

中国主要城市公交站点 服务范围及其空间特征评价

李苗裔 龙 瀛

提 要 在城市公共交通系统发展过程中, 公交站点的覆盖情况是评价公交系统服务水平的重要指标。基于全国313个主要城市精细化的公交站点数据, 计算了其城镇建设用地范围内公交站点覆盖率, 其中全国281个地级及以上城市的公交站点覆盖率平均值为64.4%。还发现公交站点覆盖率与人口密度和公交站点密度、万人公交服务调用次数与万人拥有公共汽车辆数和市区人均GDP两组变量呈显著相关。基于公交站点覆盖的空间特征, 将313个城市聚合为五类, 试图找到中国城市公交服务的一般模式和规律。进一步, 基于Flickr照片、位置微博和兴趣点数据, 对公交站点500m服务范围的人的活动及设施情况进行分析, 结果显示, 该服务范围内包括了94.4%的设施和超过92%的人类活动, 即我国城市公交站点布局, 满足了大多数人的活动需要和设施需求。在兼顾宏观尺度与精细化的分析单元, 是对利用精细化数据和分析方法探讨宏观尺度问题的“大模型”研究范式的一次尝试, 分析结果也为城市公共交通服务优化与“公交都市计划”的有效推进提供了支撑。

关键词 公共交通; 公交站点覆盖率; 开放数据; 大模型

中图分类号 TU984

文献标识码 A

DOI 10.16361/j.upf.201505001

文章编号 1000-3363(2015)06-0001-05

The coverage ratio of bus stations and spatial pattern evaluation in Chinese major cities

LI Miaoyi, LONG Ying

Abstract: In the process of developing urban public transport system, the coverage of bus stations is an essential indicator in evaluating the service level of public transportation. Based on the meticulous data of bus stations, this study calculates the bus stations coverage ratio of urban built-up area of 313 major cities, among which there are 281 prefecture-level or above prefecture-level cities whose average coverage ratio of bus stations is 64.4%. Meanwhile this study reveals significant correlation of two group variables; one is between bus stations coverage ratio and population density and bus stations density, and the other is between used times of public transportation service per ten thousand people and ownership of public bus per ten thousand people and per capita GDP of urban district. According to the spatial pattern of bus stations coverage ratio, this study divides 313 cities into 5 categories, and tries to find out the general patterns and rules of Chinese public transportation service system. And the further trial analyses human activities and facilities condition within 500m service scope of bus stations based on Flickr photos, Weibo position and POIs data, indicating that 94.4% facilities and more than 92% human activities are included in this service scope, which demonstrates that the majority demand of human activities and facilities can be fulfilled in view of bus stations layout of Chinese cities. While most present studies on bus stations coverage are focus on certain single city, and researches about general pattern of the majority cities of China are rare. On the one hand, study up to the whole country is subject to mass base data, on the other hand, studying most cities in microcosmic scale is held back by the transformation between different scales. This study is an experiment in dissolving micro-scale problems, considering both macro-scale and microcosmic analysis units, and taking advantage of meticulous data and analysis. Therefore, the results of this study can provide evidence in the process of optimizing urban public transportation service and propelling urban public transportation planning.

Keywords: public transportation; bus stations coverage ratio; open data; big model

作者简介

李苗裔, 日本国立金泽大学环境设计学院城市规划研究室博士生,
limiaoyichn@sina.cn

龙 瀛, 博士, 北京市城市规划设计研究院高级工程师, longying1980@gmail.com
(通讯作者)

近年来, 伴随我国城镇化进程的加快, 城市人口和空间规模不断扩张, 城市居民出行总量和出行距离大幅增长, 机动化出行比例迅速上升。然而, 我国机动车保有量, 尤其是小汽车拥有量的与日俱增所带来的交通拥堵、环境恶化、能源紧缺和社会不公平等问题日益凸显 (Pucher et al., 2007)。国内外相关研究和实践表明, 城市公共交通作为一种空间资源占用量少、低碳节能、社会总出行成本低的交通方式, 成为解决城市当前面临的各种交通问题的主要出路 (Balcombe et al., 2004,

Zhang et al., 2007)。目前,我国城市公交优先发展战略已上升到国家战略层面,并将“城市建成区公共交通全覆盖”纳入国家基本公共服务体系,在各大城市得到了普遍推广。我国城市公交出行的比例迅速提升(如2013年北京公交出行比例提高到46%)^①,将逐步减少人们对小汽车的出行依赖。此外,十二五期间,国家开展“公交都市”建设示范工程以来,越来越多的城市加快公共交通设施和综合公共交通一体化的建设步伐,着力打造“公交都市”,实现城市主城区“500m上车、5min换乘”。

在公交站点优化、选址及城市公共交通发展与服务评价方面,已经积累了很多研究成果。例如,公交站点的设置:通过研究公交站点的位对道路通行能力、交通流的影响(赵月,等,2007;贾斌,等,2009;孙锋,等,2013),对站点选址、发车时间间隔和公交占路等方面进行合理优化;公交站点的优化(严爱琼,等,2011;张小丽,等,2009):通过模拟直线式和港湾式等不同形式的公交站点对交通流的影响,为站点形式选择、公交车比例和车站长度的设置等提供参考,在小尺度上,Jiang et al.,(2012)发现城市规划对于公交站点的可达性有显著影响;对公交发展水平和服务质量的评价(邹志云,等,2000;黄婷,等,2008;邵飞,等,2009);对出行方式选择的研究,王

