

Beijing City Lab

Li M, Long Y, 2015, The coverage ratio of bus station and spatial feature evaluation in Chinese major cities. Beijing City Lab. Working paper #68

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¹, 龙瀛^{2*}

(1.日本金泽大学环境设计学院, 日本 920-1192;

2.北京市城市规划设计研究院, 北京 100045)

* 通讯作者, longying1980@gmail.com

摘要: 在城市公共交通系统发展的过程中, 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。本文基于全国 313 个主要城市精细化的公交站点数据, 计算了其城市城镇建设用地区域内公交站点覆盖率, 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%。本文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。目前, 对于中国城市公交站点覆盖的研究多针对某个城市, 而针对中国大多数城市寻找一般规律的研究还较为匮乏, 一方面由于全国范围的研究涉及大量基础数据; 另一方面, 在微观尺度研究大量城市时涉及到尺度转换的问题。本文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一次有益尝试, 基本上解决了分析过程中的尺度转换问题。分析结果也为城市公共交通服务优化与“都市公交计划”的有效推进提供了支撑。

关键字: 公共交通; 公交站点覆盖率; 服务范围; 开放数据; 大模型

1 引言

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%), 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, 越来越多的城市加速了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“500 米上车、5 分钟换乘”。

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罝对道路通行能力、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据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类型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，季钰等（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 800 m（约 10 分钟步行距离）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。而本文则基于“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。本文根据龙瀛等（2014）提出的“大模型”^①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，本文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。

2 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 2,623,867 km（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）。

^① 兼顾大尺度范围和精细化研究单元的模型定义为“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。

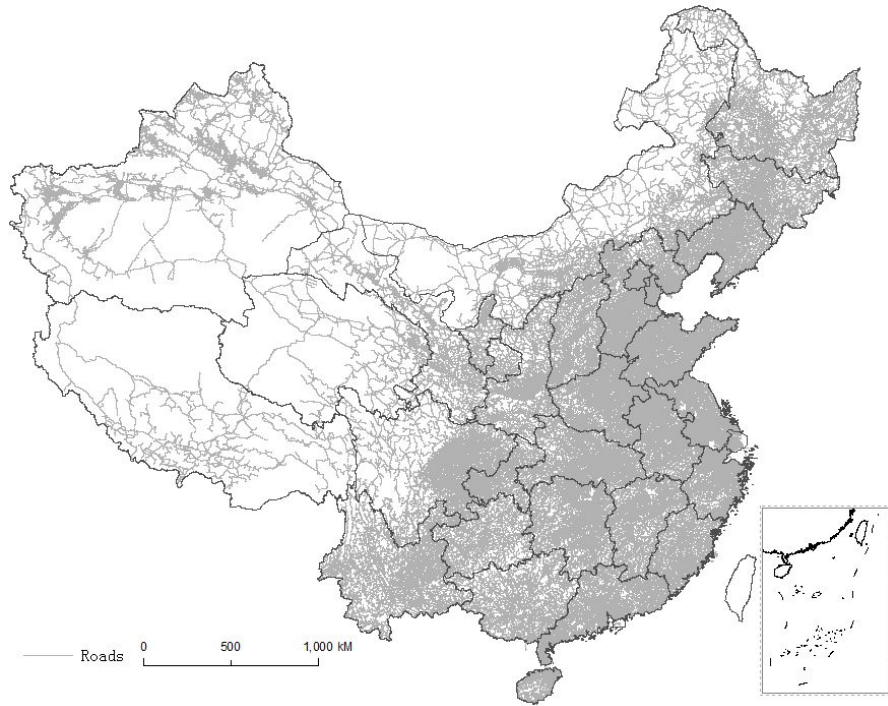


图 1 全国道路网矢量数据



图 2 公交站点分布图

本研究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 万到 5 万个公交站点的城市有 4 个（上海，深圳，广州，东莞），拥有 1 万到 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。

