

基于多元数据的交通视角超大特大城市 中心城区合理规模研究

陆化普^{1*}, 柏卓彤¹, 吴洲豪¹, 傅志寰²

(1. 清华大学交通研究所, 北京 100084; 2. 中国工程院, 北京 100088)

摘要: 超大特大城市中心城区高强度连片开发、人口密度大、城市功能集中, 是我国城市问题表现最为突出的区域范围; 着眼集中于中心城区的大城市病破解问题, 开展超大特大城市中心城区的合理规模分析论证具有迫切性。本文提出了通勤出行时间是超大特大城市中心城区合理规模的核心控制因素这一基本判断; 采用大数据分析及聚类分析方法, 结合城市多类土地利用的兴趣点数据、街道行政边界的地理信息系统数据, 识别了我国 10 个超大特大城市的现状中心城区范围; 基于网络地图路径规划、手机信令数据校核, 分析评价了现状交通效率; 以量化分析为基础, 获得了特大城市中心城区合理规模的论证结果。研究表明, 当前一些超大特大城市的中心城区范围不能满足以人为本的幸福通勤出行需求; 结合未来交通运输领域技术发展、治理水平提高等因素, 13~15 km 当量半径是超大特大城市中心城区合理规模范围的上限。

关键词: 合理规模; 多元数据; 中心城区; 超大特大城市; 幸福感

中图分类号: U4-9 **文献标识码:** A

Reasonable Scale of Megacity Central Area Based on Multivariate Data and a Traffic Perspective

Lu Huapu^{1*}, Bai Zhuotong¹, Wu Zhouhao¹, Fu Zhihuan²

(1. Institute of Transportation Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China)

Abstract: The central area of a megacity, which features high-intensity development, large population density, and concentrated urban functions, demonstrates the most prominent urban problems. Addressing the urban malaise in megacities necessitates analyzing and demonstrating the reasonable scale of the megacity central area. This study proposes that commuting time is the core controlling factor determining the reasonable scale of the megacity central area. Combining with point of interest data of multi-type land use and the geographic information system data for street administrative division, we identified the current central urban areas of ten cities in China using big data analysis and the clustering method; their current traffic efficiencies were then evaluated based on path navigation data via web maps and mobile phone signaling data verification. Finally, demonstration results were presented through quantitative analysis. Our study shows that the current central areas of the ten megacities cannot satisfy residents' need for a proper commuting time; considering factors such as technological development and improvement in the level of governance, 13 – 15 km is the upper limit of equivalent radius for the central area of a megacity.

收稿日期: 2022-03-21; **修回日期:** 2022-06-05

通讯作者: *陆化普, 清华大学交通研究所教授, 研究方向为交通运输规划与管理、TOD 模式研究与设计、交通战略与政策;

E-mail: luhp@mail.tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“我国城市发展规模及结构战略研究”(2021-XBZD-03)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

Keywords: reasonable scale; multivariate data; central urban area; megacity; happiness

一、前言

国家“十四五”规划纲要对新型城镇化进行了部署，“推进以人为核心的新型城镇化”指出了领域发展方向。超大特大城市作为我国重要的发展极，是实现新型城镇化的最主要驱动力。然而随着城市化进程的提升，城市规模趋于扩大，而以交通拥堵为标志的大城市病问题凸显；尤其是中心城区，作为大城市病的集中发生地而需获得特别关注。以北京市为例，2020年行政区划人口超过2189万，但是超过60%的人口集中在中心城区，对应的面积仅约占全市的6%；中心城区范围虽小，却是城市发展过程中各种矛盾的关键所在，也是交通拥堵等“大城市病”的集中发生地。

控制超大特大城市中心城区的合理规模，是新时期城镇化发展的具体内容，对于提升城市居民幸福感至关重要[1]。在相关规划研究中，中心城区范围多采用由行政手段确定的边界（如北京市规定了中心城区为城六区）或以交通环线作为边界（如上海市的中心城区为外环高速以内）。根据城市实际需要，城市总体规划确定的中心城区范围也在不断调整。目前关于城市规模的研究多见于城市规模分布[2,3]、城市规模与其他因素的关系；后者的研究因素有经济[4]、人口[5]、创新[6]、交通[7]、就业[8,9]、生态[10]等，相应数据来源可概括为行政区域数据、人口密度数据、灯光数据、交通通勤数据（含效率、通勤比例）等[11~13]。可以看出，既有研究多以人口、行政区划面积（辅以地域特征数据）来分析城市，而对功能和人口最为密集的中心城区开展的实证分析有所不足。有关中心城区的认知多样，而对大多城市而言中心城区的面积范围没有定数；因而界定中心城区的内涵、开展基于实证研究的中心城区范围识别方法，进而提出控制其合理规模的举措建议，对我国超大特大城市的科学发展至关重要。

