摘要

1 问题重述

1.1 问题背景

出租车是乘客下飞机后去往目的地的主要交通工具之一，国内大多数机场都是将送客（出发）与接客（到达）通道分开的。送客到机场的出租车司机通常都会面临两个选择：（A）前往到达区排队等待载客返回市区。这样出租车需要到指定的“蓄车池”排队等候，从而付出一定的时间成本。（B）直接放空返回市区拉客。这样出租车司机需要付出空载费用并且可能损失潜在的载客收益。

司机可以确定的信息有在某时间段抵达的航班数量以及“蓄车池”里已有的车辆数。出租车司机通常根据个人经验做出决策，例如在某个季节或某时间段抵达航班的多少和可能乘客数量的多寡等。如果乘客在下飞机后想“打车”，就要到指定的“乘车区”排队乘车。机场的出租车管理人员负责“分批定量”将出租车放行进入“乘车区”，同时安排一定数量的乘客上车。

1.2 题目重述

现需要结合实际情况，考虑影响出租车司机决策的各种确定和不确定因素，建立数学模型解决以下问题：

问题1 分析研究与出租车司机决策相关因素的影响机理，综合考虑机场中客流量的变化规律以及出租车司机的收益大小，建立相关选择决策模型，并给出司机的选择策略。

问题2 收集国内某一机场及其所在城市出租车的相关数据，给出该机场出租车司机的选择方案，并分析所建模型的合理性以及对相关因素的依赖性。

问题3 机场中时常会出现出租车排队载客和乘客排队乘车的情况，现在某机场“乘车区” 有两条并行车道，要求管理部门设置合适的“上车点”，并合理安排出租车和乘客，在确保车辆和乘客安全的前提下，使得总的乘车效率最高。

问题4 已知出租车的载客收益与载客的行驶里程有关，出租车司机既不能选择乘客也不能拒载，但是允许多次往返载客。管理部门拟对某些短途载客并再次返回的出租车给予一定的“优先权”，使得机场中每辆出租车的收益能够尽量均衡，试给出一个可行的“优先”安排方案。

2 模型假设

3 符号说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 变量 | 说明 | 量纲 |
|  | 排队期间抵达航班数 | 架 |
|  | 第架航班乘车客流量 | 个 |
|  | 等待第架航班时间 |  |
|  | “蓄车池”已有车辆数 | 辆 |
|  | 航班座位数 | 个 |
|  | 上座率 | % |
|  | 空载费用 | 元 |
|  | 时间因子 |  |
|  | 天气因子 |  |
|  | 节假日因子 |  |
|  | 突发事件因子 |  |
|  | 出租车等待时间单位收益 |  |
|  | 单位车辆排队时间 |  |
|  | 载客收益 | 元 |
|  | 决策判断指标 |  |

4 问题分析

4.1 问题一分析

关于问题一，出租车司机送客到机场后共有两个选择方案，一是选择前往到达区排队等待载客返回市区（此处出租车进入“蓄车池”等待，不考虑出租车直接进入乘车区载客的情况），二是直接放空返回市区拉客。司机要综合考虑多项确定和不确定的因素，这些相关因素主要通过影响出租车司机的估计收益进而间接影响司机的决策。

首先，司机主要纳入考虑范围的决策相关因素有抵达航班的多少和可能乘客的数量、在到达区排队等待载客的时间成本、直接返回市区的空载费用。其中，抵达航班的多少和可能乘客的数量受到航班座位数V、上座率r、时间因子T、天气因子W以及节假日因子H的影响；在到达区排队等待载客的时间成本受到“蓄车池”已有车辆数N、单位车辆排队时间w、等待航班时间以及出租车等待时间单位收益的影响。

其次，基于时间序列分析，将乘车客流量的影响因素分解为四部分来看——趋势、周期、时期和不稳定因素【时间序列分析】，然后综合这些因素建立一个客流需求模型，以确定特定条件下乘车区的乘客数量，从而得出机场中乘客数量的变化规律。再根据等待成本、载客收益和空载费用，分别计算前往到达区排队等待载客返回市区的收益和直接放空返回市区拉客的收益。