慧,等(2013)的研究发现,步行可达性、公共交通便利通达性与小汽车潜在依赖度之间存在着明显的空间联系;对公共交通与城市形态的相互关系的研究,蒋谦(2002)对于国外城市用地布局和公共交通建设的相互影响,以及在倡导公交导向的土地开发方面进行了一系列的研究;在此基础上,黄卫东等(2010)基于TOD理论对公交社区建设模式进行了探讨,同时针对公交导向下的城市总体规划进行了研究(杨涛,等,2011)。

公交站点的布局合理性,是一项体现公交服务水平的重要指标,也是“公交都市”的核心指标之一。例如,季珏等(2009)对北京市的公交满意度与公交站点服务范围的关系进行了深入研究,提出了800m(约10min步行距离)是评价公交站点布局的关键阈值;丁午等(2011)基于高分辨率遥感影像与公交站点信息数据叠加得到的栅格数据,通过栅格运算得到南京城区公交站点的覆盖率。已有相关研究主要关注单一城市的公交站点覆盖情况,少有在全国尺度关于多个城市的公交站点覆盖率的系统分析,及其空间格局一般规律性的识别。而笔者则基于“大模型”的新研究范式为在全国范围内进行多城市的超尺度、多尺度和跨尺度比较研究,综合分析评价不同规模、类型、地域区位的城市(群)的公交服务不同模式空间

特征,提供了新的技术路线。

城市建成区的公共交通全覆盖是国家基本公共服务体系的一部分,但在城市实际发展过程中,基于不同城市发展阶段、规模特征、地理格局、城市规划、经济社会发展水平等多种因素而形成有差别、不均衡、多样性的公交服务水平,非常有必要通过全局性的整体、分类、精细化分析研究,系统分析我国公交服务的结构性差别特征,为分类指导城市公交发展提供理论依据和数据支持。笔者根据龙瀛等(2014)提出的“大模型”^②在城市与区域问题研究中的新应用,利用全国313个主要城市的精细化尺度的公交站点数据,与识别出的城镇建设用地范围进行空间叠加分析,最终评价了全国313个主要城市的公交站点覆盖及其空间特征(其中地级及以上级别城市研究范围为市辖区,县级市研究范围为整个县域),并进行了城市间的横向比较,致力于揭示中国城市系统的公交站点覆盖的一般规律。综上所述,这亦是在精细化尺度上探索中国城市公交系统普遍规律的一次尝试。

1 数据

本研究以全国313个主要城市为研究对象,主要采用数据挖掘技术获取开源大数据:①全国范围内精细到步行道的道路网矢量数据(2013年),总长度2,

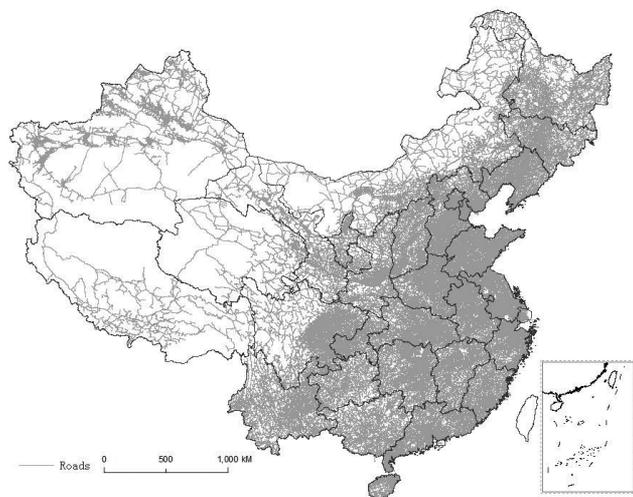


图1 全国道路网矢量数据

Fig.1 Ordnance roads of China in 2013
资料来源:基于2013年高德地图导航数据笔者自绘。

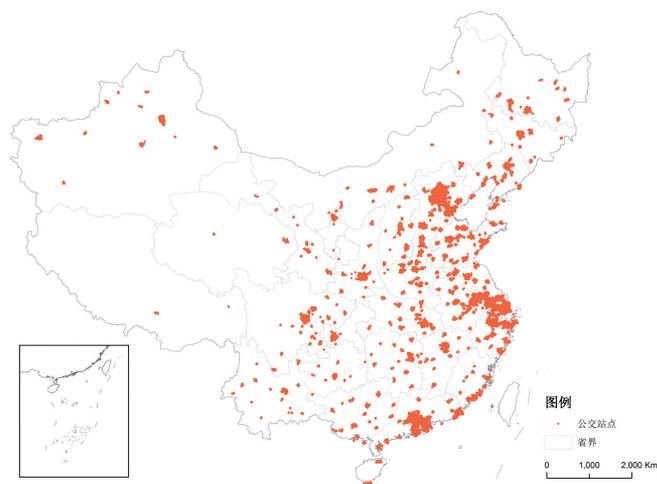


图2 公交站点分布图

Fig.2 The spatial distribution of bus stations
资料来源:基于2013年高德地图导航数据笔者自绘。

623,867km (共 6,026,326 个路段) (图 1); ②从高德地图平台获取的 5,281,382 个兴趣点 (points of interest, POIs), 细分为 20 类; ③同时, 从高德地图平台中获取的各个城市公交站点的空间分布点位数据 (不包括地铁站), 共计 867,263 个 (图 2)。

通过对公交站点数量的分析, 发现城市与公交站点总数的关系呈现出明显的长尾分布 (图 3)。这一现象说明少数城市拥有较多的公交站点, 而大多数城市拥有较少的公交站点。其中, 拥有 5 万个以上公交站点的城市只有 1 个 (北京), 拥有 2-5 万个公交站点的城市有 4 个 (上海, 深圳, 广州, 东莞), 拥有 1-2 万个公交站点的城市有 14 个, 拥有 1 万个以下公交站点的城市有 294 个。

