

共享出行平台下供需匹配的智能调度机制与动态定价策略研究

李明烁

云南省交通科学研究院有限公司 云南 昆明 650011

摘要: 本文聚焦共享出行平台,剖析其供需特征与现存问题,指出供需时空分布有规律且受多因素影响,现有调度与定价机制存在被动滞后、缺乏动态调整等不足,强调智能调度与动态定价协同的必要性。设计智能调度机制,明确目标约束,采用强化学习算法与多车协同策略;优化动态定价策略,确定目标影响因素,构建博弈论定价模型与实时调整机制,兼顾用户接受度与公平性,为共享出行高效运营提供理论支持。

关键词: 共享出行; 供需匹配; 智能调度; 动态定价

引言: 共享出行作为智慧交通的关键部分,依托互联网整合资源,实现供需匹配,降低购车成本与资源浪费,打破时空限制,形成多方依存的生态系统。然而,其供需匹配面临挑战,供需数据时空分布有规律且波动大,现有调度与定价机制存在被动滞后、缺乏动态调整等问题,导致供需失衡。智能调度与动态定价的协同成为解决供需矛盾、提升服务效率的关键,本文将深入探讨二者机制设计与优化。

1 共享出行平台核心概念

共享出行平台是依托互联网技术,整合社会闲置交通工具资源与用户出行需求,实现供需精准匹配的服务载体。其核心架构包含用户端、司机端、平台管理端三大模块,通过大数据采集、实时通信、智能算法等技术支撑全流程运营。平台不仅提供基础的订单派发、路径规划服务,更通过用户行为分析、车辆状态监控、供需预测等功能提升服务效率。从资源属性来看,共享出行平台实现了交通工具从“私有”到“共享”的价值转化,降低了个人购车成本与社会交通资源浪费。从服务特性来看,其打破了传统出行服务的时空限制,通过动态响应实现出行服务的弹性供给^[1]。从生态构成来看,平台连接用户、司机、运营商、监管机构等多方主体,形成相互依存的出行服务生态系统,核心价值体现在资源高效配置、出行成本降低、交通拥堵缓解等方面,是智慧交通体系的重要组成部分。

2 共享出行供需特征与问题诊断

2.1 供需数据的时空分布规律

共享出行供需数据的时空分布呈现显著的规律性与波动性。时间维度上,工作日早高峰7:00-9:00和晚高峰17:00-19:00出现供需双高峰,需求集中于居住区到商务

区、学校周边等区域,供给则随需求增长逐步聚集但存在15-20分钟滞后;平峰时段10:00-16:00供需相对均衡,波动幅度较小;夜间22:00至次日6:00需求锐减,供给主要集中在商圈、交通枢纽周边。空间维度上,城市核心商务区、交通枢纽、大型居住区、学校、医院等区域为需求热点,供需密度显著高于其他区域;郊区及偏远区域则长期处于供给不足或需求疲软状态,形成“供需错配盲区”。此外,供需分布受节假日、天气、大型活动等因素影响明显,如节假日商圈需求激增,暴雨天气下短途需求集中爆发,这些规律为调度优化提供了数据基础,但也凸显了动态调整的必要性。

2.2 现有调度与定价机制的不足

现有共享出行调度机制存在明显的被动性与滞后性,多数平台采用“就近派单”模式,仅依据当前车辆与用户的空间距离匹配,未考虑未来供需变化趋势,导致高峰时段热点区域车辆扎堆、非热点区域无车可用的现象频发。调度过程中对车辆续航里程、司机服务偏好等约束条件考虑不充分,引发司机拒单、车辆中途续航不足等问题。定价机制方面,多数平台采用“基础价+里程费+时长费”的固定定价模式,仅在极端天气或高峰期实施简单加价策略,未能根据实时供需关系、路段拥堵程度、用户出行紧迫度等因素动态调整。这种定价模式无法有效引导用户错峰出行,也难以激励司机向供需缺口区域移动,在供需失衡时要么出现用户出行成本过高,要么导致司机收益无法覆盖运营成本,同时缺乏对不同消费能力用户的差异化定价策略,降低了服务包容性。

2.3 智能调度与动态定价的协同需求

共享出行供需失衡的核心症结在于调度与定价机制的割裂,二者协同联动成为解决问题的关键需求。单独

实施智能调度若缺乏定价激励,司机缺乏向供需缺口区域移动的动力,调度指令执行效率低下,难以实现供需平衡;仅推行动态定价而无智能调度支撑,价格调整可能引发车辆无序流动,反而加剧局部区域供需失衡,同时无法保障用户出行的时效性^[2]。二者协同可形成“调度引导供给、定价调节需求”的良性循环:智能调度根据供需预测规划车辆最优分布,动态定价则通过价格杠杆激励司机响应调度指令,同时引导用户调整出行时间和方式。例如,预测到某区域即将出现需求高峰时,智能调度系统提前规划车辆前往,动态定价系统同步提高该区域未来时段溢价,双重激励司机配合调度;对非高峰时段非热点区域出行用户给予价格优惠,引导需求分流,这种协同需求在城市交通潮汐现象显著的场景中尤为迫切。

