

# 基于GIS空间融合技术的北京都市圈空间识别及通勤率特征研究\*

## Beijing Metropolitan Area Spatial Boundary Identification and Commuting Rate Characteristics Based on Spatial Merge Techniques

赵 晖 张 纯 梁晓红 李春艳 金佳萱 ZHAO Hui, ZHANG Chun, LIANG Xiaohong, LI Chunyan, JIN Jiaxuan

**摘 要** 在京津冀区域一体化背景下,利用手机信令数据,对以城市中心区为通勤中央核的通勤空间特征进行研究,以此判别北京都市圈的空间边界及拓展趋势,同时为京津冀一体化背景下的城市群与都市圈综合交通网络融合和面向通勤群体提供高品质通勤服务的公交服务给予政策借鉴。采取基于GIS的空间融合分析技术,有效识别手机用户居住地、就业地和通勤OD链,通过测算外围地区到中央核的通勤率判定都市圈通勤范围空间特征。分析显示都市圈范围的空间层次与通勤率相关。以北京中心城区为通勤中央核,第一圈层30%通勤率等值线对应约在30 km之内,这是城市通勤行为最活跃密集的地带。第二圈层10%通勤率等值线对应30—50 km的不规则圈层范围,约为都市圈边界涵盖范围。最外圈层5%通勤率等值线对应的50 km之外的通勤偶发地带,在空间上呈现不连续分布的特征。

**Abstract** Under the background of Beijing-Tianjin-Hebei regional integration, this paper uses mobile phone signaling data to study the spatial characteristics of commuting with the city center as the focus, to identify the spatial boundary and expansion trend of the Beijing metropolitan area. This paper aims to provide policy references for the integration of the comprehensive transport network of the urban agglomeration and metropolitan area under the background of Beijing-Tianjin-Hebei integration, and for the public transport service that provides high-quality commuting services. GIS-based spatial fusion analysis technology is adopted to effectively identify mobile phone users' places of residence, employment, and commuting OD chains, and the spatial characteristics of the metropolitan area's commuting range are determined by measuring the commuting rate from the peripheral areas to the center. The analysis shows that the spatial level of the metropolitan area is correlated with the commuting rate. Taking the central city of Beijing as the center of commuting, the 30% commuting rate contour of the first circle corresponds to the area within 30 km, which is the most active and intensive zone of urban commuting behaviors. The 10% commuting rate contour of the second circle corresponds to an irregular circle of 30 km-50 km, which is about the boundary of the metropolitan area. The outermost 5% commuting rate contour corresponds to a zone of occasional commuting beyond 50 km, which shows a discontinuity in spatial distribution.

**关键词** 都市圈;通勤率;空间融合技术;通勤距离;手机信令数据;北京

**Key words** metropolitan area; commuting rate; spatial merge technique; cellular signaling data; Beijing

文章编号 1673-8985 (2023) 06-0055-06 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20230607

### 作者简介

赵 晖

退役军人事务部退役军人培训中心 博士  
正高级经济师

张 纯 (通信作者)

北京交通大学建筑与艺术学院 博士生导师  
教授, zhangc@bjtu.edu.cn

梁晓红

北京交通大学建筑与艺术学院  
北京交通发展研究院 博士后, 高级工程师

李春艳

北京交通发展研究院  
博士, 教授级高级工程师

金佳萱

伦敦大学学院(UCL)巴特莱特建筑学院 硕士

### 0 引言

目前我国已经迈入都市圈和城市群发展时代。伴随着交通基础设施的建设和交通线路的持续延伸,城市通勤范围不断扩展、通勤频率不断增加,都市圈的空间结构正在经历着重塑。“都市圈”的概念最初由美国地理学家戈德曼<sup>[1]</sup>提出,是指围绕都市区(megalopolis area)而形成的经济活动最为集中的地带。在

\*基金项目:国家重点研发计划“城市群都市圈空间优化关键技术”课题四(编号2022YFC3800104)资助。

1960年代日本进行都市圈规划和国家尺度的交通基础设施建设时,将都市圈概念与通勤紧密联结起来,认为都市圈边界即一日之内可达的通勤范围。在我国1990年代关于都市圈的讨论中,周一星等<sup>[2]</sup>认为,应跳出“就城市论城市”的城市行政区划界限,采取关联和流动视角来界定都市圈的边界。通勤成为界定都市圈空间范围的重要指标。王建军等<sup>[3]</sup>认为,通勤率能够强有力地反映都市圈核心与外围地区的社会联系和功能组织的紧密程度。因此,通勤率等值线划分的空间范围能够清晰刻画出通勤的圈层规律,并反映不同空间范围到中央核的通勤频率的活跃程度,成为测度都市圈空间特征和演变规律的关键所在。本文的创新点在于,采取基于手机信令的空间融合技术,识别了基于实际通勤行为的北京都市圈空间范围,揭示了都市圈内通勤率的分布特征;在以都市圈和城市群为主体形态进行综合交通布局、提升人民群众的通勤效率和通勤品质方面发挥着至关重要的作用。