2 方法

通过如下三步对公交站点覆盖及其空间特征进行深入研究。首先, 基于道路网和 POIs 识别 313 个主要城市的城镇建设用地范围; 其次, 在每个城市的城镇建设用地范围内, 分析不同公交服务半径所覆盖的空间范围, 计算公交站点覆盖率; 最后, 采用多种方法对公交站点覆盖范围的空间特征进行评价。

2.1 基于道路网络和兴趣点的城镇建设用地区别

鉴于全国城镇建设用地的空间分布数据缺乏, 采用了道路网和 POIs 识别城镇建设用地范围 (图 4)。步骤如下: ①依据国家道路等级宽度标准对不同等级道路生成 2-30m (单边) 不同宽度的缓冲区 (Buffer), 进而切割出地块 (包括城镇和非城镇地块); ②基于矢量元胞自动机模型, 根据地块的大小、POIs 密度和区位特征等属性对初始地块进行筛选, 识别出城镇地块; ③借助 ArcGIS 中 “aggregate polygon” 功能对筛选出的城镇地块进行合并, 从而提取出城镇建设用地范围。该模型在对城市地块赋值时同时考虑了地块的内生属性和邻近地块的属性, 模拟过程快捷、直接、精准, 数据结果 (即识别的地块) 与传统方法相比

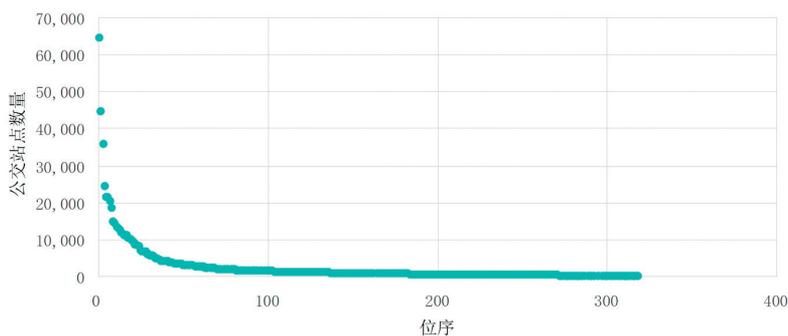


图 3 各城市公交站点数量的位序关系
Fig.3 The rank of bus stations' number in different cities
资料来源: 笔者自绘。

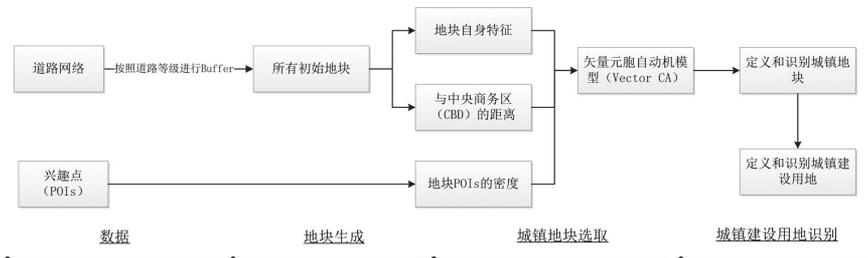


图 4 城镇建设用地区别流程
Fig.4 Flow chart of the proposed framework
资料来源: 笔者自绘。

具有高精度的特征。具体方法详见 Long and Shen(2014)。

2.2 公交站点服务范围及覆盖率计算

根据《城市道路交通规划设计规范》, 城市公交站点服务半径分为 300m、500m 和 800m 三个范围。其中 300m 和 500m 半径服务区对于常规地面公交系统的研究是更有意义的, 800m 的辐射半径更适合于像地铁这样大运营量骨干公共交通的分析, 因此把 500m 服务半径设为公交站点的服务范围。此外, 在我国交通运输部门所推行的 “公交都市” 示范城市考评指标中, 也把公交站点 500m 覆盖率作为主要的考评指标。

按照上述标准, 以全国 313 个主要城市 (由于城镇建设用地区别困难, 除香港、澳门等部分城市) 所统计的 867, 263 个公交站点为基础数据, 将其导入 ArcGIS 中进行缓冲区 (Buffer) 分析, 每个城市中, 与城镇建设用地相交的部分即为其公交站点覆盖范围。城市的公交站点覆盖范围和城镇建设用地面积之比, 即为公交站点覆盖率 (bus stations coverage ratio, BSC)。

2.3 公交站点覆盖的空间分布模式识别

为了找出中国各个城市公交站点覆盖格局的基本规律, 计算了 313 个城市的市区人口、组团数量、优势度、平均紧凑度、空心岛率等指标, 作为聚类分析、相关性分析和回归分析的基础。其中, 组团数量为公交站点 500m 覆盖范围所形成独立斑块的数量; 平均紧凑度 $C = 2 * \sqrt{\pi A} / P$, 其中 A 为公交站点 500m 覆盖范围所形成独立斑块的面积, P 为斑块轮廓周长; 空心岛率的计算方法为: 公交站点 500m 覆盖范围所形成斑块中空岛的面积与公交站点覆盖面积的比值; 优势度的计算方法为: 公交站点 500m 覆盖范围所形成斑块中最大斑块的面积与公交站点覆盖面积的比值。

3 结果

3.1 主要城市公交站点覆盖率

根据 2.1 节中提取得到的城镇建设用地区别面积与 2.2 节的计算方法, 可计算出各城市公交站点的 300m、500m 和 800m 服务区面积占城镇建设用地总面积的比

表1 城市公交站点500米服务区覆盖率排名(前25)

Tab.1 The rank of 500m bus stations coverage ratio in different cities (Top 25)

