

基于网络数据的轨道交通站点周边空间使用量化研究——以上海地铁10号线沿线为例

Quantitative Study on Space Use around Urban Rail Transit Station Based on Network Data: A Case of Shanghai Metro Line 10

叶锺楠 陈懿慧 YE Zhongnan, CHEN Yihui

摘要 以百度地图热力图所提供的动态数据为基础,建立空间使用强度指标来对上海市地铁10号线沿线各站周边的城市空间使用情况进行连续一周的跟踪分析,并通过对工作日和周末时段内各站点周边不同半径范围内数据的比较研究,指出了站点周边的空间使用强度在工作日时段和周末时段的差异特征、城区内站点周边对周边土地空间的影响范围,以及站点所在区位与其周边空间使用强度之间的关系。为大都市地铁站周边的用地规划和设施布局提供了一个基于网络动态数据的新视角。

Abstract On the basis of the dynamic data from Baidu heat map, the author creates the index of space use intensity and traces the space use condition around the stations of Shanghai Metro line 10 during a week. Through comparative studies on space use intensity data at different time, in different ranges and on different locations, the paper shows the comparison of data from workdays and weekends, infers the effective range from metro stations on land use and also reviews the relation between the locations of stations and the land use intensity around. On the basis of dynamic network data, this paper offers a new perspective on land use and facility planning around subway station area.

关键词 轨道交通站点周边 | 空间使用强度 | 百度地图热力图 | 上海地铁10号线

Keywords Subway station area | Space use intensity | Baidu heat map | Shanghai Metro line 10

文章编号 1673-8985 (2017) 06-0122-07 中图分类号 TU981 文献标识码 A

作者简介

叶锺楠

华东建筑设计研究总院 区域发展与城市设计研究中心副主任 城市设计所所长, 博士研究生

陈懿慧

上海同济城市规划设计研究院
规划师, 硕士

城市轨道交通由于其具有运量大、速度快、安全、准时、环保、节能和节地等特点,近年来已经逐渐成为解决大城市尤其是特大城市日益突出的交通拥挤问题,实现城市交通可持续发展的重要战略选择。同时,轨道交通对沿线城市用地具有显著的影响,因此加强城市轨道交通沿线土地利用、空间布局等方面的研究,对于协调城市土地与交通设施关系、实现城市用地可持续发展有着重要的意义。

在这一背景下,通过有效的量化方法对现有城市轨道交通站点周边的发展和实施运行情况

进行跟踪和分析,将有助于掌握轨道交通站点周边土地发展和空间布局的规律和经验,建立相应的绩效评价体系,为新的轨道交通站点地区开发提供指导。

1 现有理论及研究基础

国际上对于轨道交通站点周边地区发展的研究始于20世纪60年代,成果较为丰富的有英、美、日本和新加坡等国家。目前最被普遍认可和接受的开发模式是公共交通导向的发展模式(TOD: Transit Oriented Development)。

TOD自1990年代在美国被提出以来,一直都被作为指导城市用地可持续发展的理论。TOD在多年的理论和实践的发展过程中,形成了经典的开发设计3D原则,即高密度(Density)开发、多样化(Diversity)土地利用以及良好的设计(Design)^[1]。这3项原则实际反映了TOD的目标是站点周边空间使用的高强度和业态的多类别。

在我国,对于城市轨道交通周边地区发展的定量研究多见于2000年之后,随着我国轨道交通的建设热潮而逐渐发展。陈吉发等采用层次分析法,建立了完整的TOD模式效益评价指标体系^[2];周世惊结合香港地铁及台北捷运车站周围土地规划开发的实例数据,就城市轨道交通车站周围土地开发强度计算建立了模型^[3];林云构建了综合评价指标体系,并以佛山市为例,通过模糊综合评价模型具体对站点周边开发实施情况进行了评价^[4]。

2 研究视角与数据支撑

2.1 传统数据的局限和新型数据的优势

从现有的对于轨道交通站点周边开发的研究来看,主要的量化分析集中在高密度和多样化这两个方面,其中对于前者的关注度更是占据了绝对的主导。不同的文献在研究方法的采用上或数学模型的建立上各有差异,但在研究数据的选择上,几乎都采用了开发强度即容积率作为衡量高密度的主要指标。

然而,从实施评价的角度来看,容积率作为一项静态的指标,反映的是基于轨道交通站点周边的城市规划和建设情况,但无法反映出站点周边地区实际被使用的情况, TOD所提倡的高密度和多样化原则显然是为了实现高强度的人群活动和运作繁忙的丰富业态,而不是无人入驻的高层写字楼、住宅和门庭冷落商业、休闲设施。显然,仅依靠容积率和用地性质这些静态指标进行判断,会掩盖上述两种情景的巨大区别。