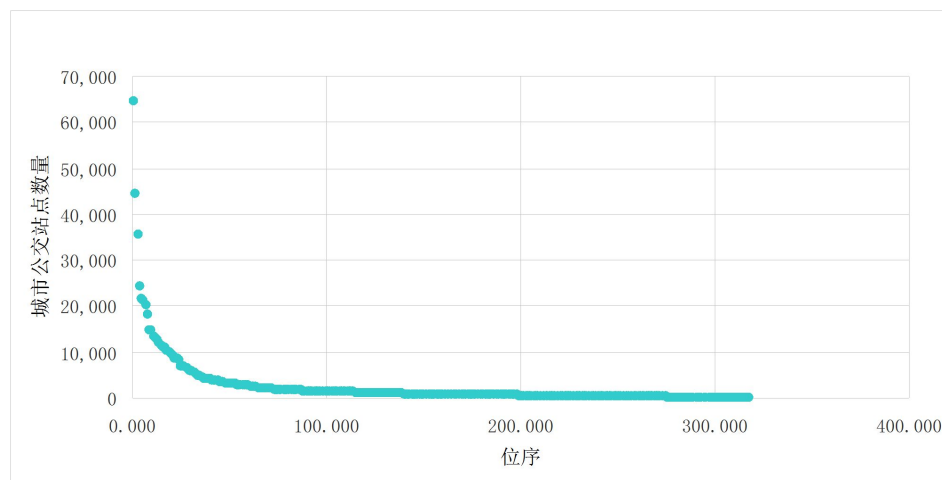


图 3 各城市公交站点数量的位序关系

3 方 法

本文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。

3.1 基于道路网络和兴趣点的城镇建设用地识别

鉴于全国城镇建设用地的空间分布数据缺乏，本研究采用道路网和POIs识别城镇建设用地范围（图4）。（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)与传统方法相比具有高精度的特征。具体方法详见Long and Shen(2014)。

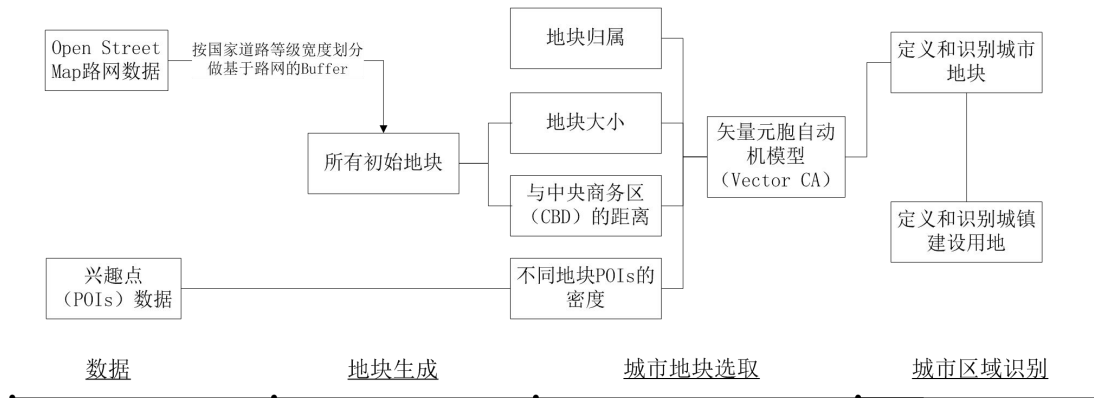


图 4 城镇建设用地识别流程

3.2 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 300 米、500 米和 800 米三个范围。其中 300 米和 500 米半径服务区对于常规地面公交系统的研究是更有意义的，800 米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，因此本文把 500 米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 500 米覆盖率作为了主要的考评指标。

按照上述标准，以全国 313 个主要城市（由于城镇建设用地识别困难，除香港、澳门等部分城市）所统计的 867,263 个公交站点为基础点数据，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 coverage ratio, BSC）。

3.3 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，本文计算了 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 500 米覆盖范围所形成独立斑块的数量；平均紧凑度 $C=2^*$ ，其中 A 为公交站点 500 米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 500 米覆盖范围所形成斑块中空心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 500 米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。

4 结 果

4.1 主要城市公交站点覆盖率

根据 3.1 节中提取得到的城镇建设用地面积与 3.2 节的计算方法，我们可计算出各城市公交站点的 300 米、500 米和 800 米服务区面积占城镇建设用地总面积的比例，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 300 米、500 米、800 米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，500 米公交站点覆盖率的平均值为 64.37%^②。公交站点覆盖率的空间分布情况见图 5，城市公交站点 500 米服务区的覆盖率排名（前 50）见表 1。

