

基于租房数据的京津冀城市群跨城通勤特征及影响因素研究

张 纯^{1,2}, 马 畅³

(1. 北京交通大学建筑与艺术学院, 北京 100044; 2. 北京交通大学国土空间与交通协同发展研究院, 北京 100044;
3. 北京交通大学交通运输学院, 北京 100044)

摘 要:近年来中国城市群都市圈尺度的跨城通勤现象愈加频繁。相对于国际大城市的通勤圈,国内跨城通勤特征与影响因素仍不明晰。论文以京津冀城市群为例,基于贝壳App租房者的双城通勤位置数据,采用基于GIS的OD(origin-destination)分析与空间统计分析,考察跨城通勤现象的空间分布特征;并辅以个体通勤时间为因变量的普通最小二乘法(ordinary least squares, OLS)、地理加权回归(geographically weighted regression, GWR)模型,揭示空间变量和个人社会属性综合作用下的影响机制。结果表明:①京津冀城市群的跨城通勤呈现出明显的廊道分布特征,集中在东部、东南与西南三条通勤廊道上;②跨城通勤距离已经超越都市圈传统研究聚焦的30~50 km范围;③跨城通勤群体占租房总量20%以上的地区,位于廊坊燕郊开发区、固安县、保定涿州市等地,形成高频通勤的“环京通勤带”;④跨城通勤个体层面的GWR回归显示了职住两地工资差异、租房价格及居住地到高铁站距离等因素对通勤时间具有空间异质性影响。长时间跨城通勤动机存在差异,部分天津跨城通勤者主要为提高居住质量和工资,而部分廊坊、保定通勤者则为了提高工资和节省房租。研究结果可为新型城镇化战略下的城市群都市圈城镇空间合理布局与综合交通协同优化提供借鉴。

关键词:城市群;跨城通勤;空间分布;职住空间关系;GWR;京津冀

全球城市在21世纪持续城市化的过程中,普遍经历了通勤距离延伸、通勤时间加长的变化^[1]。近年来研究重点更强调伴随远距离和长时间通勤而带来的异地居住—就业空间关系变化。多中心的城市空间结构以及日益完善的交通体系,促使职住空间关系跨越城市边界,在都市圈或城市群范围拓展^[2]。例如,在欧洲、北美、日本城市群都市圈中,已逐渐形成规模显著、频率较高的跨城通勤现象^[3-6]。在中国,2010年以来已经在京津冀、长三角和粤港澳等城市群逐渐形成了城市间远距离、高频率、常发性的通勤现象^[7-8]。特别是2018年后,依托高速铁路和市域快轨的跨城通勤群体,已形成城市之间持续而稳定的客流。预计未来“十五五”时期,随着以城市群为主体形态的新型城镇化战略推进,跨城通

勤现象将更为普遍。

近年来,随着轨道交通体系的日臻完善,城市群尺度的跨城通勤引起了越来越多的学术关注。这些研究在空间尺度上最初集中在都市圈或通勤圈范围,而后逐渐扩大到城市群^[9];在研究内容上,从通勤空间的特征转移到了职住空间关系的驱动力^[10-11]。在都市圈尺度,实际一日通勤行为被认为是最常用的标准,将通勤圈约等于都市圈范围。在通勤行为超越行政区的情况下,描述跨城通勤的距离、时间与通勤率等指标,成为识别都市圈边界的重要依据。大部分研究中,都市圈尺度的跨城通勤距离在30~50 km之间^[12-14],通勤时间在1~1.5 h左右^[15-18],通勤率在5%~15%之间^[19-20]。

随着研究深入,跨城通勤已从都市圈(metropol-

收稿日期:2023-07-10;修订日期:2023-12-13。

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFC3800104)。[Foundation: National Key Research and Development Program of China, No. 2022YFC3800104.]

第一作者简介:张纯(1983—),女,北京市人,教授,从事国土空间与交通协同研究。E-mail: zhangc@bjtu.edu.cn

引用格式:张纯,马畅. 基于租房数据的京津冀城市群跨城通勤特征及影响因素研究[J]. 地理科学进展, 2024, 43(5): 841-853. [Zhang Chun, Ma Chang. Characteristics of inter-city commuting and influencing factors in the Beijing-Tianjin-Hebei mega-region based on housing rental data. Progress in Geography, 2024, 43(5): 841-853.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2024.05.001

itan)拓展到城市群(mega-region)尺度。无论是美国2050年大都市区规划^[21],还是欧洲多中心城市群(mega-city region)的发展战略^[22],都一致认为跨城通勤不仅有着更长的通勤距离和通勤时间,还存在更低的通勤率,并且更依赖高速铁路和城际快轨等支持。例如,西班牙拉曼恰区域的案例研究发现,借助高铁的通勤距离甚至长达220 km^[23],通勤时间长达1~2 h,通勤率相应仅在2%~5%之间^[24-25]。因而,城市群尺度的跨城通勤呈现出差异的特征,在都市圈尺度上的既有研究已不能完全概括跨城通勤的全貌。

在描述跨城通勤现象的同时,目前研究前沿聚焦于两个主要话题:① 基于流动空间理论,以跨城通勤的时空特征反推城市空间结构^[12,14],或城市群网络化的空间结构重构^[26-27];② 基于通勤行为理论,通过跨城通勤群体的行为,揭示在高铁枢纽等重要节点的购物、休闲、餐饮等通勤伴生活动特征^[28-30]。其中,前者更注重空间结构分析,后者更注重个体视角的流动性行为研究。

近年来,在个体层次的影响因素研究方面,通常涵盖了职住空间所在地相关的工资、住房价格等,以及收入、性别、年龄等个体属性因素(表1)。研究结果通常显示,居住地与工作地之间的工资^[3,16]、住房价格^[31-32]差距越大,通勤时间更长^[33]。在这种

“价差”吸引下产生两类跨城通勤群体:一方面,收入较低的青年群体,特别是新市民,通常有着更长的通勤时间^[5,34-36],他们期待获得更高的工资^[37-42],并节约住房成本^[43-45];另一方面,高收入^[46-50]、重视住房质量^[51-52]的人群也容易成为长时间通勤者,其中男性高管成为这类人群的典型画像^[53]。此外,相比市内极端通勤,跨城通勤还更加强调由于行政边界、制度、就业市场等差异带来的就业机会和住房价格等差异^[45]。

在跨城通勤影响因素中,最近的研究普遍关注到了空间异质性的重要作用。已有研究通常假设各因素的影响空间同质,然而对美国普吉特湾中部^[46]及中国苏州—上海之间^[44]的研究显示,社会经济、土地利用及通勤者个体因素在空间上存在着明显的差异化作用。相似地,中国京津冀城市群内各城市发展水平、功能定位的不同,导致不同地区通勤人群存在明显偏好差异^[55]。

以上研究表明,跨城通勤是在城市群都市圈空间结构延展和多样化个体需求双重作用下的综合结果,而非城市内部通勤距离的简单延伸和通勤时间的增加。在京津冀协同发展国家战略提出10周年之际,本文以京津冀城市群作为研究范围,考虑其范围内的城市既聚集了较为密集的人口、经济要素,又具有明显围绕首都的向心通勤特征。近年

表1 城市群都市圈长时间、远距离通勤影响机制研究综述

Tab.1 A review on the research on the impact mechanisms of long-time and long-distance commuting in mega-regions and metropolitan areas

文献观点	一级指标	二级指标	影响因素的作用机制
长时间通勤是受限的行为	个人经济情况	工资收入	通勤者易被工作地的高工资吸引而产生跨区域长时间通勤 ^[32-33,37-38,41-42] 低收入群体对住房价格敏感,在空间上集中在通勤时间更长的郊区 ^[16,34-35] 高、低收入通勤者均居住在办公地附近,而中等收入人群的通勤时间更长,因为其就业更分散在整个城市 ^[3,36]
		住房成本	更高的住房成本可能会促使部分通勤者搬到离工作地点更远的地方,通勤时间更长 ^[39-40,43-45]
		年龄	年轻人权衡时间和工资后,更可能用长时间通勤来换取更高的收入 ^[5]
	个人基本情况	性别	女性主导行业提供的工作机会相对较少,可能使女性通勤时间更长 ^[46]
		交通方式	快速公共交通系统使人们能够在居住地不变的同时前往更远的工作地,通勤距离和时间都较长 ^[31,35,46-47]
			公共交通通勤总体时间更长 ^[16,48] 到交通枢纽的可达性影响了总体通勤时间 ^[55]
长时间通勤不是受限的行为	个人经济情况	工资收入	高收入者通勤时间更长,可能具备交通成本的承受能力 ^[46-50] 和住房质量 ^[34,51-52] 的偏好
	个人基本情况	年龄	随着年龄的增长,通勤者变得更扎根于居住地,通勤时间更长 ^[46-47]
		性别	男性无需承担家务,同时是家庭主要通勤者,能适应长时间通勤 ^[45,50,53-54] 随着跨城通勤中女性群体的增加,也观察到了女性长时间通勤的现象 ^[36]
		交通方式	即使通勤时间较长,年轻通勤者通常通过观看视频、听音乐或用发短信来享受轨道交通通勤时间 ^[5,15]

