

出租车大数据在城市交通中的运用

吴宁宁 余世英 孙贻璐 王志强

【摘要】随着网络技术、数据传输技术的发展，利用智能交通技术提高交通效率、缓解交通拥堵成为各大城市研究热点。武汉市作为首批国家智慧城市试点城市，在交通信息化建设的工程中已经成功接入出租车 GPS、公交 GPS、IC 卡、ETC 等具有地方特色的交通行业数据，如何充分发挥交通数据资源效益，是交通大数据时代亟须思考的问题。本文以武汉市 1.65 万台出租车 GPS 数据为基础，结合本地信息化建设成果，对实时路况系统的建立及运用前景进行讨论，并探讨出租车 GPS 数据在分析出租车客运量、出租车运营管理、出租车乘客出行特征以及交通与用地关系分析等方面的运用，基于对 2011-2014 年典型日出租车 GPS 数据分析，作者认为出租车数据突破了传统的数据采集和分析模式，在服务交通规划管理、交通行业、信息发布方面具有较大的运用前景。

【关键词】交通信息化；实时路况；出租车行业管理；出行特征；交通与用地

1 引言

1.1 城市交通大数据发展背景

随着社会经济的发展，我国迎来了机动化高速发展与道路基础设施大规模建设的双重机遇和挑战。至 2013 年底，全国机动车数量突破 2.5 亿辆，其中汽车达 1.37 亿辆，达到 2003 年的 5.7 倍^[1]，私人汽车的爆发式增长，使人们的出行方式结构发生根本性变化，机动化交通需求急剧增长，交通拥堵成为大城市通病，严重制约城市的可持续发展。国内外发展实践证明，单纯依靠加大交通基础设施建设，会进一步刺激城市的私人机动化出行，无法从根本上解决城市交通矛盾。依托物联网和信息化手段，积极开展交通信息化建设，最大限度地发挥现有交通设施的能力，是解决这一问题的重要举措。

国内外一线城市在智能交通建设方面已经初有成效，北京、上海、深圳综合运用浮动车技术、信息技术，实现了对交通运行数据的实时采集、整合、分析、评估，广泛应用于城市规划、建设、管理。其中北京将交通信息系统应用于奥运会，上海将交通信息系统应用于上海世博会，对于提高交通运行效率发挥了重要作用^[2]。

1.2 武汉市交通信息化建设

2012 年 2 月，工信部发布物联网“十二五”规划，提出要加快培育和壮大物联网产业，加快推动以物联网技术及应用为核心的“智慧城市”建设，武汉列入国家智慧城市第一批试点城。近年来，武汉市相继出台一系列相关政策与规划，推动智慧城市、智慧交通、大数据

产业的发展。《武汉智慧城市总体规划与设计》，计划用 8 年多时间，基本建成“智慧城市”，明确将“智慧交通”作为重点项目，并编制了《智慧交通建设项目规划与设计》。

2010 年，武汉市交通发展战略研究院着手建设武汉市交通信息系统，在《武汉市交通信息系统建设项目建议书》中明确了总体方案框架与分期实施计划^[3]，系统建设旨在汇集数据资源，整合国土规划、交委、交管、城投等行业交通信息资源，立足政府决策、行业管理、交通研究、信息惠民四大服务，孵化武汉交通信息产业。截至 2014 年底，系统引入社会经济、城市用地、停车、交通基础设施等静态数据，以及全市 1.6 万台出租车 GPS 数据、“八桥一隧”ETC 数据、1000 万张公交 IC 卡、8000 台公交 GPS 数据，完成了以浮动车系统、ETC 系统、交通模型系统、公交信息系统为主要内容的工程建设，初步构建了武汉市交通信息平台，在城市交通规划建设决策与管理中发挥了积极的作用^[4]。

武汉市交通发展战略研究院从 2011 年底建成基于出租车 GPS 数据的交通运行评价系统，每天接入覆盖武汉市全市范围的千万余条出租车运行 GPS 样本。本文以对武汉市出租车 GPS 数据的量化分析为主，并结合武汉市交通信息系统建设成果，并进一步探讨出租车 GPS 数据在服务交通规划管理、交通行业、社会公众等方面的运用。

2 服务交通规划和管理

2.1 出租车数据接入

通过专线实时接入由交委客管处转发的出租车 GPS 数据，并建立日志监控系统，监测数据接收情况，数据内容如下：（1）设备 ID：加密后的出租车唯一标识；（2）数据源：数据归属地；（3）时间：GPS 数据生成时刻；（4）经纬度：GPS 设备定位坐标信息，基于 WGS84 坐标系；（5）速度；（6）方向；（7）定位有效性：0=定位无效，1=定位无效；（8）服务状态：0=出租车为候客状态，1=出租车处于载客运营状态；（9）事件状态：出租车报警信息。

