

基于 GPS 浮动车数据的 交通信息时空分布研究^①

沈敬伟, 周廷刚, 朱晓波

西南大学 地理科学学院, 重庆 400715

摘要: 目前, 基于 GPS 浮动车数据的研究对象大多集中于微观的道路, 缺少揭示城市交通信息整体时空分布规律的研究. 为此, 作者拟从宏观角度出发, 研究交通信息在城市级别的时空分布特征, 以期指导居民出行. 以武汉市 GPS 浮动车数据为基础, 以空间数据库和空间连接分析为支撑, 结合统计分析等手段, 研究了武汉市交通信息的时空变化规律. 结果表明: 相同类型日期之间的交通信息时间分布特征具有高度相似性, 而不同类型日期之间的交通信息时间分布特征差异较大; 工作日的交通拥堵时间发生在 8 点和 18 点左右, 而周末的交通拥堵时间发生在 11 点和 15 点左右; 远城区的整体交通状况要优于主城区的交通状况.

关键词: GPS 浮动车数据; 交通信息; 时空分布; 空间连接

中图分类号: P208

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)08-0157-06

交通信息时空分布特征客观上反映了居民日常出行在时间和空间上的分布规律. 研究交通信息的时空分布特征和规律, 有望指导居民出行, 从而减少交通拥堵发生的概率. 虽然基于常规的人工交通调查方法也可以获取居民的出行信息^[1], 但是时效性和便捷性难以保证. GPS 浮动车数据采集技术是近年来兴起的一种动态交通信息检测技术, 是利用安装在车辆上的 GPS 实时获取车辆的位置、时间、速度和方向等信息. 近年来, 大量的车辆都安装了 GPS 设备, 大规模浮动车数据的获取为交通信息分析提供了可靠的数据源.

通过分析 GPS 浮动车数据, 能够获取大量的信息, 例如, 兴趣点^[2-3]、道路网络更新^[4]、交通预测^[5]、经验最优路径^[6-7]等. 此外, 也有大量的研究关注交通信息的时空分布: Bar-Gera 等人基于移动电话采集的浮动车数据评价了交通速度和交通时间^[8]; 涂家伟提出了基于浮动车数据的路段平均速度计算方法, 并能够根据平均速度判断路段交通状态^[9]; 李宇光等人分析了大样本浮动车数据平均瞬时速度与路段平均行驶速度的关系, 提出了采用大样本浮动车数据的平均瞬时速度快速评估道路行驶速度^[10]; Kesting 等人提出以车辆为基础的方法来收集交通流数据, 并使用交通流数据估计交通拥堵的上游和下游^[11]; 孙健等人使用地理信息系统技术将浮动车数据与深圳市地图匹配, 得到城市路网不同时间点的拥挤状态, 定性分析区域内交通拥挤的成因, 并揭示了交通拥挤的时空演变规律^[12]; 朱琳等人基于北京市实测的浮动车数据, 以交通拥堵时间维度特征分析为出发点, 引入残存函数, 分析路段上的早高峰拥堵持续时间概率分布、当前

① 收稿日期: 2014-04-03

基金项目: 国家自然科学基金(41301417); 中央高校基本科研业务费(XDJK2015B022); 四川省应急测绘与防灾减灾工程技术研究中心开放基金(K2015B015).

作者简介: 沈敬伟(1984-), 男, 河北鸡泽人, 博士, 副教授, 主要从事虚拟地理环境、三维 GIS、GPS 浮动车数据分析研究.

交通速度分布与未来拥堵状态变化之间的关系^[13].

综上所述, 基于 GPS 浮动车数据的道路交通信息获取技术研究取得了很大进展, 然而研究对象集中于微观的道路交通状况, 城市中整体交通信息的时空分布规律的研究有待加强. 因此, 作者拟从宏观的角度出发, 研究交通信息在城市级别的时空分布特征, 以期揭示交通信息的时空变化规律, 从而指导居民出行.

