引文格式：关可汗,王昊,李赫楠,等. 长春市货运车辆出行特性分析[J]. 地理空间信息, 2025, 23(2): 45-49. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.02.010

长春市货运车辆出行特性分析

关可汗[1]，王　昊[1]，李赫楠[1]，刘娟娟[1]，李婉宁[1*]
（1. 长春市规划编制研究中心，吉林 长春 130028）

摘　要：重型货车行车记录仪的普及应用，为重型货车出行特征分析提供新的方法。以长春市全月货车GPS轨迹采集点为研究对象，建立数据清洗规则，对异常数据分类预处理。在OD识别过程中，提出了虚拟检查线方法，以识别过境车辆，同时结合了POI加油站类、控规用地性质分类和交通道路红线数据，用来标定停车点的阈值，并提出了路网匹配方法，对落位错误点纠偏。在上述工作基础上，得到了长春市货车行驶特性，包括时空特性、货运通道识别、速度和流量特性等，为城市货运交通规划决策提供依据，并提出相关建议。

关键词：GPS数据；行驶特性；数据清洗；停车判断；OD识别；停车点
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）02-0045-05

Travel Characteristic Analysis of Freight Vehicles in Changchun City

GUAN Kehan[1], WANG Hao[1], LI Henan[1], LIU Juanjuan[1], LI Wanning[1]
(1. Changchun Urban Planning & Research Center, Changchun 130028, China)

Abstract: The widespread application of heavy-duty truck driving recorders provides new method for analyzing the travel characteristics of heavy-duty trucks. Taking the GPS trajectory collection points of monthly freight cars in Changchun City as the research object, we established data cleaning rules, classified and preprocessed abnormal data. In the OD recognition process, we proposed a virtual inspection line method to identify passing vehicles. At the same time, combining POI gas station classification, controlled land-use classification, and traffic road red line data, we calibrated the threshold of parking points, and proposed a road network matching method to correct positioning errors. On the basis of this, we obtained the driving characteristics of trucks in Changchun City, including spatio-temporal characteristics, identification of freight channels, speed and flow characteristics, and proposed relevant suggestions, which could provide a basis for urban freight transportation planning and decision-making,.

Key words: GPS data, driving characteristic, data cleaning, parking judgment, OD identification, parking point

目前学者对货车GPS轨迹数据的研究，虽然已经从单一数据向多源数据融合应用方向发展，但在提高货车停车点的识别准确度上分析较少，多数研究仅凭停车时间和停车速度作为停车点的判断阈值，并未考虑不同用地性质下的停车时间差异[1-10]。

因此，本文以长春市为例，结合POI、控规用地性质分类和交通道路红线数据，从多源数据角度出发，挖掘货车停车行为特征，对不同数据类型下的情况，赋予不同的权重值，同时，综合考虑停车点的判断阈值，提高货车起讫点的识别准确度[11]。此外，本文提出了市域范围虚拟检测线的设定方法，将过入境货车进行字段标记，从而为高效识别过入境出行车辆OD提供判断依据，最后分析了长春市货车行驶特性，包括时空特性、货运通道识别、速度和流量特性等。

1　基础数据

1.1　货车GPS数据

本文使用的是长春市域内从2022年10月16日—2022年11月15日，共计31 d的12 t以上货车GPS数据，压缩文件大小180 G，共包括29.12亿条数据。每条数据包含了GPS坐标、设备唯一ID、时间戳、车速、方向等共计22个字段信息。具体内容见表1。且数据显示31 d内出现货车数量超过90万，样本量充足，符合研究条件。

1.2　控规用地分类数据

从控规用地数据中分别提取工业用地和物流用地，其中工业用地1 848个，占地面积131.1 km^2，物流用地272个，占地面积19.51 km^2。

项目来源：国家自然科学基金重点资助项目（52220105001）。
第一作者简介：关可汗（1989—），硕士，高级工程师，从事大数据分析和交通规划工作，E-mail：kekegkh@yeah.net。
通信作者：李婉宁（1996—），硕士，助理工程师，从事大数据分析和交通仿真工作，E-mail：liwn2918@163.com。