相比之下,空间的动态使用数据应该更能够真实地反映站点周边地区的实际运行。从城市层面来看,空间使用主要包含了3方面的信



图1 百度地图热力图界面
资料来源:百度地图APP。

息,分别是使用人数、使用时长以及使用目的。大部分情况下这3项信息无法从传统数据中获取,这也是为什么以往的文献很少涉及动态的空间使用。随着移动网络和大数据时代的到来,许多新型数据在城市研究中被广泛开发利用,无论是在时间还是空间维度都为研究者观察城市提供了全新的视角。在本研究中作者尝试以百度地图热力图所提供的移动应用数据为基础,结合数据转换和GIS分析方法实现空间使用情况的跟踪和研究。同时由于数据信息的局限,本研究主要涉及空间使用人数和使用时长两个维度,对于空间使用目的问题留待后续研究中依托其他类型的数据进行解读。

2.2 百度地图热力图

百度地图热力图是百度在2014年新推出的一款大数据可视化产品。该产品以LBS平台手机用户地理位置数据为基础,通过一定的空间表达处理,最终呈现给用户以不同程度的人群集聚度,即通过叠加在网络地图上的不同色块来实时描述城市中人群的分布情况(图1)。该款产品在面世之初便因其能够提供节假日景区的拥挤程度、帮助用户做出游决策而受到追捧。同时,作为一个基于亿级手机用户地理位置的大数据新应用,百度地图热力图在不同专业领域内的意义和价值也在被持续地挖掘

和开发。

3 研究对象概况

上海2014年底轨道交通全网运营线路总长达到548 km,车站共计337座,日最大客流量1 028.6万人次,可称世界轨道交通第一城。解读上海轨道交通站点周边地区的空间使用情况,对大部分正在开展或即将开展轨道交通建设的城市具有较强的借鉴意义。

本研究以上海市地铁10号线沿线各站点周边地区为对象,10号线于2010年通车,全线长度约36 km,自西南向东北贯穿上海城市区,沿途经过新天地、豫园老城厢、南京路、淮海路、四川路、五角场城市副中心等中心区域,因此被称为“最黄金线路”。

10号线目前全线共设31站,其中包括3个支线站点。在本研究中,为了便于分析,仅对主线上共计28个站点的周边空间使用情况进行了数据跟踪和量化分析,并尝试在此基础上对大城市轨道交通站点周边的空间使用特征进行一些解读。

4 站点周边空间使用强度分析

4.1 数据处理

研究根据量化分析的需要,对原始数据进行了矢量化以及地理坐标投影处理(图2),同

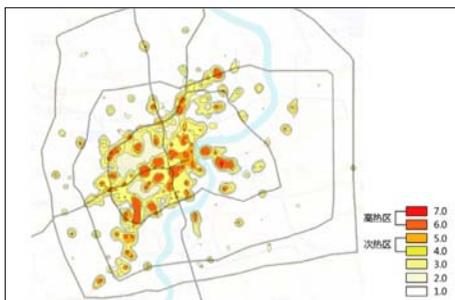


图2 经矢量化、重新投影并赋值的热力图数据
资料来源:作者自绘。

时,对矢量化后的热力图赋予1—7的热力值,热力值越高代表人群越密集,反之亦然。由于本研究对热力图原始数据的截取是基于同一尺度的连续截取,因此相应的热力值强度等级分级在各时段具有一致性。

需要说明的是,矢量化和热力值赋值都是以百度地图热力图的色彩显示为依据的。百度地图热力图的不同色块代表的是相应范围内百度App用户的密度,而不是实际的人口分布密度,尽管百度地图热力图的数据基础是数量过亿的庞大用户数据,但和全样本还是有较大的差距,因此仅能近似地展现人群密度的空间分布特点。事实上,在目前的条件下,无论是哪种类型的大数据,要代替真实的人口分布数据依然存在难以忽略的误差^[5]。基于上述原因,热力图不同色块所代表的实际百度App用户数量对于本研究并没有实际意义,因此文中没有采用单位面积内的用户数来对热力图进行赋值,而是采用了简单的1—7的热力值来反映人口密度分布的相对关系,以简化后续的数据分析。

4.2 数据选择

(1) 时间选择

考虑到城市内人群活动在很大程度上会呈现以周为单位的周期性变化,地铁站周边地区在周末和工作日的使用情况也可能存在一定的差异性,作者利用自编程序对连续一周的(2014年5月22日至5月28日)上海市中心城区的百度地图热力图进行间隔为1 h的定时截取,总计获取热力图108张,并在此基础上提取10号线各站点周边地区的热力数据(图3)。同时

