

基于时空大数据的北京城市功能混合评估方法及规划策略

阚长城¹, 马琦伟², 党安荣^{2*}

1. 百度时代网络技术(北京)有限公司, 北京 100085
2. 清华大学建筑学院, 北京 100084

摘要 城市功能混合是提升城市效率和活力的重要手段,也是现代城市规划的重要原则。提出了一种基于多源时空大数据的城市功能混合评估新方法,该方法借鉴了TF-IDF算法和信息熵算法,不仅考虑各类城市功能的空间布局结构,而且反映了其实际使用特征,从而将城市功能的供给侧与需求侧特征结合起来。基于这一方法,对北京六环以内地区的城市功能混合进行计算。结果表明,城市功能混合现象极为普遍,应视为城市规划和管理的一项基本原则;从空间特征上看,功能混合密度符合距离衰减特征,体现了空间区位与城市中心结构对城市功能混合的显著影响。在此基础上,进一步探讨了不同主导功能的用地中,各类城市功能混合的配比关系和空间特征。最后,面向城市规划和管理,提出了提升城市功能混合、加强城市精细化治理水平的可行建议。

关键词 时空大数据;城市功能混合;量化测度;城市精细化治理

城市功能混合是现代城市规划中的一条重要原则。以 Jacobs 和 Alexander 的先驱性工作为起点^[1-2],城市的复杂性和多样性已被广泛认知,而功能混合作为城市复杂性的空间载体,在世界各国的城市规划法令和规章制度中均不可或缺^[3-6]。城市

功能混合将一系列相互关联的功能紧凑地安排在同一区域内,从而缩减出行成本,有效提升城市的效率和公共福利水平^[7]。研究表明,促进城市功能混合对提高城市公共健康水平^[8-9]、优化交通出行结构^[10-11]、提升住宅土地价值^[12]均具有显著的正向

收稿日期:2019-05-30;修回日期:2019-11-12

基金项目:政府间国际科技创新合作重点专项(2017YFE0118600);北京自然科学基金项目(8182027);中国新型城镇化研究院开放基金项目(TUCSU-K-17026-01)

作者简介:阚长城,百度慧眼技术架构师,研究方向为时空大数据、AI在城市规划治理中的应用,电子信箱:kanchangcheng@baidu.com;党安荣(通信作者),教授,研究方向为智慧城市规划、国土空间规划、文化遗产保护,电子信箱:danganrong@126.com

引用格式:阚长城,马琦伟,党安荣.基于时空大数据的北京城市功能混合评估方法及规划策略[J].科技导报,2020,38(3):123-131;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2020.03.009

效应。

在我国新型城镇化进程中,功能混合也已成为一个重要的手段。例如,香港的法定图则体系在规
定土地主要使用性质的基础上,通过详尽的指标设置和功能兼容性规定,平衡了规划的刚性和弹性,成为中国其他城市的范本^[13]。此后,深圳、上海、武汉等城市陆续制定地方性的规划标准,从用地混合的兼容性、混合比例等方面进行引导和管控^[14]。随着中国城市化进程进入以质量增长为特征的新阶段,功能混合势必成为城市更新和优化的一项基本准则。

目前,在学术研究和规划建设中已针对城市功能混合问题开展了大量的研究和实践探索工作,然而仍存在若干有待加强之处:一是大部分相关研究中主要考量城市功能的空间构成,但对于城市功能作为城市公共产品的实际使用情况涉及较少;二是大部分研究中主要使用土地调查数据,而对于近年来涌现的时空大数据使用不足;三是实践与理论研究的结合不够紧密,实际规划管理中比较侧重主观经验和判断。

针对上述问题,本文提出了一种基于时空大数据的城市功能混合测度新方法,该方法将各类城市功能的市民实际使用情况与城市功能的分布特征结合起来。通过在北京市六环以内地区应用该方法,在总体和局部两个层面上识别了北京市城市功能混合的空间分布特征,并对其背后的成因进行了探讨。以此为支撑,对优化城市功能混合提出了若干规划建议。

1 城市功能混合度研究进展

1.1 城市功能混合的定量测度研究

既有的研究中往往基于土地区划和土地调查的数据,使用包括信息熵(Entropy Index, ENT)^[15]、基尼指数(Gini Index, GINI)^[16]、异质性指数(Dissimilarity Index, DIS)^[17]等指标来度量城市功能混合。宋彦等^[18]对主要测度指标进行了系统的回顾,并将其分为全局性指数和局部性指数两类。Gehrke等^[19]考虑到用地在不同的时间段可能具有不同