值得指出的是，目前与中心城区相关的用语较多（如核心区、主城区、建成区），各自的概念内涵不同，也不显清晰严谨；因而采用既有用语（概念）不便于深入开展有关城市问题的对比研究，也难以精准分析城市发展演化的实际过程，进而影响

了城市发展规划与政策研究的成效。本研究认为中心城区的内涵可界定为：位于超大特大城市核心的，具有高人口密度、城市设施与服务完善的连片城市空间区域；以此规避可能的概念认知混乱，将超大特大城市经济集聚意义上的城市区域“独立出来”进行深入探析。

与通勤时间长度相关的交通效率问题是本研究的关注点。尽管影响交通效率的因素很多，但交通速度是公认的首选指标，所采用的交通速度指通勤交通“门到门”的全程速度；对于不同交通方式出行的通勤者，则采取加权平均速度，相应权重为不同交通方式的分担率。需要说明的是，合理规模的大小与城市居民的认知程度、发展水平存在强关联。本研究着重从交通视角开展探讨，提出通勤时间长度是判断一个城市规模是否合理的关键指标。可以推论，未来随着交通技术的发展、管理水平的提高，居民对美好生活判断准则的变化，合理城市规模也将是动态变化的。

二、研究思路

（一）实证研究的分析思路与方法

立足以上中心城区的内涵，本研究设计了基于大数据的中心城区范围识别算法，据此可动态掌握超大特大城市中心城区发展演化实际状态，对城市发展过程进行动态分析诊断。研究思路如图1所示，首先，在案例分析中，选取10个超大特大城市作为研究对象，利用多种土地兴趣点（POI）数据、街道精度地理信息系统（GIS）数据等多元地理信息的融合，进行了城市中心城区范围识别方法的验证。接着，研究结合地图导航数据系统分析了城市的出行效率，并通过北京与东京综合交通效率对比，找出差距。最后，立足于未来我国城市结构和交通结构优化、交通装备技术水平和治理能力提高，分析确定了交通效率提高系数，确定了超大特大城市中心城区的合理规模。