1 研究区域与 GPS 浮动车数据概况

武汉市位于中国的中部地区, 地理位置东经 $113^{\circ}41' \sim 115^{\circ}05'$, 北纬 $29^{\circ}58' \sim 31^{\circ}22'$. 东西距离最大为 134 km, 南北距离最大为 155 km. 武汉市下辖 13 个市辖区(图 1), 其中 7 个主城区为: 江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、青山区、洪山区, 6 个远城区为: 东西湖区、汉南区、蔡甸区、江夏区、黄陂区、新洲区. 其中, 汉南区是唯一不与主城区接壤的市辖区, GPS 浮动车数据较少, 因此在本研究不计入汉南区.

GPS 浮动车数据来自武汉市的出租车, 其中包含 6 天的数据(其中: 3 月 11 日数据缺失, 但不影响整体分析效果), 分别为: 2009 年 3 月 8 日(星期日)、3 月 9 日(星期一)、3 月 10 日(星期二)、3 月 12 日(星期四)、3 月 13 日(星期五)、3 月 14 日(星期六). 收集得到的 GPS 浮动车数据包括如下属性: Timestamp、CarID、X、Y、Speed、Angle. 其中, Timestamp 表示时间戳, 记录采样点的时间; CarID 表示车辆的编号; X 和 Y 分别表示采样点的经度和纬度; Speed 表示特定时刻的瞬时速度; Angle 表示车辆行驶的方位角, 即车辆行驶方向与正北方向夹角.

综合分析, GPS 浮动车数据具有定位、定性和时间性三大特点. 其中: 地理坐标(X 和 Y)描述了 GPS 浮动车数据的空间分布特征, 即定位特性; 属性数据描述了 GPS 浮动车数据的运动状态, 即定性特性; 时间信息描述了 GPS 浮动车数据的采样时间, 即时间特性.

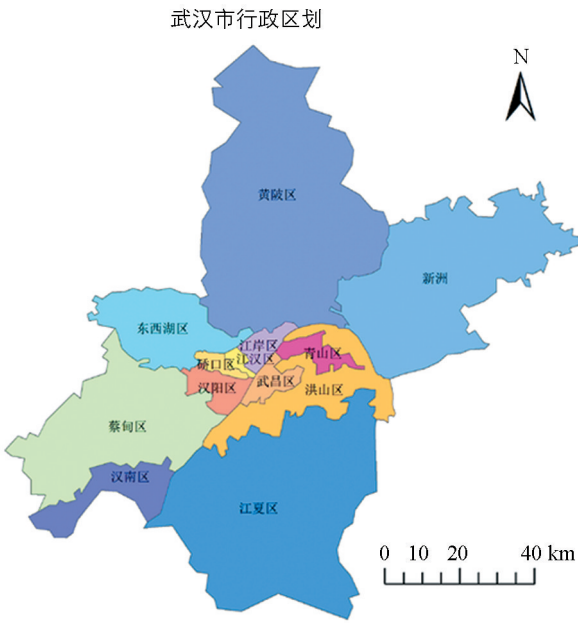


图 1 武汉市行政区划图

2 交通信息获取方法

由于 GPS 浮动车数据属于典型时空数据(定位、定性和时间性), 通过对 GPS 浮动车数据进行分析, 能够反演任意时间和地点的交通信息. 首先, 对 GPS 浮动车数据进行空间定位, 即判断 GPS 浮动车数据与武汉市各个市辖区之间的空间关系, 可以获取 GPS 浮动车数据采样点在空间中的位置. 如果 GPS 浮动车数据在市辖区的内部, 则在该辖区内统计分析该采样点. 其次, 统计分析 GPS 浮动车数据的速度信息可以反映交通状况. 例如, 对车辆的速度信息进行统计分析, 如果车辆的整体速度都比较小, 则说明道路比较拥堵; 反之, 车辆的速度比较大, 则说明道路比较畅通, 交通状况比较良好. 再者, 分析不同时间段的交通信息, 能够反映交通信息的时间分布特征和交通信息的时间演变规律.

