

基于卡口数据的机动车出行与空间关联分析

戴露, 李婷

(常州市规划设计院, 江苏 常州 213000)

摘要: 交通出行与城市空间关系高度耦合, 空间布局、用地开发决定了出行需求和分布, 交通设施尤其骨干交通成为了城市空间的骨架, 空间与交通的紧密联系为两者的关联分析提供了可行基础。卡口数据具有追踪机动车出行全路径、全时段的优势, 可用于精准分析机动车出行特征。为了快速分析空间开发可能带来的机动车出行需求, 以C市主城区范围内的卡口数据为基础, 辅以道路网数据、手机信令数据、用地开发建筑体量数据等多源数据, 通过融合关联分析, 探索了机动车出行与城市空间、用地开发的相关性特征, 并定量标定出机动车出行与人口岗位、用地开发体量的关系函数, 为提升城市用地规划和交通设施布局的互适性提供了数据支撑。

关键词: 城市交通; 卡口数据; 城市空间; 多源数据; 关联分析

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)07-0023-04

Analysis of Motor Vehicle Travel and Spatial Correlation Based on Checkpoint Data

DAI Lu, LI Ting

(Changzhou City Planning and Design Institute, Changzhou 213000, China)

Abstract: The relationship between the traffic travel and urban space is highly coupled. The spatial layout and the land development determine the travel demand and distribution. The transportation facilities, especially the backbone transportation, have become the framework of urban space. The close connection between space and traffic provides a feasible basis for the correlation analysis of the both. The checkpoint data has the advantage of tracking the entire path and all time periods of motor vehicle travel, and can be used to accurately analyze the characteristics of motor vehicle travel. In order to quickly analyze the demands of motor vehicle travel possibly caused by the spatial development, taking the checkpoint data within the main urban area of C city as the basis, supplemented by the multi-source data such as road network data, mobile signaling data and land development building volume data, and through the fusion correlation analysis, the correlation characteristics of motor vehicle travel, urban space and land development are explored, and the relationship function among the motor vehicle travel, population positions and land development volume quantitatively calibrated, which provides the data support for upgrading the mutual adaptability of urban land planning and traffic facility layout.

Keywords: urban transportation; checkpoint data; urban space; multi-source data; correlation analysis

0 引言

城市空间、用地布局与城市交通出行需求息息相关, 对于两者关联分析的手段往往通过抽样调查来实现, 如吸引源调查等, 但具有一定的随机性和偶然性。卡口数据包含了机动车出行轨迹数据, 可以从中提取相关出行特征信息, 国内已有较多研究成果。贾宏观^[1]研究出一套卡口数据轨迹拆分、基于百度地图开源数据的轻量级路线规划模型, 以及通

过补充中途点构建完整轨迹的交通卡口数据处理技术流程; 张清华^[2]通过开源OSM地图来识别卡口间路径, 经计算和多次匹配, 获取了出行链表。但受限于数据源和获取难度, 对卡口数据与城市空间进行关联分析的研究较少, 往往通过静态设施数据进行关联分析^[3]。本文基于卡口数据, 辅助手机信令数据、用地开发建筑体量数据等可以反映用地开发和人口岗位分布的信息, 通过关联分析, 量化分析用地开发、人口岗位与出行需求之间的关系, 为提升城市用地规划和交通设施布局的互适性提供数据支撑^[4]。

收稿日期: 2024-07-17

作者简介: 戴露(1992—), 男, 硕士, 工程师, 从事交通模型与大数据分析工作。

1 基础数据

基础数据主要包括卡口数据、手机信令数据和用地开发建筑体量数据这3类。

卡口数据包括车牌号(脱敏后)、车种、卡口设备名称、车道编码、方向、时间6个字段。每条数据包含1辆机动车被卡口设备拍摄到的位置和时间,进而可推算出车辆完整轨迹。通过统计,工作日可识别机动车(高速环内)100.8万辆/d,轨迹数据2 308.3万条,平均每辆车22.9条数据。

2021-11-22某处卡口数据见表1;某辆车1周轨迹点分布见图1。

表1 2021-11-22某处卡口数据(示例)

车牌	车种	卡口设备名称	车道编码	方向	时间
916870	2	常武路龙城大桥南段	1	南北(SN)	8:15
666028	4	龙城大道顺园路	8	东西(EW)	8:15
666028	4	长江中路飞龙中路	12	东西(EW)	8:15



