Design Institute, Jinan 250000, China; 3. Key Laboratory of Watershed Geographic Sciences, CAS, Nanjing 210008, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Nanjing 211135, China)

Abstracts: High-speed rail (HSR), as a fast and efficient modern transportation system, has a profound impact on regional and urban economic development and spatial structure evolution. This paper obtains data on HSR service network and urban economic data of 215 cities and counties in the Yangtze River Delta (YRD) from 2009-2019, analyzes the development impact of HSR network expansion through indicators such as urban HSR operation, accessibility and connectivity. Based on the multi-period Difference-in-Differences (DID) model, we examine the impact of HSR network on the change of urban commercial land prices, and analyze the variation of HSR impact. The results show that: (1) The YRD HSR network expansion significantly reduces travel time between study units and improves network accessibility for prefecture-level and below units to a greater extent. The HSR network constitutes a regional backbones centered by Shanghai-Nanjing-Hangzhou. (2) The opening of HSR services, the improvement in accessibility and connectivity, positively influenced the average commercial land prices of cities and counties, resulting in price appreciation of 6.6%, 7.2%, and 7.4%, respectively. HSR network expansion has facilitated the relocation of business service industries to regional central cities with more frequent and convenient train services. With the advancement of HSR construction and planning in the future, local governments need to carefully consider the network effect of HSR in the context of local geographical and socioeconomic conditions to regulate the supply of commercial and service land use.

Keywords: HSR impact; HSR accessibility; HSR connectivity; urban commercial land prices; multi-period DID model; Yangtze River Delta