在研究方法上,大数据和智慧技术的发展使都市圈与通勤关系的研究更加精准化,也使测算方法不断得到优化提升。例如,Blind等<sup>[4]</sup>指出传统调查数据可能存在的偏差,并指出依托手机信令数据等新型数据源开展通勤指标测算的可能性。苏跃江等<sup>[5]</sup>采用手机信令数据与传统调查数据的多源数据融合技术对居民出行特征进行分析。Becker等<sup>[6]</sup>和丁亮等<sup>[7]</sup>利用手机数据分别识别了莫里斯敦和上海中心城区的通勤范围。赵鹏军等<sup>[8]</sup>基于手机数据构建联系率、通勤率、生活出行率等指标,对京津冀都市圈、通勤圈和生活圈进行多维识别。研究发现,在空间范围上存在都市圈大于生活圈且大于通勤圈的规律;同时也发现,大多数城市的通勤圈并未超过市域行政边界。总体来看,传统研究主要通过居民出行调查、活动日志等调查方法获取数据,继而通过分析通勤指标来判定城市通勤圈的范围。相对而言,近年来以手机信令数据为代表的大数据因其样本量大、覆盖较广的特性,已经成为研究城市居民出行与通勤行为的新数据源<sup>[9]</sup>。

既有研究表明,尽管关于都市圈对应的通勤距离和通勤时耗尚存争议,目前比较一致的观点普遍认为,通勤行为是界定都市圈的必要支撑条件。例如,王晟由等<sup>[10]</sup>指出,以往学者对通勤特性的研究大多局限在城市内部范围,对都市圈尺度的通勤行为研究较少。马亮<sup>[11]</sup>指出,都市圈概念与通勤圈较为接近,且通常采用都市圈外围到中心城区的通勤人口比例作为通勤率的评判标准,并依托轨道交通刷卡数据对深圳通勤圈的范围进行判定。于春青等<sup>[12]</sup>指出,通勤圈通常与通勤行为相对应,以日本为例,通常将周边市町村15岁以上常住人口的5%以上到核心城市通勤或通学的范围,纳入核心城市的通勤圈范围。张沛等<sup>[13]</sup>采用通勤率指标,基于交通出行调查数据确定都市圈的空间范围,提出5%与10%两个通勤率阈值标准,并指出通勤率阈值应依据中心城区人口规模和对外交通通达条件进行修正。值得关注的是,国际和国内文献都显示,界定都市圈的通勤率并不是一个绝对固定的指标数值;通勤行为随着交通基础设施供给、交通方式的不同而不断变化,都市圈空间范围也呈现出动态演变的趋势。

在此背景下,本文关注在京津冀一体化趋势下,北京的通勤空间范围是否超越行政区划边界,以及通勤活动呈现出的空间特征和变

化规律。笔者选择以北京中心城区(城六区)为中央核探讨通勤特征及其空间扩张规律,通过整合国内外都市圈空间范围判定的指标体系,构建一套依托手机信令数据与空间分析技术相结合、基于通勤率和等值线的都市圈空间范围判定方法体系。聚焦于北京都市圈的通勤空间特征和拓展范围,本文对于新时期以都市圈和城市群为主体的城市形态研究、在京津冀一体化趋势下建设四网融合的综合交通网络规划具有借鉴意义。

## 1 都市圈的通勤特征

随着党的十九大以来对于人民幸福通勤、职住平衡等理念的提倡,都市圈的通勤问题越来越受到学者和决策者的共同关注。在京津冀一体化协同发展契机下,京津冀城市群通勤圈建设逐步发展(见表1),从2015年正式提出“京津冀协同发展”直至2023年要求“环京地区通勤圈深度融合”,京津冀城市群通勤圈范围在空间上逐渐扩大,通勤需求进一步提升,联系程度愈发紧密。

21世纪以来,随着交通基础设施的持续完善和ICT技术的不断升级,全球都市圈出现网络化、扁平化趋势,城市之间和城市内部的联系都变得更加频繁<sup>[14]</sup>。都市圈通勤行为的特