的使用功能,提出在空间维度的基础上增加时间维度的测量。陈楠等^[20]针对新加坡滨海湾区多年的建设发展,重点探讨了滨海湾区总体结构与多样功能混合,对滨海湾区具体混合功能的配置进行定量分析。

近年来,时空大数据的涌现为研究提供了新的机遇。例如 Gervasoni 等^[21]使用 OSM (open street map) 数据,将伦敦市的土地使用功能分为居住和其他活动两类,计算其信息熵,并对其空间分布进行了可视化。李苗裔等^[22]利用 POI (point of interest) 和出租车 OD (出发区域、到达区域) 数据,构建用于量化评价城市功能混合度的空间熵和时空熵,基于这两种熵计算得出北京功能混合度的空间分布特征。

总体而言,现有的相关研究主要考量功能混合的空间特征和各类功能的配比,对于城市功能的实际需求和实际使用考虑相对不足。同时尽管近年来,时空大数据在这一领域已有所应用,但整体上针对这一新数据源的探索工作还比较少。

1.2 城市功能混合的规划管理响应

在国外,美国和新加坡是将城市功能混合纳入城市规划与管理体制的国家。美国主要通过“区划法”来实现对城市功能混合的落实。具体措施,一是使用“功能组”来实现土地利用的弹性管控;二是针对特殊地区,通过设置特别目的区实现更精准的功能混合^[23]。新加坡则主要通过“白地”这一规划手段实现类似的目的。根据相关法规,开发商可以对白地内的土地利用配置和布局进行适度灵活安排,以期实现经济社会效益的最大化^[24-25]。

在国内,香港较早通过“法定图则”的方式,实现了对城市功能混合的规划建设引导^[13]。此后,国内大量城市陆续在城市规划管理相关的法规和条例中通过各种方式落实了城市功能混合。例如,王辰霖^[26]通过研究确定了苏州古城中关于城市功能混合规划和管理的策略,实现了对古城的有机保护。张蓉等^[27]针对中国(福建)自由贸易试验区的特殊规划和管理需求,创新性地提出以城市功能混合为主的弹性管控政策。许东博^[28]在天津市蓟县的规划中也进行了类似的探讨。

从现状来看,城市功能混合已与中国的规划体系实现了初步融合,但实际规划和管控主要依赖规划师和管理者的经验判断,对功能混合的量化评估、监测仍比较欠缺。

2 城市功能数据类型与评估方法

2.1 研究范围与数据

本文的研究范围是北京市六环快速路以内的全部地区,总面积约为2267 km²。该范围内集中了北京市大部分城市建设用地和常住人口,是城市功能最为密集的地区。同时,该范围内各类城市功能交错分布,空间异质性强,是开展功能混合研究的理想区域。本研究主要使用以下两种数据。

1) 城市功能及其检索频次数据。

本文使用百度地图POI数据表征城市功能。

本文使用了共计23类、71.5万条POI数据。同时,百度地图记录了2018年3—5月间,每个POI点的用户检索次数总和。具体而言,用户通过地图查询该POI点,即视为该POI点的一次用户检索,一定时间段内的用户检索次数总和即为检索频次数据。

通过将POI点的空间分布及其访问频次数据结合起来,得以考察每个城市功能点的实际需求和使用情况。

2) 地块及地块主导功能数据

本文将由城市道路或河流、铁路等其他要素围合而成独立土地视为地块,作为基本分析单元。研究范围内共有2153个地块。根据每个地块的使用情况,应用机器学习算法^[29],识别了各地块的主导功能。主导功能共13类,包括商业设施用地、绿地、文化设施用地等(图1)。