最后，根据出租车司机两种选择的收益确立决策判断指标，比较两种选择的收益大小，建立选择决策模型。再根据决策判断指标的正负，给出司机的选择策略。

4.2 问题二分析

关于问题二，在问题一的基础上，结合收集的国内广州白云国际机场及其所在城市出租车的相关数据，对问题一的模型作进一步分析。

首先，将收集到的不同前提条件下的乘客乘车数据分别代入问题一的选择决策模型中（如白天与夜间、不同天气、节假日与工作日的数据），求解得出该机场出租车司机的选择方案。

其次，利用MATLAB数学软件对广州白云国际机场的真实客流量数据进行拟合画图，将其与模型计算结果进行对比，进而分析所建模型的合理性。

最后，利用控制单一变量的方法，通过小幅度调整不同因子的影响权重，得出不同的变化趋势图，并根据横向对比，确定司机做出的决策对不同相关因素的依赖性大小。

4.3 问题三分析

4.4 问题四分析

5 模型建立与求解

5.1 问题一的模型建立与求解

5.1.1 问题一的模型建立

问题一中与出租车司机决策相关的因素有抵达航班的多少和可能乘客的数量、在到达区排队等待载客的时间成本、直接返回市区的空载费用。出租车司机送客到达机场后，会根据现场可观测到的确定信息，如某一时间段抵达的航班数量和“蓄车池”里已有的车辆数，和以往的个人经验（机场中乘客数量的变化规律）来判断自己在到达区可能付出的等待时间，再用可能等待时间乘以出租车等待时间单位收益计算等待载客的时间成本，将该时间成本与直接返回市区的空载费用进行比较，做出决策。

总而言之，出租车司机是将所有影响决策的相关因素转化为时间变量，以时间长短度量收益大小，从而做出决策。

首先，综合考虑航班座位数、上座率、时间因子、天气因子、节假日因子以及突发事件影响的影响，给出航班乘车客流量表达式为



即



其中



为影响上座率的因素个数，为影响上座率的因素，为影响上座率的因素所占权重，为理想状态上座率。

其次，利用时间序列分析方法，将乘车客流量的影响因素分解为周期性变化部分，时间段影响，天气影响，节假日影响和突发事件影响，然后综合这些因素建立客流需求模型



对于机场客流来说，趋势变化和周期性变化是导致客流序列非平稳的主要因素。对于这种非平稳的序列，需要转换为平稳序列进行处理，在建立合适的平稳模型之后，再通过逆变换得到非平稳序列的统计模型。由于AR 模型、MA 模型和 ARMA 模型均要求客流序列是平稳的，而非平稳序列不能用 ARMA(p,q)模型来描述，因此所建立的客流需求模型要采用差分自回归移动平均模型——ARIMA(d,p,q)模型，它是 ARMA 模型的延伸，并且这些数据经过 d 阶差分之后能够转换为一个平稳的时间序列。其中，p 是自回归项，q 为移动平均项数。【参考文献】接着在客流需求模型的基础上，当“蓄车池”已有车辆数满足条件



时，出租车司机选择在到达区排队等待载客，此时预估等待载客的时间成本为

 

最后，再结合载客收益和空载费用确立决策判断指标



完成选择决策模型的建立。

5.1.2 问题一的模型求解

将具体某一机场及其所在城市的实际数据，如单位车辆排队时间、 出租车等待时间单位收益、当前“蓄车池”已有车辆数等代入



中，即可算出决策判断指标的大小。

当决策判断指标为正时，表明前往到达区排队等待载客返回市区的成本小于直接放空返回市区拉客的成本，出租车司机应选择前往到达区排队等待载客返回市区；当决策判断指标为负时，表明前往到达区排队等待载客返回市区的成本大于直接放空返回市区拉客的成本，出租车司机应选择接放空返回市区拉客。（此处不考虑出租车司机直接进入乘车区载客的情况）

5.2 问题二的模型建立与求解

5.2.1 问题二的模型建立

问题二是在问题一的基础上，根据决策影响因素的具体数值，再结合收集的国内广州白云国际机场及其所在城市出租车的相关数据，对选择决策模型作进一步的分析。

5.2.2 问题二的模型求解

航班乘车客流量表达式



中，时间因子、天气因子、节假日因子在不同条件下有不同的数值大小，均为分段函数，通过这些因子的综合作用对航班客流量产生了影响。

时间因子受不同时间段的影响，根据市场上出租车增设服务费的时间标准【参考文献】，将分为5:00-23:00和23：00-次日5：00两个时间段来考虑，具体如下：



天气因子根据不同天气状况对航班动态的影响程度主要分为四类：



A类天气为对航班几乎没有影响的天气，包括晴天、阴天等；B类天气为对航班有微弱影响的天气，包括小雨、小到中雨、阵雨、小雪、小到中雪等；C类天气为对航班有中度影响的天气，包括中雪、雨夹雪、中雨、中到大雨、大雨、轻雾、霾等；D类天气为对航班有严重影响的天气，包括大雪、浮尘、大到暴雨、雷阵雨、暴雨、雾等。

节假日因子主要分为两类：



根据市场上出租车增设服务费的时间标准【参考文献】，仍需将分为5:00-23:00和23：00-次日5：00两个时间段来考虑出租车等待时间单位收益、空载费用和载客收益。

根据广州的士费调价标准，出租车每分钟候时费为0.67元，夜间增设服务费30%。【参考文献】由此，出租车等待时间单位收益可表示为：



从机场返回市区花费时间计为30，路程计为21 ，行驶一公里燃油成本按0.3元计算，得空载费用为



起步价为10元/2.5公里，续租价为2.6元/公里【参考文献】，得载客收益为



6 结果分析

7 模型评价与推广

参考文献