表1 京津冀城市群政策规划总结

Tab.1 Summary of the Beijing-Tianjin-Hebei city cluster policy plan

发布时间	政策名称	重要内容
2015年4月	《京津冀协同发展规划纲要》	推动京津冀协同发展是一个重大国家战略
2017年9月	《北京城市总体规划(2016年—2035年)》	加强交界地区统一规划、统一政策、统一管控
2018年12月	《北京城市副中心控制性详细规划(街区层面)(2016年—2035年)》	推动城市副中心与廊坊北三县地区统筹发展,建设京津冀区域协调发展示范区
2019年9月	《北京大兴国际机场临空经济区总体规划(2019—2035年)》	北京市与河北省共同编制,推进跨区域社会管理改革试点,创建共建共管共享模式,在多方面深度融合,打连两地合作发展共同体
2020年3月	《北京市通州区与河北省三河、大厂、香河三县市协同发展规划》	坚持“一盘棋”规划,打破“一亩三分地”思维定势。编制了北三县与北京市通州区协同发展“5+12”系列规划
2021年1月	《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》	纵深推动京津冀协同发展,京津冀协同发展重大工程包
2022年4月	《北京市推进京津冀协同发展2022年工作要点》	12大类70项重点任务,涉及173条重点事项
2023年1月	关于北京市2022年国民经济和社会发展计划执行情况与2023年国民经济和社会发展计划的报告	将着力构建现代化首都都市圈,深入推进京津冀协同发展作为实现2023年经济社会发展计划的首要任务。促进环京地区通勤圈深度融合

资料来源:笔者自制。

征也相应地发生变化:一方面,普遍经历通勤距离的增加、通勤时间的延长;另一方面,通勤从固定起讫点和线路的程式化行为转变为带有一定随机偶发性和碎片化的行为<sup>[15]</sup>。

在探讨与通勤相关的过剩通勤<sup>[16]</sup>、职住平衡等相关话题时,通常研究焦点集中在城市内部。然而,基于2020年中国城市规划设计研究院通勤大数据平台构建的全国尺度可比通勤特征数据,并在2021年通过持续监测相同指标发现,北京、深圳等城市日常通勤范围已经超越了市辖区行政边界<sup>[17]</sup>。这表明我国都市圈通勤范围呈现出商务差旅、远距离通勤的混合化、交织化特征,简单按照“城市行政边界”界定的通勤概念已经不能满足人们日益增长的需求。在都市圈提供合理的城市公共交通服务,必须依托实际发生的通勤活动规律,探讨都市圈尺度的空间拓展范围问题。

在都市圈通勤范围界定的话题上,目前经验和实证研究仍较多集中于“一小时”通勤圈范围。通勤率因反映通勤活动的活跃程度,而成为通勤问题十分关键的测度指标。通勤率是指一定地域范围内,使用某种交通工具出于就业或就学目的,到达都市圈就业岗位最为集中的中央核通勤的人口,与该外围地区总通勤人口的比值。国际上判定都市圈的方法主要是基于通勤率这一关键指标,真实地反映都市圈中央核到外围地区的经济吸引强度及区域通勤联系强度。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 基础数据来源

本文基于联通2017年其中1个月连续的手机信令数据展开研究,数据用户涵盖京津冀全域,用户量约1 200万,北京、天津、河北用户每天人均数据量分别为150条、60条、75条,包含时间、位置区码、小区、经度和纬度等数据字段,由此可获得居民完整出行链路,对长距离出行的识别能力较强(见表2)。

### 2.2 数据处理的和技术路线

在手机数据处理上,主要分为去重、去噪、去乒乓等3个环节(见图1)。首先对数据进行

预处理。主要对冗余数据、异常数据和乒乓数据等噪声数据进行剔除,获得信息较为准确的大数据样本。其次,对手机信令基站与城市交通小区(TAZ)进行空间匹配。通过聚类识别法提取基站名称和经纬度信息,并与交通小区地理信息数据进行空间坐标统一。采用抽样法和边界核对法确定两者空间位置的准确一致,完成信令基站与交通小区的空间匹配和数据链接。最后,对通勤指标进行界定和测算。基于手机信令数据,采用空间聚类法实现停留时长与位置的识别,即基于特征分类法和双重权重法,实现夜间停留地(居住地址)识别和就业地识别;基于群体特征分类识别通勤和出行,结合通勤数据空间分布特征进行扩样,对通勤率、通勤时间、通勤距离等指标进行测算(见图1)。本文基于研究主要对通勤率和通勤距离进行集中探讨。

### 2.3 通勤率与通勤率阈值

在测算通勤率时,涉及两项关键技术:一是外围地区到中央核通勤出行行为的识别,二是外围地区到中央核的通勤率测算。通过选定中央核区域范围、测算外围地区到该中央核的通勤率,并结合设定的通勤率阈值,判定都市圈的范围边界。