图1 某辆车1周轨迹点分布

手机信令数据受数据安全要求影响,仅可获取中间成果数据。本文基于手机信令数据,按照栅格尺度(250 m×250 m)汇总统计人口岗位数据,并结合C市统计年鉴,分行政区人口岗位进行分层扩样。

栅格层面人口岗位对应一览表见表2。

表2 栅格层面人口岗位对应一览表(示例)

居住地分布			就业地分布			人数
行政区	街道	栅格网编码	行政区	街道	栅格网编码	
新北区	三井街道	60028	新北区	三井街道	60028	260
新北区	新桥街道	64722	新北区	新桥街道	64722	11
钟楼区	北港街道	58930	钟楼区	北港街道	58930	114

用地开发建筑体量数据主要源于测绘数据,包括每栋建筑的类型、基底面积、层数、位置等信息,可以统计开发业态和规模。

开发建筑体量数据一览表见表3。

2 城市用地布局和职住空间分布

城市用地布局与居民职住空间分布息息相关,

表3 开发建筑体量数据一览表(示例)

编码	土地用途	层数	建筑单体基底面积/m ²	行政区
1	城镇住宅用地	20	15.50	邹区镇
2	高教用地	6	147.60	邹区镇
3	工业用地	2	668.15	邹区镇

通过居住用地和公建类用地的分布可大致分析出城市职住通勤出行空间分布。但用地混合布局与职住平衡无法划等号,仍需要通过数据进行精准分析。

2.1 城市用地布局

研究城市C市为中等城市,城市空间尺度不大,平均出行距离约6.84 km。市区常住人口约456.8万人,机动车保有量160.3万辆,机动车分担率达38.27%。城市用地开发以老城厢为中心不断往外拓展,并形成高架环和高速环,其中高架环围合面积约113 km²,高速环围合面积约390 km²。

现状用地布局整体呈现单中心向外的特征,中心以居住、商业办公、生活配套为主,外围布局较多的工业用地。居住功能片区南北向约20 km,东西向约13 km,南北轴向腹地较大。

C市现状用地布局见图2。

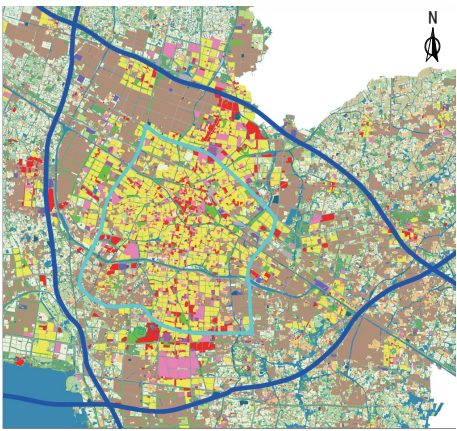


图2 C市现状用地布局

2.2 职住空间分布

基于手机信令数据的居住、就业空间分布整体形态上与用地布局一致。居住人口分布呈现出高架环内集聚,南北延伸、往西突出,外围分散的特征;就业人口相比居住人口聚集程度较低,除中心区外,外围相对均质。用地开发与人口分布高度的相关性也为后续的量化关联分析提供了基础条件。

基于手机信令数据的职住空间分布强度见图3。

3 机动车出行特征分析

基于卡口数据和C市居民机动车出行的一般特

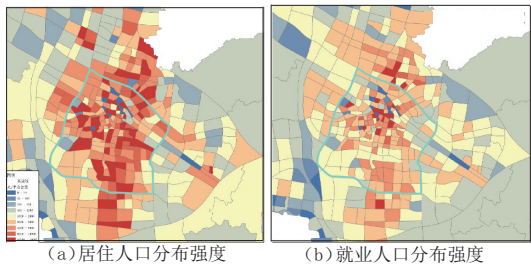


图3 基于手机信令数据的职住空间分布强度

征,提取卡口数据中包含的车辆轨迹数据,并进行路网匹配,同时进一步切分至单次出行信息,获取起终点、时刻和路径等信息。通过对机动车出行特征进行集计分析,可获取出行强度和空间分布特征。

3.1 机动车出行强度分析

通过卡口数据监测,工作日高速环内共识别出100.8万辆车,其中早高峰(7:00—9:00)和晚高峰(17:00—19:00)分别识别出31.8万、33.2万辆车。早晚高峰各卡口的起讫点出行分布主要呈现出2个特征:(1)职住相对不平衡,各类卡口出行起点和终点往往以同一类为主,吸发比达1.8,出行起终点较分离;(2)早高峰以出行起点为主的连绵片区在晚高峰呈相反趋势,早高峰中心区和外围以吸引为主,中间区域以发生为主,与之相对应的是C市早晚通勤高峰期间担负城市内外联系功能的干道上潮汐现象较为突出。