表1 重型货车GPS数据样例

字段	描述	样例
DataTime	数据处理周期的时间戳，与1970年的时间差/s	1667790420
UNIQUEID	记录的唯一ID	202211071107_1_47579_3348422
DeviceType	设备类型编号	1
Company	供应商ID编号	10000058
DeviceID	设备ID字符串	edcffe2b8293d967b7dccd27f03 d8adf
…	…	…
Heading	方向,值域[0,360]	0
Speed	速度，值域[0,512]，km/h	0
Longitude	加密的经度	1200450712
Latitude	加密的维度	358753210
BJ-Longitude	解密的经度	1200386856
BJ-Latitude	解密的维度	358689658
TimeStamp	GPS的时间，为GPS时间与1970年的时间差/s	1667790450

1.3 POI加油站数据

重型货车运行时间长且行程远，需经常临时停靠加油站补给，在出行方式上与车辆到达行程终点情况相似。为区别这2种情况，本文从长春市POI数据中提取出长春市域范围加油站，共计738个。

1.4 道路红线数据

道路红线为双线，代表道路断面的最大可用宽度，由于货车在城市道路中不可避免地遇到等红灯、交通拥堵等情况，在出行方式上与车辆到达行程终点情况相似。因此本文根据市域范围道路红线，生成道路红线面域数据，可统计落在道路红线内的GPS数据。

2 数据清洗

为了后续有效识别货车OD对。本文采用适当的方法对异常数据进行清洗[12-13]，提高数据的可用率，清洗流程如图1所示。同一辆车的设备号与车辆ID相同且唯一，同一车辆的数据清洗方法如下：

异常数据形式1：删除完全相同的数据，即2个或2个以上的数据字段完全重复，仅保留ID最小一行。

异常数据形式2：删除GPS轨迹采集时间间隔过大的数据，该类数据不具备连续性。根据以往经验，本文判断采集时间过大阈值为5 min，且采样间隔过大发生频率大于1/1 000的该车全部数据删除。产生这种情况的原因是货车GPS设备发生故障、设备断电、地下作业等。这种异常数据临近采样点的时间跨度大，导致无法生成连续的车辆运行轨迹，属于无效数据，该设备ID对应的车辆数据全部删除。

异常数据形式3：删除GPS轨迹点采集过少的数据，该类数据在一个月的全样本数据中，判断剔除GPS采集点累计时间跨度小于1 h的奇异点，即在当月中，唯一车辆存在时间少于1 h的车辆需要删除，出现这种情况的原因有多种，可能是货车在市域边界过境再未出现，可能是在当月的第一天或最后一天入境或出境，也有可能是车载行车记录仪发生故障，导致GPS数据无法回传至接收端，无论上述哪种情况，生成的货车行驶轨迹并不是完整的OD数据，属于无效数据。

异常数据形式4：删除计算车速大于120 km/h和前后采集点空间直线距离大于1.5 km的数据，即数据发生“漂移”现象的GPS采集点。

异常数据形式5：结合“异常数据形式2”处理结果，一些异常频率小于1/1 000的采样点未被清洗掉，其中一些相邻采集点虽然时间采样间隔较大、位移长度较大，是由于货车车载行车记录仪偶发性间断，采样数据回传短暂失效导致。这种异常状况时有发生，通过计算平均速度。

