

基于自然驾驶数据的外卖骑手配送特征分析

张佳珊¹, 张子豪¹, 刘晨辉^{1,2,3}, 谭征宇⁴

(1. 湖南大学土木工程学院, 湖南长沙 410082; 2. 湖南大学综合交通研究中心, 湖南长沙 410082; 3. 智慧道路与绿色交通湖南省普通高等学校重点实验室, 湖南长沙 410082; 4. 湖南大学设计艺术学院, 湖南长沙 410082)

摘要: 外卖骑手交通安全问题日益突出, 需系统考察多种因素对其配送特征以及危险驾驶行为的影响, 从而为制定有效的管理措施提供依据。为研究外卖骑手的配送活动特征, 利用GPS追踪器和行驶记录仪分别采集其行驶轨迹和视频数据。首先, 基于轨迹数据和视频记录, 在划分取餐区和送餐区的基础上, 结合行驶轨迹的起终点位置、平台配送时间要求以及外卖站点服务范围, 识别出3 301条有效送餐轨迹及其对应的配送活动。随后, 计算每次配送活动的总配送时间和送餐轨迹的超速比例, 并利用Beta随机效应模型分析影响超速行为的关键因素。研究结果表明, 外卖骑手每单平均配送时间为11.2 min, 其中等待时间、行驶时间与交付时间分别为2.9 min, 4.8 min和3.5 min。Beta随机效应模型分析结果表明, 性别、年龄和订单配送距离对超速行为具有显著影响, 具体表现为男性骑手、年龄较大者超速比例更高, 且配送距离越远, 超速比例也相应提升。

关键词: 交通治理; 外卖骑手; 自然驾驶数据; 配送时间; 超速行为; Beta随机效应模型

Analysis of Delivery Characteristics of Food Delivery Riders Based on Naturalistic Riding Data

Zhang Jiashan¹, Zhang Zihao¹, Liu Chenhui^{1,2,3}, Tan Zhengyu⁴

(1. College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha Hunan 410082, China; 2. Transportation Research Center, Hunan University, Changsha Hunan 410082, China; 3. Hunan Provincial University Key Laboratory of Smart Roads and Green Transportation, Changsha Hunan 410082, China; 4. College of Design, Hunan University, Changsha Hunan 410082, China)

Abstract: The growing prominence of traffic safety issues among food delivery riders necessitates a systematic investigation on the impact of multiple factors on delivery characteristics and risky riding behaviors, thereby providing a basis for developing effective management measures. To examine the delivery activity characteristics of food delivery riders, GPS trackers and dash cameras were used in this study to collect trajectory and video data, respectively. First, based on these data sources and by delineating pick-up and delivery zones, 3,301 valid delivery trajectories and their corresponding delivery activities were identified through an integrated analysis of trajectory origins and destinations, delivery time requirements of platforms, and service area boundaries of food delivery stations. Subsequently, the total delivery time and speeding ratio were calculated for each delivery trajectory, and a Beta random-effects model was applied to analyze the key determinants of speeding behavior. The research results show that the average delivery time per order is 11.2 minutes, including 2.9 minutes of waiting time, 4.8 minutes of riding time, and 3.5 minutes of handover time. The analysis results of the Beta random-effects model further reveals that gender, age, and delivery distance significantly influence speeding behavior. Specifically, male riders and elder riders tend to exhibit higher proportions of speeding, and the proportion of speeding increases with delivery distance.

Keywords: transportation governance; food delivery riders; naturalistic riding data; delivery time; speeding behavior; Beta random effects model

收稿日期: 2025-05-17

基金项目: 同济大学道路与交通工程教育部重点实验室开放课题基金项目“基于自然骑行数据的外卖骑手交通安全分析——以岳麓山国家大学科技城为例”(K202104)

作者简介: 张佳珊(2000—), 女, 湖南邵阳人, 硕士研究生, 研究方向为城市交通安全, 电子邮箱 jiashan_zhang@hnu.edu.cn。

引用格式: 张佳珊, 张子豪, 刘晨辉, 等. 基于自然驾驶数据的外卖骑手配送特征分析[J]. 城市交通, 2026, 24(1): 47-55.

Zhang Jiashan, Zhang Zihao, Liu Chenhui, et al. Analysis of delivery characteristics of food delivery riders based on naturalistic riding data[J]. Urban transport of China, 2026, 24(1): 47-55.

0 引言

近年来,随着社会经济和互联网技术的快速发展,中国外卖行业发展迅速。截至2023年12月,网络外卖用户规模已达5.45亿人^[1]。与此同时,外卖骑手数量也急剧增加。电动自行车因其灵活方便、成本低、速度快等特点,加之部分城市实施“禁摩”或“限摩”政策,已成为外卖骑手的主要交通工具。然而,电动自行车驾驶人超速、闯红灯、逆行等交通违法行为频发,相关交通事故已占中国城市道路交通事故总量的10%^[2]。与普通驾驶人相比,外卖骑手受即时配送时效要求的驱动,其交通违法行为更加突出^[3-4]。