超大特大城市中心城区现状范围识别方法如下。

（1）在各案例城市200 m×200 m栅格尺度下统计综合POI（包括住宅楼栋、公司企业、餐饮服务/

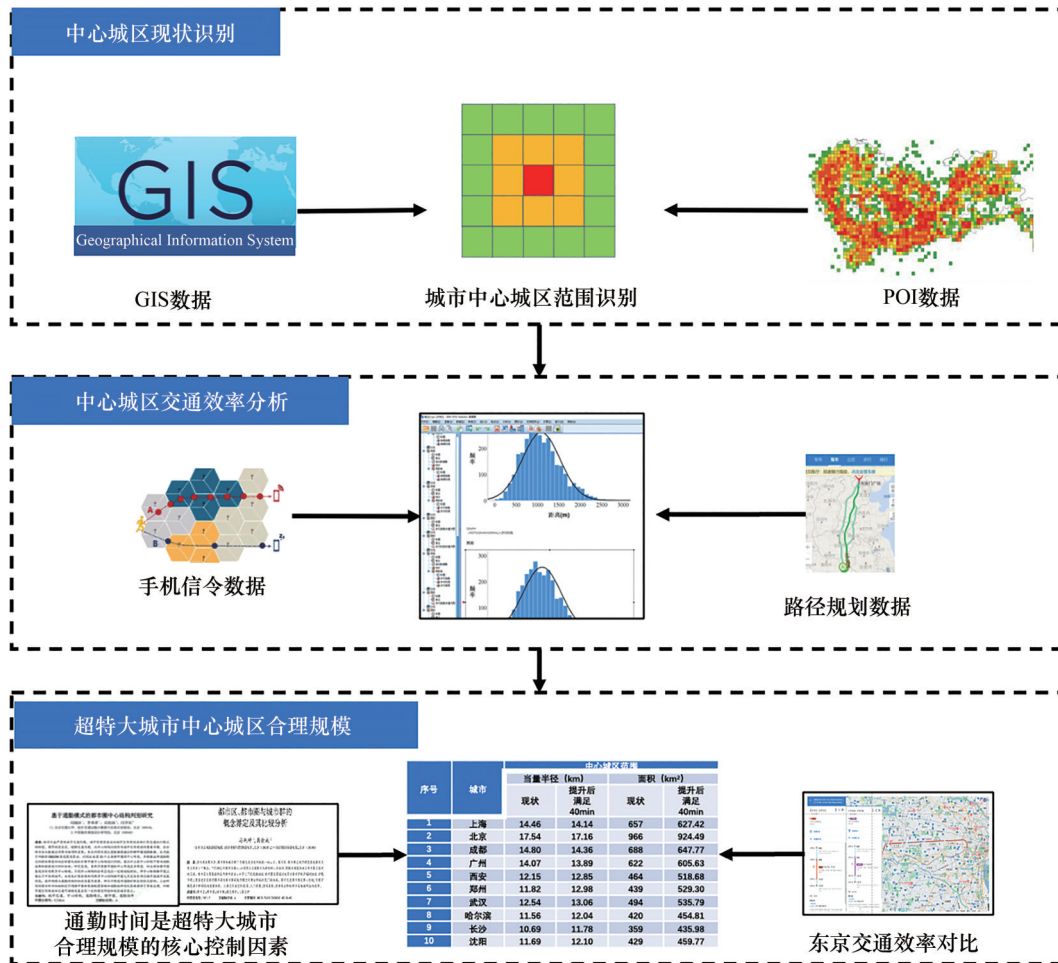


图1 基于多元数据的超大特大城市合理规模研究流程图

购物服务/生活服务) 数量。

(2) 参考地理统计学中 Getis-Ord G_i^* 热点分析方法 [14], 识别具有统计意义的热点栅格。

(3) 统计城市街道范围内热点栅格数量占比, 获得街道热度分级 (0~100)。分级 0 表示该街道无热点栅格, 分级 100 表示该街道内全为热点栅格。

(4) 中心城区范围识别确定。对任一城市, 确定某个临界热度等级后, 就能对应确定一个唯一的中心城区范围。那么, 问题的关键就是, 如何确定某个城市中心城区范围大小的临界热度等级。本研究采用了通过具有中心城区调查数据的对象城市标定临界热度等级, 即选取与该城市公布的建成区中心部分 (剔除外围组团后) 的面积最接近的连片范围所对应的热度等级为临界热度等级。然后以该临界热度等级为判断准则计算识别中心城区范围的方法。

具体来说, 本次研究以街道为计算单位, 首先

计算每个街道的热度值, 当该值大于等于临界热度等级且位于中心连片区域时, 就将该街道纳入所识别的中心城区范围的热度栅格面积进行加和计算, 这样就可以识别研究对象城市对应的中心城区范围, 即该中心城区范围内热点栅格面积之和即为识别中心城区面积。根据 GIS 数据、街道热度分级等多源数据, 选取中心连片热点街道范围作为识别现状中心城区范围, 并统计对应的中心城区面积。

在识别中心城区范围的基础上, 对中心城区的交通效率进行全景式扫描。计算方法如下。

(1) 采用地图坐标拾取系统, 定位街道中心点坐标, 以街道中心点坐标为圆心, 提取圆心 3 km 范围内的居住性质 POI (作为通勤出发点) 以及就业性质 POI (作为通勤到达点)。将 POI 配对形成起讫点 (OD) 出行分布数据对, 并采用手机信令数据进行校核。

(2) 通过地图路径导航接口爬取高峰时段出行

数据, 获取工作日早高峰以轨道交通、公交、小汽车为代表交通方式的出行时间与距离, 具体包含首末端、换乘、主线全过程出行链的距离与时间信息。

(3) 对出行距离与时间信息进行统计分析, 获取各城市中心城区范围不同交通方式(小汽车、轨道交通、公交)的交通效率。结合各个城市统计的实际出行分担率, 对小汽车、轨道交通、公交的出行速度进行加权获得综合交通速度, 作为城市的综合效率。

(二) 国内外对通勤时间与城市居民幸福感关系的研究

国内外的大量研究成果表明, 通勤时间的长短是决定城市居民幸福感的关键要素。2002年诺贝尔经济学奖获得者、美国普林斯顿大学心理学和公共事务教授 Daniel Kahneman [15]于2004年在 Science 上发表的文章, 通过昨日重现法研究发现, 在人类 16种主要的日常活动(包括工作)中, 最令人厌恶的是上下班通勤。尽管日常生活中不同活动的效用会影响个人的幸福体验, 但上下班通勤活动的影响最为显著。Stutzer 发现通勤时间越长, 个人幸福感越低。同时, 通勤时间不仅是主观感受的需要, 对于身体健康和生理健康也有重要影响 [16]。Choi 等 [17]考察了通勤时间对于主观幸福感的影响, 结论表明, 通勤时间与主观幸福感显著负相关, 通勤时间是决定居民幸福感的重要影响因素。