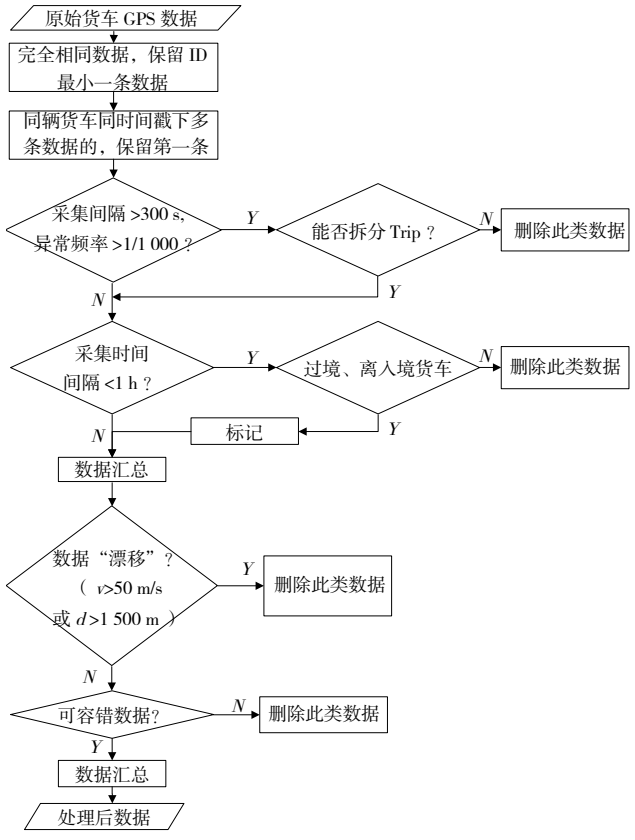


图1 数据清洗流程图

经过上述数据清洗流程后，得到有效数据占比约为96.53%，异常数据占比约为3.47%。通过比例分析

可以看出货车GPS数据整体质量较好。经过清洗后的货车GPS数据能够进一步提高货车OD识别的精确度。

3　OD识别

货车OD识别[14]的前提是准确判定货车停车点，在确定货车停车点[15]这一重点问题上，本文从原始数据中，随机选取共2 700余辆货车的GPS轨迹数据，约3 750万个轨迹点，作为研究货车起讫点样本，并融合了POI加油站点数据、工业和物流分类用地数据、道路红线数据，从时间和车速2个维度分别设定阈值，以此作为货车起讫点判断标准。

3.1　空间属性标定

全样本中的货车来自全国各地，相当一部分货车有过入境出行需求，该类货车的GPS采集点并不连续且行程较短，易被误判为奇异点数据而被删除。为了区别于境内出行车辆，且避免被误删。本文提出了设定虚拟检查线的方法，是以市域边界作为虚拟检查线的外部轮廓，向内做缓冲区。因车辆GPS的采集时间间隔小于30 s，车速取理论值100 km/h，计算得到前后相邻GPS采集点间的直线距离小于1 km，故采用1 km作为缓冲区的距离。由此生成的1 km宽的带状面域地块即为市域检查线。出入境和过境货车的GPS采集点均落在市域检查线内，从而将此类GPS点对应的车辆全部标记唯一字段值，以此区分别境内出行车辆。

3.2　停车点阈值设定

判断是否是停车点的阈值，从停车时间和停车车速2个维度分析。

停车时间维度。重型货车多数以工业用地和物流用地为始发地和目的地，且因周转货物的需要导致停留时间较长，本文以每辆货车为单元，统计工业用地和物流用地样本中车速为0 km/h的持续时间，约17%的货车停留时长在15 min以内，而在其他用地属性内，约88%的货车停留时长在15 min以内[16]，停留原因通常为交叉口红灯等待、道路拥堵临时停车、过磅称重等短暂停留。故确定15 min作为常规区域的停车判断阈值T_1。

由于重型货车的工作属性和机械素质原因，其机动性较差，某些情况下的停车状态并非货车出行的起讫点。例如在加油站附近[17]，重型货车排队和加油过程耗时较长，与到达目的地而停车的状态相似，在城市外围道路货车司机停车小憩和拥堵道路长时间排队等待、收费站处称磅等情况，也与到达目的地的停车状态相似。这些情况多发生在加油站和城市道路用地，除非停车时间过长，一般不会判断为停车点。

应用ArcGIS软件，将POI加油站类点数据做30 m缓冲区，形成的面数据与控规用地数据取交集，求得的结果近似认为加油站所在区域，最后将GPS点位落在加油站或道路红线区域内的停车时间阈值T_2设定为30 min。

停车车速维度。由于GPS设备不断刷新定位位置，即便停车静止状态下，前后两次定位也会有微小偏差，这就导致停车时仍有“蠕行”车速，本文通过率较低，但相对准确的人工判断筛选样本中的停车点，考虑到容错机制，计算筛选出停车点集合的平均车速约为1.8 km/h以下。故将车速1.8 km/h作为速度阈值T_V。

3.3　路网匹配

停车点的阈值确定后，对每辆货车的GPS点位按阈值拆分，拆分的每个GPS点集经时间戳排序连接后，得到全样本的出行轨迹，共计200万多次行程。所有行程需建立与城市道路中心线之间的空间联系，本文通过ArcGIS分析工具与编写Python语言代码执行GPS点位纠偏程序，协同完成工作。