因此, 本研究拟以 GPS 浮动车数据为基础资料, 以 GIS 空间分析技术为支撑, 结合统计分析等手段, 研究交通信息的时空分布规律. 图 2 为基于 GPS 浮动车数据的交通时空信息获取流程: ① 建立 GPS 浮动车数据库, 对 GPS 浮动车数据统一管理; ② 按照一定的时间间隔从 GPS 浮动车数据库中提取 GPS 浮动车

数据, 研究 GPS 浮动车数据的时空分布特征; ③ 对提取的 GPS 浮动车数据进行空间化, 获取 GPS 浮动车数据所对应的矢量空间数据; ④ 执行武汉市行政区划空间数据与 GPS 浮动车数据的空间连接操作, 并统计各市辖区内的 GPS 浮动车数据的平均速度; ⑤ 获取各个市辖区的 GPS 浮动车数据平均速度, 分析交通信息的时空变化规律.

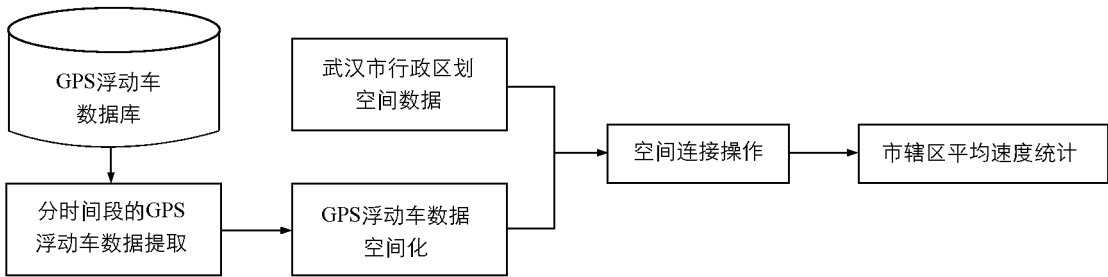


图 2 基于 GPS 浮动车数据的交通时空信息获取流程

3 交通信息时空分析

3.1 交通信息时间分布特征

为研究交通信息的时间分布特征, 需要分析交通信息随着时间的变化规律. 表 1 为上述六天的交通信息统计特征值(最大值和最小值), 图 3 为武汉市交通信息的时间分布图.

表 1 交通信息统计特征值

	周一	周二	周四	周五	周六	周日
速度最大值/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	8.85	8.87	8.55	8.44	8.96	9.02
速度最小值/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	5.28	5.25	5.37	5.40	5.55	5.67
最大/最小速度差/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	3.57	3.62	3.18	3.04	3.41	3.35
最大/最小速度比值	1.68	1.69	1.59	1.56	1.61	1.59

从表 1 的最大/最小速度差知, 各天的速度最大值和最小值差异很大, 最大的差值为 3.62 m/s; 从表 1 的最大/最小速度比值可知, 各天速度的最大值约为速度最小值的 1.6 倍, 意味着最为畅通时间段的车辆行驶速度约为最为拥堵时间段的车辆行驶速度的 1.6 倍. 从以上分析可知, 交通状况与时间密切相关.