更进一步, 国内外学者对于通勤时间的可接受程度进行了大量研究, 发现通勤时间 40 min 及以上将显著影响通勤者的满意程度。Smith 根据美国波特兰的网络问卷调查数据, 分析得出当美国员工的汽车通勤时间达到 40 min 时, 通勤幸福感负作用开始显著, 并证明只有 40 min 这个“转折点”是重要的 [18]。何明卫通过分层抽样和随机抽样调查的方式对于昆明市的通勤时间容忍界点进行了研究, 结果显示在 30~40 min 区间的比例最大, 为 27.6% [19]。通勤时间 40 min 已经在国外较多研究中作为长通勤出行的门槛值。如 2013 年, Cassel 等 [20]分析了瑞典找工作的人对于长时通勤的意愿, 以通勤长于 40 min (单程) 为长通勤出行, 研究了性别、受教育程度、家庭有小孩对于长距离通勤意愿的影响。

综合分析, 为实现“人民满意”城市的发展目

标和追求, 可以确定 40 min 为超大特大城市中心城区单程可接受的通勤时间上限。

三、超大特大城市中心城区范围识别及分析

(一) 实证研究算法可行性分析

作为识别对象选取的 10 个超大特大城市的基本情况如表 1 所示。首先对实证研究算法的可行性和有效性进行分析验证, 检验方法是将识别得到的中心城区范围与中心城区现状范围的一致性程度进行对比分析。从分析结果看, 对比郑州官方公布的城市中心城区范围, 本研究计算得到的热点分布密集且连片, 识别结果与实际情况一致。除中心城区外, 周边的航空港组团、郑汴-中牟组团、上街-荥阳组团也出现了热点集中的情况, 特别是上街-荥阳组团的形态与组团间为农业用地的实际情况相一致。以成都市为例, 成都中心城区现状面积为 688 km², 与识别的 675 km²基本一致, 其他城市也得到了类似结果。

从以上对比分析的结果可知, 研究提出的基于大数据的中心城区范围识别算法能够较为客观地反映真实情况, 具有可行性。方法优点总结如下。

(1) 客观性: 通过热点刻画和反映中心城区经济繁荣、人口密集、商业发达、活动集中等中心城市特征具有客观和实时的特点, 其内涵符合国内外对城市中心城区的总体理解。结合大数据从人的实际出行行为出发, 量化识别了超大特大城市经济聚集意义上的城市区域, 为解决超大特大城市的主要矛盾提供参考, 能够支撑城市发展动态跟踪、孪生分析、规划评价、发展引领的综合作用。

表 1 选取研究对象城市的基本情况

序号	城市	人口/万人	所属地理大区
1	北京市	2189.3	华北地区
2	成都市	2093.8	西南地区
3	上海市	2487.1	华东地区
4	广州市	1867.7	华南地区
5	武汉市	1232.7	华中地区
6	西安市	1218.3	西北地区
7	郑州市	1260.1	华中地区
8	沈阳市	907.7	东北地区
9	哈尔滨市	1001.0	东北地区
10	长沙市	1004.8	华中地区

注: 数据来源于国家统计局第七次全国人口普查。

(2) 精准性：栅格层面的热点计算、街道等级的密度聚类方法可以根据研究目的进行深化和细化，适应各种目的的分析研究，可以精细化体现空间单元客观特征，比基于行政区划给出的结果更加精准。

(3) 可靠性：由于城市区域用地特征的不连续性，直接通过统计热点栅格中心连片区范围可能导致识别偏差，如某些中心城区因河流和楔形绿地等的存在使得部分范围不连续而不被记入。本研究首先判断该栅格是否为热点栅格。为提高判断精度，在判断对象栅格是否为热点栅格时，不但要考虑该栅格自身，同时也要考虑该栅格周边一定范围内的其他栅格（500 m）的POI分布情况，按照统计学概率公式综合计算该栅格是否为热点栅格。本研究确定最为接近现状中心城区范围的热度级别为临界热度级别，然后计算临界热度以上的全部连片街道的热点栅格面积之和，即得到了中心城区的面积范围识别值，从而保证了中心城区范围识别与中心城区发展现状的一致性（如郑州热点范围西北侧由于贾鲁河及沿线绿化带存在，导致该侧须水街道、梧桐街道、枫杨街道热点栅格与中心组团产生分离，如果仅按热点栅格中心连片区作为中心城区识别结果，则这几个街道内大量热点栅格将被剔除出中心城区范围，但实际这几个街道热点栅格比例均较高，且紧邻中心片区，本研究中上述各街道就纳入了中心城区范围）。