表 1 城市公交站点 500 米服务区覆盖率排名（前 50）

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

^②<http://news.daynews.com.cn/sxxww/dspd/lfpd/jttx/4061962.shtml>

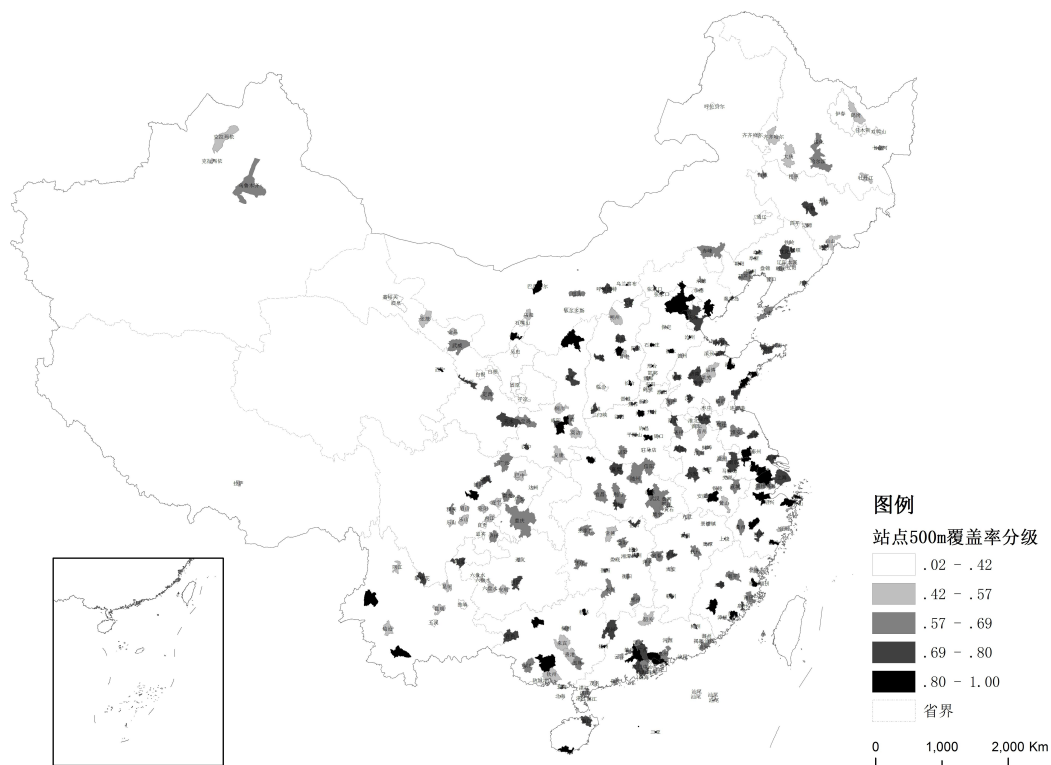


图 5 全国 313 个城市公交站点覆盖率空间分布图

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。

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

名称	市区人口	城镇建设用地面积 (平方千米)	300m	500m	800 m	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

