

基于排队论机场出租车问题的研究

姜世阔 童晓洁

(河北工程大学 056038)

摘要：出租车作为一种相对灵活的交通方式，在机场疏散乘客时起到重要的作用。司机在不同时期做出的决策不仅影响到自身的经济效益，还关乎机场疏散乘客的效率。本文针对机场出租车问题，建立了基于排队论的决策模型。

关键词：排队论；泊松分布；k-均值聚类分析；多目标优化；收益均衡。

一、问题背景

随着我国经济的不断增长和人民生活水平的不断提高刺激了我国航空业的发展。对于本文，我们将以北京首都国际机场为例进行简要分析，该机场乘客吞吐量呈日益增长的趋势，但跟随着这种增长随之带来的是对疏散机场滞留乘客的巨大压力。相比较于公交车、地铁等公共交通，出租车相对更加灵活，对于绝大多数乘客而言，尤其是商务人员，选择出租车驶离机场，是相对最好的选择。

二、具体问题及分析

收集国内某一机场以及该城市内出租车的相关数据，如机场的客流量；结合这些数据，并且从该机场的角度进行考虑，给出出租车司机恰当的选择方案，并对该方案的合理性及其对相关因素的依赖性进行分析问题的分析。

首先对收集到的数据进行预处理，对数据进行审查和检验。在问题建立的模型的基础上，利用选取机场的相关数据，将影响司机决策因素的相关数据代入方程得出的，不同方案的单位时间可获得利润进行比较分析。

三、模型的假设

- 假设每一个出租车司机所能提供的服务基本相同；
- 假设每一个出租车司机都遵守规章制度，不拒载、不超载、打表计费；

- 假设乘客在到达目的地的过程中不更换车辆；
- 假设乘客不使用其他交通工具离开机场。

四、模型的建立与求解

出租车能否拉到乘客是具有随机性的，从出发点到目的地的里程也是随机。因此，会造成一部分司机的收益过多，一部分司机的收益过少。为了使出租车市场平衡，我们以司机的收益为目标变量，以乘客出行的里程数作为因变量，通过综合考虑多方面的因素建立模型，来对出租车进行优先级的给予。

首先我们先做出一个限定，出租车短途载客时不再中途再度载客，返回时空载返回。为了更好的描述这个过程，将司机载客和空载返回看成一个过程。在这个过程中，司机的收益为载客的收入减去过程中所损耗的燃料以及在怕排队等待过程所损失的时间成本。

其次，由于司机所行驶的里程数难以去掌控，因此我们以司机所花费的时间来作为衡量的标准。其转化公式为：里程 = 速度 * 时间。因此，司机的收益为 $P = I - K_2 \times V^- \times T_1 - K_3 \times T_2$

其中 T_1 表示司机在这个过程中所花费的时间， T_2 司机在蓄车池的预期等待时间，我们假定司机在来回过程中的平均速度是保持不变的，而且司机只有在载客途中才能赚钱，时间为 $T_{1/2}$ 。出租车的价格随里程的增加而增加，而在起步价与超出价之间存在线性关系，因此我们以一个关于时间的线性方程来代表司机的收入 $I = K_0 + L \times K_1 = K_3, T_{1/2}$ (1)

这个时候，司机的收益就变成了一个仅与时间有关的线性方程。

$$P = K_5 * T_{1/2} - K_3 * T_2 \quad (2)$$

由预期等待时间与平均等待时间的关系以及平均等待时间与平均队长关系可得 $T_2 = k \times L_p / \lambda$ (3)

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P(i)}{n} \quad (4)$$

对司机的收益进行求取平均值：

最后，我们对每一个司机的收益对于平均收益求取方差：

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P(i) - \bar{P})^2}{n} \quad (5)$$

经过合理的运算，我们得到司机在 28.73 分钟内的平均差异是最小的，司机心理的落差最小。由上述公式可以建立优先等级与出租车从机场出发再次回到机场的时间之间的关系。假设所有刚离开机场的出租车处于同一优先等级，将在不同时间内返回机场的出租车赋予不同的载客的优先等级出租车再次回到机场所经过的时间越长，优先等级越低，反之优先等级越高；优先等级低的车辆，该出租车进入蓄车池，进入蓄车场的车辆，须在长途停车场排队结束后，进入近端停车场继续排队等候进入载客区载客，优先等级高的车辆，到达缓冲区，在近端停车场中排队结束后可直接进入上客点载客。

五、模型的评价与推广

1. 模型的优点

- (1) 建立的模型和现实情况紧密联系，就实际情况进行求解，模型的具有较强的通用性；
- (2) 适用于任何样本量，同时适用于小样本和多单元的系统，具有一定的灵活性；
- (3) 可操作性强，计算难度低，思想很简单，分析起来比较方便。

2. 模型的缺点

- (1) 模型中含有的因素过于复杂，无法对模型进行全方面的分析，使求解结果与真实结果有一定的出入；
- (2) 建立模型时，由于随机因素太多，导致模型求解结果不准确；
- (3) 由于模型的相对理想化，假设乘客只乘出租车出行，导致忽略了部分现实情况；
- (4) 在数据收集时，找的是现成的数据，虽然很直观便捷，但是也存在一定程度的偏差，致使结果不够准确。

3. 模型的推广

根据题中已给的背景知识，利用排队论可以算得出租车司机的排队长度和机场客流量的函数关系，该模型对于机场出租车司机做出正确的决策有很大的参考价值。

生活中很多模型都可以利用本文中用到的排队论算法，例如医院的病床安排模型等。

参考文献

- [1] 林思睿. 机场出租车运力需求预测技术研究 [D]. 电子科技大学, 2018.
- [2] 柳伍生, 周和平. 机场陆侧出发层车道边通行能力分析 [J]. 交通科学与工程, 2010, 26(02): 98-102.
- [3] 罗端高, 史峰. 考虑需求分布影响的城市出租车运营平衡模型 [J]. 铁道科学与工程学报, 2009, 6(01): 87-91.
- [4] 孙健, 丁日佳, 陈艳艳. 基于排队论的单车道出租车上客系统建模与仿真 [J]. 系统仿真学报, 2017, 29(05): 996-1004.