来,在持续疏解政策影响下,形成了一定规模的稳定通勤群体,引发了“环京通勤带”这类特殊通勤现象。本文采用2019年租房数据,提取在北京工作和京津冀其他城市租房且具有跨城通勤行为的样本作为研究对象。

本研究的创新在于,将传统上集中于城市内部的职住空间关系理论,在城市群都市圈层面通过跨城通勤现象特征识别和影响因素解释加以拓展。通过建立包括通勤廊道、通勤距离、通勤比率等指标的测度框架,辅以带有异质性特征因素影响研究,揭示了“出圈”后跨城通勤的空间分布规律。研究结果将为城市群都市圈跨城通勤特征识别和根据跨城通勤新趋势增强重要链接性交通廊道的建设,以及持续加强城市群尺度的交通基础设施一体化建设提供政策建议。

1 研究案例与方法

在《京津冀协同发展规划纲要(2015年)》中的区域一体化发展目标影响下,京津冀城市群跨城通勤日渐普遍。跨城通勤群体规模不断扩大,2023年仅环京通勤带的总量已超过30万人^[56],平均通勤距离拓展至43.47 km^[41],范围已远超越北京行政边界。本文数据来自于链家租房平台(贝壳App),该平台在北京市场的占有份额接近50%^[57],能更长期追踪实际租房交易用户的工作地商圈及居住楼盘位置,数据较为真实、可靠,具体包括2019年的居住地、工作地位置信息,以及个人属性中的性别、年龄、房租价格等数据。选择该平台在京津冀城市群范围内的租房,并有职住两地跨城通勤的群体作为样本。

租房群体中,保定、廊坊两市进京跨城通勤比例均约为37%,天津、石家庄进京比例分别为4.9%和3.7%(表2)。考虑到跨城通勤的强向心性,选取在天津、保定、石家庄、廊坊等城市租房居住且在北京工作的租房通勤人群作为研究对象,总数据量

1468条(图1)。统计显示,跨城通勤者年龄集中在25~40岁,男性占64.8%。

大数据统计显示,京津冀城市群的9条向心通勤廊道分布于东、东南、西南等方向^[58],其中通燕—京通廊道承担了最为集中的通勤量^[59],同时有着一定规模来自天津、廊坊、保定及石家庄等地的通勤^[60-61]。因此,租房数据的居住来源地,与通勤大数据有着较强的一致性。此外,北京的租房需求较高,跨城通勤租房群体能够一定程度上代表整体跨城通勤群体^[62]。相较于购房群体,租房群体主要受出行能力、职住空间关系的影响^[63],更能够诠释跨城通勤行为特征和影响因素。

通勤时间数据来自编程调用的高德地图API路线规划服务中,分别计算公共交通及驾车场景下的最短通勤时间时间。其中,廊坊、保定的平均通勤时间分别为0.97、1.62 h;而天津、石家庄的平均通勤时间均超过2 h,分别为2.09、2.69 h。这与已有研究中,1 h通勤圈接近北京边界,2 h通勤圈半径达100 km的空间范围相近^[19]。

在研究方法上,主要采取空间统计分析与回归

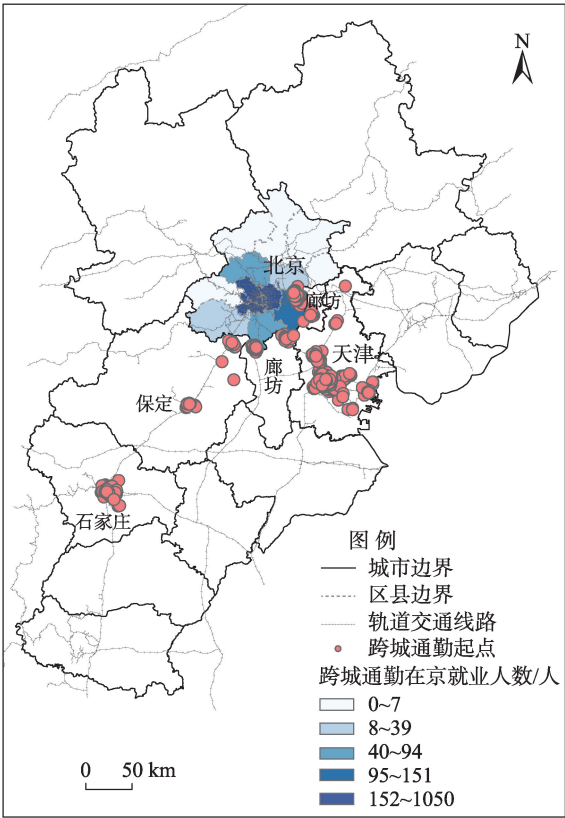


图1 跨城通勤群体的职住空间分布

Fig.1 Spatial distribution of jobs-housing locations for inter-city commuting groups

表2 京津冀城市群调查样本的通勤结构

Tab.2 Commuting structure of selected samples in the Beijing-Tianjin-Hebei mega-region (%)

跨城通勤 起点城市	到北京 城六区	到北京内城 六区以外	到本市	到其他 地区
保定	31.52	5.43	33.70	29.35
廊坊	24.48	12.09	50.65	12.78
石家庄	2.64	1.04	85.86	10.46
天津	3.56	1.34	87.42	7.68

分析等两类方法:① 基于 GIS 空间统计分析,识别并分析跨城通勤空间分布规律;② 采取地理加权回归模型(geographically weighted regression, GWR),在普通最小二乘法模型(ordinary least squares, OLS)的基础上,分析跨城通勤时间的空间特征、个体属性影响因素的空间异质性。

首先,利用 GIS 统计分析方法描述跨城通勤廊道、通勤时间、通勤比率等空间特征。其中:以城市、区县层面的主要通勤方向作为通勤廊道;以通勤的直线距离作为通勤距离;以跨城通勤者在租房者中的比例作为通勤比率。其次,以通勤时间作为因变量(Y_1),以租金房价差(X_1)、工资差(X_2)、居住地到高铁站距离(X_3)、居住地通勤层级(X_4)等空间因素,及年龄(X_5)、性别(X_6)、户籍(X_7)、住房面积(X_8)等个人因素为自变量(表3)进行多元线性回归。模型如下:

$$Y_1 = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_8 X_8 \quad (1)$$

式中: a 为常数项, $\beta_1 \sim \beta_8$ 为回归系数。

在传统回归方法的基础上,采用 GWR 模型进一步刻画影响因素的空间分异。另外,考虑到位置重合的点数据无法进行 GWR 分析,本文对总体样本按照 698 个居住小区进行分层抽样,得到 698 个样本。同样以跨城通勤时间为因变量(Y_2),空间因素($X_1' \sim X_3'$)及个人因素($X_4' \sim X_7'$)为自变量进行 GWR 回归。模型如下:

$$Y_2 = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^p \beta_k'(u_i, v_i) X_{ik}' + \varepsilon_i \quad (2)$$

式中: (u_i, v_i) 是第 i 个样点的地理坐标; $\beta_0(u_i, v_i)$ 为 i

点的回归常数; $\beta_k'(u_i, v_i) X_{ik}'$ 为 i 点上的第 k 个的回归参数; p 为研究变量个数; ε_i 表示假定符合随机分布的随机误差。

2 京津冀的跨城通勤空间特征

2.1 跨城通勤廊道聚集性显著

分析表明,京津冀内的跨城通勤呈现出明显廊道聚集性。在方向上,目前仍以向心方向为主(98%),并集中于东部廊道(廊坊—北京)、东南廊道(天津—北京)及西南廊道(石家庄—北京)(图2)。