2.2 道路拥堵指数算法

由于车载 GPS 终端采集的坐标和电子地图本身都具有一定误差，GPS 定位数据往往带有二三十米的水平误差，城市道路断面形式较为复杂，既有平面道路，又有高架道路，无法简单判断车辆行驶的道路。综合利用多种匹配算法，设计一套改进的路径匹配算法，将出租车 GPS 轨迹与具有拓扑关系的 GIS 路网进行路径匹配，对出租车的实际位置进行定位，结合路径搜索算法获取出租车相邻定位点之间的路径信息，根据路径长度和区间时间计算任意出租车的实时速度，对路段 5 分钟内经过的所有出租车进行速度集成计算，得到路段的出租车行程车速^[5]。

开展车速调查，在城市道路设置观测点，分析不同时段和道路等级条件下上下游观测区间的出租车平均车速与社会车辆（小汽车）速度的相关关系，作为出租车车速向社会车辆速度转换的依据。

开展拥堵感受调查，建立不同道路等级车速与武汉市民拥堵感受之间的对应关系，将运行车速转化为便于向公众发布的道路拥堵指数，拥堵指数的范围为 0-10，以及五个拥堵级别，分别是畅通、基本畅通、轻度拥堵、中度拥堵和严重拥堵。

2.3 道路拥堵指数运用

2.3.1 道路交通运行状况实时发布

实现实时监测主城 800 平方公里全路网交通运行状况，全天候检测路网运行速度，了解交通拥堵时空分布特征^[4]。

1) 开发实时路况展示系统，监测道路交通状况发展趋势，可将实时路况与设定的同期进行对比，可及时发现异常交通状况；

2) 定制交管浮动车子系统，满足交管对道路交通全局掌握与判断的需求，共建交通诱导屏系统；

3) 研究开发实时路况公众应用平台，基于安卓手机系统开发武汉市实时路况 APP，为市民上班途中提供实时路况和交通事件信息，初步在国土规划局范围内使用。



图 1 实时系统大屏展示系统

2.3.2 城市交通信息跟踪

经过多年的交通运行数据积累，为城市交通拥堵演变的定量分析提供科学的依据。近年随着武汉市机动化快速增长，以及交通基础设施占道施工，交通供需矛盾越来越突出，城市交通拥堵越演越烈。根据武汉市交通信息系统数据，2012-2014 年，武汉市工作日高峰拥堵指数分别为 4.4、5.3、6.3，拥堵等级由“轻度拥堵”上升为“中度拥堵”；连续三年节假日高峰交通拥堵指数分别为 2.3、2.9、3.9；城市交通拥堵呈现“由高峰向平峰、由工作日

向节假日、由中心区向外围蔓延”的趋势，城市交通拥堵成为常态。

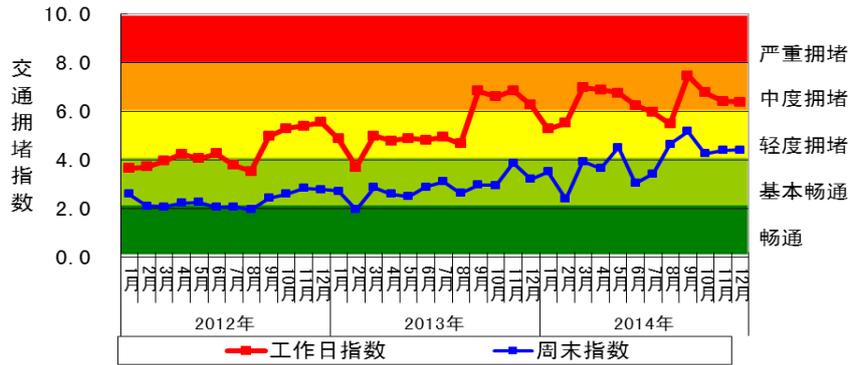


图 2 近三年武汉市交通拥堵指数

经过长期摸索，形成周报、月报、快报、半年报、年报等构成的一整套信息对外发布工作机制，便于政府管理部门及时了解交通运行现状。

2.3.3 制定节假日交通疏解方案

对情人节、五一、清明、十一、春节等特殊节假日交通进行长期监测后，可以提前对节假日进行交通运行预判，制定合理的交通疏堵方案，引导居民出行。

同时通过电视、报纸和网络向社会公众发布大型节假日的交通预警，引导居民选择合适的出行方案。

2.3.4 重大基础设施运营前后交通运行评估

通过长期的观测，对交通基础设施投入使用前后的交通运行数据进行对比分析，对建设项目实施效果进行评价，为交通设施规划与政府决策提供依据。例如武汉市二七长江大桥通车后，武汉长江二桥交通拥堵状态得到了明显的缓解，主线及衔接区域拥堵指数由中度拥堵降低为轻度拥堵，说明二七长江大桥的通车对分流二桥车流起到显著作用。