各卡口早高峰、晚高峰起讫点出行强度分布见图4、图5。



注: onum、dnum 分别指以该卡口为起点、讫点的车辆数。

图4 各卡口早高峰起讫点出行强度分布

3.2 机动车出行空间分布

以交通中区为研究单元来分析机动车出行空间分布,并进一步对比居民出行调查数据。结果表明,高新分区和武中分区均呈现出较强的机动车出行吸发需求且联系方向相似度较高,南北向穿中心的机动车出行需求不突出。

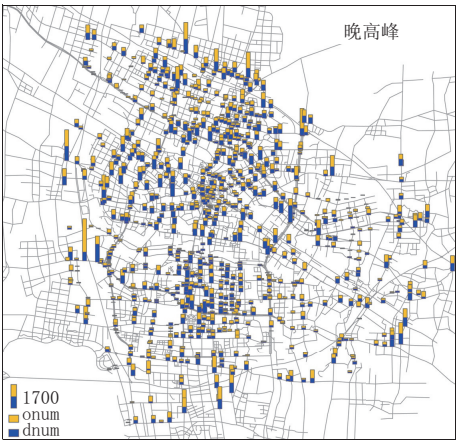


图5 各卡口晚高峰起讫点出行强度分布

基于卡口数据识别的机动车空间分布见图6;基于居民出行调查数据识别的机动车空间分布见图7。

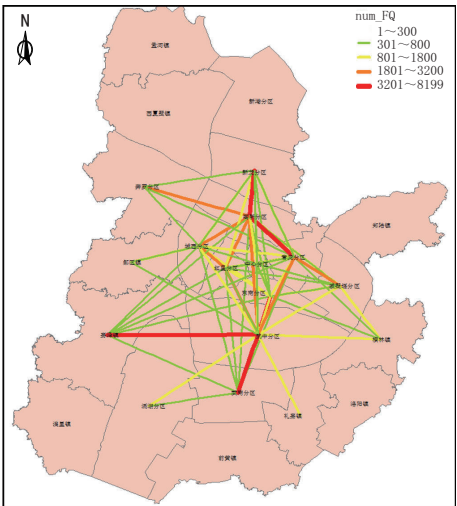


图6 基于卡口数据识别机动车空间分布(单位:辆/h)

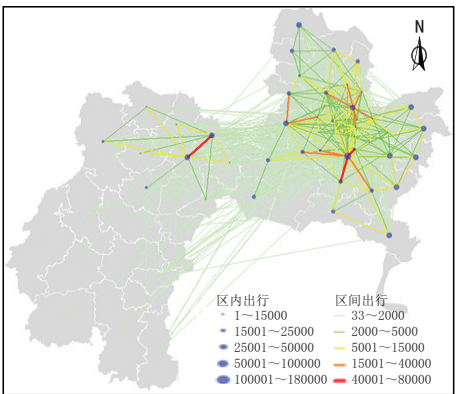


图7 基于居民出行调查数据识别机动车空间分布(单位:辆/d)

4 机动车出行与空间关联分析

4.1 机动车出行与职住人口关联分析

综合前述城市用地、人口岗位、机动车出行相关数据的对比分析,基本可以判断上述数据相互之间存在较强的内在联系,有必要通过定量的分析手段

找出相关系数,为后续规划建设提供数据支撑。

根据信息安全要求,不在个体层面对多源数据进行关联分析,仅通过集计进行中宏观的统计关联分析。在高速环内划设343个交通小区,平均面积约1.1 km²。基于交通小区对机动车吸发量,与居住岗位数、用地开发体量进行关联分析后发现:机动车发生与居住人口关联度 $r=0.56$,与居住用地关联度 $r=0.52$;机动车吸引与工作人口关联度 $r=0.45$,与非居住拥堵关联度 $r=0.47$ ($r=0.5$ 左右为中度相关)。