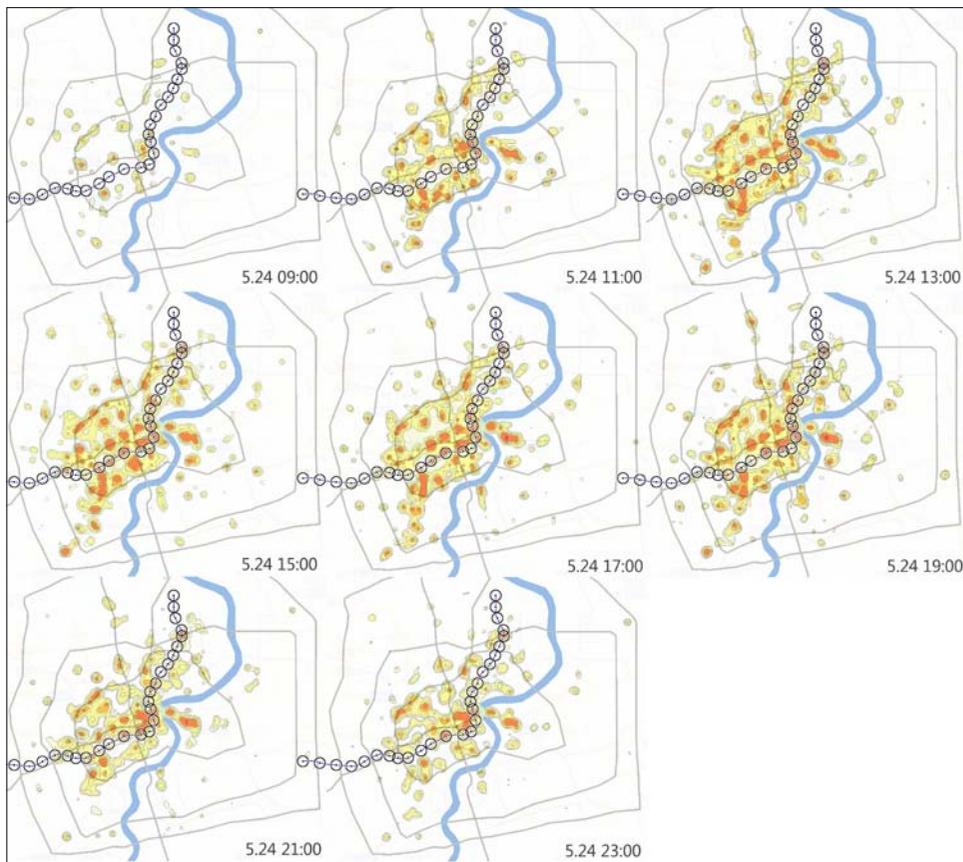


图3 10号线各站周边热力图数据(部分)
资料来源:作者自绘。

在数据初步分析的过程中,对周末(周六及周日)数据和工作日(周一至周五)的数据分别进行考察。

(2) 半径范围选择

根据最初Peter Calthorpe对TOD模式的定义,站点影响范围半径宜在400 m左右(1/4英里)^[1]。近年也有较多学者认为,轨道交通作为目前运量最大的城市公共交通工具,其影响范围应大大超过400 m,如日本埼玉新交通线对沿线地价的影响分析中,设定的影响范围为2 000 m。此外,冯陶钧建立了估算轨道交通站点的影响范围的数学模型^[6],周世惊结合理论计算和对香港案例的研究,提出站点周边核心开发范围为300—350 m,次级开发范围在660—730 m之间^[3]。

研究综合考虑了上述数据在上海的适用性以及10号线的站距特点,最终对各站周边以200 m、500 m和800 m为半径分别提取数据,

共取得站点基础数据3 024份(图4),每份数据主要字段包括站点名称、截取时间、半径范围以及各级热力值区域的面积等。

4.3 空间使用强度系数

为了将地铁站周边一定范围内的活动人群集聚情况更为直观、量化地反映出来,作者结合研究需要以及基础数据自身特点,设计了空间使用强度系数指标Q,该系数的具体计算方法如公式1所示。空间使用强度系数实际反映了不同等级热力值区域面积加权计算的结果,其取值范围为1—7,数值越大表示空间使用的强度越高。