针对外卖骑手的交通安全问题,众多学者已从不同角度对此进行了深入探讨^[5-9]。通过对上海市和南京市824名外卖骑手进行问卷调查,Zheng Yubing等^[5]发现其日均工作时间长达9.1 h,休息严重不足;沉重的工作负担、疲劳感、危险驾驶行为以及时间压力都直接或间接提高了外卖骑手发生交通事故的概率。基于对西安市203名外卖骑手的问卷调查,王雅坤等^[6]分析发现,平均每月送餐收入和平均每单配送距离是影响其交通违法行为的主要因素。由于问卷调查易受骑手主观感受影响,部分研究采用实地观察法探究其真实驾驶行为。Zhang Fan等^[4]在西安市4个道路交叉口观察外卖骑手闯红灯行为,发现年龄、行驶速度、信号灯状态与类型、交通量及等待位置等因素都会影响其闯红灯意愿。基于芜湖市某路段的观察结果,刘凯等^[9]发现男性、年长及未佩戴头盔的外卖骑手出现占道驾驶、逆行和使用手机行为的概率更高。魏宇浩等^[10]在北京市某道路交叉口的观察显示,不同平台外卖骑手的风险行为无显著差异,但其在不同时段使用手机的行为存在显著差异。尽管实地观察能够直接反映外卖骑手的真实驾驶行为,但该方法人力投入大,样本代表性有限。

自然驾驶数据^[11]指利用高精度GPS、摄像头等设备长期记录的普通驾驶人日常驾驶信息。近些年,国内外学者已开展了大量自然驾驶研究,主要关注非机动车驾驶安全^[12-16]与出行特征^[17-21]。例如,基于12名电动自行车驾驶人的自然驾驶轨迹与视频数据,M. Dozza等^[12]分析了影响电动自行车运行安全的因素。Wang Cheng等^[20]则利用非机动车自然驾驶数据,研究了非机动车在专

用车道上的超车行为特征及其影响因素。通过采集和分析外卖骑手的自然驾驶轨迹数据,Zhang Zihao等^[21]对其每日行驶时间、行驶范围以及行驶速度等特征进行了全面客观的量化识别,但未深入探究外卖骑手的单个订单配送情况。值得注意的是,外卖骑手的驾驶过程由多个配送活动组成,而单个订单的配送特征直接影响其驾驶行为^[8]。因此,明确订单配送特征是理解其驾驶安全性并制定有效应对策略的关键前提。

基于大规模、高精度的外卖骑手自然驾驶轨迹数据,本文拟采用系统科学的方法,精准提取单个订单的配送活动,对其配送特征进行深入的量化挖掘与解析,从而全面、客观地识别外卖骑手的驾驶安全态势。

1 研究思路与自然驾驶数据采集

为探究外卖骑手的配送活动特征及其危险驾驶行为,本文首先利用GPS追踪器和行驶记录仪,分别采集骑手的行驶轨迹和视频数据。其次,参照外卖订单的标准配送流程,依据取餐与交付环节的停留时间阈值对相关数据进行初步划分,合并因数据缺失、等红灯或临时驻点等原因中断的轨迹段,从而识别出完整的配送轨迹。在此基础上,结合取餐区和送餐区的空间范围、配送轨迹的起终点位置、平台配送时间要求以及外卖站点服务范围等信息,进一步提取送餐轨迹并识别对应的配送活动。针对每次配送活动,分别计算取餐时间、行驶时间、交付时间和总配送时间,并分析影响各类活动时长的因素。在配送速度方面,重点计算送餐轨迹中的超速比例,并采用Beta随机效应模型,识别影响超速行为的关键因素。

采集外卖骑手的自然驾驶数据是本文研究的基础。在湖南省长沙市岳麓区大学城附近的某外卖站点,招募了46名外卖骑手参与数据采集。数据采集分为两个阶段:第一阶段为2022年12月12日至2023年1月11日,共有29名骑手参与;第二阶段为2023年1月12日至2023年2月12日,共有21名骑手参与。其中,4名骑手参与了全部阶段。外卖骑手的人口统计学特征见表1。

在性别分布方面,骑手以男性为主,女性仅2人,比例仅为4.3%,与其他相关研究调查结果基本一致^[22]。年龄方面,45岁以上的骑手仅占4.4%,说明外卖骑手以青年男性为主,可能与行业工作强度大、危险性高有

关。从业时间方面，36.9%的骑手从业不足1年，仅有19.6%的骑手从业超过3年，反映出该行业人员流动性极大，多数骑手可能将其作为临时工作。事故经历方面，发生过事故的骑手比例高达43.5%，其中8.7%的骑手事故次数达3次以上。在从业时间普遍较短的情况下，其事故率明显偏高，表明该职业具有较高的安全风险。

数据采集期间，为每位骑手的电动自行车安装了1台谷米W7 GPS追踪器(见图1a)。当电动自行车处于运动状态时，该设备会以1 Hz频率记录时间戳、经纬度、行驶速度、行驶方向等信息(见表2)。车辆停止时，设备暂停记录。此外，部分电动自行车前后还安装了VSUS K5X-D5S行驶记录仪(见图1b和图1c)，用于录制道路交通视频。累计采集的外卖骑手行驶轨迹数据超过8万 km。在数据分析前，对原始数据进行预处理，包括剔除异常数据、重复数据，以及行驶速度超过60 km·h⁻¹的无效数据等。