3 智能调度机制设计与优化

3.1 调度目标与约束条件

智能调度机制的核心目标包括三个维度:效率目标,即最小化用户平均等待时间、车辆空驶里程和订单完成时间,提升整体服务周转效率;公平目标,即平衡司机收益分配,避免部分司机长期承接低效率订单,同时保障不同区域用户的出行可及性;可持续目标,即降低车辆能源消耗,延长车辆使用寿命,实现运营成本可控。约束条件方面,首先是车辆约束,包括车辆续航里程、当前位置、载客状态、保养周期等,电动共享车辆的续航约束尤为关键,需优先调度续航充足车辆承接长途订单;其次是司机约束,涵盖司机工作时长、服务半径偏好、接单意愿等,避免过度调度导致司机疲劳驾驶;最后是环境约束,包括实时交通拥堵状况、道路管制、停车限制等,调度路径需避开拥堵路段,确保车辆移动效率,同时遵守城市交通管理规定。

3.2 基于强化学习的调度算法

基于强化学习的调度算法通过与动态出行环境的持续交互实现优化,其核心是构建“状态-动作-奖励”的闭环学习模型。状态空间涵盖实时供需分布、车辆状态、交通状况、天气等多维数据;动作空间包括订单派发对象选择、车辆预调度方向规划、接驾路径优化等具体操作;奖励函数设计综合考量用户等待时间缩短、司机空驶里程减少、订单完成率提升等多重目标,避免单一目标优化导致的整体效率下降。算法通过深度强化学习中的深度Q网络(DQN)或策略梯度方法,对海量历史数据和实时数据进行学习,精准预测不同调度动作带来的长期收益。与传统算法相比,该算法具备更强的动态适应性,能在节假日、突发天气等不确定场景下快速调整调

度策略,例如在突发大型活动导致需求激增时,可提前预测需求峰值并规划车辆预调度方案,显著提升供需匹配效率。

3.3 多车协同调度策略

多车协同调度策略以区域集群调度作为核心要点,成功打破了传统单车独立接单的固有模式,凭借车辆间的紧密协同配合,显著提升整体服务能力。在具体实施过程中,首先要精心构建区域车辆集群。依据城市复杂的交通路网结构以及供需热点分布情况,将整个服务区域科学合理地划分为若干个子区域。每个子区域内的车辆便组成一个协同单元,由区域调度节点进行统一管理,如同一个紧密协作的小团队。面对热点区域在高峰时段的需求激增,采用“接力调度”策略。距离需求点较远的协同单元车辆会提前向热点区域边缘有序移动,接替已完成订单的车辆继续服务^[3]。如此一来,有效避免了单一车辆往返耗时过长的问題,大大提高了服务效率。对于跨区域长途订单,则运用“分段调度”策略。出发地协同单元车辆负责完成前段运输,在中途换乘点将任务交接给目的地协同单元车辆。这不仅提升长途订单的完成效率,还降低单车空驶的风险。借助先进的车联网技术,实现协同单元内车辆状态的实时共享。调度系统能够根据整体供需变化,动态调整集群规模和车辆分布,在确保区域内供需平衡的同时,实现跨区域调度的高效无缝衔接。

4 动态定价策略设计与优化

4.1 定价目标与影响因素

动态定价策略的核心目标包括供需调节、收益优化和用户留存三个层面:供需调节目标通过价格波动引导供需关系趋于平衡,缓解高峰时段热点区域供需矛盾;收益优化目标在保障用户出行可及性的前提下,实现平台与司机收益的合理分配,提升运营盈利能力;用户留存目标通过差异化定价满足不同用户需求,避免过度加价导致核心用户流失。影响定价的关键因素可分为四类:供需因素,包括实时供需比、需求预测增长率、车辆空置率等,是定价调整的核心依据;成本因素,涵盖车辆运营成本、能源成本、司机人工成本、平台技术成本等,决定定价下限;用户因素,包括用户出行紧迫度、历史消费习惯、价格敏感度等,影响定价接受度;环境因素,包括交通拥堵指数、天气状况、节假日、大型活动等,需通过价格调整应对突发供需变化,例如拥堵路段可适当提高时长费以激励司机接单。