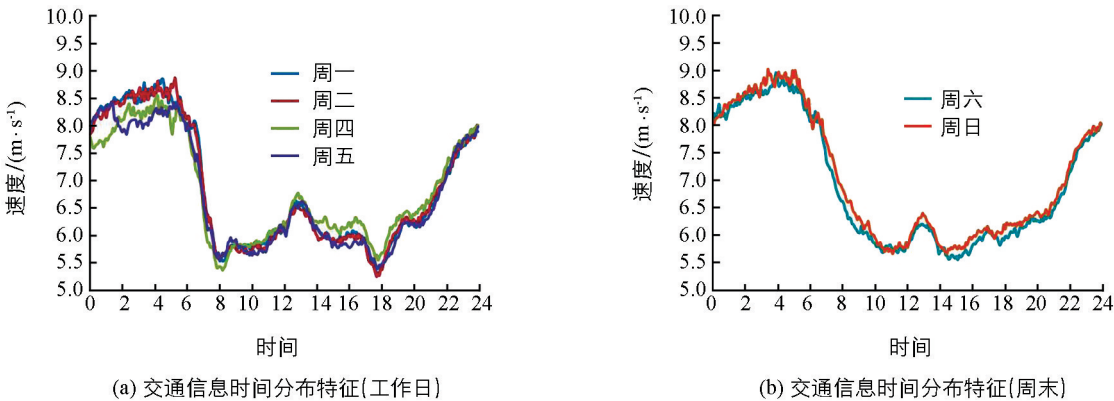


图 3 交通信息时间分布

从图 3 可知, 相同类型日期交通信息的时间分布特征具有高度相似性, 具体表现为图 3(a)中的四条曲线、图 3(b)中的两条曲线具有高度相似性. 相关分析是研究随机变量之间相关关系的一种统计方法, 其中: 相关系数为 1 表示为绝对正相关, 相关系数为 0 表示为零相关. 为此, 表 2 给出了上述 6 天数据之间的相关系数. 从表 2 可知, 工作日之间、周末之间具有高度相关性. 例如, 周一与周二、周四、周五的相关系数分别

是 0.996 3、0.977 0、0.986 6；周六与周日的相关系数为 0.995 6.

表 2 交通信息时间分布的相关系数

	周一	周二	周四	周五	周六	周日
周一	1	0.996 3	0.977 0	0.986 6	0.961 3	0.949 2
周二	0.996 3	1	0.979 1	0.986 7	0.963 2	0.952 3
周四	0.977 0	0.979 1	1	0.973 3	0.917 5	0.901 4
周五	0.986 6	0.986 7	0.973 3	1	0.949 7	0.935 9
周六	0.961 3	0.963 2	0.917 5	0.949 7	1	0.995 6
周日	0.949 2	0.952 3	0.901 4	0.935 9	0.995 6	1

交通信息在工作日和周末表现为不同的特征,例如,周日与周一、周二、周四、周五的相关系数分别是 0.949 2,0.952 3,0.901 4,0.935 9,远小于周日与周六的相关系数 0.995 6. 交通信息的相异性在图 3 中表现为:图 3(a)中的交通高峰时期(速度最小)发生在上午 8 点和下午 18 点左右,其原因为上午 8 点和下午 18 点一般为工作日的上下班时间,所以交通比较拥堵;图 3(b)中的交通高峰时期发生在上午 11 点和下午 15 点左右,其原因为相对于工作日,居民在周末通常晚出早归,所以上午的交通高峰期相对于工作日滞后、下午的交通高峰期相对于工作日提前.

3.2 交通信息时空分布

交通信息在时间和空间上分布不均,差异很大. 为了研究交通信息的时空分布规律,以市辖区为基本单元,研究交通信息在不同时间的分布情况. 从图 3 可知,图 3(a)、图 3(b)中的 13 点为两个交通高峰期间的相对畅通时期;无论工作日、周末,凌晨 4 点左右均为道路最为畅通时期. 其次,工作日交通高峰时期发生在上午 8 点和下午 18 点左右,周末交通高峰时期发生在上午 11 点和下午 15 点左右. 以上述典型的时间段为基础,选取典型的时间特征点进行分析. 图 4 为武汉市各辖区交通信息时空分布图.

