

# 卷首语



## 本期特邀组稿人: 龙 瀛

清华大学建筑学院副研究员

清华大学恒隆房地产研究中心数据增强设计研究室主任

博士

信息通讯技术的发展以及政务公开的推进使大量数据如雨后春笋般涌现,手机信令、公共交通刷卡记录等大数据和来自商业网站、政府网站的开放数据共同促进了“新数据环境”的形成,所产生的微观个体(社会层面和物理空间层面)数据,与“以人为本”的新型城镇化不谋而合。新数据环境下,国内多个城市研究和规划机构开展了诸多定量城市研究工作,已有研究多针对城市系统的现状评价和问题识别,而少有面向未来的研究。新数据环境下开展的诸多研究的成果,需要适时反哺面向未来的规划设计。以往的规划支持系统并没有有效地支持规划设计,为此龙瀛和沈尧在2015年提出了数据增强设计(Data Augmented Design、DAD)这一规划设计新方法论。

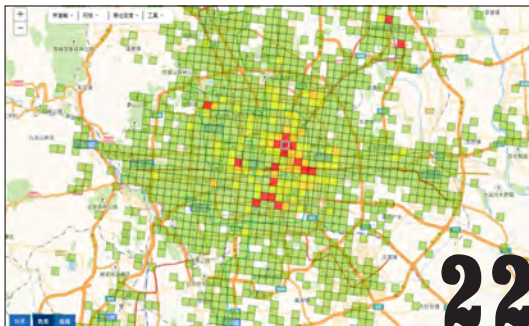
数据增强设计(DAD)是以定量城市分析为驱动的规划设计方法,通过数据分析、建模、预测等手段,为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具,以数据实证提高设计的科学性,并激发规划设计人员的创造力。DAD利用简单直接的方法,充分利用传统数据和新数据,强化规划设计中方案生成或评估的某个环节,易于推广到大量场地,同时兼顾场地的独特性。DAD的定位是现有规划设计体系下的一种新的规划设计方法论,是强调定量分析的启发式作用的一种设计方法,致力于减轻设计师的负担而使其专注于创造本身,同时增强结果的可预测性和可评估性。

2015年12月6日,在北京交通大学举办的第一届中国空间句法学术研讨会中,设立了数据增强设计专场,六位发言人从数据增强设计的理念和未来发展、支持平台、教育以及应用等多个维度进行了深入探讨(详见<http://www.beijingcitylab.com/projects-1/17-data-augmented-design/>)。本专辑在这些发言的基础上,还召集了多篇稿件,经过遴选和评审,共8篇文章纳入本专辑。郑晓伟针对总体规划介绍了数据增强设计的应用思路,段冰若和王鹏等则重点探讨了利用数据增强设计支持存量规划的方法论,而周垠和龙瀛则针对增量型规划数据匮乏的特点,提出了数据增强设计的另一种应用思路,这3篇文章主要侧重规划的编制和评估工作中的数据增强设计应用。李娟和李苗裔等利用百度热力图对中国主要城市的多中心城市结构进行了测度,郝新华和龙瀛等则给出了基于新数据对北京五环内的街道活力进行测度、对影响因素进行识别并提出规划设计启示,这两篇文章主要关注利用数据增强设计的方法论开展定量城市研究。崔璐辰和张纯探讨了信息通讯技术对城市生活特别是居民移动性的改变,姜鹏和倪砦等则对数据增强设计与智慧城市的关系进行了深入分析,这两篇文章主要关注数据增强设计的主体即城市本身。最后一篇但同样重要的文章来自茅明睿和储妍等,给出了数据增强设计的支持平台人迹地图,并给出了具体的数据增强设计手册。

本专辑从多个维度如城市主体、规划设计支持、量化城市研究和数据平台等回应了数据增强设计这一方法论,希望能够引发同行的思考和数据增强设计领域的更多实践。



上海城市规划杂志  
微信公众号



### 数据增强设计

- 1 数据增强设计下的北京行政副中心评估 周 垠 龙 瀛
- 9 见物见人——时空大数据支持下的存量规划方法论 段冰若 王 鹏 郝新华 蔡玉衡 石 淼
- 17 中小城市总体规划中的数据增强设计技术响应初探 郑晓伟
- 22 人迹地图：数据增强设计的支持平台 茅明睿 储 妍 张鹏英 沈 忱
- 30 基于百度热力图的中国多中心城市分析 李 娟 李苗裔 龙 瀛 党安荣
- 37 北京街道活力：测度、影响因素与规划设计启示 郝新华 龙 瀛 石 淼 王 鹏
- 46 信息化对城市空间和传统通勤模型重塑的文献综述 崔璐辰 张 纯
- 52 面向未来的DAD与智慧城市 姜 鹏 倪 砦 郝 望

### 规划实践

- 56 灾后重建村庄规划难点及策略初探——以西藏吉隆县灾后重建村庄规划为例 顾添宇

### 亚洲城市

- 64 日本东京住宅建设发展新特征及评述 唐露园 何 丹

### 规划沙龙

- 70 对话街道系列沙龙之一——“从道路到街道” 本刊编辑部

### 城市研究

- 73 城市遗产及其保护体系研究——关于上海历史文化名城保护规划若干问题的思辨 周 俭
- 81 国际大都市住房发展规划的经验与启示 卢为民 廖志强 张琳薇 李 毅
- 90 从“文化规划”到“有文化的规划”——《用“文化”改变汉密尔顿》规划的解读与启示 施海涛 朱小平 秦 娅
- 96 融绿秀城、引水串城、塑造中央活动区——南通市东部商业金融文化综合区规划实践 张 逸 杨英姿 张敏清
- 102 上海市民游憩需求偏好研究 归云斐
- 109 南阳市城镇化特征与发展战略思考 潘 鑫
- 114 探求历史文化街区市政基础设施规划提升改造之路——以嘉定西大街改造区为例 孟 华
- 118 上海世博会城市最佳实践区闲置天桥的更新初探 薛娱沁

### 交通规划

- 123 开发区转型对通勤距离和职住分离的影响和对策——以上海市金桥出口加工区为例 潘海啸 卞硕尉
- 128 交通区位测度模型研究 许俭俭

### 规划信息

133

#### 本刊启事

1. 作者投稿不得侵犯他人著作权。
2. 本刊所发文章仅代表作者观点。欢迎对本刊所登文章开展学术批评和讨论。
3. 本刊对来稿保留修改权，对所发文章享有中文专有出版权（含数字出版权），请勿一稿多投。如有异议，请事先声明。
4. 本刊文章不得擅自转载。若需转载，必须事先征得本刊编辑部和作者同意。
5. 限于人力和物力，来稿一律不退，敬请作者自留底稿。
6. 读者所订杂志如有装订、印刷质量问题，请与印刷厂联系。



DATA AUGMENT DESIGN

- 1 Assessment of Beijing Sub-center Based on Data Augment Design [ZHOU Yin, LONG Ying](#)
- 9 City Sensing: An Inventory Planning Tool Based on Spatial-temporal Big Data [DUAN Bingruo, WANG Peng, HAO Xinhua, CAI Yuheng, SHI Miao](#)
- 17 An Exploration of Technical Response of Data Augmented Design in Urban Master Planning for Medium and Small Cities [ZHENG Xiaowei](#)
- 22 Human Activity Map: The Platform for Data Augmented Design [MAO Mingrui, CHU Yan, ZHANG Pengying, SHEN Chen](#)
- 30 China Polycentric Cities Based on Baidu Heatmap [Li Juan, Li Miaoyi, LONG Ying, DANG Anrong](#)
- 37 Street Vibrancy of Beijing: Measurement, Impact Factors and Design Implication [HAO Xinhua, LONG Ying, SHI Miao, WANG Peng](#)
- 46 Literature Review on Reshaping Traditional Commuting Model and Urban Space by Information and Communication Technology [CUI Luchen, ZHANG Chun](#)
- 52 The Future-oriented Data Augmented Design and Smart City [JIANG Peng, NI Tong, XI Wang](#)

PLANNING PRACTICE

- 56 Discussion on Difficulties and Coping Strategies of Post-disaster: A Case Study of Post-disaster Reconstruction Village Planning in Tibet Jilong [GU Tianyu](#)

ASIAN CITY STUDY

- 64 Review on New Characteristics of Housing Development in Tokyo [TANG Luyuan, HE Dan](#)

PLANNING SALON

- 70 Salon Series of Dialogue on Street : From Roads to Streets [The Editorial Department](#)

URBAN RESEARCH

- 73 Research on Urban Heritage and its Conservation System: Speculation about the Conservation and Planning Issues of Shanghai as a National Famous Historical and Cultural City [ZHOU Jian](#)
- 81 Experience and Enlightenment from Housing Development Planning of International Metropolis [LU Weimin, LIAO Zhiqiang, ZHANG Linwei, LI Yi](#)
- 90 From Culture Plan to Plan Culturally: Study on the Plan of Transforming Hamilton through Culture [SHI Haitao, ZHU Xiaoping, QIN Ya](#)
- 96 The Planning Practical Case in Nantong Eastern Comprehensive District of Commerce, Finance and Culture [ZHANG Yi, YANG Yingzi, ZHANG Mingqing](#)
- 102 Recreation Demand Preference Research of Citizens in Shanghai [GUI Yunfei](#)
- 109 Urbanization Characteristics and Development Strategy in Nanyang City [PAN Xin](#)
- 114 Explore the Historical and Cultural Blocks of Municipal Infrastructure Planning to Enhance the Transformation: A Case Study of Jiading West Main Street [MENG Hua](#)
- 118 A Preliminary Study on the Renewal of the Idle Overpass in Urban Best Practice Area in Shanghai EXPO [XUE Yuqin](#)

TRANSPORTATION PLANNING

- 123 Impact of Development Zones Transformation on Jobs-Housing Balance and Commuting Distance: A Case Study of Jinqiao EPZ, Shanghai [PAN Haixiao, BIAN Shuowei](#)
- 128 Study of Traffic Location Accessibility Measure Model [XU Jianjian](#)

URBAN PLANNING INFO

133

NOTICE

1. The authors shall not infringe copyright.
2. The articles represent the views of the authors. Comments and academic criticism of any kind are highly appreciated.
3. The editorial department reserves the right of amending the articles and Chinese copyright (including digital copyright). Please do not duplicate submission. If you have any questions, please advance statement.
4. If reprinting is required, agreement from the editorial department and the author is kindly requested.
5. Due to limited human and material resources, contributions will not be sent back.
6. For binding and printing issues, please contact the printing house.



# 数据增强设计下的北京行政副中心评估

## Assessment of Beijing Sub-center Based on Data Augment Design

周 垠 龙 瀛

文章编号1673-8985 (2016) 03-0001-08 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘 要** 通州定位为北京市行政副中心<sup>①</sup>。北京将通州打造成能独立、宜居宜业的新城,以期降低中心城区人口密度,改变北京单中心蔓延的发展模式,优化空间布局,北京行政副中心能否按照预期生长,还需客观分析与科学验证。基于数据增强设计(DAD)的方法,将城市视为生命体,探求“城市生长基因”,对北京未来城市形态和城市活力展开定量分析与预测。首先,以成都市行政中心搬迁为研究案例,分析行政中心迁移之后,成都市南部新区土地城镇化进程、城市活力变化,为北京行政副中心提供借鉴。基于北京城市发展模型(BUDEM),模拟2020年不同发展模式和增长速度的9种情景下的北京城市形态。研究表明:(1)随着城市行政中心的迁移,土地城镇化明显,而充满活力、宜居宜业的新城建设是一个更为漫长的过程;(2)若北京行政副中心持续快速发展,可能突破第一、二绿化隔离带,与北京中心城区连片;(3)若北京行政副中心的影响与现有新城相同,北京依然呈单中心向外蔓延的发展趋势,城市形态与顺势发展并无太多差异。

**Abstract** Tongzhou has been regarded as the sub-center of Beijing for alleviating the population pressure and optimizing the spatial structure of the central city. Whether the planned Tongzhou sub-center can achieve this target deserves more scientific evaluation. This paper will borrow the development experience of Chengdu, which also proposed the sub-center strategy several years ago, for assessing the future of Beijing, using Data Augmented Design approaches. Both urban growth analysis, simulation and urban function, vibrancy evaluation of Chengdu and Beijing have been conducted. Our findings suggest that: (1) it may take a long time for developing a vibrant new city; (2) the first and second green belts of Beijing may be encroached with the connection of the central city and the planned sub-center areas; (3) Beijing will continue to experience urban sprawl surrounding the central city conditioned that the planned sub-center has the same impact on urban growth with that of existing new cities of Beijing.

**关键词** 数据增强设计 | 城市增长 | 城市形态 | 城市活力 | 行政副中心

**Keywords** Data Augmented Design | Urban growth | Urban form | Urban vitality | Sub-center

### 作者简介

周 垠

成都市规划设计研究院

工程师,硕士

龙 瀛 (通讯作者)

清华大学建筑学院

副研究员,博士

清华大学恒隆房地产研究中心数据增强设计研究室

主任

### 0 引言

2015年7月11日闭幕的中共北京市委十一届七次全会表决通过了《中共北京市委北京市人民政府关于贯彻〈京津冀协同发展规划纲要〉的意见》,明确指出,要聚焦通州,加快北京市行政副中心的规划建设<sup>[1]</sup>。同年11月30日据新华网报道,北京行政副中心建设将带动40万人疏散至通州,将对疏散功能起到示范带动作用。行政功能带动人口疏散包含两个方面:一是通过行政办公功能疏散带动其他相关功能向行政副中心疏散;二是带动非首都功能向亦庄、顺义、大兴、昌平等其他新城转移,最终共同实现降低

中心城区人口密度<sup>[2]</sup>。相关部门还披露了更多内容:推动北京市属行政事业单位整体或部分向市行政副中心搬迁,以期逐步带动中心城区人口向通州转移,力争2020年中心城区疏散15%人口,并遏制目前北京摊大饼式的发展模式,将通州打造成能独立、宜居宜业的新城。

受多核心理论影响,多中心发展成为现代国际大都市空间格局演变的主导方向,建设“城市副中心”则成为大都市多中心发展的重要选择<sup>[3]</sup>。北京市将通州定位为行政副中心,旨在城市发展空间的大幅度拓展,缓解中心城区的压力,改变过去单纯依靠大城市中心城区的点状

注释 ①作者写作截止时(2016年4月),通州多以“北京城市副中心”出现在新闻媒体上(但目前笔者还未见正式文件对通州重新定位),意味着通州可能将承担更多的城市功能。

发展格局。北京市行政中心东移至通州,会给北京未来城市形态带来哪些影响,以及通州能否在短时间内形成宜居宜业、功能独立的新城,还需用科学的方法来评估与预测。

国外对城市副中心的研究开始于20世纪70年代,主要集中于城市商务副中心的形成机制及其与核心CBD的功能分工<sup>[4-5]</sup>。从目前国内外城市副中心建设实践来看,也大都偏重于经济上的定位<sup>[6]</sup>。我国对城市副中心的现有研究多集中于对国外案例的总结<sup>[7-9]</sup>,以及对北京、上海等特大城市的案例探索<sup>[3,6,9]</sup>,多偏于理论研究和文字论述,或现状的统计分析,却鲜有对城市副中心未来的预测。

数据是城市研究与规划的重要基础,是分析城市发展现状、问题与特征的基本素材,更是解释城市发展机制、科学规划空间增长的重要依据<sup>[10]</sup>。由大数据和开放数据构成的新数据环境,对城市的物理空间和社会空间进行了更为精细和深入的刻画。但目前基于新数据的分析,多针对城市系统的现状评价和问题识别,却少有面向未来规划和设计的研究与应用。因此,基于城市历年数据的定量分析,并预测其未来,对增强规划设计的科学性具有重要意义。

## 1 研究方法

本研究认为城市具有生命体征,城市生命体是在人类社会的发展过程中一定区域内形成的、以非农业人口为主体的,人口、经济、政治、文化高度聚集的,具有新陈代谢、自适应、应激性、生长发育和遗传变异等典型生命特征的复杂巨系统<sup>[11]</sup>。生命遗传和变异的核心因素是基因。基因的复制和相对稳定性保证了生命的遗传,城市生命体在生长发育的过程中表现出显著的遗传和变异特征。对城市发展历程的研究,探索城市发展的一般规律,可视为城市生长基因破解的过程。

龙瀛和沈尧提出了数据增强设计(Data Augmented Design, DAD)方法论,数据增强设计是以定量城市分析为驱动的规划设计方法,通过精确的数据分析、建模与预测手段,以数据实证提高设计的科学性<sup>[12]</sup>。DAD

的核心与城市生命体基因的遗传特性类似:探索城市的发展基因,并根据基因的遗传特性,通过建模预测未来城市生长,以数据实证提高设计的科学性。行政中心东迁至通州,可基于数据增强设计(DAD)的方法,通过“城市生长基因”,对未来北京城市形态与城市活力展开科学预测。

“城市生长基因”可从城市自身发展历程探索,也可由其他城市的生长基因植入。北京未来城市形态的变化,可基于自身历年城镇用地数据,探索城市生长的驱动因素,并预测未来城市形态。北京行政中心迁移,势必带来中心周边活力的改变,而这种变化,北京自身无可参考。市行政中心的搬迁,在中国并非罕见,被视作完善城市布局、优化产业结构、带动新区发展的有效途径。对于未来的预测,可将中国其他城市作为研究案例,分析行政中心迁移对城市用地扩张及新中心周边活力的影响,破解其生长基因,并以此为基础预测北京行政副中心周边城镇用地扩张速率和城市活力变化情况。

## 2 案例研究

通过案例城市的生长规律,探索其生长基因,并基于数据增强设计(DAD)的方法,将城市生长基因植入北京,预测北京未来城市活力变化。

### 2.1 案例选择

据大公研究院的一项研究,1994年以来,内地已有34个城市搬迁过市府驻地,且超过7成的城市在近10年完成搬迁<sup>[13]</sup>。

本文将已搬迁过市府驻地的城市作为参照物,考察行政中心的搬迁对北京的影响。

案例城市的选取应满足如下条件:

(1) 行政中心的迁移距离不宜过短,搬迁距离短,极易连片发展,且对城市结构调整、空间布局优化影响甚微,因此上海(1.7 km)、南昌(2.8 km)、深圳(4.0 km)等城市皆不在考虑之列。

(2) 迁移时间介于2005年—2010年间为宜,行政中心迁移的影响有时间周期:过短,其影响不明显;过长,则与2020年的北京可比性降

低,且早期中国城市规模较小,迁移距离较短。

综合上述因素,成都作为首选。除满足如上约束条件外,成都和北京还有一些相似之处:(1) 地形相似,北京西面为燕山山脉,东南面为平原;成都西面为龙门山山脉,东南面大部分区域为平原。(2) 区位相似,北京处于“京津冀城市群”,东南面为直辖市天津;成都处于“成渝城市群”,东南方向坐落着直辖市重庆。(3) 迁移特征相似,北京往正东方向迁移29 km,新老行政中心的连线与北京东西发展轴线重合;成都往正南方向迁移9.5 km,新老行政中心的连线与成都南北发展轴线吻合。

## 2.2 案例分析

### 2.2.1 城镇用地扩张

2008年3月,开始陆续有市级政府部门搬入原拟定的新行政中心(在原行政中心的基础上往南迁移8.5 km)。同年5月,汶川地震爆发,随后,成都官方宣布:新行政中心将处置变现,变现所得将用于地震受灾群众安置和灾后重建。2010年11月至12月间,市政府整体南迁,在拟定的行政中心基础上再南移1 km,临近绕城高速(以下简称“四环”)。后续部分市直机关、事业单位,也南迁至新行政中心附近。

从历年Google Earth影像可清晰看出,2008年,成都市南三环以外多为农田,而2015年,发展成连片的城市建设用地(图1)。

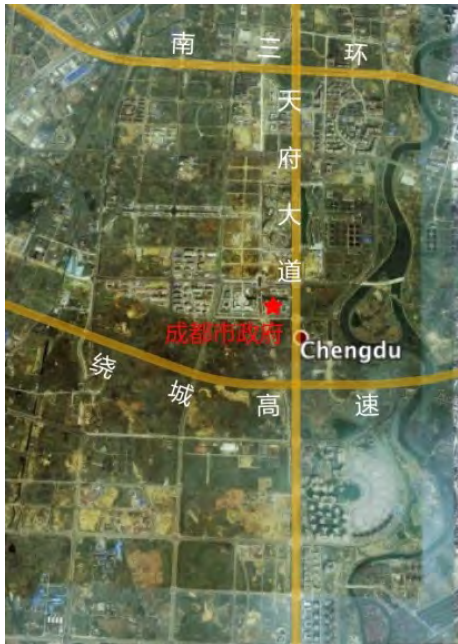
### 2.2.2 城市活力变化

新型城镇化提出以人为本的城镇化<sup>[14]</sup>,充满活力的城市是人性化城市的重要标准,涵盖了安全性、可持续性和健康等至关重要的品质<sup>[15]</sup>。龙瀛等人通过地图POI数据证明,POI密度和POI混合度能促进城市活力<sup>[16]</sup>。

对比分析2011年和2014年成都市地图POI数据,从POI分布的时空演变规律中,可探查出城市活力的变化。

本研究选取和城市发展密切相关的12类POI数据:政府机构、银行/ATM、商业大厦、零售店、宾馆酒店、餐饮娱乐、医院、学校科研院所、公司企业、住宅小区、停车场和综合信息(即和市民生活密切相关却不宜归为以上各类的





a) 2008年



b) 2010年



c) 2015年

图1 Google Earth影像

点位,如干洗店、照相馆等),并将成都细分为 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的网格,分析每个网格内各类POI在2011年—2014年间的数量变化规律(图2)。

地图POI数量变化图谱(2011—2014)、搜房网二手房POI密度图(图3)和大众点评网餐饮POI密度图(图4),都清晰显示出,市政府搬迁之后,成都市总体向南发展明显,相较于规划的北部商贸中心、西部文化中心和东部创业中心,发展更加成熟。其中,政府机构、商业大厦和停车场POI数量向南增加显著,而和生活密切相关的零售店、餐饮娱乐、医院、学校科研、综合信息POI增量集中在老城。配套设施的缺乏,对新区活力有一定影响。

同时,城市的活力还与城市肌理密切相关,经过长期自然发展而形成的城市,更易凝聚活力<sup>[17]</sup>,并且“小街区”规制有利于促进街道活力<sup>[16]</sup>。而新区以车行为主导,步行尺度欠佳,高容积率、大体块的建筑会给人一定的压迫感。与老区更具亲和力的沿街铺面相比,在新区,商业综合体占据显要地位,不利于区域整体活力营造。直至2015年7月,新中心附近人气依然不足,即便白天,这种活力区域也仅集中在成都市的发展轴线上,夜间与老城区差异更加显著,从

图5百度热力图可清晰看到这一现象。

### 2.2.3 经验总结

成都市新区开发和南部地区土地城镇化进程的实际效益显著。影响该进程的因素很多,但不可否认的是,政府行政中心的搬迁对新区开发的贡献是明显的。

该贡献主要体现在政府作用下的行政性办公机构及与之紧密关联的部分市场化办公功能的植入,住宅及相关配套服务设施的完善,该类功能可直接为新城开发注入动力,带来新区空间增长。

其次,也应客观认识到,该类功能的植入并不能使新区形成独立而完整的城市功能体系。医院、学校等配套设施的缺乏,可能是影响成都南部新区功能完善与活力提升的重要因素;由此,从政府而言,在促进行政中心搬迁、拉动新区发展的同时,也需足够重视相应城市公共配套服务设施的建设。

最后,从以上分析可进一步得出,零售、餐饮、娱乐等功能的缺乏可能是导致成都南部新区活力不足的另一重要因素,这类功能通常受市场力的影响,遵循商业发展的客观规律,该类功能集聚依然需要一个相对漫长的时间过程。

成都市并未连片向南开发。从上述Google Earth影像和POI分析图谱中,不难发现成都市绕城高速(简称四环)附近开发薄弱,南四环内部区域和外部区域呈现跳跃式发展。这源于《成都市环城生态区总体规划》和《成都市环城生态区保护条例》。

成都市环城生态区,即沿中心城区绕城高速公路两侧各500 m范围及周边7大楔形地块内的生态用地和建设用地所构成的控制区(图6)。绕城高速公路两侧200 m范围内,主要用于生态建设,除必要的市政基础设施用地以外,不得新增开发建设用地;绕城高速公路两侧200 m至500 m范围内,可利用空间资源,布局市政基础设施用地,允许布局适量现代服务业用地,不得新建住宅建筑。成都市采用“法”“规”合一的方式,对环城生态区进行必要的保护,使环城生态区成为控制市区建设向外无限蔓延的生态屏障。

## 3 城市扩张模拟

北京城市扩张受到多重因素影响,基于北京历年城镇用地数据,可分析过去北京城市形态生长的一般规律,即城市生长基因,根据基因



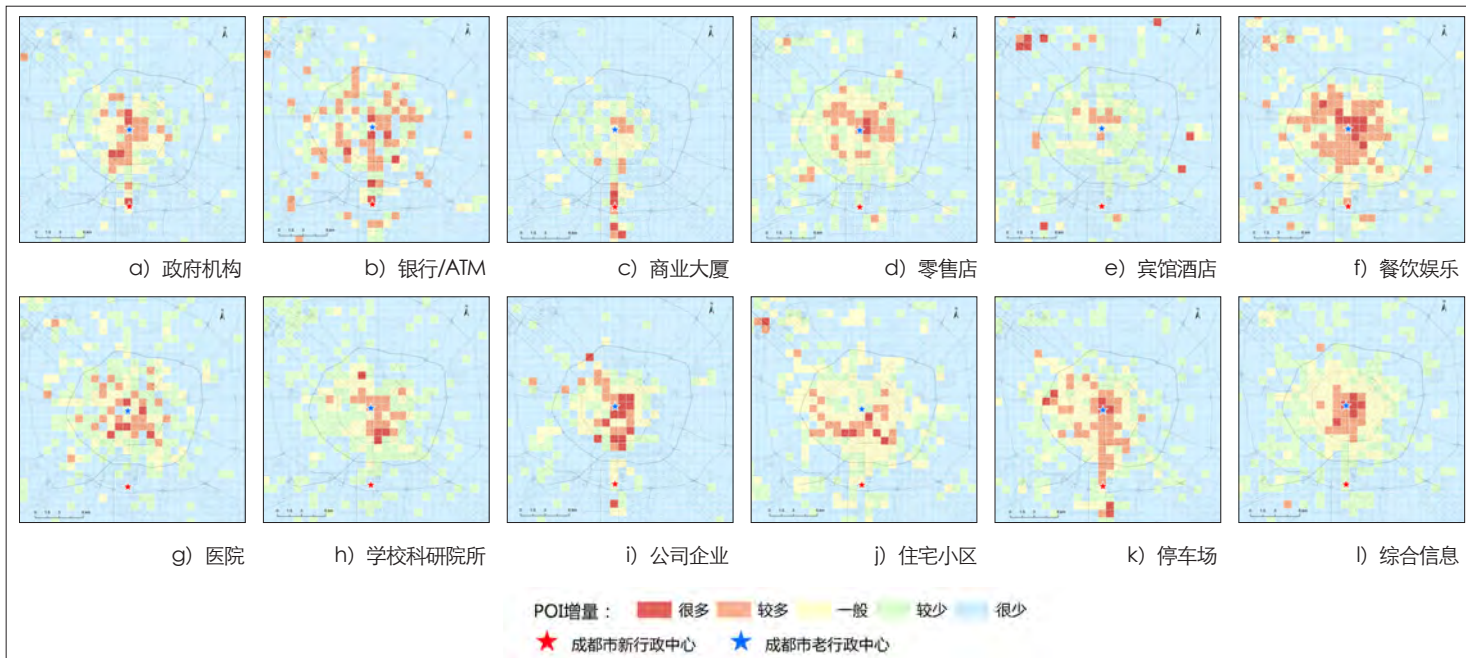


图2 地图POI数量变化分析



图3 二手房POI密度 (2014年)



图4 大众点评餐饮POI密度 (2014年)



a) 上午



b) 夜间

图5 百度热力图 (2015年7月)

的遗传特性,预测未来北京的城市形态。

### 3.1 城市扩张驱动力

厘清城市用地扩展的空间规律与其驱动力的关系,是建立城市扩展模型和城市形态定量预测的基础,也是城市用地扩展研究的核心<sup>[18]</sup>。城市用地的扩张,既有自上而下的政府行为,又有自下而上的基层个体的自发开发。对此,已有大量相关的研究成果<sup>[19-22]</sup>。基于前人研究成果,龙瀛等人将城市用地扩展的驱动因素概括为两大类——外在驱动和内在驱动<sup>[23]</sup>。

外在驱动因素主要包括:政府行为驱动,如户籍制度、土地有偿使用制度、计划经济向市场经济转型、放开二胎等;经济驱动,如国家或区域的宏观经济发展状况、城市经济总量的增速等;规划理念驱动,如区域观、体系观、战略观、生态观、人文观、政策观等理念的变革与更新<sup>[24]</sup>;重大事件驱动,如北京市行政副中心迁移至通州、2008年北京奥运会对城市化进程的推动作用等。

内部驱动因素主要包括:区位因素,如各级行政中心的吸引力、经济中心的吸引、水系的吸引、交通的吸引力等;邻域驱动因素,如周边建设用地的开发强度影响;制度驱动因素,如土地



等级、禁止建设区、规划建设用地等。

### 3.2 约束性元胞自动机

#### 3.2.1 约束性元胞自动机简介

元胞自动机 (Cellular Automata, CA) 是一种时间、空间、状态都离散,空间相互作用和时间因果关系皆局部的网格动力学模型,通过简单的局部转换规则模拟复杂的空间结构<sup>[25]</sup>。其原理适用于具有复杂时空特征的空间系统研究,因而广泛应用于城市空间形态模拟<sup>[26]</sup>。

鉴于城市增长的复杂性(既有自然的约束,又有人类的扰动),需要在仅考虑邻域(Neighborhood)影响的简单CA(Simple CA, Pure CA)模型的基础上,考虑其他影响城市增长的因素,称为约束性元胞自动机(Constraint CA)。约束性元胞自动机用于城市形态的模拟应用较为成熟<sup>[27-33]</sup>。因此,本文基于约束性元胞自动机,采用北京城市发展模型(Beijing Urban Developing Model, BUDEM)对北京行政副中心迁移至通州后的未来北京城市形态展开模拟。

#### 3.2.2 BUDEM模拟原理

城市化过程的外在驱动因素非常复杂,难以用统一的模型进行定量的研究,本文主要从内在驱动因素着手,选择约束条件如下:

(1) 区位约束变量:各级行政中心的吸引力(市中心 $l_{tam}$ 、新城 $l_{cty}$ 、乡镇 $l_{dvn}$ )、河流的吸引力 $l_{rvr}$ 、乡镇边界的吸引力 $l_{bdwn}$ 、道路的吸引力 $l_r$ ;

(2) 邻域约束变量:邻域内的开发强度 $nei$ (即Moor邻域内不包括自身的城市建设用地元胞数与邻域元胞总数的商);

(3) 制度约束变量:土地等级 $g_{agri}$ 、禁止建设区 $g_{conf}$ 、规划建设用地 $pln$ 、农村建设用地区 $s_{rrl}$ 。

约束性CA模型中建设用地元胞发展规则如下:

$$\textcircled{1} s_{ij}^t = w_0 + w_1 \times l_{tamij} + w_2 \times l_{ctyij} + w_3 \times l_{dwnij} + w_4 \times l_{rvrij} + w_5 \times l_{bdwnij} + w_6 \times l_{rij} + w_7 \times g_{confij} + w_8 \times g_{agriij} + w_9 \times plnij + w_{10} \times s_{rrlij} + w_{11} \times nei_{ij}^t$$



图6 成都市环城生态区总体规划图

$$\textcircled{2} p_g^t = \frac{1}{1 + e^{-s_{ij}^t}}$$

$$\textcircled{3} p_{ij}^t = \exp[\alpha \times (\frac{p_g^t}{p_{g,max}^t} - 1) \times RI_{ij}^t],$$

where  $RI_{ij}^t = (\gamma_{ij}^t - 0.5) / k$ .

If  $p_{ij}^t > P_{threshold}$ , then  $V_{ij}^{t+1} = 1$

$s_{ij}^t$ 为土地利用适宜性,  $w$ 为变量系数,  $p_g^t$ 为变换后的全局概率,  $p_{g,max}^t$ 为每次循环中全局概率最大值,  $p_{ij}^t$ 为最终概率,  $P_{threshold}$ 为城市增长的阈值,  $\alpha$ 为扩散系数(1—10),  $RI$ 为随机影响要素,  $\gamma$ 为0—1的随机数,  $k$ 是用来调整 $RI$ 的随机数。

#### 3.2.3 驱动因子影响识别

本文基于2004—2010年北京城市形态的变化(图7),采用logistic回归的方法识别除邻域影响之外各驱动因子的影响大小,邻域影响因子的大小可由MonoLoop的方法识别<sup>[34]</sup>。

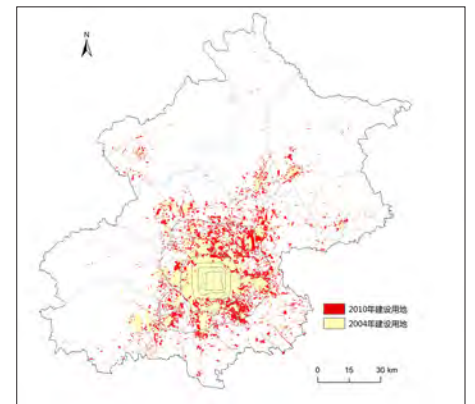


图7 北京城镇建设用地变化(2004—2010年)

2004年至2010年间,北京城市发展驱动因素影响大小如表1。

由表1可知,2004年到2010年间,行政中心的引力对城市扩张影响效果显著,北京呈单中心发展模式。同时,新城、路网、规划建设用地和河流也对城市增长起了较强的正向引导。重点镇的发展略有成效,禁止建设区对城市开发



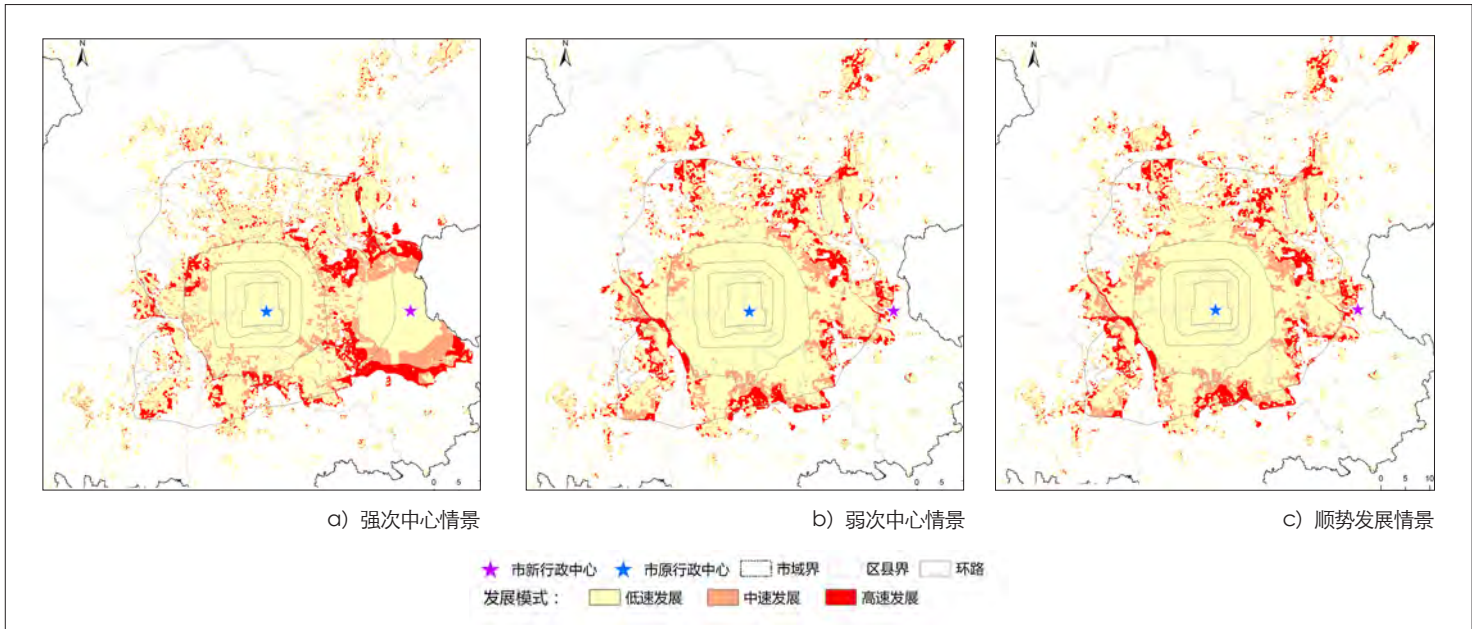


图8 2020年北京城市形态情景分析

表1 驱动因素影响大小（2004—2010年）

宏观约束条件	驱动因素	影响系数
区位因素	行政中心（天安门）	15.878
	新城	2.980
	重点镇	1.044
	河流	1.322
	乡镇边界	0.995
	路网	2.968
制度因素	禁止建设区	0.691
	土地等级	-0.545
	规划建设用地	1.492
	农村建设用地	-0.191
邻域因素	邻域影响	8.000

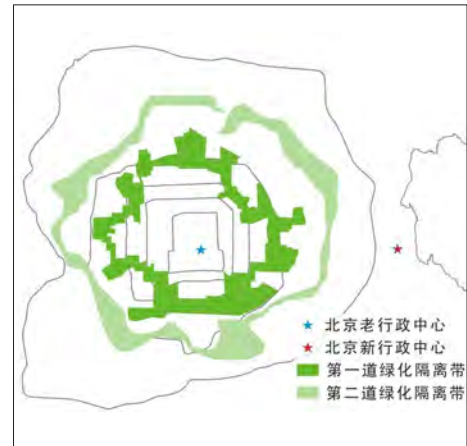


图9 北京市绿色隔离带示意图

有一定的控制作用,但影响甚微。

#### 4 城市形态与活力预测

##### 4.1 城市形态情景模拟

鉴于城市空间发展的不确定性,往往很难对未来的城市形态进行准确的预测,因此情景分析在城市增长模型中的应用较为普遍,一般根据不同的政策参数设置,模拟相应的城市形态,分析不同政策对城市扩张的影响。

本文假设3类情景:强次中心情景(北京市行政副中心的影响与天安门为中心的影响系数相同)、弱次中心情景(北京市行政副中心的影响与新城影响系数相同)、顺势发展(无行政副中心)情景(作对比分析用,不考虑市行政中

心的搬迁),其他因素的影响系数不变。而每类情景有3种发展模式:低速发展(北京市城镇建设用地增加300 km<sup>2</sup>),中速发展(北京市城镇建设用地增加600 km<sup>2</sup>),高速发展(北京市城镇建设用地增加900 km<sup>2</sup>)。运用BUDEM,可模拟出不同情景假设和发展模式下北京2020年的城市形态(图8)。

若采用“弱次中心情景”(行政副中心的影响与新城相同),北京依然呈单中心向外蔓延的趋势发展,和“顺势发展情景”的城市形态几乎一致;若采用“强次中心情景”(行政副中心的影响与天安门为中心的影响系数相同),潞城镇处于北京腹地,无向东发展足够空间,加之北京市中心区域的引力,在政策引导和市场驱动