排名	城市名称	覆盖率	排名	城市名称	覆盖率
1	佛山	0.97	26	邢台	0.85
2	常州	0.95	27	孝感	0.84
3	石家庄	0.92	28	西宁	0.84
4	西安	0.91	29	衡水	0.84
5	三亚	0.90	30	南宁	0.84
6	郑州	0.89	31	梧州	0.83
7	深圳	0.89	32	桂林	0.83
8	廊坊	0.89	33	厦门	0.82
9	宁波	0.89	34	潍坊	0.82
10	金华	0.88	35	漯河	0.82
11	温州	0.88	36	唐山	0.82
12	无锡	0.88	37	青岛	0.82
13	成都	0.88	38	银川	0.82
14	福州	0.88	39	镇江	0.81
15	沧州	0.87	40	普洱	0.81
16	杭州	0.87	41	太原	0.80
17	绍兴	0.87	42	保山	0.80
18	舟山	0.86	43	东莞	0.80
19	河池	0.86	44	十堰	0.80
20	北京	0.86	45	池州	0.80
21	扬州	0.86	46	安阳	0.80
22	龙岩	0.85	47	乌兰察布	0.80
23	苏州	0.85	48	广州	0.80
24	长治	0.85	49	日照	0.80
25	巴彦淖尔	0.85	50	榆林	0.80

资料来源: 笔者自绘。

表2 部分城市公交站点覆盖率对不同半径服务范围敏感性表

Tab.2 The sensitivity of bus stations coverage in different radius

名称	市区人口	城镇建设用地面积(平方千米)	300m	500m	800m	不同排名标准差
佛山	282.35	142.21	1	1	3	0.94
常州	230.47	174.60	2	2	1	0.47
石家庄	258.25	212.75	3	3	4	0.47
成都	554.18	506.49	4	13	29	10.34
西安	672.68	318.00	5	4	16	5.44
郑州	472.80	335.38	6	6	11	2.36
深圳	1054.74	863.43	7	7	8	0.47
西宁	129.45	75.00	8	28	22	8.38
福州	192.06	220.22	9	14	17	3.30
温州	149.66	150.37	10	11	10	0.47

资料来源: 笔者自绘。

表3 各城市公交站点覆盖率与各指标回归分析结果(N=267)

Tab.3 The result of regression analysis of bus stations coverage and related index (N=267)

指标 (常量)	标准化后的回归系数	t	显著水平
		30.734	0.000
市区人口密度(人/km ²)	0.256	4.454	0.000
万人拥有公共汽车辆数	0.103	1.624	0.106
人均城市道路面积(m ²)	-0.092	-1.442	0.150
公交站点密度(个/km ²)	0.287	5.138	0.000
市区人均GDP(万元/人)	0.164	2.626	0.009

资料来源: 笔者自绘。

例, 以便更加直观地反映出人口活动密集的城镇建设用地范围内公交站点可达性服务的覆盖情况, 并对各城市公交站点300m、500m、800m服务区的覆盖率进行排名。此项指标也是我国交通运输部所倡导的公交都市评价的重要指标之一。其中, 在全国281个地级及以上城市的城镇建设用地范围内, 500m公交站点覆盖率的平均值为64.4%^③。公交站点覆盖率的空间分布情况见图5, 城市公交站点500m服务区的覆盖率排名(前25)见表1。

各城市在不同半径服务范围内计算所得的公交覆盖率排名会发生变化, 通过标准差的测算, 得出不同城市公交站点覆盖率对不同半径服务范围的敏感性(表2)。佛山、常州、石家庄、深圳、温州五个城市排名最为稳健; 而濮阳、珠海、广州、日照、天水、青岛、苏州七个城市排名变化最大, 表现出不稳定性; 其它城市均表现出不同程度的排名波动。

由此可见, 城市公交站点覆盖率对于不同半径服务范围敏感性的强弱与该城市的行政等级、人口规模、城镇建设用地面积等并无很强相关性。排名相对稳健说明该城市公交站点覆盖率对不同半径服务范围的敏感性较弱, 其公交站点的分布相对较合理。排名波动性大, 说明该城市公交站点覆盖率对不同半径服务范围的敏感性较强, 其公交站点的分布相对不够合理, 需要进行调整优化。

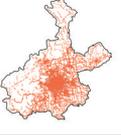
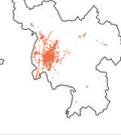
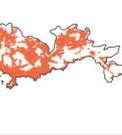
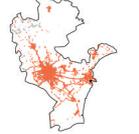
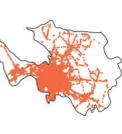
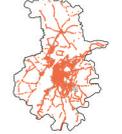
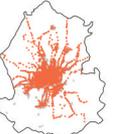
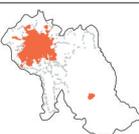
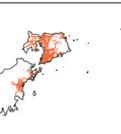
3.2 公交站点覆盖率的影响因素分析

选取地级及以上城市的市区人口密度、万人拥有公共汽车辆数、人均城市道路面积、公交站点密度和市区人均GDP指标作为公交站点覆盖率的解释变量, 线性回归结果见表3, R²为11.8%, 市区人口密度、公交站点密度和市区人均GDP三个变量显著, 即一个城市的市区人口密度、公交站点密度和市区人均GDP越高, 其对应的公交站点覆盖率也越高。

3.3 公交站点服务范围的空间差异与模式识别

表4 部分城市人口、公交站点覆盖率与覆盖情况示意表 (500米服务半径)

Tab.4 Population, bus stations coverage ratio and spatial distribution of bus stations coverage in part of cities (500m service radius)