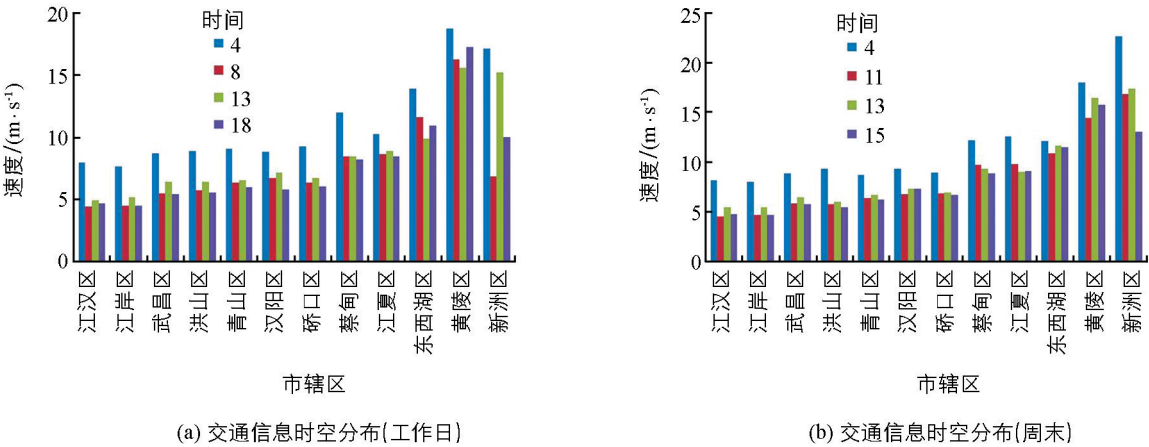


图 4 交通信息时空分布

从图 4 可知,交通信息表现出典型的时空分布特征. 首先,交通信息分布表现出明显的时间分布特征. 例如,在图 4(a)中,畅通时间段(4 点和 13 点)的交通状况整体优于交通高峰期(8 点和 18 点);在图 4(b)中,畅通时间段(4 点和 13 点)的交通状况整体优于交通高峰期(11 点和 15 点). 其次,交通信息分布表现出明显的空间分布特征,远城区的交通状况(东西湖区、蔡甸区、江夏区、黄陂区和新洲区的平均速度)整体优于主城区的交通状况(江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、青山区和洪山区的平均速度). 为了进一步说明主城区和远城区的交通状况差异,图 5 展示了典型时刻主城区和远城区的交通状况. 从图 5 可知,无论在工作日还是在周末,远城区的整体交通状况都要优于主城区的交通状况.

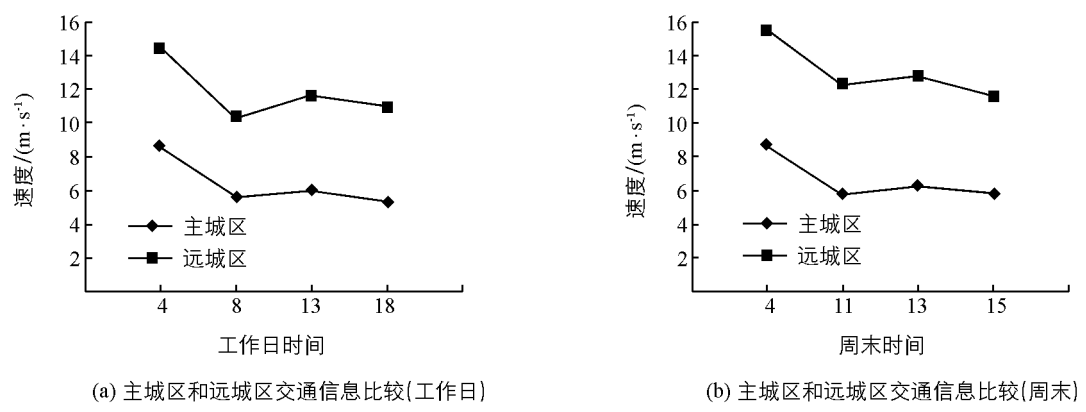


图 5 主城区和远城区交通信息比较

4 结 语

交通信息在时间和空间变化很大. 基于收集到的 GPS 浮动车数据, 分析了交通信息的时间分布特征、时空分布特征. 结果表明: 工作日之间、周末之间, 交通信息的时间分布特征具有高度相似性, 而工作日和周末的交通信息时间分布特征差异较大; 分区统计结果表明, 各个市辖区畅通时间的交通状况整体优于高峰期的交通状况; 远城区的整体交通状况要优于主城区的交通状况. 基于上述分析结果, 以期避开交通拥堵区域, 从而指导车辆出行. 然而, GPS 浮动车数据具有海量的特征, 串行算法需要较多的计算时间, 设计高效的并行 GPS 浮动车数据分析方法, 提高 GPS 浮动车数据分析的效率是下一步要解决的工作.