$$Q_{rt} = \frac{\sum(nS_n)}{S_r} \quad (1)$$

Q_{rt} : t时刻站点周边半径为r的范围内的空间使用强度系数。

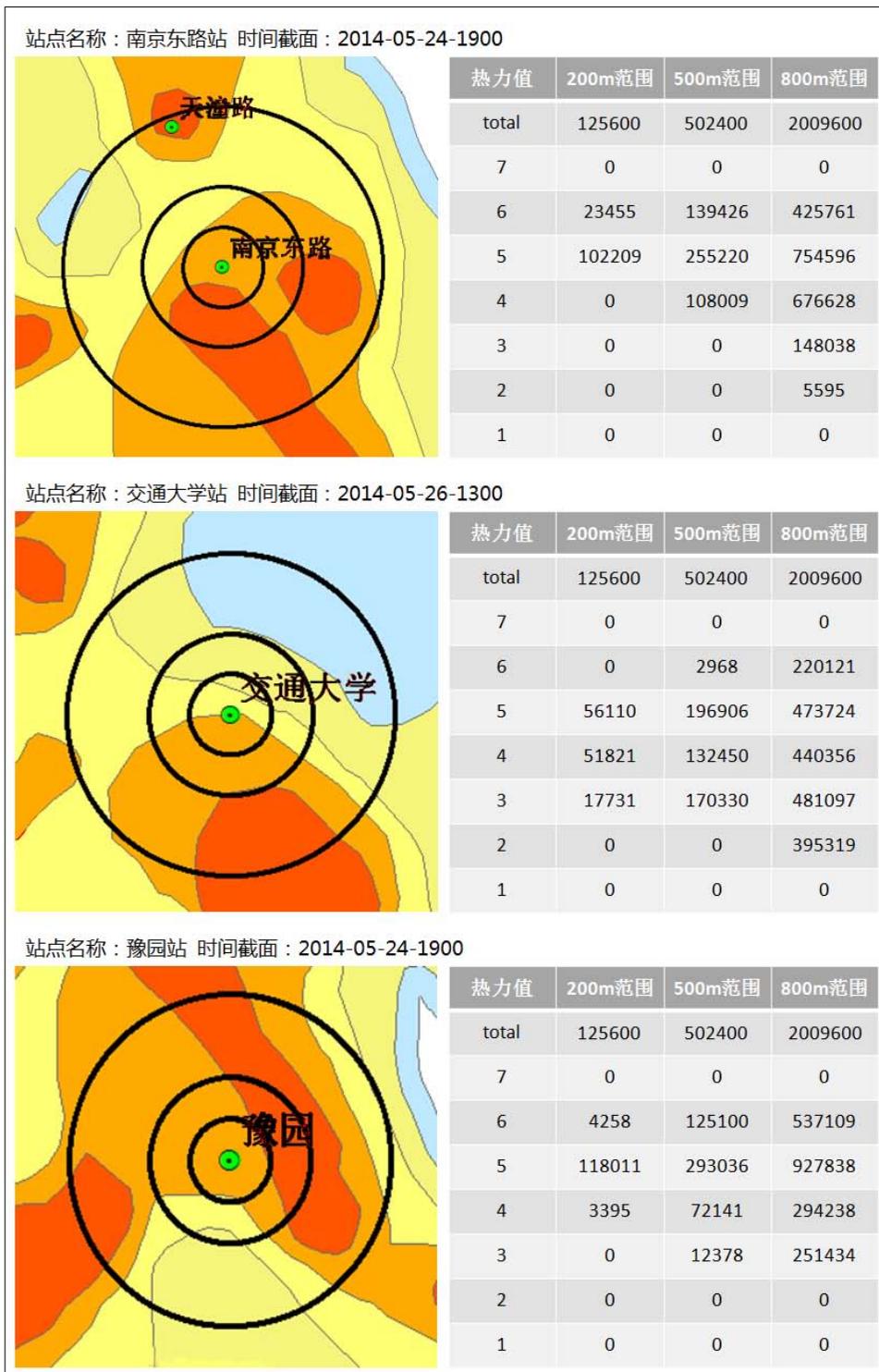


图4 部分站点周边数据
资料来源：作者自绘。

n : 百度地图热力图的热力值, $n=1-7$ 。
 S_n : 研究范围内热力值为 n 的区域面积。
 S_r : 站点周边半径为 r 范围内的用地面积。

4.4 总体情况

对连续一周数据中5天工作日数据以及两天周末数据, 分别取平均后得到工作日与周末

情景下上海地铁10号线沿线各站周边地区空间使用的大致情况。

如表1所示, 工作日时段有8个站点的200 m、500 m和800 m范围内空间使用强度均为1 (最低值), 500 m范围内空间使用强度最高的3个站点分别为天潼路站、南京东路站以及陝西南路站。周末时段有7个站点的200 m、500 m和800 m范围内空间使用强度均为1 (最低值), 500 m范围内空间使用强度最高的3个站点分别为天潼路站、江湾体育场站以及南京东路站 (表1, 图5)。

从图5可以进一步看到, 周末时段中, 更多站点周边的空间使用处于低强度区段 (1—2), 各站点周边的空间使用强弱差异较大, 而工作日时段中大部分站点周边的空间使用强度在2.0以上, 整体强度分布较为均质。

将各站的工作日与周末情景进行对比可以发现, 周末空间使用强度较高的有15个站点, 周末与工作日几乎没有差异的有6个站点, 工作日空间使用强度较高的仅有上海动物园、水城路及海伦路3个站点 (图6)。可以看到, 地铁站周边地区的容积率虽然是静态的, 但实际的空间使用情况却随着时间而变化, 从10号线28个地铁站的分析来看, 工作日时段站点周边的空间使用更能够体现站点周边开发的高密度状况, 这在很大程度上是由于大部分站点周边地区的公共属性较强, 商务楼宇的规模往往高于住宅, 从而造成了工作日人群大量集聚、周末则相对使用强度较低的现象。而3个工作日空间使用强度较高的站点则都呈现出周边商务楼宇缺失的特点, 其中海伦路站和水城路站由于附近有大面积居住社区导致周末和晚间人群集聚, 而上海动物园站则是由于动物园在周末期间游览人群远远高于工作日 (图7)。