城市	上海	北京	重庆	深圳	武汉
人口(万人)	2380	2069	1780	1055	825
覆盖率	0.75	0.86	0.60	0.89	0.68
					
城市	天津	广州	西安	成都	南京
人口(万人)	816	678	673	554	553
覆盖率	0.71	0.80	0.91	0.88	0.77
					
城市	汕头	沈阳	郑州	哈尔滨	杭州
人口(万人)	533	522	473	471	445
覆盖率	0.60	0.76	0.89	0.63	0.87
					
城市	长春	青岛	济南	四平	昆明
人口(万人)	380	364	352	341	332
覆盖率	0.73	0.82	0.78	0.31	0.57
					

资料来源: 1、上表中城市数据来源于《中国城市统计年鉴2013》; 2、上表中图为作者自绘
备注: 1、上表图片中地级及以上级别城市边界是市辖区范围, 县级市为整个市域范围;
2、上表中图片非等比例尺缩放。

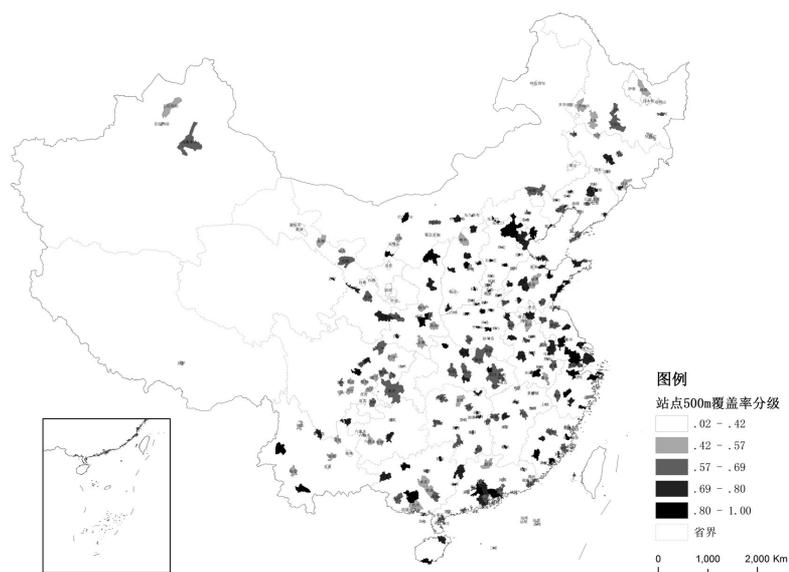


图5 全国313个城市公交站点覆盖率空间分布图

Fig.5 Bus stations coverage of 313 Chinese cities

资料来源: 笔者自绘。

根据《中国城市统计年鉴2013》中所提供的市区人口数据(表4), 以及利用2.3节的方法计算公交站点覆盖率(BSC)、组团数量、优势度、平均紧凑度、空心岛率, 共6个参考指标(表5), 并通过这6项指标对全国主要城市进行聚类分析, 可分为以下5类(表6)。

其中, 表4为部分城市市区人口、公交站点覆盖率与覆盖情况示意表。该表中所选取的城市为市区人口排名前20的城市, 表中分别显示了这20个城市的市区人口数量、公交站点覆盖率及公交服务范围覆盖城镇建设用地的情况。

表5为部分城市公交覆盖模式识别的参考指标示意表。该表中所选取的城市为市区人口排名前10的城市。表中分别显示了这10个城市的公交覆盖模式识别所依据的市区人口、公交站点覆盖率(BSC)、组团数量、优势度、平均紧凑度、空心岛率共6个参考指标。

借助统计分析软件SPSS对313个有公交站点覆盖率指标的城市进行聚类分析计算, 从“Ward法”聚类分析方法的树状图聚类结果来看, “Ward法”组内间距最小, 组间间距最大, 结果精确合适。根据“Ward法”聚类分析结果将313个城市分成5类, 如表7所示。

第I类主要是东部和中部城市, 一般为区域中心城市或重要省会城市, 此类城市城镇化水平与国民经济发展水平较高, 区位优势明显; 城镇建设用地面积较大, 市区人口较多, 城镇建设用地与公交网络覆盖均呈多中心发展; 公交网络站点覆盖率很高且覆盖均匀。如上海为长三角中心城市, 公交站点覆盖率虽非最高, 但其覆盖范围大, 覆盖均匀, 公交发展均衡高效。又如佛山位于珠三角地区, 城市规模与人口规模虽不突出, 但其公交站点覆盖率最高。

第II类主要是东部和中部城市, 一般为省会城市或地方重要城市; 城市之间城镇化水平与国民经济发展水平不均衡, 区位条件差异大; 部分城市城镇建设用地与公交网络覆盖呈单中心分布, 公交覆盖不均衡, 主要集中覆盖城市主城区, 如洛阳、呼和浩特、海口、乌鲁木齐、阜阳、南阳等。

表5 部分城市公交站点覆盖情况的相关指标

Tab.5 Related index of bus stations coverage ratio in part of cities

名称	市区人口(万人)	公交站点覆盖率(BSC)	组团数量	优势度	平均紧凑度	空心岛率
上海	2380	0.75	11	0.820	0.043	0.252
北京	2069	0.86	9	0.512	0.028	0.054
重庆	1780	0.60	6	0.544	0.070	0.451
深圳	1055	0.89	6	0.706	0.093	0.096
武汉	825	0.68	8	0.325	0.070	0.330
天津	816	0.71	10	0.418	0.057	0.193
广州	678	0.80	7	0.679	0.067	0.121
西安	673	0.91	5	0.716	0.070	0.037
成都	554	0.88	3	0.770	0.079	0.076
南京	553	0.77	7	0.441	0.054	0.135