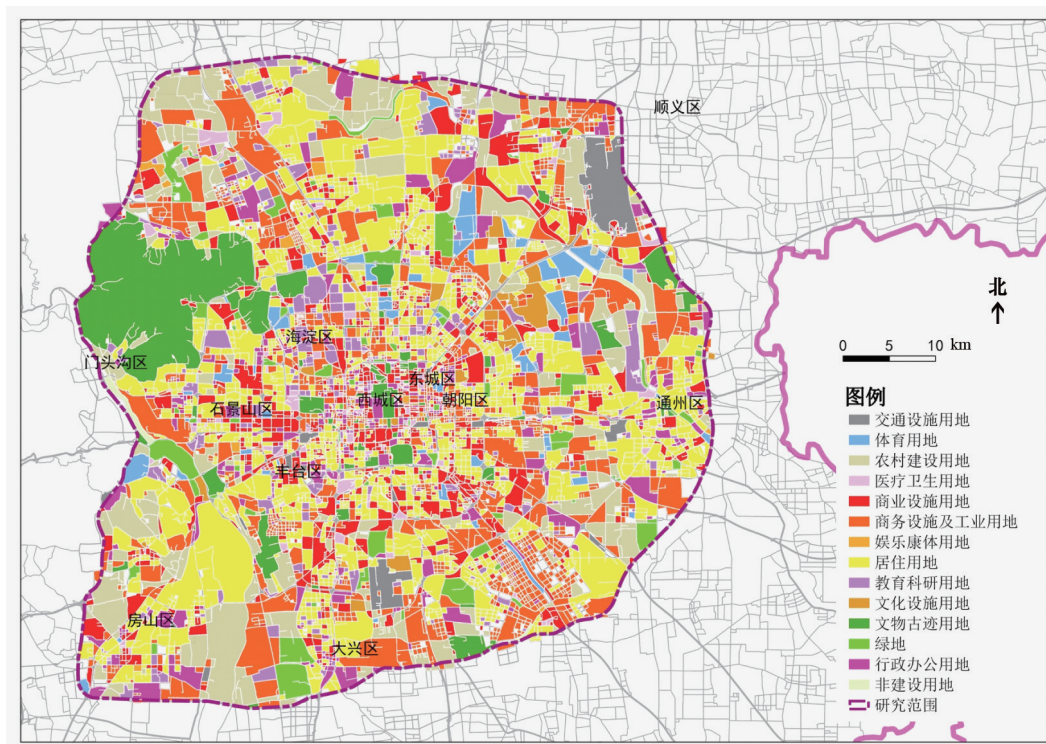


图1 研究范围及地块主导功能分布图

2.2 研究思路与方法

1) 总体研究思路

将POI的空间分布及其访问频次数据和地块

及其主导功能数据结合起来,借助TF-IDF算法,计算了每个地块中各类POI功能点的贡献度。而后借助信息熵算法,将功能点贡献度聚合为地块的功

能混合度,并使用地块面积对此指标进行加权计算得到地块的功能混合密度。在此基础上,本文探索了功能混合密度在研究范围内的总体空间分布特征,并分别统计了以四类功能为主导功能的地块中,各类城市功能的混合配比。最终面向城市的精细化治理,提出具有操作性的规划、建设和管理建议(图2)。

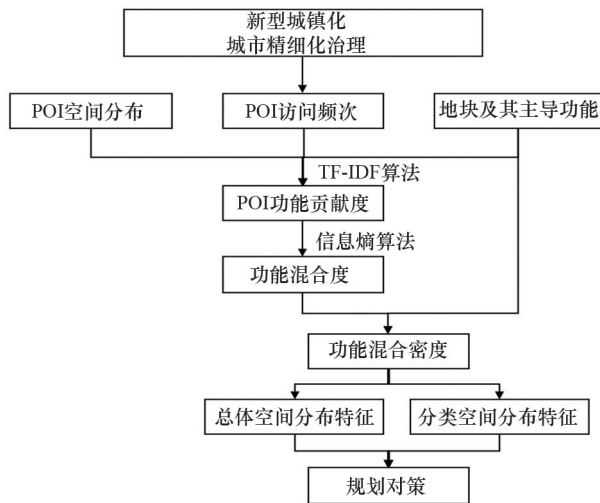


图2 研究框架

2) POI功能贡献度测算

某项POI功能对地块总体功能混合度的贡献,不仅体现为该项功能的规模,也与其实际使用情况密切相关。使用功能贡献度AC这一指标,综合反映POI功能的规模与使用特征。借鉴相关的研究^[30],使用TF-IDF算法计算某一地块中某项城市功能*i*的实际贡献度 AC_i :

$$f_{i,j} = \frac{n_{i,j}}{\sum_k n_{k,j}} \quad (1)$$

$$b_i = \log \frac{|D|}{|\{j:t_i \in d_j\}|} \quad (2)$$

$$AC_i = f_{i,j} \times b \quad (3)$$

其中, $f_{i,j}$ 表示该项功能在地块所有功能中的出现频率占比, $n_{i,j}$ 是该项功能的出现频率, $\sum_k n_{k,j}$ 是地块所有功能出现的总频率。 b_i 是对该项功能普遍重要性的度量, D 是总地块数目, $\{j:t_i \in d_j\}$ 是含有

此项功能的地块数目。

3) 功能混合度和功能混合密度的计算

本文借助信息熵算法^[12,22]作为测度功能混合度的手段。

$$L = - \sum_{k=1}^N (p_k \log p_k) / \log N \quad (4)$$

其中, p_k 是功能*k*的贡献度占地块各项功能总贡献度的比例, N 是该地块所包含城市功能数量, $N \geq 2$ 。当 $N=1$ 时,界定 $L=0$ 。