4.5 空间使用强度与半径范围

对比各站点周边200 m、500 m以及800 m范围内的空间使用强度可以发现, 无论是在工作日还是周末时段, 站点周边地区的空间使用强度随着半径范围的变化大致分为3种情况 (表2)。

表1 工作日及周末时段各站周边空间使用强度情况

站点名称	工作日			周末		
	200 m	500 m	800 m	200 m	500 m	800 m
虹桥火车站	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
虹桥2号航站楼	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
虹桥1号航站楼	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
上海动物园	1.00	1.00	1.00	1.73	1.33	1.13
龙溪路	1.02	1.00	1.00	1.00	1.01	1.05
水城路	1.26	1.35	1.46	1.92	1.77	1.70
伊犁路	2.75	2.63	2.52	2.51	2.29	2.02
宋园路	2.30	2.26	2.24	1.28	1.48	1.71
虹桥路	3.82	3.47	3.20	3.21	3.05	2.79
交通大学	3.29	3.11	3.04	3.38	3.15	3.03
上海图书馆	2.19	2.19	2.23	2.44	2.25	2.10
陕西南路	4.23	4.15	3.84	3.70	3.43	3.13
新天地	2.81	3.03	3.37	2.64	2.86	3.06
老西门	3.50	3.29	3.39	3.33	3.00	3.06
豫园	4.14	4.07	3.92	4.11	3.89	3.63
南京东路	4.79	4.14	4.23	4.12	3.91	3.78
天潼路	5.41	4.33	3.89	5.37	4.28	3.69
四川北路	4.20	4.14	3.93	3.20	3.24	3.30
海伦路	2.94	2.83	2.80	3.28	3.21	3.07
邮电新村	2.54	2.28	2.01	2.00	1.93	1.82
四平路	2.77	2.61	2.22	2.46	2.40	2.26
同济大学	3.31	2.81	2.27	2.97	2.51	2.10
国权路	1.56	1.66	1.91	1.41	1.54	1.75
五角场	4.45	3.96	3.48	4.21	3.85	3.41
江湾体育场	4.67	4.06	3.39	4.52	4.08	3.31
三门路	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00
殷高东路	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
新江湾城	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

资料来源:作者自制。

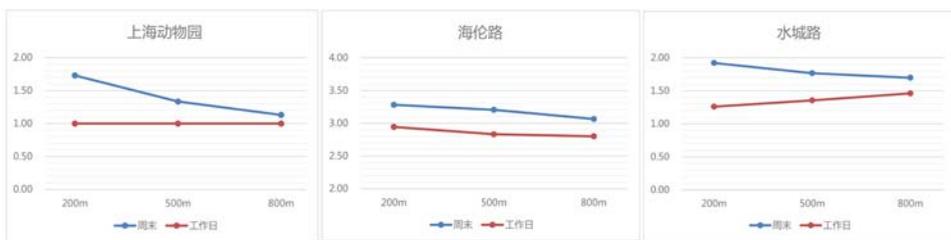


图6 周末空间使用强度大于工作日的站点

资料来源:作者自绘。

(1) 空间使用强度与半径范围成反比

这类站点的数量为17个,占全部站点数量的60.7%,是最具有代表性的情况,同时也是最符合TOD模式的情况(图8),即自站点向外围密度逐次降低,相应的空间使用强度也逐次降低。从500 m与800 m范围的数据对比可以看到,大

部分站点对周边土地和空间的影响范围至少不小于500 m,从200 m与500 m范围的数据对比可以看到,部分研究者将地铁站的影响范围分为核心开发范围和次级开发范围是具有合理性的。