2.3.5 道路交通管理政策实施效果分析

通过交通信息系统对现状交通运行的分析和评估，能准确把握交通管理政策对交通的影响，辅助政府贯彻交通政策的执行，提高交通需求、管理政策的执行效率。

2.3.6 服务全市交通拥堵治理

与交通局通力合作，对常发交通拥堵路段进行识别，结合实地踏勘，选择一批可操作性强、改造成本低、实施周期短、工程影响小、疏堵见效快的拥堵点段，提出实施性强的整改建议，部分点段已按建议进行了整改，并取得了良好的效果。

3 出租车行业管理

通过出租车运营数据的跟踪分析，可为出租车客流量分析、出租车政策制定提供依据，

以载客次数和出租车里程利用率分析为例：

3.1 载客次数

连续四年出租车日均载客次数呈直线下降的态势，2011年出租车每车载客次数为45车次/日，2013年载客次数降至40车次/日以下，2014年出租汽车单车载客次数降至35车次/日，较2011年下降30%。每辆出租车载客次数是衡量全市出租车客运量的重要依据，如果保持现有的出租车规模和发展策略，出租车承担的客运功能将被削弱。

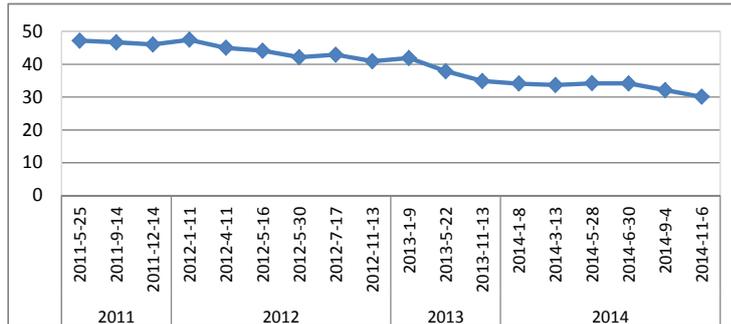


图3 出租车日均载客次数（单位：车次/日）

3.2 里程利用率

出租车里程利用率，随出租车保有量、市场需求及司机的业务熟练程度的不同而有所差异。尽管出租车客运需求量逐渐增大，其载客率并未随之增大，连续三年5月同期出租车里程利用率分别为60.2%、63.1%、60.2%，其中随着2013年4月滴滴打车等打车软件在武汉投入使用，出租车利用率有所提高。另外相关研究表明，较合理的出租车空驶率应该维持在30%左右，显然武汉市出租车空驶率偏高^[6]。可见武汉市出租车一方面“打的难”，另一方面里程利用率低，大量空载行驶出租车既造成有限道路资源的浪费，更加剧城市道路拥堵。