由于功能混合度是以地块为基本单元进行聚合的,地块的尺寸与功能混合度存在一定的正相关关系,当城市中的地块面积足够大时,即便其内部城市功能点相当稀疏,其总量和混合度仍可能较高,从而导致可变面元问题(MAUP)的产生。为抵消地块尺度对功能混合度量的影响,本文使用地块面积对功能混合度*L*进行加权,进一步换算为功能混合密度 L_w 。

$$L_w = L/S \quad (5)$$

其中*S*为地块的面积。

3 城市功能混合的特征分析

3.1 城市功能混合的统计特征分析

基于前文的方法,对北京市六环内所有地块的功能混合密度进行计算。从计算结果来看(图3),城市功能混合的空间分布特征呈现明显的“一主多副”结构,与相关研究^[31-32]吻合度相当高,表明这一

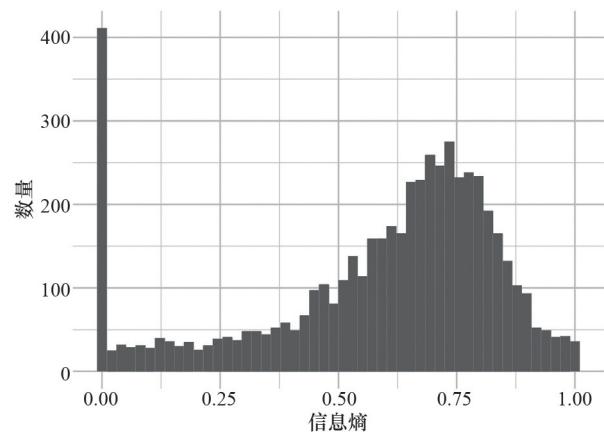


图3 功能混合密度的总体统计特征

结果较为合理。功能混合密度的统计分布如图3所示。

由图3可见,在北京市六环内,大部分地区均存在不同程度的功能混合现象。单一功能用地多为公园绿地、文胜古迹、医疗设施等,而居住、商业服务、娱乐康体等为主要功能的用地几乎均存在功能混合。

更加细致的分类分析可以发现(图4),在13类功能区中,有8类功能区的功能混合度指标主要集中在第3个四分位上,交通设施用地、体育用地、文化设施用地等排他性较强的用地类型中,混合度指标基本位于0.25~0.75之间。可见大部分用地类型中存在主导性的使用功能,但其他补充型的功能同样发挥了重要的作用。

3.2 城市功能混合的空间特征分析

从总体空间分布来看(图5),城市功能混合的多中心特征显著。在二环以内及二环周边地区,功能混合密度非常高,反映了北京老城区经过长年的更新和发展,已形成高度复杂而稳定的功能布局;在二环与四环之间,城市用地整体上保持了较高的功能混合密度,表明该地区的发展日渐成熟;四环

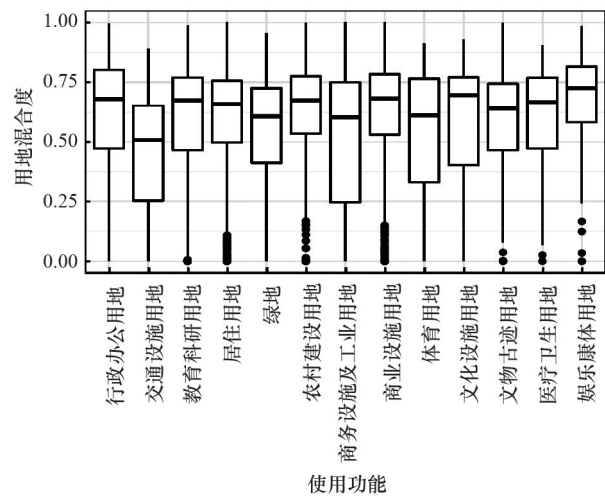


图4 功能混合度分类统计特征

与五环之间的地区功能混合密度有所降低,且单一功能用地数量大大增加,这一方面是由于该地区仍有大量用地处在建设之中,另一方面则因为该地区的生态开放空间较多;五环以外的地区整体功能混合密度则进一步降低,但在亦庄开发区、通州新城、顺义空港新区等次中心地区,功能混合的密度有所回升(图6)。