本文中通勤率的具体测算公式为:

$$\text{通勤率} = \frac{\text{外围地区到中央核通勤人数}}{\text{外围区域内总通勤人数}} \quad (1)$$

将北京中心城区(城六区)作为通勤中央核,分析不同圈层的通勤空间分布规律。通过手机信令数据测算通勤指标,获取外围地区至中央核通勤的OD位置,再利用通勤率计算方法,获取不同阈值下的通勤OD链和位置分布。结合ArcGIS空间分析技术,将通勤率对应的覆盖空间范围通过最大似然法的等值线连接,得到特定通勤率对应的空间范围边界。值得关注的是,由于最大似然法空间融合的范围划定方法中,兼顾OD起讫点实际位置进行了平滑曲线的处理;因而,低阈值不一定必然包含在高阈值边界的外包线范围内,而可能呈现局部上重叠和交错关系,特别是会呈现出不规则的孤岛分布。

在通勤率的具体数值测算上,国际上各大城市根据自身发展特点和发展阶段,采用不同的指标阈值。例如,在美国的标准中采取两圈层概念:从2000年开始采取25%的通勤率作为中心城(central city)和外围县(county)的划分标准;而大都市区采取单向15%或者双向20%的通勤率作为界定阈值<sup>[18]</sup>。在日本官方发布的都市圈标准中,通勤率标准界定为15岁以上到中心市通勤或上学人口的比例,达到外围市县町本地常住人口的15%以上<sup>[19]</sup>。

表2 基础数据情况  
Tab.2 Basis data overview

基础数据	北京	天津	河北
基站分布/(m/个)	500	900	1 500
每天人均记录数/条	150	60	75
数据间隔/min	10	25	20

资料来源:笔者自制。

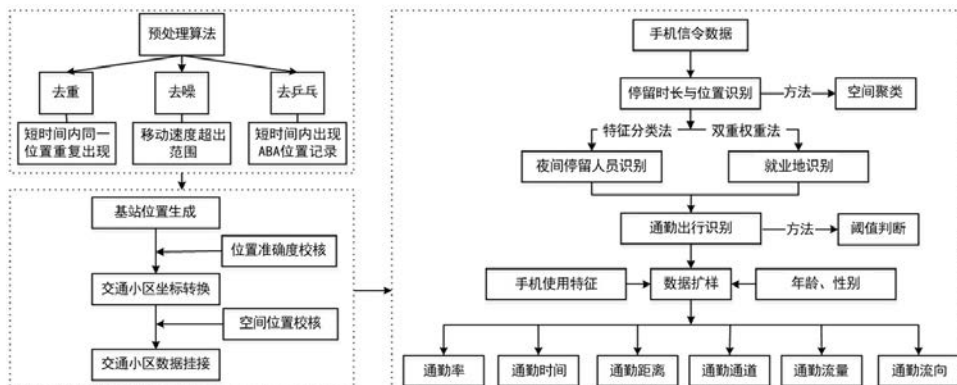


图1 手机信令数据提取通勤特征处理技术路线图  
Fig.1 Cellular signaling data processing to attract commuting characters

资料来源:笔者自绘。

由于本文中手机信令数据覆盖人口比率有限,并通过数据分析融合了工作日和周末等因素形成加权平均工作日,采取适度降低阈值的方法更符合实际通勤与都市圈边界的对应关系。在国内的案例研究中,大部分研究推荐5%和10%通勤率作为都市圈的界定标准<sup>[12][11, [20]</sup>。

加权平均工作日计算公式为:

加权平均工作日=(工作日数据×工作日数据权重+休息日数据×工作日数据权重) (2)

最终本文选择30%、10%和5%等3个通勤率阈值对都市圈空间范围进行动态考察,从而得到3个不同通勤的圈层范围。其中,30%的通勤率等值线对应城市密集区范围,与美国标准的中心市和外围县的分界线类似(美国推荐25%通勤率)<sup>[18]</sup>,反映城市通勤活动最为活跃的地区。5%—10%的通勤率,与欧洲国家大都市区(10%—20%的通勤率)以及日本都市圈(15%)<sup>[19]</sup>的分界标准类似。

### 3 北京都市圈的通勤特征

#### 3.1 通勤率与通勤圈层划分

依托手机信令数据对外围地区通勤率进行测算,经过ArcGIS空间融合模块分析发现,在以中心城区为中央核的前提下,30%、10%和5%的通勤率反映出都市圈通勤的圈层规律特征。具体表现为:

城市高频通勤范围,与30%的通勤率对应的通勤范围一致,对应城市通勤半径约为30 km,呈现出不规则形状(见图2中红色边界),这大致相当于六环及周边区域,体现了该范围内人口和就业的强集聚性。在不规则形状中,30%的通勤率等值线边界相对整齐,除了六环以内区域,还包括集中延伸突出的昌平城区、顺义和大兴部分地区,以及燕郊北三县等部分地区。通勤率30%的范围对于大规模、强客流的轨道交通规划有着重要意义;超过此圈层之外进行大规模城市轨道交通建设,可能无法捕捉到集中的通勤客流,在交通规划和投资建设时应格外谨慎。