资料来源: 笔者自绘。

表6 313个城市聚类分组结果表

Tab.6 The result of cluster analysis of 313 cities

类别	城市名称	小计
I类	(深圳、佛山、西安、苏州、广州、郑州、上海)、(武汉、南京、北京、天津)、(厦门、珠海、湖州、昌吉、东营、重庆、汕头、中山、南通、惠州、长春、济南、秦皇岛、库尔勒、杭州)	7+4+15=26
II类	(江门、襄阳、沈阳、天水、平顶山、绵阳、青岛、唐山、南昌、长治、成都、宁波、温州、扬州、太原、镇江、金华、廊坊、舟山、桂林、衡水)、(马鞍山、十堰、泉州、洛阳、烟台、抚顺、呼和浩特、盐城、锦州、南宁、福州、无锡、石家庄、东莞、常州)、(新乡、丽水、兰州、泰安、包头、贵阳、淮南、衡阳、柳州、株洲、通化、赣州、阜阳、焦作、宝鸡、嘉兴、益阳、萍乡、南阳、蚌埠、七台河、湘潭、安庆、乌鲁木齐、潍坊、济宁、海口、聊城、咸阳、银川、商丘、运城、新余、贺州、池州、榆林、梧州、巴彦淖尔、岳阳、漳州、北海、荆州、哈密、孝感、河池、汉中、延安、吕梁)	21+15+48=84
III类	(晋城、宣城、玉林、渭南、喀什、毕节、乌兰浩特、延吉、铜陵、黄冈、鹰潭、芒市、宜昌、德阳、合肥、威海、南充、淮安、泸州、泰州、德州、昆明、乐山、拉萨、贵港、铁岭、博乐、宁德、遵义、辽阳、景德镇、莱芜、滁州)、(曲靖、玉溪、濮阳、忻州、朝阳、许昌、梅州、六安、开封、西宁、安阳、长沙、黄石、日照、沧州、龙岩、邢台、绍兴、亳州、阳江、周口、芜湖、伊宁、保定、邵阳、楚雄、上饶、临夏、格尔木、乌兰察布、都匀、文山、普洱、驻马店、雅安、三明、锡林浩特)	33+37=70
IV类	(邯郸、咸宁、鞍山、齐齐哈尔、宿州、茂名、菏泽、郴州、广元、荆门、随州、怀化、白城、西昌、信阳、抚州、崇左、阿图什、广安、和田、吉首、吐鲁番、娄底、河源、松原、资阳、临沧、张家界、遂宁、淮北、佳木斯、安康、牡丹江、鹤岗、营口、达州、黄山、乌海、四平、鄂尔多斯、吉安、潮州、石嘴山、商洛)、(漯河、丹东、保山、攀枝花、三亚、阿克苏、辽源、宿迁、昭通、济源、清远、承德、永州、大同、连云港、张家口、恩施、阜新、大理、百色、莆田、阳泉、宜春、葫芦岛、临沂、湛江、徐州、衢州、哈尔滨、吉林、大连、淄博、大庆、鄂州、南平、肇庆、台州、韶关、九江、赤峰、来宾、本溪、常德)、(滨州、鹤壁、枣庄、通辽、晋中、云浮、自贡、揭阳、铜川、张掖、钦州、双鸭山、朔州、防城港、蒙自、伊春)	44+43+16=103
V类	(潜江)、(巴中、白山、内江、乌苏、兴义、丽江、金昌、武威、定西、眉山、六盘水、绥化、安顺、克拉玛依、酒泉、嘉峪关、凯里、铜仁、固原、吴忠、汕尾、五家渠、临汾、三门峡、宜宾、呼伦贝尔、盘锦、平凉、白银)	1+29=30

资料来源: 笔者自绘。

注: 括号中的城市表示在一个聚类的等级。

表7 公交站点服务范围内的人类活动和设施比例

Tab.7 The proportion of human activities and facilities within the scope of services of bus stations

类别	数据描述	城镇建设用地范围	公交站点服务范围	比例(%)
Flickr照片	北京城市实验室共享数据“25 Flickr photos of China”,截至2014年3月	411,350张	381,477张	92.7
位置微博	2014年7月三周的新浪微博抓取结果	1,106.4万	1,020.9万	92.3
POIs	见本文“2 数据”	2,658,186个	2,509,088个	94.4
城镇建设用地面积	本研究生成,详见本文“2.1 基于道路网络和兴趣点的城镇建设用地识别”	38,518km ²	26,987km ²	75.6

资料来源: 笔者自绘。

注: Flickr数据可以从该网址下载, <http://www.beijingscitylab.com/data-released-1/>

第III类主要是中部和西部城市,一般为地方重要城市,少数为省会城市;城市之间城镇化水平与国民经济发展水平不均衡,区位条件差异大;部分城市城镇建设用地区域与公交网络覆盖呈多中心

分布,公交覆盖不均衡,主要集中在覆盖城市主城区,如合肥、威海、开封,长沙等。

第IV类城市在地理位置上没有明显的分布特征,一般为地方重要城市;城

市之间城镇化水平与国民经济发展水平不均衡,区位条件差异大;部分城市城镇建设用地区域与公交网络覆盖呈多中心分布,公交覆盖不均衡,主要集中在覆盖城市主城区,如哈尔滨、大连、淄博等。