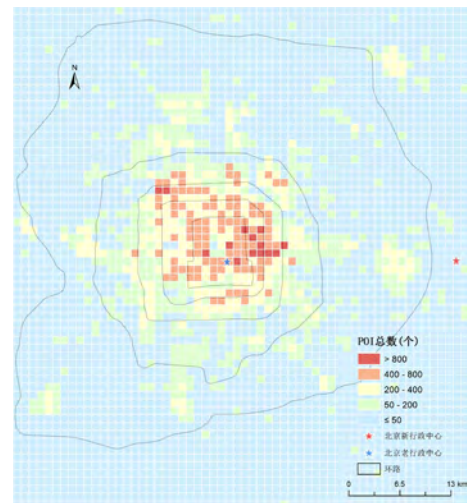


图10 地图POI总密度(2014年)

的双重作用下,若无空间管制,可能和现有的北京市中心连片发展,导致北京市区和通州之间的第一道、第二道绿化隔离区(图9)迅速消失,进一步恶化市区生态环境。

#### 4.2 城市活力预测

地图POI密度与区域活力呈正相关,因此,可通过POI的空间分布规律,推测北京现状城市活力的空间分异格局。

将北京市划分为等大小的格网,统计每个网格内北京市政府机构、银行/ATM、商业大厦、零售店、宾馆酒店、餐饮娱乐、医院、学校科研院所、公司企业、住宅小区、停车场和综合信息的POI总密度,不难发现,通州潞城镇东小营附近城市活力较低,即便是通州县城,依然和北京市四环内的平均水平差异悬殊(图10)。

基于成都的案例研究,可推测市政府搬迁对新区城市活力的影响。北京市行政中心迁移,直接导致行政性办公机构及与之紧密关联的部分市场化办公功能迅速植入,同时也将刺激住宅类地产开发,新区附近土地城镇化效果显著。然而,零售、餐饮、娱乐等功能却受市场影响,遵循商业发展的客观规律,需要相对漫长的发展历程。

### 5 结论与讨论

本文基于数据增强设计(DAD)的方法,尝试探索城市生长基因,并对北京行政副中心迁移至通州对北京城市形态和城市活力的影响展开定量评价。

虽然成都行政中心的搬迁与北京行政副中心的迁移性质和背景不同,且北京是中国的首都,行政级别嵌套,导致北京和中国其他任何一个城市的空间迁徙模式都不会一样,但成都的经验可提供如下思考与借鉴:(1)行政中心迁移会一定程度上加快新中心附近区域土地城镇化的速率,加之政策的引导,行政办公机构及与之紧密关联的部分市场化办公功能的植入,住宅及相关配套服务设施的完善,可直接为新城开发注入动力,带来新区空间增长;(2)医院、学校等公服配套设施的建设应先于迁移步伐,

建设功能完善的城市体系;(3)部分功能受市场的影响,比如餐饮、娱乐、零售的聚集,需要一个相对漫长的过程,因此,打造宜居、宜业、富有活力的行政副中心是一个相对漫长的过程;(4)新区的建设,宜采用“小街区”规制,便于提升街道的步行指数与街道活力,打造充满活力的行政副中心;(5)环城绿化隔离带可考虑使用“法规合一”的方式,加强保护力度。

通过BUDEM模型对不同情景的城市形态模拟,结果表明:若通州副中心的地位过于重要,政策过分倾斜,而绿化隔离带保护力度不够,容易破坏第一、二道绿化隔离带,与北京现有市中心连片发展;若通州副中心的影响与现有新城的影响相同,仍然无法改变目前北京单中心向外蔓延的趋势。

同时,本研究存在如下局限性:(1)北京市行政中心迁移至通州的决策,是在京津冀协同的大背景下制定的,然而本文的城市形态模拟与活力分析仅限于北京市域,后续可将研究范围拓展至京津冀;(2)区位约束变量没考虑经济中心的影响,比如西单、国贸、中关村等经济中心对城市形态拓展影响较大;(3)成都的案例研究可以清晰地论证行政中心迁移与成都南部新区土地城镇化的相关性,以及行政中心迁移后,商业写字楼、住宅等设施的快速开发,却难以证明其必然因果关系。

(本文仅代表个人观点,与所在单位无关。感谢王昀、殷冬明对本文提出的宝贵建议。)

#### 参考文献 References

[1] 新华网.北京通过贯彻《京津冀协同发展规划纲要》的意见[EB/OL].(2015-07-11)[2016-04-12].[http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-07/11/c\\_128010212.htm](http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-07/11/c_128010212.htm).  
Xinhua Net. On Beijing's approving 《Jing-Jin-Ji Coordinated Development Plan (outline)》 [EB/

OL]. (2015-07-11) [2016-04-12].[http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-07/11/c\\_128010212.htm](http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-07/11/c_128010212.htm).  
[2] 新华网.北京行政副中心建设将带动40万人疏散至通州[EB/OL].(2015-11-30)[2016-4-12].[http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-11/30/c\\_128484564.htm](http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-11/30/c_128484564.htm).  
Xinhua Net. About 400 thousand residents will be relocated to Tongzhou with the construction of the sub-center of Beijing[EB/OL]. (2015-11-30) [2016-4-12].[http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-11/30/c\\_128484564.htm](http://news.xinhuanet.com/fortune/2015-11/30/c_128484564.htm).  
[3] 赵弘.论北京城市副中心建设[J].城市问题,2009(5):36-40.  
ZHAO Hong. On the construction of Beijing secondary city center[J]. Urban Problems, 2009 (5): 36-40.  
[4] Brasington D M. A model of urban growth with endogenous suburban production centers[J]. The Annals of Regional Science, 2001, 35(3): 411-430.  
[5] Asato S. Global city formation in a capitalist developmental state: Tokyo and the waterfront sub-centre project[J]. Urban Studies, 2003, 40 (2): 283-308.  
[6] 刘洁,高敏,苏杨.城市副中心的概念、选址和发展模式——以北京为例[J].人口与经济,2015(3):1-12.  
LIU Jie, GAO Min, SU Yang. Concept, location and development mode of sub-CBD: taking Beijing as an example[J]. Population & Economics, 2015 (3): 1-12.  
[7] 张开琳.大城市副中心建设理论与实践[J].城市问题,2005(2):73-76.  
ZHANG Kailin. The theory and practice of sub center construction[J]. Urban Problems, 2005 (2): 73-76.  
[8] 马亚西.东京、巴黎打造城市副中心为北京建设世界城市提供的借鉴[J].北京规划建设,2010(6):46-47.  
MA Xiya. The experience Beijing could learn from Tokyo and Paris sub-center for building world city[J]. Beijing Planning and Building, 2010 (6): 46-47.  
[9] 史卫东,熊竞.城市副中心规划建设的理性思考——以上海市真如副中心为例[J].城市管理,2004(4):46-48.  
SHI Weidong, XIONG Jing. Logical thinking of the planning and construction of city sub-centers[J]. Urban Management, 2004 (4): 46-48.  
[10] 甄峰,王波,秦潇,等.基于大数据的城市研究与规划方法创新[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.  
ZHEN Feng, WANG Bo, QIN Xiao, et al. Urban studies and innovation in urban planning methods based on big data[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.  
[11] 姜仁荣,刘成明.城市生命体的概念和理论研究



- [12] 龙瀛,沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J].上海城市规划, 2015(2): 81-87.
- LONG Ying, SHEN Yao. Data Augmented Design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2): 81-87.
- [13] 肖松鹤. 中国城市行政中心迁移情况报告[EB/OL]. (2015-07-01) [2016-4-12].[http://news.takungpao.com/special/zhengjingzhoubao2015\\_38/?from=groupmessage&isappinstalled=0](http://news.takungpao.com/special/zhengjingzhoubao2015_38/?from=groupmessage&isappinstalled=0).
- XIAO Song he, The report on the new administrative centers of Chinese cities[EB/OL]. (2015-07-01) [2016-4-12].[http://news.takungpao.com/special/zhengjingzhoubao2015\\_38/?from=groupmessage&isappinstalled=0](http://news.takungpao.com/special/zhengjingzhoubao2015_38/?from=groupmessage&isappinstalled=0).
- [14] 中华人民共和国中央人民政府门户网站. 中共中央国务院印发《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》[EB/OL]. [2016-4-12]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content\\_2644805.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2644805.htm).
- The State Council of the People's Republic of China. National New Urbanization Plan (2014-2020)[EB/OL]. [2016-4-12]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content\\_2644805.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2644805.htm).
- [15] Gehl J. Cities for People[M]. Washington D.C.: Island Press, 2010.
- [16] 龙瀛,周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例[J]. 新建筑, 2016(1): 52-57.
- LONG Ying, ZHOU Yin. Quantitative evaluation on street vibrancy and its impact factors: a case study of Chengdu[J]. New Architecture, 2016(1): 52-57.
- [17] 童明.城市肌理如何激发城市活力[J]. 城市规划学刊, 2014(3): 85-96.
- TONG Ming. How urban fabric can help sustain the vitality of cities[J]. Urban Planning Forum, 2014(3):85-96.
- [18] 黄庆旭,何春阳,史培军,等. 城市扩展多尺度驱动机制分析——以北京为例[J]. 经济地理, 2009, 29(5): 714-721.
- HUANG Qingxu, HE Chunyang, SHI Peijun, et al. Understanding multi-scale urban expansion driving forces: a case study of Beijing[J]. Economic Geography, 2009, 29(5): 714-721.
- [19] 史培军,陈晋,潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151-160.
- SHI Peijun, CHEN Jin, PAN Yaozhong. Land use change mechanism in Shenzhen city[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(2): 151-160.
- [20] 何流,崔功豪. 南京城市空间扩展的特征与机制[J]. 城市规划汇刊, 2000(6): 56-60.
- HE Liu, CUI Gonghao. The characteristic and mechanism of urban expansion in Nanjing city[J]. Urban Planning Forum, 2000(6): 56-60.
- [21] 刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 43-50.
- LIU Shenghe. Spatial patterns and dynamic mechanisms of urban land use growth[J]. Progress in Geography, 2002, 21(1): 43-50.
- [22] 何春阳,史培军,陈晋,等. 北京地区城市化过程与机制研究[J]. 地理学报, 2002, 57(3): 363-371.
- HE Chunyang, SHI Peijun, CHEN Jin, et al. Process and mechanism of urbanization in Beijing area[J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(3): 363-371.
- [23] 龙瀛,周垠. “梁陈方案”的反现实模拟[J]. 规划师, 2016, 32(2): 135-139.
- LONG Ying, ZHOU Yin. Evaluating Liang-Chen scenario using counterfactual analysis[J]. Planners, 2016, 32(2): 135-139.
- [24] 崔功豪. 中国城市规划观念六大变革[J]. 上海城市规划, 2008(6): 5-7.
- CUI Gonghao. Six transformations of urban planning perception in China[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2008(6): 5-7.
- [25] 周成虎,孙战利,谢一春. 地理元胞自动机研究[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- ZHOU Chenghu, SUN Zhanli, XIE Yichun. Research of geographic cellular automatic[M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [26] 尹长林,张鸿辉,刘勤志. 城市规划CA模型及其应用[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(3): 71-74.
- YIN Changlin, ZHANG Honghui, LIU Qinzhi. An applied research of urban morphology evolution based on urban planning CA model[J]. Geography and Geo-Information Science, 2008, 24(3): 71-74.
- [27] 黎夏,刘小平,李少英. 智能GIS与空间优化[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- LI Xia, LIU Xiaoping, LI Shaoying. Intelligent geographical information science and space optimization[M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [28] 龙瀛,韩昊英,毛其智. 利用约束性CA制定城市增长边界[J]. 地理学报, 2009, 64(8): 999-1008.
- LONG Ying, HAN Haoying, MAO Qizhi. Establishing urban growth boundaries using constrained CA[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(8): 999-1008.
- [29] 龙瀛,毛其智,沈振江,等. 综合约束CA城市模型: 规划控制约束及城市增长模拟[J]. 城市规划学刊, 2008(6): 83-91.
- LONG Ying, MAO Qizhi, SHEN Zhenjiang, et al. Comprehensive constrained CA urban model: institutional constraints and urban growth simulation[J]. Urban Planning Forum, 2008(6): 83-91.
- [30] 龙瀛,沈振江,毛其智,等. 基于约束性CA方法的北京城市形态情景分析[J]. 地理学报, 2010, 65(6): 643-655.
- LONG Ying, SHEN Zhenjiang, MAO Qizhi, et al. Beijing city form scenario analysis using constrained cellular automata[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(6): 643-655.
- [31] Long Y, Mao Q, Dang A. Beijing urban development model: urban growth analysis and simulation[J]. Tsinghua Science and Technology, 2009, 14(6): 782-794.
- [32] Long Y, Gu Y, Han H. Spatiotemporal heterogeneity of urban planning implementation effectiveness: evidence from five urban master plans of Beijing[J]. Landscape and Urban Planning, 2012(108): 103-111.
- [33] Feng Y, Liu Y, Tong X, et al. Modeling dynamic urban growth using cellular automata and particle swarm optimization rules[J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 102(3): 188-196.
- [34] 刘翠玲,龙瀛,王艳慧. MonoLoop: CA城市模型状态转换规则获取的一种方法[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(4): 122-125.
- LIU Cuiling, LONG Ying, WANG Yanhui. MonoLoop: a new approach to retrieve status transition rule of CA urban model[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2013, 36(4): 122-125.

# 见物见人——时空大数据支持下的存量规划方法论

## City Sensing: An Inventory Planning Tool Based on Spatial-temporal Big Data

段冰若 王 鹏 郝新华 蔡玉衡 石 淼

文章编号1673-8985 (2016) 03-0009-08 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘 要** 相比于传统的增量规划,存量规划中主要在产权本质、时间逻辑和空间处理尺度上有着本质的不同。因此,存量规划对现有用地现状和性质的精准刻画提出了更高的要求。作为当前传统的用地现状分析图在存量规划中存在着地块特征刻画精度有限与用地分类维度过低等不足。对用地类型的混合、同种用地类型的规模、同一地块的时间属性等用地特征,传统的现状分析图也难以进行描述。随着互联网LBS (Location-Based Service) 服务的发展,越来越多LBS时空数据因其巨大的用户基数和完善的时空地理信息,受到规划师的关注。这些新的时空地理数据使得对用地功能和人口活动特征的详细刻画成为可能。使用互联网某LBS平台人口分时活动密度数据,叠加百度POI (Place of Interest),通过非监督分类和非负矩阵分解的方法,分别对北京市六环内的地块尺度、500 m网格尺度和25 m点阵尺度进行用地功能的识别与分类。通过多维度分类结果的叠加,对研究区域的用地功能、人口时空活动特征进行深入刻画,探讨通过大数据进一步辅助存量规划的用地功能研究方法。

**Abstract** Compared to the traditional incremental planning in China, inventory planning is different in the perspective of property, time and space. Thus, a higher demand for the depiction of existing space is needed in the inventory planning process. However, the depiction method used in incremental planning such as land use analysis map cannot fulfill this demand. With the prevalence of internet LBS (Location-Based Service) data, planners see a new opportunity to make a more detailed depiction of the existing space. This paper intends to use an LBS data of population density by hour, together with POI (Place of Interest) from Baidu. With the help of unsupervised learning algorithm, a detailed depiction of land use and population activity pattern will be presented, showing more opportunities for big data analysis in the current urban planning research.

**关键词** 存量规划 | 机器学习 | 用地分类 | LBS数据

**Keywords** Inventory planning | Machine learning | Land use clustering | LBS data

### 作者简介

#### 段冰若

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

规划师,硕士

#### 王 鹏

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

副主任,高级工程师,硕士

#### 郝新华

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

规划师,硕士

#### 蔡玉衡

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

规划师,硕士

#### 石 淼

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

数据分析师,硕士

## 0 引言

### (1) 存量规划转型与挑战

随着城市的不断扩张与发展,城市中,尤其是城市中心区的用地功能混合度随之增高。在传统的用地分类中,城市的用地功能依照居住、商业、公共服务设施等,共分为2大类、9中类、14小类。然而传统的用地分类方式已经难以描述功能日益复杂的城市用地。旧城区自下而上在地块功能上的自然生长,通勤交通方式的变化等,向传统的用地分类提出了诸多挑战。在这一过程中,传统用地难以实现对混合类用地功能的描述、同种用地类型规模的描述,以及对同一地块时间属性的描述。

另一方面,随着越来越多的国内一线城市,由于其自身人口、交通、环境和资源的压力,纷纷开始在其下一阶段的城市规划工作中融入了控制城市规模和外向扩张的内容,存量规划和规划转型逐渐成为了国内城市发展所关注的焦点。2007年深圳市提出将城市总体规划的战略由增量规划转变为存量规划,成为第一个将存量规划作为其规划思想的城市。最新一轮的上海市城市总体规划中,也提出了“严守用地底线,实现建设用地零增长甚至负增长”的目标。类似的,北京市也在新一轮总规中提出“简单规划、瘦身健体”的规划指导思想。相比于传统的增量规划,存量规划对用地现状和性质的精



准刻画提出了更高的要求和挑战。存量规划主要有以下3个不同点。第一,产权本质不同:在存量规划中,涉及的权利关系更加复杂。这对现场及周边环境的深入解读提出了更高的要求。第二,时间逻辑不同:增量规划是预期性的,着眼的是未来的利益分配,可以花费数月时间调研,并可伴随规划实施的过程逐步调整。而存量规划的频次将会显著高于增量规划,需要实时精确地了解现实矛盾,以及对受损方的影响。因此一旦对用地现状理解出现偏差,就可能出现较大的负面影响。第三,空间处理尺度不同:存量规划代表着由大规划到小微规划的转变。由长远的空间构想转变为微处理、微设计、微更新。结构调整更加趋向精细化,在空间结构格局变化不大的情况下,通过用地结构的调整来改善城市的功能结构,为城市提供更好的发展环境<sup>[1]</sup>。由以上3点不同可以得出,当前存量规划的主要任务之一即对用地现状进行快速精准的描述与深入的刻画。

由于传统用地分类描述方法的局限性,互联网大数据成为了另一种解决问题的途径。随着智能终端的大范围普及和互联网LBS (Location-Based Service) 服务的日益完善,越来越多的LBS时空数据因其覆盖用户广、时空信息完善,走进了城市研究者的视野。其分布颗粒度细、覆盖时间广、可按需抓取的特点,使得使用该类分时人口时空地理数据刻画用地功能、反映人口活动特征成为可能。

本文拟使用互联网某LBS平台人口分时活动密度数据,叠加百度POI (Place of Interest) 数据,通过非监督分类和非负矩阵分解的方法,分别对北京市六环内的地块尺度、500 m网格尺度和25 m点阵尺度进行用地功能识别与分类。通过多维度的分类结果叠加,对研究区域的用地功能、人口时空活动特征进行深入刻画,探讨可以进一步辅助存量规划的用地功能研究方法。本章第二部分将对使用分时人口数据进行的研究进行总结回顾。第一章将对研究方法进行具体介绍,包括对数据、方法论和研究尺度进行详细解释。第二章将对研究结果进行分层分析。第三章将对全文进行总结,并对下一步研究

做出展望。

## (2) 研究现状

目前应用较多的用地识别方式是从地理学角度通过卫星遥感测定判定用地性质。Halder等人就通过蚁群算法对卫星照片中的建设用地与非建设用地进行了识别<sup>[2]</sup>。随着识别方法的改进,通过卫星照片也能对生态用地以及工业用地进行较为精准的识别<sup>[3]</sup>。近年来基于地图服务产生的大数据POI (Point of Interests) 也逐渐被应用于用地的识别。王芳等人就通过POI数据对由城市路网划分的功能单位进行识别,通过聚类分析将传统意义上的商业区细化为饮食文化型商业区、专营型商业区等5个功能类型<sup>[4]</sup>。该类数据本身自带的地点用途分类能够辅助分析人员对用地本身功能的多样性及复合性进行精细化的描述。然而不论是卫星遥感还是POI识别都只能测定出城市的物理空间属性,而随着存量规划的兴起,规划师正逐渐关注用地的复合属性。实体尺度的建筑空间的规模、用途、性质以及社会活动尺度上的就业、住房、通勤等都是在进行用地描述时需要关注的重点。在深圳存量规划的城市发展评估指标体系中既加入了传统规划中土地利用、市政、交通、公服设施等指标,又引入了用于描述社会属性的人口、就业、住房等指标。从存量规划的角度来看,用地本身的属性其实是实体物理空间与社会活动空间相互作用的产物。

分时人口数据,一般指带有时间信息的人口统计数据,在与地理坐标结合时能够用于描述用地的社会空间活动。常用的分时人口数据来源有手机信令数据<sup>[5]</sup>,出租车OD数据<sup>[6]</sup>,公交刷卡数据<sup>[7]</sup>,社交媒体签到数据等。相比于规划常用的统计公报、普查或年鉴数据,分时数据的统计口径能够通过数据处理细化到城市地块的规模或者汇总为一个单一的城市指标。由于分时数据多为实时采集的数据,所以也具备了实时进行地块属性评判的潜在能力。袁炜毅等人就利用手机信令数据对上海市张江高科技园区及莘庄工业区的职住分布进行了研究<sup>[8]</sup>。虽然两用地周边都有居住用地的布局配置,但是通过手机信令数据生成出行链并对用户OD点的识

别能够判断出张江高科技园区的职住比略低于莘庄工业区的职住比,显示高科技园区周边的居住用地从社会属性上并未较好地为园区职工提供住房。

本研究中采用的分时人口数据相较于目前使用的手机信令、社交媒体数据、出租车、公交刷卡数据而言的优势在于直接同需要分析的地块人口密度变化挂钩。不需要通过繁琐的处理,通过生成轨迹链等方式进行二次统计。这保证了数据在未来用于实时评估用地状况的运算中能够大幅缩减运算时间。在数据精度方面,手机信令对基站的依赖程度巨大,平均精度在500 m×500 m左右。出租车、公交刷卡等数据更是受到了道路尺度的大幅限制。而主要依靠GPS提供定位的分时人口密度数据能够提供精度达到25 m×25 m网格的细度数据,基本达到了建筑的分析尺度。此外该数据本身的获取门槛较低,通过互联网抓取技术就能持续获取数据。综上可知,新的数据环境和分析方法降低了数据获取的难度和数据分析的技术门槛,因此,如何对当前环境下的数据加以运用,使规划制订与实施更能满足城市运行的需要及市民生活的需求,则需要规划师在提高自身数据研究技术的同时,对当前的数据环境进行进一步的思考。当前研究中,龙瀛等已对数据在规划应用中的角色进行了系统的思考与梳理,提出了数据增强设计的概念。本文将从数据增强设计的概念出发,对人口密度数据进行深入挖掘,辅助存量规划的进行<sup>[9]</sup>。

## 1 研究方法

### 1.1 研究对象及研究数据

本次研究范围为北京六环内区域。所采用的主数据源为互联网某LBS产品的分时人口活动热度数据。该数据的主要来源是该互联网产品的桌面端和移动端APP的用户使用过程中产生的过程数据。该服务通过采集桌面端的IP地址和移动端用户主动产生的定位信息,计算每一位置每个时刻的人口统计。原始的数据包含3个字段,分别为数据采集点的坐标、日期和该小时的人口密度。其中,人口密度值已经过服务

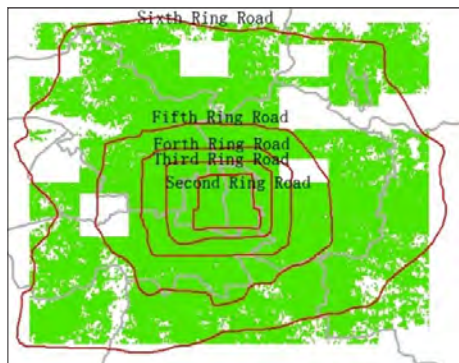


图1 原始数据点范围

后台预处理,与实际人口数量存在正相关的转换关系。数据采集点的网格密度为25 m,点呈均匀点阵分布。目前笔者通过网络爬虫,采集了2015年7月30日至8月2日北京六环以内的数据,数据量在每小时230万个点左右(图1)。因抓取频次的限制,个别郊区区块存在数据缺失,但是并不影响对功能复杂的城市中心城区的分析。

为保证该分时人口数据能够较好地对不同功能的城市功能,尤其是混合功能进行深度解读,在正式研究前,笔者对几处熟知的特征地块进行了预试研究。首先,笔者对同一主导功能的不同地块的人口活动进行了横向对比。笔者分别选择了3种用地功能与人口活动特征截然不同的地块,通过将地块内的点数据匹配到地块中,计算出每个地块的分时人口热度曲线。其中S代表周末,W代表工作日,后面的数字代表整点时间。

这三个地块分别为市级活动中心西单大悦城、市级商业办公中心金融街和市级绿地奥林匹克森林公园(图2)。其中,西单大悦城的人口活动热度在工作日和周末都较高,且一般于下午14至16点左右达到高峰。金融街则呈现出明显的办公特征,即工作日的人口活动热度显著高于休息日。而奥林匹克森林公园则相反,在周末吸引着更多的人前来活动。

通过观察尺度较大、地块特征较为明显的若干地块后可以看出该分时人口密度在地块上所表达的特征与趋势已经能够满足用于机器学习的识别需求。为了进一步对数据质量与其所能反映的特征进行评估,笔者选取了一栋建筑

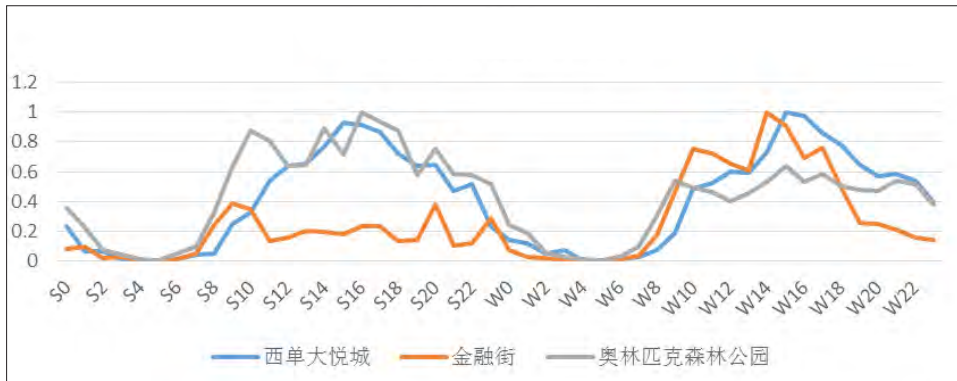


图2 3种特征地块对比

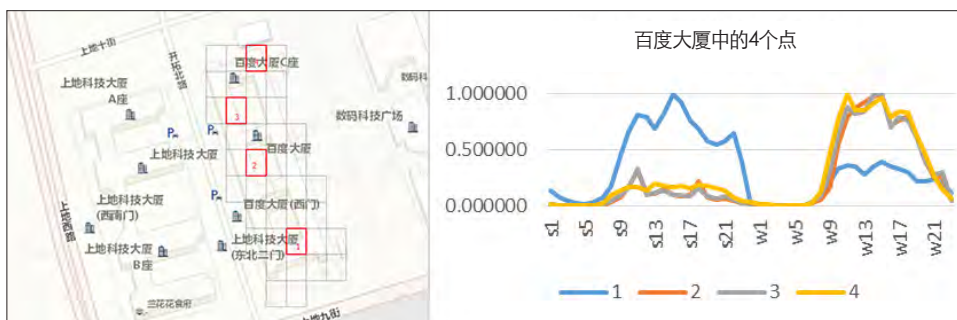


图3 建筑内数据点对比

uid	name	lat	lng	type	overall_rating
b704d3ff902b2c9f42d63e54	北京高恩世上医疗美容门诊部	39.957974	116.479944	医院	4
cdc4d153483faeb7a8f72930	北京张海明整形美容门诊部	39.913978	116.211622	医院	5
313055d7c2b2d5bad7851f52	#NAME?	39.8839	116.492433	购物	NULL
bfb2e812100158b72dffa711	(宾馆服务区)商品部	39.635019	116.087877	购物	2
a815a21b48973338a21de95c	(宾馆服务区)易捷便利店	39.634296	116.086247	购物	2.1
400599bfd68778c4ad31e53d	(服务区)便利店	39.893325	116.280923	超市	3.2
adb3d9826c778dd495ca0788	(服务区)昆仑好客	39.862352	116.469915	购物	1.4
923ff0049f27baed92f280c	(韩式)来一杯台球厅	40.005859	116.358237	体育	3.7
8cf7be565bb3a8deda2f28bc	(马驹桥服务区)超市	39.767234	116.569818	超市	2
3bafc3acba0bda03931fc99c	(马驹桥服务区)商店	39.766325	116.568006	超市	2
7010dd1c33ca5c8dae04577d	(原叶旺)震博阀门	39.890938	116.279417	购物	NULL
a15edc0e96c7754f9d9d6806	:15MINS	39.796164	116.331704	购物	NULL
4db38af9daadacbf6a49f3b0	IUSICOLOR	39.901117	116.467567	购物	1.8

图4 POI数据样例

中点层面的数据进行对比(图3)。所选择的是办公建筑“百度大厦”。在研究中对大厦中不同区域的分时人口活动变化规律进行对比。从图3可以看出,在百度大厦中,除1号点外,其余3点有着相似的曲线特征,即典型的办公活动特征。由此可知,在同一建筑中的不同区域,因其空间使用功能的不同,所反映出的人口活动变化规律也大相径庭。因此这些数据所反映的用地功能特征及精细程度,是传统用地分析方法无法比拟的。

另外,为了更好地配合分时人口数据,对

用地功能进行深度解读,笔者使用了百度POI作为辅助数据源。通过百度地图提供的API(Application Programming Interface,应用程序编程接口),笔者采集了2015年初北京市域范围内的5大类、20小类约20万个POI,涵盖居住、商业、娱乐、公共服务设施、交通、绿地等内容。每个POI点包括唯一编号、POI名称、坐标、一级分类、二级分类、用户评价等字段(图4)。

### 1.2 3层研究空间尺度匹配体系

观察数据特征可知,在不同空间尺度中,分



时人口数据所反映出的用地特征也有不同的侧重。在传统的地块尺度中,数据能够较好地体现出该地的人口活动规律,但是面对地块内部的大型建筑,尤其是重要建筑节点时,地块尺度则显示了其自身分析尺度过大的缺陷。这时,更为精细的点阵尺度数据则可以对地块内部的混合功能进行全方位的立体描述。与此同时,在郊区存在许多自身面积较大的地块,此时再使用地块尺度进行分析,则会因其包含太多数据而使分析结果过于笼统,难以满足精细刻画的需求。因此,将较大的地块划分为若干空间尺度较小的研究单元,可以对这些大尺度的地块进行进一步的精细刻画。

结合以上空间研究单元需求,笔者将整个研究单元分为3层空间尺度,分别进行数据匹配。3层空间尺度体系分别为原始地块尺度(由路网分割)、500×500 m网格尺度,及25×25 m原始数据点阵尺度(图5)。其中,原始地块尺度对于多数空间单元能够做到较好的描述,但是对于极大的郊区地块和极小的内城地块,其描述结果并不能很好地体现该空间所在的本身特征。因此,我们使用均分500 m网格,对地块尺度的描述进行补充说明。在点阵尺度,研究结果则会更多地倾向于对建筑尺度的对比,包括建筑内部的时空特征,以及建筑与地块的时空关联等。通过3层空间尺度体系的分类与描述,笔者对同一研究对象进行基于地块、网格和内部点的多维立体描述,为存量规划所需的深度精细刻画提供理论支持。

### 1.3 非监督分类与矩阵分解在研究中的使用

由观察数据可知,分时人口密度数据作为曲线类数据,其自身特点非常适合使用机器学习的方法进行非监督分类。笔者将数据整理为休息日的24小时分时人口数据与工作日的24小时分时人口数据,共48个时刻,结合20种不同类型POI的数量,对3层空间尺度的研究单元进行k-means聚类分析(图6)。

为了能够确定k-means中k的取值,笔者在每组数据进行k-means分类之前均进行了silhouette检验,寻找每组合适的k值,保证在分

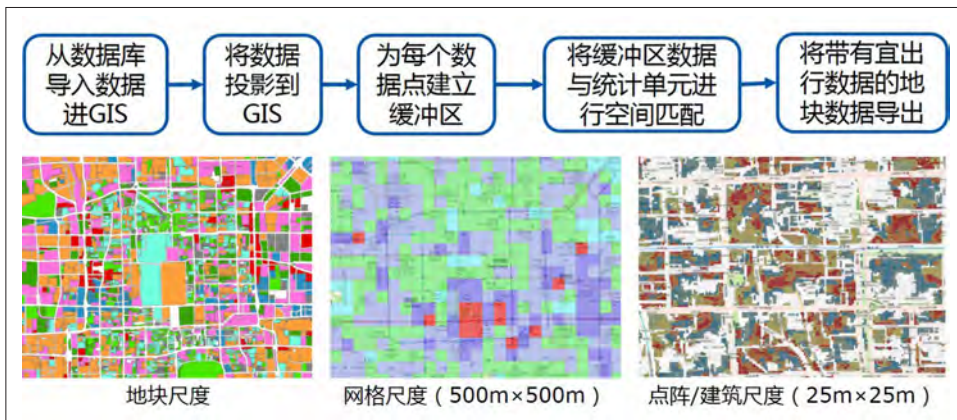


图5 空间匹配流程与结果

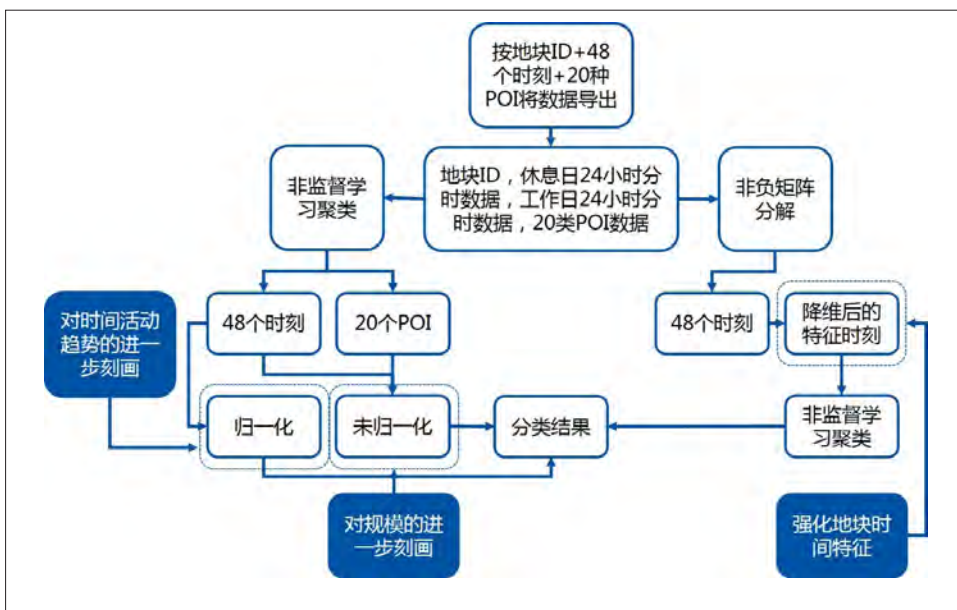


图6 机器学习流程

类过程中,既不会出现因为k值过小而忽略某些特征,也不会出现因为k值过大使得多组分类结果高度重合的情况。

在使用k-means进行聚类时,为了分别对时间活动的趋势规律和地块人口活动规模进行进一步区分,笔者分别使用了归一化的48个时刻数据和未归一化的数据进行非监督学习,使分类结果更加详细。在进行48个时刻的非监督分类同时,笔者也尝试了使用非负矩阵分解(NMF)的方法,将每个研究单元48个时刻中的特征提取出来,在放大特征的基础上进行非监督分类。

## 2 研究结果

### 2.1 地块尺度研究结果

考虑到48个变量仍是一个很高的维度,而k-means聚类对高维度的聚类仍力度不足,为进一步降低数据的维度,本部分采用了非负矩阵分解(NMF)的方法,以归一化之后的48个变量作为输入,最终将变量降为4维,然后以降维之后的5个变量作为k-means聚类的输入,经过实验证明,降维之后再聚类的方法比直接聚类的方法所得精度更好。因此,地块尺度的分类方法是,采用非负矩阵分解(NMF)的方法先对归一化后的48个变量进行降维(降成5维),然

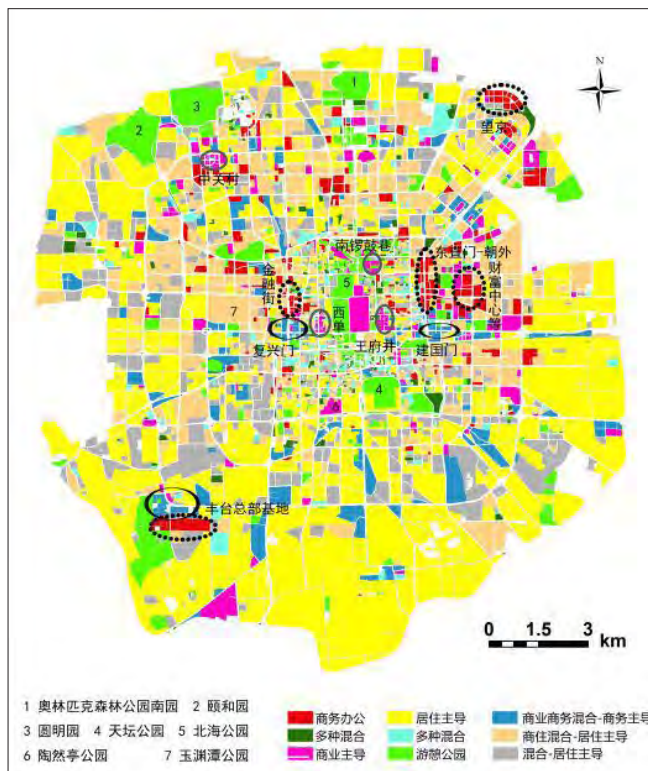


图7 地块尺度分类结果

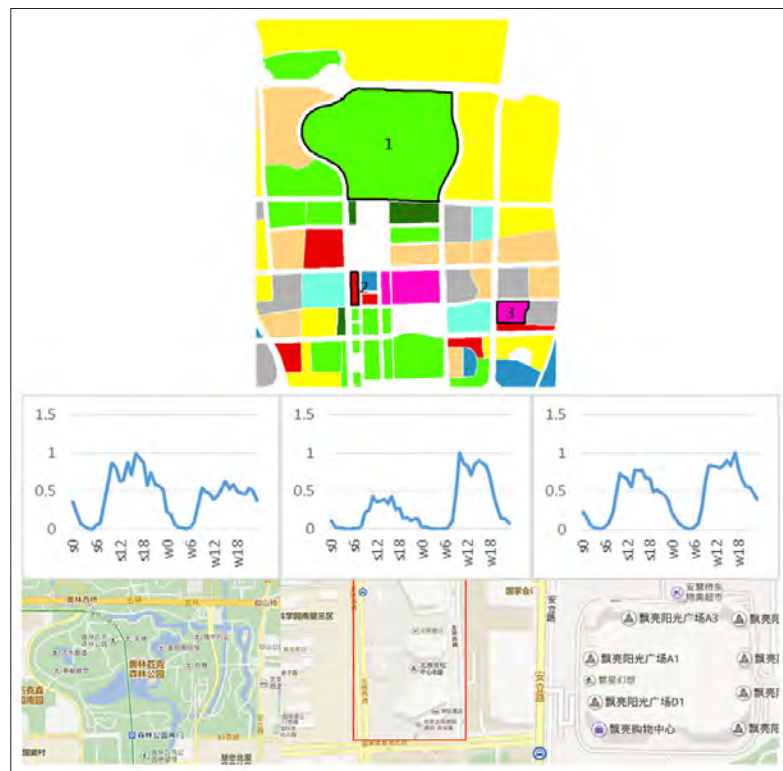


图8 奥林匹克森林公园区域地块识别功能、对应曲线、实际功能

后采用k-means聚类的方法对降维之后的5个变量进行聚类。多次试验,进行silhouette检验,发现当分类类别数为9时, silhouette检验的得分最高,意味着k=9时,分类精度最高,因此,选择k=9类作为最终的分类结果。