在ArcMap软件中，应用最近目标匹配方法，将GPS采集点附属到空间上最相邻的一条道路网上，这种方法简单快捷，在高速公路、国省道、县道等道路网稀疏路段匹配效果较好。但在城市道路中，道路网错综复杂，GPS采集点位可能被错误地匹配到相邻的横向道路，无法绘制真实的货车出行轨迹。

通过人工筛选货车在城市内部出行数据进行分析，货车为了减少转弯次数，宁愿绕道行驶，在直行状态下，道路中link的等级和名称基本均无变化，因此通过道路等级和名称作为纠偏参数，编写Python语言执行程序，当GPS采集点在时间序列上连接的道路等级和名称均发生“突变”，则将“突变”点的重新匹配至相同等级和名称的道路link上。最终纠偏效果较好，符合GPS点位分布走势。

4　货车行驶特性分析

4.1　时空特性分析

统计市域内每天道路上活动货车出行时段，得到各小时段内货车数量分布。从图2可见，货车出行集中时间主要在6：30~19：45内，白天10：00~11：00期间出行量最多达12 229辆，凌晨1：00~2：00期间出行量最少为9 588辆，比最高出行时段出行量减少21.60%。并且货车出行分散在四环路之外（含四环）的市域范围内，与长春市四环路（不含四环）区域内

6：00时至20：00时禁止重型货车通行的规定相一致。

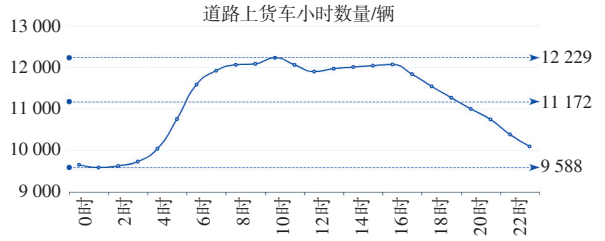


图2 24小时货车数量分布

统计市域内货车在各个时段的平均速度，可以分析货车在不同时段的车速状态。从图3中可以看出，货车在凌晨的平均速度明显大于其他时间，凌晨3：00~4：00是货车全天平均速度最快时段，为51.21 km/h。表明夜间在高速及城区内，行车速度普遍提升，交通顺畅。而上午6：00至晚上20：00时的四环路内（不含四环）重型货车禁止通行，使其避开了大部分城市拥堵道路，经统计全天2个车速低峰出现在早8：00至9：00时段和晚17：00至18：00时段，分别为44.12 km/h和45.92 km/h。

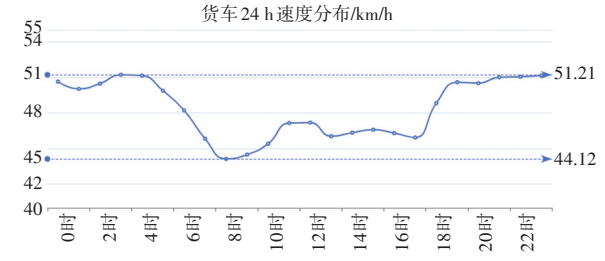


图3 货车24 h平均速度分布图

全市平均运输距离21.00 km，市内有36.45%的货车出行里程小于5 km。这一部分出行包含了在厂区内流转车辆和施工场地内流动车辆，货车运行时间较长，行驶里程较短，多为区内出行。行程在5~40 km之间的车辆占比46.42%，基本在城区内运输。行程在40~100 km之间的车辆占比13.56%，多数为跨区出行。行程在100 km以上的车辆占比仅为3.57%，这部分货车在市域范围内行程较远，跨越整个市域范围。

分析市域范围各行政区货车OD，如图4所示，最高出行次数的是汽开区和公主岭市两地，其次是汽开区和朝阳区，第三是汽开区和高新区，汽开区和各区货运交通均存在强关联，在货运活动中占主导地位。

货车发生点大多集中在中心城区，汽开区、公主岭市、二道区、经开区占比较高。中心城区重型货车出行发生量约97万辆，占全市重型货车出行发生量176万辆的55.11%，即半数以上的重型货车发生量来自于中心城区内部。