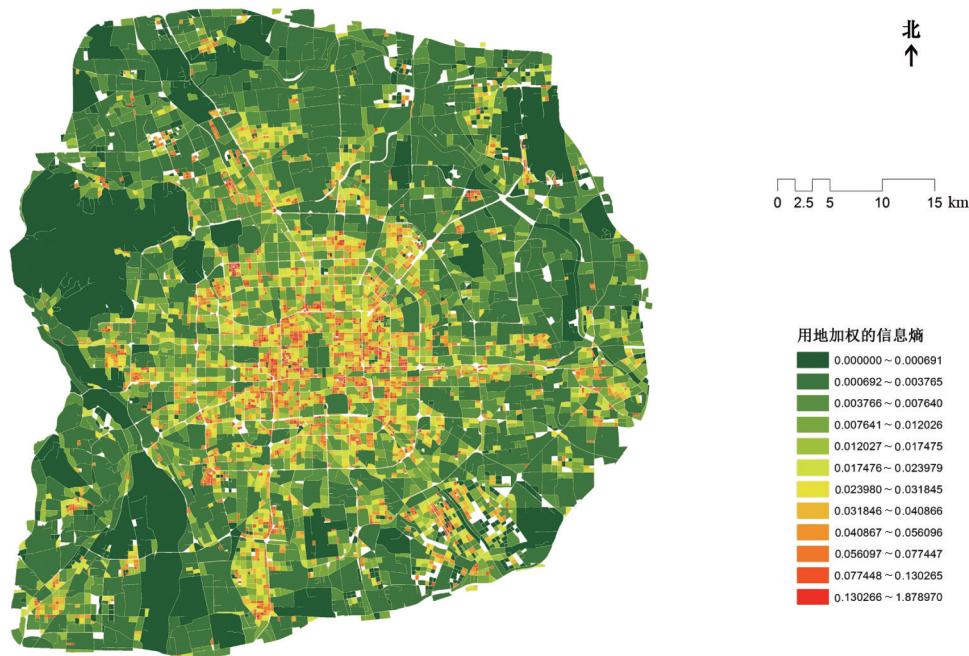


图5 功能混合密度的空间分布特征

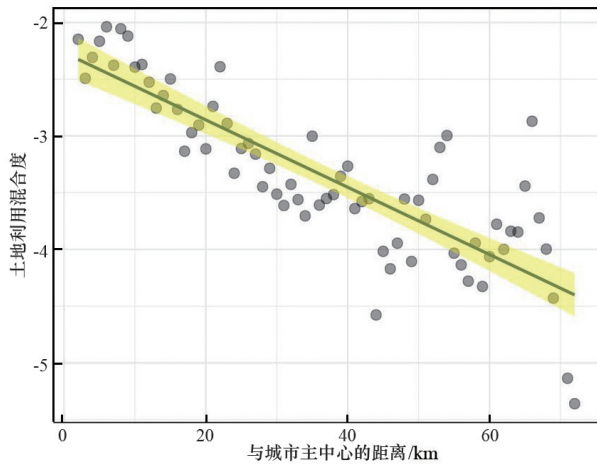


图6 功能混合密度与空间区位之间的关系

3.3 城市功能混合的分类特征分析

从地块的不同主导功能角度进行分类统计可知,城市功能混合不仅具有距离衰减特征,还存在与主导功能相关的功能配比异质性,即在不同主导功能的地块中,各类城市功能的混合比例存在明显的差异性。

1) 商业主导型用地中各类用地配比的的空间特征(图7)。在以商业为主导功能的用地中,在城市中心区商业功能的占比不足60%,商务办公功能占比超过15%,表明中心区中商业功能和商务功能的混合较为普遍。随着地块与城市中心的距离逐渐增加,商业功能的比例先略降,后逐步提升至65%左右;居住功能的占比先在四环周边地区逐步上升至约15%,而后稳步回落至5%,这表明四环周边地区

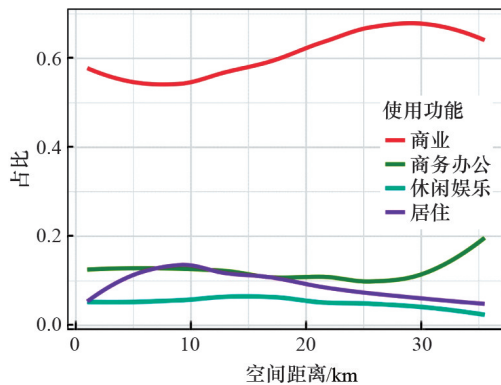


图7 商业主导型用地中各类城市功能的占比关系与空间分布特征

是商住混合用地分布高峰;商务办公用地基本保持平稳,而在距城市中心30 km的外围地区快速上升,表明这些地区企业总部基地和商务园区数量较多。

2) 商务办公主导型用地中各类用地配比的的空间特征(图8)。商务办公主导型用地中,在城市中心地区商务办公这一主导功能的占比约60%左右,而后在距离城市中心约15 km左右达到最低点,同时商业、休闲娱乐、居住这三类功能均同步下降;而后商务功能占比上升至75%左右并保持稳定,其余3类功能也同步达到平稳状态。总体来看,商业用地始终是商务办公主导型用地的主要辅助功能,而居住和休闲娱乐功能的影响则比较微弱。