图7展示了地块尺度分类的结果,地块的类别根据各类别的曲线特征确定,同时抽样选取已知功能的典型地块。从地块尺度分类结果图可以看出,该方法对商务办公、商业商务混合、商业识别度最高。能够很好地识别出这三类对应的典型区域,如东二环的东直门—朝外一带,财富中心,望京的商务楼集中区,丰台总部基地,金融街及中关村办公楼集中区等商务办公区;南锣鼓巷,王府井,西单,中关村购物中心等典型商业主导区域;复兴门、建国门等商业商务混合区。此外,对游憩—公园、居住主导、商住混合—居住为主等功能的地块也有较好的识别度。例如,奥林匹克森林公园、颐和园、圆明园、天坛公园、北海公园等公园均能分到一类(公园游憩类),但同时陶然亭公园、玉渊潭公园等

则没有能够正确识别。居住主导类和商住混合—居住为主类别在空间分布上的明显区别是居住主导类更具外围性,且分布更多在南边,而商住混合—居住为主类则更多分布在北边,这与北京北部较南部发达的特征一致。而混合—居住主导,及其他两类混合类则无法准确判断类别,而实际上,这三类在五环内的地块中所占比例非常小,可以说,总体上,本部分基于地块尺度的地块分类方法具有较高的精度。

除对典型的功能区能有较高的识别度之外,该分类对非典型功能区中精细地块也能有较好的识别。以奥林匹克森林公园所在区域为例(图8),这块区域包括了居住、商业、办公、游憩公园等多种类型,随机抽取几个地块,观察所识别的精度,结果如图8所示。图中,地块1经过机器学习识别出来的结果是游憩公园类型,其所表现的曲线特征为周末人多、平时人少、高峰在下午14—17点的特征,与人们游憩娱乐的行为习惯一致,进一步对比百度地图的结果,发现该地块为奥林匹克森林公园南园所在地,为绿

地类型用地;地块2经过机器学习识别出来的结果是商务主导的用地,曲线特征为明显的周末几乎无人、平时人多、10—18点长高峰的特征,与人们工作的行为习惯一致,而在百度地图中显示该地块为京东总部未搬迁之前的办公所在地,为商务办公用地类型;地块3识别的结果是商业主导的用地类型,曲线表现为周末、平时略突出的双高峰的特征,由于该购物中心为片区级购物中心,主要服务周边居住、办公的人群,因此商业特征相较商业中心不太明显,但仍表现为商业主导的特征,而百度地图上显示该地块为漂亮阳光广场,为商业服务业用地类型,曲线、以及地图上的实景展示均验证了本部分所用分类方法在精细地块尺度上具有较高的识别度。

虽然在典型功能及精细地块尺度上都能有较好的分类结果,但仍存在部分识别效果的比例,如前文所述陶然亭公园、玉渊潭公园等无法与其他公园分为一类,故宫、景山公园等被分成了商业主导类型等,这些均属于不恰当类别



划分。说明单一从人类活动的特征推测用地功能在功能更加混合的用地地上区分度不够，且小地块的人类活动数量会对异常事件有敏感的反应，导致分类结果的误差，后续还得结合POI数据和人类活动的数据，共同判断地块的用地功能。值得一提的是，本部分所谈商业主导、居住主导、商务主导等各地功能，均是指承载更多人类活动的功能，而不单纯是从地块中的占地面积来判断。要掌握用地的运行状况，人的活动实际是一个更合理的角度。此外，地块的数据去除了道路、广场，而这两者本身也承载人类重要活动，是一类重要的用地类型，而基于地块的用地功能无法进行识别，也是遗憾之一。

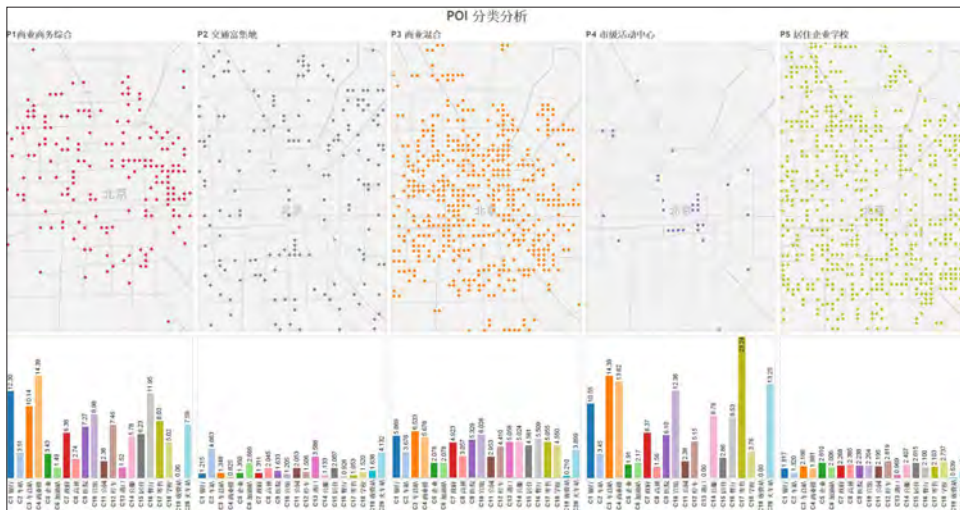


图9 POI分类内结果分析

## 2.2 网格尺度研究结果

为了更好地体现500 m网格的特点，弥补郊区大地块中分类精度的不足，网格尺度分别对POI数据、归一化后的48个小时的分时人口曲线数据和原始曲线数据进行了空间匹配。通过POI的分类结果辅助判断用地的主导功能。归一化曲线的分类结果对时间活动特征进行强化描述。原始曲线分类结果则侧重描述各网格内的人口活动规模。通过3类数据分类结果的叠加，可以对单一网格进行更为立体的解读。

在使用k-means进行分类前，通过Silhouette检验，得知3组数据潜在的理想k值，即分组组数均为5组。在非监督分类后，通过观察每组数据的不同分组的统计学特征，研究可以结合网格对应的实际地块对分组结果进行合理解释。

在POI分组中（图9），分组依据主要为不同种类POI的比重。5类分组结果分别为商业商务综合地块、交通服务富集地块、商业混合地块、市级活动中心，及居住企业学校地块。从分组结果可以得知，POI的分组结果更偏重对商业的描述，而对居住及公共服务功能的描述则略有不足。而这也是由POI自身为商业导航的性质所决定的。因此，使用时分人口数据分类结果进行叠加在这里显得更有必要。

在未归一化的原始曲线的分类结果中，分类依据主要是人口活动规模。人口活动规模由



图10 分时人口密度分类结果

低到高共分为5类。对于归一化的曲线，其分类结果主要体现了地块的职住特性与工作日和休息日的特征差异。分类结果的职住性质分别从纯工作场所类到职住平衡类再到居住娱乐类共分5类。而在此分类方法中无法完好区分的居住和娱乐则可由POI的分类结果进行很好的弥补（图10）。

通过将3种分类方法的分类结果进行叠加，排除不存在及特征重复的组合，共得到11类用地功能分类。通过与已知特征的地块进行比对，可以发现该用地功能分类的结果能够较好地与研究范围内的500 m网格进行功能区分，并且区分结果可以进行较好的解释。以笔者较为熟悉的五道口地区为例（图11），在该区域内，用地功能混合度较高、类型较为多样化。既有以商业办公为主的华联，以教学为主的各大高校，也有

类似华清嘉园这类混合度较高、功能较为多样化的住宅区。从分类结果上，笔者发现该尺度分类方法对学校的识别效果较好，区域内的北大、清华、北语等学校均可以被较好地识别。华清嘉园等小区则被识别为商务中心类型，与其小区内数量众多的小公司及周边繁华的餐饮零售业的现状相契合。各研究院所及清华科技园所在地块在该分类方法中也可以被较好地识别出来，呈现出与学校和零售商业截然不同的分类结果。

## 2.3 点阵尺度研究结果

点阵尺度的研究目的是为了通过将原始点阵数据的48小时分时曲线数据进行聚类分析，对地块内部的人口活动热点及特征进行精细区分与刻画，对地块内部的地块性质主导因素进



行识别,发现地块热点。

在Silhouette检验后, k-means分类中的k取值确定为15。不同于地块尺度与网格尺度,点阵尺度的分类结果所主要表达的是根据曲线的特征及规模反映出地块中建筑的外轮廓和建筑中的不同功能。以西二旗为例(图12),点阵尺度的分类结果很好地体现了西二旗地铁站及百度大厦区域的高人口活动热度。高人口活动热度的点均落入建筑内部,25 m的点阵精度也保证了其可以对建筑外轮廓进行较好的勾勒与反映。与此同时,也可以通过对比分类结果的方法,对不同建筑的人口规模及活动特征进行区分。

另一方面,通过对分时人口数进行叠加,可以在点阵尺度对以人口密度为基础的三维空间进行进一步刻画与可视化表达(图13)。由此图可以判断,百度大厦是该地区人口活动的绝对热点,其规模甚至远大于西二旗地铁站。同时,百度大厦北侧的联想研究院则是该地块另一人口活动热度较高的区域。

### 3 总结

分时人口密度数据为城市定量研究数据源选择提供了全新的视角。其自身特征决定了在刻画城市用地功能上,有着其他数据无法取代的优势。同时,在结合POI等其他辅助数据源配合时,分时人口密度数据可以对城市中的混合功能进行较好的辨认与区分,帮助研究者与规划人员发现传统研究方法所无法发现的城市特征。在3层空间尺度下,该数据也能够对不同尺度的城市功能特征进行诠释,对同一研究对象进行多维立体描述,保证分类结果的精准和有效性。

总体而言,分时人口密度数据解决了在规模、规律和功能3个方面的认知过程中产生的问题。首先,在规模识别上,该数据可以对分时人口规模进行深度刻画,达到对同种功能不同级别的识别,解决传统分析方法中对不同规模的居住区、商业区分类过程中遇到的困难。第二,在活动规律识别上,分时人口密度打破了传统分析方法中单一结果、缺乏时间维度的构造,对

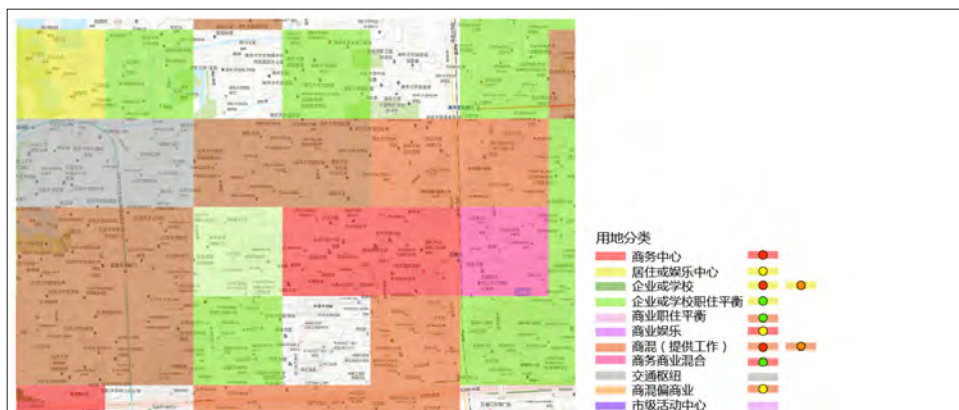


图11 叠加结果分析

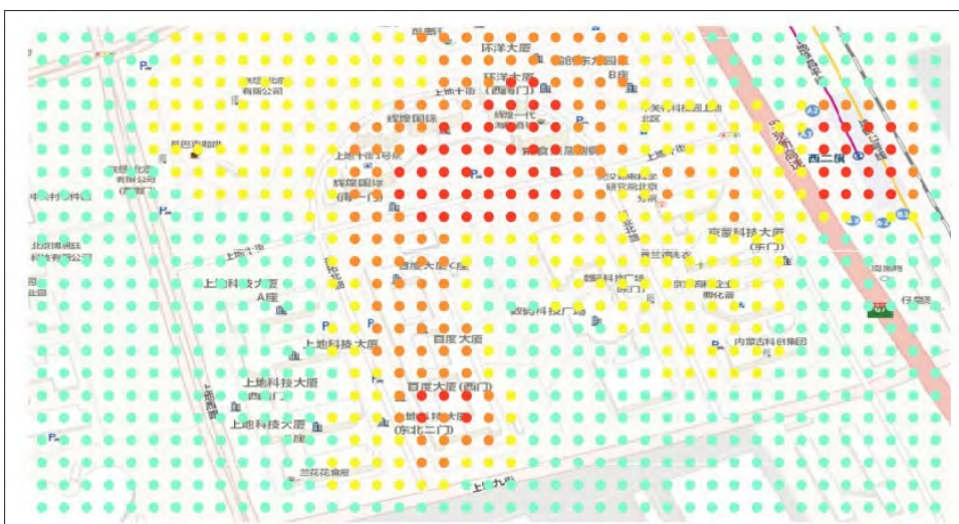


图12 点阵分类结果局部

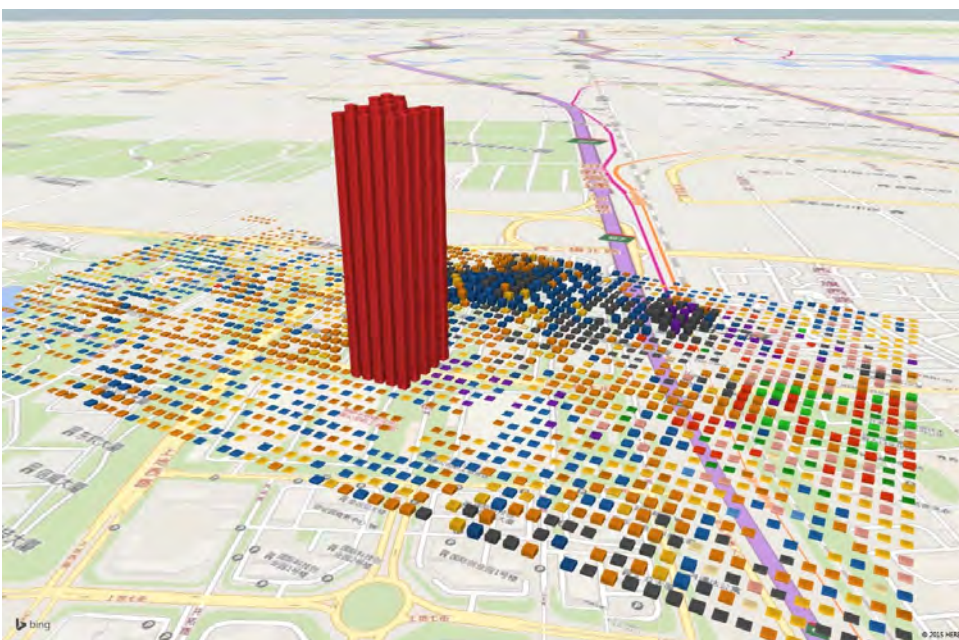


图13 点阵分类三维刻画



同一地块不同时间段的特征进行了有效的反映,对地块人口活动规律的单日内变化、工作日与周末的差异进行了突出表达。第三,在城市功能认知上,结合POI的约束,分时人口数据可以发现传统用地分类中无法刻画的隐藏属性,如小区里的公司。

但是在城市定量研究中,分时人口密度也有着其自身的不足与局限性。该数据最大的局限性在于,由于数据是经过点阵进行采集的,点阵的数据中并不包括单一用户的行为信息。这也意味着,对于用户的时空轨迹,使用此种数据无法进行分析。在大规模迁徙和行为路线选择研究方面,该数据无法提供有效支持与帮助。

本研究通过使用非监督分类的方法对城市用地进行人口活动特征与功能上的重新划分,其主要贡献包括3点。第一,为建成环境使用后评价提供了新的途径与思路,超越传统评估方法中访谈、问卷的小样本与局限性,为调研提供更为多元化的视角。第二,为研究城市功能历史转变提供了可能。传统调研方法对于历史数据的获取和反馈能力相对有限。而本方法可以通过个性化抓取,选择需要的时间与地理范围,对研究对象进行分类描述与刻画。第三,研究尺度更为精细,在小微尺度上的数据分析为更多的小尺度空间研究提供了可能,也满足了存量规划的自身需求。在人流拥堵点识别、建筑与地块的微观联系上,都有着可供挖掘的潜力。

通过此次研究,笔者了解到该数据与方法在存量规划中的应用潜力。在下一研究阶段中,通过完善该方法,可以对更为宏观和热点的规划问题进行挖掘与分析。例如研发可供非首都核心功能疏解评估的人口规模监测模式、京津冀协同发展中重点对接单位和区块的用地人口特征变化分析等。课题组也将对分析方法进行进一步完善,通过该方法对城市的运行状况进行常态化监测,在发现规划问题的同时,对规划进行精确辅助。

## 参考文献 References

- [1] 邹兵. 增量规划, 存量规划与政策规划[J]. 城市规划, 2013 (2): 35-37.  
ZOU Bing. Increment planning, inventory planning and policy planning[J]. Urban Planning, 2013(2): 35-37.
- [2] Halder A, Ghosh A, Ghosh S. Supervised and unsupervised land-use map generation from remotely sensed images using ant based systems[J]. Applied Soft Computing Journal, 2011, 11(8): 5770-5781.
- [3] 梁松. 城市规划动态监管卫星遥感关键技术研究[D]. 北京: 中国矿业大学博士学位论文, 2010.  
LIANG Song. Study on the key technology of satellite remote sensing for urban planning dynamic supervising[D]. Beijing: The Dissertation for Doctoral Degree of China University of Mining and Technology, 2010.
- [4] 王芳, 高晓路, 许泽宁. 基于街区尺度的城市商业区识别与分类及其空间分布格局——以北京为例[J]. 地理研究, 2015, 34 (6): 1125-1134.  
WANG Fang, GAO Xiaolu, XU Zening. Identification and classification of urban commercial districts at Block Scale[J]. Geographical Research, 2015, 34(6): 1125-1134.
- [5] 王德, 王灿, 谢栋灿, 等. 基于手机信令数据的上海市不同等级商业中心商圈的比较——以南京东路、五角场、鞍山路为例[J]. 城市规划学刊, 2015 (3): 50-60.  
WANG De, WANG Can, XIE Dongcan, et al. Comparison of retail trade areas of retail centers with different hierarchical levels: a case study of East Nanjing Road, Wujiaochang, Anshan Road in Shanghai[J]. Urban Planning Forum, 2015(3): 50-60.
- [6] 张晓亮, 陈智宏, 刘冬梅, 等. 一种基于多源数据的出租车分布预测方法研究[J]. 道路交通与安全, 2015 (1): 47-51.  
ZHANG Xiaoliang, CHEN Zhihong, LIU Dongmei, et al. A taxi travel forecasting method based on multi-source data[J]. Road Traffic and Safety, 2015(1): 47-51.
- [7] 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67 (10): 1339-1352.  
LONG Ying, ZHANG Yu, CUI Chengyin. Identifying commuting pattern of Beijing using bus smart card data[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(10): 1339-1352.
- [8] 裴炜毅, 刘杰. 手机大数据视角下的工业区职住平衡分析方法[C]//中国城市规划年会论文集: 城市规划新技术应用. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.  
QIU Weiyi, LIU Jie. Industrial job-housing balance in the perspective of mobile phone big data[C]// China Annual Urban Planning Forum Proceedings.

Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.

- [9] 龙瀛, 沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J]. 上海城市规划, 2015 (2): 81-87.  
LONG Ying, SHEN Yao. Data augmented design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2): 81-87.

# 中小城市总体规划中的数据增强设计技术响应初探\*

## An Exploration of Technical Response of Data Augmented Design in Urban Master Planning for Medium and Small Cities

郑晓伟

文章编号1673-8985 (2016) 03-0017-05 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 数据增强设计是以定量城市分析为驱动的规划设计方法。以陕北黄土沟壑区某小城市为例,探讨城市总体规划编制过程中的数据增强设计技术应用。根据案例城市特点和各类数据获取难易情况,在建立数据增强设计框架的基础上,分别以遥感影像数据、手机信令数据、社会感知(空间句法)数据和交通观测数据为数据源,对规划编制各阶段的子系统进行数据驱动设计,并对传统技术手段下的规划方案进行优化和调整。最后对中小城市总体规划中数据驱动设计技术整合方法提出若干意见,即应优先选择对环境保护和社会关怀有直接影响的技术方法、不同数据处理和分析之间的技术整合,以及对新的数据来源和新的数据类型进行深入挖掘等。

**Abstract** Data Augmented Design is based on data-driven quantitative analysis of urban planning and design methods. This paper takes a small city in Loess Gully Area as an example, exploring the application of Data Augmented Design for compelling technology of urban master planning. According to the situation of urban characteristics and data gathering, the article takes remote sensing data, phone signaling data, social perception (Space Syntax) observational data and traffic data as data sources based on constructing framework of Data Augmented Design, in order to conduct data-driven subsystem design for various stages of planning and optimize and adjust the planning under traditional techniques. Finally, a number of comments on the urban master planning for medium and small cities in the integration of Data Augmented Design methods are put forward: priority should be given to environmental protection and social care, to technology integration between different data processing and analysis, to new data sources and new data types to conduct in-depth mining and so on.

**关键词** 数据增强设计 | 城市总体规划 | 中小城市

**Keywords** Data Augmented Design | Urban master planning | Medium and small cities

### 作者简介

郑晓伟

西安建筑科技大学建筑学院 城市体验、模拟与分析实验中心  
主任,讲师,博士

## 0 引言

城市总体规划作为对城市空间发展和用地布局进行统筹安排战略性规划,其对于指导未来城市社会经济和空间结构的稳定发展意义重大。然而,由于城市总体规划的综合性较强,包含了城市经济、社会、历史、文化、生态、空间、基础设施、政策制度等各个方面,从规划编制的角度来讲,需要在大量数据调查和分析的基础上综合多专业的方法及技术才能够完成。目前我国城市总体规划的编制在技术方面受到诸多诟病,其中规划设计人员在方案设计过程中的主观臆断以及机械地套用各类技术规范是导致规划可操作性不强的原因之一。这一问题一方

面由于规划师的专业知识局限和专业间的协作难度所导致,另一方面则是受限于各类基础数据的获取和掌握难易程度,只有完善的基础资料和数据才能提高规划编制技术的科学性。因此,全面获取并合理应用不同范围尺度、不同时空维度的各类城市基础数据是城市总体规划在编制技术层面提高可操作性的重要途径。

伴随着我国经济发展进入“新常态”的历史阶段,未来对城市规划的关注重点也从以往的物质型、增量型转变为目前和未来的人本型、存量型,这就要求以往基于建筑学思维的物质空间规划模式必须发生转变,而基于对现状产权和利益重新分配的存量规划则对各类城市基

\*基金项目:国家自然科学基金项目“陕北黄土沟壑区县城空间适宜性生长方法研究(51408471)”资助。



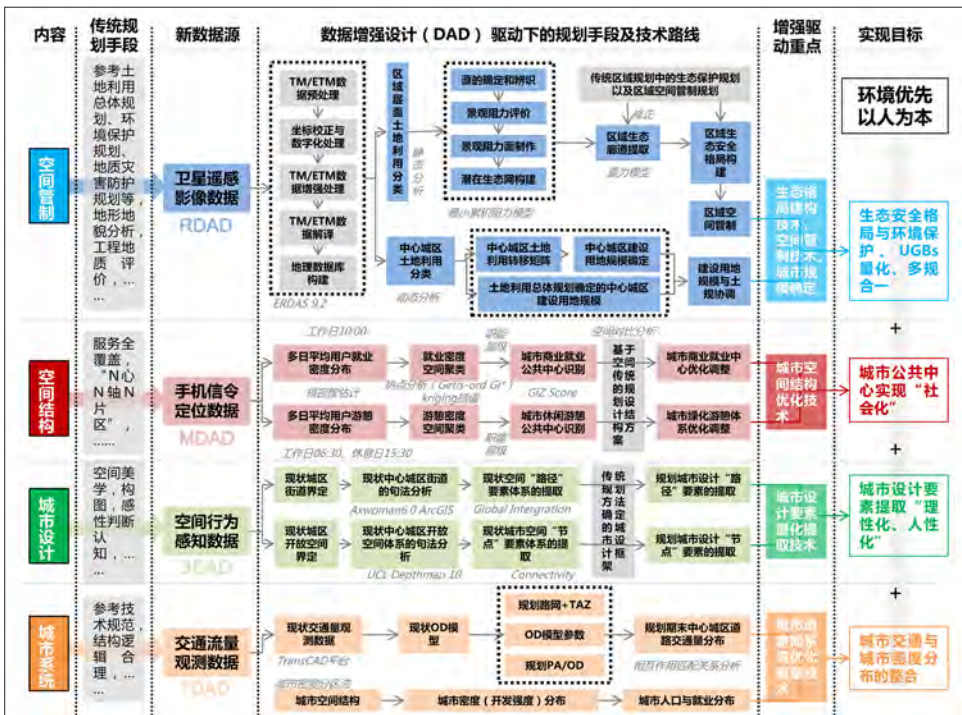


图1 中小城市总体规划数据增强设计框架

础数据的准确性和全面性提出更高的要求。与此同时,随着近年来信息及互联网技术的不断发展,以及大数据(开放数据)在城市规划与城市研究中的不断应用,定量城市研究和数据驱动设计已经逐渐成为未来城市规划在理论和实践领域的主要方向。对于城市总体规划而言,如何探索在新数据环境下建立形成并应用于从现状调查到的方案择优的技术逻辑框架,从而提高城市总体规划的科学性和合理性,是本文研究的目的所在。

### 1 中小城市总体规划中的数据增强设计技术应用框架

数据增强设计(Data Augmented Design, DAD)是以定量城市分析为驱动的规划设计方法,通过精确的数据分析、建模、预测等手段,为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具,以数据实证提高设计的科学性,并激发规划设计人员的创造力<sup>[1]</sup>。城市总体规划的综合性、复杂性决定了其对各类基础数据作为分析依据的重要前提,在数据增强设计的技术框架内,与城市总体规

划相关的各类数据能够增强设计人员对城市空间及其内涵的深刻认知,进而对城市子系统间的联系进行精确把握,便于在依据常规技术规范进行规划设计的基础上,通过数据发掘城市空间表象背后复杂的社会、人文以及生态要素间的关系,从而反馈和贯穿于整个规划设计过程。

由于大城市空间结构的复杂性和多变性,不同地区、不同发展背景的城市面临的发展问题和机遇也各不相同,并且城市总体规划涉及到的系统要素比较多、基础数据类型和数据量大,难以用一套固定的技术体系来构建与之相适应的数据增强设计技术路线。因此,本研究的关注重点在以中小城市总体规划为研究对象并以陕北黄土沟壑区某小城市为例,将技术问题聚焦在空间尺度较小、问题相对集中的城市地域单元,通过实证初步尝试探索性地构建针对中小城市总体规划编制的增强设计技术应用体系。

案例城市地处陕北黄土高原地区的丘陵沟壑地带,全县辖3镇3乡2社区,总人口约为9.5万人,县城位于县域中部沿河东岸的河谷阶地上,

呈明显的河谷带状城市形态。截至2015年,县城常住人口约为3.5万人,总建设用地面积约4.2 km<sup>2</sup>。与此同时,全县范围内林草覆盖率和森林覆盖率都非常高,丰富的山水景观资源和敏感性生态区域不仅构成了特有的城市自然生态基底,也在很大程度上影响着城市空间的发展。通过对目前城市总体规划编制过程中的新目标导向和新技术应用趋势的综合解读,以及对案例城市现状问题的分析和梳理,研究确定在城市总体规划中可以通过数据增强设计来提升技术方法的环节,可以总结为生态安全、城市空间结构(公共中心)、城市设计、城市密度4个方面。基于数据资料的获取难易程度,研究所对应的增强设计数据分别为遥感影像数据、手机信令数据、社会感知(空间句法)数据和交通观测数据(图1)。

### 2 案例研究——以陕北黄土沟壑区某小城市为例

#### 2.1 利用卫星遥感数据对城市生态安全格局的构建和用地规模的核定

对于陕北黄土高原来讲,脆弱的生态环境和有限的城市建设用地是在城市总体规划中展开用地布局的最大制约,而对于更大尺度县域范围内生态安全格局的构建则可以在确保生态安全的基础上,进一步通过对生态安全格局约束下建设用地规模的核定来对总体规划中确定的人口规模和用地规模进行调整,实现城市空间发展和生态保护之间的平衡。

研究的技术路线为:首先通过国家地理空间数据云平台免费获取2015年5月的Landsat 7 ETM遥感影像(一般而言,陕北地区5月的Landsat卫星遥感影像图平均云量低于5.0%,成像质量较好);其次,运用ERDAS 9.2软件对获取到的遥感影像进行坐标校正与解译处理,提取县域范围内的土地利用现状;再次,借助景观生态学的分析框架,对不同的土地利用类型赋予不同的生态阻力值作为阻力面(图2),同时确定重要物种迁徙的“源(即各类生物物种的栖息地)”,采用最小累计阻力模型(MCR)计算出县域范围内重要的物种迁徙生态廊道<sup>[2]</sup>,并

将其作为严格保护的禁止建设区(图3);最后,将基于生态安全格局下的各类土地利用关系通过中心城区土地利用转移矩阵(表1)预测未来县域和中心城区层面建设用地规模,在此基础上与土地利用总体规划确定的用地规模进行衔接(表2)。

从表2规划期末建设用地规模来看,县域层面的城市规模基本符合土地利用总体规划和生态安全保护的双重要求,而城市总体规划所确定的6.5 km<sup>2</sup>中心城区建设用地规模(根据人口规模预测和人均建设用地指标的乘积来综合确定)则相应偏高,需要进行相应的调整。因此,通过遥感数据的增强设计对原规划中确定的城市规模进行了修正,使调整后的规模能够满足生态保护与基本农田保护的需求。虽然规划期末的总建设用地面积变小,但在规划中仍然可以通过制定更加紧凑、集约的土地发展和使用策略来确保城市空间发展的土地供给。

## 2.2 手机定位数据驱动设计对城市空间结构的调整

城市空间结构是在中心城区层面城市总体规划的重点之一,传统基于“服务全覆盖”的结构规划考虑了各级公共中心在空间上的服务半径和配置要求,而忽视了人的行为活动及其分布的空间规律。手机定位(信令)数据记录了城市居民的日常行为、空间分布和对城市空间的使用方式(其中工作、居住、游憩等活动最为重要),研究城市中所有用户活动行为的时空规律<sup>[9]</sup>,就能在传统基于“服务全覆盖”规划设计方法基础上结合人的时空行为规律对城市空间结构进行优化和调整,从而改变以往“N心N带”构图式的城市空间结构规划设计思路。

本研究以案例城市中心城区范围内44个移动/联通通信基站手机定位(2G、3G)数据(2015年4月22日—4月30日)为数据来源,依据基站所链接的手机用户数量,首先采用核密度法(Kernel)生成手机用户密度图,计算出工作日和休息日不同时段多日平均用户就业密度分布以及多日平均用户游憩密度分布,其次对多日平均用户就业密度和游憩密度进行空间聚



图2 不同土地利用的阻力值



图3 基于生态安全格局的空间管制规划

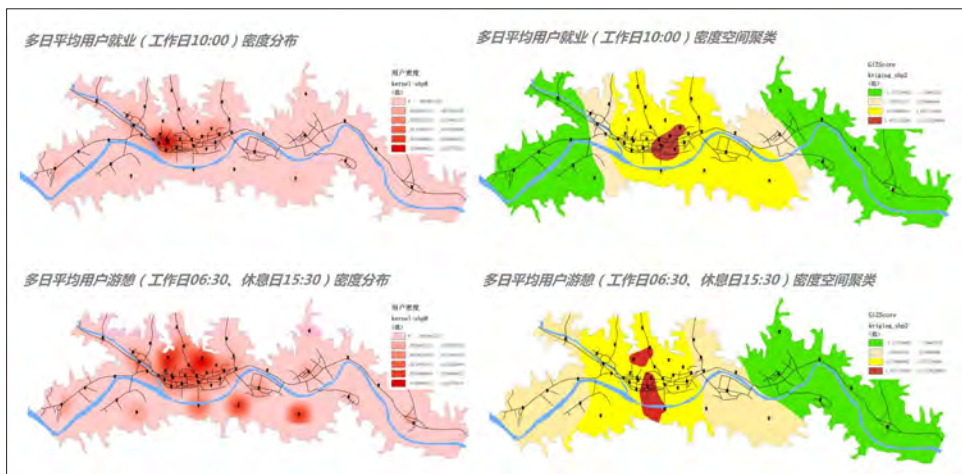


图4 中心城区平均就业与游憩的密度分布与空间聚类

表1 中心城区土地利用转移矩阵 (单位:%)

		2015						总计	减少
		耕地	园地	林地	草地	建设用地	其他		
2003	耕地	23.7	0.4	2.1	0.2	4.7	0.1	31.2	7.5
	园地	0.1	1.8	0.0	0.1	1.1	0.2	3.3	1.5
	林地	0.0	0.0	58.4	0.0	0.2	0.1	58.7	0.3
	草地	0.0	0.5	0.1	2.2	0.4	0.1	3.3	1.1
	建设用地	0.2	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	3.1	0.2
	其他	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.3	0.7	0.4
总计		24.1	2.7	60.8	2.5	9.4	0.8	100.0	
新增		0.4	0.9	3.3	0.3	6.5	0.5		

表2 县域及中心城区建设用地规模核定

范围	现状(2014)		土规(2020)		城规(2030)		预测土地增量	
	规模(km <sup>2</sup> )	比例(%)	规模(km <sup>2</sup> )	比例(%)	规模(km <sup>2</sup> )	比例(%)	规模(km <sup>2</sup> )	比例(%)
县域	16.9	0.73	18.2	0.79	18.5	0.81	18.3	0.80
中心城区	3.3	41.25	5.3	66.25	6.5	81.25	5.8	68.80



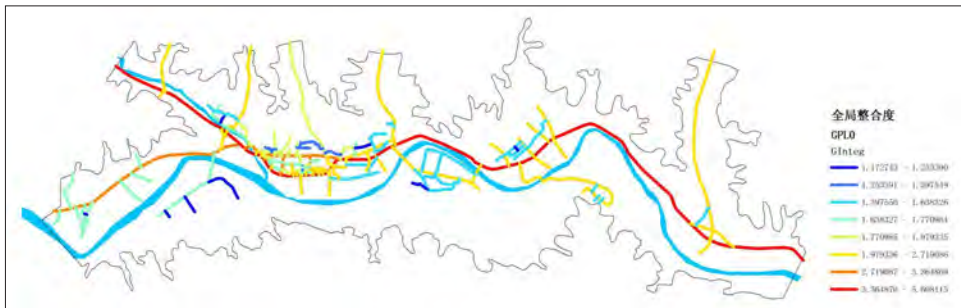


图5 中心城区路径全局整合度分析

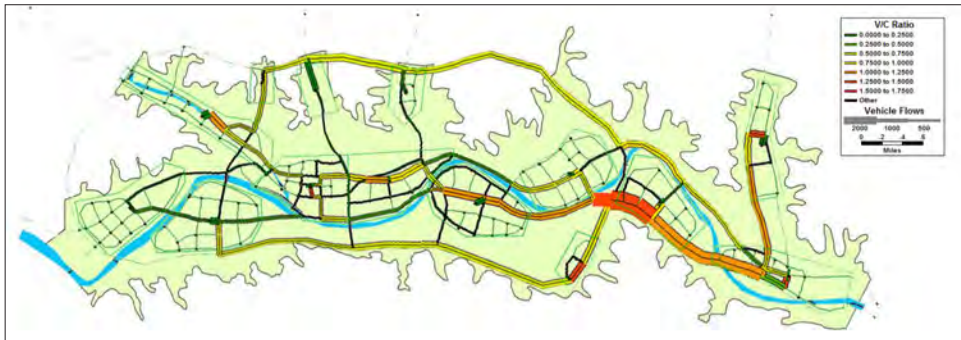


图6 中心城区规划期末交通量分配

类分析（借助ArcGIS 10.2平台下局部空间自相关的局部G统计量功能完成），从而识别出中心城区的商业就业中心和休闲游憩中心（图4）。研究发现，中心城区的商业就业活动密度呈现由中心沿带状向两翼递减的趋势，并在现状城区中心周边城区形成一个相对高密度的次区域中心；同时，中心城区游憩活动最密集的区域更多集中于城区两翼的山地（山体公园），而非中心城区的集中建成区，并且与商业就业活动高密度区在空间上并不重合。依据此结论通过比较对基于物质空间传统的规划设计结构方案提出的空间结构进行优化调整，即强化现状城市公共中心的商业规模和等级、将规划的城市副中心移动到商业就业活动高密度区、调整城市绿化中心体系等。

### 2.3 行为感知数据驱动设计对城市设计框架组织的优化

城市设计是一种关注城市规划布局、城市面貌、城镇功能，并且尤其关注城市公共空间的一门学科。Lynch K对人的“城市感知”意象要素进行了较深入的研究后指出，一个可读的城市，它的街区、标志或是道路，应该容易证明，

进而组成一个完整的形态，即著名的“城市设计5要素（区域、节点、路径、边缘、地标）”理论方法，传统的城市设计分析就是基于“5要素”展开。但这种传统分析方法的局限就在于过多地关注了要素在物质层面的合理性和组织关系，而忽略了要素背后所蕴含的社会与人文属性，导致大多数的城市设计成果也存在可操作性不强的特点。

空间句法（Space Syntax）分析是一类新的拓扑分析技术，目的在于表征城市空间系统的社会性与功能特征，强调了空间内在的主体特征。在拓扑空间要素的选取过程中，该方法选取社会性功能强烈的街道空间确立句法轴线（Axial Lines），对应于传统拓扑分析要素中的弧，并选取最少数量的全部最长轴线来表征整个城市空间的拓扑结构，轴线交叉点既包括网络交叉点（Junctions），也包括街道空间转换点（Turning Points）。这一方法以句法轴线作为分析的核心要素，通过分析轴线本身的可达性、集成性和渗透性研究拓扑结构的内在逻辑，总结其发展变化规则，借以判断城市空间系统内在的变化规律<sup>[4]</sup>。因此，空间句法分析技术可以在一定程度上认为是在传统城市设计“五要