(4) 动态性：本文基于大数据分析，综合了土地利用POI数据、GIS等数据，可以根据研究实际需要制定城市发展变化专题分析，不受数据壁垒、采集手段的限制。

(二) 中心城区范围识别结果

为表达方便，将识别后得到的面积（空间范围）转化成等量的虚拟圆的面积，即 $A=\pi r^2$ ，其中 A 为识别的中心城区面积， r 为当量半径， π 为圆周率。本研究采用当量半径来描述中心城区的合理规模。10座城市中心城区现状的当量半径在10.69 km（长沙）到17.54 km（北京）之间，中心城区当量半径的平均值为13.12 km，各个城市的当量半径见图2。

需要说明的是，当前《中国城市建设统计年鉴》统计的建成区范围，包括集中连片的部分以及分散的若干个已经成片建成部分，市政公用设施和

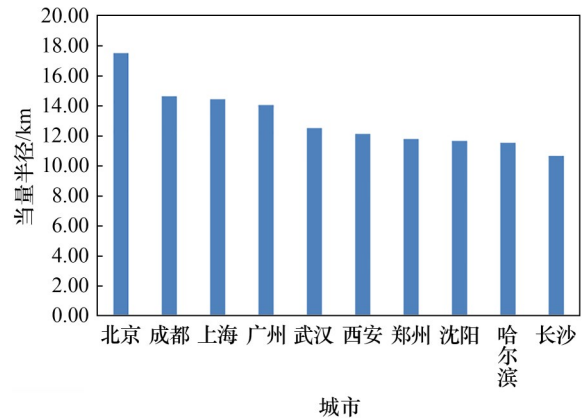


图2 10个超大特大城市中心城区现状当量半径

公共设施基本具备的地区，这与本研究所定义的中心城区范围不同，本研究所要识别的范围是城市病集中发生的中心城区部分，不包括远离城市中心的分散的建成区面积。

图3所示为各城市现状识别的中心城区与建成区面积的对比。各城市识别中心城区面积与统计年鉴的建成区面积有一定差别，证实了我们前述的分析论证和定义说明。其中北京、广州建成区面积由于包含较远市辖区（其中北京包含外围房山、怀柔、密云、平谷、延庆共249.92 km²，广州包含外围从化、花都、增城、南沙共545 km²）等，明显大于识别得到的中心城区面积，而成都、哈尔滨、长沙的识别中心城区面积则与公布建成区面积相当，因为这些城市的建成区基本都集中在中心部位呈连片区域，属于本研究定义的中心城区范围内。识别结果说明本研究采用的识别方法与实际情况

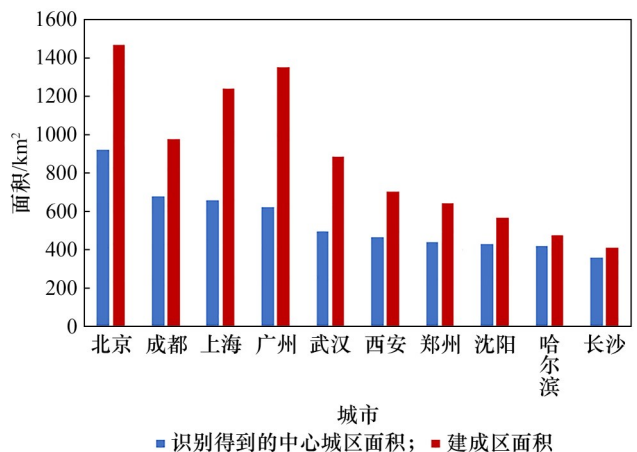


图3 识别得到的各城市中心城区面积与建成区面积对比图

况基本一致。

(三) 交通效率

中心城区的出行效率情况如表2所示。单一方式来看,上海的小汽车以及公交、北京的轨道交通的效率最高。从加权交通效率来看,10个城市交通效率最高的三个城市分别是北京、上海、广州,而沈阳、西安、哈尔滨三个城市的交通效率较低。应从交通供给、需求与管理等方面,完善基础设施、优化交通出行结构、提高智能交通水平,以实现更高的交通效率。

根据路径规划获取的早高峰实际出行数据,统计计算早高峰出行的通勤时间,本研究得到了中心城区范围所有通勤出行时间的现状平均值。图4展示了10个研究对象城市的平均通勤时间分布,图5展示了40 min以内的通勤出行占总通勤出行的比例。从绝对值来看,北京、沈阳、上海、成都、武汉、广州、西安出行时间均大于40 min。出行时间