参考文献:

[1] 宗会明, 戴技才, 乔 宏, 等. 渝中区综合交通发展格局及拥堵原因解析 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(2): 1-8.

[2] GUO Dian-sheng, ZHU Xi, JIN Hai, et al. Discovering Spatial Patterns in Origin - Destination Mobility Data [J]. Transactions in GIS, 2012, 16(3): 411-429.

[3] 李 军, 秦其明, 游 林, 等. 利用浮动车数据提取停车场位置 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2013, 38(5): 599-603.

[4] LI Jun, QIN Qi-ming, XIE Chao, et al. Integrated Use of Spatial and Semantic Relationships for Extracting Road Networks from Floating Car Data [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 19: 238-247.

[5] CASTRO P S, ZHANG Da-qing, LI Shi-jian. Urban Traffic Modelling and Prediction Using Large Scale Taxi GPS Traces [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2012, 7319(2012): 57-72.

[6] LI Qing-quan, ZENG Zhe, ZHANG Tong, et al. Path-Finding Through Flexible Hierarchical Road Networks: An Experimental Approach Using Taxi Trajectory Data [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 13(1): 110-119.

[7] ZHUANG Li-jian, GONG Jun-feng, HE Zhao-cheng, et al. Framework of Experienced Route Planning Based on Taxis' GPS Data [C] // 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Anchorage, AK, USA, September 16-19, 2012: 1026-1031.

[8] BAR-GERA H. Evaluation of a Cellular Phone-Based System for Measurements of Traffic Speeds and Travel Times: A Case Study from Israel [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2007, 15(6): 380-391.

[9] 涂家伟. 基于浮动车技术的道路交通特性分析及系统实现 [D]. 天津: 天津大学, 2009.

[10] 李宇光, 熊普选, 乐 阳. 基于大样本浮动车数据的武汉市车辆行驶速度获取与分析 [J]. 交通信息与安全, 2009,

27(4): 26—30.

- [11] KESTING A, TREIBER M. Online Traffic State Estimation Based on Floating Car Data [C]. in: Proceedings of Traffic and Granular Flow'09 (TGF'09), June 22—24, 2009, Shanghai, China, 1—11.
- [12] 孙 健, 刘 琼, 彭仲仁. 城市交通拥挤成因及时空演化规律分析——以深圳市为例 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(5): 86—93.
- [13] 朱 琳, 于 雷, 宋国华, 等. 基于浮动车数据的交通拥堵时间维度特征 [J]. 北京交通大学学报, 2011, 35(6): 7—12.

On the Spatial and Temporal Distribution of Traffic Information Based on GPS Floating Car Data

SHEN Jing-wei, ZHOU Ting-gang, ZHU Xiao-bo

School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In the last few years, GPS floating car data was introduced to study traffic information on the road. However, few researches concentrated on the traffic information for a whole city. In order to provide a guide for resident trips, spatial and temporal distribution of traffic information based on GPS floating car data was studied. Based on GPS floating car data in Wuhan and supported by spatial database and spatial join analysis, the process about spatial and temporal distribution of traffic information of the city was investigated by means of statistical analysis. Three main conclusions were made in this paper: First, traffic information distribution was highly similar at the same type of date, but there was a big difference between different types of date; then, traffic congestion occurred at about 8 a. m. and 6 p. m. on weekdays and at about 11 a. m. and 3 p. m. on weekends; and, finally, traffic situation was better in suburban districts than in central districts.

Key words: GPS floating car data (GPS FCD); traffic Information; spatial and temporal distribution; spatial join

责任编辑 汤振金