素”基础上，融入了空间社会属性的分析方法，从而达到精确理性地表述城市空间形态背后行为规律的目标。基于此，本次研究对案例城市中心区分别通过基于全局整合度分析（Global Integration, 图5）和基于视觉可视度（Visual Graphic Analysis）分析提取中心城区建成环境认知度高的城市设计“5要素”中的路径、区域和节点3个要素，对规划确定的城市设计框架体系中相应的要素组成进行比较分析，在此基础上对城市总体规划中的城市设计框架进行优化调整。以“路径”要素为例，研究发现，基于传统设计思路所确定的部分城市轴线并未体现出较高的全局整合度；而与此相反，部分在设计中被忽视的传统街巷和城市生活性道路却体现出较高的空间整合能力。因此，基于空间句法分析对城市设计框架的优化调整不仅强化了“参数化设计”对“美学设计”的概念及方法补充，同时也能够为城市设计的分析过程引入一种定量化、社会化的视角。

### 2.4 交通观测数据对城市道路系统规划与城市密度分布的整合

2006年颁布实施的《城市规划编制办法》中明确要求在城市总体规划阶段应对城市开发强度（即容积率、建筑密度等指标）进行预测，这使得以往重点关注城市宏观战略发展的总体规划必须同时考虑微观层面的街区和地块开发。影响城市开发强度分布的因素较多，对于案例城市这种典型的带形城市而言，交通组织和交通承载力是决定城市运行效率的关键，从而同样也会影响到城市的开发强度。大量实践案例证明，地块容积率和地块周边的最大交通量往往呈现出非常高的关联性，即容积率高的地块周边城市道路的交通量大。而以往的城市总体规划编制过程中，城市道路系统规划和城市密度系统规划并未结合考虑，这将使得预测出的城市开发强度指标与道路承载力可能发生不匹配，从而带来局部地段由于密度过高造成交通压力增大的问题。本研究试图通过对城市道路系统规划与城市密度分布的动态匹配与调整探索二者间的技术整合。

表3 基于交通量预测的人口密度和开发强度（居住地块）调整

TAZ编号	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
调整前密度 (m <sup>2</sup> /人)	25	25	35	18	12	—	28	28	—	30	20	20	—	35
调整前容积率	2.5	2.5	1.5	4.0	4.5	0.8	2.0	2.0	0.8	1.8	3.0	3.0	0.8	1.5
调整后密度 (m <sup>2</sup> /人)	—	—	25	10	18	28	28	35	—	28	22	25	—	28
调整后容积率	0.8	0.8	2.5	4.5	4.0	2.0	2.0	1.5	0.8	2.0	3.5	2.5	0.8	2.0

表4 中心城区道路系统的调整

	环路		主干路		次干路		支路	
	调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后	调整前	调整后
数量 (条)	1	1	18	13	42	19	6	34
通行能力 (pcu/h)	1 500	1 500	1 200	1 200	800	800	500	500
设计车速 (km/h)	80	80	60	60	50	50	40	40

研究的技术路线从两个层面展开:首先,对中心城区现状交通情况进行调查,重点调查对象为居民出行特征及意愿调查、道路交通量调查,道路交通量数据来源为交通管理部门提供的各路段道路车流量监控;其次,通过对中心城区各路段现状交通量数据的整理分析得出城市现状OD模型,计算出相关的参数值;再次,通过TransCAD软件平台下的出行生成、出行分布、出行方式划分和交通分配“四阶段法”对规划期末城区道路的交通量进行分配(图6)。通过图6可以发现,在局部地区出现了交通压力过大的情况,说明城市中居住区和就业区(主要指工业区)之间的交通联系过于薄弱,典型的带形城市特征和过于集中的就业区域造成了严重的交通问题;最后,在交通小区(TAZ)层面将各条道路分配到的交通量分别与其围合形成地块的开发强度指标进行对比分析,并结合用地功能同时对道路、密度和用地布局进行同步动态调整,从而实现二者系统的协调发展(表3,表4)。

### 3 结语

对于中小城市而言,城市总体规划编制层面的DAD技术涉及多个方面,如生态安全格局建构技术、空间管制技术、城市规模确定、城市空间结构优化技术、城市设计要素量化提取技术、城市道路网系统优化调整技术等。虽然单一

过程的DAD能够在一定程度上使规划编制在技术方法上提升与创新,但由于城市总体规划本身的复杂性和综合性特点,不论任何环节、任何层面的技术创新与数据驱动都无法从整体上使城市总体规划编制在技术理性层面上升到一个新的高度。为了实现这一目标,必须将上述所有数据驱动技术整合到一个框架体系内,相互之间进行综合动态协调,当采用不同的数据增强设计技术产生的结果发生互相矛盾时,应当秉承“环境优先、以人为本”的根本性规划设计理念,优先选择对环境保护和社会关怀有直接影响的技术方法,通过规划设计人员的主观判断确定技术价值取向,从而与目前和未来一段时期城市规划的整体发展目标相适应。

国家层面“新常态”发展和新型城镇化对城市发展价值取向的转变需要新的城市规划理念、方法与技术来应对,信息时代的社会变革也要求规划设计更应该重视对各类新数据的挖掘和应用,本文通过实证说明数据增强设计在一定程度上是对这一变革的探索性应对。但需要指出的是,数据增强设计技术面对城市系统的复杂性目前仍处于起步阶段,不仅需要技术方法优化特别是不同技术整合上进行深入的分析,还需要对新的数据来源和新的数据类型进行挖掘,结合具有一定特点的案例进行多层次、多维度的实证分析,使得数据增强设计在理念、方法、

技术、实践等方面同步发展。此外,在重视和合理、有效利用新数据进行增强设计的同时,也不能忽视传统数据对城市规划技术方法的支撑作用,应将二者辩证、协同使用,才能在新数据环境下面对复杂、易变的社会复杂巨系统,为城市空间分析和城市规划提供全面、科学的依据。

### 参考文献 References

- [1] 龙瀛,沈尧.数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J].上海城市规划,2015(2):81-87.  
LONG Ying, SHEN Yao. Data Augmented Design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015 (2): 81-87.
- [2] 李晓文,胡远满,肖笃宁.景观生态学与生物多样性保护[J].生态学报,1999(5):399-407.  
LI Xiaowen, HU Yuanman, XIAO Duning. Landscape ecology and biodiversity conservation[J]. Acta Ecologica Sinica, 1999 (5): 399-407.
- [3] 钮心毅,丁亮,宋小冬.基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J].城市规划学刊,2014(6):61-67.  
NIU Xinyi, DING Liang, SONG Xiaodong. Understanding urban spatial structure of Shanghai Central City based on mobile phone data[J]. Urban Planning Forum, 2014 (6): 61-67.
- [4] 朱东风.城市空间发展的拓扑分析——以苏州为例[M].南京:东南大学出版社,2007.  
ZHU Dongfeng. Topological analysis of urban spatial development——take Suzhou as an example[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2007.



# 人迹地图:数据增强设计的支持平台

## Human Activity Map: The Platform for Data Augmented Design

茅明睿 储妍 张鹏英 沈忱

文章编号1673-8985 (2016) 03-0022-08 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 手机信令、公共交通刷卡记录等大数据,以及来自商业网站和政府网站的开放数据共同促进了“新数据环境”的形成;时空行为数据是新数据环境下最有价值的数据类型之一,但规划设计行业的新数据应用问题仍然没能得到有效解决。分析了数据来源、分析工具和应用结合3方面的难点,在获取了全国范围的互联网LBS (Location Based Service) 数据的基础上,对其从时间、空间和组群3个维度进行了解构和重组,率项目团队开发了人迹地图时空行为规划分析平台,提供了人流分析、锚点分析、人群分析和城市画像等功能,编写了基于人迹地图平台的《数据增强设计手册》框架,初步支撑了若干个规划项目,并探讨了人迹地图在未来规划设计中的价值。

**Abstract** ‘Big data’ such as mobile phone signaling, public transportation smart card records and ‘open data’ from commercial websites and government websites jointly promote the formation of the ‘new data environment’. Spatial-temporal behavior data is one of the most valuable types in the new data environment, but the problem of new data application in urban planning and design still can’t be effectively resolved. This paper analyzes three difficulties: the data source, analysis tools and applications combination. Through cooperating with internet DMP (data management platform), the author obtains internet LBS (Location Based Service) data of 3 billion mobile devices and deconstructs and reorganizes the data from three dimensions: the time, the space and the group and develops a planning analysis platform: human activity map. The platform provides analyses about stream of people, anchor, groups and city profile. The author writes the frame of Data Augmented Design Manual based on the platform of human activity map, assists of several planning projects, and discusses the value of human activity map in the future planning.

**关键词** 时空行为 | 数据增强设计 | 人迹地图 | 新数据环境

**Keywords** Spatial-temporal behavior | Data Augmented Design | Human activity map | New data environment

### 作者简介

#### 茅明睿

北京市城市规划设计研究院北京市城规技术服务中心

副总经理,高级工程师,硕士

#### 储妍

北京市城市规划设计研究院 规划信息中心

助理工程师,硕士

#### 张鹏英

北京城垣数字科技有限责任公司

工程师

#### 沈忱

北京交通大学

博士研究生

## 0 引言

随着ICT技术 (Information and Communication Technology,信息与通信技术) 的发展——尤其是互联网的迅猛发展、开放数据运动的推动和志愿者数据的出现,数据的可获得性大为增强。手机信令、公共交通刷卡记录等大数据,以及来自商业网站和政府网站的开放数据共同促进了“新数据环境”的形成<sup>[1]</sup>。有别于传统的来自于官方渠道的地形图、统计资料,这类新数据不仅能够对传统数据形成一定程度的替代,并且,来自于手机信令、互联网用户行为数

据等的个体数据还能够在微观尺度以及更丰富的维度上描述人的行为活动和个体特征,所以新数据环境的出现对于规划设计工作而言,不仅意味着对传统数据的依赖性降低,同时也意味着新的分析视角出现,以及由此产生的潜在的规划设计方法变革。为此龙瀛等提出了数据增强设计 (Data Augmented Design, DAD) 这一规划设计新方法论<sup>[2]</sup>。

在新型城镇化的背景下,原有的宏大愿景式规划正在悄然改变,大量扩张型的增量规划在向存量规划转变。在这一过程中,规划的内

涵、价值、类型、形式、路径、对象、市场和技术手段都在发生深刻的改变:从单纯关注物质空间,变成全面关注市民、经济、社会、生态与空间的可持续发展。时空行为研究不仅为理解人类活动和城市环境在时空上的复杂关系提供了独特的视角,同时已经发展成为城市规划学一种很具影响力的研究方法<sup>[3-5]</sup>,时空行为研究使城市研究者能够从个体日常生活经历的视角理解中国城市转型的过程和结果<sup>[6]</sup>,成为理解中国城市社会转型的行为范式<sup>[7]</sup>,弥补传统城市规划对居民时空行为的规律与决策机制考虑的不足,传统的基于土地的、静态的、蓝图式的城市规划亟待与时空行为研究相结合,从而转向基于人的、动态的、精细化的规划<sup>[8]</sup>,因此时空行为研究和应用实践也成为数据增强设计方法变革中备受关注的组成部分。

## 1 难点

尽管近年来在规划设计领域也出现了不少基于时空行为数据(手机信令、出租车轨迹、IC卡刷卡记录等)的应用案例,例如在上海<sup>[9]</sup>和北京<sup>[10]</sup>等城市进行的出行调查使学者对于个体的活动类型、出行目的地、出行方式、出行路径有了更为深入和完整的分析,但分析结果发现,在数据精度和有效性上不可避免地存在误差,同时规划设计行业的几个应用问题仍然没能得到有效解决。

### 1.1 数据来源

开放的数据不大,大数据都不开放,真正有价值的时空行为数据大多都处于非开放状态,比如手机信令数据都由运营商所掌握,虽然可以开展商业合作,但价格不菲,且基本无法让规划设计人员接触到原始数据;IC卡刷卡记录则在政府或者一卡通公司手里,数据协调成本高昂。所以当前的大量城市研究和行业应用的数据基础并不稳固,已有的若干应用案例(比如上海SODA开放数据大赛所公开的某周的出租车轨迹数据、北京某几周的IC卡刷卡记录等)都基于非常偶然的数据样本,或者基于爬取的位置微博、百度热力图等互联网数据来

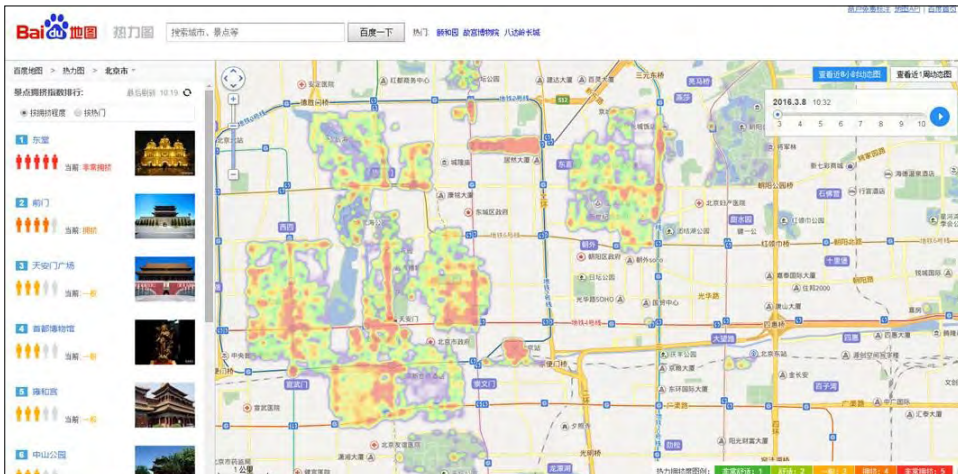


图1 百度热力图  
资料来源:百度地图。

开展。

片段性的数据样本对于时空行为研究方法的探索有价值,也能够在一定程度上反映某个时期的某个特定城市的空间结构以及规律性的任职关系等问题,但并不具有普遍意义,缺乏全局和组合度量数据的考虑<sup>[11]</sup>不能解决数据的覆盖广度和时间跨度等问题。

而位置微博和百度热力图等互联网数据则具有很大的局限性:前者定位过于稀疏,人群样本有偏性严重,而如果数据样本没有代表性,直接利用有偏的样本分析,纵然样本量非常大,不仅无法得出正确的分析,而且无法反映出行链<sup>[12]</sup>;通常科学的数据具有复杂性、综合性,及高度可利用性的集成性<sup>[13]</sup>,而后者则只能表现某些城市空间的密度变化,而无法分析个体、群体的空间行为。更重要的是,基于爬取所获得的数据其本身也仅能限于学术研究领域,而无法成为规划设计行业的商业应用基础。

### 1.2 分析工具

作为大数据的一种,时空行为数据同样具有难以处理、清洗、建模等技术难题,普通的规划设计机构并不具备相应的软硬件架构基础,而普通规划设计人员也基本都不具备相应的IT技能。相比传统的行业软件基础——CAD制图软件和GIS空间分析软件,时空行为数据并没有成型、通用的应用软件平台来供城市规划

设计人员开展工作,已有的应用大多是规划设计机构通过与高校或者数据企业开展案例合作来进行,这种案例级别的专题合作形式也无法让时空行为数据真正成为行业转型的数据基础。

### 1.3 应用结合

要让数据真正起到增强设计的作用,使这一方法论能够成立,必须将基于物质空间的蓝图式规划设计方法向基于市民和社会的动态规划设计方法转变,而这个转变不仅需要相关理论方法的革新,还需要对规划设计行业的工作流程进行再造。

对于时空行为数据(及其他新数据)的统计、分析和可视化反映的都是现状或某个历史片段里个体、群体的活动情况,若要基于这些数据来辅助,甚至驱动规划设计,仅仅做现状统计、描述是不够的,所以需要行为论、时间地理学、活动分析法、复杂系统等传统城市规划、建筑设计领域相对陌生的理论来发现个体、群体的空间偏好,分析人群集聚、扩散规律,挖掘个体行为模式,探寻行为与空间互动关系,从而在传统规划设计工作基础上形成一套依托传统数据和新数据、针对不同规划设计工作类型的完整的工作流程和解决方案,而这个过程不可能一蹴而就,需要时间去实现数据积累、样本收集、理论引入、实践尝试、流程再造和形成解决方案。





图2 LBS数据的维度结构  
资料来源：作者自绘。

#### 1.4 小结

上述3大问题成为了规划设计行业在新数据环境下产业升级的3大痛点,不能解决这3个层面的问题,“新数据环境”仅能具有研究意义,数据增强设计也仅在个案情景下有效,而无法成为普遍的生产力。所以笔者认为要从数据基础、面向规划设计行业的分析工具平台建设,以及数据增强设计解决方案3个角度入手实现规划设计行业的技术升级,让新数据成为行业的生产资料,让数据增强设计的方法成为行业的生产力。

## 2 数据基础

因为上述种种原因,无论在城市规划领域还是交通规划领域,规划设计人员都将过多的精力放在协调资源上,而无暇顾及深层次的问题;已有应用局限在现状描述上,而没有触及规划的真问题<sup>[14]</sup>。针对这个问题,笔者认为亟需建立一个面向规划设计行业的时空行为数据平台,降低行业的数据获取、应用成本和使用门槛,让新数据成为规划设计行业的生产资料和生产力,解放规划设计人员和城市研究者的精力,让他们专注到规划真问题的解决上来。

笔者对国内主要的的数据服务商进行了调查和沟通,并获得了TalkingData、中国联通等企业的合作,加上部分城市的IC卡刷卡记录以及位置微博等时空行为数据,为规划设计行业建立一个覆盖全国的时空行为分析平台奠定了数据

基础。

在这些数据中,当前最重要的组成部分是来自TalkingData的LBS数据。TalkingData是一家第三方移动DMP(Data Management Platform)平台,在其平台上拥有十余万款APP的应用数据,是目前互联网上唯一商业开放的能覆盖全国的时空行为数据源。在TalkingData平台上有超过30亿台移动智能终端的数据,其日活跃用户数超过1亿,月活跃用户数超过6亿,日定位请求超过30亿次。

与运营商的数据不同,互联网的LBS数据不仅包括来自于基站的定位,同时还包括GPS和Wi-Fi等其他定位方式的数据,由于DMP平台不仅采集定位数据,还会采集用户的其他行为数据,所以DMP平台能够对用户进行维度更加丰富、立体的画像,从而对用户赋予多种多样的标签。TalkingData用户标签包括人口属性、设备属性、地理位置、应用兴趣、游戏偏好、消费偏好、游戏深度、行业标签、定制标签等9大一级类500余二级类标签,其数据规模仍在迅速扩张中。

## 3 建设思路

在互联网上已有若干基于时空行为数据的应用平台,比如百度热力图(图1)、腾讯的宜出行平台等,这些平台都有着高质量的时空行为数据,但是这些平台大多仅能反映短期内的分时人口密度情况,而百度等与交通、旅游部门合作的应用平台也大多停留在瞬时流量的预警和

短期预测上,所以这些平台仅仅是利用单一维度的人数统计来进行“现象描述”。

对于规划设计而言,将时空行为数据仅用来进行现象描述是远远不够的。无论是手机信令数据,LBS数据还是IC卡刷卡记录,它们都是由“ID、时间和位置”构成的文本记录,在空间上其最直接的表现为一组时间序列的点的集合。笔者认为对这个集合可以有3个不同的维度来进行解构和重构:时间、空间和组群。

### 3.1 解构

#### (1) 空间维度

空间并不是没有意义的坐标,它是有异质性的,这种异质性以边界的形式呈现,每个边界都有其自然属性和社会属性。所以在空间维度上,时空行为数据的组织单元可以从微观到宏观,按照网格、地块、街区、乡镇、区县或者城市及以上更宏观的单元来组织(图2)。

#### (2) 时间维度

在时间维度上,时空行为数据可以分时、分日、分特定时间段来组织,此外通过个体行为的时空分布规律发现其锚点。通过不同的时间段来推测个体、群体的行为类型,定义他们的行为空间,发现个体的锚点,并进一步描绘个体、群体的生活圈。在通勤行为空间里,锚点为居住地和工作地;在日常生活行为空间里,锚点为居住地和常去的购物场所以及接送孩子的学校等;在假日的休闲行为空间里,锚点为居住地以及常去的休闲场所。

#### (3) 组群维度

在组群维度上,通过画像技术,时空行为数据又可以根据画像标签分为若干类组群,例如人口特征:年龄、性别等;设备特征:机型,语言,操作系统,价位等;行为特征:上班族,居家族,加班族,经常出差者等;以及职业特征和消费特征(表1)。这些特征标签里,有的来自于个体所持设备所直接贡献的信息,有的来自于设备安装的APP以及APP的应用情况,但是与规划设计关系最密切的标签——行为特征,则来自于个体的时空行为建模。比如笔者曾利用北京地铁IC卡刷卡记录识别了地铁里行为异常的481

个灰色人群<sup>[15]</sup>（乞丐、发小广告、快递等），龙瀛等曾利用北京公交IC卡刷卡记录识别了18.9万个低收入持卡人<sup>[16]</sup>。

### 3.2 重构

通过3个维度的解构，一组看似意义单一的时空日志文本变成了具有多种组合条件的数据集。它能够帮助规划设计人员在不同的时间范围上去观察城市时空异质性和人群异质性，发现不同组群的职住分布特征、联系特征和行为模式，了解他们空间选择偏好以及变化趋势。比如不同国籍的人都在城市里哪些小区居住，从事何种工作，喜好城市的哪些场所（图3）等；或者软件开发者群体都住哪些小区（图4），他们的生活圈又是如何构成的，他们与商务人士的居住、就业和日常活动场所的差异如何等。

另一方面，人的行为也可以反过来定义城市的空间，过往的城市规划、土地管理领域，城市的空间被自然属性、功能属性和权属性质所定义，规划设计人员对于空间最熟知的定义方式是用地性质。而时空行为数据赋予了从“行为空间”视角——也就是从人的活动来定义城市的全新条件。比如根据空间单元里不同国籍、不同地区的人群的活动强度来计算城市单元对不同国籍、不同省份人群的吸引力；根据单元居民的加班频次，计算其加班率；根据单元居民的出差频次，计算其差旅度；根据单元居民的出行目的地的不规律性，计算其活跃度；根据夜间单元里非本单元居民的密度来计算该区域的夜生活服务度；根据单元居民的通勤距离、通勤结构和内外通勤比，计算其职住、通勤特征；根据单元居民在春节、长假的去向，计算单元与其他区域的联系度……这些指标可以有助于规划设计人员来用于精细化的评估城市中微观空间的活力、品质，以及其他无法用测绘、遥感等传统手段观察的动态特性。基于这些行为活动特性，结合城市的区位、用地、景观、建筑、路网、步行可达性、公交可达性、公共服务设施分布、产业分布、房价等其他特性，使规划设计人员和城市研究者有可能



图3 2015年8月韩国人在北京活动位置热力图  
资料来源：人迹地图平台。

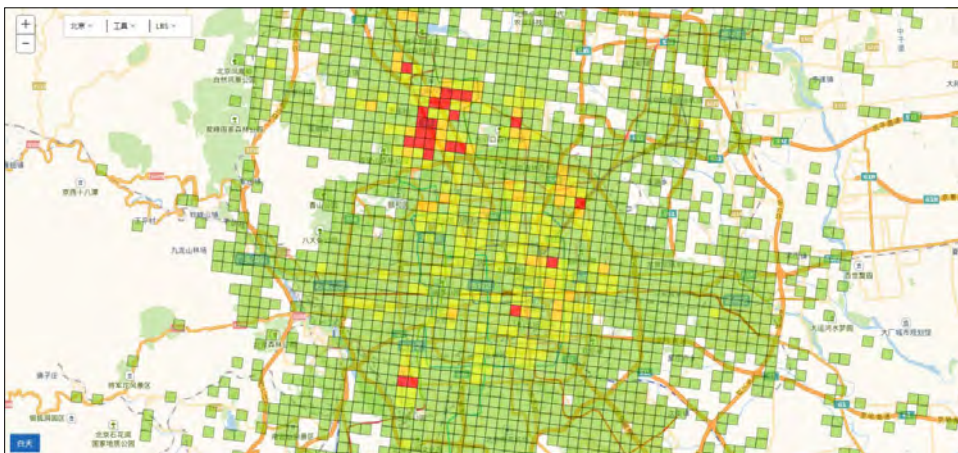


图4 研发设计人群在北京的居住地分布图  
资料来源：人迹地图平台。

表1 人群标签体系

标签类型	标签	选项
人口属性	性别	男，女，未知
	年龄段	老，中，青，少，未知
	婚否	是，否，未知
	育否	是，否，未知
	有车族	是，否，未知
设备属性	价位	1 000元以下，1 000—1 999元，1 999—2 999元，3 000元以上
	系统	安卓，苹果，其他
	涉外人群	英系，日系，韩系，法系，德系，西系，中繁，其他，否
行为属性	居住地、就业地	坐标
	居住城市、就业城市、老家	城市名或者行政区划代码
	常出行方式	公共交通，出租车，私家车，非机动，未知
	身份标签	工作人员，大学生，中小學生，上班族，低收入人群，灰色人群，夜行者，居家族，加班族，二居所人士，早起者，晚归者，长距离通勤者……
职业属性	职业	公务员，科研，体育，医生，文化，宗教，商业，艺术传媒，商务，社会服务，教育，军人，外事，安保，乡镇企业，农业，矿业，工业，研发设计，交通，市政，仓储物流……





图5 人迹地图平台结构  
资料来源：作者自绘。

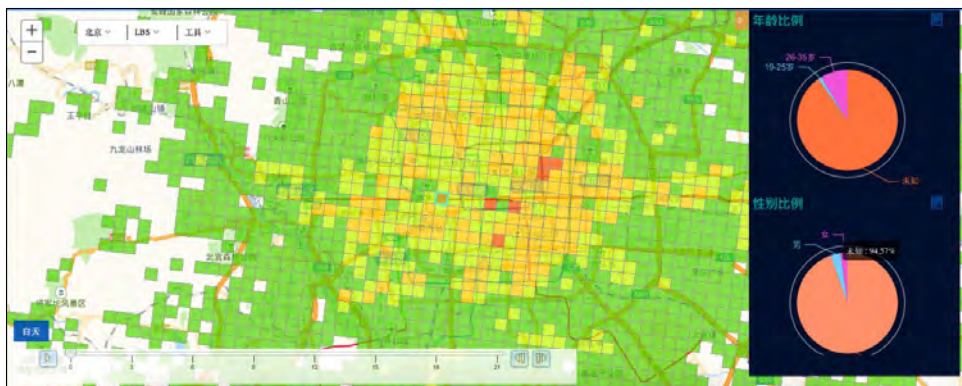


图6 北京2015年某日瞬时人流密度分布图  
资料来源：人迹地图平台。

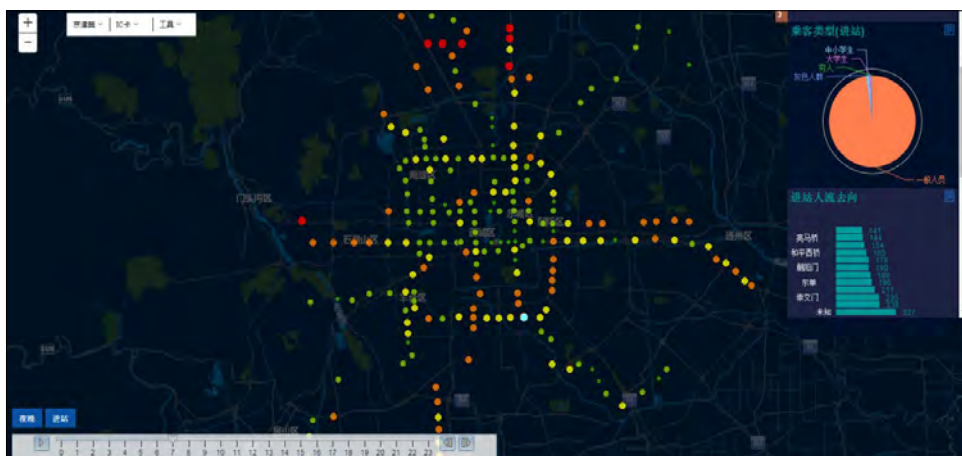


图7 2015年某日地铁站进站人流分析图  
资料来源：人迹地图。

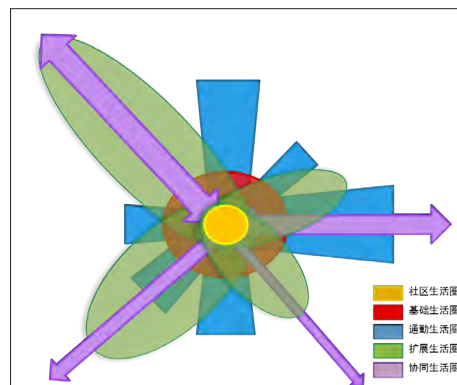


图8 基于锚点的生活圈示意图  
资料来源：作者自绘。

建立起空间、人群、行为和活力之间的关系。这个指标体系的建立和计算过程，笔者将其称为“空间画像”。

#### 4 平台功能

根据上述思路，项目团队进行了平台的研发，基于大数据的处理技术，对数据进行抽取，空间统计和建模画像，并对空间单元计算指标，通过人迹地图时空行为规划分析平台发布。人迹地图平台目前具有人流分析、锚点分析、人群分析、城市画像等模块（图5）。

##### 4.1 人流分析

人流分析功能提供了人流密度分时变化特征。通过人迹地图的人流分析功能，可以查看全国的任何一个地方随着时间变化的人口密度分布，以及该单元的人口瞬时结构特征（图6），例如年龄、性别、来源等属性；此外，平台还可以集成多源数据：北京的IC卡刷卡数据，可以按时间查询各站进、出站人流数据：某时刻进站人数，进站客流的去向，出站人数，出站客流的来源（图7），以及人群的类型（例如普通乘客、大学生、中小学生、低收入人群、灰色人群等）。

##### 4.2 锚点分析

北京大学柴彦威教授总结了生活圈规划思想，通过社区居民的出行行为日志，观测居民的出行规律和锚点，界定出不同的空间范围，并赋予其特殊的意义<sup>[17]</sup>。依托该思想，通过锚点绘制

空间单元的居民群体的不同生活圈（图8）。

- (1) 社区生活圈,即市民的居住社区范围,由居民的居住锚点结合空间特征聚类形成;
- (2) 基础生活圈,即市民日常生活的基础生活范围,由居民居住锚点和购物等锚点构成;
- (3) 通勤生活圈,即市民居住社区与工作地之间构成的通勤范围,由居民居住锚点和就业锚点构成;
- (4) 扩展生活圈,即市民居住社区与他们中长距离出行探亲访友、休闲旅游的活动范围,由居民居住锚点和长距离休闲锚点构成;
- (5) 协同生活圈,即市民居住社区与商务联系经常出差、或者回老家等多次反复长距离出行构成生活圈范围,由居民居住锚点与商务出差或回老家等长距离出行锚点构成。

按照不同的空间单元对单元内的人群锚点进行统计,从而形成不同单元间的住一职、住一闲(职一闲)、住一假(职一假)等联系特征。用户可以查看居住在不同单元的人群的就业地、休闲地、度假地的分布,或者在不同单元就业的人群的居住地、休闲地、度假地分布,以及查询单元间的联系强度(人数)和单元的各类指标。联系特征通过色差图、连线形式等不同可视化方式来展现。

单元的指标则包括人口结构,比如性别结构、年龄结构等;职住通勤结构,比如:平均通勤距离,职住比,内外通勤比(图9);职业结构,比如单元内不同职业的人数和比例等(图10)。

### 4.3 人群分析

人群分析可查询不同标签人群的居住地、就业地分布以及典型工作日、休息日的空间轨迹,通过空间可视化展现人群的异质性(图11)。

### 4.4 城市画像

城市画像通过空间专题图和仪表盘对城市单元的各类指标进行可视化展现,描绘城市不同区域的空间异质性。指标从行为空间、景观、用地等视角来组织(图12)。

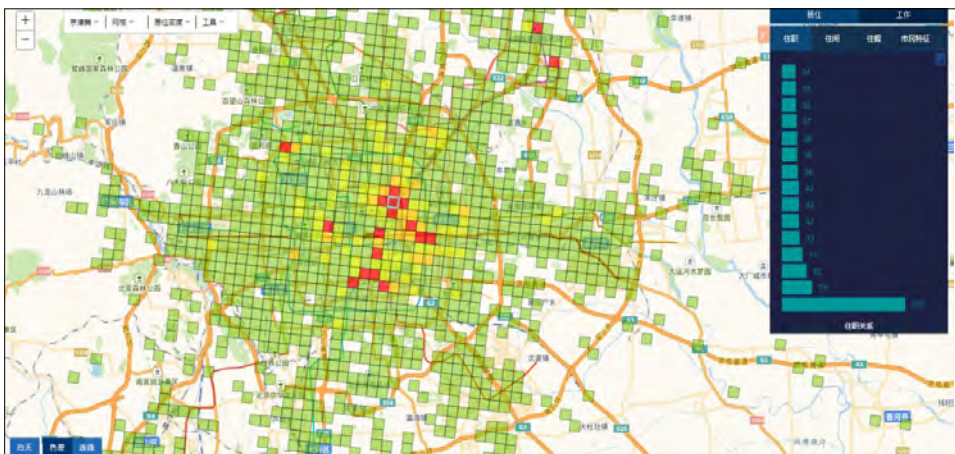


图9 京津冀地区某网格单元的职住色差图  
资料来源:人迹地图。

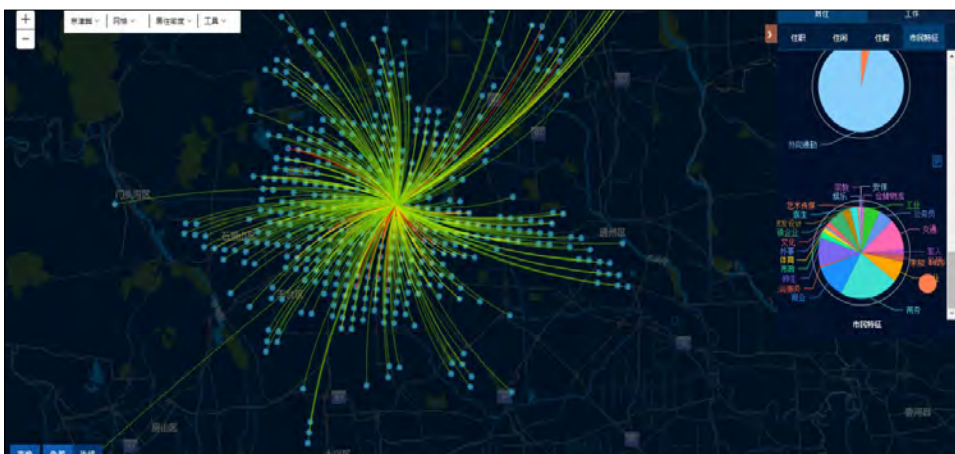


图10 京津冀地区某网格单元的职住特征连线图  
资料来源:人迹地图。



图11 人迹地图的人群分析功能展示  
资料来源:人迹地图。

## 5 平台应用

人迹地图平台是互联网上第一个全国范围的时空行为规划分析平台,由于其覆盖全国所有城市的数据,属性维度也比较丰富,所以具备

了按照任意单元、任意属性维度开展数据分析,以及多个地区间进行横向对比的条件。目前平台已在“通州行政副中心规划研究”、“顺义城市品质提升研究”等项目中得到应用(图13)。



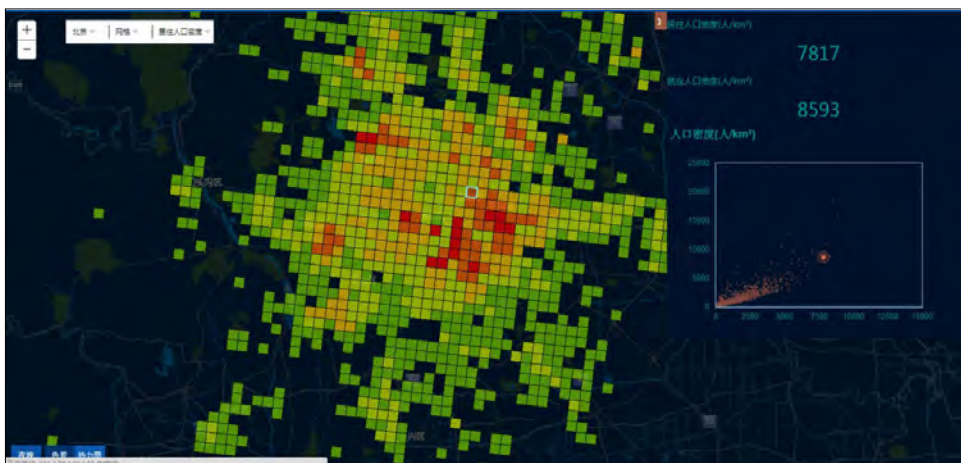


图12 城市画像:人口密度指标  
资料来源:人迹地图平台。



图13 早晚高峰顺义地铁进、出站客流情况  
资料来源:人迹地图平台。

在上述项目中,规划师利用人迹地图平台的锚点分析、人流分析和语义分析等功能,基于LBS数据对通州、北三县和顺义的职住关系、基于IC卡刷卡数据对轨道交通的通勤情况和基于微博语义对城市的消极空间等内容进行了分析。

为了实现对规划设计的有效支撑,项目团队正在结合具体项目,以人迹地图平台为应用载体,编写《数据增强设计手册》(以下简称“手册”)<sup>[18]</sup>,针对不同规划层次,从现状分析、方案设计到评估运营等阶段分别提出开展规划设计的工具、方法、指标等内容,使之成为新数据环境下规划设计的完整解决方案。手册选取用地、区位、空间结构、人口、就业、居住、功能品质、产业、交通等要素类别,通过前期分析、方案设计、评估运营3个流程来指导用户基于数据进行规

划设计(图14)。

## 6 结论

目前人迹地图平台还处于研发阶段,无论是功能层面、数据层面还是数据增强设计的解决方案层面都还有非常多的工作要做,比如数据源的有偏性问题亟待解决:互联网LBS数据与其来源——互联网DMP平台所管理的APP种类、APP的覆盖客户群体以及APP的活跃程度高度相关,目前来看其覆盖的人群偏一线城市的年轻人,不能代表全体市民,在不同区域其覆盖人群的比例也不一样;而IC卡刷卡记录也仅能代表乘坐公共交通的人群。但是这是规划设计行业走出的第一步,利用本专业的领域知识,规划设计人员有能力对海量的时空行为数据进行处理、组织、加工、统计,并通过建模计算

出对城市研究有价值的标签和指标,随着数据源的丰富和完善,理论上可以实现对任意时空范围的分布、联系、人口和空间特征的可交互式的提炼、统计、输出和可视化,这使行业的应用平台比现有的互联网时空平台从简单的“现象描述”更进一步,达到较复杂的建模和“特征提取”层面。

随着时空行为数据的沉淀积累,多源时空数据的融合,以及相应时期的其他数据——POI数据、政策数据、现状用地数据、规划许可数据、企业数据等,动态跟踪规划项目、公共政策的变化和行为空间的指标以及人群结构的变化,平台就有了发现时空行为与城市、规划、政策、经济等相关规律的可能性,从而向“规律发现”发展。