(2) 空间使用强度随半径范围扩大无明显变化

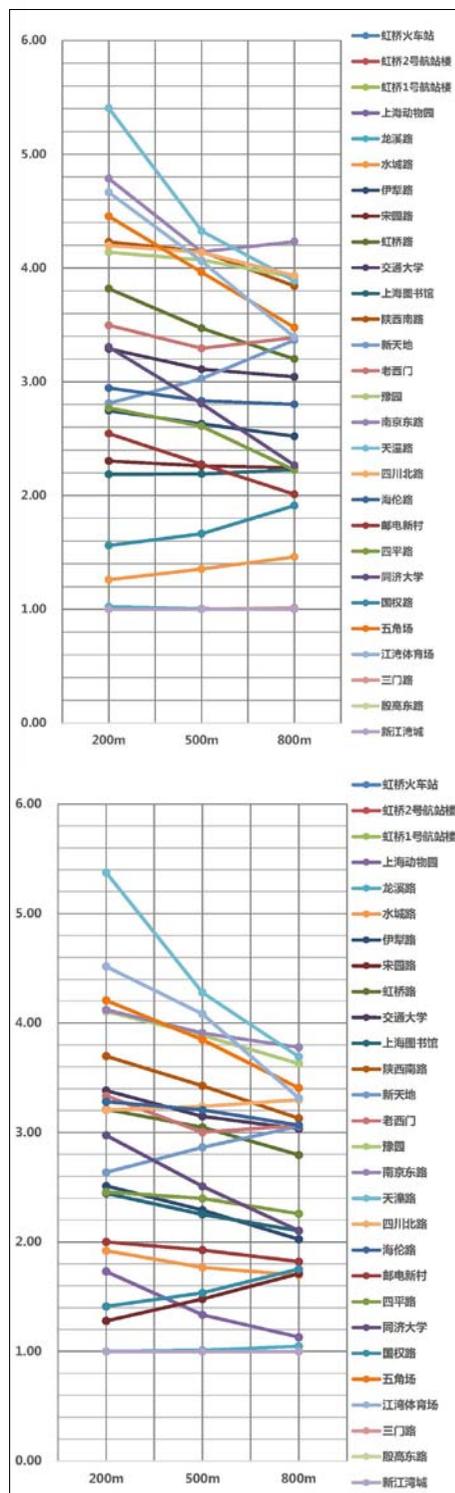


图5 各站周边空间平均使用强度(上:工作日,下:周末)

资料来源:作者自绘。

这类站点的总数为8个,其中有7个站点位于轨道交通线路的两端,区位优势度较低,200 m, 500 m和800 m范围内整体空间使

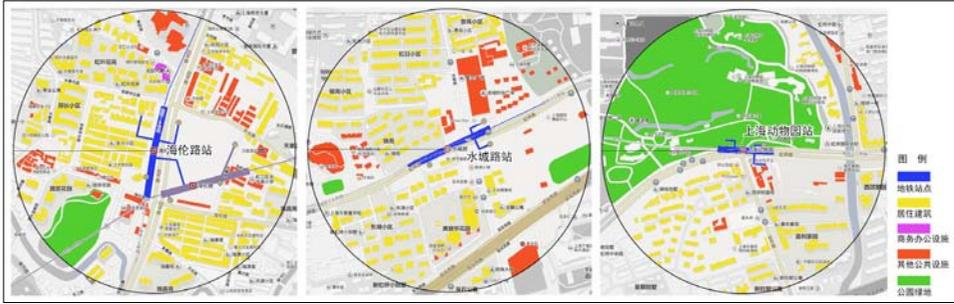


图7 3站周边主要功能 (左:海伦路站,中:水城路站,右:上海动物园站)
资料来源:作者自绘。

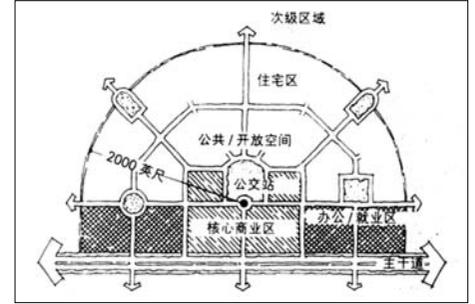


图8 典型TOD圈层模式
资料来源:参考文献[1]。

用强度均为1 (最低值)。可以看到城区边缘的轨道交通站点往往不完全符合高密度和圈层化的特征。

(3) 空间使用强度与半径范围成正比

这类站点总数仅为3个,分别为新天地站、宋园路站和国权路站。经观察发现,之所以距离站点越远空间使用强度越高,并非由于站点本身的吸引力或辐射能力不足,而是受到半径范围边缘附近其他站点或者具有强吸引力项目的影。由此也可以看到,城市中心区内的站点由于周边其他站点以及土地、空间影响要素密集,因而周边空间使用强度和TOD模型所提出的针对单站的理想圈层模型会有所区别,在这类情景下,空间使用所体现的特征是多要素共同作用下的结果。

4.6 空间使用强度与站点区位

从图9可以看到,各个时段和半径范围内的数据都呈现出中间高、两头低的总体趋势,意味着越接近城市中心的站点,其周边空间的使用强度越高,所有位于外环以外的站点以及除江湾体育场站外所有位于中外环之间的站点周边的空间使用强度均为最低值,并且这一特征不受时间和范围的影响。

从工作日与周末的对比来看,工作日期间各站周边的空间使用强度曲线更趋向于向中间集中 (图10),说明在工作日期间,站点周边的空间使用情况受到站点所在区位的影响更为明显。而从不同半径范围内的数据对比来看,区位对站点周边空间使用的影响在200 m范围内最为显著,并且随着距离的扩大而逐渐减弱。