在东部廊道上,通勤者大部分来自廊坊,占总跨城通勤人群的 56.0%。在区县尺度,通勤主要集中于燕郊开发区—北京城六区。燕郊地区以其紧邻北京、邻近北京城六区的地理位置,汇集了大量集中跨城通勤。

东南廊道汇集了来自天津的跨城通勤者,占总通勤人数的 34.5%。在区县尺度,出发地集中在天津中心城区及邻接北京的武清区,目的地集中于北京城六区。京津作为城市群发展的“双核”,以中心城区互为密切通勤目的地,但呈现出双向不平衡特征^[64]。来京的向心通勤规模约为去往天津的反向通勤规模的 1.62 倍,与已有研究中 1.35 及 1.8 倍的结论近似^[65]。

在西南廊道上,通勤者主要来自于石家庄。石家庄的跨城通勤人群规模相对较小,占总数的 7.4%,并集中在中心城区到北京城六区的廊道上。而同

表3 跨城通勤者的基本属性分析

Tab.3 Analysis of the basic attributes of inter-city commuters

变量名称	变量含义	单位或计算方法	平均值	中位数	标准差	变量符号	
						OLS 模型	GWR 模型
通勤时间	工作地与居住地之间最短实际出行时间	h	2.12	2.26	0.73	Y_1	Y_2
租房价格差	工作所在地与居住所在地租房价格的差值	元	4939.27	4852.78	2577.62	X_1	X_1'
工资差	工作所在地与居住所在地平均年工资的差值	元	66518.93	72564.18	32338.04	X_2	X_2'
居住地到高铁距离	居住地到当地最近高铁站的直线距离	km	29.42	27.41	21.92	X_3	X_3'
居住地通勤层级	居住所在地通勤层级	都市圈=0,城市群=1	0.43	0	0.50	X_4	
年龄	租房者年龄段	20~<30岁=0, 30~<40岁=1, 40~<50岁=2, 50~60岁=3	0.77	1.00	0.73	X_5	X_4'
性别	租房者性别	男=0,女=1	0.35	0	0.48	X_6	X_5'
户籍	租房者是否拥有北京户籍	否=0,是=1	0.09	0	0.29	X_7	X_6'
住房面积	租房者居住房屋面积	m ²	80.61	84.36	29.06	X_8	X_7'

一方向上,保定的跨城通勤规模仅占总数的2.2%。

与其他城市群都市圈相比,京津冀城市群的通勤廊道分布更为集中、具有更强的单中心向心指向。长三角城市群同样呈现出显著的通勤廊道聚集性,集中在太仓—上海、昆山—上海西部廊道^[66];而西班牙拉曼恰地区^[23]及中国粤港澳大湾区^[67]的通勤廊道呈现出多向性、网络化特征。

2.2 跨城通勤距离超越都市圈普遍研究范围

数据显示,所有样本通勤距离的中位数为50.31 km,平均值为78.55 km。京津冀城市群通勤影响范围已经超越了已有研究中普遍聚焦的30~

50 km都市圈范围^[12-14,19-20](图3),跨城通勤现象的“出圈”特征已难于用传统的通勤理论展开指导。

廊坊的平均通勤距离为31.81 km。尽管通勤距离相对不在最长水平,但呈现出高频发特征。在城际通勤需求较大却缺乏轨道交通的燕郊开发区,通勤者主要以城际818路、定制巴士等公交线路及私家车出行方式进京。城际公交每日运力能够支撑5万左右跨城通勤人口,通勤时间达1~2 h^[68]。

在保定、天津及石家庄,通勤距离已超越以往研究中普遍定义的都市圈范围,平均通勤距离分别为86.47、113.53及267.50 km。城市群内长距离城际通勤更倾向于依赖于铁路。京津高铁和城际铁路将通勤时间压缩在30 min左右^[69],京石城际铁路从保定和石家庄来京的通勤时间缩短至40 min和85 min^[70-71]。

城市群都市圈尺度的跨城通勤距离与区域自身空间范围有关。在国内城市群中,京津冀的最远跨城通勤距离与长三角城市群接近(约为260 km)^[17],而大于粤港澳大湾区(约为160 km)^[72]。相较于国外城市群,京津冀跨城通勤范围与西班牙拉曼恰区域的220 km极限通勤距离接近^[23],但小于美国加利福尼亚州内的200英里(约322 km)极限通勤距离^[34]。

2.3 跨城通勤比率呈现随距市中心距离增加而递减

通勤率是已有都市圈边界划分研究的常用指标,如北京都市圈研究中采用的5%双向联系率^[13]、5%^[24]或10%通勤率^[19]等。而扩展至城市群尺度通常会出现通勤率过低、难于界定衰减阈值的情况。因此,本文采取跨城通勤比率为测度指标,以街道乡镇为基本单元,以单元中跨城通勤者数量占租房者比率计算。分析显示,通勤比率与距市中心距离大致呈现出负指数关系(图4)。通勤比率从90%急剧衰减至20%后呈现出明显的断点,而后稳定在较低水平。因此,采用临界值20%通勤比率可以作为

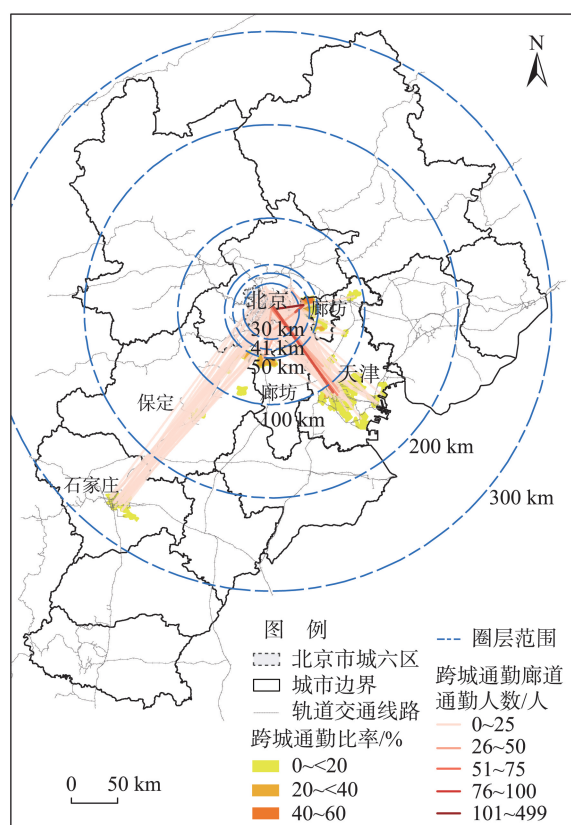


图2 跨城通勤廊道及通勤比率分布

Fig.2 Distribution of inter-city commuting corridors and subdistrict-based commuting ratio

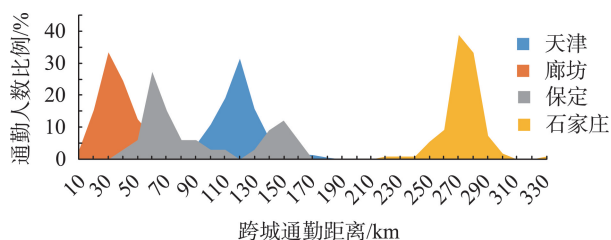


图3 主要城市向心通勤的跨城通勤距离分布

Fig.3 Inter-city commuting distance distribution of major cities to mega-regions center

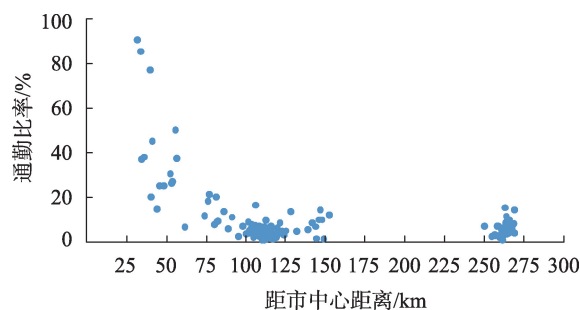


图4 北京跨城通勤比率随距离衰减过程

Fig.4 The process of inter-city commuting rate attenuation with distance in Beijing

识别城市群都市圈尺度“环京通勤带”范围的主要依据。

基于通勤比率的克里金插值结果显示,与北京通勤联系最为紧密的空间在 70 km 范围内,涵盖廊坊燕郊开发区、固安;保定涿州、高碑店等北京接壤地区(图 5),与已有研究中都市圈范围界定一致。这类地区的通勤通常呈现出距离相对不长而频率更高的特征。