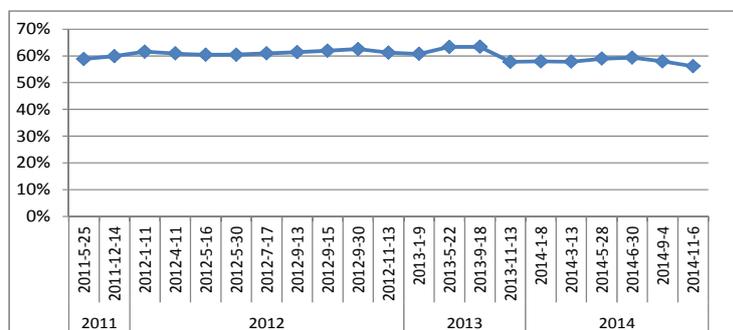


图4 出租车里程利用率

与一般工作日相比，节假日出租车客流量有所增加，其运行速度、里程利用率、每车载客次数均高于普通工作日，这符合出租车需求群体特征以及节假日人们生活、休闲、娱乐出

行的特点。由于节假日的单位时间效益高出一般工作日，出租车司机更愿意在节假日增加运营时间，出租车的出车意愿有所提高。

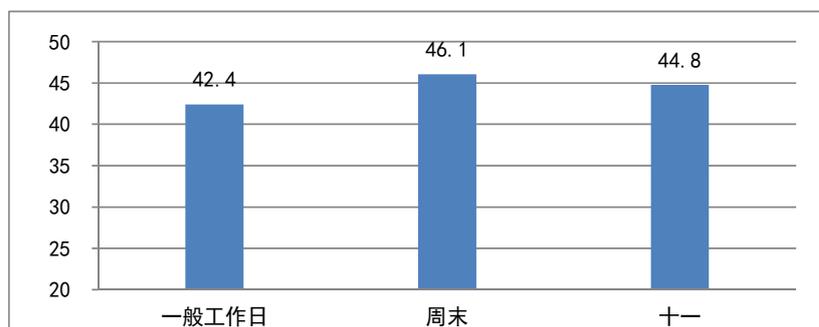


图 5 工作日与节假日载客次数对比



图 6 工作日与节假日里程利用率对比

3.3 出车率

以某时段运营出租车占全天出车总数比例衡量出租车在不同时段的出车率。出租车运营时间集中在 7-24 点，白天出车率变化幅度不大，接近 90%；夜间出租车需求较少，司机出车利润较低，夜间运营车辆数量较白天明显降低，2 点-6 点出车率小于 50%，4-5 点出车率最低，仅为 30%。

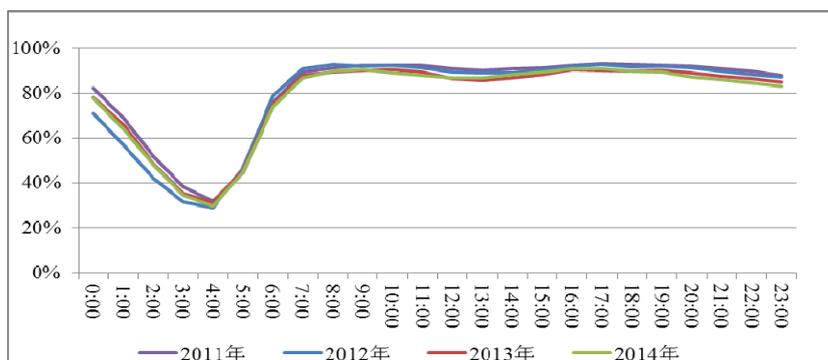


图 7 出租车典型日出车率分布

4 出租车乘客出行特征

4.1 出行距离

出租车乘客出行距离与社会经济水平、出租车票价水平以及城市出行圈范围密切相关。随着城市建成区范围不断向外扩张，以及主城区多中心结构逐步形成，居民活动半径也日趋扩大，居民乘坐出租车出行距离也随之增大。出租车出行距离同期对比呈现小幅上升趋势，2012、2013、2014 年同期平均出行距离分别为 5.8 公里、6.3 公里、6.6 公里，增长幅度分别为 8%、4%。

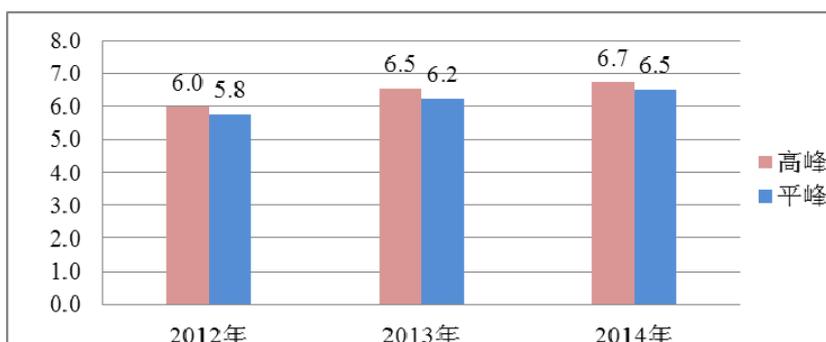


图 8 出租车平均出行距离（单位：公里）

目前出租车出行方式中，56%的出租车出行距离小于 5 公里，5-10 公里占到 25%，10 公里以上仅占总量的 20%。

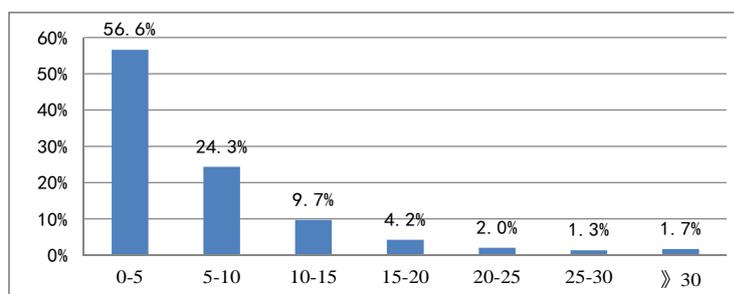


图 9 出租车出行距离分布（公里）

武汉市出租、公交、小汽车三种不同机动化出行方式的平均出行距离分别为 6.7 公里、8.3 公里、9.3 公里，受出行成本的影响，出租车平均出行距离最低，可见目前出租车运输方式主要服务于中短距离交通出行。