4.2 基于博弈论的定价模型

在共享出行的复杂场景中,基于博弈论的定价模型

将平台、用户和司机三方巧妙地视为博弈参与方。平台作为这场博弈的主导者,肩负着整体收益最大化和实现供需平衡的双重目标,以此为基础精心制定基础定价策略。司机作为供给方,会依据定价水平来权衡接单意愿以及选择服务区域,进而形成独特的“价格-供给”响应策略。而用户作为需求方,则会根据价格的高低以及服务质量的好坏,来决定自己的出行方式,形成“价格-需求”响应策略。该模型采用纳什均衡分析方法,通过构建三方收益函数,精准求解出能使各方收益达到均衡的定价区间。以热点区域高峰时段为例,平台为了激励司机前往该区域提供服务,会提高定价。然而,如果定价过高,用户可能会因为成本过高而减少出行需求,导致司机订单量下降,收益反而降低。此时,模型就会发挥作用,找到一个既能充分激励司机供给,又能维持用户需求的均衡价格。同时,引入演化博弈思想,充分考虑到各方策略的动态调整过程,使定价模型能够灵活适应长期运营中不断变化的供需情况。

4.3 动态定价的实时调整机制

动态定价的实时调整机制以分钟级的数据采集与分析作为坚实支撑,精心构建起“数据采集-需求预测-价格计算-执行反馈”的闭环流程。在数据采集环节,通过平台用户端、司机端以及交通管理部门接口等多渠道,实时、全面地获取用户下单数据、车辆位置数据、交通拥堵数据、天气数据等关键信息。需求预测环节则运用时间序列分析和先进的机器学习算法,基于实时采集的数据,精准预测未来15-30分钟内各区域的供需变化趋势。价格计算环节结合基于博弈论的定价模型,将预测的供需数据、成本数据以及用户价格敏感度数据输入其中,经过复杂的计算,得出各区域、各时段的最优定价。执行反馈环节将计算得出的定价结果迅速同步至用户端和司机端,同时实时监测订单完成率、用户取消率、司机接单率等重要指标。一旦指标偏离预期阈值,如用户取消率超过30%,便会立即触发二次价格调整。另外,还建立了应急调整机制,针对突发大型活动、交通事故等特殊场景,迅速启动价格快速调整通道,确保供需能够快速实现平衡。

4.4 用户接受度与公平性保障

动态定价策略若要顺利落地实施,必须高度重视并

兼顾用户接受度与公平性,否则极有可能引发用户的不满情绪,甚至导致平台信任危机。在提升用户接受度方面,首先实施透明化定价策略,在用户下单前,清晰地展示基础价格、加价幅度以及加价原因,坚决避免任何隐性收费行为,让用户清楚知晓每一笔费用的构成。其次,推行差异化定价策略,针对价格敏感型用户,提供非高峰时段的折扣优惠、积分抵扣等福利;针对紧迫型用户,则提供“快速接单”溢价选项,充分满足不同用户的多样化需求^[4]。最后,建立价格预警机制,当定价超过用户历史消费均值一定比例时,及时弹窗提示用户,并为其提供替代出行方案建议,帮助用户做出更合理的出行决策。在公平性保障方面,建立严格的价格上限机制,明确极端场景下的最高加价倍数,坚决杜绝趁火打劫式定价行为。针对老年人、残疾人等特殊群体,设置固定折扣通道,切实保障他们的出行权益。同时,平衡好司机与用户之间的利益关系,避免过度压低司机收益或过度抬高用户成本,通过平台收益补贴的方式,有效调节极端场景下的定价矛盾,实现多方利益的共赢局面。

结束语

共享出行平台下智能调度机制与动态定价策略的研究,对解决供需失衡、提升服务效率意义重大。通过设计智能调度机制,利用强化学习算法与多车协同策略,可实现车辆高效分布;优化动态定价策略,借助博弈论模型与实时调整机制,能合理引导供需。同时,兼顾用户接受度与公平性,保障多方利益。未来,随着技术发展,需持续优化机制,以适应复杂多变的出行场景,推动共享出行行业可持续发展。

参考文献

- [1]何家波,顾新建,张今.面向生产能力共享的供需匹配[J].计算机集成制造系统,2022,28(03):880-891.
- [2]杨思锦,庄雷,宋玉,等.多模态网络中时间敏感网络模态的智能调度机制[J].通信学报,2022,43(5):82-91.
- [3]鲁锦涛,郭娅珍,林文芳.共享出行平台运营模式创新路径选择研究[J].科研管理,2024,45(9):184-192.
- [4]祝蕊,张江华,王景鹏.定制出行下网约共享出行平台双边定价研究[J].系统工程理论与实践,2025,45(2):621-634.