名称	市区人口	城镇建设用地面积 (平方千米)	300m	500m	800 m	不同排名标准差
温州	149.66	150.37	10	11	10	0.47
宁波	226.11	336.88	11	9	7	1.63
三亚	75.75	33.55	12	5	2	4.19
金华	93.92	74.36	13	10	49	17.52
无锡	241.08	278.01	14	12	18	2.45
沧州	62.27	60.84	15	15	27	5.44
苏州	328.99	433.46	16	23	72	24.64
杭州	445.43	394.00	17	16	30	6.18
舟山	70.35	51.85	18	18	12	3.09
绍兴	65.55	103.86	19	17	9	4.64
廊坊	81.69	63.60	20	8	6	6.65
扬州	226.92	126.62	21	21	53	14.85
衡水	46.68	41.98	22	29	61	16.68
河池	33.94	18.32	23	19	5	8.04
巴彦淖尔	34.00	35.00	24	25	40	7.07
保山	91.10	20.79	25	42	37	6.68
银川	114.69	135.11	26	38	62	14.61
珠海	177.87	365.72	27	99	75	29.49
青岛	363.89	364.38	28	37	85	24.73
北京	2069.30	1445.01	29	20	19	4.97
长治	73.36	56.37	30	24	26	2.94
龙岩	49.14	39.70	31	22	14	7.36
南宁	274.45	236.75	32	30	36	2.45
普洱	30.16	22.72	33	40	21	7.93
邢台	85.28	71.96	34	26	25	4.50
梧州	37.80	35.86	35	31	13	9.88
广州	677.97	656.52	36	48	100	27.48
日照	122.86	95.80	37	49	98	26.08
唐山	304.80	192.42	38	36	43	2.87
桂林	75.70	66.00	39	32	23	6.94
海口	214.13	117.50	40	68	99	23.70
厦门	190.92	264.30	41	33	31	4.78
潍坊	183.04	152.83	42	34	41	3.86
濮阳	67.50	45.80	43	70	163	51.08
孝感	88.70	26.36	44	27	20	10.53
天水	123.70	45.80	45	71	109	25.90
聊城	115.06	64.27	46	60	65	7.59
洛阳	215.00	185.19	47	51	39	5.10
盐城	137.25	93.85	48	54	74	10.80
乌兰察布	32.15	39.00	49	47	45	2.05
漯河	136.75	59.15	50	35	39	6.80

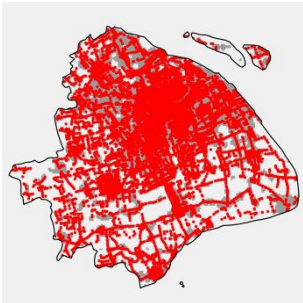
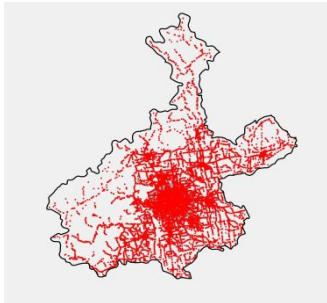
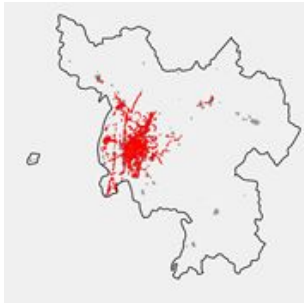
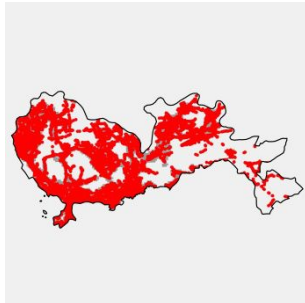
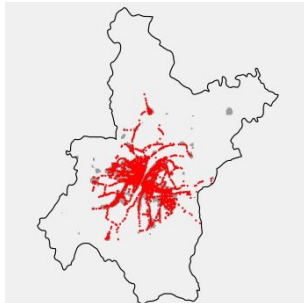
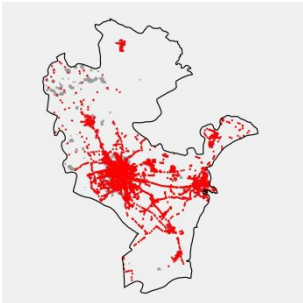
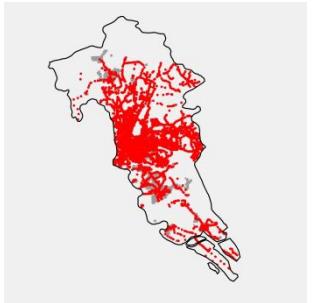
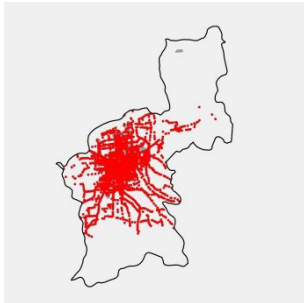
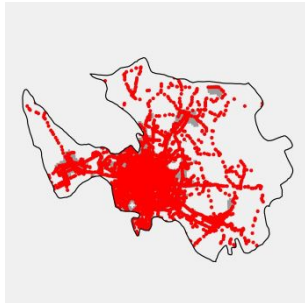
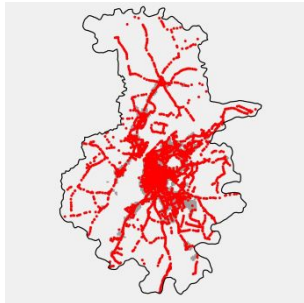
4.2 公交站点服务范围的空间差异与模式识别