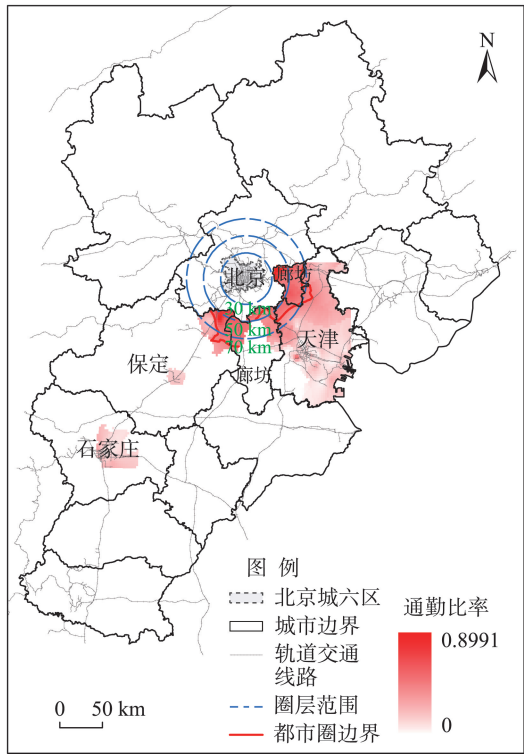


图 5 根据跨城通勤比率的环京通勤带范围
Fig.5 Distribution of the Beijing surrounding commuting area according to inter-city commuting rate

分析同时显示,跨城通勤比率与通勤总规模不具有确定关联。天津呈现出跨城通勤比率低(4.9%),但规模较大(34.5%)的特征;而廊坊的跨城通勤比率(36.9%)及规模(56.0%)均较高。跨城通勤比率与租房者的活跃程度相关,而跨城通勤规模与城市间经济联系相关。

此外,通勤率的空间分布可能还与城市群通勤空间结构及通勤方式有关。在京津冀内的石家庄、唐山等地,通勤率受到通勤空间结构的影响而产生跨跃性飞地现象^[13,73];而在依托高铁通勤的长三角城市群,通勤率分布同样具有飞地特征^[74]。

3 京津冀的跨城通勤影响因素分析

采用OLS模型、GWR模型分析两种方法(表 4),揭示跨城通勤时间的影响作用机制。以基于个体的OLS模型挖掘空间因素及个人因素的影响,再通过GWR模型进一步强调具有空间异质性的作用机制。

3.1 基于 OLS 模型的影响因素分析

OLS模型的 R^2 为0.57,具有有效性(通常在人文社科领域 $R^2 > 0.4$,回归效果较好)。分析显示,职住空间因素对跨城通勤时间有着显著影响。租房价格差($\beta_1=0.044, P=0.013$)和工资差($\beta_2=0.039, P=0.023$)越大,通勤时间越长。居住地通勤层级同样产生正相关影响,居住在城市群的通勤者通勤时间更长($\beta_4=0.218, P<0.001$)。对于高铁可达性,居住地到高铁站距离呈现出显著负向影响($\beta_5=-0.465, P<0.001$)。从城市群整体上来看,住在高铁附近的群体更倾向于长时间通勤。这与已有京津双城研究结论一致,到高铁站的便捷性将对跨城通勤意愿

表 4 京津冀跨城通勤时间的 OLS 及 GWR 回归分析结果

Tab.4 OLS and GWR regression results of inter-city commuting time in the Beijing-Tianjin-Hebei mega-region

变量	OLS 回归				GWR 回归				
	变量	系数	P 值	VIF	变量	最小值	中值	最大值	平均值
常数项		1.590	< 0.001***			-1.077	0.423	1.065	0.144
租房价格差	X_1	0.044	0.013*	1.603	X_1'	-0.081	0.014	0.464	0.053
工资差	X_2	0.039	0.023*	1.499	X_2'	-0.089	0.112	0.249	0.093
居住地到高铁距离	X_3	-0.465	< 0.001***	8.771	X_3'	-0.708	-0.067	0.931	0.045
居住地通勤层级	X_4	0.218	< 0.001***	8.813					
年龄	X_5	-0.046	0.001**	1.078	X_4'	-0.220	-0.015	0.052	-0.012
性别	X_6	-0.012	0.376	1.008	X_5'	-0.118	0.030	0.121	0.014
户籍	X_7	-0.004	0.798	1.061	X_6'	-0.071	0.023	0.148	0.020
住房面积	X_8	0.020	0.184	1.149	X_7'	-0.100	0.003	0.189	0.005

注: *、**、***分别表示 $P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.001$; “ X_4 居住地通勤层级”在 GWR 模型中呈现出局部多重共线性,故分析时予以排除。

产生正向影响^[52]。同时,欧洲意大利、瑞士及亚洲韩国的案例研究也显示出相似的结论,住房价格、工资差异将带来更长的跨城通勤时间^[32,10,5]。

个人因素对跨城通勤时间存在一定影响。年龄越小的群体,越倾向于更长时间的通勤($\beta_5=-0.046$, $P=0.001$),与前人研究中年轻群体更倾向于长时间通勤的结论一致^[5]。而在性别^[53]、户籍^[75]、住房面积^[76]方面,与已有研究的差异在于并未对通勤时间造成显著影响。

3.2 基于GWR模型的影响因素空间异质性分析

进一步采取GWR模型挖掘职住两端租房价格差、工资差以及居住地到高铁站距离三个空间因素在不同居住地的差异化影响机制。GWR模型因变量显示出空间集聚特征,校正 R^2 为0.68,拟合效果相对于OLS模型更好。

从中位数来看,廊坊、保定部分通勤者以节省更多房租($\beta_1'=0.031$)(图6a)、获得更高工资($\beta_2'=0.110$)(图6b)为跨城通勤动机。这与苏州—上海的案例研究中,住房成本更低的上海周边地区,对住房成本效益和工资更加敏感的结论一致^[44]。而天津与此不同,工资差更高的影响水平($\beta_2''=0.129$)(图6b)说明这部分群体的通勤主要动机是获得更高的工资,同时重视更好的住房质量或环境($\beta_1''=-0.020$)(图6a)。在美国普吉特湾中部等研究中,同样观察到了在区域发展中心,通勤者收入水平更高的同时,为了提高居住质量而极端通勤的现象^[46]。

这些差异表明,通勤行为特征因各城市间社会经济、土地利用等差异而有所不同^[77-78]。作为城市群核心之一的天津发展水平较高,通勤者能够承担

更高的住房成本,因而具有提高居住质量的通勤动机^[79]。而廊坊、保定等地发展水平相对较低,通勤者对经济收支更加敏感,故选择长时间跨城通勤^[80]。

此外,分析也显示了来自石家庄的通勤者均受到租房价格差($\beta_1'''=-0.041$)(图6a)和工资差($\beta_2'''=-0.082$)(图6b)的负向影响。这可能与位于南部的石家庄与北京功能互动程度不高有关^[81]。石家庄的跨城通勤时间影响因素有待进一步探究。

其中居住地到高铁站距离因素的中位数($\beta_3'=-0.226$)显示(图6c),天津和石家庄依托高铁的通勤者能够通过缩短与高铁站的距离有效缩短整体通勤时间。同时,仍有部分住在保定及廊坊的通勤者($\beta_3''=-0.242$)可能受限于可达性等原因,不依靠高铁而转向私家车等其他通勤方式^[82];或是其就业地与高铁站在城市空间的区位不匹配^[52,83]。以上空间及个人因素能够解释大部分跨城通勤情况,然而在天津、石家庄的部分郊区,也有部分样本产生较大残差(图7)。

综上,OLS及GWR分析与已有研究一致的结论在于,住房价格、工资差异以及高铁出行是跨城通勤时间的空间影响因素,年龄是个人影响因素。GWR分析进一步丰富和补充了影响机制的空间异质性。此外,与已有研究不同的是,性别、户籍、住房面积等因素未呈现显著影响。