第V类主要是西部城市,为一般地方城市;城镇化水平与国民经济发展水平不高,区位优势不明显;城镇建设用地区域分散,公交网络覆盖范围较小,公交站点覆盖率很低。

3.4 公交站点服务范围的人类活动

上述分析结果假设城镇建设用地区域为均质空间,即覆盖的范围内的公交需求相同,实际情况则有所差异。为此利用Flickr照片和位置微博两项反映人类活动的数据和POIs这种反映服务设施的数据,评价各个城市公交站点服务范围与市区所有城镇建设用地区域的比例。结果显示(表7),尽管仅有75.6%的城镇建设用地区域有公交站点服务覆盖,但该范围内包括了94.4%的设施和超过92%的人类活动,部分(24.4%)没有公交站点服务的地区,设施配套和人类活动水平都较低(10%以下)。即我国城市公交站点布局,满足了大多数人的活动需要和设施需求。

此外还获得了高德地图平台的2014年1-7月300个地级市的公交调用次数数据,也体现为长尾分布。以万人公交服务调用次数为因变量,与万人拥有公共汽车辆数、人均城市道路面积、公交站点密度和市区人均GDP进行线性回归分析(N=265、R²=0.261),结果显示,万人拥有公共汽车辆数和市区人均GDP两个变量的显著水平低于0.05,说明一个城市的万人拥有公共汽车辆数越多、市区人均GDP越高,其对应的万人公交服务调用次数越高。

4 结论与讨论

笔者以“公交都市”工程推荐的500m服务范围指标,计算了各城市的城镇建设用地区域内的公交站点覆盖率,其中全国281个地级及以上城市的公交站点覆盖率平均值为64.4%。通过计算

300m、500m和800m服务半径内的覆盖率,得出不同城市公交站点覆盖率对不同服务范围的敏感性。发现公交站点覆盖率与人口密度和公交站点密度呈显著相关。还对公交站点覆盖范围的空间分布模式进行了识别,根据市区人口和由覆盖范围的空间分布计算得到的覆盖率、组团数量、优势度、平均紧凑度、空心岛率等共6项指标,通过聚类分析将各城市分为五类。进一步,基于Flickr照片、位置微博和POIs数据,对公交站点500m服务范围的人类活动及设施情况进行分析,结果显示,该服务范围内包括了94.4%的设施和超过92%的人类活动,即我国城市公交站点布局,满足了大多数人的活动需要和设施需求。最后,基于高德公司提供的公交调用数据,通过线性回归分析发现,万人公交服务调用次数与万人拥有公共汽车辆数和市区人均GDP两个变量显著相关。

基于上述分析结果,从公交站点覆盖的空间结构特征方面提出了进一步推进“公交都市”工程,提高全国尺度城市公共交通服务的整体水平的建议:

其一,500m是评价公共交通站点布局的关键阈值。根据“公交都市”工程计划的总体定位,城市建成区公交站点500m覆盖率达到90%以上。但基于本文的分析结果来看,只有佛山、常州、石家庄、西安、三亚五个城市达到标准要求,北上广深等我国重要特大城市并未在其中,究其原因,应为该类城市城镇建设用地扩展速度快、面积大,而其现有公交站点布设虽然空间结构较为合理,但是整体数量还不足。据此建议在公交规划过程中进一步加强北上广深等特大城市的城市公共交通设施建设,不断提高其公交站点等设施的覆盖率。

其二,根据聚类分析结果中各类城市的公共交通设施建设发展情况,建议社会经济水平较高的东部城市、中部的中心城市等在“公交都市”工程的建设过程中应更加注重公交站点等公共交通设施空间布局的均衡性、合理性,调整优化现有的公共交通设施布局结构;而西部地区社会经济水平较低的地区,应进一步加强对城市公共交通设施建设的

投入,首先解决“覆盖率”偏低问题,建设过程中兼顾考虑其空间布局优化。

其三,根据公交站点不同服务范围覆盖率的变化敏感性分析结果,濮阳、珠海、广州、日照、天水、青岛、苏州七个城市排名变化最大,表现出不稳定性。建议这些城市在建设发展城市公共交通设施的同时,更应注意其空间布局的均衡性与合理性,并在一定程度上对现有公共交通设施做空间布局调整优化。

其四,文中公交站点覆盖范围分析中采用的是直线距离,服务盲区的定位可能还不够精确,但是从表4、表5仍可看出一些省会等重要城市500m公交站点覆盖仍存在较高的空心化程度,例如上海公交站点覆盖的空心岛率为25.2%,重庆为45.1%。我们建议至少省会及以上级别城市市政公共交通规划中在中心城区内做到500m站点服务范围全覆盖。

对于全国范围内主要城市的公交站点服务范围及模式的分类研究是十分必要的,此项研究不仅有利于了解不同类型城市公交站点的服务状况,同时可为全国范围内制定差异化的城市公交服务政策提供参考,为城市公共交通服务优化与“公交都市”工程的有效推进提供支撑。上述研究工作仍处在初步探索阶段,有待日后进一步完善。

致谢:本文在写作过程中得到了厦门大学建筑与土木工程学院王慧教授的宝贵建议,伦敦大学学院博士研究生沈尧针对统计分布给出了建议,在此表示感谢。

注释

- ① 来源:《光明日报》2014年09月25日10版“北京公交票制怎么改?”
- ② 兼顾大尺度范围和精细化研究单元的模式定义为“大模型”。大模型是由大规模数据驱动的定量城市与区域研究工具。它一般采用简单直接的建模路径,同时兼顾大范围的研究尺度和较为精细化的模拟单元,代表了一种新的城市与区域研究范式。
- ③ <http://news.daynews.com.cn/sxxww/dspdl/ffpd/jttx/4061962.shtml>

参考文献 (References)