根据既有文献中对于都市圈边界的标准,

本文采取5%和10%两个通勤率空间范围进行研究。通勤率10%覆盖的空间范围,在上述30%的通勤率对应的空间范围上,逐渐向外扩展而呈现出更加不规则的近圆形态,半径在50 km左右(见图2中绿色边界)。其中向东、东北和东南3个方向的边界较为破碎化,向东已经扩展出北京市域边界且涵盖北三县大部分地区。10%的通勤率的空间覆盖边界相对更为碎裂化和不规则,并在近似圆形的等值线之外形成几个主要孤岛,包括北部的昌平城区、东北方向的顺义城区、西南方向的固安和涿州。

当通勤率等值线为5%时,通勤半径进一步扩展到50 km之外的廊坊市、三河市的大部分地区和保定市等地。随着京津冀城市群各类一体化政策的持续推进,中心城市正与周边城市形成更加紧密的交通联系,在5%的通勤率等值线反映的城市群尺度跨行政区的通勤需求显著增加。相对于10%的通勤率,5%的通勤率等值线对应边界相对更整齐,向东延伸超出北京市边界的涵盖面积更大,并在近圆形分布之外形成几个孤岛。例如,岛状空间集中在西北方向的延庆城区、东南方向的廊坊、西南部的固安和涿州等地。考虑到5%的通勤率包括更多城市群尺度的外围市,空间分布上并不连续,因而10%的通勤率的范围与都市圈边界更为一致。因而,本文中推荐以10%的通勤率作为测度以北京城市中心区为通

勤中央核的都市圈范围更符合实际情况。

通过对上述30%、10%和5%的通勤率等值线范围进行叠加可以发现,北京都市圈的通勤半径主要可以分为30 km之内、30—50 km和50 km之外3个圈层。其中3个圈层边界由于ArcGIS算法中考虑了周出行频次问题,出现部分边界交织现象。由于自然地理原因,这3个圈层西部边界较为一致,而东部边界差异较大。

#### 3.2 通勤距离与通勤时间

从交通供给端来看,具有大流量集中客流交通服务的供给能力,可以通过基于城市轨道交通网络的通勤距离和通勤时间等两个指标来体现(见图3)。本节集中于对中央核通勤需求比较活跃的10%和30%两个通勤率阈值空间范围进行讨论。

首先,轨道交通服务主要集中于30%的通勤率等值线对应的空间,在此范围内有无轨道交通对通勤时长的影响十分突出。在近郊区和远郊区无轨道交通覆盖的区域,超过20 km的远距离通勤的需求依然存在,通勤时长在45 min以上的现象非常普遍(见图3)。结合主要通勤走廊方向来看,北部通勤走廊的昌平区回龙观、天通苑地区,东部通勤走廊的通州区的东部地区,到中央核的通勤时间最长,平均为60 min以上。

其次,虽然10%的通勤率等值线部分边

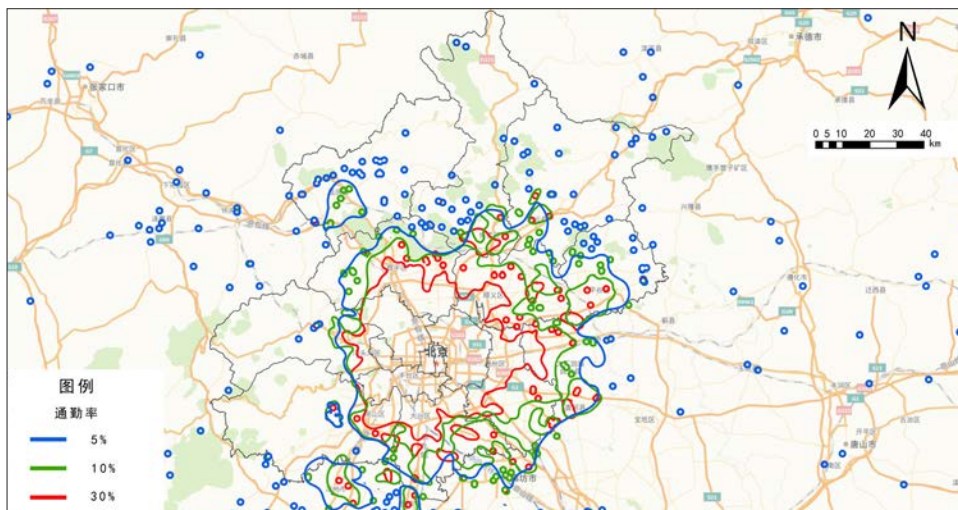


图2 中央核为中心城区通勤率为5%、10%和30%的都市圈范围

Fig.2 The metropolitan area boundary surrounding the commuting core with a commuting rate of 5%, 10% and 30%