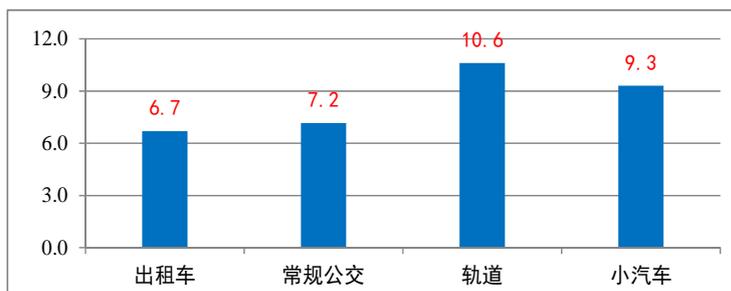


图 10 不同方式出行距离分布

4.2 客流特征

国内大城市出租车的分担率大多在 5%-10%之间。目前北京市出租车客运量约为 199 万人次/日，占机动化出行比例为 7.7%；广州约 211 万人次/日，占比 9.8%；深圳约 111 万人次/日，占比 6.3%^{[7][8][9]}。根据出租车载客系数调查，2014 年武汉市出租车平均载客系数为 1.3 人/车，按照每车日载客次数和出租车保有量核算，2014 年武汉市每日出租车客运量为 73 万人次，占总机动化客流比例为 7%。三种机动化出行中，公交方式客运分担率最高，约 50%，小汽车客流方式比例为 42%，出租车承担客运量较为有限。

表 1 机动车方式结构

| 全天 | 出租车 | 常规公交 | 轨道 | 小汽车 | 求和 |
|-----------|-----|------|------|------|------|
| 总客流（人次） | 73 | 398 | 107 | 419 | 998 |
| 比例 | 7% | 40% | 11% | 42% | 100% |
| 人公里（万人公里） | 492 | 2851 | 1133 | 4024 | 8500 |
| 比例 | 6% | 34% | 13% | 47% | 100% |

与其他机动车出行方式相比，出租车客流时间分布相对均衡，无明显客运高峰，7-24 点共有三个小波峰，分别为：9-10 点，占全天客流比为 5.3%；14-15 点，占全天客流比为 5.4%；20-22 点，客流比例为 5.5%，21-22 点部分公交线路逐渐停运，出租车作为辅助性公交方式的高效性和灵活性优势凸显。晚高峰 16-18 时，出租车客流呈现“波谷”态势，这在一定程度上受到双班制出租车习惯在 16-18 时交班的影响，同时晚高峰交通拥堵造成出租车客运效率和客运量的降低。

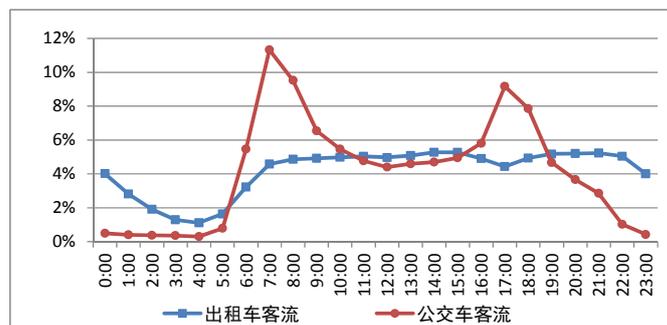


图 11 出租车与公交车客流时间分布

高峰期出租车和小汽车分担客流减少，公交方式结构增大。由于出租车运能受限，客运高峰期出租车方式客运比例降低，由全天 7%降低为 4%，此时出租车供需矛盾也最为突出。上下班高峰期，受交通拥堵影响，公共交通与小汽车的行程车速差异不大，私人小汽车较公共交通快捷性优势减小，高峰私人机动车客流分担率较平峰明显降低，由 42%降低至 35%，而公交分担率则明显提升，由 51%上升至 61%，可见通勤出行对公共交通的依赖程度较高。

表 2 机动车方式结构

| 指标 | 出租车 | 常规公交 | 轨道 | 小汽车 | 求和 |
|------------|-----|------|-----|-----|------|
| 全天总客流 (人次) | 73 | 398 | 107 | 419 | 998 |
| 比例 | 7% | 40% | 11% | 42% | 100% |
| 高峰总客流 (人次) | 13 | 147 | 45 | 109 | 314 |
| 比例 | 4% | 47% | 14% | 35% | 100% |
| 高峰 4 小时占比 | 18% | 37% | 42% | 26% | 32% |

5 出租交通与土地利用相关分析

5.1 上下客热点

从出租车客流集散密度来看，超过 30%乘客上下车位置主要集中在大型商圈、客流枢纽等区域周边，主要客运枢纽 1 公里范围内出租车客流集散量占总集散量 13%，武广、江汉路、徐东、中南路、光谷、钟家村等主要商圈 1 公里范围内出租车客流集散量占到 19%。出租车系统为娱乐、购物、换乘客运枢纽等非通勤类交通出行提供了快捷、高质量的服务。