表2 空间使用强度与半径范围关系不同的3类站点

站点类别	站点数量	站点名称
Q与半径范围r成反比	17	水城路、伊犁路、虹桥路、交通大学、上海图书馆、陕西南路、老西门、豫园、南京东路、天潼路、四川北路、海伦路、邮电新村、四平路、同济大学、五角场、江湾体育场
Q与不随半径范围r变化	8	虹桥火车站、虹桥2号航站楼、虹桥1号航站楼、龙溪路、上海动物园、三门路、殷高东路、新江湾城
Q与半径范围r成正比	3	新天地、宋园路、国权路

资料来源:作者自制。

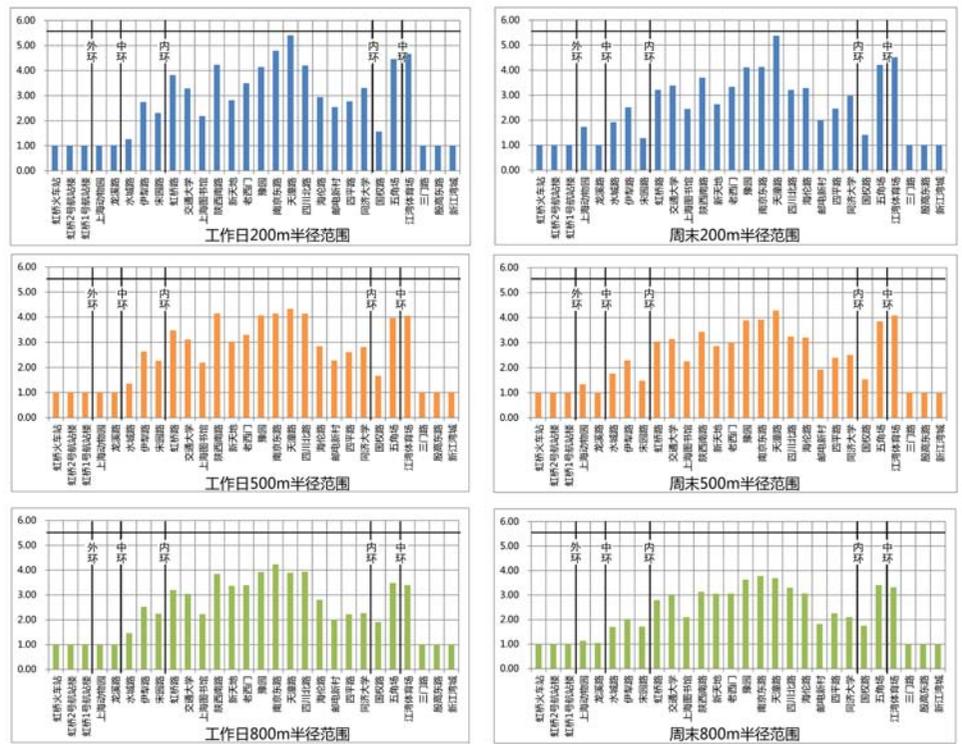


图9 各站周边空间使用强度与站点区位关系 (左:工作日,右:周末)
资料来源:作者自绘。

值得注意的是,空间使用强度最高值并非出现在城市最核心区域,而是在市中心边缘的

天潼路站,该站周边的土地开发强度仅为中等,但由于七浦路批发市场的存在,致其空间使用

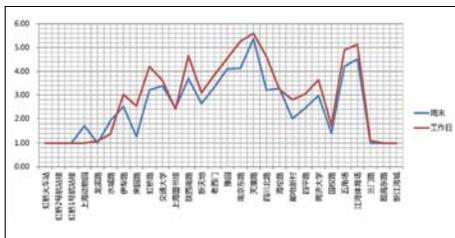


图10 工作日与周末各站周边200 m使用强度比较
资料来源:作者自绘。

强度始终是最高的,这与经验判断的结果不同,也一定程度上说明了站点周边的土地使用功能可能比开发强度对空间使用效率的影响更为直接。此外,五角场站和江湾体育场站的数据也体现了一定的特殊性,虽然在中环附近,但是却有着很高的空间使用强度,与相邻的三门路等站形成鲜明的对比,显示在离城市中心较远的区位同样可以依托部分站点实现成功的高密度发展,这与Peter Calthorpe提出的早期TOD理论完全一致。

5 讨论:百度地图热力图数据的不足与优势

在中国城市研究领域,对于各类大数据或者新型数据的探索和运用还只是近几年的事。然而就在这几年中,各种研究和探索与日俱增,目前来看,单是用以反映人群分布和集聚的数据就有手机信令数据、公交刷卡数据、社交网络数据等许多种。作者在本研究中采用百度地图热力图作为研究基础数据,除了研究轨道交通周边地区发展本身,也可以算是一次对新数据运用的尝试。