2 外卖订单配送活动识别

为分析订单配送特征，首先需从行驶轨迹中识别出每个外卖订单对应的配送活动(见图2)。一次完整的配送活动包含5个关键时间点，即接单时刻、到店时刻、离店时刻、到达交付点时刻与离开交付点时刻^[23]。基于行驶轨迹数据能够确定外卖骑手的下车和上车时刻，但无法直接获取接单时刻。本文将外卖骑手从到店时刻至送餐完毕离开交付点时刻的过程定义为一个完整的订单配送过程，该过程的总配送时间由等待时间、行驶时间和交付时间3部分组成。

2.1 配送轨迹识别

配送轨迹是指外卖骑手在一次完整的取餐或送餐活动中所产生的连续行驶路径，可分为取餐轨迹和送餐轨迹(见图3)。取餐轨迹起始于接单时刻，终止于到店时刻；送餐轨迹起始于离店时刻，终止于到达交付点时刻。为从原始行驶轨迹中提取配送轨迹，需综合识别取餐与交付停留时间阈值，并合并因数据缺失、等红灯或临时驻车等原因中断的轨迹段。

外卖骑手在工作期间的停车行为不仅包括取餐或交付，也可能是等红灯、寻找停车点或查看手机。因此，精准识别取餐/交付相关停车点，排除其他类型停车的干扰，是提高配送轨迹划分准确率的关键。

表1 外卖骑手人口统计学特征

Tab.1 Demographic characteristics of food delivery riders

基本特征	分类	样本数/个	比例/%
性别	女	2	4.3
	男	44	95.7
年龄/岁	18~25	12	26.1
	26~35	26	56.5
	36~45	6	13.0
	>45	2	4.4
从业时间/年	≤0.5	10	21.7
	>0.5~1	7	15.2
	>1~3	20	43.5
	>3	9	19.6
事故经历/次	0	26	56.5
	1~3	16	34.8
	>3	4	8.7



图1 外卖骑手自然驾驶数据采集设备

Fig.1 Equipment for collecting naturalistic riding data of food delivery riders

1) 初步分割轨迹。为从原始行驶轨迹中提取出取餐轨迹和送餐轨迹, 首先需设定合理的停车时间阈值, 对轨迹进行初步分割。通过分析行驶记录仪视频发现, 外卖骑手在取餐和送餐时的停车时间通常超过 20 s, 因此将 20 s 作为轨迹分割阈值。对任意相邻轨迹点时间间隔超过 20 s 的轨迹进行分割, 初步得到 125 682 条子轨迹。

2) 数据缺失处理。由于 GPS 追踪器在停车时会停止记录, 导致初步分割后的相邻子轨迹在起点与终点之间存在时间间隔。此间隔可能对应真实的停车行为, 也可能是因数据缺失而未能记录到的骑手移动。为区分这两种情况, 本文计算了相邻子轨迹间的虚拟速度(即空间距离间隔与时间间隔之比)。

轨迹点行驶速度的统计结果显示, 其 10% 分位数为 $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, 90% 分位数为 $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (即有 80% 的行驶速度落在 $5\sim 30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 之间)。据此, 设定虚拟速度的判定阈值为 $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$: 若虚拟速度超过此阈值, 则认为该时间间隔内骑手很可能仍在移动, 属于数据缺失段, 并将对应的两条子轨迹进行合并; 若虚拟速度不超过此阈值, 则将该点视为有效停车点, 保持子轨迹的分割状态。

3) 其他停车行为判断。等红灯行为一般集中于道路交叉口, 而其他停车行为可能发生在不同地点。本文据此分别对等红灯和其他停车行为进行分析。

① 等红灯行为。根据《道路交通信号灯设置与安装规范》(GB 14886—2016), 城市主干路与主干路、主干路与次干路的交叉口需设置交通信号灯。在缺少信号灯详细位置信息的条件下, 本文假设外卖骑手在主干路和次干路上的停车行为主要为等红灯, 并对相应子轨迹段进行合并。为识别此类轨迹, 首先从开源地图平台(Open Street Map, OSM)提取研究区域内所有主干路和次干路, 建立 14 m 缓冲区, 筛选出落于缓冲区内的轨迹起点和终点。若某条轨迹终点和后一条轨迹起点均位于缓冲区内, 则判定为该骑手在等红灯, 并对这两段轨迹进行合并处理。

② 寻找停车点和查看手机行为。

通过观察行驶记录仪视频发现, 外卖骑手在取餐或交付地址附近常出现短时多次停车, 大多因寻找合适停车位置或查看手机信息所致。此类情况通常产生 1~2 条短轨迹, 需将其与时间间隔相对较小、空间距离在 100 m 范围内的相邻轨迹段合并。

经上述数据处理后, 共提取得到 89 098 条配送轨迹(见表 3)。

表 2 外卖骑手自然驾驶数据示意

Tab.2 Illustration of naturalistic riding data of food delivery riders

序号	时间戳	经度	纬度	行驶速度/($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	行驶方向
1	2023/1/12 7:45:07	112.86845	28.08316	24	东北向偏东 66
2	2023/1/12 7:45:08	112.86852	28.08319	27	东北向偏东 65
3	2023/1/12 7:45:09	112.86860	28.08322	33	东北向偏东 71
...