如图5所示，绕城高速内货车发生量为47.70万辆，占市域货车发生量的27.12%。主要分布在汽开区、二道区和经开区。

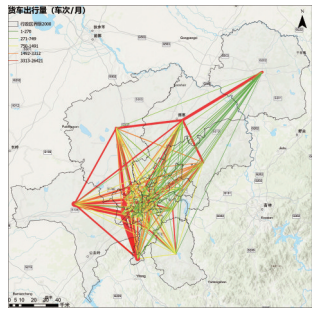


图4 行政区货车出行期望线
审图号：吉S(2022)018号

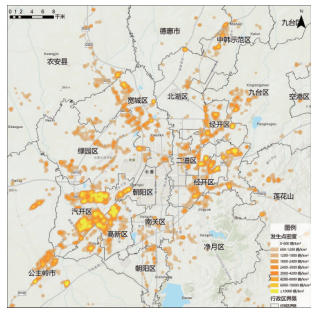


图5 绕城高速内货车发生点密度
审图号：吉S(2022)018号

如图6所示，货车吸引点与货车发生点基本一致，但在高速服务区处货车吸引点较多。绕城高速内货车吸引量为46.26万辆，占市域货车吸引量的26.30%。主要分布在汽开区、经开区和高新南区。

4.2 货运通道识别

长春市主要货运通道包括整个绕城高速、京哈高速、珲乌高速、西四环路、南四环路等，如图7所示。

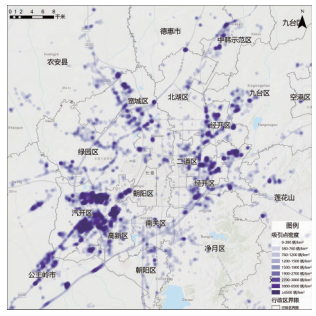


图6 绕城高速内货车吸引点密度
审图号：吉S(2022)018号

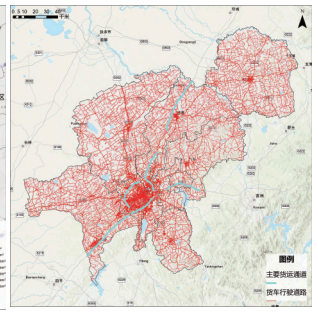


图7 主要流量道路分布图
审图号：吉S(2022)018号

4.3 车速和流量特征

长春市大部分货运通道全天通行状态良好，拥堵节点主要集中在白天西四环路两侧的东风大街、汽车大路、威乐路、腾飞南路等，南四环路的开运街到新明街区间。京哈高速全天平均车速为72.30 km/h，绕城高速全天平均车速为65.67 km/h，G302国道全天平均车速62.55 km/h，珲乌高速全天平均车速为56.42 km/h。整个四环路全天平均车速低于40 km/h，城区内可统计货车量较少，但均低于20 km/h。高速公路和城市环路全天速度较高，道路持续畅通。只在产业园区、汽车厂、欧亚卖场等内部道路出现车速较低情况，呈现红色。这类情况并未发生在城市公共道路，并不会对交通造成拥堵。

货运交通在时间分布上存在较大的不均衡性。京哈高速（公主岭至长春南互通）出行高峰流量在

18：00~21：00，4 800 pcu/h，其次是5：00~6：00，4 583 pcu/h；京哈高速（绕城经济圈至德惠）出行高峰流量在6：00~8：00，4 034 pcu/h；珲乌高速出行高峰流量集中在19：00之后，2 720 pcu/h，绕城高速（长春西互通至长春北互通）和绕城高速公路（长春南互通至长春东互通）出行高峰流量均在14：00~16：00，分别为2 909 pcu/h和3 181 pcu/h，其次是10：00~11：00，分别为2 726 pcu/h和3 146 pcu/h；西四环路和南四环路出行高峰流量均在9：00~17：00之间，分别为4 757 pcu/h和3 178 pcu/h，且持续时间较长。

全天平均货车流量分布如图8所示。蓝色线宽代表全日货车流量大小。从图中可见，京哈高速全线、珲乌高速交通量较大，日均超过3万辆，长春绕城高速各方向道路，日均重型货车交通量接近3万辆，G302国道日均货车交通量超过2万辆。城市道路中西四环路和南四环路承担交通量最大，日均交通量超过4万辆。