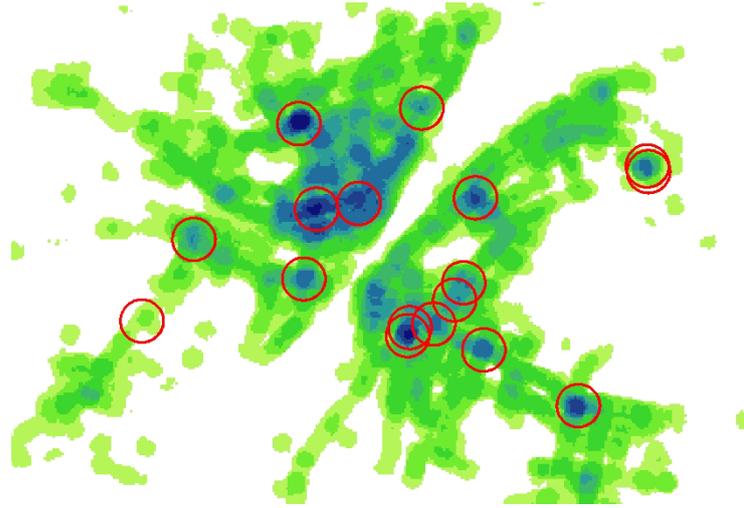
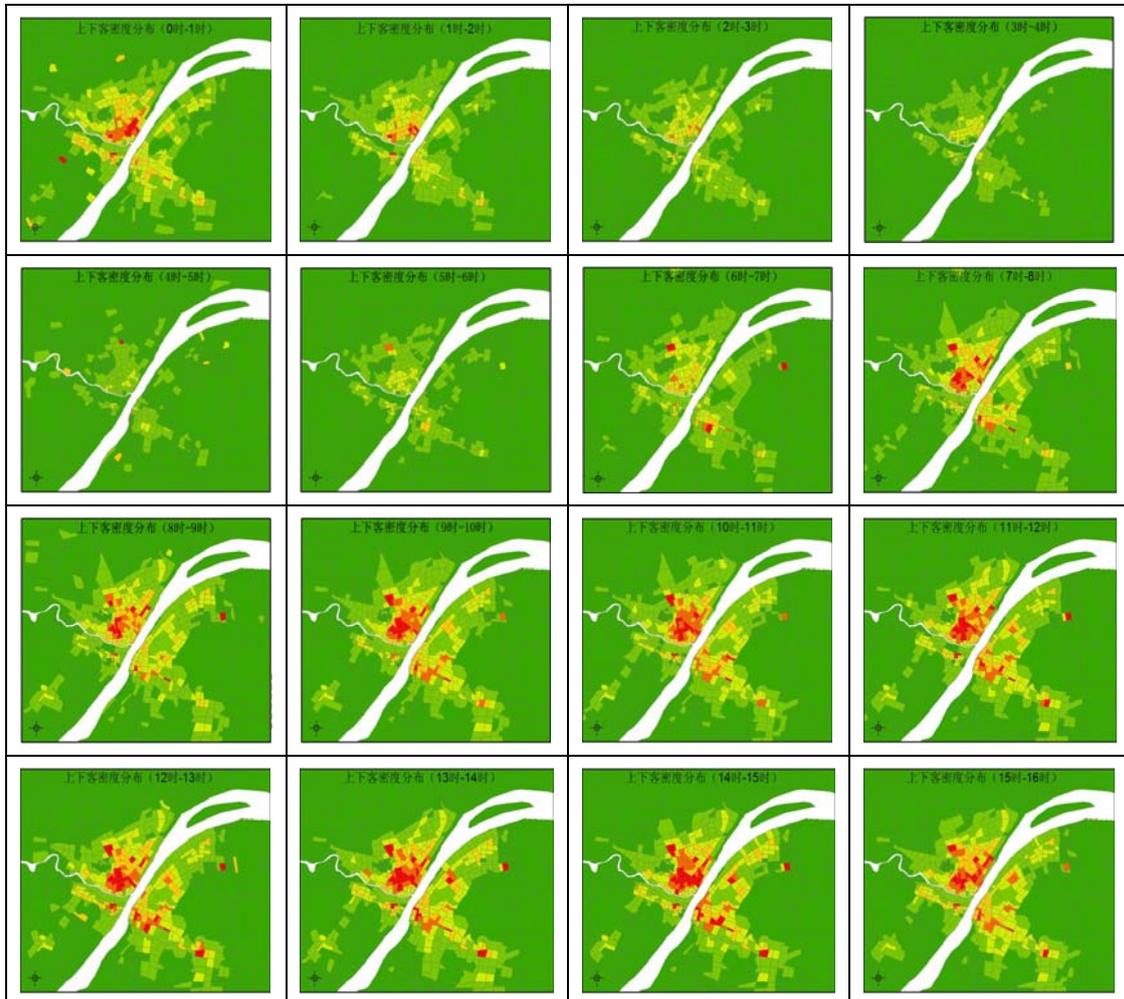