资料来源:笔者自绘。

界远远超过北京行政区范围(见图2),但相对而言,城市轨道交通、常规公交等公共交通出行服务目前仍然主要集中在北京市域行政边界范围之内。这反映了跨城通勤需求与本地化运营等轨道交通服务之间存在着空间不匹配的问题,以行政区为主体的城市轨道交通服务已经不能满足持续扩展的都市圈通勤需求,在超过行政区边界的燕郊北三县等地区尤其突出。此外,在城市中心区内部主要通勤走廊如果缺少城市轨道交通服务的支持,也会形成轨道交通服务薄弱地区,例如在昌平区的天通苑和回龙观等地区(见图3b)。

### 3.3 主要通勤走廊与跨城通勤方向

在城市群尺度的跨城通勤,通常在5%的通勤率等值线和50 km以外的通勤距离水平上发生(见图4)。不同于传统市内通勤,随着城市群交通基础设施和服务的完善,跨城通勤成为区域一体化中十分重要的话题。在京津冀城市群,“北京工作、天津河北居住”已经形成较大规模的通勤群体,并在《北京城市总体规划(2016年—2035年)》(以下简称“北京总规”)中有所体现,北京总规中强调要建立北京与河北雄安新区便捷高效的交通联系,促进北京与廊坊北三区跨区域交通基础设施的互联互通,增强天津、石家庄、保定等中心城市的枢纽作用,推动区域多节点、网络状的综合交通体系建设。虽然在城市50 km之外的通勤率仅约5%,然而数据显示,每日总计约150万人口从50 km之外到中央核通勤,形成规模巨大、不可忽视的向心通勤流。基于手机信令数据分析显示,在5%的通勤率等值线空间范围上已到达城市群尺度,覆盖到天津、廊坊、保定等城市的主城区。

从各主要通勤廊道的特征来看,首先沿正东方向国贸—燕郊—三河通勤廊道,包括香河、大厂、三河市在内的燕郊北三县成为主要来京通勤廊道,此方向日均约有13万人的跨城来京通勤需求(见图5)。其中,67.2%通勤者(约8.7万人)会直接进入北京城市中心区的中央核作为通勤目的地,另外32.8%通勤者

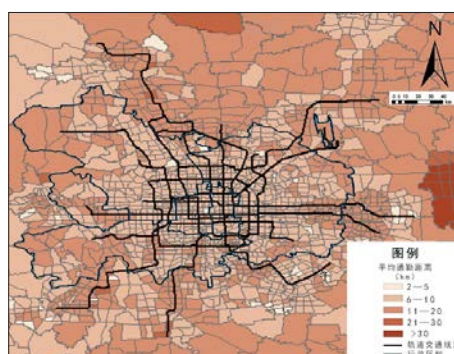
会在中央核之外的通州、大兴等作为通勤最终目的地。其次,沿东南方向通勤廊道,包括天津、廊坊市在内到北京市域的总跨城通勤人数为3.6万人,其中1.4万人进入中央核。再次,沿着正南和西南通勤廊道,来自涿州、固安等地到北京市域的跨城通勤需求分别为1.9万人和1.6万人,其中进入中央核的人口分别为0.8万人和0.7万人。这些数据反映了在50 km范围之外到中央核的通勤者规模可观,成为城市群尺度的重要通勤组成部分。其最终与都市圈内通勤客流叠加,汇聚成为对城市中心区不可忽视的交通压力。

## 4 结论和结语

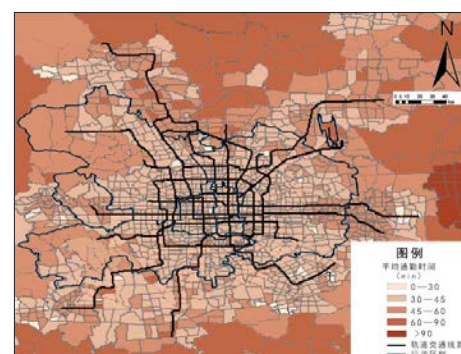
结合通勤率和通勤特征,本文构建了基于手机信令数据通勤率等值线的都市圈通勤

圈层判定方法,以反映不同圈层的通勤特征和规律。本文利用手机信令数据和空间分析技术识别用户通勤出行行为,对不同通勤率阈值下的等值线范围进行实证分析。

研究发现,在不同通勤率的情况下,北京都市圈通勤空间范围呈现出明显的圈层化特征,存在30 km和50 km两个半径圈层界限。以北京中心城区为中央核来测度,第一圈层之内30%的通勤率等值线,对应约半径30 km的通勤空间范围,通勤人群主要集中在北京六环及周边区域,还包括昌平、顺义、通州、大兴等部分街镇,以及燕郊北三县部分地区。这一圈层是城市通勤行为最密集而活跃的地带。第二圈层是10%的通勤率等值线,对应半径约50 km的不规则通勤空间范围,目前在燕郊北三县大部分地区已经超过北京行政区边界,涵盖河北三河市、



a 通勤距离分布特征



b 通勤时间分布特征

图3 以北京城六区为中央核的通勤距离、通勤时间分布特征

Fig.3 The distribution of commuting behavior and commuting time evolving six districts as commuting core  
资料来源:笔者自绘。