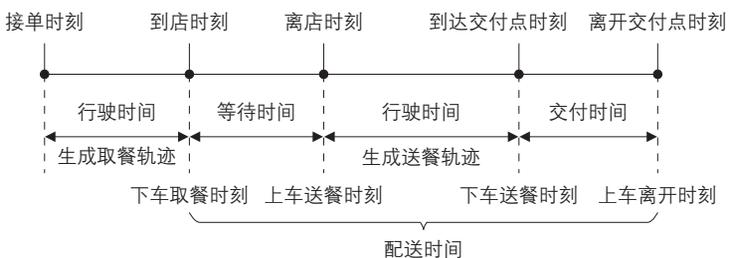


图 2 外卖订单配送流程

Fig.2 Delivery workflow of food delivery orders

资料来源: 文献[24]。



图 3 外卖骑手配送轨迹示意

Fig.3 Illustration of delivery trajectories of food delivery riders

2.2 配送订单识别

理论上, 每个配送订单应生成 2 条配送轨迹: 1 条取餐轨迹和 1 条送餐轨迹。由于无法从数据中直接获取接单时刻, 本文将完整的订单配送过程定义为外卖骑手到店取餐时刻起, 至送餐完毕离开交付点为止。该过程包括 1 次停车取餐(从到店时刻至离店时刻)、1 次行驶送餐(从离店时刻至到达交付点时刻)以及 1 次停车交付(从到达交付点时刻至离开交付点时刻)。其中, 行驶送餐阶段对应产生 1 条送餐轨迹。因此, 若能识别出配送轨迹中的送餐轨迹, 即可对应还原出

表3 外卖骑手配送轨迹数据示意

Tab.3 Illustration of delivery trajectories data of food delivery riders

外卖骑手ID	开始时间	起点经度	起点纬度	结束时间	终点经度	终点纬度
00463-wxm	2022/12/12 9:51:21	112.92148	28.16692	2022/12/12 9:57:29	112.90953	28.14231
00463-wxm	2022/12/12 9:58:25	112.90936	28.14249	2022/12/12 10:06:04	112.91182	28.14054
00463-wxm	2022/12/12 15:06:15	112.90499	28.14077	2022/12/12 15:19:03	112.89699	28.12504
...

单个配送订单。然而，轨迹数据本身不包含商家或顾客信息，无法直接区分取餐轨迹和送餐轨迹。通过观察视频记录发现，外卖骑手的取餐行为多集中于商业广场周边，而送餐行为则多发生在小区内部或地下车库等区域。基于这一规律，本文采用以下方法识别送餐轨迹：

1) 依据视频中频繁出现的取餐和送餐地点，结合地图信息，选取餐饮商铺集中的商业区作为取餐区，将内部无商业设施的封闭小区作为送餐区，共划定5处取餐区和31处送餐区(见图4)；

2) 对已经识别出的配送轨迹进行筛选，将起点位于取餐区且终点位于送餐区内的轨迹判定为送餐轨迹(见图5)。

经匹配，共得到3517条送餐轨迹，总里程4533.9 km。进一步结合平台配送时间要求及外卖站点服务范围，设定有效配送时间上限为30 min，有效配送距离上限为3 km。按此标准对数据进行筛选，最终得到3301条有效送餐轨迹。基于这些送餐轨迹，进一步计算各配送订单的时间和距离信息(见表4)。

3 外卖订单配送特征分析

3.1 配送时间

外卖订单配送时间由等待时间、行驶时间以及交付时间组成，具体构成示意图表5。

1) 等待时间。根据商铺位置，将外卖骑手常去的取餐区分为商场内部和沿街商铺两类，其平均等待时间分别为3.5 min和2.6 min。*t*检验结果表明，两者之间存在显著差异(95%置信区间[0.5, 0.7])。造成该差异的原因可能在于商场内部餐馆数量多、导航不便以及楼层较高，使得外卖骑手取餐环节耗时更长。

2) 行驶时间。平均行驶时间为4.8 min，主要集中于3~7 min。行驶时间受配送距离和行驶速度共同影响，并受到气候条件、道路设施和交通状况等因素的制约。在恶劣天



图4 外卖骑手目标取餐区和送餐区示意

Fig.4 Illustration of designated pick-up and delivery zones for food delivery riders