图 12 出租车客运集散点分布

5.2 活动强度



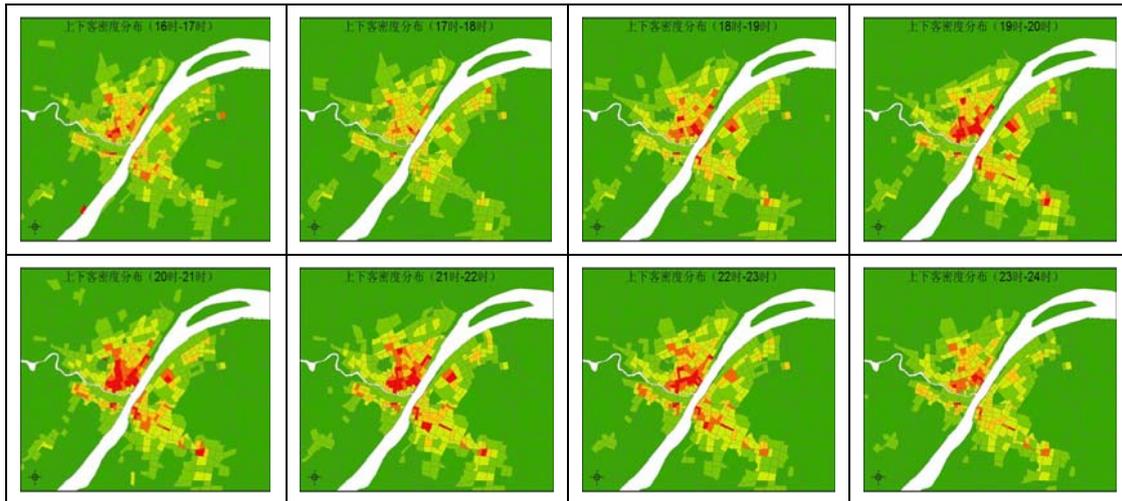


图 13 出租车客运密度分布时变图

武汉市出租车客流时空分布呈现以下特征：

- (1) 1-6 点，出租车客流整体处于较低水平，其中 4-5 点全市出租车客流处于低峰值，6 点，火车站、大型医院周边客流最先开始活跃，客流密度显著高于其他区域。
- (2) 7-11 点以后，客流活跃范围和强度迅速增大，出租车客流聚集在三镇人口岗位高度集中的中心区，汉口-武昌-汉阳客流分别呈现“面-线-点”的分布态势（第 1 个小高峰）；
- (3) 11-15 点，午餐时间，武昌的光谷和徐东、汉阳的钟家村等商业区进入重点活动区范围（第 2 个小高峰）；
- (4) 15-17 点，出租车客流整体活跃度逐渐减小；
- (5) 17-19 点，为下班高峰期，出租车司机轮流换班，出租车客流处于较低的水平；
- (6) 19-22 点，活跃点主要集中在一些餐饮、购物等商业区域（第 3 个小高峰）。
- (7) 22-24 点，居民结束活动返家，商圈娱乐场所密集区域客流逐渐减少，而大型居住区周边出租车客流密度相对增大。

5.3 用地特征

不同用地性质呈现截然不同的交通特征，以四种典型的用地类型为例：大型居住组团周边出租车通常不是主要的机动化出行方式，白天出租车客流无明显高峰，晚上 21-22 点客流增加；商圈周边各类休闲娱乐活动聚集，出租车由于其快捷舒适特性成为重要交通工具，区域全天出现 2 个较为明显的出租车客流高峰，分别为中午就餐时间 14 点，以及晚上商业活动高峰 19-22 点；医院周边以看病就医出行为主，出租车需求量较大，早上 8-9 点就医高峰期出现较为明显的到达出租车客流高峰，并在中午 13-14 点出现二次客流高峰；火车站周边出租车客流，与车站的功能定位相关，武汉站以高铁为主，夜间出租车客流较少，武昌站普速车较多，夜间出租车客流比例高于其他火车站。