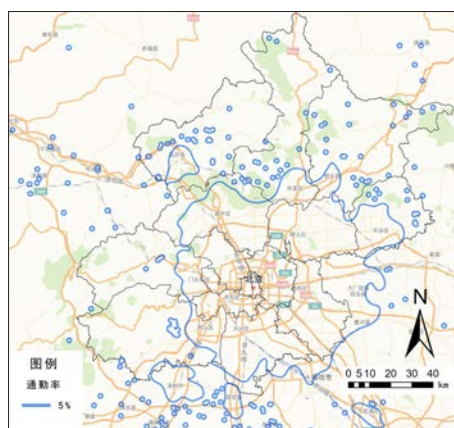


图4 通勤率5%空间拓展范围

Fig.4 Spatial boundary of 5% commuting rate

资料来源:笔者自绘。

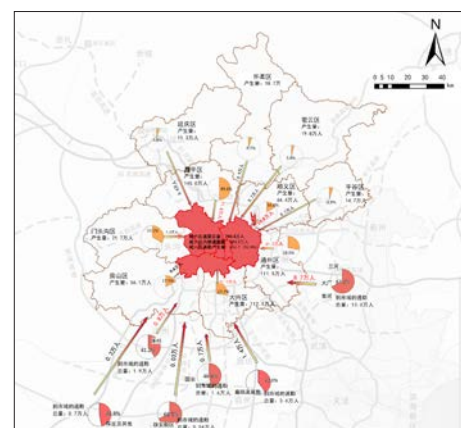


图5 北京跨城通勤的主要廊道

Fig.5 The distribution of intra-city commuting corridor

资料来源:笔者自绘。

廊坊市、固安等部分地区。这一范围与既有文献中的都市圈边界的阈值标准较为一致。第三圈层是5%的通勤率等值线对应的半径在50 km之外,包括岛状飞地的城市群尺度空间范围,包括廊坊市北三县大部分地区,以及天津、保定等城市部分地区。这一圈层体现了相对比例不高但绝对总量规模较大的跨城通勤特征。可在未来区域总体规划及都市圈综合交通网络规划等相关政策规划上参考对应通勤率取值与通勤率特征方法,便于更加准确地界定都市圈、城市群,为其协同发展打下坚实基础。

结合既有文献和本文数据反映各圈层的通勤空间范围认为,10%的通勤率等值线与都市圈边界较为一致。这将成为未来提供公共交通出行服务重点关注的地带。结论发现,5%—10%的通勤率等值线范围均已超过北京市行政区划边界,需要进一步完善跨城通勤的交通支持。本文通过北京都市圈的通勤空间范围识别,为京津冀一体化背景下的综合交通线网规划提供依据。本文囿于目前对通勤率判定依赖于手机信令数据的单一来源,未来需在多源数据的支持下,对都市圈通勤规律进行更深入细致的探讨。