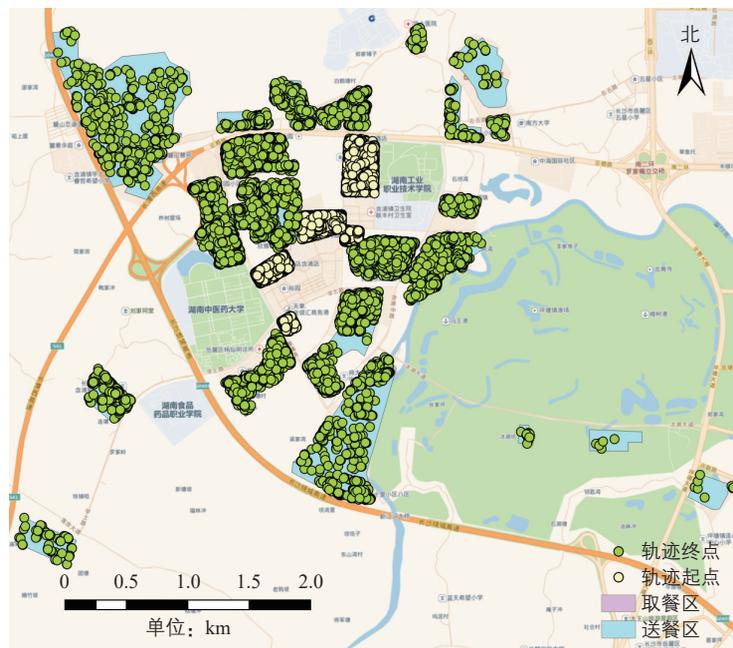


图5 外卖骑手送餐轨迹起终点

Fig.5 Origins and destinations of delivery trajectories of food delivery riders

气下，外卖骑手往往更加谨慎，行驶时间相应延长。道路等级越高、非机动车道越

宽^[15]，车辆的行驶速度也越高，从而缩短行驶时间。此外，交通信号灯数量及等待时间也是影响行驶时间的重要因素。

3) 交付时间。平均交付时间为3.5 min，主要集中于2~5 min。交付时间受交付地点的物业管理情况、楼栋门禁设置、入口至楼栋的步行距离、楼层高度以及电梯等待时间等多种因素影响^[24]。部分住宅小区设有保安岗亭或门禁系统，外卖骑手需进行身份验证或等待用户协助开门，部分小区仅允许步行进入，这些因素均增加了外卖交付的复杂性，导致交付时间延长。另外，楼层高度和电梯状况也会显著影响交付时间。在无电梯的老旧小区，交付点所在楼层越高，骑手所需交付时间越长；而在有电梯的住宅区，楼

层高度与电梯运行效率共同影响交付时间。由于不同交付点的实际条件差异较大，外卖订单的实际交付时间分布较为分散。

4) 配送时间。平均每单配送时间为11.2 min，主要集中于7~16 min (见图6)。男性骑手的配送时间平均值为11.1 min，女性为11.6 min。*t* 检验结果表明，不同性别骑手之间的配送时间无显著差异(95%置信区间为[-1.2, 0.3])。在从业时间方面，≤0.5年，>0.5~1年，>1~3年以及>3年的骑手，其平均配送时间分别为12.2 min，10.8min，11.0 min和10.7 min，可见从业时间超过6个月的骑手整体配送时间更短。一般来说，从业时间越长，骑手对周边环境越熟悉，完成订单所需时间也相应越少。进一步对从业时间进行*t* 检验显示，从业时间≤0.5年与>0.5年的骑手在配送时间上具有显著差异(95%置信区间为[0.9, 1.8])。

表4 配送订单的时空特征数据示例

Tab.4 Illustration of spatiotemporal characteristic data for delivery orders

配送订单序号	等待时间/ min	行驶时间/ min	交付时间/ min	配送时间/ min	配送距离/ km
1	3.1	3.5	3.5	10.1	0.81
2	1.2	8.6	4.7	14.5	2.07
3	0.4	5.6	7.5	13.5	1.16
...

表5 外卖订单配送时间示意

Tab.5 Illustration of delivery time of delivery orders min

指标	最小值	15%分位数	平均值	85%分位数	最大值
等待时间	0.4	0.6	2.9	5.6	22.3
行驶时间	0.9	2.6	4.8	7.0	19.6
交付时间	0.4	1.6	3.5	5.1	24.3
配送时间	2.3	6.8	11.2	15.9	29.9

3.2 配送速度

1) 超速行为的界定与量化。

受订单配送时间限制，外卖骑手普遍存在明显的超速行为^[20]，而超速持续时间越长，发生交通事故的风险越高。根据《中华人民共和国道路交通安全法》规定，电动自行车在非机动车道内行驶时，最高时速不得超过15 km·h⁻¹。因此，本文将行驶速度超过15 km·h⁻¹的行为界定为超速。

为量化外卖骑手的超速风险，采用如下评价指标：以超过15 km·h⁻¹的轨迹点数占该条送餐轨迹总点数的比例，作为该轨迹的超速比例。受轨迹数据精度限制，本文仅对所提取的3 301条有效送餐轨迹进行超速比例