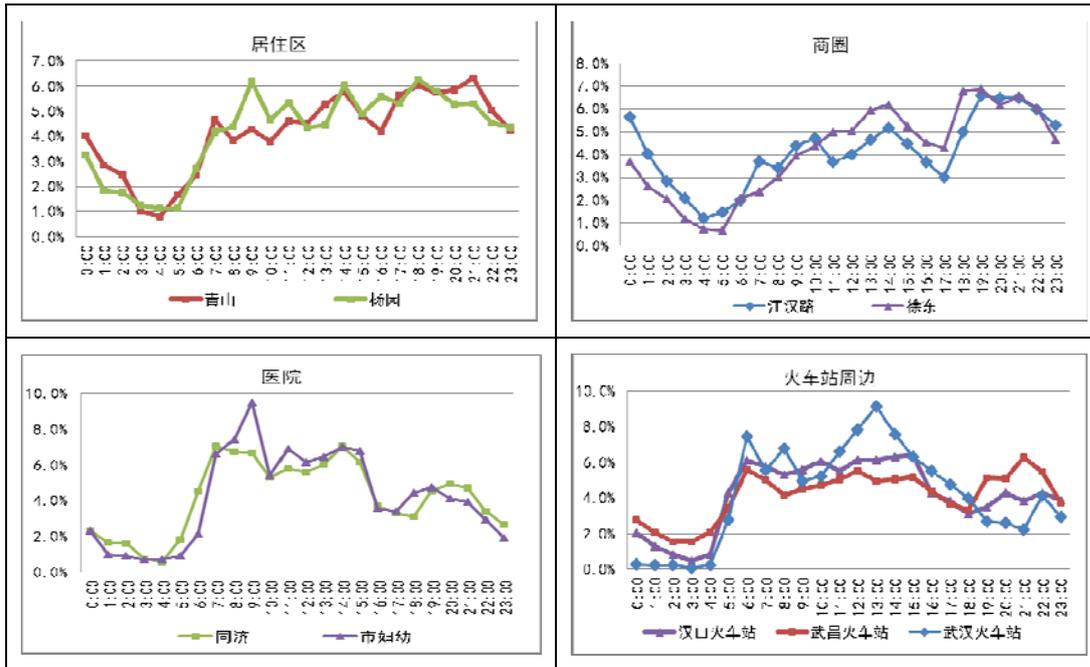


图 13 不同用地类型出租车客流特征

6 总结

(1) 目前各大城市已经普遍意识到智能交通在提高交通效率、缓解交通拥堵、促进交通可持续发展方面的重要作用。一些大城市交通行业部门虽然建立了各自的交通信息平台，但是数据挖掘方面主要服务于本部门业务，部门之间数据共享需求愈来愈强，有必要高效整合行业信息资源，建设城市交通数据共享和服务平台，统一规划，兼顾地方特色，以实效运用为导向，大胆创新。

(2) 本文重点对出租车运行数据的使用进行了分析。武汉市是较早建立实时路况系统的城市之一，对其他城市建设交通运行分析系统具有一定的借鉴意义，加强系统的时效性、扩大实时路况 APP 的惠民范围是实践运用中对武汉市实时路况系统提出的更高要求。基于出租车 GPS 数据的行业运行、交通运行特征等相关分析，突破了传统的基于交通调查的数据分析模型，进一步体现了交通大数据服务交通规划、交通行业、交通研究的重要性。

【参考文献】

- [1] 公安部. 全国机动车突破 2.5 亿辆 [EB/OL]. <http://legal.people.com.cn/n/2014/0128/c42510-24254821.html>, 2014-1-28.
- [2] 武汉市交通发展战略研究院. 武汉智能交通信息系统建设工程可行性研究报告[R]. 武汉市交通发展战略研究院, 2014.
- [3] 武汉市交通发展战略研究院. 武汉市交通信息系统建设项目建议书》[R]. 武汉市交通发展战略研究院, 2010.
- [4] 王志强, 等. 智能交通: 面向决策, 服务管理——武汉交通信息系统助力武汉智慧城市建设[C]. 2014

年度武汉市标准化学术获奖论文集,2014.

- [5] 武汉市交通发展战略研究院.武汉市交通信息系统一期工程[R].武汉市交通发展战略研究院,2012.
- [6] 柳丽娜,陈艳艳.北京市出租车乘客需求预测模型研究[J].交通标准化,224,2014.
- [7] 北京市交通发展研究中心.2012年北京市交通发展年度报告[R].北京市交通发展研究中心,2012.
- [8] 广州市交通发展研究院.2013年广州市交通发展年度报告[R].广州市交通发展研究院,2013.
- [9] 深圳市交通发展研究中心.2012年深圳市交通发展年度报告[R].深圳市交通发展研究院,2012.

【作者简介】

吴宁宁,女,硕士,武汉市交通发展战略研究院,工程师。电子信箱: 412793912@qq.com

余世英,女,硕士,武汉市交通发展战略研究院,工程师

孙贻璐,女,硕士,武汉市交通发展战略研究院,工程师

王志强,男,硕士,武汉市交通发展战略研究院,工程师