根据《中国城市统计年鉴 2013》中所提供的市区人口数据，以及利用 3.3 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）。

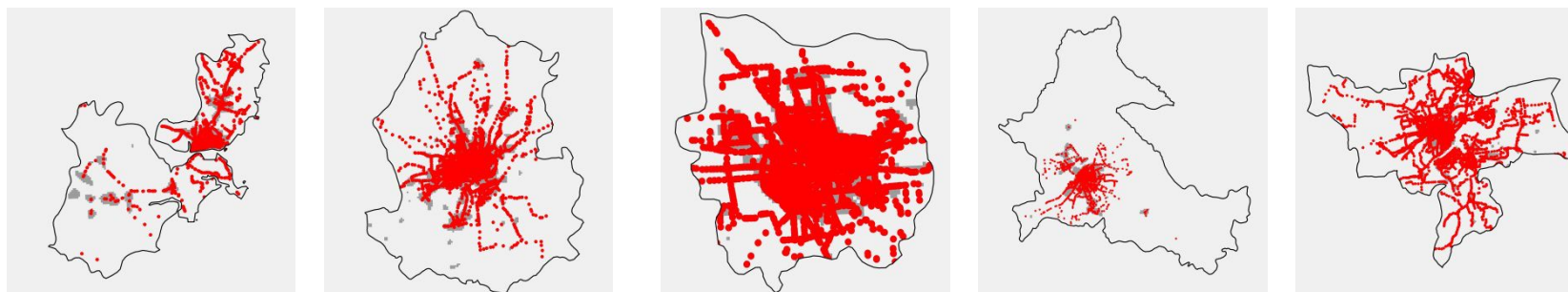
其中，表 4 为部分城市市区人口、公交站点覆盖率与覆盖情况示意表。该表中所选取的城市为市区人口排名前 20 的城市，表中分别显示了这 20 个城市的市区人口数量、公交站点覆盖率及公交服务范围覆盖城镇建设用地的情况。

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 50 的城市。表中分别显示了这 50 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。

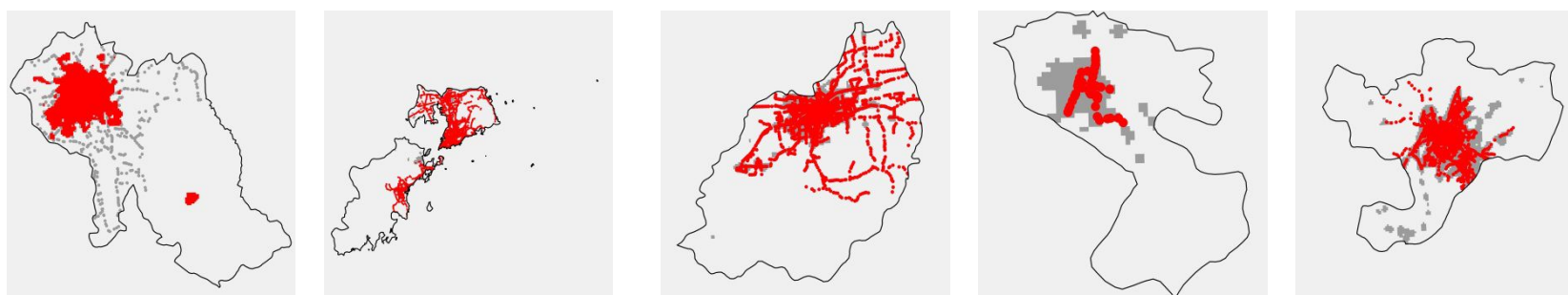
表 4 部分城市人口、公交站点覆盖率与覆盖情况示意表(500 米服务半径)