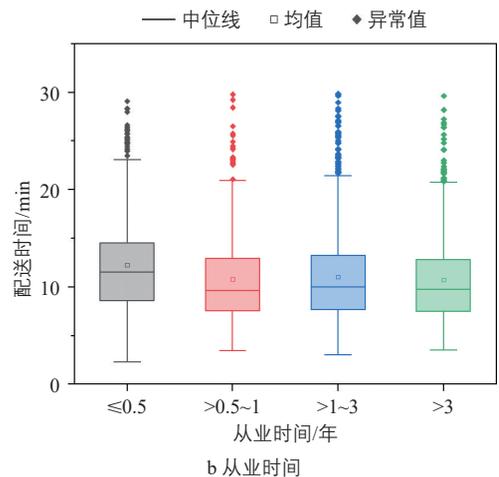
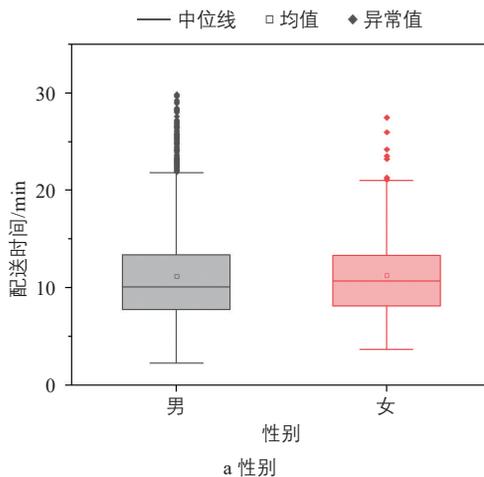


图6 不同特征外卖骑手的配送时间

Fig.6 Delivery times of food delivery riders with different characteristics

计算(见图7)。统计结果显示,有效送餐轨迹的超速比例平均高达55%,且分布相对集中:80%的样本其超速比例处于30%~76%之间。这充分说明了超速行为在送餐过程中的普遍性。

2) Beta回归模型设定。

Beta回归模型^[25]是一种广义线性回归模型,适用于对取值范围在(0,1)内的变量进行建模。由于超速比例介于0~1,本文采用Beta回归模型进行分析。考虑到同一外卖骑手的多条行驶轨迹间可能存在相关性,采用包含外卖骑手异质性的Beta随机效应模型,对送餐轨迹的超速比例进行建模。Beta回归模型公式为:

$$Y_{ij} \sim \text{Beta}(\mu_{ij}, \varphi), \quad (1)$$

$$\text{logit}(\mu_{ij}) = \sum_{m=1}^5 x_{ijm} \beta_m + \beta_0 + \lambda_i, \quad (2)$$

$$\lambda_i \sim N(0, \sigma_\lambda^2), \quad (3)$$

式中: Y_{ij} 为外卖骑手 i 第 j 条送餐轨迹的超速比例; i 为外卖骑手编号, j 为送餐轨迹编号; μ_{ij} 为 Y_{ij} 的平均值, 满足 $0 < \mu_{ij} < 1$; φ 为精度参数, $\varphi > 0$; m 为自变量编号, $i = 1, 2, \dots, 5$; x_{ijm} 为外卖骑手 i 第 j 条送餐轨迹的第 m 个自变量; β_m 为第 m 个自变量的回归系数; β_0 为模型截距; λ_i 为外卖骑手 i 的随机效应, 以表征其异质性; σ_λ^2 为随机效应方差。

3) 模型结果与分析。

本文将送餐轨迹的超速比例作为因变量, 选取外卖骑手的性别、年龄、从业时间、事故经历和配送距离作为自变量进行建模, 以识别影响超速比例的关键因素。各变量描述见表6。

从表7可以看出: 1) 性别对超速行为具有显著影响。回归系数 β_1 (-0.503) 小于0, 表明女性骑手送餐轨迹的超速比例显著低于男性骑手。2) 事故经历和从业时间对超速行为的影响未达到统计显著性水平。3) 年龄对超速行为有显著影响。回归系数 β_4 (0.015) 大于0, 表明随着年龄增长, 外卖骑手送餐轨迹的超速比例呈上升趋势。4) 订单配送距离对超速行为影响非常显著。回归系数 β_5 (0.597) 大于0, 表明配送距离越远, 送餐轨迹的超速比例越高。5) 此外, 随机效应方差为0.097, 表明不同外卖骑手之间的超速比例存在显著的个体差异, 因此在模型中纳入随机效应是必要的。

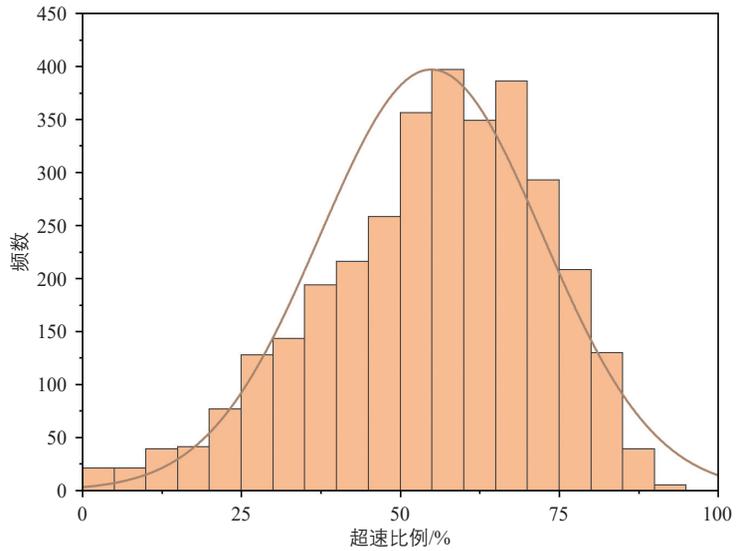


图7 外卖骑手送餐轨迹超速比例

Fig.7 Proportion of speeding in delivery trajectories of food delivery riders

表6 外卖骑手送餐轨迹的超速比例建模变量描述

Tab.6 Description of variables used for modeling the proportion of speeding in delivery trajectories of food delivery riders