4 结论与讨论

随着京津冀协同发展政策的推进,跨城通勤将成为愈加频发的现象。本文以京津冀城市群为例,

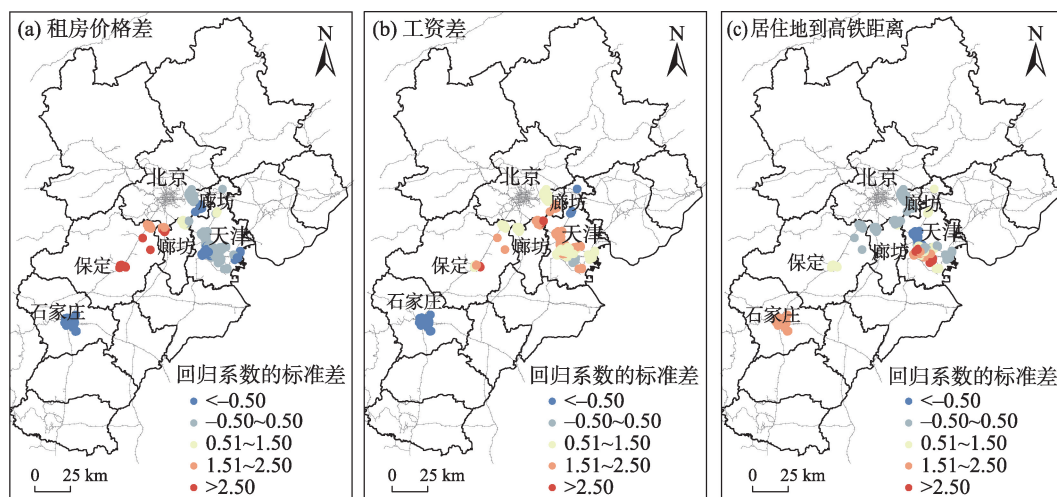


图6 各变量通勤时间回归系数标准差的空间分布

Fig.6 Spatial distribution of commuting time regression coefficient standard deviation of different variables

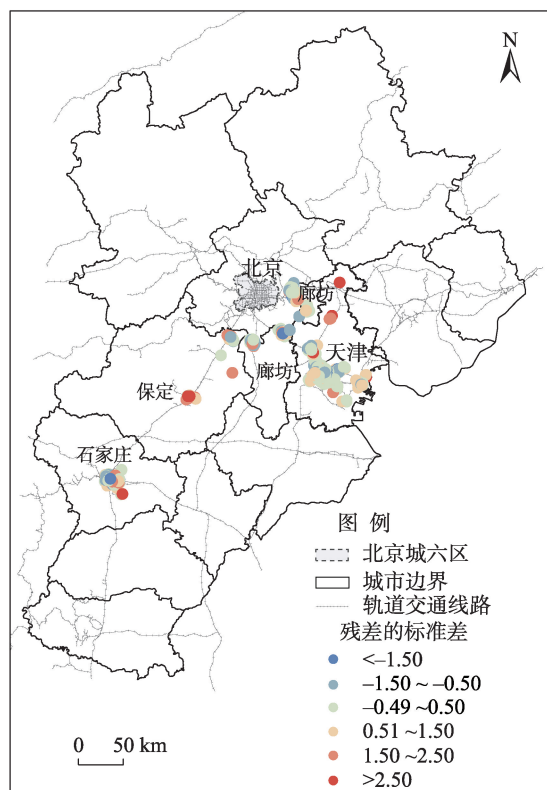


图7 GWR回归的残差标准差分析

Fig.7 Residual standard deviation analysis of GWR regression

基于链家平台跨城租房数据,采用GIS空间统计方法和GWR模型,展开跨城通勤的空间特征和影响因素研究。主要结论如下:

(1) 跨城通勤廊道聚集性显著。在方向上,以廊坊—北京东部廊道、天津—北京东南部廊道及石家庄—北京西南部三条廊道为主。

(2) 跨城通勤距离已普遍超越已有研究中通常定义的30~50 km都市圈空间范围,具有扩展到城市群尺度的特征。

(3) 从通勤联系来看,通勤比率超过20%的环京通勤带稳定集中在毗邻北京的廊坊燕郊开发区、固安县及保定涿州市。

(4) 基于个体层面的GWR模型显示,职住两地的住房价格差、工资差及到高铁站距离等空间因素对跨城通勤时间存在差异化空间影响。提高居住质量和工资是部分天津通勤者的长时间跨城通勤动机;提高工资和节省房租是部分廊坊、保定通勤者的动机。在个体属性方面,年龄越低,通勤时间越长。

本文通过京津冀城市群的跨城通勤特征研究,显示了与西班牙拉曼恰地区^[23]及中国粤港澳大湾区

区^[67]多中心性、网络化通勤不同的显著廊道特征。京津冀城市群的跨城通勤空间范围大于粤港澳大湾区^[72]而小于美国加利福尼亚州^[34];与长三角城市群通勤率飞地化分布特征^[74]不同,通勤比率分布上更多呈现出空间连续性。同时,本文的局限在于,由于数据平台的局限,租房数据规模相对较小、群体相对聚焦,代表性可能存在不足;数据平台定位的精准性有限,有待未来研究中通过更精细的多源数据融合方法改善。

本研究显示,传统的单个城市内的通勤理论已经不足以概括新时期城市群都市圈的流动特征。因而,城市群尺度的职住空间关系的刻画,将成为理解新时期跨城通勤的一把钥匙。本文通过对规模大、频率高的跨城通勤现象识别,丰富了具有中国特色的城市群都市圈尺度的职住空间关系理论。结论将为在新型城镇化政策下,进一步优化城市群都市圈的职住空间关系提供了依据;也为未来根据跨城通勤新趋势,增强和补充关键性交通廊道的建设提供了政策建议。

参考文献(References)

- [1] Marion B, Horner M W. Comparison of socioeconomic and demographic profiles of extreme commuters in several U.S. metropolitan statistical areas [J]. Transportation Research Record, 2007, 2013(1): 38-45.
- [2] Salas-Olmedo M H, Nogués S. Analysis of commuting needs using graph theory and census data: A comparison between two medium-sized cities in the UK [J]. Applied Geography, 2012, 35(1/2): 132-141.
- [3] Duarte C M, Fernández M T. The influence of urban structure on commuting: An analysis for the main metropolitan systems in Spain [J]. Procedia Engineering, 2017, 198: 52-68.
- [4] Herrera M, Godoy-Faúndez A. Exploring the roles of local mobility patterns, socioeconomic conditions, and lockdown policies in shaping the patterns of COVID-19 spread [J]. Future Internet, 2021, 13(5): 112. doi: 10.3390/fi13050112.
- [5] Jin E, Kim D, Jin J. Commuting time and perceived stress: Evidence from the intra- and inter-city commuting of young workers in Korea [J]. Journal of Transport Geography, 2022, 104: 103436. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2022.103436.
- [6] Altieri M, Silva C, Terabe S. Keep pushing! Analysing public transit and car competitiveness in Tokyo [J]. Case Studies on Transport Policy, 2021, 9(2): 457-465.
- [7] 方创琳, 祁巍锋, 宋吉涛. 中国城市群紧凑度的综合测度分析 [J]. 地理学报, 2008, 63(10): 1011-1021. [Fang