## 参考文献 References

- [1] JEAN G. Megalopolis: or the urbanization of the northeastern seaboard[J]. *Economic Geography*, 1957, 33(3): 189-120.
- [2] 史育龙,周一星. 关于大都市带(都市连绵区)研究的论争及现今进展述评[J]. *国外城市规划*, 1997, 19(2): 2-11.  
SHI Yulong, ZHOU Yixing. A review of the controversies and recent progress in the study of metropolitan zones (contiguous metropolitan areas) [J]. *Urban Planning International*, 1997, 19(2): 2-11.
- [3] 王建军,周小天. 面向国土空间规划的都市圈划定方法研究[J]. *城市问题*, 2022(1): 4-14.  
WANG Jianjun, ZHOU Xiaotian. Study on the methodology for delineating metropolitan areas for territorial spatial planning[J]. *Urban Problems*, 2022(1): 4-14.
- [4] BLIND I, DAHLBERG M, ENGSTROM G, et al. Construction of register-based commuting measures[J]. *Cesifo Economic Studies*, 2018, 64(2): 292-326.
- [5] 苏跃江,温惠英,韦清波,等. 多源数据融合驱动的居民出行特征分析方法[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2020, 20(5): 56-63.  
SU Yuejiang, WEN Huiying, WEI Qingbo, et al. A multi-source data fusion-driven approach to characterising residential travel characteristics[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2020, 20(5): 56-63.
- [6] BECKER R A, CACERES R, HANTON K, et al. A tale of one city: using cellular network data for urban planning[J]. *IEEE Pervasive Computing*, 2011, 10(4): 18-26.
- [7] 丁亮,钮心毅,宋小冬. 利用手机数据识别上海中心城的通勤区[J]. *城市规划*, 2015, 39(9): 100-106.  
DING Liang, NIU Xinyi, SONG Xiaodong. Using mobile phone data to identify commuting zones in Shanghai's central city[J]. *City Planning Review*, 2015, 39(9): 100-106.
- [8] 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.  
ZHAO Pengjun, HU Haoyu, HAI Xiaodong, et al. Multidimensional identification of spatial extent of metropolitan areas in urban cluster areas based on mobile phone signaling data - a case study of Beijing, Tianjin and Hebei[J]. *Urban Development Studies*, 2019, 26(9): 69-79.
- [9] 张晓春,于壮,段冰岩,等. 面向城市交通规划的多源手机信令数据相关性研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2019, 19(4): 239-245.  
ZHANG Xiaochun, YU Zhuang, DUAN Bingruo, et al. Correlation study of multi-source mobile phone signalling data for urban traffic planning[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2019, 19(4): 239-245.
- [10] 王晟由,王倩,邵春福,等. 都市圈通勤出行行为特性分析与建模[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2019, 19(5): 35-41.  
WANG Shengyou, WANG Qian, SHAO Chunfu, et al. Characterisation and modelling of commuter travel behaviour in metropolitan areas[J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2019, 19(5): 35-41.
- [11] 马亮. 基于轨道交通刷卡数据的城市通勤圈范围研究[J]. *城市轨道交通研究*, 2017, 20(8): 80-84.  
MA Liang. Study on the scope of urban commuting circle based on railway swipe card data[J]. *Urban Mass Transit*, 2017, 20(8): 80-84.
- [12] 于春青,万涛,高照明,等. 基于手机数据的通勤圈研究[C]//2018年中国城市交通规划年会论文集. 青岛:中国城市规划学会城市交通规划学术委员会, 2018: 11.  
YU Chunqing, WAN Tao, GAO Xuming, et al. A study of commuting circles based on mobile phone data[C]//Proceedings of the 2018 Annual Conference on Urban Transport Planning in China. Qingdao: Academic Committee on Urban Transport Planning, China Society of Urban Planning, 2018: 11.
- [13] 张沛,王超深. 大都市区空间范围的界定标准——基于通勤率指标的讨论[J]. *城市问题*, 2019, 37(2): 37-43.  
ZHANG Pei, WANG Chaoshen. Criteria for defining the spatial extent of metropolitan areas - a discussion based on commuting rate indicators[J]. *Urban Problems*, 2019, 37(2): 37-43.
- [14] CASTELLS M. The information age: economy, society and culture. vol. I: the rise of the network society[M]. Oxford: Oxford Press, 1996.
- [15] 张纯,崔璐辰. 互联网时代信息通信技术对通勤行为的影响研究[J]. *西部人居环境学刊*, 2017, 32(1): 23-30.  
ZHANG Chun, CUI Luchen. A study of the impact of ICT on commuting behaviour in the internet era[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2017, 32(1): 23-30.
- [16] 周江评,陈晓健,黄伟,等. 中国中西部大城市的职住平衡与通勤效率——以西安为例[J]. *地理学报*, 2013, 68(10): 1316-1330.  
ZHOU Jiangping, CHEN Xiaojian, HUANG Wei, et al. Occupational and residential balance and commuting efficiency in large cities in central and western China: the case of Xi'an[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1316-1330.
- [17] 冉江宇,付凌峰,阚长城,等. 基于通勤大数据的城市职住分离度研究——《2020年全国主要城市通勤监测报告》核心指标分析[J]. *城市交通*, 2020, 18(5): 10-17.  
RAN Jiangyu, FU Lingfeng, KAN Changcheng, et al. Study on urban job-housing separation based on commuting big data - analysis of the core indicators of the 2020 National Major Cities Commuting Monitoring Report[J]. *Urban Transport of China*, 2020, 18(5): 10-17.
- [18] 张欣炜,宁越敏. 中国大都市区的界定和发展研究——基于第六次人口普查数据的研究[J]. *地理科学*, 2015, 35(6): 665-673.  
ZHANG Xinwei, NING Yuemini. A study on the definition and development of metropolitan areas in China - a study based on the sixth population census data[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(6): 665-673.
- [19] 荣朝和,闫星祎. 东京大都市区轨道通勤体系的演进与功能分析[J]. *城市发展研究*, 2015, 22(7): 16-23.  
RONG Chaohe, YAN Xingyi. Evolution and functional analysis of the rail commuter system in the Tokyo metropolitan area[J]. *Urban Development Studies*, 2015, 22(7): 16-23.
- [20] 李国平. 首都圈结构、分工与营建战略[M]. 北京:中国城市出版社, 2004.  
LI Guoping. Metropolitan area structure, division of labour and building strategies[M]. Beijing: China City Press, 2004.