队号

**2020年《数学建模2》课程论文**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **参赛队号** |  | | |
| **队员**  **姓名** | **1.曾陈浩** | **学**  **号** | **201910211601** |
| **2.张福蓉** | **201910412128** |
| **3.易 蕾** | **201910412126** |

机场出租车的决策与管理问题

摘 要

本文针对出租车司机送客到机场后面临到蓄车池排队等待载客和直接放空回到市区载客的两种决策，根据影响司机决策的几个影响因素，单位时间内不同选择的收入与成本和“交通流理论”的来建立模型，给司机提供了选择策略，找到了在两车道矩阵停靠式上客系统中乘车效率最高的“上车点”来安排出租车和乘客，并且有优先权的出租车安排方案。

在研究出租车司机决策时，我们建立了出租车决策模型。我们考虑了航班抵达两和时间对出租车司机决策的影响，建立乘客到达量和出租车需求量的模型，并且基于排队论中的生灭过程我们建立了出租车在蓄车池内的等待时间模型。在收集了出租车的标准收费数据后，我们通过比较两种决策的收入与成本之差来构建决策模型，即选择单位时间收益最大的决策。本文选择了成都双流机场为研究对象，在收集整理了成都双流机场相关的航班数据和高德地图中的相关数据后，基于问题一所建立的模型，代入数据分析出司机最终的决策选择，通过考虑蓄车池的车辆数的极值来验证数据模型的合理性和依赖性。我们在解决合理设置“上车点”的问题时，以乘车效率的最大值为目标函数，以车位数为决策变量，以车位区内的车速限制为约束条件建立优化模型，求取最大值。目标函数取最大值时距决策变量取值最近的偶数作为乘车效率最大的车位数。在考虑优先权的问题时，为了使得短途载客司机的收益与长途载客司机的收益尽量均衡，我们建立了出租车司机行驶路程在某一点收益相同的模型，通过演算得到了在行驶路程区间内的短途司机能够获得优先权。

关键词：决策模型 排队论 机场出租车 最优化 收益均衡

目 录

[目 录 2](#_Toc58775454)

[一、问题的重述 3](#_Toc58775455)

[1.1 问题由来 3](#_Toc58775456)

[1.2 问题要求 3](#_Toc58775457)

[二、问题的假设 4](#_Toc58775458)

[三、符号说明 4](#_Toc58775459)

[四、问题的分析 6](#_Toc58775460)

[五、模型的建立与求解 7](#_Toc58775461)

[5.1 问题1的分析与求解 7](#_Toc58775462)

[5.2 问题2的分析及求解 12](#_Toc58775463)

[5.3 问题3的分析及求解 12](#_Toc58775463)

[5.4 问题4的分析及求解 12](#_Toc58775463)0

[六、模型优缺点及其改进 21](#_Toc58775464)

[七、参考文献 21](#_Toc58775465)

一、问题的重述

1.1 问题由来

众所周知，大多数乘客下飞机后基本上都要前往相应的目的地，而在机场往返的交通工具中，出租车往往扮演着了重要的角色。由于大多数机场的送客与接客通道是分开的，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。出租车必须排队进入指定的“蓄车池”等待载客，依“先来先进”的排队规则进场接单载客，蓄车池内排队的出租车和需要乘坐出租车从机场到市区的乘客的数量往往影响着出租车司机排队载客的等待时间，所以需要花费一定的时间成本。

b.直接放空返回市区拉客。出租车司机会付出空载费用和可能损失潜在的载客收益。司机可以非常直观的观测到某段时间航班的抵达的大概数量和蓄车池内车辆的大概数量，以自己的个人经验来判断，是直接放空回到市区拉客或是去往蓄车池内排队等待载客。若乘客在下飞机后选择乘坐出租车，就要到指定的“乘客等待区”排队，按先来后到的顺序乘车。机场出租车管理人员负责按照一定数量分批次的放行出租车进入“车位区”，与此同时安排一定数量的乘客依次上车。在实际生活中，其实还有很多影响出租车司机决策的各种确定的和不确定的因素，它们或多或少都影响着出租车司机的选择。

1.2 问题要求

问题一：分析研究与出租车司机决策相关因素的影响因素，综合考虑机场乘客数量的变化规律和出租车司机的收益，建立出租车司机选择决策模型，给出司机的选择策略。

问题二：确定国内某一机场及机场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，并分析模型的合理性和对相关因素的依赖性。