- Chuanglin, Qi Weifeng, Song Jitao. Researches on comprehensive measurement of compactness of urban agglomerations in China. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(10): 1011-1021.]
- [8] 张学良, 聂清凯. 高速铁路建设与中国区域经济一体化发展 [J]. 现代城市研究, 2010, 25(6): 7-10. [Zhang Xue-liang, Nie Qingkai. High-speed rail construction and the regional economic integration in China. *Modern Urban Research*, 2010, 25(6): 7-10.]
- [9] He Z Y, Liu Q Y, Zhao P J. Challenges of passenger and freight transportation in mega-city regions: A systematic literature review [J]. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2022, 16: 100730. doi: 10.1016/j.trip.2022.100730.
- [10] Vincent-Geslin S, Ravalet E. Determinants of extreme commuting. Evidence from Brussels, Geneva and Lyon [J]. *Journal of Transport Geography*, 2016, 54: 240-247.
- [11] Hu L Q. Racial/ethnic differences in job accessibility effects: Explaining employment and commutes in the Los Angeles region [J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2019, 76: 56-71.
- [12] Zagatti G A, Gonzalez M, Avner P, et al. A trip to work: Estimation of origin and destination of commuting patterns in the main metropolitan regions of Haiti using CDR [J]. *Development Engineering*, 2018, 3: 133-165.
- [13] 赵鹏军, 胡昊宇, 海晓东, 等. 基于手机信令数据的城市群地区都市圈空间范围多维识别: 以京津冀为例 [J]. 城市发展研究, 2019, 26(9): 69-79, 2. [Zhao Pengjun, Hu Haoyu, Hai Xiaodong, et al. Identifying metropolitan edge in city clusters region using mobile phone data: A case study of Jing-Jin-Ji. *Urban Development Studies*, 2019, 26(9): 69-79, 2.]
- [14] 谢智敏, 甄峰, 席广亮. 基于日常通勤流动的南京都市圈空间结构特征 [J]. 城市规划学刊, 2022(5): 90-98. [Xie Zhimin, Zhen Feng, Xi Guangliang. Spatial structure of Nanjing metropolitan area: The perspective of daily commuting flow. *Urban Planning Forum*, 2022(5): 90-98.]
- [15] Delclòs-Alió X, Miralles-Guasch C. Suburban travelers pressed for time: Exploring the temporal implications of metropolitan commuting in Barcelona [J]. *Journal of Transport Geography*, 2017, 65: 165-174.
- [16] Allen J, Palm M, Tiznado-Aitken I, et al. Inequalities of extreme commuting across Canada [J]. *Travel Behaviour and Society*, 2022, 29: 42-52.
- [17] 钮心毅, 岳雨峰, 李凯克. 长三角城市群中心城市与周边城市的城际出行特征研究 [J]. 上海城市规划, 2020 (4): 1-8. [Niu Xinyi, Yue Yufeng, Li Kaike. Inter-city travel characteristics between central and surrounding cities in the Yangtze River Delta urban agglomerations. *Shanghai Urban Planning Review*, 2020(4): 1-8.]
- [18] 王焱, 钮心毅, 宋小冬. 基于城际出行的长三角城市群空间组织特征 [J]. 城市规划, 2021, 45(11): 43-53. [Wang Yao, Niu Xinyi, Song Xiaodong. Spatial organizational characteristics of the Yangtze River Delta urban agglomeration based on intercity trips. *City Planning Review*, 2021, 45(11): 43-53.]
- [19] 姚永玲, 朱甜. 都市圈多维界定及其空间匹配关系研究: 以京津冀地区为例 [J]. 城市发展研究, 2020, 27(7): 113-120. [Yao Yongling, Zhu Tian. Multi-dimension of metropolitan area and its spatial matchness: Case study of Jing-Jin-Ji areas. *Urban Development Studies*, 2020, 27(7): 113-120.]
- [20] 総合政策局交通政策課. 第13回大都市交通センサス調査の公表について [EB/OL]. 国土交通省, 2023-04-10 [2023-07-04]. https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo12_hh_000300.html. [Policy Bureau of Transport Policy Division. Report on the 13th metropolitan transportation survey. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2023-04-10 [2023-07-04]. https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo12_hh_000300.html.]
- [21] Regional Plan Association. America 2050 prospectus [EB/OL]. Regional Plan Association, 2006 [2023-06-09]. <https://rpa.org/work/reports/america-2050-prospectus>.
- [22] Hall P, Pain K. The polycentric metropolis: Learning from mega-city regions in Europe [M]. London, UK: Routledge, 2008: 19-53.
- [23] Mohino I, Solis E, Urena J M. Changing commuting patterns in rural metro-adjacent regions: The case of Castilla-La Mancha in the context of Madrid, Spain [J]. *Regional Studies*, 2017, 51(7): 1115-1130.
- [24] 闫学东, 郭浩楠, 李永昌, 等. 基于顺风车数据和聚类方法的都市圈区域划分与层级结构研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(4): 30-39. [Yan Xuedong, Guo Haonan, Li Yongchang, et al. Regional division and hierarchical structure of metropolitan area based on carpooling data and clustering method. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2021, 21(4): 30-39.]
- [25] 同济大学建筑与城市规划学院, 智慧足迹数据科技有限公司. 2022长三角城市群跨城通勤年度报告 [EB/OL]. 上海城市规划, 2023-01-18 [2023-06-09]. <https://www.shplanning.com.cn/home/news/news/id/84.html>. [Tongji University College of Architecture & Urban Planning, Wisdom Footprint Data Technology Co., Ltd. 2022 Yangtze River Delta intercity commuting annual report. *Shanghai Urban Planning Review*, 2023-01-18 [2023-06-09]. <https://www.shplanning.com.cn/home/news/news/id/84.html>.]
- [26] Zhang W J, Fang C Y, Zhou L, et al. Measuring megare-

- gional structure in the Pearl River Delta by mobile phone signaling data: A complex network approach [J]. *Cities*, 2020, 104: 102809. doi: 10.1016/j.cities.2020.102809.
- [27] Yin Y Z, Wu Q Y, Li M M. Characterizing intercity mobility patterns for the Greater Bay area in China [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2023, 12 (1): 5. doi: 10.3390/ijgi12010005.
- [28] 武前波, 陶娇娇, 吴康, 等. 长江三角洲高铁日常通勤行为特征研究: 以沪杭、宁杭、杭甬线为例 [J]. *城市规划*, 2018, 42(8): 90-97, 122. [Wu Qianbo, Tao Jiaojiao, Wu Kang, et al. Daily commuting behavior characteristics of high-speed rail passengers in the Yangtze River Delta region: A case study of Shanghai- Hangzhou, Nanjing- Hangzhou, and Hangzhou- Ningbo lines. *City Planning Review*, 2018, 42(8): 90-97, 122.]
- [29] Yu M, Fan W D. Accessibility impact of future high speed rail corridor on the piedmont Atlantic megaregion [J]. *Journal of Transport Geography*, 2018, 73: 1-12. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2018.09.014.
- [30] Liu X T, Xia H S. Networking and sustainable development of urban spatial planning: Influence of rail transit [J]. *Sustainable Cities and Society*, 2023, 99: 104865. doi: 10.1016/j.scs.2023.104865.
- [31] Kelobonye K, Mao F, Xia J H, et al. The impact of employment self-sufficiency measures on commuting time: Case study of Perth, Australia [J]. *Sustainability*, 2019, 11 (5): 1488. doi: 10.3390/su11051488.
- [32] Parenti A, Tealdi C. The role of job uncertainty in inter-regional commuting: The case of Italy [J]. *Growth and Change*, 2019, 50(2): 634-671.
- [33] Jin J. The effects of labor market spatial structure and the built environment on commuting behavior: Considering spatial effects and self-selection [J]. *Cities*, 2019, 95: 102392. doi: 10.1016/j.cities.2019.102392.
- [34] Mitra S K, Saphores J D M. Why do they live so far from work? Determinants of long-distance commuting in California [J]. *Journal of Transport Geography*, 2019, 80: 102489. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2019.102489.
- [35] Cui C, Wu X L, Liu L, et al. The spatial-temporal dynamics of daily intercity mobility in the Yangtze River Delta: An analysis using big data [J]. *Habitat International*, 2020, 106: 102174. doi: 10.1016/j.habitatint.2020.102174.
- [36] Pero V, Stefanelli V. A questão da mobilidade urbana nas metrópoles Brasileiras [J]. *Revista de Economia Contemporânea*, 2015, 19(3): 366-402.
- [37] Edzes A J E, Van Dijk J, Broersma L. Does cross-border commuting between EU-countries reduce inequality? [J]. *Applied Geography*, 2022, 139: 102639. doi: 10.1016/j.apgeog.2022.102639.
- [38] Pires I, Nunes F. Labour mobility in the Euroregion Galicia-Norte de Portugal: Constraints faced by cross-border commuters [J]. *European Planning Studies*, 2018, 26(2): 376-395.
- [39] Cui B, Boisjoly G, El-Geneidy A, et al. Accessibility and the journey to work through the lens of equity [J]. *Journal of Transport Geography*, 2019, 74: 269-277.
- [40] Chen H, Voigt S, Fu X M. Data-driven analysis on intercity commuting decisions in Germany [J]. *Sustainability*, 2021, 13(11): 6320. doi: 10.3390/su13116320.
- [41] 赵鹏军, 胡昊宇, 曾良恩, 等. 重探城市群地区跨城移动性的引力模型 [J]. *中国科学: 地球科学*, 2023, 53(2): 256-266. [Zhao Pengjun, Hu Haoyu, Zeng Liang'en, et al. Revisiting the gravity laws of inter-city mobility in megacity regions. *Scientia Sinica Terrae*, 2023, 53(2): 256-266.]
- [42] 刘晓冰, 李奉孝, 田欣妹, 等. 基于通勤模式的都市圈中心结构判别研究 [J]. *交通运输系统工程与信息*, 2022, 22(2): 17-28. [Liu Xiaobing, Li Fengxiao, Tian Xinmei, et al. Identifying metropolitan center structure based on commuting patterns. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2022, 22(2): 17-28.]
- [43] Blumenberg E, King H. Jobs-housing balance re-revisited [J]. *Journal of the American Planning Association*, 2021, 87(4): 484-496.
- [44] Li Z P, Niu X Y. Exploring spatial nonstationarity in determinants of intercity commuting flows: A case study of Suzhou-Shanghai, China [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2022, 11(6): 335. doi: 10.3390/ijgi11060335.
- [45] De Castro Lameira V, Golgher A B. Associations between migration and commuting to work in the metropolitan region of São Paulo [J]. *Population, Space and Place*, 2021, 28(4): e2526. doi: 10.1002/psp.2526.
- [46] Bai X Y, Zhai W, Steiner R L, et al. Exploring extreme commuting and its relationship to land use and socioeconomics in the central Puget Sound [J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2020, 88: 102574. doi: 10.1016/j.trd.2020.102574.
- [47] Han L B, Peng C, Xu Z Y. The effect of commuting time on quality of life: Evidence from China [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 20(1): 573. doi: 10.3390/ijerph20010573.
- [48] Jun M J. The effects of polycentric evolution on commute times in a polycentric compact city: A case of the Seoul Metropolitan Area [J]. *Cities*, 2020, 98: 102587. doi: 10.1016/j.cities.2019.102587.
- [49] Ahrens A, FitzGerald J, Lyons S. Commuting across the Irish border [J]. *Economics Letters*, 2020, 190: 109060. doi: 10.1016/j.econlet.2020.109060.