- [1] Balcombe, R., Mackett, R., et al. The Demand for Public Transport; A Practical Guide. Transport Research Laboratory, 2004.
- [2] 丁午,程琳.基于栅格GIS的公交站点覆盖率算法研究.测绘科学,2011(4):249-251.(Ding Wu, Chen Lin. Arithmetic of analyzing bus stops service rate based on raster GIS. Science of Surveying and Mapping, 2011(4): 249-251.)
- [3] 黄婷,焦海贤,李秀丽,等.基于乘客观点的公交服务质量评价体系及方法研究.重庆交通大学学报,2008(5):781-784.(HUANG Ting, JIAO Haixian et al. Research on Transit Quality of Service Measure System and Method Based on Passenger's Perspective. Journal Of Chongqing Jiaotong University (Natural Science), 2008(5): 781-784.)
- [4] 黄卫东,苏茜茜.基于TOD理论的公交社区建设模式研究——以杭州为例.城市规划学刊,2010(7):151-156.(HUANG Weidong, SU Xixi. Transit Oriented Community Development Based on TOD Theory—The Example of HangZhou. Urban Planning Forum, 2010(7): 151-156.)
- [5] 贾斌,李新刚,姜锐,等.公交车站对交通流影响模拟分析.物理学报,2009,58(10):6845-6851.(JIA Bin, LI Xinguang et al. The influence of bus stop on the dynamics of traffic flow. Acta Physica Sinica, 2009, 58(10): 6845-6851.)
- [6] 蒋谦.国外公交导向开发研究的启示.城市规划,2002(8):82-87.(JIANG Qian. The enlightenment from the study on the transit-oriented development overseas[J]. Planning Studies Overseas, 2002(8): 82-87.)
- [7] 季珏,高晓路.北京城区公共交通满意度模型与空间结构评价.地理学报,2009(12):1477-1487.(JI Jue, GAO Xiaolu. Evaluating Urban Structure by Modeling Satisfaction towards Public Transportation. Acta Geographica Sinica, 2009(12): 1477-1487.)
- [8] Jiang, Yang, P. Christopher Zegras, and Shomik Mehndiratta. "Walk the line: station context, corridor type and bus rapid transit walk access in Jinan, China." Journal of Transport Geography 20.1 (2012): 1-14.
- [9] 龙瀛,吴康,王江浩,刘行健.大模型:城市和区域研究的新范式.城市规划学刊,2014(6):55-63.(Long Ying, Wu Kang et al. Big Models: A Novel Paradigm for Urban and Regional Studies. Urban Planning Forum, 2014(6): 55-63.)
- [10] Long, Ying, and Shen, Yao. 2014. "Mapping parcel-level urban areas for a large geographical area." arXiv preprint arXiv:1403.5864.
- [11] 国家统计局.中国城市统计年鉴2013,北京:中国统计出版社,2014:11-482.(National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. 2013 China City Statistical Yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2014: 11-482.)
- [12] Pucher, John, et al. Urban transport trends and policies in China and India: impacts of rapid economic growth. Transport Reviews, 2007, 27(4):

- 379-410.
- [13] 邵飞, 邓卫, 易富君, 等. 基于AHP灰色理论的大城市公交系统综合评价方法. 解放军理工大学学报, 2009(6): 536-541. (SHAO Fei, DENG Wei et al. Comprehensive evaluation method of metropolitan public transportation system based on analysis hierarchical process and grey theory. Journal of PLA University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2009(6): 536-541.)
- [14] 孙锋, 金茂菁, 王殿海, 等. 公交站点对路段通行能力的影响研究. 北京理工大学学报, 2013(12): 1284-1288. (SUN Feng, JIN Maojing et al. Study of Effect of Bus Stop on Road Way Link Capacity. Transactions of Beijing Institute of Technology, 2013(12): 1284-1288.)
- [15] 王慧, 黄玖菊, 李永玲, 等. 厦门城市空间出行便利性及小汽车依赖度分析. 地理学报, 2013(4): 477-490. (WANG Hui, HUANG Jiujie et al. Evaluating and mapping the walking accessibility, bus availability and car dependence in urban space: A case study of Xiamen, China. Acta Geographica Sinica, 2013(4): 477-490.)
- [16] 严爱琼, 崔敏. 重庆市主城区公交站点布局问题与优化策略. 规划师, 2011(11): 52-56. (YAN Aiqiong, Cui Min. Distributions and Optimization Strategies for Bus Stations in the Main City of Chongqing. Planners, 2011(11): 52-56.)
- [17] 杨涛, 张泉. 公交优先导向下的城市总体规划——构建公交都市的空间框架. 城市规划, 2011(2): 22-25. (YANG Tao, ZHANG Quan. Transit oriented urban master plan: towards the spatial framework of transcity[J]. City Planning Review, 2011(2): 22-25.)
- [18] Zhang Guohua; LI Ming; WANG Jingxia. Application of the advanced public transport system in cities of China and the prospect of its future development. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2007, 7(5): 24-30.
- [19] 张小丽, 陈峻, 王炜, 等. 基于公交可达性的公交站距优化方法. 东南大学学报, 2009(2): 384-388. (ZHANG Xiaoli, CHEN Jun et al. Bus-stop spacing optimization based on bus accessibility[J]. Journal Of Southeast University (Natural Science Edition), 2009(2): 384-388.)
- [20] 赵月, 杜文. 公交站点设置对道路通行能力的影响分析. 公路交通科技, 2007(8): 136-139. (ZHAO Yue, DU Wen. Study on Effect of Bus-stop on Capacity of Road Section. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007(8): 136-139.)
- [21] 邹志云, 李硕. 公交综合发展水平评价的灰色聚类分析方法. 武汉交通科技大学学报, 2000(1): 38-41. (ZOU Zhiyun, LI Shuo. The Grey Clustering Analysis of Evaluation for Transit Comprehensive Development Level. Journal of Wuhan Transportation University, 2000(1): 38-41.)

修回: 2015-10