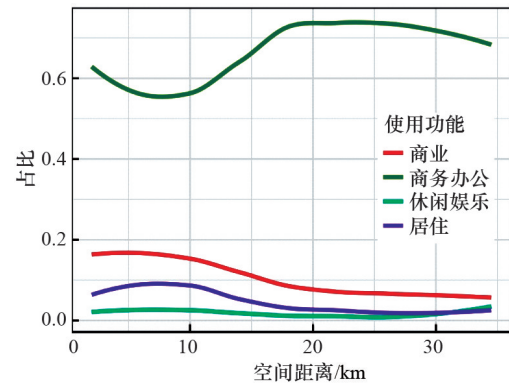


图8 商务办公主导型地块中各类城市功能的占比关系与空间分布特征

3) 休闲娱乐主导型用地中各类用地配比的的空间特征(图9)。休闲娱乐主导型用地中城市功能混合特征最为复杂。在城市中心区,休闲娱乐功能的占比达到70%,而商业功能是其辅助功能,

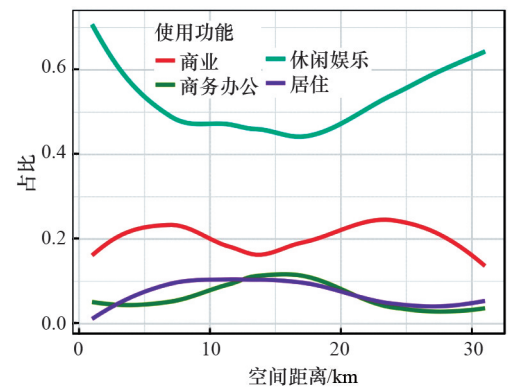


图9 休闲娱乐主导型地块中各类城市功能的占比关系与空间分布特征

这反映了北京市老城中现代服务业高度发达、休闲娱乐需求旺盛的现状。而随着距离增加,休闲娱乐功能占比迅速下降,并在四环一带接近低点,而其余3类用地功能的占比均有小幅上升,表明随着区位变化,单纯的休闲娱乐功能逐步被更加多元化的服务业态所取代。而在城市外围地区,休闲娱乐功能再度提升,反映了这些地区集中型休闲娱乐业态的再度兴起。

4) 居住主导型用地中各类用地配比的空间特征(图10)。居住主导型用地中城市功能混合特征较稳定。随着用地区位的变化,居住功能的占比小幅波动,但始终保持在60%左右;同时其余3类功能的占比也相对平稳,这体现了城市居住区对配套设施的需求相对固定。

4 面向城市精细化治理的规划策略

以促进城市精细化治理为导向,针对城市功能混合提出如下规划和管控建议。

1) 实施精细化的城市功能混合管控。根据功能区的不同和空间区位的不同,可以对功能混合实施更加细致的引导和管理(表1)。

2) 注重社区配套设施建设和社区活力提升。

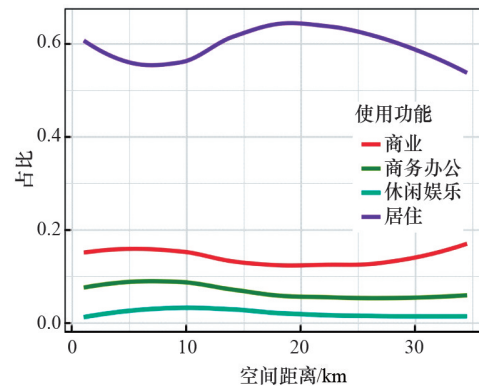


图10 居住主导型地块中各类城市功能的占比关系与空间分布特征

一是注重功能的完备性。由于居住功能与商业功能、娱乐康体功能及商务功能之间显著相关,可以认为无论居住功能区的区位、居民阶层等条件如何变化,其基本服务外设施需求大致相同,在政策中必须强调各项功能的完整性。

二是确定合理的混合比例。不管其空间区位如何变化,居住功能区中商业功能、娱乐康体功能及商务功能的配比基本保持稳定,这也反映了住区居民对各类设施的需求规模存在比例关系,此种比例关系可转化为土地政策中的相关指标,从而实施更加有效的控制。