大数据——包括时空行为数据及其有关技术,在现阶段并不具备对城市这样的复杂系统进行远期预测的能力,目前已有的预测算法都是基于历史统计规律对短期行为(比如人流量与流向)、个体的出行方式和位置等进行预测,这类预测与规划项目、公共政策实施后的结果预测或者预评估是不同的,所以平台对于规划设计的“增强”意义并不在于为规划设计人员提供了预测未来的手段,而是通过动态的指标对规划项目的前期研究、目标选择、实施过程和运营管理进行跟踪、评估和反馈,协助规划设计从蓝图式规划到动态的、实施性、政策性规划转变。

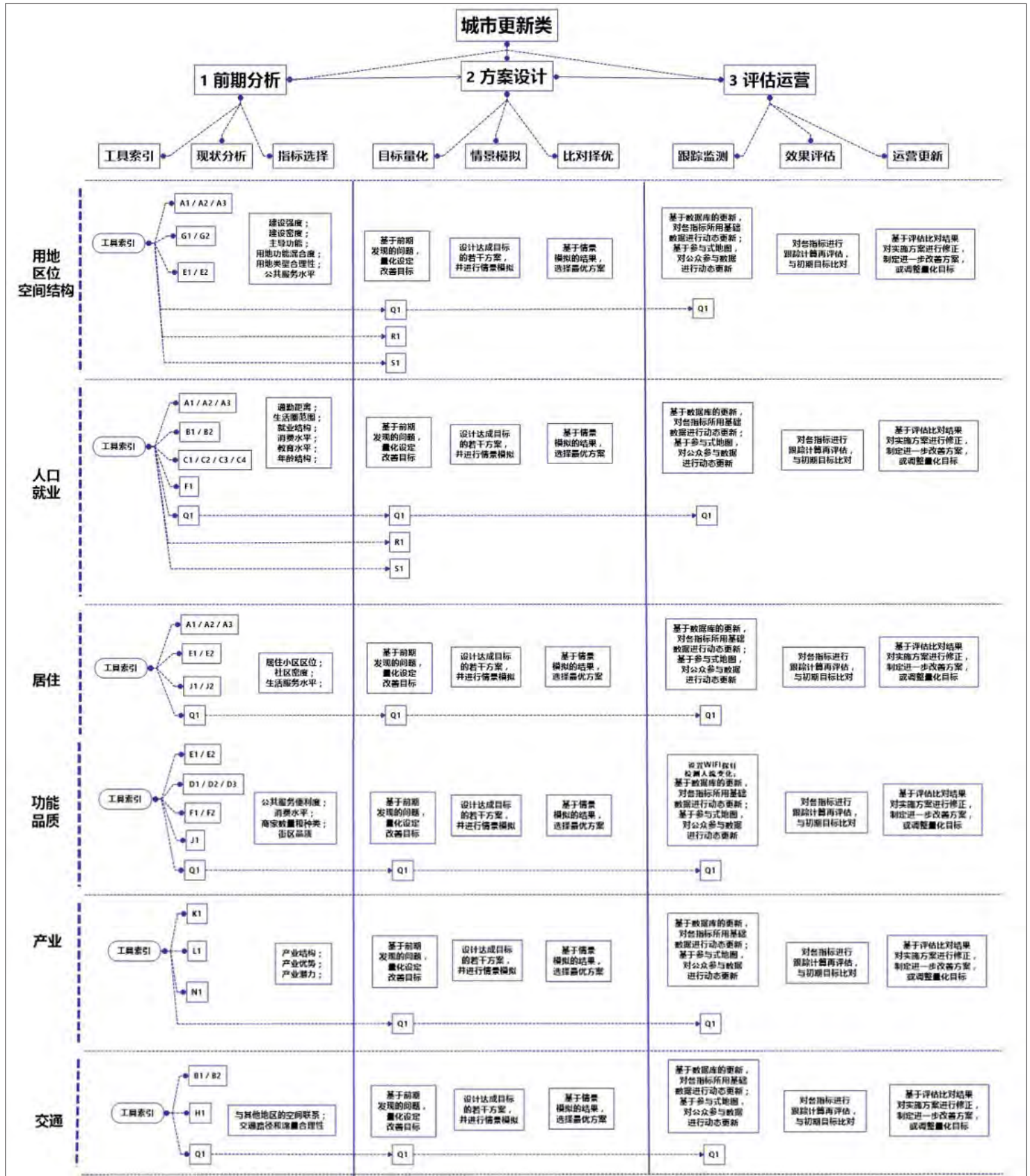


图14 《数据增强设计手册》  
资料来源:参考文献[9]。



# 基于百度热力图的中国多中心城市分析

## China Polycentric Cities Based on Baidu Heatmap

李娟 李苗裔 龙瀛 党安荣

文章编号1673-8985 (2016) 03-0030-07 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 以市民借助互联网的活动为出发点重新定义城市中心,采用百度热力图数据以自下而上的方式识别全国658个城市的城市中心,其中69个城市表现出多中心性。基于识别出的多中心城市,进一步研究中国城市多中心发展的一般规律。依据城市中心的数量,将多中心城市划分为起步型多中心城市、成长型多中心城市以及成熟型多中心城市3类;分析了城市中心面积、城市中心之间的平均距离、城市活动强度等,以此考察中国多中心城市的多中心特征。其中,中国大城市表现出明显的多中心性,而小城市尤其是县级市的中心发育极其滞后;各城市中心面积的差距悬殊,但总体上都有层级化发展的趋势;随着多中心城市由起步到成熟,中心间的沟通距离会逐渐增大,但中心对于城市活力的带动作用也比较明显。回归分析的结果表明,就业人数和人均GDP与城市中心的形成与发展显著相关。最后,从中心培育的重要性、中心网络效率以及中心识别方式3方面给出了建议。

**Abstract** This paper redefines urban center based on the activities which are carried out through Internet, and identifies all urban centers of 658 cities utilizing Baidu heatmap. We take the new method of recognizing urban centers as a bottom-up pattern which will assist the traditional top-down method. Among 658 cities, there are 69 polycentric cities; and we focus on them to explore the general law of Chinese polycentric cities. All polycentric cities are classified into three categories according to the number of urban centers, which are primary polycentric city, growing polycentric city, and mature polycentric city. We further analyze areas, average distance and activity intensity of all polycentric cities on the basis of these three categories. According to our analysis, Chinese big cities perform significant polycentric city, while development of small cities (especially county-level city) are extremely lagging. Disparities among all polycentric cities in areas of centers are huge; Generally, they all tend to develop a hierarchical structure. As the polycentric cities keep developing from primary level to mature level, the communication distance will increase gradually, but the improvement of centers to city dynamic is also remarkable. At last, the regression analysis indicates that the number of employment and GDP per capita have significant correlation with the formation and development of urban centers. Accordingly, we provide three suggestions for Chinese cities regarding to the importance of developing center, the efficiency of centers' network, and the new method of identifying centers.

**关键词** 城市空间结构 | 多中心 | 百度热力图 | 人群聚集

**Keywords** Urban spatial structure | Polycentric | Baidu heatmap | Human aggregation

### 作者简介

李娟

清华大学建筑学院

博士研究生

李苗裔 (通讯作者)

日本金泽大学环境设计学院

博士研究生

龙瀛

清华大学建筑学院

副研究员,博士

清华大学恒隆房地产研究中心数据增强设计研究室

主任

党安荣

清华大学建筑学院

教授,博士生导师

## 0 引言

城市空间结构一直以来都是国内外城市规划学、地理学等领域的研究热点。基于西方国家城市化进程远早于中国的客观事实,城市空间结构理论同许多其他城市理论一样也经历了先引入后本土化的过程。自20世纪80至90年代中期,中国学者们开始学习西方城市空间结构理论<sup>[1]</sup>,并伴随着城市化进程的推进,对中国城市空间结构的演变和发展趋势做了大量的实证研究。渠涛等以不同历史时期特殊事件为切入点,

综合分析了经济、社会、政策等多方面的因素,发现天津市城市空间结构从最初的同心圆逐渐演变为双核心结构<sup>[2]</sup>。张水清等通过上海市中心的各项职能转移,包括传统制造业转移、人口与居住职能转移以及服务业转移,发现上海的城市结构也由同心圆的单中心模式发展为多中心模式,形成了“多功能、多极核”的城市空间结构<sup>[3]</sup>。李传斌重点研究了建国以来西安城市空间结构的演替过程,认为西安未来的空间结构应朝着“一核三副多组团”的模式发展<sup>[4]</sup>。叶强等

剖析了长沙的城市空间结构演变,发现商业空间的发展对其有较大影响,进而阐述了长沙长久以来的单中心结构的弊端,建议将长沙打造成多中心网络状结构<sup>[5]</sup>。余颖等<sup>[6]</sup>在紧凑城市的理念下,对比了重庆、香港、上海等城市的空间结构形态,认为坚持“多中心、多组团”的空间结构是最适合重庆的发展模式<sup>[7]</sup>。赵燕菁更是将深圳市高速发展下的强耐压能力归功于其富有弹性的带状组团式空间结构<sup>[8]</sup>。

已有的研究成果表明,中国的城市空间结构有朝向多中心发展的趋势。孙斌栋等甚至断言多中心式的空间结构是中国特大城市未来形态的必然选择<sup>[9]</sup>。与此同时,随着中国城市发展进入转型期,以多中心城市发展为目的的规划和政策也逐渐增多<sup>[10]</sup>。国家发改委城市和小城镇改革发展中心于2013年对辽宁等12个省区进行调研发现,12个省会城市均提出建设新城新区,144个地级市中的133个和161个县级市中的67个也相继开展新城新区建设计划<sup>[9]</sup>。可见,无论出于何种原因,多中心式空间结构模式正在中国受到追捧。而在世界范围内多中心模式也被广泛认可,享誉世界的城市与区域规划大师彼得·霍尔就曾带领团队对西北欧8大都市区多中心空间结构进行研究,论证了多中心的发展趋势和重要性<sup>[11]</sup>。

当前国内对城市多中心性的实证研究中,多以单个城市为研究对象,且都集中于对大城市的研究。此类分析固然对特定城市的发展具有指导意义,然而其他城市对其分析结果的借鉴性往往受到城市间差异性的极大限制,因而就城市发展的一般规律而言,多个城市的类比也十分必要。同时,当前研究多以定性分析为主,少数的定量分析其数据来自于人口普查和调查问卷,分析结果很大程度上依赖于研究者的个人经验。

本文试图弥补当前多中心性研究中缺少规律性和缺乏定量分析的不足。在已有研究成果的基础上,从研究对象的广度和研究方法的深度上改进研究思路,创新研究范式。在数据爆炸的时代,我们的研究已经从传统小数据范式进阶到大数据范式。大数据和开放数据给我们

的研究创新提供了机遇,使我们能够进行大范围乃至全国尺度上的分析。龙瀛等在利用大数据进行大尺度研究上已经有了多次尝试,如进行了全国城市地块尺度建成区界定,从地块尺度模拟全国城市扩张过程,全国街道尺度人口对PM2.5的人口暴露评价,全国城市增长边界评价等<sup>[12]</sup>。在多年的实践中,龙瀛等进一步提出了“大模型”范式,其本质是在一个大地理区域上建立的相对精细尺度的城市—区域分析与模拟模型,能够同时兼顾大尺度范围和精细化研究单元。本文的研究思路即借鉴了大模型的基本理念,将研究范围扩大至整个中国,研究粒度精细到人,回避了单个城市研究的局限性,对全国城市同时展开研究,探究中国城市多中心发展的一般规律。“大模型”作为一种新的研究范式,在城市研究中的有效性不言而喻,而规划学科的本质需要在研究的基础上对未来的规划与设计做出响应。因而,龙瀛等提出了一种面向未来的新的设计范式:数据增强设计(Data Augmented Design),即以定量城市分析为驱动,通过数据分析、建模、预测等手段,为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具,以数据实证提高设计的科学性,并激发规划设计人员的创造力<sup>[13]</sup>。本研究即在揭示规律、阐释现象的基础上尝试实践数据增强设计,期望能够将研究方法、研究结果应用于未来的规划与设计。

在城市形态研究中,通常中心是指分析单元中在人口、就业或者商业活动上具有明显高于周边的密度的片区<sup>[14]</sup>。同时,由于人口迁移是城市空间结构变化的基本原因之一<sup>[15]</sup>,本研究即选取了体现人群活动的百度热力图(Heatmap)作为研究数据,采用量化的分析方法研究中国城市的多中心性。

## 1 城市中心新定义

在城市规划中,对于城市空间结构的设计,中心的确定是必要的,它既要作为城市的主要标签创造吸引力,也要承担着发挥城市凝聚力的职能。城市中心可以从不同的角度来理解,从功能划分上看,有经济中心、行政中心、商业中

心等;从层级结构上看,有城市中心、社区中心等。在传统理解的基础上,确定一个城市的中心,无论是单中心、双核心还是多极核、多中心,往往基于其功能分布和规模两大因素考虑。如北京市2004版城市总体规划提出要在市域范围内构建“两轴—两带—多中心”的城市空间结构,其中8大职能中心包括:中关村高科技园区核心区、奥林匹克中心区、中央商务区、海淀区后地区科技创新中心、顺义现代制造业基地、通州综合服务中心、亦庄高新技术产业发展中心和石景山综合服务中心<sup>[16]</sup>。很显然,北京城市中心结构的确立充分考虑了当下经济社会发展中各功能已经形成的聚集点和规模效应,以功能组团的方式划定各个中心,这是典型的自上而下式城市规划机制。

在信息时代,数据的爆炸式增长启发了多个学科的研究创新,弥补了许多学科传统研究手段的不足。在城市规划中,大数据的应用让设想多年的自下而上式规划机制有了切实可行的实现路径。目前城市研究中常用的大数据包括兴趣点(POI)、导航数据、手机定位数据、公交卡数据、社交网络数据等。这类数据的共同特点是都直接来源于个人,并汇集成为足够规模的量,兼具了微观与宏观的特征。当我们汇集大量个人的数据时,并不会对人的属性进行过多假设,个人偏好或者群体偏好都需要经过分析之后才能揭示。应用这类大数据的城市研究,其研究对象实质上是大量的个人行为,研究结果则是现实世界中客观现象的反映。当大数据支持的城市研究成果用于规划决策时,实际上是在实现间接的公共参与,并且是不带有主观意识形态的行为参与。在充分考虑利益相关者对于决策的期望和主观经验的同时,将行为主体所反映客观规律而非决策者的个人意志作为主要决策依据,这样的决策过程就是自上而下机制与自下而上机制的有效结合。本文正是基于这样的思路,希望将传统的自上而下确定城市中心的方法与自下而上的分析方法相结合,为城市规划决策提供新思路。

本文基于大数据通过自下而上的方法分析识别城市中心,使用的大数据为百度热力图



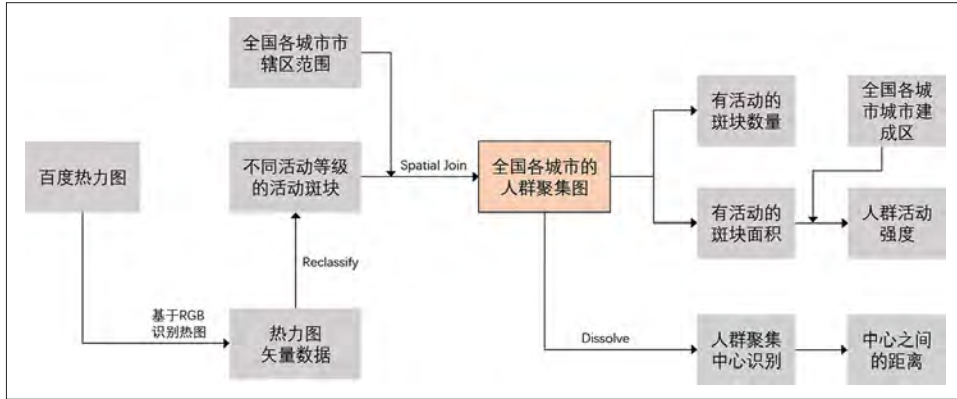


图1 百度热力图处理流程

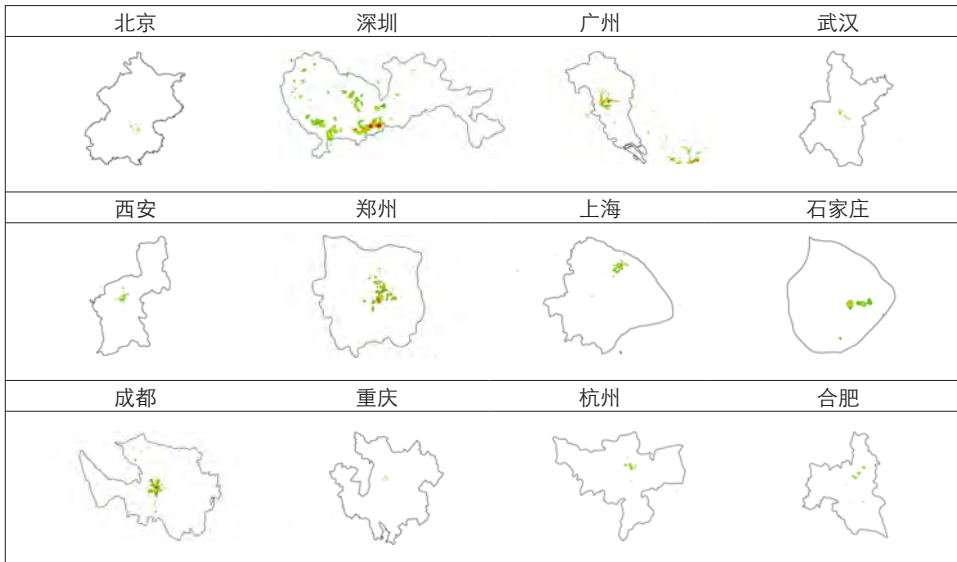


图2 百度热力图示意

(Heatmap),它是基于智能手机使用者访问百度产品(如搜索、地图、天气和音乐等)时所携带的位置信息,按照位置聚类,计算各个地区内聚类的人群密度和人流速度,综合计算出聚类地点的热度,计算结果用不同的颜色和亮度反映人流量的空间差异<sup>[17]</sup>,这一数据基本能够涵盖所有的智能手机用户。同时,根据中国互联网络信息中心(CNNIC)发布的《中国互联网络发展状况统计报告》显示,截至2014年12月,中国网民规模达6.49亿,其中,手机网民规模5.57亿,因此百度热力图覆盖人群量之大能够满足本研究的要求。区别于传统城市中心的定义,本文基于大数据的特点对城市中心有新的理解:我们认为人的活动才能够最真实地反映

城市中的活力点。因此,基于人的活动我们对城市中心重新定义,即一个城市在特定时间段人群相对聚集的地方即为城市的(潜在)中心节点。基于城市中心的新定义,本文自下而上识别城市中心,即通过百度热力图所反映的人群聚集度来识别,具体做法将在后文详细描述。

## 2 研究数据与方法

### 2.1 数据

本研究以全国658个城市为研究对象,主要关注城市市辖区。所使用的基础数据包括:①百度热力图,获取时刻为2014年11月12日(周三)15时15分,范围包括全国658个城市。数据特点是粒度精细到个人,规模覆盖到全国,满足

大模型思路对于数据的要求,同时数据的时间属性是工作日的工作时间段,因而是对城市中社会经济活动分布的直观反映。②全国658个城市的市辖区范围,包括城市名称和行政等级。③全国658个城市的城市建设用地。④2014年中国城市统计年鉴。

基于ArcGIS平台对获取的百度热力图数据进行预处理(图1),将热图信息标识为人群聚集程度,划分不同密度等级,并结合城市市辖区范围识别出热图所对应的城市。

## 2.2 方法

### 2.2.1 基于百度热力图的城市中心节点(人群聚集区)识别

百度热力图用不同的颜色和亮度反映人流量的空间差异(图2),其中颜色越趋近于红色表示人群密度相对越高,越趋近于蓝色表示人群密度相对越低,从红到蓝连续变化。基于研究目的,我们将百度热力图划分为7个等级,并赋值以表征不同的人群密度等级(赋值以Value表示),密度等级最高的区域Value值为7,最低的区域Value值为1。经过预处理后得到了不同密度等级的人群聚集区。

通过分析发现,任一聚集区(特指密度等级最少有两个等级的聚集区)都呈现同心圆分布模式,即人群密度由中心向外围逐渐降低。基于本研究对城市中心的定义,取Value值大于1的片区集合作为人群聚集区(如一个聚集区包含了Value值从1到5五层等级,则取Value>1的其他四层等级作为人群聚集区),并基于ArcGIS平台求得聚集区的质心点作为最终的城市中心(图3)。

当识别了所有城市的中心之后,经过统计,百度热力图所反映的中心出现在152个城市中,进一步将出现中心的城市划分为单中心城市和多中心城市。因而依据热力图识别的中心将城市划分为无中心城市、单中心城市和多中心城市(表1)。

其中,无中心城市的出现存在两种可能情况,一是该城市在百度热力图上不存在(经济较落后的城市比较多,尤其是县级市),二是该

表1 按照中心个数的城市分类

城市类型	城市数量
无中心城市	506
单中心城市	83
多中心城市	69
总计	658

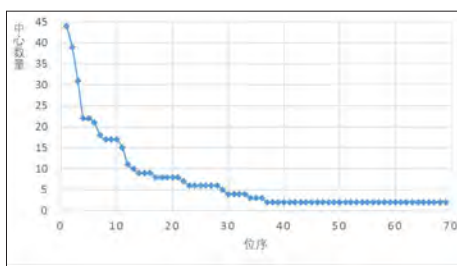


图4 各城市中心数量的位序分布

城市活动等级只有一级 (Value=1),没有突出的聚集点,说明城市发展均质,没有核心地带。单中心城市与多中心城市数量相当,本研究聚焦于多中心城市的分析,将在下文展开。

### 2.2.2 基础指标计算

#### (1) 多中心城市中心之间平均距离计算

对于多中心城市,计算各个中心之间的平均距离。在ArcGIS中首先应用PointDistance工具求得两两中心之间的距离,然后统计得到所有中心之间的平均距离(双中心城市则直接取两中心之间距离作为最终结果)。

#### (2) 城市中心面积计算

由于每一个人群聚集区都呈同心圆状分布,因此在计算中心面积时,将密度等级即Value值大于1的部分融合为一个面,作为面积统计的基准面(若一个中心的密度等级只有两级,则取Value值等于2的面作为基准面)。

#### (3) 城市活动强度计算

城市活动强度计算以城市中心面积(多中心城市,取多个中心面积的总和)占城市建成区的比例来表示。

## 3 结果分析

### 3.1 多中心城市分类

#### 3.1.1 按照行政等级分类

基于百度热力图分析,全国658个城市中,多中心城市数量为69个,占比10.5%。其中按照

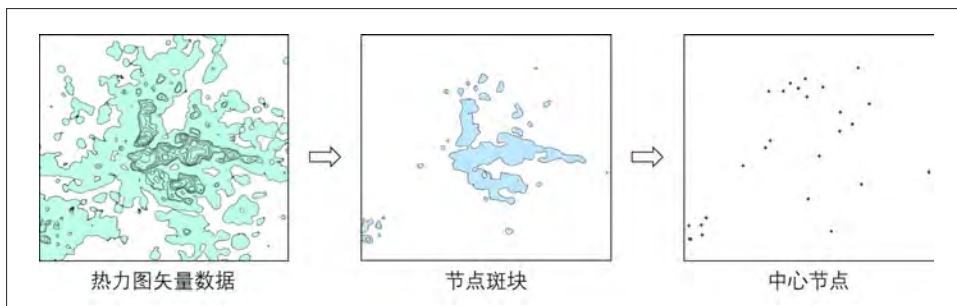


图3 城市中心识别

表2 多中心城市按照行政等级划分占比

名称	行政等级				总计
	直辖市	副省级城市	地级市	县级市	
多中心城市数量	4	14	48	3	69
全国 <sup>①</sup>	4	15	271	368	658
多中心城市比例 (%)	100	93.3	17.7	0.8	10.5

表3 多中心城市按中心数量分类

中心个数	城市类型	城市数量 (个)	行政等级
2	起步型多中心城市	33	3个省会城市(贵阳、西宁、呼和浩特) 27个地级市 3个县级市
3—10	成长型多中心城市	24	1个直辖市(天津) 8个副省级城市(沈阳、青岛、济南、厦门、南京、大连、哈尔滨、长春) 9个省会城市(合肥、南宁、南昌、太原、兰州、石家庄、福州、海口、乌鲁木齐) 6个地级市(东莞、襄阳、珠海、衡阳、洛阳、苏州)
>10	成熟型多中心城市	12	3个直辖市(北京、重庆、上海) 6个副省级城市(深圳、广州、武汉、西安、成都、杭州) 3个省会城市(郑州、长沙、昆明)

行政等级统计分别有4个直辖市、14个副省级城市、48个地级市和3个县级市,在相应等级的城市中占比分别为100%、93.3%、17.7%和0.8% (表2)。根据结果可知,中国多中心城市的比例较低,而已有的多中心城市,几乎都属于地级以上行政等级。因此就多中心而言,中国大城市表现出较明显的多中心性,而小城市(尤其是县级市)的中心发育极其滞后。

#### 3.1.2 按照中心数量分类

在全国69个多中心城市中,各城市的中心数量表现出明显的长尾分布(图4),说明只有少数城市的中心数量较多,多数城市虽然是多中心但中心数量很少。进一步细分发现(表3,图5),有接近一半的城市为双中心(33个城市),24个城市的城市中心数量为3—10个,

12个城市的中心数量超过10个,其中北京(44个)、深圳(39个)、广州(31个)的城市中心数量位居前三,均超过30个。

本研究聚焦于中国城市,在不与世界城市相比较的情况下,将国内各城市作为参照系,基于中心数量将城市划分为3类:起步型多中心城市(中心数量2)、成长型多中心城市(中心数量3—10个)以及成熟型多中心城市(中心数量10个以上)。在12个成熟型多中心城市中有3个直辖市(北京、重庆、上海),6个副省级城市(深圳、广州、武汉、西安、成都、杭州)及3个省会城市(郑州、长沙、昆明)。成长型多中心城市以地级市和部分副省级城市为主,而大部分的地级市和全部县级市都属于起步型多中心城市。可以看到行政等级高低与中心数

注释 ①数据来源于《2014年中国城市统计年鉴》,主编单位:国家统计局城市社会经济调查司,出版者:中国统计出版社,出版日期:2014.12, ISBN:978-7-5037-7350-1。



量有一定的相关性,行政级别越高,中心数量越多。

### 3.2 多中心性分析

#### 3.2.1 多中心城市中心面积分析

##### (1) 多中心城市中心面积分布规律

对多中心城市中心面积(总和)和中心数量进行相关性分析,相关系数为0.852,二者显著相关,且中心面积也表现出明显的长尾分布(图6)。一般情况下中心数量越多,中心总和面积越大,但也存在中心数量较少而中心总和面积较大的城市,如贵阳(中心数量2,中心面积13.26 km<sup>2</sup>),以及中心数量较多而中心总和面积较小的城市,如珠海(中心数量6,中心面积1.79 km<sup>2</sup>)。

成熟型多中心城市中,中心面积最小为昆明14.2 km<sup>2</sup>,最大为广州107.9 km<sup>2</sup>(深圳仅次于广州,达105.6 km<sup>2</sup>),各城市中心面积标准差为30.65;成长型多中心城市中,中心面积最小为苏州0.8 km<sup>2</sup>,最大为南宁19.2 km<sup>2</sup>,各城市中心面积标准差为3.96;起步型多中心城市中,中心面积最小为包头0.04 km<sup>2</sup>,最大为贵阳13.3 km<sup>2</sup>,各城市中心面积标准差为2.28。可见同类型的城市间存在较大差距,尤其在成熟型多中心城市中,差距更为悬殊,说明各城市之间发展实力十分不均衡,当跃入成熟阶段后分化程度更严重。而在33个起步型多中心城市中,虽然差距相对较小,但只有10个城市的中心面积超过1 km<sup>2</sup>,说明这类城市的中心十分微小,处于起步的边缘,后续的成长动力十分关键,否则很容易退回单中心甚至无中心状态。

##### (2) 多中心城市中心差异分析

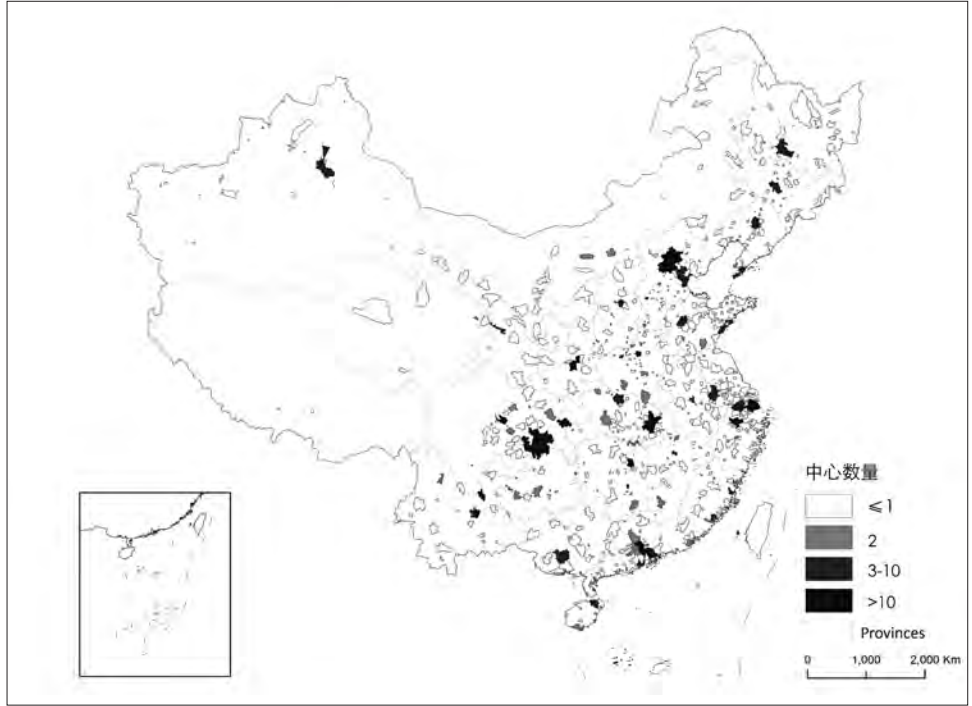


图5 多中心城市分布

尽管城市之间差距较大,但是对于一个城市而言,其本身的中心发育程度更为重要。为了探究城市内各中心的发育情况,本研究计算了每个多中心城市的中心面积之间的标准差(图7),以此反映城市各中心之间的差异。总体来看,城市中心发育程度越趋向于成熟,中心之间的差异越大,而起步型多中心城市的中心普遍比较均质。说明在中心逐渐成长的过程中,出于各种外部因素如区位、职能、政策导向等,中心的发展会逐渐分异,即形成城市空间结构中的主中心、次中心,因而城市空间结构的层级化发展是主要趋势。

#### 3.2.2 中心之间平均距离

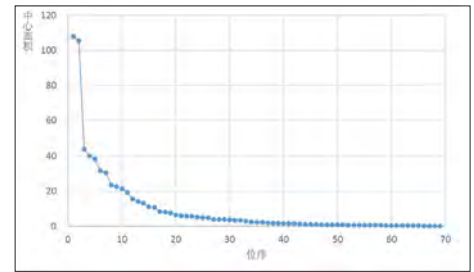


图6 各城市中心面积的位序分布

本研究以各中心之间的平均距离间接代表中心之间的联系,以此来考察多中心城市中心网络效率。基于计算结果,将中心之间的平均距离划分为5档:0—5 km、5—10 km、10—20 km、20—30 km、40 km以上,并按照城市类

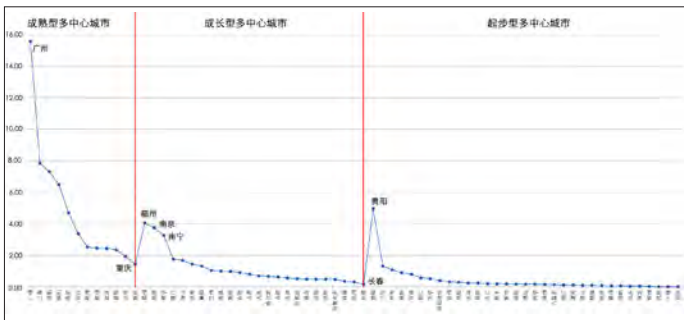


图7 多中心城市中心面积之间的标准差

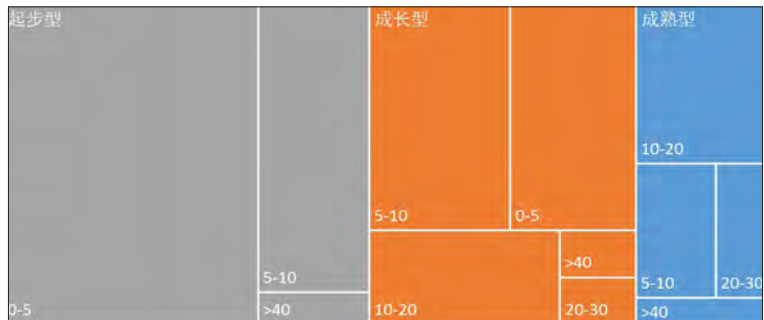


图8 中心之间的平均距离划分

型分别统计(图8)。可以看到多中心城市从起步到成熟的过程中,城市中心之间的平均距离绝对值基本上呈现逐渐增大的趋势。起步型城市除佛山(40.3 km)外中心距离均不超过10 km,且大多数(23个城市,占起步型多中心城市的70%)都不超过5 km;成长型城市的中心距离开始达到10 km以上;成熟型城市的中心距离基本都在10 km以上,且没有城市的中心距离低于5 km。参照城市通勤研究中对长距离通勤<sup>[18]</sup>的界定(10—15 km为长距离通勤),中心距离超过10 km可视为较长距离,中心间的沟通成为长距离沟通,可见多中心城市越趋向于成熟型,其中心间的沟通距离越长,说明城市中心的产生和发展具有外向分散的特点,与当前中国扩张式的城市规划模式相契合。当然长距离沟通不一定是便捷的(这与交通状况、地形区位等多种因素有关),但一定是更费时的。

### 3.2.3 中心活动强度分析

本研究中,城市活动强度以城市中心面积(多中心城市,取多个中心面积的总和)占城市建成区的比例来表示(图9)。相对而言,成熟型多中心城市的活动强度较高,成长型和起步型城市中城市活动强度比较分散,高强度和低强度城市都存在(以成熟型多中心城市的最低活动强度为参照)。总体上看,城市活动强度有随着中心发育程度加深而增强的趋势,说明城市中心对于一个城市的发展起到了助推作用,能够增强城市活力、提高城市吸引力。

### 3.3 中心数量影响因素分析

本研究试图对多中心城市的形成及发展的影响因素进行探索。通过《2014年中国城市统计年鉴》选取了年末总人口、从业人员期末人数、人口密度、建成区面积、人均GDP、规模以上工业企业数等6项指标,采用多元线性回归模型,对以上指标进行回归分析,回归结果拟合度较好(R方为0.784)。结果显示从业人员总数、人均GDP以及规模以上工业企业数与城市中心数量的形成和发展有较大相关性,结合数据本身的获取时间为工作日的工作时间段这一限定条件,分析认为结果可信度较高(表4)。回归

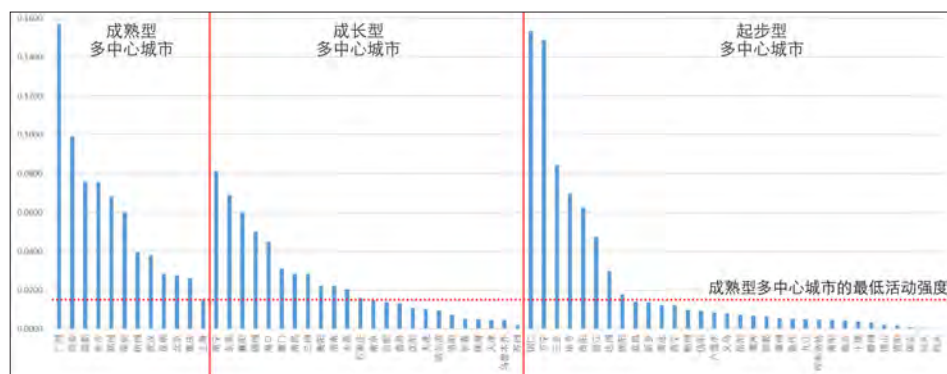


图9 城市活动强度

表4 中心数量影响因素回归分析

影响因素	标准化回归系数	t	Sig.
(常量)		-2.588	0.012
年末总人口	0.270	1.256	0.214
从业人员期末人数	0.520	4.237	0.000
人口密度	0.064	1.035	0.305
建成区面积	0.319	1.429	0.158
人均GDP	0.414	3.239	0.002
规模以上工业企业数	-0.516	-3.955	0.000

注:①所有指标统计范围均为市辖区。②由于统计口径差异,回归分析中剔除了3个县级市(增城、义乌、万宁),最终回归样本量为66。

分析的结果说明,人群聚集的中心与城市就业中心具有一定的重合性,人们大量聚集的原因之一是为了满足就业需求,这对职能中心的规划和调整有一定的参考意义。

## 4 结论与讨论

在大量的对单个城市空间结构的研究中,多中心通常情况下被认为是一种理想的城市形态,能够产生更大的外部聚集性,有助于实现城市的社会、经济、环境目标<sup>[19]</sup>,因而成为许多城市战略规划的目标<sup>[20]</sup>。本研究在此观点基础上,聚焦于多中心城市的多中心性,基于“大模型”的思路,利用百度热力图数据在全国尺度上展开研究。传统的自上而下式城市规划机制,在确定城市中心时往往只考虑到了功能的集聚,然而人的集聚往往才是中心能够持续发展的必要条件,因此本文对城市(潜在)中心的定义是特定时间段人群相对聚集的地方,而自下而上识别中心的方法也是对传统规划机制的补充与拓展。

基于百度热力图,在工作日的工作时间段识别全国范围内各城市的中心。结果显示在658个城市中,152个城市在热力图上表现出

中心,其中69个城市为多中心城市,仅占全国的10.5%,对于多中心城市,本文基于中心数量将城市划分为起步型多中心城市、成长型多中心城市以及成熟型多中心城市。在此基础上开展的多中心性研究表明,起步型多中心城市的中心十分不稳定,需要着力培养才能推动其成长;进入稳定期的多中心城市会趋向于层级化发展,无论是自动力还是外界引导都会促使城市中心产生分异,形成主中心、次中心等层级结构。整体而言,城市空间结构会由单中心发展到多中心,中心数量逐渐变多,中心面积也会逐渐增大。在中国当前仍然以外向扩张型城市规划为主的背景下,新的中心往往与原有中心相距较远,城市内的中心之间,距离会越来越大,使得中心网络之间的沟通成本增加。尽管对中心活动强度的分析揭示了城市中心对城市活力的促进作用,但在培育中心的过程中,必须谨慎衡量成本的增加、效率的损耗等负面因素,否则会得不偿失。

本研究识别出的多中心城市几乎都是地级以上城市,在影响因素的分析中,就业人口、人均GDP与中心数量的高相关性证明,经济越发达,多中心性越明显。大量的无中心、单中心城