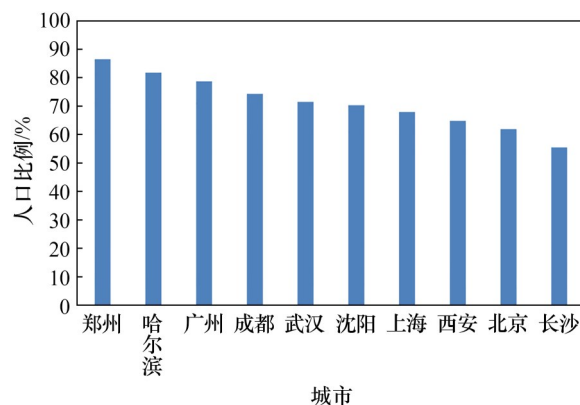


图5 40 min以内的通勤出行占总通勤出行的比例

过长与中心城区规模、土地利用形态、职住均衡程度等均相关。从满足40 min以内通勤比例和平均通勤时间的情况来看,西安、长沙尽管城市规模不大,但是超过40 min通勤的比例却很高,说明其相对于其他城市交通效率较低,需要加大力度优化土地利用形态,促进实现职住均衡、同时需要采取综合措施提高交通效率。

在同样的通勤时间目标下,城市规模可以通过改善土地利用、交通结构、交通效率和交通治理能力等综合对策进行优化,以使在同样的通勤时间目标下交通系统能够支撑更大的城市规模。

四、超大特大城市中心城区合理规模确定

超大特大城市中心城区合理规模研究的目的是提供城市居民的幸福指数,即将门到门的通勤时间控制在理想范围内。如前所述,已有研究表明,不同规模城市大家所能接受的最长通勤时间不同,超大特大城市可接受的门到门通勤时间最长以不超过40 min为上限。

有了这个判断标准,研究需要确定我国中心城区交通效率的现状以及到了目标年以后,我国城市的交通效率会有多大程度的提高。因为,给定一个城市的交通需求特性(主要是城市居民出行的空间分布特性)和交通效率之后,合理的中心城区范围就确定了。这里,一个重要的问题是如何确定我国超大特大城市未来的交通效率值。由于采用数学模型预测未来交通效率极其困难,故本研究采用了将北京与东京进行比较分析的案例分析法。从北京和东京早高峰的交通效率比较(见表3)可知,北京

表2 10个城市出行效率一览表

序号	城市	速度/(km·h ⁻¹)			加权速度/(km·h ⁻¹)
		小汽车	轨道交通	公交	
1	北京	14.98	20.30	15.70	16.60
2	上海	17.09	17.49	14.10	16.30
3	广州	15.71	17.21	13.70	15.40
4	成都	16.43	16.62	13.50	15.40
5	郑州	16.50	19.91	11.20	15.00
6	长沙	14.77	16.89	12.30	14.70
7	武汉	15.07	16.18	13.10	14.50
8	沈阳	14.21	14.67	11.30	14.00
9	西安	14.72	15.62	11.70	13.80
10	哈尔滨	14.44	15.45	12.30	13.40

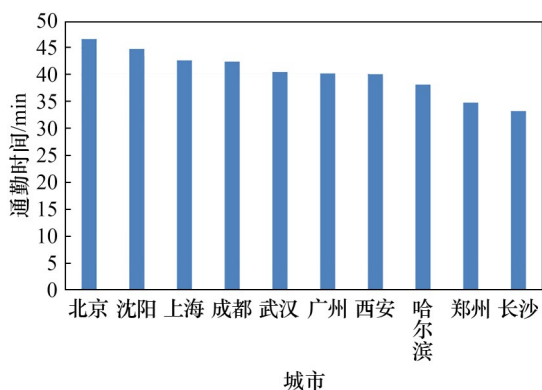


图4 10个城市平均通勤时间情况

表3 东京都市圈与北京都市圈交通效率对比分析

指标	东京	北京
1 h通勤半径/km	30.8	20.3
轨道换乘距离（平均值）/m	78.0	220.0
末端步行距离（两端之和）平均值/m	1230.0	1220.0
末端步行距离（两端之和）最大值/m	2310.0	2750.0
轨道运营模式（大站快车）/(km·h ⁻¹)	58.6	—
小汽车效率/(km·h ⁻¹)	22.1	15.2

注：早高峰出行时间、距离等信息由地图路径规划API爬取而来，作者对这些信息加以计算，得到2021年北京、东京的交通效率。

轨道交通效率（门到门）为20.3 km/h，东京轨道交通效率（门到门）为30.8 km/h，东京的效率是北京的1.5倍。东京小汽车的平均速度是22.1 km/h，北京是15.2 km/h，大约也是1.5倍。

可以认为，我国城市经过若干年的努力，通过治理能力提高、运行组织优化、智慧交通发展、交通结构调整和土地利用形态优化之后，在交通运行效率等方面能够达到日本东京的水平。然而，有些方面不仅仅取决于技术进步和治理能力提高，还与我国国情以及城市发展演化过程息息相关。本研究结合我国城市当前的城市用地特点、交通结构和交通运行效率现状及其可能的优化提升程度以及不同城市的提升潜力差别，参考现状东京效率是北京1.5倍的基本情况，分别取1.2~1.5的效率提高系数（部分城市中心城区已发展较为成熟，提升潜力较小）。