表1 基于空间区位和功能类型区的功能混合原则建议

功能区类型	与城市中心之间的距离				
	近(老城核心区)	较近(中心区)	中(中心区外围地区)	较远(近郊区)	远(远郊区)
商业	重点引导商业设施与商务设施的混合,适当植入居住功能和娱乐康体功能	注重商务功能、居住功能与商业功能的适当结合,酌情植入娱乐康体功能		强调商业设施与商务设施的混合,适当布置居住功能和娱乐康体功能	在外围的卫星城镇中加强商业、商务功能的结合
商务	重点引导商务功能与商业功能结合,其次是与居住功能的结合,此外适当结合娱乐康体功能			加强商务功能与商业功能的混合,适当安排居住功能和娱乐康体功能	
居住	在居住区中植入一定比例的服务设施功能,按占比排序分别是商业功能、商务功能和娱乐康体功能				
娱乐康体	重点加强与娱乐康体功能与商业功能的结合,适当安排商务功能和居住功能	首先,重点引导娱乐康体功能与商业功能结合;其次,适当引入居住功能,酌情考虑商务功能	重点加强与娱乐康体功能和商业功能的结合,适当安排商务功能和居住功能		

5 结论

本文的方法整合了时空大数据,并将市民的实

际需求纳入功能混合的计算。在此基础上,以北京市为研究对象开展了系统分析,分析结果表明:
(1) 城市功能混合现象具有普遍性,研究范围中大

部分地块中功能构成遵循“主导功能+辅助功能”这一规律。(2) 城市功能混合的空间分布符合距离衰减特征,表明空间区位对功能混合的显著影响。(3) 在不同主导功能的地块中,辅助功能的配比关系随空间区位变化而变动,形成复杂的混合关系。(4) 针对精细化的城市规划管理,提出若干可行的建议。

未来的研究工作将着重在以下两个方面开展:首先,将研究方法推广到更多城市。通过比较多个城市在功能混合的统计特征和空间布局特征方面的异同,深入探讨不同城市中功能混合的内在规律。其次,细化研究的粒度。一方面,引入多中心空间模型,更加精细地刻画功能混合的空间特征;另一方面,将包括路网密度、大型公共设施布局等在内的多元要素纳入研究框架。

参考文献(References)

- [1] Jane Jacobs. The death and life of great American cities [M]. London: Vintage, 1992.
- [2] Alexander C. A city is not a tree[M]. Vancouver: Ekistics, 1968: 344-348.
- [3] Network S G. This is smart growth[EB/OL]. [2019-11-12]. <http://www.smartgrowth.on.ca/whatis.html>.
- [4] Hara Y, Hiramatsu A, Honda R, et al. Mixed land-use planning on the periphery of large Asian cities: The case of Nonthaburi Province, Thailand[J]. Sustainability Science, 2010, 5(2): 237-248.
- [5] Centers for Disease Control and Prevention. Strategies to prevent obesity and other chronic diseases: The CDC guide to strategies to increase physical activity in the community[J]. Atlanta: US Department of health and human services, 2011: 3-4.
- [6] Murakami A, Zain A M, Takeuchi K, et al. Trends in urbanization and patterns of land use in the Asian mega cities Jakarta, Bangkok, and Metro Manila[J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 70(3/4): 251-259.
- [7] Nabil N A, Eldayem G E A. Influence of mixed land-use on realizing the social capital[J]. HBRC Journal, 2015, 11(2): 285-298.
- [8] Forsyth A, Hearst M, Oakes J M, et al. Design and destinations: Factors influencing walking and total physical activity[J]. Urban Studies, 2008, 45(9): 1973-1996.
- [9] Su S, Zhang Q, Pi J, et al. Public health in linkage to land use: Theoretical framework, empirical evidence, and critical implications for reconnecting health promotion to land use policy[J]. Land Use Policy, 2016, 57: 605-618.
- [10] Gehrke S R, Clifton K J. An activity-related land use mix construct and its connection to pedestrian travel[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2019, 46(1): 9-26.
- [11] Ewing R, Cervero R. Travel and the built environment: A synthesis[J]. Transportation research record, 2001, 1780(1): 87-114.
- [12] Song Y, Knaap G J. Measuring the effects of mixed land uses on housing values[J]. Regional Science and Urban Economics, 2004, 34(6): 663-680.
- [13] 宣莹. 做狐狸还是做刺猬?——香港法定图则土地用途分类与中国大陆城市用地分类体系比较研究[J]. 规划师, 2008, 24(6): 53-56.
- [14] 许靖涛, 朱俊华, 王进安. 浅析国内外城市用地“混合使用”的规划引导[J]. 西部人居环境学刊, 2014, 29(3): 66-71.
- [15] Duncan M J, Winkler E, Sugiyama T, et al. Relationships of land use mix with walking for transport: Do land uses and geographical scale matter?[J]. Journal of urban health, 2010, 87(5): 782-795.
- [16] Brown M C. Using Gini-style indices to evaluate the spatial patterns of health practitioners: Theoretical considerations and an application based on Alberta data[J]. Social science & medicine, 1994, 38(9): 1243-1256.
- [17] Massey D S, Denton N A. The dimensions of residential segregation[J]. Social forces, 1988, 67(2): 281-315.
- [18] Song Y, Merlin L, Rodriguez D. Comparing measures of urban land use mix[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2013, 42: 1-13.
- [19] Gehrke S R, Clifton K J. Toward a spatial-temporal measure of land-use mix[J]. The Journal of Transport and Land Use, 2016, 9(1): 171-186.
- [20] 陈楠, 陈可石, 方丹青. 中心区的混合功能与城市尺度构建关系——新加坡滨海湾区模式的启示[J]. 国际城市规划, 2017, 32(5): 96-103.
- [21] Gervasoni L, Bosch M, Fenet S, et al. A framework for evaluating urban land use mix from crowd-sourcing data [C]//2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). IEEE, 2016: 2147-2156.
- [22] 李苗裔, 马妍, 孙小明, 等. 基于多源数据时空熵的城