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



备注：1、上表中城市数据来源于《中国城市统计年鉴 2013》；
2、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；
3、上表中图片非等比例尺缩放。

表 5 部分城市公交站点覆盖情况的相关指标

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
汕头	533	0.60	6	0.500	0.092	0.311
沈阳	522	0.76	4	0.663	0.076	0.183
郑州	473	0.89	7	0.895	0.118	0.073
哈尔滨	471	0.63	3	0.557	0.084	0.328
杭州	445	0.87	4	0.531	0.061	0.050
长春	380	0.73	5	0.579	0.079	0.201
青岛	364	0.82	3	0.630	0.085	0.106
济南	352	0.78	5	0.573	0.079	0.138
四平	341	0.31	1	0.803	0.351	1.962
昆明	332	0.57	1	0.877	0.143	0.649
苏州	329	0.85	5	0.817	0.074	0.063
长沙	314	0.79	1	0.996	0.196	0.261
唐山	305	0.82	3	0.570	0.097	0.093
太原	303	0.80	2	0.781	0.104	0.133
淮安	300	0.61	2	0.830	0.136	0.434
大连	299	0.66	3	0.568	0.119	0.405
佛山	282	0.97	6	0.700	0.055	0.003
淄博	281	0.54	3	0.542	0.137	0.522
南宁	274	0.84	2	0.895	0.147	0.133
临沂	268	0.60	2	0.555	0.132	0.398
石家庄	258	0.92	2	0.943	0.191	0.064
乌鲁木齐	252	0.62	1	0.784	0.114	0.394
无锡	241	0.88	2	0.891	0.087	0.054
贵阳	237	0.73	2	0.743	0.113	0.219
常州	230	0.95	1	0.942	0.069	0.009
泉州	230	0.73	2	0.888	0.175	0.299
扬州	227	0.86	3	0.725	0.100	0.052
宁波	226	0.89	3	0.792	0.064	0.041
枣庄	226	0.31	2	0.413	0.150	1.220
南昌	225	0.76	3	0.585	0.146	0.232
合肥	222	0.69	1	0.901	0.171	0.424

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
莆田	222	0.68	2	0.532	0.192	0.215
晋城	220	0.60	1	0.831	0.303	0.531
洛阳	215	0.80	1	0.930	0.153	0.170
海口	214	0.77	1	0.776	0.193	0.223
阜阳	213	0.69	1	0.784	0.204	0.308
南通	212	0.75	4	0.496	0.084	0.123
兰州	209	0.70	2	0.755	0.153	0.305
南阳	205	0.62	1	0.766	0.188	0.375
邯郸	201	0.61	2	0.748	0.235	0.515

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。

表 6 313 个城市聚类分组结果表

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	44+43+16=103

类别	城市名称	小计
	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)	
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

注：括号中的城市表示在一个聚类的等级。

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，主要集中在覆盖城市主城区，如洛阳、呼和浩特、海口、乌鲁木齐、阜阳、南阳等。

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；城镇建设用地分散，公交网络覆盖范围较小，公交站点覆盖率很低。

4.3 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，我们利用 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范围的比例。结果显示（表 7），尽管仅有 75.6% 的城镇建设用地范围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。

表 7 公交站点服务范围内的人类活动和设施比例

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“3.1 基于道路网络和兴趣点的城镇建设用地识别”	38,518 km ²	26,987 km ²	75.6

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

此外还获得了高德地图平台的 2014 年 1 月到 7 月 300 个地级市的公交调用次数数据，也体现为长尾分布。我们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 两个变量的显著性低于 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。

4.4 公交站点覆盖率的影响因素分析

本研究还选取了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。

表 3 各城市公交站点覆盖率与各指标回归分析结果（N=267）

指标	标准化后的回归系数	t	显著水平
(常量)		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

5 结论与讨论

本文以“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范围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。本文还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。此外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组团数量、优势度、平均紧凑度、空心岛率等其他四项指标，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。

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。本文的研究工作仍处在初步探索阶段，有待日后进一步完善。

参考文献(References)