市的出现,多中心城市普遍的高行政等级,进一步结合中心数量的分布情况,反映了中国城市体系的发展极度不均衡。对于行政等级较高、经济实力较好的城市,往往能够与多中心发展成良性互动的关系;相反,行政等级较低、经济欠发达地区想要培育中心则十分困难。

基于以上结论对城市发展有以下建议:

(1) 城市中心的培育是必要的。城市发展要有节奏地逐步推进,大跨度的扩张往往会遭遇后续动力不足的困境,因此中心的培育十分重要,而这既需要时间也需要社会资源的倾斜。当城市实力不足以支撑快速扩张时,不妨由点及面地从培育城市中心开始着手,一个有着持续发展动力的中心,对城市的带动作用往往更大。

(2) 多中心城市要关注中心网络的效率。中心数量并不是越多越好,城市发展有一定的承载力,过多的中心也会过多地分散城市的资源,使城市中心陷入此消彼长的恶性循环中。因而,要有意识地引导城市中心的层级化发展,功能互补才能充分发挥中心网络的效益。通过对多中心城市中心平均距离的分析发现,成熟型多中心城市在拥有较多中心的同时,中心沟通成本也较高。因此建议城市在培育新的中心时尽可能地紧凑布局,并充分考虑现状城市的潜力,发现潜在的中心节点,不轻易扩大城市建设用地。

(3) 将人的聚集与功能的集聚相结合共同确定新的城市中心。本文在全国尺度上识别城市中心,其方法在城市尺度中同样适用。当城市需要规划新的或者调整已有的城市空间结构时,基于数据增强设计(DAD)的思路,应用大数据将人的活动纳入影响因子中,与功能分布和集聚等因素一起作为规划依据,真正地体现以人为本的规划思想。

由于研究数据本身的精度以及研究方法存在一定的局限性,本研究对中国多中心城市的一般规律总结也未尽完善,对于特定现象的产生原因与深层的动力机制并没有展开研究,这在一定程度上也限制了本文对规律的揭示效力。以上不足之处有待后续研究进一步改进。

(致谢:本研究数据获取过程中得到清华同衡规划设计研究所技术创新中心王鹏副总工、张彦军工程师和田可嘉规划师的大力技术支持,在此一并表示感谢。)

## 参考文献 References

- [1] 周春山,叶昌东. 中国城市空间结构研究评述[J]. 地理科学进展, 2013, 32(7): 1030-1038. ZHOU Chunshan, YE Changdong. Progress on studies of spatial structure in China[J]. Progress in Geography, 2013, 32(7): 1030-1038.
- [2] 渠涛,张理茜,武占云. 不同历史时期特殊事件影响下的城市空间结构演变研究[J]. 地理科学, 2014, 34(6): 656-663. QU Tao, ZHANG Liqian, WU Zhanyun. City spatial structure evolution affected by special events in different historical periods: a case study of Tianjin[J]. Scientia Geographica Sinica, 2014, 34(6): 656-663.
- [3] 张水清,杜德斌. 上海中心城区职能转移与城市空间结构优化[J]. 城市发展研究, 2001, 8(6): 44-49. ZHANG Shuiqing, DU Debin. Function change of Shanghai's central urban area and urban spatial restructure[J]. Urban Studies, 2001, 8(6): 44-49.
- [4] 李传斌. 西安市城市空间结构演替研究[D]. 西安: 西北大学硕士学位论文, 2002. LI Chuanbin. Research on evolution of Xi'an urban spatial structure[D]. Xi'an: The Dissertation for Master Degree of Northwest University, 2002.
- [5] 叶强,鲍家声. 论城市空间结构及形态的发展模式优化——长沙城市空间演变剖析[J]. 经济地理, 2004, 24(4): 480-484. YE Qiang, BAO Jiasheng. Research on optimizing the development model of the urban spatial structure and form: an analysis of the urban spatial development of Changsha[J]. Economic Geography, 2004, 24(4): 480-484.
- [6] 余颖,扈万泰. 紧凑城市——重庆都市区空间结构模式研究[J]. 城市发展研究, 2004, 11(4): 59-63. YU Ying, HU Wantai. Compact city: a study on the space structure pattern of Chongqing urban area[J]. Urban Studies, 2004, 11(4): 59-63.
- [7] 罗显正. 多中心城市空间结构的演化及规划干预研究[D]. 重庆: 重庆大学硕士学位论文, 2014. LUO Xianzheng. Research on evolution and planning intervention of the polycentric urban spatial structure[D]. Chongqing: The Dissertation for Master Degree of Chongqing University, 2004.
- [8] 赵燕菁. 高速发展与空间演进——深圳城市结构的选择及其评价[J]. 城市规划, 2004, 28(6): 32-42. ZHAO Yanjing. Rapid development and spatial extension: a case study of Shenzhen[J]. City Planning Review, 2004, 28(6): 32-42.
- [9] 孙斌栋,魏旭红. 多中心结构: 我国特大城市的未来形态[J]. 人民论坛·学术前沿, 2015(17): 4-15. SUN Bindong, WEI Xuhong. Multi-centered structure: the future pattern of mega-cities in China[J]. People's Tribune·Frontiers, 2015(17): 4-15.
- [10] Liu X, Derudder B, Wu K. Measuring polycentric urban development in China: an intercity transportation network perspective[J]. Regional Studies, 2015: 1-14.
- [11] Hall P G, Pain K. The polycentric metropolis: learning from mega-city regions in Europe[M]. London: Routledge, 2006.
- [12] 龙瀛,吴康,王江浩,等. 大模型: 城市和区域研究的新范式[J]. 城市规划学刊, 2014(6): 55-63. LONG Ying, WU Kang, WANG Jianghao, et al. Big models: a novel paradigm for urban and regional studies[J]. Urban Planning Forum, 2014(6): 55-63.
- [13] 龙瀛,沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J]. 上海城市规划, 2015(2): 81-87. LONG Ying, SHEN Yao. Data Augmented Design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2): 81-87.
- [14] Leslie T F. Identification and differentiation of urban centers in Phoenix through a multi-criteria kernel-density approach[J]. International Regional Science Review, 2010, 33(2): 205-235.
- [15] 张庭伟. 1990年代中国城市空间结构的变化及其动力机制[J]. 城市规划, 2001, 25(7): 7-14. ZHANG Tingwei. The urban restructuring of Chinese cities in 1990s and its dynamic mechanism[J]. City Planning Review, 2001, 25(7): 7-14.
- [16] 杨明. 北京城市空间结构调整的实施效果与战略思考[C]//中国城市规划年会论文集: 城市总体规划. 昆明: 云南科技出版社, 2012. YANG Ming. The strategy reflection from the implementing effect of adjusting Beijing's urban spatial structure[C]//Proceedings of Annual National Planning Conference: Urban General Planning. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2012.
- [17] 冷炳荣,余颖,黄大全,等. 大数据视野下的重庆主城区职住关系剖析[J]. 规划师, 2015, 31(5): 92-96. LENG Bingrong, YU Ying, HUANG Daquan, et al. Big data based job-residence relation in Chongqing metropolitan area[J]. Planners, 2015, 31(5): 92-96.
- [18] 张艳,柴彦威. 基于居住区比较的北京城市通勤研究[J]. 地理研究, 2009, 28(5): 1327-1340. ZHANG Yan, CHAI Yanwei. Characteristics of commuting pattern in Beijing: based on the comparison of different urban residential areas[J]. Geographical Research, 2009, 28(5): 1327-1340.
- [19] Parr J. The polycentric urban region: a closer inspection[J]. Regional Studies, 2004, 38(3): 231-240.
- [20] Qin B, Han S S. Emerging polycentricity in Beijing: evidence from housing price variations (2001-2005)[J]. Urban Studies, 2013, 50(10): 2006-2023.

# 北京街道活力：测度、影响因素与规划设计启示

## Street Vibrancy of Beijing: Measurement, Impact Factors and Design Implication

郝新华 龙 瀛 石 淼 王 鹏

文章编号1673-8985 (2016) 03-0037-09 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘 要** 对北京五环内街道活力展开测度和影响因素分析,分别对比了3套指标体系对3种类型街道活力的解释力度,并将北京的街道活力影响要素与成都街道活力影响要素进行了对比。3套指标体系分别是只考虑空间句法的指标体系、只考虑街道自身属性及周边环境等的指标体系和二者都考虑的指标体系。3种类型的街道分别是A类(公共管理与服务)、B类(商业服务业设施)和R类(居住)街道。研究表明,只考虑街道自身属性及周边环境等的指标体系对街道活力的解释力度远大于只考虑空间句法的指标体系,而二者都考虑的指标体系对街道活力的解释力度略大于只考虑街道自身属性及周边环境等的指标体系。通过与成都街道活力的案例对比,发现北京3类街道活力均与功能密度关系最为密切等。此外还对街道功能布局进行了识别,并且对街道功能布局与街道活力的相关关系做了初步探索,发现业态均匀分布在街道的街道活力最高。

**Abstract** This paper quantitatively explores the street vibrancy of Beijing. Considering the urban characteristics of Beijing, we have developed the factors for quantitatively evaluating street vibrancy at the street level. These factors range from function density, function diversity, accessibility to metro station, city commercial center and commercial complex, intersection density and bus station density, to street level and width etc. Meanwhile, to know which method is better to explain street vibrancy between space syntax and factors mentioned above, and to know whether it would be better to add space syntax as one of factors, three groups of factors are constructed. They are the group of only space syntax, the group of factors without space syntax and the group of factors including space syntax. Linear regression has been adopted for identifying the impact of each factors on the street vibrancy, which is measured by population density. We analyze the impact factors for public administration and service streets, commercial streets and residential streets separately. Finally, the result about relationship between street vibrancy and impact factors of Beijing have been compared with that of Chengdu.

**关键词** 街道城市主义 | 街道活力 | 街道功能布局 | 数据增强设计 | 北京

**Keywords** Street urbanism | Street vibrancy | Layout of street function | Data Augment Design | Beijing

### 作者简介

郝新华

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

规划师,硕士

龙 瀛 (通讯作者)

清华大学建筑学院

副研究员,博士

清华大学恒隆房地产研究中心数据增强设计研究室主任

石 淼

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

数据分析师,硕士

王 鹏

北京清华同衡规划设计研究院有限公司技术创新中心

副主任,高级工程师,硕士

### 0 引言

在步行和马车时代,街道呈现小尺度、小路宽、网络交织的形态特点,此时,街道不仅是城市交通的重要载体,也是城市社会经济活动的主要场所<sup>[1]</sup>。然而街道的这种繁荣在小汽车兴起后逐渐没落,街道被设计为优先机动车使用,而机动车引发的安全性、噪音和污染等问题使得当代城市主干道活力凋零。另一方面,对街道社会属性的忽视,让原本不承担主要交通功能的社区级街道逐步消失,有的转变

成仅供视觉愉悦却不能进行社会交往的绿化景观,有的则被私有化为住宅区或商业区的内部道路<sup>[1]</sup>。雅各布斯曾说:街道有生气,城市才有活力<sup>[2]</sup>。

目前关于街道层面的活力研究,已有经典论著从定性的角度来阐述<sup>[2-5]</sup>,如认为与街道活力相关的属性有长度短、较大的行人密度、功能的混合和建筑年代的混合等<sup>[2]</sup>。但这些定性的描述缺乏强有力的数据支持,设计师或社会学家凭借经验认为的营造空间活力的最佳方



式不一定与居民的真实需求一致。而国内外紧扣街道活力的定量研究较少,仅有的定量研究有通过摄影记录和专家打分<sup>[6]</sup>、现场调研<sup>[7-8]</sup>的方式,这两种方式均耗时耗力,难以进行大范围的定量研究。有学者运用手持GPS结合空间句法理论探讨了空间活力的影响指标<sup>[9]</sup>,虽然能较前两种方法耗时耗力小一些,但仍难以在大范围内展开研究。郑思齐运用大众点评、地图兴趣点 (POI) 等数据评估城市空间形态与消费活力的关系,为大范围研究,但其研究尺度为 $2 \times 2 \text{ km}$ ,粒度较大,难以精确到街道尺度<sup>[10]</sup>。

街道活力定量研究的缺乏主要来源于两个方面,一方面是在过去的若干年里,受城市发展阶段的限制,街道的社会属性常被人们忽视;另一方面则是源于数据获取的困难。近年来在经济转型、精明增长等背景下,全球许多城市的街道得以复兴,街道公共空间的功能被人们认知,全球多个城市也都在进行街道复兴的实践<sup>[11]</sup>;在我国,2010年上海世博会提出“城市,让生活更美好”的主题,2016年,中央提出以人为本的新型城镇化等,这些均体现了我国城市发展中“让居住在城市中的人生活更美好”的城市本质功能的回归,街道公共空间的功能开始受到城市研究者的关注<sup>[1]</sup>。而另一方面,大数据、开放数据等新数据已被广泛应用于城市研究中,许多传统无法完成的研究也变成可能。为此,龙瀛和沈尧率先提出街道城市主义 (Street Urbanism)<sup>[12]</sup>,并在大范围、精细化的尺度上定量探讨街道活力<sup>[13]</sup>。

而关于街道活力定量研究的案例,作者利用手机信令大数据,以成都为案例,构建了一套街道活力定量评价的指标体系,并探索了街道活力与所建立的街道活力影响要素之间的关系。通过分析发现,公共管理与服务类街道活力受天府广场 (旧市政府) 距离制约明显,而商业服务业设施类街道活力与地铁口紧密关联,居住类街道则更多受功能混合度影响。基于此分析结果,作者还总结了多项改善街道活力的方法<sup>[13]</sup>。

在成都案例中构建了街道活力评估的方

法体系,该方法体系是否具有普适性而可推广至其他城市,仍有待更多城市的实证研究;该方法相较传统街道城市主义的常用方法,例如空间句法,两种方法孰优孰劣,仍有待验证。此外,成都案例中指标的量化存在可达性用直线距离,没有考虑路网形态等问题,空间句法作为评估路网通达性、区位等的常用方法,其加入能否进一步完善现有街道活力评估的方法体系,亦有待验证。

本文将在现有的数据增强设计的框架 (Data Augmented Design, DAD) 下<sup>[14]</sup>,参考成都街道活力的研究,对北京的街道活力展开实证研究,一方面对比只考虑空间句法、只考虑街道自身属性及周边环境等指标,以及二者都考虑的指标体系对街道活力的解释力度;另一方面,在探索北京街道活力的影响要素的基础上,对比成都、北京二者的街道活力影响要素的差异。此外,本文还将尝试对街道功能布局进行识别,拟在下一步的研究中加入街道功能布局,进一步完善现有街道活力评价体系。试图通过大量城市的街道层面的深入分析,发现中国城市街道的一般性规律或地区差异,同时不断丰富已构建的城市街道层面的活力评估体系。

## 1 研究范围与数据

### 1.1 研究范围

本文研究范围为北京五环内。北京地处“京津冀城市群”的中心,是我国重要的政治、文化、国际交往和科技创新中心,而北京五环内区域则基本为平原,面积约 $710 \text{ km}^2$ ,承载着北京大部分的就业、文化娱乐等活动。此外,无论从城市景观还是人气集聚的角度,北京均呈现“南四北五,西四东五”的特征 (图1)。

### 1.2 数据

本文研究数据主要包括路网、某互联网LBS数据、地图兴趣点 (POI)、现状用地分类。

#### (1) 路网

考虑到研究的需要,本文所用道路为出租



图1 研究范围——北京五环内

车能够通行的道路;原始路网数据细节过多,且存在可能的拓扑错误等问题,因此路网经过制图综合与拓扑处理;考虑到空间句法要求道路不能有结点,因此道路均在折点处打断,道路不是完全按照交叉口打断的自然街道;最终参与计算的道路路段有14 800条。

#### (2) 某互联网LBS数据

数据来源于某互联网公司产品的后台LBS数据,通过爬虫技术获得,数据按小时聚合,空间尺度为 $25 \text{ m}$ ,时间为2015年8月1日和2日,分别为周六和周日,对这两天的数据以小时为基础取平均,最后得到休息日各小时的平均人口数据,以此作为数据分析的基础。选取这两天的14:00—17:00用于街道活力评价。

#### (3) 地图POI

地图POI数据于2014年取自中国某大型地图网站。根据简化后的街道,选取街道两侧 $55 \text{ m}$ 内与城市活力相关的POI点位,共计111 189个 (表1)。

参照刘行健和龙瀛的研究<sup>[15]</sup>,将筛选之后的POI分为8大类:政府机构 (2.7%),交通运输 (5.7%),商业 (56.8%),教育 (4.6%),公司企业 (15.7%),住宅 (3.3%),绿地 (1.3%),其他 (9.9%)。

#### (4) 现状用地分类

参考《城市用地分类与规划建设用地标准 (GB50137-2011)》,将原始地块数据分为

表1 地图POI数据分类

POI类别	点位数 (个)	类别	POI类别	点位数 (个)	类别
p01 政府机构	3 036	政府机构	P15 医疗服务	3 865	商业
p03 火车站地铁站	1 030	交通运输	P16 科研教育	5 170	教育
P04 汽车站	32	交通运输	P17 公司企业	15 441	公司企业
p05 公交车站	4 122	交通运输	P18 公园广场	280	绿地
P06 加油站加气站	207	交通运输	P19 住宅小区	3 695	住宅小区
P08 高速服务区	919	交通运输	P20 综合信息	10 969	其他
P10 金融服务	5 017	商业	p21 餐饮服务	16 500	商业
P11 商业大厦	2 043	公司企业	P22 汽车服务	2 162	商业
p12 零售行业	23 829	商业	P23 省市县区政府	6	政府机构
P13 宾馆酒店	3 153	商业	P24 风景名胜	1 118	绿地
P14 休闲娱乐	8 083	商业	P25 电讯服务	512	商业

9类:R(居住用地)、A(公共管理与公共服务用地)、B(商业服务业设施用地)、M(工业用地)、W(物流仓储用地)、S(道路与交通设施用地)、U(公用设施用地)、G(绿地与广场用地)、TESHU(其他用地)。

### 1.3 成都和北京街道功能对比

本小节选择街道功能构成、街道功能密度和街道功能混合度3个指标,来对比成都和北京的街道差异。

#### (1) 街道功能构成

选取北京五环内和成都三环内的街道,分别计算街道范围内各类型POI占总POI量的比例,结果如图2所示。可见,北京仅商业和住宅小区类POI占比比成都低,其余类型POI均高于成都,且北京的POI构成相较于成都,分布略均匀,这体现了北京作为首都和一线城市,城市功能更为综合的特点,而成都的街道则相对更具生活气息。

#### (2) 街道功能密度对比

分别计算成都三环内和北京五环内街道总体的功能密度(图3),同时,计算各条街道的功能密度,对成都的街道密度,采用ArcGIS Natural Break的方法分成5级,接着,北京采用成都的分类标签将街道功能密度分成5级,分

别计算各级功能密度的占比(图4)。可见,无论总体功能密度,还是各级功能占比来看,北京的街道功能密度均低于成都的街道功能密度,这体现了北方城市低密度蔓延的特色。

#### (3) 街道功能混合度对比

分别计算成都三环内和北京五环内街道总体的功能混合度(计算公式见2.3),结果如图5所示;同时,计算各条街道的功能混合度,对成都的街道功能混合度,采用ArcGIS Natural Break的方法分成5级,接着,北京采用成都的分类标签将街道功能混合度分成5级,分别计算各级功能混合度的占比(图6)。可见,无论总体功能混合度,还是各级功能占比来看,北京的街道功能混合度均高于成都的街道功能混合度,这与成都商业类POI占比过高有关。

## 2 研究方法

### 2.1 街道和活力定义

关于街道和街道活力的定义,本文将参照龙瀛和周垠成都街道活力的研究<sup>[13]</sup>。将街道界定为城镇范围内、非交通为主、能承载人们日常社交生活的道路,包括道路红线范围、对街道活力有直接影响的建筑底层商铺、小的开敞空间等。街道范围为以街道中线为基础,左

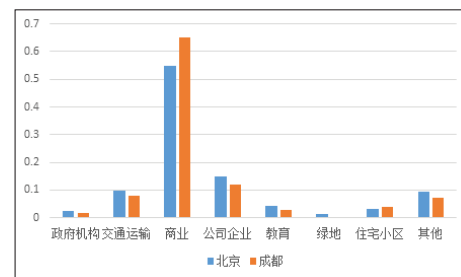


图2 街道POI占比

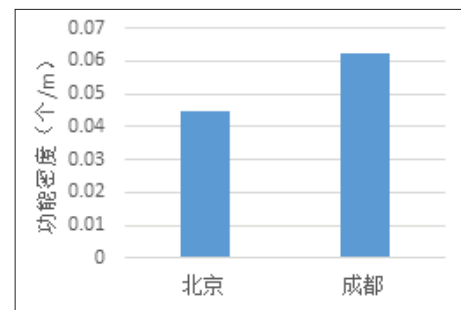


图3 街道总体功能密度

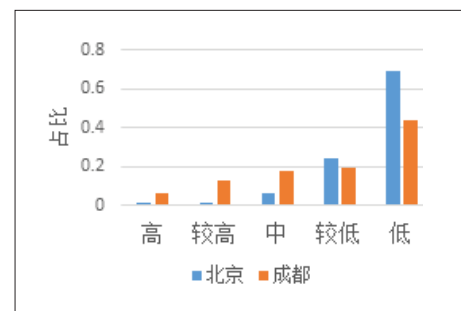


图4 街道功能密度各级占比

右各55 m的缓冲区域。而街道的活力定义为街道的社会活力,其核心为街上从事各种活动的人。

### 2.2 指标体系构建

参照龙瀛和周垠的成都街道活力的研究<sup>[13]</sup>,对北京街道活力的剖析从两个层次展开,即街道活力的外在表征和街道活力的影响要素。关于活力的外在表征,本研究选用某互联网LBS数据的人口密度为表征;而关于街道活力的影响要素,考虑到数据的可获取性和北京的城市特点,结合龙瀛和周垠成都街道活力的研究,具体指标选择如下。①区位:街道中点距离商业中心、商业综合体的距离;②街道肌理:街道周



边道路交叉口密度;③周边地块性质:现状城市用地分类;④交通可达性:街道中点与地铁口的最短直线距离、道路缓冲区内公交站点密度;⑤功能混合度:筛选之后POI混合度;⑥功能密度:筛选之后POI密度;⑦自身特征:道路宽度、等级。

## 2.3 指标体系量化

为了便于定量研究,对这些指标进行量化和空间表达。

### (1) 街道活力

为了减少日常必要性活动(比如上下班、在家)对人口密度分布规律的影响,选择休息日14:00—17:00间的人口数之和来表征与街道活力相关的人口密度。街道范围和人口数据相交,假设各街道缓冲区范围内人口分布均匀,对每条街道内的网格人口取平均,以去除道路长短这一量纲的影响,即可得14:00—17:00间每条街道的人口数,以此表示街道活力。

### (2) 区位

到商业中心的距离:所选商业中心为西单、王府井、中关村和三里屯太古里,由道路中点计算到最近商业中心的距离;到商业综合体的距离:由道路中点计算到最近商业综合体的距离。

### (3) 街道肌理

街道周边道路交叉口密度:计算道路中心线1 km缓冲区范围内的交叉口密度。

### (4) 周边地块性质

参照成都案例的做法,街道性质由道路中心线100 m缓冲范围内地块性质决定,若最高类型地块面积占比超过50%,则将该类型赋属性给街道;若最高占比大于0且小于50%,则该街道为混合型(mixed);若缓冲区范围内不包含明确用地属性的地块,则街道分类为未知(unknown)。最后选取商业服务、居住、公共管理与服务参与街道活力的分析。

### (5) 交通可达性

到地铁口的距离:由道路中点计算到最近地铁口的距离;公交站密度:道路中心线55 m

缓冲区范围内的公交站点密度。

### (6) 功能混合度

街道功能混合度(多样性)用信息熵来计算。

$$Diversity = -\sum(\pi_i \times \ln \pi_i), (i = 1, \dots, n)$$

式中Diversity表示某街道的功能混合度,n表示该街道POI的类别数, $\pi_i$ 表示某类POI占所在街道POI总数的比例,各类POI数量均进行过归一化处理,归一化的方法是该类POI在该街道的数量与该类POI在北京所有街道的数量之比。另外,其他类POI不参与功能混合度的计算。

### (7) 功能密度

道路中心线55 m缓冲范围内影响活力的POI总数。

### (8) 自身特征

本研究道路自身特征包括道路等级、道路宽度;道路等级由高速公路、国道、城市快速路、省道、县道、乡镇道路和其他道路,依次赋值为1, 2, …, 7;由于本文所研究街道为生活型街道,因此最后参与街道活力计算的街道为县道、乡镇道路和其他道路。

## 2.4 研究思路

本研究从3个层次对街道活力展开定量分析。①选择空间句法中的全局整合度和全局标准选择度,在只考虑空间句法的指标体系中,评估这一套指标体系对街道活力的解释力度,称为第1组指标体系;②在只考虑街道自身属性及周边环境等的指标体系中,定量评估这一套指标体系对街道活力的解释力度,称为第2组指标体系;③将结合街道自身属性及周边环境等本文所构建的指标和空间句法的全局整合度和全局标准选择度,评估二者均考虑的指标体系对街道活力的解释力度,称为第3组活力指标体系。

## 3 研究结果

### 3.1 指标体系空间分布规律

表达需要,本文选取北京三环内的街道进行展示(总研究范围为五环内)。

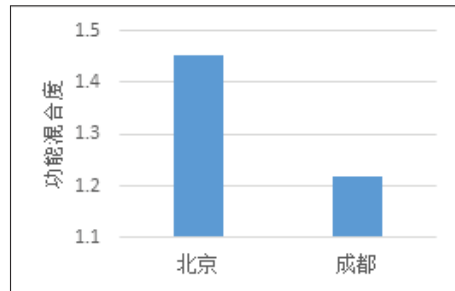


图5 街道总体的功能混合度

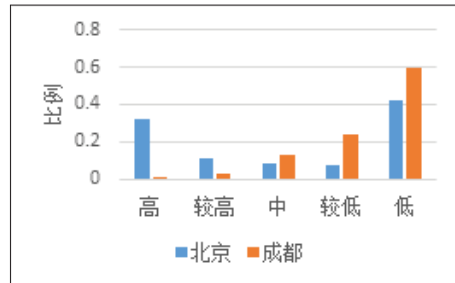


图6 街道各级功能混合度占比

### (1) 街道人口活力

基于某互联网LBS数据表征的街道活力结果如图7所示。总体而言,首先,东部的活力高于西部。其次,三环内活力高的地方主要集中在西单、王府井、动物园批发市场、三里屯太古里、前门、崇外大街及其两侧东西向部分街道、长安街等。其中,西单、王府井、三里屯太古里均是市级商业中心,前门、崇外大街及其两侧东西向部分街道、动物园批发市场等同样也是商业设施分布密集区。

### (2) 街道性质

由现状用地分类推导出的街道类型,增添了混合型(mixed),结果如图8所示。B类(商业服务)街道有明显的集聚区,即西单、王府井和金融街;R类(居住)街道大部分分布在二环内,混合类街道以二环到三环之间居多;A类(公共管理与服务)街道最为明显的两处为北京理工大学等高校聚集区和北京市政府所在地一带。三环内各类街道的总条数和平均长度见表2。R类(居住)街道数量最多,其次为混合型、A类(公共管理与服务)和B类(商业服务)街道;U类(公共设施)街道平均长度最短,W类(物流仓储)街道最长。



图7 街道人口密度



图8 街道性质<sup>①</sup>



图9 功能混合度



图10 功能密度



图11 全局选择度



图12 全局整合度

表2 三环内不同性质街道数量与平均长度

三环内街道性质	mix	W	S	M	A	B	U	R	G	TESHU
总条数 (条)	1 622	4	17	17	420	414	23	3 287	255	325
总长度 (m)	335 924	950	3 191	2 488	85 742	68 812	2 916	579 512	44 701	66 802
平均长度 (m)	207	238	188	146	204	166	127	176	175	206

(3) 功能密度与混合度

采用ArcGIS Natural Break的方法,分别将街道功能密度与功能混合度分为5级(图9,图10)。功能密度较高的街道分布集中,主要分布在西单、王府井、东单一灯市口、崇文门崇外大街等地。功能多样性高的街道在三环内占比

较高,且分布分散,略微集中的两处分别是东单一灯市口及两侧东西向街道和崇外大街及其两侧东西向街道。西单虽然有较高的功能密度,但却是功能混合度的低洼区。

(4) 全局整合度和全局标准选择度

计算五环内的全局整合度和全局标准选择度,采用ArcGIS Natural Break的方法,分别将全局整合度和全局标准选择度分为5级(图11,图12)。全局整合度和全局标准选择度总体趋势一致,即主干道基本为高全局整合度和高全局选择度;而相较全局选择度,二环内东西向

注释 ①注:mix:混合用地;A:公共管理与服务;B:商业服务;M:工业用地;W:物流仓储用地;S:道路与交通设施用地;U:公用设施用地;G:绿地与广场用地;TESHU:其他用地



胡同也具有较高全局整合度。

### 3.2 活力构成因素分析

采用多组多元线性回归的方法评估各活力影响要素对街道活力的贡献。根据本文对街道活力的概念界定和街道属性信息，被纳入回归分析的街道有如下特征：①县道、乡镇道路和其他道路；②A, B, R类街道。

对于不同类型的街道，回归因变量为相应类型街道对应的人口密度的自然对数(LNpop)，3组指标体系对应3组自变量。

第一组自变量为全局整合度(Inte)和全局标准选择度(Nach)，回归模型如式(1)，i表示街道的ID号。

$$LNpop_i = \beta_0 + \beta_1 \times Inte_i + \beta_2 \times Nach_i \quad (1)$$

第二组自变量为与商业中心(天府广场, d<sub>center</sub>)、商业综合体(d<sub>shmi</sub>)、地铁口的最近直线距离(d<sub>sub</sub>)，公交站点密度(bus<sub>den</sub>)，道路交叉点密度(junc<sub>den</sub>)，功能密度(fun<sub>den</sub>)、功能混合度(fun<sub>div</sub>)、道路长度(length)、道路宽度(width)、道路等级(level)，回归模型如式(2)，i表示街道的ID号。

$$LNpop_i = \beta_0 + \beta_1 \times d_{center_i} + \beta_2 \times d_{shmi_i} + \beta_3 \times d_{sub_i} + \beta_4 \times bus_{den_i} + \beta_5 \times junc_{den_i} + \beta_6 \times fun_{den_i} + \beta_7 \times fun_{div_i} + \beta_8 \times length_i + \beta_9 \times Width_i + \beta_{10} \times level_i \quad (2)$$

第三组自变量包含了第一组和第二组的自变量，回归模型如式(3)，i表示街道的ID号。

$$LNpop_i = \beta_0 + \beta_1 \times d_{center_i} + \beta_2 \times d_{shmi_i} + \beta_3 \times d_{sub_i} + \beta_4 \times bus_{den_i} + \beta_5 \times junc_{den_i} + \beta_6 \times fun_{den_i} + \beta_7 \times fun_{div_i} + \beta_8 \times length_i + \beta_9 \times Width_i + \beta_{10} \times level_i + \beta_{11} \times Inte_i + \beta_{12} \times Nach_i \quad (3)$$

#### (1) 各组R方对比

三套街道活力影响要素、不同街道类型的回归结果——R方如图13所示。图中，A, B, R分别表示对公共管理与公共服务类、商业服务业设施类和居住类街道的分析，ABR表示对这3类街道的总体分析；图例中的1, 2, 3分

别对应于2.4中的第一、二、三组指标体系，即只考虑空间句法的指标体系分析，只考虑街道属性、周边环境等的指标体系的分析，和二者都考虑的指标体系的分析。

无论从总体(ABR)上看，还是分街道类型看，第一组指标体系小于第二组指标体系，而第二组指标体系小于第三组指标体系；从整体来看，第一组的R方为0.124，第二组的R方为0.31，明显高于第一组指标体系对街道活力的解释力度，而第三组的R方为0.318，略高于第二组指标体系对街道活力的解释力度，可见空间句法对街道活力的解释力度远不及街道自身属性周边环境等本文第2章构建的指标解释力度大，而加入空间句法的指标体系虽然能提高对街道活力的解释力度，但是作用不明显；只考虑空间句法指标的指标体系对B类街道的解释力度最小，而二者都考虑的指标体系对B类街道的贡献最大(第三组R方与第二组R方之差最大)。空间句法主要用来表征区位，而在本文建构的活力影响要素中，到商业中心的距离这一指标实际上已经代表了区位，因此在一定程度上能解释为什么空间句法的加入并不能显著提升对街道活力的解释力度。

#### (2) 街道活力构成因素回归系数分析

为方便与成都的街道活力案例做对比，选择第二组指标体系，分析各个活力要素对街道活力的贡献。

回归结果如图14所示，部分要素没有通过显著性检验(显著性处于0.05水平)，已剔除。

从街道活力的影响因素来分析，总体上，离商业综合体的距离、功能密度和到商业中心的距离对不同类型的街道活力皆有影响，其他影响因素仅对部分类型的街道活力产生影响。总体来看，功能密度对街道活力影响最大，功能密度大的街道更易凝聚活力，到商业中心的距离和到商业综合体的距离对街道活力也有较大影响，街道活力随着到商业综合体、商业中心的距离增加而减少。道路自身特征中，道路长度对3类街道的活力均无明显影响；道路宽度对B类街道活力有明显的促进作用，对R类街道有一定的促进作用，道路越宽，活力越

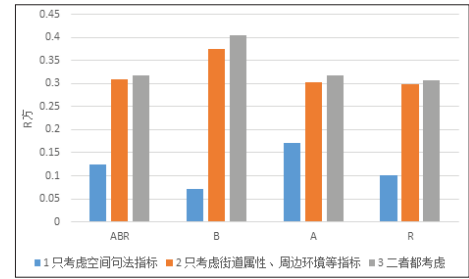


图13 三层次活力构成要素回归R方

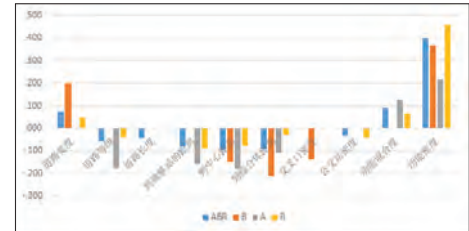


图14 活力构成要素回归标准系数

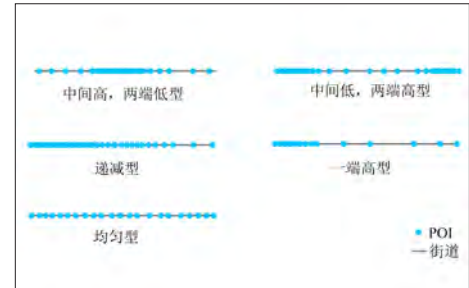


图15 街道POI布局

高，这与认为的窄街道高活力不一致，可能原因是在北京，高等级的业态通常分布在较宽的道路两侧，即高等级业态一般都配备了较宽的道路，造成较宽的马路有较高的活力；道路等级对A类街道有明显的抑制作用，对R类街道有一定的抑制作用，道路等级越高(对应道路中的级别越低)，活力越低。到地铁口的距离对A类和R类街道活力影响较大，且呈抑制作用，距离地铁口越近，活力越高，而对B类街道活力影响不大。交叉口密度对B类街道有明显的抑制作用，交叉口越密集，B类街道活力越低，这也与认知不一样，同样，可能原因是在北京，交叉口密集的地方，对应的是低等级道路密集处，这些地方通常也是低端业态聚集处，需要后续加入业态的等级进行验证；公交站点轻微抑制R类街道的活力。功能混合度对A类和R类街道活力有一定的促进作用，对B类无明显

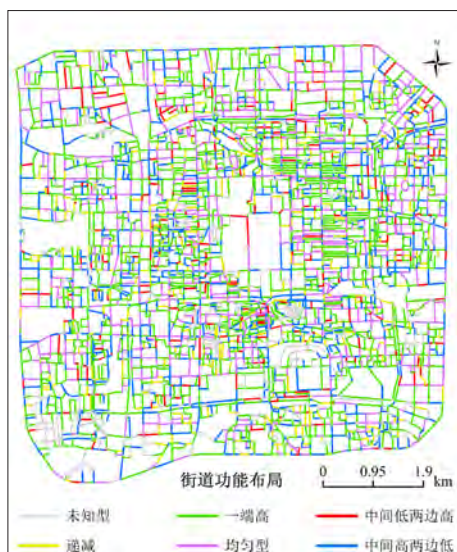


图16 街道功能布局形态分布

影响。

从不同街道类型来分析，A类街道活力与功能密度的关系最为敏感，其次是到商业中心的距离、到地铁口的距离、道路等级、功能混合度和到商业综合体的距离，其他因素对A类街道活力影响较小。B类街道活力受功能密度影响最为明显，其次为到商业综合体的距离、道路宽度、到商业中心的距离和交叉口密度。R类街道活力同样受功能密度的影响最为明显，其次到地铁口的距离、到商业中心的距离、功能混合度对R类街道活力有一定的影响，综合体、公交站密度、道路等级和道路宽度对R类街道有轻微的影响。

### (3) 北京与成都街道活力对比

由于北京五环内并无明显的行政中心，北京的区位以市级商业中心来代替；北京环线与行政区划并无明显关联，且不存在市政府搬迁的经历，因此，北京的活力影响要素中并未加入区县行政中心和新行政中心。从各指标对街道活力的影响和各类型街道的活力影响要素两个方面来对比北京和成都街道活力影响要素的相同与不同之处。首先，二者的显著相同之处有：功能密度和到中心的距离对各类型街道的活力均有明显影响，且功能密度越高，活力越高，到中心的距离越近，街道活力越高。

其次，二者的明显不同之处有：

表3 北京五环内各类型街道

	递减	均匀	一端高	中间低两边高	中间高两边低	未知	总计
计数	1 007	1 874	5 074	663	2 804	3 378	14 800
占比	0.07	0.13	0.34	0.04	0.19	0.23	

①成都案例中，到中心（原行政中心）的距离对各类型街道活力的影响占据首位地位，而在北京案例中，对各类型街道活力的影响居首位的是功能密度，到商业中心的距离其次；

②成都案例中，功能多样性对各类型街道活力均有明显的促进作用，在北京案例中，功能混合度对B类街道活力无显著影响；

③成都案例中，到商业综合体的距离仅对B类街道活力有抑制作用，即距离越近，活力越高，而在北京案例中，到商业综合体的距离对各类型街道活力均有明显的抑制作用；

④成都案例中，到地铁口的距离对B类街道活力有较大影响，对A类街道无显著影响，而在北京案例中，地铁口对B类街道无显著影响，对A类有明显影响；

⑤成都案例中，道路自身特征中的道路宽度仅对R类街道活力有轻微的抑制作用，即道路越宽，活力越低，而在北京案例中，道路宽度对B类街道活力有明显的促进作用，对R类街道活力有一定的促进作用，即道路越宽，活力越高；

⑥成都案例中，公交站密度对A类和R类街道均有轻微的促进作用，即公交站密度越高，活力越高，而在北京的案例中，公交站密度对R类街道有轻微的抑制作用，即公交站密度越高，活力反而越低；