- 市功能混合度识别评价[J]. 城市规划, 2018(2): 97-103.
- [23] 黄毅. 城市混合功能建设研究[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [24] 王潇文. “白地”, “棕地”及其他: 土地使用兼容性制度研究[J]. 建筑与环境, 2009, 3(5): 70-73.
- [25] 孙翔. 新加坡“白色地段”概念解析[J]. 城市规划, 2003, 27(7): 51-56.
- [26] 王辰霖. 基于保护的苏州古城土地混合利用规划研究[J]. 苏州科技学院学报: 工程技术版, 2015, 28(4): 58-64.
- [27] 张蓉, 李晓刚. 弹性可控的土地混合利用探索——以中国(福建)自由贸易试验区厦门片区为例[C]//2016中国城市规划年会. 沈阳: 中国建筑工业出版社, 2016: 246-257.
- [28] 许东博. 控制性详细规划中土地混合利用的规划研究——以天津市蓟县新城控制性详细规划为例[C]//2012城市发展与规划大会. 桂林: 中国建筑工业出版社, 2012: 134-143.
- [29] Yuan N J, Zheng Y, Xie X, et al. Discovering urban functional zones using latent activity trajectories[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2014, 27(3): 712-725.
- [30] Aizawa A. An information-theoretic perspective of tf-idf measures[J]. Information Processing & Management, 2003, 39(1): 45-65.
- [31] 于璐, 郑思齐, 刘洪玉. 住房价格梯度的空间互异性及影响因素——对北京城市空间结构的实证研究[J]. 经济地理, 2008, 28(3): 56-60.
- [32] 郭洁, 吕永强, 沈体雁. 基于点模式分析的城市空间结构研究——以北京都市区为例[J]. 经济地理, 2015(8): 68-74.

The evaluation method and planning strategies of urban function mix of Beijing based on spatiotemporal big data

KAN Changcheng¹, MA Qiwei², DANG Anrong^{2*}

1. Baidu.com Times Technology (Beijing) Co., Ltd., Beijing 100085, China

2. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract The urban function mix is a key element in the scheme of improving the efficiency and the vitality. Also, it serves as a significant principle in the modern urban planning. Therefore, the determination of the function mix level of a city and the adoption of effective optimization strategies are essential for the construction of human-oriented cities. A new approach is proposed in this paper for the evaluation of the urban function mix based on the multi-source geospatial big data by combining the spatial layout and the actual condition of the utilization together, to incorporate the characteristics of both supply and demand of urban functions. The method is then applied to explore the spatial characteristics and factors of the urban function mix of the region inside the sixth ring of Beijing. The results suggest that urban function is a common phenomenon in Beijing, and it should be considered as a fundamental principle in the urban planning and management. From the perspective of spatial characteristics, the density of the urban function mix follows a distance decay law, which reflects the significant influence of the location and the polycentric structure. Furthermore, the relationship between the mix ratio and the spatial pattern of urban functions in blocks, dominated by different functions, is discussed. Finally, practical suggestions are made to optimize the urban function mix and to improve the urban fine governance for urban planners and decision makers.

Keywords spatio-temporal big data; urban function mixture; quantitative measurement; urban fine governance ●



(责任编辑 卫夏雯)