在综合考虑到效率提升系数后，分别计算中心城区满足门到门40 min通勤的当量半径，其与现状中心城区范围的现实情况对比如表4所示。中心城区效率提升后的当量半径为11.78~17.16 km，平均

值为13.42 km。从中心城区现状面积与提升后满足40 min通勤目标的合理面积比较也可看出，即使考虑城市结构、交通结构的优化调整和交通技术进步与治理能力提高的可能效果，北京、上海、广州、成都的中心城区合理当量半径仍低于现状当量半径，说明上述城市现状中心城区规模不仅已超出合理规模，同时也已大于未来交通效率提高后可以达到的合理规模，故应严格控制中心城区的范围。因此，对于北京、上海、广州、成都等考虑到效率提升后中心城区合理规模依然大于现状的城市，建议要控制中心城区规模。

对于武汉、西安、郑州、沈阳、哈尔滨、长沙等考虑到效率提升后中心城区范围仍有一定发展空间的城市，不应认为中心城区还可以任意扩大，因为超大特大城市各自的自然地理环境、功能定位和发展条件不同，中心城区的发展规模也应该不同。本文研究的结论是超大特大城市的最大规模，并不意味着所有超大特大城市的发展目标就是本文的最大规模研究结论。应通过充分提高治理能力、优化交通运营组织等，实现幸福通勤、美好城市生活的目标，而不是盲目走向极限规模，同时通过完善城市空间用地布局严格保证城市中心城区规模不超过极限规模上限。

需要说明的是，本研究的目的是支撑超大特大城市中心城区合理发展规模引导的政策制定，所以论文侧重研究和回答了超大特大城市中心城区的最大规模限制问题，并不是通过优化方法给出最优解。

五、结语

进入城市高质量发展新阶段，提高城市居民的幸福感和城市发展的主要目标和根本要求。提高城市治理水平，破解交通拥堵、缩短通勤出行时间、提高城市出行的便捷程度，是新时代我国坚持以人民为中心的根本思想在城镇化工作中的具体体现。研究确认通勤时间是超大特大城市中心城区合理规模的重要控制因素。在此基础上，设计了基于大数据的中心城区范围识别方法，该方法具有广泛的适用性和有效性。

基于本研究结果建议，未来超大特大城市中心城区的合理规模上限（即当量半径，计算获得中心

表4 中心城区效率提升后的合理规模

序号	城市	当量半径/km		面积/km ²	
		现状	提升后满足40 min	现状	提升后满足40 min
1	北京	17.54	17.16	966	925
2	成都	14.66	14.22	675	635
3	上海	14.46	14.14	657	627
4	广州	14.07	13.89	622	606
5	武汉	12.54	13.06	494	536
6	西安	12.15	12.85	464	519
7	郑州	11.82	12.98	439	529
8	沈阳	11.69	12.10	429	460
9	哈尔滨	11.56	12.04	420	455
10	长沙	10.69	11.78	359	436

城区合理面积后进行了虚拟圆面积当量换算后的虚拟中心城区半径)以 13~15 km 为宜,这是考虑了城市形态、路网结构、基础设施建设水平与优化提升、治理能力及效率提高后的综合结论。由于目前我国城市公共交通系统尚不完善,运行效率普遍不高,只有大力度落实公交优先政策、不断完善公共交通基础设施系统建设、提高智能交通水平、大力度改善末端交通系统,进一步提高交通效率,才能实现上述合理规模上限的目标。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: March 21, 2022; **Revised date:** June 5, 2022

Corresponding author: Lu Huapu is a professor from the Institute of Transportation Engineering, Tsinghua University. His major research fields include transportation planning and management, TOD mode research and design, and transportation strategies and policies. E-mail: luhp@mail.tsinghua.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project "Strategic Research on the Development Scale and Structure of Cities in China" (2021-XBZD-03)