人口岗位、居住就业、机动车起终点空间对比分析见图8;人口岗位、居住就业、机动车吸发量关联分析见表4。

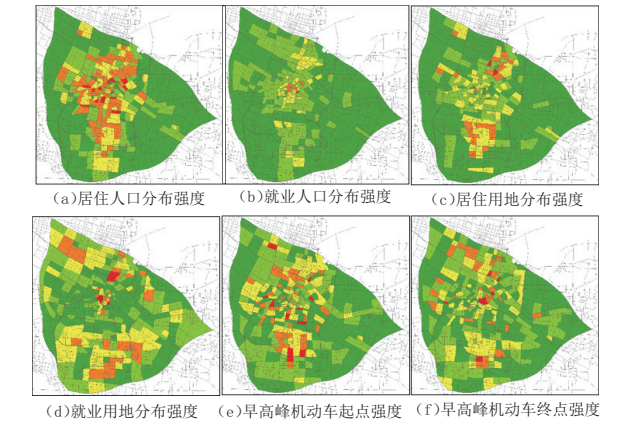


图8 人口岗位、居住就业、机动车起终点空间对比分析

表4 人口岗位、居住就业、机动车吸发量关联分析表

项目	居住人口	工作人口	机动车O	机动车D	居住用地	非居住用地
居住人口	1.00					
工作人口	0.56	1.00				
机动车O	0.57	0.25	1.00			
机动车D	0.24	0.45	0.56	1.00		
居住用地	0.68	0.25	0.52	0.21	1.00	
非居住用地	0.17	0.61	0.11	0.48	0.09	1.00

4.2 机动车出行与公建类用地关联分析

进一步对公建类用地进行细分,区分高教用地、工业用地、机关团体新闻出版用地、科教文卫用地、商业服务业设施用地、物流仓储用地,并对不同公建类用地建筑面积与机动车吸引量进行回归分析,可得到机动车吸引量 $Y(\text{pcu})$ 与就业用地开发量的定量关系式为:

$$Y=4.6X_1+7.5X_2+5.4X_3+1.6X_4+11.1X_5-27.6X_6+419 \quad (1)$$

式中: X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 分别为高教用地、工业用地、机关团体新闻出版用地、科教文卫用地、商业服务业设施用地、物流仓储用地建筑面积, m²。

机动车吸引量与各类公建用地空间分布对比图

见图9;各小区分类用地建筑面积和机动车出行量表见表5。

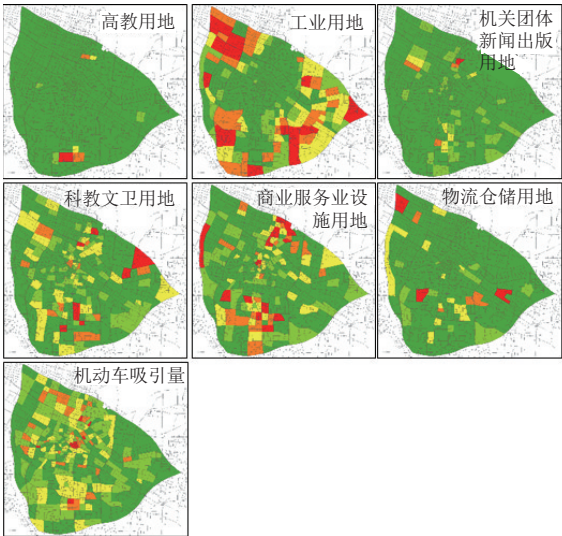


图9 机动车吸引量与各类公建用地空间分布对比图

表5 各小区分类用地建筑面积和机动车出行量表

序号	用地面积/hm ²						早高峰 机动车D 出行量/pcu
	高教	工业	机关团体 新闻出版	科教 文卫	商业 服务业 设施	物流 仓储	
1	0	18.14	1.03	2.12	0	0	1 258
2	0	120.82	1.82	4.17	18.08	0	711
3	0	73.73	0.43	0.24	0	0	627
4	0	0.96	0.74	0.46	16.38	0	264
5	0	0	0	1.63	2.42	0	964
...	...	...	...	...	...	...	...

5 结 语

(1)在信息化手段越来越发达、大数据种类越来越多样化的时代,通过多元数据的关联分析来揭露交通出行行为的背后逻辑也越来越常见。卡口数据蕴含了丰富的机动车出行位置信息,通过卡口数据可以识别机动车的全过程轨迹数据,但单一的机动车出行特征分析对于机动车出行需求底层逻辑揭示不足。本文基于卡口数据和用地开发数据、手机信令数据等大数据的交叉分析,充分挖掘了机动车出行特征与城市用地开发和人口岗位之间的相关关系,量化了空间建设、人口岗位与机动车出行需求关系。研究成果可以为城市综合交通调查成果和用地开发、规划建设等提供机动车交通需求的分析路径和快速量化工具。

(2)本文目前仅考虑机动车出行特征与用地开发、人口岗位分布的关联分析,下一步可以结合其他类出行方式数据如公交、慢行等进行综合交通数据

(下转第30页)