- [50] 吴康, 方创琳, 赵渺希, 等. 京津城际高速铁路影响下的跨城流动空间特征 [J]. 地理学报, 2013, 68(2): 159-174. [Wu Kang, Fang Chuanglin, Zhao Miaoxi, et al. The intercity space of flow influenced by high-speed rail: A case study for the rail transit passenger behavior between Beijing and Tianjin. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(2): 159-174.]
- [51] Chiquetto J B, Leichsenring A R, Ribeiro F N D, et al. Work, housing, and urban mobility in the megacity of São Paulo, Brazil [J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2022, 81: 101184. doi: 10.1016/j.seps.2021.101184.
- [52] Kim C, Choi C. Towards sustainable urban spatial structure: Does decentralization reduce commuting times? [J]. *Sustainability*, 2019, 11(4): 1012. doi: 10.3390/su11041012.
- [53] 林雄斌, 卢源. 都市区跨区域通勤特征与影响因素研究: 以京津城际高铁为例 [J]. 城市规划, 2021, 45(12): 104-113. [Lin Xiongbin, Lu Yuan. Intercity commuting in China's metropolitan area: The case of Beijing-Tianjin intercity high-speed railway. *City Planning Review*, 2021, 45(12): 104-113.]
- [54] Motte B, Aguilera A, Bonin O, et al. Commuting patterns in the metropolitan region of Rio de Janeiro. What differences between formal and informal jobs? [J]. *Journal of Transport Geography*, 2016, 51(2): 59-69.
- [55] Zou C, Lv H, Xu C, et al. A clustering method for analyzing transportation agglomerations [C]// Southwest Jiaotong University, China Communications and Transportation Association, Science and Technology Education Foundation, et al. International conference on transportation engineering 2019. New York, USA: American Society of Civil Engineers, 2020: 316-323.
- [56] 伍毅敏, 李伟, 杜立群, 等. 北京通勤圈范围识别、特征与跨界通勤模式研究 [J]. 规划师, 2023, 39(6): 56-62, 70. [Wu Yimin, Li Wei, Du Liqun, et al. Scope identification, characteristics and cross-border commuting patterns of Beijing commuting circle. *Planners*, 2023, 39(6): 56-62, 70.]
- [57] 西部证券. 2023年贝壳公司研究报告: 护城河高筑, 龙头强者恒强 [EB/OL]. 未来智库, 2023-07-18 [2023-07-20]. <https://www.vzkoo.com/read/202307189e93e3a76ba455397da13b17.html>. [Western Securities. 2023 Beike company research report: The moat is built high, and the leading strong are always strong. *Vzkoo*, 2023-07-18 [2023-07-20]. <https://www.vzkoo.com/read/202307189e93e3a76ba455397da13b17.html>.]
- [58] 北京交通发展研究院智能交通所. 2022北京通勤特征年度报告 [EB/OL]. 北京交通发展研究院, 2023-05-12 [2023-06-09]. <https://mp.weixin.qq.com/s/Z77GxhAqxPxYHZUuZ5uDRw>. [Intelligent Transportation Institute of Beijing Transport Institute. 2022 Beijing commuting characteristics annual report. Beijing Transport Institute, 2023-05-12 [2023-06-09]. <https://mp.weixin.qq.com/s/Z77GxhAqxPxYHZUuZ5uDRw>.]
- [59] 詹子歆, 戴林琳. 行政边界对城市群交界地区土地利用变化的影响: 以通州—武清—廊坊地区为例 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(12): 2271-2285. [Zhan Zixin, Dai Linlin. Influence of administrative boundary on land use change in the cross-boundary area of urban agglomerations: A case study of Tongzhou-Wuqing-Langfang. *Progress in Geography*, 2022, 41(12): 2271-2285.]
- [60] 北京交通发展研究院综合研究所. 交研院全面助力京津冀交通一体化和首都都市圈交通发展 [EB/OL]. 北京交通发展研究院, 2022-12-09 [2023-06-09]. https://mp.weixin.qq.com/s/4GsBQh5h_RKQXKdqi2Jog. [Comprehensive Research Institute of Beijing Transport Institute. BTI comprehensively assists in the integration of transportation in Beijing-Tianjin-Hebei megaregion as well as the development of transportation in Beijing metropolitan area. Beijing Transport Institute, 2022-12-09 [2023-06-09]. https://mp.weixin.qq.com/s/4GsBQh5h_RKQXKdqi2Jog.]
- [61] 储君, 全德, 古恒宇, 等. 中国城际联系距离衰减的非线性规律: 基于人口流动大数据 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(1): 1-11. [Chu Jun, Tong De, Gu Hengyu, et al. Nonlinear characteristics of distance-decay parameter in intercity links: Based on human mobility big data. *Progress in Geography*, 2023, 42(1): 1-11.]
- [62] 王巍. 北京每年至少新增15万品质租住需求, 长租市场潜力可观 [N/OL]. 北京商报, 2021-12-23 [2023-06-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1719925044892649296&wfr=spider&for=pc>. [Wang Wei. Beijing's high-quality rental market has considerable potential with at least 150000 new demands annually. *Beijing Business Today*, 2021-12-23 [2023-06-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1719925044892649296&wfr=spider&for=pc>.]
- [63] 林书亭, 塔娜. 转型期不同住房性质居民的职住关系演变: 以上海郊区为例 [J]. 人文地理, 2021, 36(2): 35-45. [Lin Shuting, Ta Na. The evolution of job-housing relationship among residents of different housing properties in the transition period: A case study in suburban Shanghai. *Human Geography*, 2021, 36(2): 35-45.]
- [64] 王蓓, 刘艳华, 陈科比, 等. 京津双城联动的分析框架及要素对流特征 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(7): 1229-1242. [Wang Bei, Liu Yanhua, Chen Kebi, et al. An analytical framework of the interconnection between Beijing and Tianjin municipalities and characteristics of factor mobility. *Progress in Geography*, 2023, 42(7): 1229-1242.]
- [65] 万涛. 区域融合发展背景下的天津与北京间的跨城通勤分析 [C]// 中国城市规划学会城市交通规划学术委