变量	数量	比例/%
因变量	超速比例	最小值0, 平均值0.55, 最大值0.94
性别	男*	3 134 94.9
	女	167 5.1
从业时间/年	≤0.5*	634 19.2
	>0.5~1	522 15.8
	>1~3	1 462 44.3
自变量	>3	683 20.7
	0*	1 970 59.7
事故经历/次	1~3	932 28.2
	>3	399 12.1
	年龄/岁	最小值20, 平均值31, 最大值46
配送距离/km	最小值0.25, 平均值1.22, 最大值2.98	

注: *为基准值。

表7 Beta随机效应模型估计结果

Tab.7 Estimation results of the Beta random effects model

变量	参数估计	标准误差	OR值	p值	
性别	女	-0.503	0.240	0.605	0.036*
从业时间/年	0.5~1	0.104	0.163	1.110	0.523
	>1~3	-0.001	0.135	0.999	0.994
	>3	-0.004	0.152	0.996	0.981
事故经历/次	1~3	-0.033	0.106	0.968	0.757
	>3	0.014	0.177	1.014	0.938
年龄/岁	0.015	0.007	1.015	0.042*	
配送距离/km	0.597	0.021	1.816	0.000*	

注: *表示在0.05水平上统计显著。

4 结论

针对日益突出的外卖骑手交通安全问题, 本文利用在长沙市采集的大规模骑手自然驾驶数据, 分析了其订单配送特征, 并构建了以配送轨迹超速比例为因变量的Beta随机效应模型, 以探讨性别、年龄、从业时间、事故经历和配送距离对骑手超速行为的影响。

结果显示, 外卖订单平均配送时间为11.2 min。不同订单在等待时间、行驶时间和交付时间方面差异较大, 整体上行驶时间比例最高, 交付时间略高于等待时间。Beta随机效应模型的估计结果显示, 性别、年龄和配送距离对骑手超速行为具有显著影响, 而从业时间和事故经历的影响未达到统计显著性水平。

本文在外卖骑手配送特征和超速行为分析方面仍存在一定局限。样本中骑手数量有限, 尤其是女性骑手仅2人, 可能影响性别效应的统计稳健性。后续研究应扩大骑手的样本规模, 以验证本文结论。此外, 配送时间与环境因素和配送时段(如早晚高峰时段)相关, 未来需引入天气、温度等变量, 并考虑时间效应的影响。本文也未考虑道路建设特征和道路条件对超速行为的作用, 后续将结合更精细的道路信息, 分析骑手在不同路段或交叉口的速度特征。在此基础上, 将进一步纳入多维度影响因素, 深入探讨外卖骑手配送特征及危险驾驶行为, 为制定更具针对性的管理措施提供支持。

参考文献:

References:

- [1] 中国互联网络信息中心. 第53次中国互联网络发展状况统计报告[R]. 北京: 中国互联网络信息中心, 2024.
- [2] 于昊, 赵琳娜, 戴帅. 城市电动自行车交通安全发展趋势及应对策略[J]. 城市交通, 2022, 20(1): 76-82.
Yu Hao, Zhao Linna, Dai Shuai. Traffic safety of electric bicycles in cities: development trends and strategies[J]. Urban transport of China, 2022, 20(1): 76-82.
- [3] 董春娇, 薛维洋, 谢坤, 等. 电动自行车不安全骑行决策行为建模[J]. 北京交通大学学报, 2021, 45(1): 105-110.
Dong Chunjiao, Xue Weiyang, Xie Kun, et al. Decision-making modeling for unsafe riding

behaviors on electric bicycles[J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2021, 45(1): 105-110.

- [4] Zhang Fan, Ji Yanjie, Lyu Huitao, et al. Analysis of factors influencing delivery e-bikes' red-light running behavior: a correlated mixed binary logit approach[J]. Accident analysis and prevention, 2021, 152: 105977.
- [5] Zheng Yubing, Ma Yang, Cheng Jianchuan, et al. Crash involvement and risky riding behaviors among delivery riders in China: the role of working conditions[J]. Transportation research record: journal of the Transportation Research Board, 2019, 2673(4): 1011-1022.
- [6] Oviedo-trespalacios O, Rubie E, Haworth N. Risky business: comparing the riding behaviours of food delivery and private bicycle riders[J]. Accident analysis and prevention, 2022, 177: 106820.
- [7] Boniardi L, Campo L, Prundzi S, et al. Occupational safety and health of riders working for digital food delivery platforms in the city of Milan, Italy[J]. Work, environment and health, 2024, 115(5): e2024035.
- [8] 王雅坤, 卢昕玮, 陈巧丽, 等. 外卖配送公共交通违法行为影响因素分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(12): 169-174.
Wang Yakun, Lu Xinwei, Chen Qiaoli, et al. Analysis on influencing factors of public traffic violation behavior in take out delivery[J]. Journal of safety science and technology, 2019, 15(12): 169-174.
- [9] 刘凯, 姜康. 网约配送员典型危险骑行行为特性研究[J]. 交通科技与经济, 2021, 23(5): 1-6.
Liu Kai, Jiang Kang. A study of the characteristics of typical risk riding behaviors of take-away deliverers[J]. Technology & economy in areas of communications, 2021, 23(5): 1-6.
- [10] 魏宇浩, 秦华. 外卖电动自行车在交叉口的风险行为研究[J]. 北京建筑大学学报, 2021, 37(1): 25-30.
Wei Yuhao, Qin Hua. Study on risk behavior of take-away electric bicycles at intersections [J]. Journal of Beijing university of Civil Engineering and Architecture, 2021, 37(1): 25-30.
- [11] Campbell K L. The SHRP 2 naturalistic driving study: addressing driver performance and behavior in traffic safety[J]. TR news,