⑦成都案例中，交叉口密度对B类街道无显著影响，而在北京案例中，交叉口密度对B类街道有显著抑制作用，即交叉口密度越大，B类街道活力越低。

各类型街道的活力影响要素方面，二者的相同之处有：

①3类街道的活力均与功能密度、到中心的距离密切相关；

②A类街道的活力中，功能密度的影响较功能混合度大；

③商业综合体能带动周边B类街道的活力。而二者的显著不同之处在于：

①成都案例中，A类、R类街道的活力与天府广场（原行政中心）的关系最为敏感，B类街道活力与地铁站的关系最为敏感，而在北京案例中，3类街道的活力均与功能密度关系最为敏感；

②成都案例中，与A类街道活力相关的要素按照重要性程度由高到低分别是，离天府广场（原行政中心）的距离、功能密度、功能混合度，而在北京案例中，与A类街道活力相关的要素按照重要性程度由高到低排序分别是商业中心的距离、地铁口、道路等级、功能混合度和到商业综合体的距离，北京多了地铁口、道路等级和商业综合体的影响；

③成都案例中，与B类街道活力相关的要素按照重要性程度由高到低分别是地铁口、天府广场（原行政中心）、功能多样性、功能密度和商业综合体，而在北京案例中，与B类街道活力相关的要素按照重要性程度由高到低分别是功能密度、到商业综合体的距离、道路宽度、到商业中心的距离和交叉口密度，成都的街道活力多受到功能多样性的影响，而北京多受到道路宽度和交叉口密度的影响；

④成都案例中，与R类街道活力相关的要素按照重要性程度由高到低分别是天府广场（原行政中心）、功能多样性、功能密度，而在北京案例中，与R类街道活力相关的要素按照重要性程度由高到低分别是功能密度、到地铁口的距离、到商业中心的距离、功能混合度，成都的街道活力多受到功能多样性的影响，而北京多受到地铁口的影响。

## 4 街道功能布局

业态如何在一条街道上进行布局？有些街道的业态集中在街道两侧交叉口，有些街道



的业态集中分布在街道的中间地段,而有些街道的业态则均匀分布在整条街道上。探讨街道功能布局与街道活力的关系,第一步是对街道功能布局模式进行识别。本文选用方法是:将街道等分成三等分,分别统计街道各段的POI数量,接着按照一定规则识别街道POI布局形态,最后识别出5种街道功能布局形式(图15),规则如下:

①若中间段的POI数量占整条街道的比例超过50%,则认为是“中间高,两端低型”,即业态主要集中在街道的中间地段;

②若中间段的POI数量占比与两端段的POI数量占比之差均大于20%,且两端段的POI数量占比均高于34%,则认为是“中间低,两端高型”,即业态主要集中在街道两侧交叉口;

③若街道前两种情况均不符合,且POI数量占比从一端向另一端以大于20%的差递减,则认为是“递减型”,即业态由一端交叉口向另一端交叉口递减;

④若前3种情况均不符合,且一端的POI数量占比超过50%,则认为是“一端高型”,即业态集中分布在街道一侧的交叉口;

⑤若以上4种情况均不符合,则定义为“均匀型”,即业态均匀分布在街道上。

选取北京三环内的街道,展示各街道的功能布局,计算之后,新增了“未知型”(图16)。南锣鼓巷,以及从东单北大街到东西北大街东侧的东西向胡同是典型的“一端高”型的街道功能布局;东西北大街西侧的与之相连的东西向胡同有部分“中间低两边高类型”聚集;“均匀型”街道在前门,及崇外大街东侧的东西向胡同有部分集聚;“递减型”街道分布较少,“中间高两边低型”街道无明显集聚点。

北京五环内各类型街道的占比如表3所示。可见,“一端高”型的街道所占比例最高(34%);其次为“中间高两边低”和“均匀型”,分别是19%和13%;“递减型”和“中间低两边高型”占比最低,分别是7%和4%。

对五环内各类型街道统计休息日14:00—17:00的人口密度,以此表示街道活力(图17),均匀型街道(业态均匀分布在街道上)

的活力最高,其次为中间高两边低型街道(业态分布在街道中间段,两端的交叉口业态少),一端高型街道(业态只分布在街道一侧的交叉口)的活力最低。除均匀型街道外,其他类型的街道活力差别不大。关于街道活力与街道功能布局的关系,下一步拟纳入本文构建的街道活力指标体系中进行分析。

## 5 结论与讨论

本文基于街道城市主义(Street Urbanism)理论,在现有的数据增强设计的框架(Data Augmented Design, DAD)下,参考已有成都街道活力的研究,对北京街道活力展开定量实践探索,一方面对比传统活力研究方法之一——空间句法与文章所构建活力影响要素对街道活力的解释力度;另一方面,对比北京与成都的街道活力影响要素,通过不同城市的深入分析,发现中国城市街道的一般性规律或地区差异,同时不断丰富已构建的城市街道层面的活力评估体系。

理论上,本文丰富了街道活力的评估框架,并定量探索了街道活力的影响因素。北京的实证研究表明:(1)只考虑空间句法的指标体系对街道活力的解释力度远小于只考虑街道属性、周边环境等的指标体系,而二者都考虑的指标体系对街道活力的解释力度有轻微的提升。(2)功能密度、到城市商业中心的距离和到商业综合体的距离是影响街道活力的主要因素,而各类型街道的活力影响因素均与功能密度的关系最为敏感,商业中心能在一定程度上提升周边的街道活力,商业综合体能在一定程度上提升周边A类(公共管理与公共服务)和B类(商业服务业设施)街道的活力,对R类(居住)街道的活力有轻微的提升作用。不同类型街道的其他影响因素有所差异:A类(公共管理与公共服务)街道活力在一定程度上受到地铁口的影响,且道路等级越高、功能混合度越高,街道活力越低;B类(商业服务业设施)街道活力与道路宽度、交叉口密度相关,与认识不同的是,道路宽度越宽,街道活力越高,而道路交叉口密度越高的地方反而街道

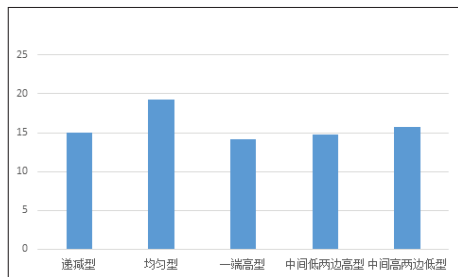


图17 各类型街道人口密度

活力越低,这可能与街道周边分布的业态的档次相关;R类(居住)街道活力同样受到地铁口的带动影响,而功能混合度越高,街道活力越高。(3)通过与成都街道活力的研究对比,发现二者存在相同之处,也存在明显的不同之处。相同之处包括功能密度和到中心的距离对各类型街道的活力均有明显影响,功能密度越高、到中心的距离越近,街道活力越高;3类街道的活力均与功能密度、到中心的距离密切相关等。不同之处包括在成都案例中,A类(公共管理与公共服务)、R类(居住)街道活力与离中心的距离(原行政中心)的关系最为敏感,B类(商业服务业设施)街道活力与地铁站的关系最为敏感,而在北京案例中,3类街道活力均与功能密度关系最为密切等。此外,本文还对街道功能布局进行了识别,并且对街道功能布局与街道活力的相关关系做了初步探索,发现业态均匀分布在街道的街道活力最高。

实践上,本文的研究成果对街道活力的营造具有一定的指导意义。整体而言,二者均抛开难以改变的区位因素,对北京这种低密度蔓延的城市而言,提升街道的功能密度能有效提升街道的活力,对密度相对较高的成都而言,功能混合度更能有效提升街道的活力;对商业设施布局选址而言,更适合布局在地铁口或商业综合体附近的街道,或者换个角度说,在对街道进行规划设计时,地铁口或商业综合体附近应该配套相应的商业服务设施,以提升街道的活力,促进空间的高效使用;对居住功能主导区的街道活力营造而言,提升功能密度和功能多样性仍是有效的方法,此外,成都的商业

设施相对突出、街道更具生活气息,密路网、窄街道、微循环能提升街道活力,而当这套方法应用于北京时却得再行斟酌,因为北京快节奏、综合和大规模等特点,可能导致该方法的不适用。

通过北京与成都街道活力的对比,可以看出上述街道活力影响因素的影响随城市有所差异,而关于二者差异的原因,这有待于后续更多深入的研究工作来论证。另外,笔者将空间句法的指标加入构建的活力要素中,此时商业中心的距离、交叉口的密度未能通过显著性检验,因为商业中心的距离、交叉口的密度在一定程度上表征区位,而空间句法也是表征区位的有力方法,若经过多个城市检验,均呈现类似结果,可以考虑用空间句法的指标表征区位因素;笔者尝试将研究范围缩小至北京三环内,对B类(商业服务业设施)街道和A类(公共管理与公共服务)街道,到商业中心的距离的影响通不过显著性检验,说明区位对街道活力的影响程度跟研究范围关系较大。在成都案例中,成都的研究范围(二圈层)相较北京(五环)大,因此其对街道活力影响占据首位的因子是到中心的距离这一结果可能与研究范围有关,但是除开距离外的其他因素受研究范围影响不明显。北京街道活力影响要素中道路宽度对商业服务业类街道活力的促进作用、交叉口密度对商业服务业类街道的抑制作用、公交站点对居住类街道的轻微抑制作用等,这些结果均与认知不同,还有待进一步验证。此外,本文初步探索的街道功能布局,也是未来拟加入街道活力评价体系中的一个指标。■

## 参考文献 References

- [1] 许凯,孙彤宇. 机动时代的城市街道——从基础设施到活力网络[J]. 时代建筑, 2016(2):54-61. XU Kai, SUN Tongyu. Street in Motor Age: from infrastructure to Vibrant Network[J]. Time Architecture, 2016(2):54-61.
- [2] Jacobs J. The death and life of great American cities[M]. New York: Random House, 1961.
- [3] Gehl J. Life between buildings: using public space[M]. Washington, D.C.: Island Press, 2011.
- [4] Montgomery J. Making a city: urbanity, vitality and urban design[J]. Journal of Urban Design, 1998,3(1):93-116.
- [5] Katz P, Scully V J, Bressi T W. The new urbanism: toward an architecture of community[M]. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [6] Ewing R, Cervero R. Travel and the built environment: a synthesis[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2001(1780):87-114.
- [7] 姜蕾. 城市街道活力的定量评估与塑造策略[D]. 大连:大连理工大学硕士学位论文, 2013. JIANG Lei. Quantitative assessment and shaping strategy of vitality of urban streets[D]. Dalian: The Dissertation for Master Degree of Dalian University of Technology, 2013.
- [8] 徐磊青,康琦. 商业街的空间与界面特征对步行者停留活动的影响——以上海市南京西路为例[J]. 城市规划学刊, 2014(3):104-111. XU Leiqing, KANG qi. The relationship between pedestrian behaviors and the spatial features along the ground-floor commercial street: the case of West Nanjing road in Shanghai[J]. Urban Planning Forum, 2014(3):104-111.
- [9] Ye Y, van Nes A. Quantitative tools in urban morphology: combining space syntax, spacematrix, and mixed-use index in a GIS framework[J]. Urban Morphology, 2014, 18(2):97-182.
- [10] 郑思齐. 城市活力研究[EB/OL]. (2016-01-04) [2016-04-15]. <http://www.beijingscitylab.com>. ZHENG Siqi. Research about urban vitality[EB/OL]. (2016-01-04) [2016-04-15]. <http://www.beijingscitylab.com>.
- [11] 从街道到场所,一贴集齐全球政府场所营造行动[EB/OL]. (2016-03-04) [2016-04-15]. [http://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MzA3ODM2NjAxMA==&mid=402160315&idx=2&sn=0a97b8fecc69d2fc58b581307fb3dc44&scene=1&srcid=03042tSAeMUIGewKFPumSJTR#wechat\\_redirect](http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3ODM2NjAxMA==&mid=402160315&idx=2&sn=0a97b8fecc69d2fc58b581307fb3dc44&scene=1&srcid=03042tSAeMUIGewKFPumSJTR#wechat_redirect). From Street to Place, a summary about place revival action of global government. [EB/OL]. (2016-03-04)[2016-04-15]. [http://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MzA3ODM2NjAxMA==&mid=402160315&idx=2&sn=0a97b8fecc69d2fc58b581307fb3dc44&scene=1&srcid=03042tSAeMUIGewKFPumSJTR#wechat\\_redirect](http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3ODM2NjAxMA==&mid=402160315&idx=2&sn=0a97b8fecc69d2fc58b581307fb3dc44&scene=1&srcid=03042tSAeMUIGewKFPumSJTR#wechat_redirect).
- [12] 龙瀛. 街道城市主义—新数据环境下城市研究与规划设计的新思路[J]. 时代建筑,2016(2):128-132.
- [13] LONG Ying. Street urbanism: a new perspective for urban studies and city planning in the new data environment[J]. Time Architecture, 2016(2):128-132.
- [14] 龙瀛,周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例[J]. 新建筑, 2016(1):52-57. LONG Ying, ZHOU Yin. Quantitative evaluation on street vibrancy and its impact factors: a case study of Chengdu[J]. New Architecture, 2016(1):52-57.
- [15] 龙瀛,沈尧. 数据增强设计—新数据环境下的规划设计回应与改变[J]. 上海城市规划, 2015(2):81-87. LONG Ying, SHEN Yao. Data augmented design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2):81-87.
- [16] Liu X, Long Y. Automated identification and characterization of parcels with Open Street Map and points of interest[EB/OL].(2015-5-20) [2016-1-4]. <http://epb.saqepub.com/content/learnly/2015/09/02/02658135/5604767.abstract>.



# 信息化对城市空间和传统通勤模型重塑的文献综述\*

## Literature Review on Reshaping Traditional Commuting Model and Urban Space by Information and Communication Technology

崔璐辰 张 纯

文章编号1673-8985 (2016) 03-0046-06 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘 要** 在互联网热潮中,信息化、智能化已经使城市空间发生了彻底的变化,也对传统通勤模型产生了深刻的影响。在综述前人经验和案例研究的基础上,从城市空间格局、城市通勤行为和城市公共交通等3个方面,考察了信息化技术对于传统通勤模型和城市移动性的影响。研究发现,信息技术和由此带来的时间碎片化,对于城市空间有着重要重塑作用,而关于其影响的程度目前存在着极大影响论、微弱影响论以及适度影响论等不同的观点。在传统通勤模型的基础上,信息化一方面会提供远程通讯支持而减少传统的出行机会,另一方面也会由于面对面交流的增加促进人们产生新的出行需求。互联网也带来人们通勤时间的碎片化,促使了公共交通方式的优势重新凸显;人们可以借助网络和移动智能终端进行多任务、多目的和灵活化的安排,并且具有更多根据实时交通情况进行交通决策的自主性。基于文献综述分析发现,相对于传统模型,信息化已经使城市居民的通勤行为发生了重要的变革,这为未来制定互联网时代的城市规划和交通政策提供了启示和借鉴。

**Abstract** In the era of the Internet, information and communication technology (ICT) has changed urban space and traditional commuting model fundamentally. This paper reviews the previous literature on the impact of ICT on the traditional commuter model and urban mobility in aspects of urban spatial pattern, urban commuting behavior and urban public transportation. Study shows that information technology and time fragmentation reshape contemporary urban space, and theory of determinism, possibilism, and mid-effect are brought out depending on the degree of influence. Based on traditional commuting model, it finds that ICT will reduce traditional trips by providing communication support, while increase new trip demand due to the importance of face to face contact. Since the fragmentation of commuting time, the advantage of public transit reappears. By internet and mobile terminal such as smart phone or pad, people can conduct multi-purpose activities and multi-tasks on their way, and also enjoy more flexibility of their trip arrangement. It also provides self-control on their travel decision depend on real time traffic status. Accumulated researches show that information technology has made important changes on urban commuting behavior comparing with traditional commuting model, which provides implications for the future urban planning and urban transportation policy.

**关键词** 信息化 | 城市空间 | 通勤模型 | 碎片化 | 通勤者决策

**Keywords** Information and communication technology | Urban space | Commuting model | Fragmentation | Commuter decision

### 作者简介

#### 崔璐辰

北京交通大学建筑与艺术学院  
硕士研究生

#### 张 纯 (通讯作者)

北京交通大学建筑与艺术学院  
副教授,硕士生导师

## 0 引言

信息化、智能化已经使区域和城市空间发生了彻底而深刻的变化。随着计算机技术、互联网的普及,无论是区域和城市的组织和发展模式,还是城市居民的生活已经发生了天翻地覆的改变。与此同时,世界各国在最近几年也都将互联网上升到国家战略高度,非常重视信息革命已经带来的、正在带来的和潜在的影响。

例如,美国提出了工业互联网战略<sup>[1]</sup>,中国提出了“互联网+”行动计划<sup>[2]</sup>,都非常注重互联网对于城市空间、城市经济以及城市生活的巨大影响。由此,信息化、智能化即以信息通信技术 (information and communication technology, 以下简称ICT) 为连接,将城市中的实体空间和虚拟空间进行关联——并将区域与城市的所有参与者,包括城市居民、公司、地方和国家政府等

\*基金项目:北京交通大学基本科研业务费专项研究项目“基于城市交通的中国城市智慧发展研究”(2014JBZ020) 资助,教育部人文社科青年项目“基于城市交通的中国城市智慧发展研究”(13YJCZH240) 资助。

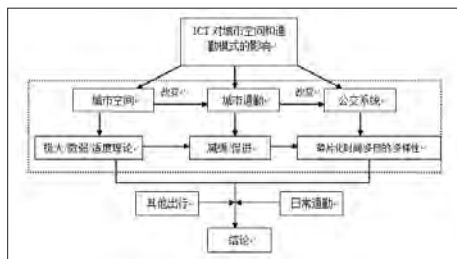


图1 信息化技术对城市空间和通勤行为影响的研究框架图

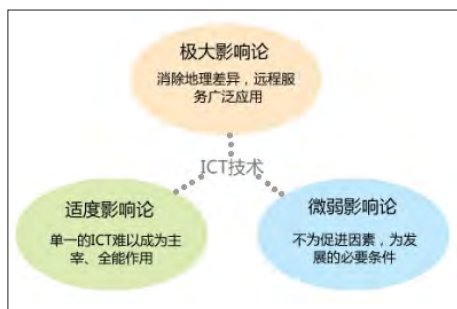


图2 ICT技术对城市空间影响的3种理论观点

广泛地链接起来,将成为改变城市空间与城市通勤的重要话题。

全球范围来看,越来越多的国家意识到信息化和互联网时代新秩序构建的重要意义。许多国家已将信息技术作为优先发展部门,并试图将其与建立城市网络,加入智慧走廊的战略统一起来,如新加坡的智能城市、马来西亚的“多媒体超级走廊”、西班牙加泰罗尼亚的“科学之环”、法国技术园通信中心工程、牙买加的“数据中心”<sup>[3]</sup>。这些国家和地区希望通过加入互联网获得新的发展契机。又如,美国在1993年为了应对互联网时代的新机遇和新挑战,展开国家信息通信基础设施行动(National Intelligence Initial, NII),根据这一行动计划,信息基础设施的发展将彻底改变人们的生活、工作和联系方式,而地域、距离的限制将逐渐消除<sup>[4]</sup>。

然而,面临如此前沿而重要的课题,在考察互联网和信息通信技术(ICT)对区域、城市、企业和个人活动的影响时,目前尚无一致性的结论。一些学者提出ICT技术本身虽然改变了传统意义上的区位以及要素的连接,或许使传统上的边缘地区获得重新发展的优势,然而ICT技术本身并不能消除地区之间的不平等<sup>[5]</sup>。甚至有学者认为,由于网络基础设施建设程度的差

异而产生的技术鸿沟,甚至可以加剧区域之间的不平等性<sup>[6]</sup>。与此同时,关于ICT技术对于城市通勤和出行影响的结论也不尽相同。一方面,ICT技术的出现,提供了新的通讯方式从而可以减少人们的出行机会;尤其是网络购物的普及减少了人们到实体店购物的次数<sup>[7]</sup>。另一方面,ICT技术也提供了更多交通出行相关的指引,优化了人们的出行流程和路线,借助移动终端使交通工具上的时间更加丰富和高效利用<sup>[8]</sup>,提升了出行的安全性和舒适程度。这些都使传统通勤模型悄然发生了改变。综上所述,信息技术的应用已经渗透到城市空间和人们生活的方方面面,信息技术与互联网在交通领域的渗透促生了交通行为、交通方式和智能交通体系的出现,对城市空间和传统通勤模型产生了深远的影响。

本文将从3个部分探讨ICT技术对于城市空间和通勤模式的影响(图1)。首先,探讨ICT技术对于城市空间的影响。其次,探讨空间格局改变的背景下,传统通勤行为的变化。最后,探讨公共交通的新优势与机会。

## 1 ICT技术对城市空间的影响

信息时代的到来首先使城市空间发生了彻底而深远的变化。信息技术不仅显著提高着经济生产效率,而且也在逐渐消除社会生活各领域之间的空间距离,从而使城市空间发生极大的变革。在研究ICT对城市空间影响程度上,可以分为极大影响论、微弱影响论和适度影响论等3种观点(图2)。随着ICT技术的渗透,极大影响论认为空间的制约和约束将全部消失;微弱影响论认为ICT技术对于区域和城市发展有促进作用,但影响作用是有限的;适度影响论认为,信息化和互联网等技术的影响只是在某种程度、某些方面发生,它的影响作用在一定范围内是有限的。

### 1.1 极大影响论: 空间约束的消除

极大影响论的学者认为,ICT技术完全消除了空间和距离,而使得区域和城市格局产生了彻底的变化。互联网把人们从某个现场的禁

锢中解放出来,传统上人和物在实际城市空间中的制约,都以无距离空间的出现、商贸活动分散化和关系短暂化为特点<sup>[9]</sup>。

例如,卡斯特尔区分了流空间(space of flows)和场所空间(space of places),并提出了流空间由电子网络、节点和枢纽,以及管理精英的空间组织等3层构成<sup>[10]</sup>。相似的,米切尔提出城市借助无线网络和便携设备可以创造出“连续的区域”,使人们依靠网络展开的活动摆脱了交通的制约,更自由的地点转换成为可能<sup>[11]</sup>。另外,20世纪90年代末网上购物开始流行,这改变了人们的购物习惯并减少了购物方面的出行<sup>[12]</sup>。

在国内的研究中,随着中国互联网和智慧基础设施的快速建设,也出现了大量关于信息技术对城市空间影响的讨论。例如,甄峰和顾朝林对城市空间结构的研究表明,信息化正在使大都市区向分散的结构变化,城市次中心正在兴起<sup>[13]</sup>。相似的,黄鹤提出信息时代消除了地理空间的物理限制,数字化技术的普及将导致越来越少的对特定地点、特定时间的依赖<sup>[14]</sup>。

### 1.2 微弱影响论: 促进区域发展的局限

相对于极大影响论,微弱影响论认为,ICT对人类活动的影响是有限的、不充分、不确定的,在某种程度上促进了区域与城市的发展。可以认为,ICT技术为区域或城市的发展提供了必要条件。例如,Verlaque认为信息化技术可以被视为一个基本因素或优势,这种优势将会造成地区间竞争水平的差异<sup>[6]</sup>。相似的,Kellerman也提出虽然仅依靠电信的存在是不足为地区发展提供全部的保证,但延误互联网和信息化的建设进程必将导致地区经济的衰退<sup>[15]</sup>。这些研究的相似之处是,由于互联网和信息设施的普及程度差别已经形成了“数字鸿沟(Digital gap)”,具有信息基础设施的国家和地区虽然不一定获得必然的优势,然而没有这些设施的国家和地区却被隔离开来而处于弱势,从而被剥夺了发展机会。

### 1.3 适度影响论: 影响的局部性和有限性



适度影响论的学者持折中观点,认为ICT技术在某些程度、某些方面影响了人们的生活,但它的影响作用不是绝对的。事实上,数量更多的学者支持适度影响论:单一的电信基础设施建设很难彻底淡化地理距离的作用,并颠覆城市和地区的空间组织模式——ICT技术的影响更多是为现有的城市经济活动提供更加灵活的联系和更多的发展机会。

例如,米歇尔·莫斯基于1980年代以来对纽约曼哈顿的观察发现,电信技术的兴起成为企业减缓离开城市中心的因素——企业的办公部门并不能完全摆脱区位的束缚,迁移到景色宜人且宜居的郊区,ICT技术只是提供了办公辅助的功能,面对面的交流需求依然无法替代<sup>[16]</sup>。又如,Glaeser的研究发现,尽管视频电话、互联网等现代通讯方式提供了远程联系的机会,但面对面的直接接触依然非常重要。在进行商务洽谈和合作时,面对面的交流更能促成合约的达成和激发灵感。因此,在现代通讯方式高度发达的今天,一些行业企业仍然愿意聚集在城市中心密集而租金昂贵的写字楼中<sup>[17]</sup>。这些研究所持有的相似观点是,ICT技术在一定范围内为区域和城市提供更加灵活的选择和潜在的发展机会。

## 2 城市出行行为在信息通讯技术影响下的变化

讨论ICT技术对于传统通勤模型的影响,首先需要从回顾传统交通经济学模型开始。从1950年代开始,西方交通经济学者开始关注城市通勤模型,讨论区域尺度的铁路、公路等运输方式下成本的影响因素。并研究城市内部通勤,尤其关注郊区化过程中在小汽车和公共交通模式下的成本比较以及对职住空间关系的影响<sup>[18]</sup>。在两本交通经济学的开山之作,《在交通产业中的竞争经济学 (The Economics of Competition in the Transportation Industries)》和《城市交通问题 (Urban Transportation Problem)》中,John Meyer发现管制增加了潜在的成本,减少交通行业中的管制能带来巨大的经济效益<sup>[19]</sup>;另外从城市出行个体的角度来

看,人们的时间成本和经济成本是影响交通方式选择和出行模式选择的重要因素<sup>[19]</sup>。

因此,在传统通勤模型中认为城市居民通勤受到时间、经济两方面因素的影响最为强烈。通常来说,随着花费时间和经济成本的增加,通勤者更不愿意接受远距离或多次换乘的通勤。而近年来,随着互联网的快速发展,ICT技术对居民传统通勤行为的改变更为显著。相对于传统上距离起着主导作用的地理空间,不同地点开始显现出不同的“价值”。伴随“非地理空间”出现,区域建立于网络基础的虚拟空间之上,跨越遥远距离的高速传输使人们能即时联系全球任何地点。使用者之间通过电子信息进行着有效交流,取代了直接“面对面”的接触。例如,Mokhtarian的研究表明,一方面,ICT满足了保持联系的社会需求,然而这些“保持联系”的需求可能会增加对出行的偏好<sup>[20]</sup>;另一方面,通过互联网的联系确实会减少出行——如果网络能传达相互沟通的信息,确实可以一定程度上替代出行。从这个意义上来说,ICT对居民出行、最佳路线的选择、人们对距离空间的认知程度都有着不同程度的影响。

### 2.1 减少传统的出行机会

ICT技术会由于提供了更多网络支持的机会,而有着减弱人们出行的作用(图3)。例如,视频会议、网络社交会降低人们必须到指定“场所”进行会面的机会<sup>[6]</sup>。又如,网络购物降低了人们去实体店购物的出行需求<sup>[21]</sup>。人们逐渐通过网络环境的构建与交流,城市中个体的交流和城市产业组织可以发生前所未有的重组和变革——增加了人们对网络环境的依赖,从而减少了人们对真实地理空间的需求。

越来越多的研究证实,ICT的普及对出行行为有着直接或者间接的影响,这对于交通规划有着深远的政策意义。有研究发现,在家中及工作地的因特网使用与出行时间减少有关。WiFi连接和笔记本电脑使用的增加,让移动工作者更愿意花费一部分时间在咖啡店或者酒店房间内,从而降低了出行的次数<sup>[22]</sup>。也有研究发现,在学校,由于笔记本电脑连接到WiFi网络中,学生能

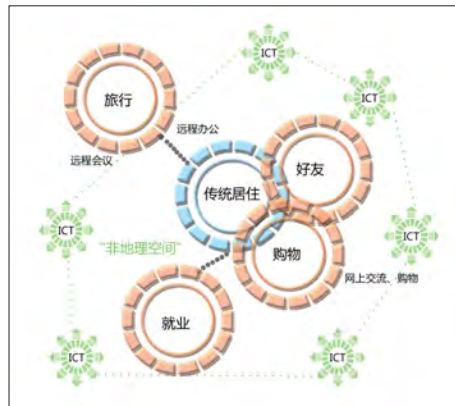


图3 ICT技术对居民出行减少作用机制

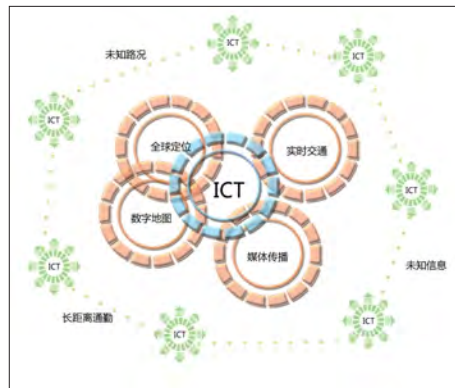


图4 ICT技术对居民出行增强作用机制

够在图书馆、咖啡馆进行远程学习,从而打破传统课堂的概念,使得学习活动更加碎片化。

### 2.2 增加新的出行需求

ICT的出现使居民的日常生活本身就发生了巨大变化,传统的通勤模式、会议形式和逛街购物的选择无一不发生着巨大变革,这使得ICT技术下当代居民的生活变得更加灵活,使居民更进一步地去追求社交生活和用户办公、购物体验。同时ICT的出现,也为人们提供了更多出行辅助,而使出行变得更加容易、舒适和富有意义。例如,全球定位系统、数字地图和实时交通信息,使居民增加了出行的次数和获取旅行信息的能力。特别是对于旅行爱好者,会因通讯交流的增加而产生新的交通出行需求。例如,有研究显示传统的传播媒体如游记、照片和地图已经成功激发了人们的旅行需求<sup>[23]</sup>。简单地说,ICT的出现可能对出行有明显的贡献——借助网络分享旅程,让人们比以往任何

时候更热爱和享受移动,并且使旅行更无缝、安全并充满娱乐<sup>[24]</sup>。

借助新出现的手机APP会使交通出行变得更为丰富和快捷。一方面,手机社交APP丰富了居民的社交网络系统,使居民拥有更加广阔的网络社交范围,增加了其私下见面交往的机会进而促进交通出行;另一方面,出行辅助APP在居民出行之前或出行之中提供了人性化的出行路线信息,可以协助乘客做出旅行时间和线路的最佳选择,使居民能够更快捷、更便利地相互联系并组织相关出行活动,这些出行辅助功能极大缩减了出行成本,进而大大增强了居民出行的自主性(图4)。

### 2.3 城市居民未来出行趋势

ICT的影响作用下,当代城市从传统的中心—边缘等级结构逐渐走向分散化、去中心化和无地方性,城市空间结构也趋向碎片化。这使得城市中就业和居住的空间选择变得更加弹性和自由。Nilles等创造了“远程通勤”的概念,即交通及信息技术的进步,带来了传统区位论中所强调的交通运输成本的下降,使得城市中就业和居住的空间选择变得更加分散,通勤的距离大幅度增强<sup>[25]</sup>。这一概念后来也被用以描述使用计算机和远程通讯技术的基于家庭和邻里的工作,认为是解决拥挤的城市环境和长距离通勤到中心区办公室的办法。又如,Kala使用城市密度函数分析了“远程通勤”对郊区化的效应,发现远程通勤确实支持了城市的郊区化趋势<sup>[26]</sup>。

在远程通勤的影响下,Lyons发现ICT使出行的危险性和孤独性降低,这让远程出行对于个人来说变得更加具有吸引力<sup>[27]</sup>。此外,Jensen的研究发现ICT的影响还在于未来预期的旅行,甚至成为促进出行的推动者——因为信息的获取能够为出行创造新的愿望<sup>[28]</sup>。Lenz的研究显示了访问通信和信息的能力,资源可以从特定依赖物质中释放出来。因此,远程通讯方式的使用减少了交通出行的障碍,使之更为安全和有序,因此公共出行的城市交通方式变得逐渐可被接受<sup>[29]</sup>。在强调“优先发展城市公

共交通”的同时,让ICT同时服务于公共交通系统使其更加智慧化、智能化以及提升公共交通系统的整体服务水平和居民的生活品质将作为城市交通方向的研究重点。

## 3 互联网时代城市公共交通的新优势

### 3.1 通勤和时间的碎片化

人们在城市生活中都有一些零散的时间,如在银行排队时、在餐厅就餐时、堵车时、公交车或地铁上、课间等,这些即称为碎片化时间。随着人们生活节奏的加快,移动终端设备的普及,碎片化时间也越来越多地被加以利用。

国内IT领域的一些研究关注到了时间碎片化的趋势及其潜在的市场价值。例如,乐天的研究发现,碎片化时间产生的原因多种多样,比如所乘坐的出行交通工具晚点或者取消、会议期间的短暂休息等等<sup>[21]</sup>。又如,高海霞的研究也表明,随着网络媒体日益增多,互联网、数据库等各种新技术的运用和发展,使得现在大众传媒市场正在瓦解成一个个“碎片”市场——可以说现在人们已经进入了一个碎片化的时代<sup>[30]</sup>。

研究还发现,在越发达的国家,碎片化时间被分割得越细小和碎片化。作为现代城市生活的一部分,工作空间与生活空间互相交织下越来越模糊的边界,是人们在城市快节奏下忙里偷闲的必然选择(表1)。发达国家和地区城市居民的碎片化时间主要以工作中、候机、在路上、排队和会议中存在,碎片时间呈现为极为零散、临时性较高的特点。而在发展中国家,居民的碎片化时间主要以公交车上、睡前、排队和工作间隙等形式存在,相较于发达国家而言,发展中国家居民的碎片化时间更加大块化、易预测,居民基本可按自己的计划进行支配<sup>[31]</sup>。

此外,随着近年来手机等移动终端功能的日益丰富、技术的逐渐成熟,使得人们在各种碎片化时间内就可以通过手机进行各种网上功能。例如,屈雪莲的研究发现,用户使用移动互联网应用的行为一般穿插在日常工作、生活中,较易受到用户生活行为及外部环境干扰,因此单次会话时间一般也很短暂<sup>[32]</sup>。就移动互联网用户使用手机上网的场景而言,等待时、乘坐交

通工具时、睡觉前是用户最主要的手机上网场合<sup>[33]</sup>。因而,在无法避免的碎片时间模式下,人们在移动互联网背景下的出行方式的选择,也正在进一步适应碎片化的社会模式。

### 3.2 公共交通方式的优势重显

在ICT对城市通勤的影响作用中,很重要的一个方面就是促进了公共交通的使用。为了适应碎片化趋势,公共交通逐渐成为居民出行的首要选择。因为在出行途中进行多任务、多目的的活动,人们更加愿意选择公共交通进而代替私家小汽车作为出行方式。

从20世纪70年代末至今,“优先发展城市公共交通”已经成为越来越多国家和地区的共识。如今,ICT的出现进一步提升了公交系统的智慧化、智能化。基于GPS技术、GIS技术、无线通信技术,智能公交系统在城市公交运输管理和控制上正在发挥着重要作用,也实现了数据实时采集、远程控制、快速通信、公交生产运营调度、公交监控、公交信息发布等,这极大地提升了公共交通服务的水平。

很多经验和案例研究也证实,ICT的出现使城市公共交通变得更加舒适和乐于被人们接受。Schwanen等研究表明,ICT使空间活动碎片化——首先将活动分裂,然后进行多时间多地、不同时间、不同顺序的排列和重组——借助公交系统,这些碎片时间组合后价值得以重新发挥<sup>[34]</sup>。又如,在极端天气下,人们更倾向选择公共交通替代私人交通出行,因其避免了较差的道路条件,也使出行更具有预见性<sup>[35]</sup>。还有研究发现,在2008年,北京市居民平均单程通勤时间为38 min、单程通勤时间在40 min以上的人数比重为43.7%;但近年来随着ICT的出现与普遍,长时间的通勤逐渐变得可被接受,居民对公共交通系统的使用比例也有所增加<sup>[36]</sup>。

### 3.3 通勤行为的多任务、多目的和灵活化

随着ICT的普及,越来越长的上班、出行通勤时间已逐渐变得可被接受,其中还有一个重要原因是通勤行为变得更加多任务、多目的和灵活化。例如,在地铁上办公、在公交车上购物、



在上下班途中看视频,又如因ICT而发展的各种出行路况软件的大量应用,如今“多任务、多目的”的现象牢牢扎根在现有时间的使用研究上。

在国外的研究中, Yttri的研究表明,新的信息和通信技术有可能帮助人们实现基本的需要,为以情感沟通和社会关系支撑为需求的信息交流铺平了道路<sup>[37]</sup>。Bowden等的研究也发现,人们在拥挤延迟的道路上,可以立即修改会议时间,并取消其可能延误的行程<sup>[38]</sup>。相似的, Kwan认为ICT技术让人们可以立即查询计划中出行目的地信息,或针对将要参加的会议进行及时沟通,从而提供了更多的自主性和灵活性<sup>[39]</sup>。由于人们可以随时发送和接收信息,用户可以进行移动办公——这给那些忙碌的团体提供空间换取时间的方式,也减少了前往特定地点解决问题的刚性需求。

特别是在中国城市,随着百度地图、滴滴打车等大量手机软件的出现,长距离通勤变得可被接受,并且其出行的多样性受这些手机软件的影响而更加丰富。例如,北京Youku数据影院的使用者分布图表明,在一些地铁沿线、重要的公交节点,用户数量和使用频率也高。这说明在出行途中的闲暇,促进了人们对娱乐影音软件的使用(图5)。因而,在如今的公共交通系统中提高宽带速度或可用性车载WiFi的必要性逐步被增强,这可以使通勤者更充分地利用碎片化时间,丰富通勤活动本身的多样性,并使时间价值得到最大的发挥。

#### 4 结论

本文基于信息技术和互联网的发展与普及,综述其对城市空间以及人们通勤行为的影响。基于前人的研究发现,在信息时代信息技术和互联网的发展,也引起了区域与城市组织方式的相应变化,并使信息流、人流、物流、资金流、技术流等在全球范围内重新布局,这对于区域与城市的影响是双方面的。无论时间、空间的限制是否因为ICT技术而完全消除,可以肯定的是,互联网和信息通讯技术已经使城市空间发生了巨大的改变。

信息化也对人们的通勤行为带来明显的影

表1 城市居民碎片化时间的类型和特点

行为	时间类型	特点
出行	等车、乘车、候车、堵车	临时性、难预测
办公事务	会议等待、银行排队	临时性、较易预测
休息	课间、午休、买饭等待	时间固定、容易预测



图5 Youku网站开通了北京数据影院频道

注:本图参照王静远《城市数据画像》中画像六:数据影院图。

响。一方面, ICT技术能使人们无时无刻不在进行信息交流,从而降低了人们的出行需求。另一方面, ICT技术的兴起同时为人们提供了更多的出行辅助,使人们对实时路况、出行路线进行提前规划,提升出行的便利性而激发了新的出行需求,也提升了通勤的效率和准确性。此外,越来越长的出行距离、出行时间变得可被接受,因为人们在通勤途中可以进行多任务、多目的的活动使交通工具上的碎片化时间被赋予新的价值。相对于私家车, ICT技术对于公共交通出行者的影响可能更明显:碎片化的时间可以被有效加以利用,公共交通可以更多地解放双手从而提供更多的空闲时间,这使得公共交通的优势重新显现。