1. 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.
2. Balcombe, R., Mackett, R., et al. *The Demand for Public Transport; A Practical Guide*. Transport Research Laboratory, 2004.
3. 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.
4. ZHAO Yue, DU Wen. Study on Effect of Bus-stop on Capacity of Road Section. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2007, 24(8): 136-139[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, 24(8): 136-139.]
5. 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[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.]
6. SUN Feng, JIN Maojing et al. Study of Effect of Bus Stop on Road Way Link Capacity. *Transactions of Beijing Institute of Technology*, 2013, 33(12): 1284-1288[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, 33(12): 1284-1288.]
7. YAN Aiqiong, Cui Min. Distributions and Optimization Strategies for Bus Stations in the Main City of Chongqing. *Planners*, 2011, 27(11): 52-56[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, 27(11): 52-56.]
8. ZHANG Xiaoli, CHEN Jun et al. Bus-stop spacing optimization based on bus accessibility. *JOURNAL OF SOUTHEAST UNIVERSITY (Natural Science Edition)*, 2009, 39(2): 384-388[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, 39(2): 384-388.]
9. 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.
10. ZOU Zhiyun, LI Shuo. The Grey Clustering Analysis of Evaluation for Transit Comprehensive Development Level. *Journal of Wuhan Transportation University*, 2000, 24(1): 38-41[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, 24(1): 38-41.]
11. 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, 27(5): 781-784[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, 27(5): 781-784.]
12. 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, 10(6): 536-541[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, 10(6): 536-541.]
13. WANG Hui, HUANG Jiuju 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, 68(4): 477-490[王慧, 黄玖菊, 李永玲, 等. 厦门城市空间出行
便利性 & 小汽车依赖度分析. 地理学报, 2013, 68(4): 477-490.]
14. JIANG Qian. THE ENLIGHTENMENT FROM THE STUDY ON THE TRANSITORIENTED
DEVELOPMENT OVERSEAS. PLANNING STUDIES OVERSEAS, 2002, 26(8): 82-87[蒋谦. 国外公
交导向开发研究的启示. 城市规划, 2002, 26(8): 82-87.]
 15. HUANG Weidong, SU Xixi. Transit Oriented Community Development Based on TOD
Theory-The Example of HangZhou. Urban Planning Forum, 2010(7): 151-156[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.]
 16. YANG Tao, ZHANG Quan. TRANSIT ORIENTED URBAN MASTER PLAN: TOWARDS THE SPATIAL
FRAMEWORK OF TRANSIT CITY. City Planning Review, 2011, 35(2): 22-25[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, 35(2):
22-25.]
 17. Ji Jue, GAO Xiaolu. Evaluating Urban Structure by Modeling Satisfaction towards Public
Transportatio. Acta Geographica Sinica, 2009,64(12):1477-1487[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, 64(12): 1477-1487.]
 18. Ding Wu, Chen Lin. Arithmetic of analyzing bus stops service rate based on raster GIS. Science
of Surveying and Mapping,2011,36(4):249-251[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, 36(4): 249-251.]
 19. Long Ying, Wu Kang et al. Big Models: A Novel Paradigm for Urban and Regional Studies.
Urban Planning Forum,2014,(6):55-63.[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.]
 20. Long, Ying, and Shen, Yao. 2014. "Mapping parcel-level urban areas for a large geographical
area." arXiv preprint arXiv:1403.5864.
 21. National Bureau of Statistics of the People's Republic of China.2013 China City Statistical
Yearbook. Beijing: China Statistics Press,2014:11-482.[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.]

The coverage ratio of bus station and spatial feature evaluation in Chinese major cities

Li Miaoyi¹, Long Ying^{2*}

(1. School of Environment Design, Kanazawa University, Kanazawa 920-1192, Japan;

2. Beijing Institute of City Planning, Beijing 100045, China)

Abstract:

In the process of developing urban public transport system, the coverage of bus station 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 station 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 station is 64.4%. Meanwhile this study reveals significant correlation of two group variables; one is between bus station coverage ratio and population density and bus station 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 feature of bus station 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 station 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 station layout of Chinese cities. While most present studies on bus station 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 scale. 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 will be able to provide evidence in the process of optimizing urban public transportation service and propelling urban public transportation planning at the same time.

Key words: public transportation; bus station coverage ratio; service scope; open data; big model