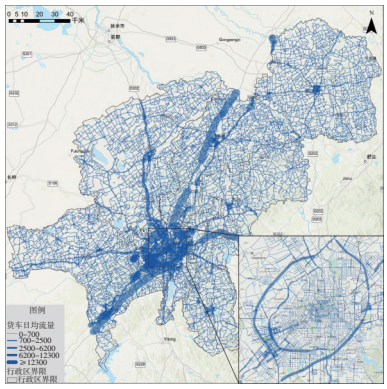


图8　市域道路交通量分布图

审图号：吉S(2022)018号

5　结　论

1）作为贯穿东北的货运通道，包括绕城高速在内的京哈高速是重点运输路线，全时段交通流量大，高速和珲乌高速的货车高峰时段流量不大，道路通行压力较小。但西四环路与南四环路分担进城货车流量压力较大，建议继续加强完善汽开区到二道区之间的货运通道设计。

2）绕城高速分担大部分过境的货物运输车辆，而城市四环路高峰时段车辆拥堵日益严重，亟需新建城市外围主干路以此分担四环路交通流量。

3）夜间城市环路内重型货车超速问题时有发生，建议针对货运车辆实时监管仍需要进一步加强，车载记录仪的数据回传质量和强制使用标准均有待提升，对发现超速、偏离货运路线等状况，实时预警与监测，减少道路交通安全隐患。

参考文献

[1] 王静. 基于GPS数据的货运车辆出行特性研究[D]. 北京:北京交通大学,2022

[2] 薛倩,李旭,王建春. 基于GPS数据的青岛市货运车辆出行特征分析[J].中阿科技论坛(中英文),2023(5):96-100

[3] 潘嘉杰,丘建栋,张天怡,等. 基于GPS数据的货运特征分析:以深圳市为例[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会,中国城市规划设计研究院城市交通专业研究院:中国城市交通规划年会论文集,2019

[4] 宋少飞,张天然,王波,等. 基于GPS数据的上海市货运通道及特征研究[J]. 交通与港航,2023,10(3):51-58

[5] 张科,陈先龙,宋程. 基于多源数据的货车交通模型构建及应用研究:以广州市为例[J]. 交通与港航,2023,10(4):1-7

[6] 黄盛,张祎. 重型货运车GPS数据处理与轨迹分析研究:以上海外环隧道通行车辆为例[J]. 交通与港航,2023,10(4):15-20

[7] 陈小鸿,刘涵,张华,等. 重型货运车辆出行时空差异性和影响因素分析[J]. 交通运输系统工程与信息,2022,22(6):160-171

[8] 王磊. 基于GPS数据的货车热点区域识别及其交通状态预测[D]. 北京:北京交通大学,2021

[9] Yitao Y, Bin J, Yan X Y, et al. Identifying Intercity Freight trip Ends of Heavy Trucks from GPS Data [J]. Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review, Volume 157,2022,102 590

[10] 罗天玥. 基于货车GPS数据的货运交通需求预测研究:以武汉市为例[D]. 武汉:武汉大学,2022

[11] 关可汗,赵莹. 基于街景图片的城市街道空间品质对比研究[J]. 地理空间信息,2021,19(11):131-135

[12] 朱彩杰. GPS信号强度变化对接收机数据质量的影响分析[J]. 地理空间信息,2023,21(5):120-121

[13] 宋苏静. GPS数据清洗、修复及其应用研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2023

[14] 李江涛. 基于货运卡车轨迹大数据的货运OD信息提取方法研究[D]. 北京:北京交通大学,2020

[15] 姚雅慧,张戎. 基于轨迹数据的货车停车目的识别方法[J]. 交通运输系统工程与信息,2023,23(2):92-99

[16] Merkebe, Getachew D, Lina K. Estimation of Truck Origin-destination Flows Using GPS Data [J].Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review,2022,159:102 621

[17] Yuan M. Parking Reason Inference of Trucks Based on Trajectory Data [J]. IEEE 7th International Conference on Intelligent Transportation Engineering(ICITE), Beijing, China,2022:87-92