- 2012(282): 30-35.
- [12] Dozza M, Piccinini G F B, Werneke J. Using naturalistic data to assess e-cyclist behavior [J]. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 2016, 41: 217-226.
- [13] 王卫杰, 沈轩霆, 王贵彬, 等. 电动自行车骑行者事故伤害程度影响因素分析[J]. *中国安全与科学学报*, 2019, 29(2): 20-25.
- Wang Weijie, Shen Xuanting, Wang Guibin, et al. Analysis of factors affecting injury to electric bicycle rider in crash[J]. *China safety science journal*, 2019, 29(2): 20-25.
- [14] 郑玉冰, 马羊, 程建川, 等. 基于轨迹数据的非机动车道内冲突事件自动识别与可视化[J]. *中国公路学报*, 2022, 35(1): 71-84.
- Zheng Yubing, Ma Yang, Cheng Jianchuan, et al. Automated identification and visualization of conflict events in bike lanes using trajectory data[J]. *China journal of highway and transport*, 2022, 35(1): 71-84.
- [15] Zhang Zihao, Liu Chenhui. Identification of the factors influencing speeding behaviour of food delivery e-bikers in China with the naturalistic cycling data[J]. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 2024, 30(4): 1-10.
- [16] 张晓龙, 边扬, 赵晓华, 等. 共享电动自行车路段超速风险影响因素分析[J]. *东南大学学报(自然科学版)*, 2024, 54(1): 214-223.
- Zhang Xiaolong, Bian Yang, Zhao Xiaohua, et al. Analysis of influencing factors of speeding risk on road segments for shared electric bikes[J]. *Journal of Southeast University (natural science edition)*, 2024, 54(1): 214-223.
- [17] Ma Xinwei, Ji Yanjie, Yuan Yufei, et al. A comparison in travel patterns and determinants of user demand between docked and dockless bike-sharing systems using multi-sourced data[J]. *Transportation research part A: policy and practice*, 2020, 139: 148-173.
- [18] 王维莉, 卢晓磊, 张旺, 等. 基于改进社会力的单向流电动自行车行为建模研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2022, 22(5): 223-232.
- Wang Weili, Lu Xiaolei, Zhang Wang, et al. Modeling of electric bicycle behavior in unidirectional flow based on improved social forces[J]. *Journal of transportation systems engineering and information technology*, 2022, 22(5): 223-232.
- [19] 董春娇, 董黛悦, 诸葛承祥, 等. 电动自行车出行特性及骑行决策行为建模[J]. *吉林大学学报(工学版)*, 2022, 52(11): 2618-2625.
- Dong Chunjiao, Dong Daiyue, Zhuge Chengxiang, et al. Trip characteristics and decision-making behaviors modeling of electric bicycles riding[J]. *Journal of Jilin university (engineering and technology edition)*, 2022, 52(11): 2618-2625.
- [20] Wang Cheng, Wei Liyang, Wang Kun, et al. Investigating the factors affecting rider's decision on overtaking behavior: a naturalistic riding research in China[J]. *Sustainability*, 2022, 14: 11495.
- [21] Zhang Zihao, Liu Chenhui. Exploration of riding behaviors of food delivery riders: a naturalistic cycling study in Changsha, China [J]. *Sustainability*, 2023, 15(23): 16227.
- [22] 高文珺. 社会流动与共同富裕: 以青年外卖骑手为例[J]. *中国社会科学院大学学报*, 2022, 42(7): 124-139.
- Gao Wenjun. Social mobility and common prosperity: taking young delivery workers as an example[J]. *Journal of University of Chinese Academy of Social Sciences*, 2022, 42(7): 124-139.
- [23] 范厚明, 咸富山, 王怀奇. 动态需求下考虑订单聚类的外卖配送路径优化[J]. *系统仿真学报*, 2023, 35(2): 396-407.
- Fan Houming, Xian Fushan, Wang Huaiqi. Takeout distribution routes optimization considering order clustering under dynamic demand[J]. *Journal of system simulation*, 2023, 35(2): 396-407.
- [24] 基泽, 闫聪. 配送交付时间轻量级预估实践[EB/OL]. (2019-10-10)[2025-05-17]. <https://tech.meituan.com/2019/10/10/distribution-time-prediction-practice.html>.
- [25] FERRARI S, CRIBARI-NETO F. Beta regression for modelling rates and proportions [J]. *Journal of applied statistics*, 2004, 31(7): 799-815.