与手机信令数据相比,百度地图热力图数据尽管有总数过亿的庞大移动用户作为基础,但是与理论上的手机用户相比,其覆盖面则要小了数倍,其数据精确度势必也会有所不足,而与公交刷卡数据、社交网络数据相比,百度地图热力图数据则缺少对于用户行为的描述信息,因而无法显示前文所提及的空间使用目的。

但同时,百度地图热力图也有其在城市研究领域应用的显著优势:一方面,将海量用户数据汇总并表达为热力图的形式,为城市研究省去了许多繁琐的基础数据处理工作(当然也

损失了部分信息),一方面还避免了用户对个人隐私泄露的疑虑。更重要的是,作为一项开放的移动应用服务,百度地图热力图数据的获取难度远低于其他类型的大数据,这对于在城市研究中大规模普及应用具有十分现实的意义。

6 结语

从我国城市轨道交通建设的情况来看,目前已经建成至少1条线路的城市还不足30个,与我国的大城市数量相距甚远。对于许多正在或即将开展轨道交通建设的城市来说,轨道交通不仅仅是解决城市交通运输的工具,更可以是优化空间格局、集约建设用地、盘活用地存量的有效手段,而轨道交通与城市用地的关系,则是实现上述目标的关键。应该说,无论我们如何定义和控制站点周边的城市功能、土地使用、开发强度、空间形式等要素,最终周边地区发展是否成功,还是要以地区实际的运行和被人使用的情况来衡量。因此,用动态的数据和方法来观察、研究建成站点周边的空间使用情况并总结相应的规律,有利于我们在今后的城市轨道交通建设中更好地实现站点与土地、空间的协调发展。■

参考文献 References

- [1] 彼得·卡尔索普. 未来美国大都市——生态·社区·美国梦[M]. 郭亮,译. 北京:中国建筑工业出版社, 2009.
CALTHORPE P. The next American metropolis: ecology, community, and the American dream [M]. GUO Liang, translate. Beijing: China Architecture and Building Press, 2009.
- [2] 陈吉发,李文权. TOD模式效益分析及评价指标体系[J]. 城市公共交通, 2007(3):26-31.
CHEN Jifa, LI Wenquan. Benefit analysis of TOD

mode and evaluation index system[J]. Urban Public Transport, 2007(3): 26-31.

- [3] 周世惊. 城市轨道交通车站周围土地合理开发强度研究[D]. 北京:北京交通大学, 2012.
ZHOU Shijing. Research on land reasonable development intensity around urban rail transit stations[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2012.
- [4] 林云. 基于模糊综合评价的佛山TOD模式应用研究[D]. 广州:华南理工大学, 2012.
LIN Yun. Based on the fuzzy comprehensive evaluation of Foshan TOD mode research[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [5] KANG C, LIU Y, MAX, et al. Towards estimating urban population distributions from mobile call data[J]. Journal of Urban Technology, 2012(11): 3-21.
- [6] 冯陶钧. 城市轨道交通车站对土地价值影响范围的研究[D]. 成都:西南交通大学, 2009.
FENG Taojun. The scope of urban rail transit station's effect on the value of land[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2009.
- [7] 李道勇,运营霞,董艳霞. 轨道交通导向的大都市区空间整合与新城发展——新加坡相关建设经验与启示[J]. 城市发展研究, 2013(6): 8-11.
LI Daoyong, YUN Yingxia, DONG Yanxia. The integrated with urban space and the development of new towns in China's metropolitan area guided by the rail transit: Singapore's experience in building and inspiration[J]. Urban Development Studies, 2013(6): 8-11.
- [8] 宋珂,周锐,林宏志,等. 轨道交通站点周边土地利用优化分析——以上海轨道10号线五角场站为例[J]. 复旦大学学报(自然科学版), 2013(1): 78-85.
SONG Ke, ZHOU Rui, LIN Hongzhi, et al. Research on optimal method for land use around urban rail traffic site: a case study of Wujiaochang station on Shanghai metro line 10[J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2013(1): 78-85.
- [9] 潘海啸,任春洋. 轨道交通与城市中心体系的空间耦合[J]. 时代建筑, 2009(5): 19-21.
PAN Haixiao, REN Chunyang. Study of space coupling of rail transit and urban center System[J]. Time Architecture, 2009(5): 19-21.
- [10] 任春洋. 美国公共交通导向发展模式(TOD)的理论发展脉络分析[J]. 国际城市规划, 2010(4): 92-99.
REN Chunyang. An analysis on theoretical origins and evolution of transit-oriented development model in the US[J]. Urban Planning International, 2010(4): 92-99.
- [11] SUNG H, OH J T. Transit-oriented development in a high density city: identifying its association with transit ridership in Seoul, Korea[J]. Cities, 2011(1): 70-82.