参考文献

- [1] 傅志寰, 陆化普. 城市群交通一体化: 理论研究与案例分析 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2016.
Fu Z H, Lu H P. Urban agglomeration transportation integration theoretical research and case study [M]. Beijing: People's Communications Press, 2016.
- [2] 魏守华, 孙宁, 姜悦. Zipf 定律与 Gibrat 定律在中国城市规模分布中的适用性 [J]. 世界经济, 2018, 41(9): 96-120.
Wei S H, Sun N, Jiang Y. The applicability of Zipf's law and Gibrat's law to city size distribution in China [J]. World Economy, 2018, 41(9): 96-120.
- [3] 孙斌栋, 王言言, 张志强, 等. 中国城市规模分布的形态和演化与城市增长模式——基于 Zipf 定律与 Gibrat 定律的分析 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(3): 361-370.
Sun B D, Wang Y Y, Zhang Z Q, et al. The form and evolution of city size distribution and urban growth model in China: An analysis based on Zipf's Law and Gibrat's Law [J]. Advances in Geographical Sciences, 2022, 41(3): 361-370.
- [4] 陈飞, 苏章杰. 城市规模的工资溢价: 来源与经济机制 [J]. 管理世界, 2021, 37(1): 19-32.
Chen F, Su Z J. The urban wage premium: Sources and the economic mechanism [J]. Management World, 2021, 37(1): 19-32.
- [5] 黄梦琪, 金钟范. 城市规模如何影响流动人口居留意愿——基于全国流动人口动态监测数据的经验研究 [J]. 山西财经大学学报, 2021, 43(7): 17-29.
Huang M Q, Jin Z F. How does city size affect the residing preference of floating population: Empirical study from CMDS data in China [J]. Journal of Shanxi University of Finance and Economics, 2021, 43(7): 17-29.
- [6] 陆远权, 秦佳佳. 中国城市规模分布对区域创新效率的影响研究 [J]. 经济经纬, 2018, 35(6): 1-7.
- [7] Lu Y Q, Qin J J. Study on the influence of urban scale distribution of China on regional innovation efficiency [J]. Economic Survey, 2018, 35(6): 1-7.
- [8] Firmino Costa da Silva D, Elhorst J P, Silveira Neto R M. Urban and rural population growth in a spatial panel of municipalities [J]. Regional Studies, 2017, 51(6): 894-908.
- [9] 沈洁, 张可云. 收入水平, 居民生活质量与城市规模分布 [J]. 城市发展研究, 2021, 28(2): 1-7.
Shen J, Zhang K Y. Income, quality of life and city size distribution [J]. Urban Development Studies, 2021, 28(2): 1-7.
- [10] 王智勇. 城市规模与劳动生产率——基于 283 个地级市面板数据的分析 [J]. 劳动经济研究, 2020, 8(6): 87-119.
Wang Z Y. City size and labor productivity: An analysis using panel data of 283 cities [J]. Studies in Labor Economics, 2020, 8(6): 87-119.
- [11] 张华明, 元鹏飞, 朱治双. 中国城市人口规模、产业集聚与碳排放 [J]. 中国环境科学, 2021, 41(5): 2459-2470.
Zhang H M, Yuan P F, Zhu Z S. City population size, industrial agglomeration and CO₂ emission in Chinese prefectures [J]. China Environmental Science, 2021, 41(5): 2459-2470.
- [12] 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 X B, Li F X, Tian X M, et al. Identifying metropolitan center structure based on commuting patterns [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2022, 22(2): 17-28.
- [13] 路青, 蔡震, 吴昊天, 等. 中国都市圈全景扫描及其发展规律研判 [J]. 规划师, 2021, 37(10): 5-11.
Lu Q, Cai Z, Wu H T, et al. A study on the spectrum and development law of metropolitan Areas in China [J]. Planners, 2021, 37(10): 5-11.
- [14] 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 Y L, Zhu T. Multi-dimension of metropolitan area and its spatial matchness: Case study of Jing-jin-ji Areas [J]. Urban Development Studies, 2020, 27(7): 113-120.
- [15] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics [M]. Berlin: Springer, 2010: 60-70.
- [16] Kahneman D, Krueger A B. Developments in the measurement of subjective well-being [J]. Journal of Economic Perspectives, 2006, 20(1): 3-24.
- [17] Stutzer A, Frey B S. Stress that doesn't pay: The commuting paradox [J]. Journal of Economics, 2008, 110(2): 339-366.
- [18] Choi J, Coughlin J F, D'Ambrosio L. Travel time and subjective well-being [J]. Transportation Research Record, 2013, 2357(1): 100-108.
- [19] Smith O B. Peak of the day or the daily grind: Commuting and subjective well-being [D]. Portland: Portland State University(Doctoral dissertation), 2013.
- [20] 何明卫. 城市居民的主观通勤时间界点研究 [D]. 大连: 大连理工大学(博士学位论文), 2017.
He M W. A Study on the Thresholds of Subjective Commuting Time for Urban Residents [D]. Dalian: Dalian University of Technology(Doctoral dissertation), 2017.
- [21] Cassel S H, Macuchova Z, Rudholm N, et al. Willingness to commute long distance among job seekers in Dalarna, Sweden [J]. Journal of Transport Geography, 2013, 28: 49-55.