在中国,互联网不仅缩短了时空距离,它对于传统通勤和城市移动性的改变体现为3个方面:第一,对传统通勤模型的影响。借助互联网终端,人们开始利用互联网终端的碎片化时间,这使得通勤时间可以有效加以利用而增加了人们在交通工具上对时间的忍耐长度。第二,对于通勤效率的影响。借助于新兴导航软件,人们可

以进行出行导航并查询实时路况,这增加了人们在城市中的移动性,使人们可以到达以前不曾达到的范围,并采取更加便捷的路径和交通方式,极大增加了交通出行的效率。第三,催生新的交通出行方式。一些新生的出行服务开始出现。例如,召唤出租车的“滴滴打车”软件,利用私家车进行交通分享的“优步”软件等。

本文对于互联网时代和信息技术影响下城市空间和居民出行改变的研究,可以为未来的城市交通规划以及公共交通政策提供借鉴。在中国“互联网+”提升到国家战略的背景下,未来“互联网+交通”、“互联网+城市”等新命题将越发引起研究者、规划者和决策者的持续关注。如何将城市实体空间与虚拟空间结合,提升人们利用碎片化时间的效率、丰富通勤和其他出行活动的内容,将成为关系到城市居民生活品质的重要研究方向。未来的交通政策也将从关注交通本身转移到对人的行为和生活品质的关注上,将结合信息化与互联网时代城市交通的发展趋势,为城市居民制定更加高效、便捷、舒适的交通政策。■

## 参考文献 References

- [1] 纪成君,陈迪.“中国制造2025”深入推进的路径设计研究——基于德国工业4.0和美国工业互联网的启示[J].当代经济管理, 2016 (2): 50-55.  
JI Chengjun, CHEN Di. Study on the path design of 'China made 2025' - based on the enlightenment of German industry 4 and American industrial Internet [J]. Contemporary Economic Management, 2016(2): 50-55.
- [2] 黄楚新,王丹.“互联网+”意味着什么——对“互联网+”的深刻认识[J].新闻与写作, 2015 (5): 5-9.  
HUANG Chuxin, WANG Dan. 'Internet plus' means what-a deep understanding on 'Internet plus' [J]. News and Writing, 2015(5): 5-9.
- [3] Goddard J B. The geography of information economy[J]. Netcom, 1992(6): 572-609.
- [4] 张赤东. 以企业为实施主体的美国NII计划组织实施方法及其对我国重大专项组织实施的启示[J]. 科技进步与对策, 2010 (4): 94-98.  
ZHANG Chidong. The implementation methods of the United States NII program organization and its implications for the implementation of major projects in China [J]. Science and Technology Progress and Countermeasures, 2010(4): 94-98.
- [5] Salomon I, Razin E. Geographical variations in telecommunication systems: The case of Israel's telephone system[J]. Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie, 1988, 79: 122-134.
- [6] Verlaque M, Fritayre P. Mediterranean algal communities are changing in the face of the invasive Alga *Caulerpa-Taxifolia* (Vahl) C Agardh[J]. Oceanologica Acta, 1994, 17 (6): 659-672.
- [7] Brown E, Cairns P. A grounded investigation of game immersion[C]/CHI'04 extended abstracts on human factors in computing systems. ACM, 2004: 1297-1300.
- [8] Kamargianni M, Polydoropoulou A. Hybrid choice model to investigate effects of teenagers' attitudes toward walking and cycling on mode choice behavior[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2013 (2382): 151-161.
- [9] Sussex R, Crystal D. English as a global language[J]. Language in Society, 1999, 28 (1): 120-124.
- [10] Castells M. The rise of the network society: The information age: Economy, society and culture[M]. Oxford: Blackwell, 1996.
- [11] 威廉·米切尔. 伊托邦: 数字时代的城市生活[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2006.  
William, M. "The digital age city life [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Education Publishing House, 2006.
- [12] Rotem-Mindali O. E-tail versus retail: The effects on shopping related travel empirical evidence from Israel[J]. Transport Policy, 2010, 17 (5): 312-322.
- [13] 甄峰,顾朝林. 信息时代空间结构研究新进展[J]. 地理研究, 2002 (2): 257-266.  
ZHEN Feng, GU Zhaolin. Study on the spatial structure of the information age [J]. Geographical Research, 2002(2): 257-266.
- [14] 黄鹤. 文化政策主导下的城市更新——西方城市运用文化资源促进城市发展的相关经验和启示[J]. 国外城市规划, 2006, 21 (1): 34-39.  
HUANG He. Cultural policy led the city renewal, western city with cultural resources to promote urban development of relevant experience and implications [J]. Urban Planning International, 2006, 21 (1): 34-39.
- [15] Kellerman A, Thomas L. The internet on earth: A geography of information[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [16] Mesinger F, DiMego G, Kalnay E, et al. North American regional reanalysis[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2006, 87 (3): 343-360.
- [17] Glaeser H, Bailey D G, Dresser G K, et al. Intestinal drug transporter expression and the impact of grapefruit juice in humans[J]. Clinical Pharmacology & Therapeutics, 2007, 81 (3): 362-370.
- [18] Meyer J R, Peck M J, Stenason J, et al. Competition in the transportation industries[J]. Harvard University Press, 1959.
- [19] Meyer J R, Kain J F, Wohl M. The urban transport problem[J]. Harvard University Press, 1965.
- [20] Cao X, Mokhtarian P L, Handy S L. Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: A focus on empirical findings[J]. Transport Reviews, 2009, 29 (3): 359-395.
- [21] 乐天. 捡起你的时间碎片[J]. 新前程, 2009 (8): 76-77.  
LE Tian. You picked up the fragments of time [J]. New future, 2009 (8): 76-77.
- [22] Mercken L, Snijders T A B, Steglich C, et al. Dynamics of adolescent friendship networks and smoking behavior[J]. Social Networks, 2010, 32 (1): 72-81.
- [23] Bieler T, Perrotet M, Nguyen V, et al. Contactless power and information transmission[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2002, 38 (5): 1266-1272.
- [24] Graham D J, Van Dender K. Estimating the agglomeration benefits of transport investments: Some tests for stability[J]. Transportation, 2011, 38 (3): 409-426.
- [25] Nilles J M. Telecommunications-transportation tradeoff: Options for tomorrow[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 1976.
- [26] Sridhar K S. Firm location decisions and impact on local economies[J]. Economic and Political Weekly, 2003: 4121-4130.
- [27] Lyons R, Peres Y. Probability on trees and networks[EB/OL]. <http://mypage.iu.edu/~rdlyons/>. 2005.
- [28] National Bureau of Economic Research. Firms in international trade[R]. 2007.
- [29] Lenz A, Nierste U. Theoretical update of Bs? bar Bs mixing[J]. Journal of High Energy Physics, 2007 (6): 72.
- [30] 高海霞. 碎片化时代的营销“聚”模式[J]. 企业研究, 2010 (19): 15-17.  
GAO Haixia. Marketing "poly" mode in the era of fragmentation [J]. Enterprise Research, 2010 (19): 15-17.
- [31] 王君琨,闫强. 碎片时间的应用现状与发展趋势分析[J]. 北京邮电大学学报: 社会科学版, 2011 (2): 47-52.  
WANG Junjun, YAN Qiang. Application status and development trend of debris time [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications: Social Science Edition, 2011(2): 47-52.
- [32] 屈雪莲,李安英,陆音. 移动互联网用户需求趋势剖析[J]. 移动通信, 2010 (21): 68-71.  
QU Xuelian, LI Anying, LU Yin. Mobile Internet users demand trend analysis [J]. Mobile Communication, 2010(21): 68-71.
- [33] 答廷全,高亢. 手机“碎片时间”价值的“长尾理论”分析[J]. 现代传播: 中国传媒大学学报, 2013 (11): 96-99.  
ZAN Tingquan, GAO Kang. Mobile phone 'pieces of time' value of the 'long tail theory' analysis [J]. Modern communication: Journal of Communication University of China, 2013(11): 96-99.
- [34] Schwanen T, Kwan M P. The Internet, mobile phone and space-time constraints[J]. Geoforum, 2008, 39 (3): 1362-1377.
- [35] Neufeld D J, Fang Y. Individual, social and situational determinants of telecommuter productivity[J]. Information & Management, 2005, 42 (7): 1037-1049.
- [36] 孟斌. 北京城市居民职住分离的空间组织特征[J]. 地理学报, 2009 (12): 1457-1466.  
MENG Bin. Spatial organization of Beijing urban residents' post residential separation [J]. Journal of geography, 2009(12): 1457-1466.
- [37] Ling R, Yttri B. 10 Hyper-coordination via mobile phones in Norway[J]. Perpetual contact: Mobile communication, private talk, public performance, 2002: 139.
- [38] Schweizer J, Bowden P E, Coulombe P A, et al. New consensus nomenclature for mammalian keratins[J]. The Journal of cell biology, 2006, 174 (2): 169-174.
- [39] Kwan K M, Fujimoto E, Grabher C, et al. The Tol2kit: A multisite gateway-based construction kit for Tol2 transposon transgenesis constructs[J]. Developmental Dynamics, 2007, 236 (11): 3088-3099.



# 面向未来的DAD与智慧城市

## The Future-oriented Data Augmented Design and Smart City

姜鹏 倪砦 郝望

文章编号1673-8985 (2016) 03-0052-04 中图分类号TU981 文献标识码A

**摘要** 技术的进步使得大规模的数据收集、传输、处理变为可能,因而近年来大数据被炒得火热。数据提供了最多的可能和最大的价值,着重获取数据,将是未来发展的重要方向,而智慧城市的建设将会提供系统全面的数据集合。只是面对巨量的新型数据,还存在诸多误读与使用困难,亟需系统的理论指导与方法论支撑。DAD不失为一种系统、科学的方法论,它强调数据对设计的驱动性,通过定量分析和数据关系来设计、调整以及评价城市设计方案。大数据代表了一种全新的思维方式,智慧城市是面向未来的技术创新,而DAD是基于理想的方法探索,当三者在城市遭遇,会发生什么情况,而规划师又该做些什么? 存在即映射,感知即参与、行为即决策。

**Abstract** The development of technology makes it possible for data collection, transmission and processing. Therefore, the concept of “big data” is becoming very popular in recent years. Data provide us the most possibilities and values so that to retrieve data will be a significant direction for future development and the construction of smart city will provide us systematic and complete data collections. However, as for the large volume of new data, we still have many misunderstandings and difficulties, which result in urgent need of systematic theoretical guidance and methodology support. DAD can be a systematic and scientific methodology, which emphasizes that data are the driver of design, to design, adjust and value urban design schemes through quantitative analysis and relations among different types of data. Big data represent a brand new thinking style, and smart city is a kind of technological innovation for the future, while DAD is an exploration for methods based on ideals. When these three encounters, what will happen and what should we planners do? The existence is the mapping while the perception is the participation, and the behavior is the decision.

**关键词** 大数据 | 城市规划 | 智慧城市 | 定量研究 | 数据驱动

**Keywords** Big data | Urban planning | Smart city | Quantitative research | Data-driven

### 作者简介

姜鹏

中国城市和小城镇改革发展中心规划院  
信息室主任,高级城市规划师

倪砦

中国城市和小城镇改革发展中心规划院  
规划师,硕士

郝望

中国城市和小城镇改革发展中心规划院  
规划师

## 0 引言

习近平总书记指示,“规划科学是最大的效益”。中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见也强调,要“解决制约城市科学发展的突出矛盾和深层次问题”,要“创新规划理念,改进规划方法”。而城市规划研究工作长久以来却一直倚重定性分析而忽视定量分析。其中一个重要的原因是,缺乏有效、直观、准确的数据支撑,所以规划理论和实际研究一直难以被校验。

幸运的是,国家“十三五”规划纲要提出,“实施国家大数据战略”;“推进大数据和物联网发展,建设智慧城市”。这些都将推动数据资

源共享开放和开发应用,也为城市规划学科的发展和理论手段的进步创造了有利条件。DAD (Data Augmented Design, 数据增强设计) 便是在这一背景下产生的新型城市规划定量研究的方法论,强调在新的数据环境下,提高设计的科学性,激发规划设计人员的创造力,结合不同异构数据源的提取、分析以及预测,进行针对城市规划设计各环节的数据支持,最终提高规划方案的合理性、创新性以及弹性<sup>[1]</sup>。

本文从大数据、城市规划、智慧城市的发展现状和问题入手,分析了三者的相互关系与结合点,并重点探讨了DAD在其中的应用逻辑与发展前景。

## 1 乱象：你研究的是大数据么？

“大数据”这一术语并非近几年才出现。基于计算机、物联网等信息化技术以及传感技术的发展，现代社会出现了“一切皆可数据化”的思维倾向。而每18个月翻1倍的全球数据量膨胀式增长<sup>[2]</sup>，也令各种“数据分析”大行其道，全球复杂网络权威巴拉巴西甚至以为，人类93%的行为是可以预测的<sup>[3]</sup>。大数据的确很火，但现在五花八门的“大数据”应用概念，却有很多是名不副实的。

大数据一直是相对概念，并未形成准确明晰的定义。大多数定义都会强调数据量的超级巨大以及数据分析的异常困难，比如徐宗本院士将大数据定义为“不能够集中存储，并且难以在可接受时间内分析处理，其中个体或部分数据呈现低价值性而数据整体呈现高价值的海量复杂数据集”<sup>[4]</sup>。但这些都未妨碍大数据颠覆了工业界、学术界对传统数据的认知，并将引发人类生产及生活方式的巨大变革<sup>[5]</sup>。对未来的不确定性是人类产生恐惧的根源之一，而大数据似乎是照进恐惧黑暗的一束光明曙光。作为最早预见大数据时代发展趋势的数据科学家之一，维克托·迈尔·舍恩伯格认为，大数据将成为一种解决全球性问题的办法，给社会带来巨大益处，比如应对气候变化或根除疾病，推进良好治理与促进经济发展。很多人都将大数据作为进入某种新实证科学的法宝<sup>[2]</sup>。

事实上，大数据还未被证明可以明确某种因果关系。足够多的数据，经常可以展现出某些事物或行为之间的潜在联系，有时碰巧A还可以视为B的先兆，但这与未卜先知是两码事。大数据的价值密度很低，现有分析方法明显无法完全胜任。在处理某些问题或孤立系统的分析中，大数据应用已经开始闪光，但距离全面系统的应用还差得很远。当然，这些都不应该成为停滞不前的理由。托马斯·H·达文波特曾表示，任何一个组织，如果早点着手大数据工作，都可以获得明显的竞争优势<sup>[6]</sup>。

笔者相信，大数据作为术语的历史可能短暂，但并不是新生或孤立的现象，而是人类长期采集和使用数据的结果，只是一直受限于当时

的社会和技术条件。在久远的古代，人类便有收集、整理、储存数据的习惯，而利用已有数据进行分析决策也很普遍。比如兵书、谋略和中医，这些数据的积累不是个体终其一生可以完成的，而是整个社会的努力。又比如古代人类发现的很多先兆性的自然规律，会不会下雨，何时播种，种什么作物好等。这些都可以理解为古代的大数据应用。

大数据是技术进步的结果，代表一种全新的思维方式，其应用需要借助新的方法论与分析工具。很多人对大数据的认识还停留在海量数据的概念，部分人甚至以为大数据就是数据挖掘的别名，目前很多所谓的大数据应用，都无法体现大数据的明显特征。相对于传统数据，大数据更强调数据样本的全面性。不能只针对少量样本进行数据分析，更应在纷繁复杂的数据中关注事物的相关性。当数据量增加时，很多统计上重要但虚假的关联会被发现并指向错误的结论；而随着数据量的继续增长，这种虚假关联的数量呈现指数级增长<sup>[6]</sup>。目前，很多被发掘的数据并不是“原始”数据，着重获取数据，将是未来发展的重要方向。

技术的进步，使得大规模的数据收集、传输、处理成为可能。一下子可以拥有如此庞大的新数据，很多人都异常兴奋，但“拥有”不等于“会用”，相关理论和技术方法的研究明显滞后了。要实现大数据战略，数据获取、分析和处理等各个环节的理论与方式都有待提高。数据分析的客观公正性，也很难鉴定和保持。不要把利用大数据证明了显而易见的事情作为骄傲，这只是启蒙式的探索。

## 2 机遇：适应新常态的规划变革

现代城市是个高度繁杂的开放型复杂巨系统。理想的城市规划必须考虑到空间与社会共同作用，设计出实体与虚拟并存且遵从复杂巨系统规律的方案。而现实中，城市系统往往被割裂，引发各种矛盾与冲突<sup>[7]</sup>。同时，城市也是个不断发育的生命体<sup>[8]</sup>，发育的过程和方向不同，各类城市的凝聚和扩散作用也不同<sup>[9]</sup>。在变化的洪流中，规划师与居民却仿佛身处没有交

集的两个平行平面上。一个希望通过自己的力量，将城市变为理性选择、技术先进且社会开放的“理论”蓝图；一个则通过自我实践造就出城市中的种种无序、认识滞后或互动欠缺的状况。利益博弈下产生的城市规划，一直难以兼顾公平、效率和效益的平衡<sup>[10]</sup>。一些失效、滞后的规划，导致城市朝着缺乏进取与特色的方向发展。

反思规划，需要先理解城市的个性并与其坦诚的对话交流，而大数据将会成为谋求并实现规划变革的有利工具。但笔者认为，大数据只是解决问题的工具而非问题的解决过程，解决具体领域问题还得依靠该领域的专家，而非单纯依靠大数据技术专家<sup>[11]</sup>。所以，需要借助DAD（数据增强设计）这种理论框架与技术方法，帮助规划设计人员更好地认识和使用大数据这一工具。

DAD是面向未来的开放型理论框架。就像凯文·林奇惯用5元素揭示城市空间本质，就像克里斯托弗·亚历山大擅于探讨非树型城市，DAD从一开始就明确提出借助数据来增强人们对实体城市的理解，试图建立联接现实城市与虚拟世界的数字桥梁，关注人与空间的互动关系，特别强调跨平台协作和全面实时评价，掀起了一场前瞻性的规划认知革命。

不同于常规的建模和预演，DAD始终追寻空间属性和社会效应的完美叠合。以往那种单纯摆弄空间构成的设计手法俨然没有意义，完整的结构应该包含但不限于社会、经济以及环境。而对于规划长久以来的死穴——尺度性问题，DAD也给出了告别千城一面的美丽图景：Big is better，利用大量数据进行精确分析；Small is big，通过小空间干预获得大收益；The small in the big，城市管理兼顾精细化与大尺度效应<sup>[1]</sup>。不同于数字化或可视化，DAD进行了大量目的性非常明确的初期探索，包括城镇建设用地范围识别、城市地块增长模拟模型，各类人群深度画像等，这些都与城市的发展以及规划设计方法的改进息息相关。未来，DAD还将通过更多的实践和总结、系统的推广与培训，不断地完善和演进。



### 3 共生:智慧城市的多线程探索

随着大数据的逐步开放、移动智能设备的普及、互联网时代的到来而产生的大量新型技术应用带来了新的生活方式,但这些技术应用在解决复杂的社会、经济、环境问题,仍然不尽如人意<sup>[12]</sup>。就像简·雅各布斯在《美国大城市的死与生》中指出的:“只有在所有人都参与建设的前提下,城市才能为所有人提供一些东西。”智慧城市的建设也不能变成简单的技术堆砌,而应转向如何让市民充分参与到其所在城市的改善之中,激活城市的禀赋和活力<sup>[13]</sup>。

我国智慧城市建设这些年取得了积极进展,但也暴露出一些问题,比如碎片化建设和缺乏顶层设计等问题,部分城市更是出现了盲目建设的苗头。究其原因,很多城市把智慧城市当成简单的信息化建设,并未将其建设与城市发展阶段、城市问题应对以及城市规划管理等有机结合,导致智慧城市建设与城市实际发展的脱节。想要解决这些问题,智慧城市的建设必须按照国家发改委等八部委《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》里要求的那样,运用物联网、云计算、大数据、空间地理信息集成等新一代信息技术,促进城市规划、建设、管理和服务智慧化的新理念和新模式。智慧城市的终极目标应该是建设人们心中的那个城市,让生活得更好,应该更加注重推进我国城镇化向公共服务便捷化、城市管理精细化、生活环境宜居化、基础设施智能化的发展<sup>[13]</sup>。

一方面,智慧城市的建设需要更加系统完善的顶层设计,必须与城市的发展理念和规划目标紧密结合。国外的智慧城市建设大多注重长效,并融入到城市发展理念之中,一般不会冒进建设,比如日本计划用30年打造的柏之叶智慧城市。柏之叶的建设初衷是着眼于全球下一步发展的环境、人口和社会问题,提出打造世界未来城市的智慧城市解决方案,从“环境共生城市”、“健康长寿城市”、“新产业创建城市”3方面着手,力争实现安心、安全、可持续发展的城市目标。

另一方面,智慧城市的发展将产生更加系统、全面、高质的大数据,有利于规划编制和城

市研究工作的开展。工信部发布的2015年通信业经济运行情况显示,智慧城市的硬件建设呈现跨越式发展,万物互联之势逐渐形成<sup>[14]</sup>。在万物互联的时代,不止是手机,可穿戴设备甚至越来越多的东西都将连接到互联网,全人类的群体行为都可以映射为不断产生的超级大数据。大数据的数量与内容仍将继续呈几何数量增长,实现对真实世界的虚拟再现、实时映射<sup>[15]</sup>。借助这些数据,可以重新认识和理解城市,更加科学地编制规划,方便地检验规划实施效果。规划设计理论或方法面临演进,而DAD便是一种积极的有益尝试。

### 4 结合:DAD与智慧城市的未来

越来越多的城市正在探索“互联网+”,赛迪方略的报告显示,截至2014年底,国家智慧城市试点、信息消费试点、宽带中国试点等智慧城市建设的试点城市已达500多个。在推动城市发展、改善人们生活方面,智慧城市与城市规划具有一致性。而DAD对智慧城市的关注程度还不够,需要加强研究,探索推动两者的结合发展并形成良好互动,实现通过探究更精确的真实来指导未来的再创造。

规划需要精准数据,更需要大数据,大数据可以映射和还原城市这个巨大的复杂系统,而精准数据明显难以胜任。从这个意义上讲,智慧城市可以产生覆盖面更广、质量更优的大数据。如果定位于未来而不是现在,大数据的全样本和精细化将很可能成为标配。DAD目前的理论方法虽然也强调提高规划方案的弹性,但其实后视镜中的观察诚然有助于应急反馈,但是绝对无法实现较为远见的预测。DAD需要进一步探索增加可以动态调整的参数机制,主动链接甚至优化支撑智慧城市的各个系统。这样,未来的智慧城市将会变得愈加智能。

目前,大数据获取和处理难度还很大,需要借助人工智能这个好帮手。数据的爆炸极大地推动了人工智能的发展,机器正在通过不断观测数据、学习数据,变得越来越聪明,开始学会理解世界和发现规律。人工智能已经开始可以辅助城市管理者或者规划师去认识城市和规

划城市。而在未来,新型安全能源供应方式的实现,全球无线宽带连接服务的构建,以及脑电波传播技术和人机交互模式的突破将会使之变得更加紧密<sup>[16]</sup>。计算机或许不再是独立人类之外的“其他东西”,借助人工智能,智慧城市将可以实现极小延迟的实时反馈,人类的感知能力也将极大提升,居民的感知即成为他们参与城市建设管理的重要一环<sup>[17]</sup>。

很快,现有规划设计的编制和评估模式将会改变,体现在数据采样方式、样本可信度、规划内容细化、实施评价模拟,满足社会需求和实时公众参与等6大方面,这也是DAD的精神所在<sup>[1]</sup>。人不仅是大数据的使用者和消费者,还是生产者和参与者,不再需要被投票或用脚投票<sup>[17]</sup>。在大数据时代初期,通过数据分析处理,大数据可以作为规划决策的辅助工具。如果步子迈得更大一些,未来DAD要解决的问题可能不止于规划建设本身,而是如何帮助城市实现畅快的自动运行。摩尔定律正在推动梦想照进现实世界,智慧城市的未来将是一个全新的理想社会,数字不再是简单的现实映射,大数据也不再是辅助的规划决策手段,借助万物互联,居民将会直接地参与城市运营,居民的行为即为规划决策的一部分<sup>[17]</sup>。而那个控制和调节这一切的中枢“钥匙”,或许就是升级版的DAD。

笔者认为,智慧城市建设与DAD为代表的新型规划设计可以形成闭环,并在不同阶段相互融合促进。比如在前期阶段,智慧城市建设需要统筹谋划,可以将信息化建设的重点和内容与规划设计的问题研判、目标定位等相结合,利用新技术来解决城市面临的重点问题,将智慧城市建设的设计、模式选取与城市规划的战略和路径深度结合,甚至可以把智慧城市作为重要章节纳入规划。另一方面,智慧城市的系统架构也必须有利于大数据的收集、利用与安全,保证这部分城市公共数据可以很便利地成为优化规划编制和提升治理效能的重要基础资源。这样在智慧城市建设完成之后,在保障城市顺畅运行的同时,也可以产生重要的反馈数据,用于规划设计的监测、评估和动态调整。而借助各阶段规划或者建设的效果反馈,也可以不断

强化DAD等规划设计方法的理论体系或技术流程等,使两者的结合更加顺畅。同时,智慧城市与规划设计的脱节也暴露出一些规划设计的问题,比如过于强调理论性与整体,对单个系统或个体特性关注不足;比如规划过于强调刚性,弹性调整又往往过于主观,缺乏可验证性的依据。DAD正是朝着这种改进的方向发展,而智慧城市建设将提供第三只眼,形成对规划建设实施中各种问题的及时反馈,实现具有动态调整可能的规划弹性。

在未来,可能也就几十年后,在人工智能的辅助下,现有的规划编制和实施可能实现自动化,而规划师或许会真正地变身为城市发展的引航者、协调者和维护者。数据增强设计引领、智慧城市支撑、人工智能辅助的超级DAD,将帮助未来城市实现自我运转与实时调控。所有人的行为与现实事物都将虚拟再现于城市中枢,存在即映射、感知即参与、行为即决策,城市将实现动态的更新与维护。

## 5 结语

DAD强调的是数据对设计的驱动性。在实践维度,强调建立基于城市实体认知和其复杂效应之间的数据关系,并运用这种数据关系来设计、调整以及评价城市设计方案。而这些方法将与如何用数据理解城市实体密不可分<sup>[1]</sup>。前30年规划铺设了多么宏伟的城市骨架,现在就需要完成多么巨量的改造和提升。快速建造起来的,还存在这样那样的问题,有着太多太多的资源需要改造。需要一个强有力的共同观念,来筑就面向未来的创新系统。借助新技术,规划师将重新认识城市,了解市民的真实需求,实现规划的科学性。不在乎用户体验的规划产品,不值得拥有市场,而强加的保护,只会使自己变得愈加脆弱。不允许别人横加指责规划的实效性,那规划行业自身就要先建立起强大可控的科学性。■

## 参考文献 References

- [1] 龙瀛,沈尧.数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J].上海城市规划,2015(2): 81-87.  
LONG Ying, SHEN Yao. Data augmented design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2): 81-87.
- [2] 维克托·迈尔·舍恩伯格.大数据时代[M].浙江:浙江人民出版社,2013.  
Schonberger V.M. Big data[M]. Zhejiang: Zhejiang People's Publishing Press, 2013.
- [3] 赵国栋,易欢欢,糜万军,等.大数据时代的历史机缘[M].北京:清华大学出版社,2013.  
ZHAO Guodong, YI Huanhuan, MI Wanjuan, et al. Big data revolution: how data science changing the world[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2013.
- [4] 徐宗本,张维,刘雷,等.“数据科学与大数据的科学原理及发展前景”——香山科学会议第462次学术讨论会专家发言摘登[J].科技促进发展,2014,10(1):66-75.  
XU Zongben, ZHANG Wei, LIU Lei, et al. 'The Scientific principle and future of data science and big data': Xiangshan science conference the review of expert speeches on No.462 academic discussion[J]. Science & Technology for Development, 2014, 10(1): 66-75.
- [5] 徐子沛.大数据:3.0升级版[M].桂林:广西师范大学出版社,2015.  
XU Zipei. The big data revolution: updated version 3.0[M]. Guilin: GuangXi Normal University Press, 2015.
- [6] Cashcow.大数据不能做什么?[EB/OL].(2013-02-23)[2016-05-17]http://www.ctocio.com/ccnews/11533.html.  
Cashcow. What Big Data cannot do? [EB/OL]. (2013-02-23)[2016-05-17]http://www.ctocio.com/ccnews/11533.html.
- [7] 宋刚,唐蕾.现代城市及其管理——一类开放的复杂巨系统[J].城市发展研究,2007,14(2):66-70.  
SONG Gang, TANG Qiang. Modern urban management: an open complex giant system[J]. Urban Studies, 2007,14(2):66-70.
- [8] 甄峰,王波,秦萧,等.基于大数据的城市研究与规划方法创新[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.  
ZHEN Feng, WANG Bo, QIN Xiao, et al. Urban studies and innovation in urban planning methods based on big data[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.
- [9] 周千峙.城市及其区域一个典型的开放的复杂巨系统[J].城市发展研究,2002(1):1-4.  
ZHOU Gashi. City and its region, a typical giant open system with complexity[J]. Urban Studies, 2002(1): 1-4.
- [10] 罗可,张金荃.当代中国城市规划中的利益博弈[C]//中国城市规划年会,2006.  
LUO Ke and Zhang Jinquan. The benefit game in current Chinese urban planning[C]//Annual National Planning Conference, 2006.
- [11] 昆吾.大数据对城市规划将有怎样的影响?[EB/OL].(2016-02-06)[2016-04-15].http://www.zhuhu.com/question/26106843/answer/82497963.  
KUN Wu. How the big data will influence the urban planning?[EB/OL]. (2016-02-06)[2016-04-15].http://www.zhuhu.com/question/26106843/answer/82497963.
- [12] 安东尼·汤森.智慧城市:大数据、互联网时代的未来城市[M].北京:中信出版集团股份有限公司,2015.  
Townsend A. Smart cities: big data, civic hackers, and the quest for a new utopia[M]. Beijing: CITIC Publishing Group, 2015.
- [13] 郭理桥.智慧城市导论[M].北京:中信出版集团股份有限公司,2015.  
GUO Liqiao. Smart city guidance[M]. Beijing: CITIC Publishing Group, 2015.
- [14] 工信部:2015年通信业经济运行情况[EB/OL].(2016-01-28)[2016-04-15].http://www.cac.gov.cn/2016-01/28/c\_1117918258.htm.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. 2015 The economic condition of communication industry [EB/OL]. (2016-01-28)[2016-04-15]. http://www.cac.gov.cn/2016-01/28/c\_1117918258.htm.
- [15] 余凯.从大数据到万物智能[J].科协论坛,2015(6):14-15.  
YU Kai. From big data to everything intelligence[J]. Association for science and Technology Forum, 2015(6): 14-15.
- [16] 姜鹏.造神:人工智能在互联网中进化[EB/OL].(2015-06-03)[2016-05-17].http://www.donews.com/idonews/article/6409.shtm?utm\_source=tuicool.  
JIANG Peng. God-creating: The Evolution of Artificial Intelligence in Internet[EB/OL]. (2015-06-03)[2016-05-17].http://www.donews.com/idonews/article/6409.shtm?utm\_source=tuicool.
- [17] 张引,陈敏,廖小飞.大数据应用的现状与展望[J].计算机研究与发展,2013,50(S):230.  
ZHANG Yin, CHEN Min, LIAO Xiaofei. Big data applications: a survey[J]. Journal of Computer Research and Development, 2013, 50(S): 230.



## 参考文献 References

- [1] 陈淮,等. 国际大都市建设与住房管理[M]. 北京:中国发展出版社, 2007.  
CHEN Huai, et al. Construction and housing management of international metropolis[M]. Beijing: China Development Press, 2007.
- [2] New York City Housing Authority. Housing New York: a five-borough ten year plan[R]. 2014.
- [3] LPHA. Housing in London[R]. 2012, 2014.
- [4] 东京都都市整备局. 东京都住房发展规划(2011—2020) [R]. 2012.  
Urban Development Bureau of Tokyo Prefecture. Housing development planning of Tokyo prefecture (2011—2020) [R]. 2012.
- [5] 石忆邵,等. 国际大都市建设用地规模与结构比较[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2009.  
SHI Yishao, et al. Comparison of construction land-use scale and structure of international metropolis[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.
- [6] 东京都总务局统计局. 东京都统计年鉴[R]. 2007.  
Statistics Department of General Services Bureau of Tokyo Prefecture. Statistical yearbook of Tokyo prefecture[R]. 2007.
- [7] Department of statistics, Singapore. Yearbook of

- statistics Singapore[R]. 2013.
- [8] 香港统计署. 香港统计年刊[R]. 2008, 2014.  
Hongkong Statistics Department. Statistical yearbook of Hongkong[R]. 2008, 2014.
- [9] Statistics Korea.[EB/OL]. 2015. <http://kostat.go.kr/portal/eng/index.action>
- [10] US Census Bureau. [EB/OL]. 2015.[www.census.gov](http://www.census.gov).
- [11] 东京都都市整备局. 東京を更なる成熟に道く都市づくり[EB/OL]. 2015. <http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/kanko/mnk>.
- [12] 香港规划署. 香港规划标准与准则[R]. 2005.  
Hongkong Planning Department. Hongkong planning standards and guidelines[R]. 2005.
- [13] City Planning Department of New York. [EB/OL]. 2015.<http://www.nyc.gov>
- [14] 东京都都市整备局. 東京の土地利用(平成23年東京都區部) [R]. 2013.  
Urban Development Bureau of Tokyo Prefecture. The land use of Tokyo[R]. 2013.
- [15] 石忆邵. 土地集约利用再思考[N]. 东方早报, 2013-06-25.  
SHI Yishao. Rethink of intensive land use[N]. Oriental Morning Post, 2013-06-25.
- [16] 刘志林, 韩雅飞. 规划政策与可支付住房建设——来自美国和英国的经验[J]. 国际城市规

- 划, 2010 (3): 90-96.  
LIU Zhilin, HAN Yafei. Expanding affordable housing through planning: what can we learn from America and England?[J]. Urban Planning International, 2010(3): 90-96.
- [17] 焦怡雪, 刘涌涛. 美国以创新性区划促进可支付住宅发展的经验和启示[J]. 城市发展研究, 2007 (3): 59-62.  
JIAO Yixue, LIU Yongtao. Experience and enlightenment from innovative zoning in promoting affordable housing in United States[J]. Urban Development Studies, 2007(3): 59-62.
- [18] 罗锐, 邓大松. 新加坡组屋政策探析及其对我国的借鉴[J]. 深圳大学学报:人文社会科学版, 2014 (4): 93-98.  
LUO Rui, DENG Dasong. Study of Singapore's HDB policy and its relevance to China. Journal of Shenzhen University: Humanities & Social Sciences, 2014(4): 93-98.
- [19] 上海市城市总体规划编制工作领导小组办公室. 上海市城市总体规划(2015—2040)纲要概要[R]. 2015.  
Leading Group of the Planning Establishment of Shanghai Master Plan. Outline of Shanghai master plan (2015—2040)[R]. 2015.

## 上接第29页

## 参考文献 References

- [1] 龙瀛, 郎晔. 微观视角的中国城市空间量化研究[J]. 区域与城市规划研究(已录用, 待刊发).  
LONG Ying, LANG Wei. Quantitative research on urban space in China from the perspective of micro perspective[J]. In press.
- [2] 龙瀛, 沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变[J]. 上海城市规划, 2015 (2): 81-87.  
LONG Ying, SHEN Yao. Data Augmented Design: urban planning and design in the new data environment[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2015(2): 81-87.
- [3] Hanson S, Hanson P. The geography of everyday life[M]. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1993: 249-269.
- [4] Dijkstra M. Action space as planning concept in spatial planning[J]. Netherlands Journal of Housing and the Built Environment, 1999, 14(2): 163-182.
- [5] Timmermans H, Arentze T, Joh C H. Analysing space-time behavior: new approaches to old problems[J]. Progress in Human Geography, 2002, 26(2): 175-190.
- [6] Kwan M P. Time, information technologies, and the geographies of everyday life[J]. Urban Geography, 2002b, 23(5): 471-482.
- [7] 马斐蕊. 国内外时空间行为研究进展[EB/OL]. (2015-12-04)[2016-04-15]. <http://t.cn/RqICSoA>.

- MA Wenrui. Domestic and foreign research progress on spatial behavior[EB/OL]. (2015-12-04) [2016-04-15]. <http://t.cn/RqICSoA>.
- [8] 潘海啸, 沈青, 张明. 城市形态对居民出行的影响: 上海实例研究[J]. 城市交通, 2009, 7 (6): 28-32.  
PAN Haixiao, SHEN Qing, ZHANG Ming. Impacts of urban forms on travel behavior: case studies in Shanghai[J]. Urban Transport of China, 2009, 7(6): 28-32.
- [9] Zhang M, Sun Q, Chen J, et al. Travel behavior analysis of the females in Beijing[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2008, 8 (2): 19-26.
- [10] 柴彦威. 空间行为与行为空间[M]. 南京: 东南大学出版社, 2014.  
CHAI Yanwei. Space behavior and behavior space[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2014.
- [11] Jiang C, Ding Z, Wang J, et al. Big data resource service platform for the internet financial industry[J]. Chinese Science Bulletin, 2014, 59(35): 5051-5058.
- [12] 解明明. 政府统计视角下的大数据样本与总体关系探讨[J]. 中国统计, 2014 (12): 54-55.  
XIE Mingming. A study on the large data sample and the overall relationship from the perspective of government statistics[J]. China Statistics, 2014(12): 54-55.
- [13] Guo H, Wang L, Chen F, et al. Scientific big data and Digital Earth[J]. Chinese Science Bulletin, 2014, 59(35): 5066-5073.
- [14] 杨东援. 交通大数据, 困惑之困[EB/OL]. (2016-03-

- 24) [2016-04-15]. <http://t.cn/Rq19Mff>.  
YANG Dongyuan. Traffic big data, confusion of the trapped[EB/OL]. (2016-03-24) [2016-04-15]. <http://t.cn/Rq19Mff>.
- [15] 北京市城市规划设计研究院. 大数据在城市规划中的应用: 来自北京市城市规划设计研究院的思考与实践[R]. 2015.  
Beijing Municipal Institute of City Planning and Design. Big data applications in urban planning: the thinking and practice from BICP[R]. 2015.
- [16] 龙瀛, 茅明睿, 毛其智, 等. 大数据时代的精细化城市模拟: 方法、数据和案例[J]. 人文地理, 2014 (3): 7-13.  
LONG Ying, MAO Mingrui, MAO Qizhi, et al. Fine-scale urban modeling and its opportunities in the Big Data Era: methods, data and empirical studies[J]. Human geography, 2014(3): 7-13.
- [17] 柴彦威, 张雪, 孙道胜. 基于时空行为的城市生活圈规划研究——以北京市为例[J]. 城市规划学刊, 2015 (3): 61-69.  
CHAI Yanwei, ZHANG Xue, SUN Daosheng. Urban life circle planning based on time space behavior: a case study of Beijing City[J]. Urban planning forum, 2015(3): 61-69.
- [18] 北京市城市规划设计研究院. 数据增强设计手册[R]. 2016.  
Beijing Municipal Institute of City Planning and Design. Data Enhancement Design Handbook [R]. 2016.