- 员会. 品质交通与协同共治: 2019年中国城市交通规划年会论文集. 成都: 中国建筑工业出版社, 2019: 3701-3711. [Wan Tao. Analysis of inter-regional commuting between Tianjin and Beijing under the background of regional integration development. Transportation Planning Committee of Urban Planning Society of China. Quality transportation and collaborative governance: Proceedings of 2019 China urban transportation planning annual conference. Chengdu, China: China Architecture Publishing & Media Co., Ltd., 2019: 3701-3711.]
- [66] 王焱, 朱美琳, 孟晓东, 等. 苏锡常都市圈人口要素流动特征与空间治理策略 [J]. 规划师, 2022, 38(6): 27-33. [Wang Yao, Zhu Meilin, Meng Xiaodong, et al. The characteristic of population flow and spatial governance strategy of Suzhou-Wuxi-Changzhou metropolitan area. Planners, 2022, 38(6): 27-33.]
- [67] 马向明, 陈昌勇, 刘沛, 等. 强联系多核心城市群下都市圈的发展特征和演化路径: 珠江三角洲的经验与启示 [J]. 上海城市规划, 2019(2): 18-26. [Ma Xiangming, Chen Changyong, Liu Pei, et al. The characteristics and evolution path of the metropolitan area in the multi-core and strongly connected urban agglomeration: Experience from the Pearl River Delta. Shanghai Urban Planning Review, 2019(2): 18-26.]
- [68] 吴锋. 河北省三河市燕郊公交优先发展策略研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2016. [Wu Feng. Research on the priority development strategy of Yanjiao public transport in Sanhe City, Hebei Province. Shanghai, China: Shanghai Jiao Tong University, 2016.]
- [69] 张阔, 黄鑫, 曲新苗, 等. 基于乘客需求分析的城际铁路“公交化”对策研究: 以京津城际铁路为例 [J]. 现代城市研究, 2017, 32(10): 81-88. [Zhang Kuo, Huang Xin, Qu Xinmiao, et al. Countermeasures of intercity railway towards the urban mass transit mode based on passenger demands analysis: A case study of Beijing-Tianjin intercity railway. Modern Urban Research, 2017, 32(10): 81-88.]
- [70] 姚胜永, 张向超, 杨钰坤, 等. 京石客运专线对区域可达性的影响研究 [J]. 国防交通工程与技术, 2019, 17(5): 48-52. [Yao Shengyong, Zhang Xiangchao, Yang Yukun, et al. A study of the influence of the Beijing-Shijiazhuang passenger-dedicated railway on regional accessibility. Traffic Engineering and Technology for National Defence, 2019, 17(5): 48-52.]
- [71] 王慧, 张梅青. 高铁对京津冀地区可达性及经济联系的影响 [J]. 地理科学, 2021, 41(9): 1615-1624. [Wang Hui, Zhang Meiqing. Impact of high-speed rail on accessibility and economic relations in Beijing-Tianjin-Hebei region. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(9): 1615-1624.]
- [72] TalkingData, 华人大数据协会. 粤港澳大湾区人口流动分析洞察报告 [EB/OL]. TalkingData, 2018-08-17 [2023-06-09]. <http://mi.talkingdata.com/report-detail.html?id=782>. [TalkingData, Chinese Big data Association. Analysis and insight report on population mobility in the Greater Bay Area. TalkingData, 2018-08-17 [2023-06-09]. <http://mi.talkingdata.com/report-detail.html?id=782>.]
- [73] 王晓梦, 王锦, 吴殿廷. “交通—产业”耦合背景下的京津冀城市群空间发育特征 [J]. 地理科学进展, 2018, 37(9): 1231-1244. [Wang Xiaomeng, Wang Jin, Wu Dianting. Spatial development of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration from the perspective of traffic-industry coupling relation. Progress in Geography, 2018, 37(9): 1231-1244.]
- [74] 钮心毅, 王焱, 刘嘉伟, 等. 基于跨城功能联系的上海都市圈空间结构研究 [J]. 城市规划学刊, 2018(5): 80-87. [Niu Xinyi, Wang Yao, Liu Jiawei, et al. Spatial structure of Shanghai conurbation area from perspective of intercity functional links. Urban Planning Forum, 2018(5): 80-87.]
- [75] 张学波, 宋金平, 王振波, 等. 居住区位感知下的北京与非京户籍居民职住空间关系生成路径差异 [J]. 地理研究, 2021, 40(7): 2005-2019. [Zhang Xuebo, Song Jinping, Wang Zhenbo, et al. Differences in the formation paths of the jobs-housing spatial relationship between local and non-local registered residents in Beijing based on the perception of residential location. Geographical Research, 2021, 40(7): 2005-2019.]
- [76] Kim D, Jin J. The effect of land use on housing price and rent: Empirical evidence of job accessibility and mixed land use [J]. Sustainability, 2019, 11(3): 938. doi: 10.3390/su11030938.
- [77] 陈若宇, 周江评. 基于位置服务大数据的粤港澳大湾区通勤标度特征分析 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2022, 62(7): 1195-1202. [Chen Ruoyu, Zhou Jiangping. Understanding the scaling patterns of commuting in the Guangdong-Hong Kong Macao Greater Bay Area with location-based service big data. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2022, 62(7): 1195-1202.]
- [78] Xia H S, Liu Z S, Efremochkina M, et al. Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration [J]. Sustainable Cities and Society, 2022, 84: 104009. doi: 10.1016/j.scs.2022.104009.
- [79] 马骁. 基于复合系统协同度模型的京津冀区域经济协同度评价 [J]. 工业技术经济, 2019, 38(5): 121-126. [Ma Xiao. Evaluation of regional take Beijing, Tianjin and Hebei economic synergy degree based on coordinating measurement model with respect to composite system. Journal of

- Industrial Technological Economics, 2019, 38(5): 121-126.]
- [80] 刘洁, 姜丰, 栗志慧. 京津冀城市群产业—人口—空间耦合协调发展研究 [J]. 中国软科学, 2021(S1): 171-178. [Liu Jie, Jiang Feng, Li Zhihui. Study on the coordinated development of industry- population- space coupling in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. China Soft Science, 2021(S1): 171-178.]
- [81] 郑敏睿, 郑新奇, 李天乐, 等. 京津冀城市群城市功能互动格局与治理策略 [J]. 地理学报, 2022, 77(6): 1374-1390. [Zheng Minrui, Zheng Xinqi, Li Tianle, et al. Big-data driven functional interaction patterns and governance strategy for Beijing- Tianjin- Hebei region. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(6): 1374-1390.]
- [82] Kelobonye K, McCarney G, Xia J H, et al. Relative accessibility analysis for key land uses: A spatial equity perspective [J]. Journal of Transport Geography, 2019, 75: 82-93.
- [83] Yang X Q, Huang H J. Effects of HSR station location on urban spatial structure: A spatial equilibrium analysis for a two-city system [J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2022, 166: 102888. doi: 10.1016/j.tre.2022.102888.

Characteristics of inter-city commuting and influencing factors in the Beijing-Tianjin-Hebei mega-region based on housing rental data

ZHANG Chun^{1,2}, MA Chang³

(1. School of Architecture and Design, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. Transit Oriented Development Academy, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

3. School of Traffic and Transportation, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: In recent years, inter-city commuting at the mega-region scale in China is becoming increasingly frequent. Compared to the commuting circles of international mega-cities, the characteristics of inter-city commuting and influencing factors in mega-regions remain to be cleared. Taking the Beijing-Tianjin-Hebei mega-region as an example, this study used origin-destination (OD) analysis and spatial statistical analysis based on GIS to investigate the spatial distribution of inter-city commuting with the location data of twin city commuting of Beike Net renters. Assisted by ordinary least squares (OLS) and geographically weighted regression (GWR) models with individual commuting time as the dependent variable, this study revealed the impact mechanisms under the combined effect of spatial variables and personal social attributes. The analyses showed that: 1) The inter-city commuting of the Beijing-Tianjin-Hebei mega-region is evidently along some corridors, concentrated in the east, southeast, and southwest commuting corridors. At the city level, Langfang and Tianjin are the main origins, while at the county level, the main commuting corridor is from the Yanjiao high-tech zone to Beijing urban area. 2) The average inter-city commuting distance has exceeded the general metropolitan area boundary of 30–50 km. 3) The inter-city commuters account for more than 20% of the total commuting population located in the Yanjiao high-tech zone of Langfang City, Gu'an County, and Zhuozhou of Baoding City, forming a high-frequency commuting area—the Beijing commuter belt. 4) The GWR showed that spatial factors such as the difference in housing and salaries between the workplace and residential areas and the distance from the residence to the high-speed rail station have spatial heterogeneity effects on commuting time. The research found that the motivation for long-time inter-city commuting differs between cities. Some commuters in Tianjin are motivated by improving living quality and salaries, while some commuters in Langfang and Baoding are motivated by improving salaries and saving rent. The impact of individual attributes showed that the younger the age, the longer the commuting time. The results of this research provide a reference for the coordinated optimization of urban space layout and comprehensive transportation in mega-regions under the new urbanization strategy.

Keywords: mega-regions; inter-city commuting; spatial distribution; job-housing spatial relationship; GWR; Beijing-Tianjin-Hebei mega-region