问题三：在某些时候，经常会出现出租车排队载客和乘客排队乘车的情况。某机场“乘车区”现有两条并行车道，管理部门应如何设置“上车点”，并合理安排出租车和乘客，在保证车辆和乘客安全的条件下，使得总的乘车效率最高。

问题四：机场的出租车载客收益与载客的行驶里程有关，乘客的目的地有远有近，出租车司机不能选择乘客和拒载，但允许出租车多次往返载客。管理部门拟对某些短途载客再次返回的出租车给予一定的“优先权”，使得这些出租车的收益尽量均衡，试给出一个可行的“优先”安排方案。

1.3 问题的提出

一般来说，机场中的交通方式多种多样，而出租车司机送客到达机场时，往往需要面临在蓄车池等待载客在返回市区和直接防空返回市区载客两种选择，对于这个问题的解决，我们提出了以下问题：

⒈在这样的两种选择下，出租车司机应该如何抉择，建立相应的决策模型。

⒉确定国内的一个机场，并收集该机场航班的相关数据以及机场所在城市的出租车数据，给出该机场出租车司机的决策选择，并分析模型的合理性和依赖性。

⒊对于机场“乘车区”具有两条并行车道，建立模型考虑如何设置乘客“上车点”，在保证安全的情况下，才能使得乘车的效率更高。

⒋管理部门拟对某些短途载客再次返回的出租车给予一定的“优先权”，使得这些出租车的收益尽量均衡，设选定某一机场，并给该机场给出一个可行的“优先”安排方案。

二、问题的假设

1．假设出租车车型都为大众，由于现在市面上的出租车类型繁多，标准也不一样，为了更加大致笼统的计算出租车司机的收益，我们统一采用了车型为大众的出租车收费标准。

2．在对出租车司机在道路上的交通状况，我们理想化的假设了出租车司机在各地都没有出现道路拥堵的情况。

3．我们假设出租车司机付出的成本只为燃料费用。我们知道，在实际生活中出租车还会有例如维护费用的各种其他除去燃料成本以外的成本。但这些成本过于庞杂，在这里我们就没有再详细说明了。

4．在B选择下，我们假设出租车司机都只选择在成都一环内的各地搜寻乘客。

三、符号说明

|  |  |
| --- | --- |
|  | A选择下消耗的时间 |
|  | A选择下出租车司机开车前往乘客的目的地的时间 |
|  | A选择下的损耗时间 |
|  | A选择下出租车司机送客车道驱车前往蓄车池的时间 |
|  | A选择下出租车司机在蓄车池的等待时间 |
|  | B选择下消耗的时间 |
|  | B选择下出租车司机直接返回市区去搜寻乘客的时间 |
|  | 从乘客上车这一订单开始到下一订单的开始的这段时间 |
|  | 与A选择相等时间内B选择下出租车司机的接单数量 |
|  | 出租车乘客的数量 |
|  | 选择出租车返回市区的乘客比例 |
|  | 乘客的客流量 |
|  | 航班的到达量 |
|  | 航班的平均载客量 |
|  | 某段时间内乘客的抵达数量 |
|  | 某段时间内航班的抵达数量 |
|  | 一辆出租车每个订单的平均载客人数 |
|  | 出租车t时刻的需求量 |
|  | 某时刻蓄车池内出租车的数量 |
|  | 设某时刻机场出租车候车点出租车的需求的数量 |
|  | 乘客不足时出租车在蓄车池内挤压的数量 |
|  | 乘客充足时蓄车池内出租车排队的数量 |
|  | A选择下的总行程距离 |
|  | A选择下的成本 |
|  | A选择下一个订单的收入 |
|  | 燃料消耗成本系数 |
|  | 出租车的每公里燃料消耗数 |
|  | 每升燃料的价格 |
|  | A选择下的收益 |
|  | A选择下的单位时间收益 |
|  | B选择中从机场放空返回市区拉到第一个单时所行驶的路程 |
|  | B选择中一个订单开始到下一个订单开始所行驶的路程 |
|  | B选择下第i单的收入 |
|  | B选择下的成本 |
|  | B选择下的收益 |
|  | 乘车效率 |
|  | 时间t内载客离开的出租车数 |
|  | 乘客上车时间 |
|  | 影响系数 |
|  | 基础车速 |
|  | 出租车车长 |
|  | 每两辆车之间保持的安全距离 |
|  | 出租车驶入至停稳时间 |
|  | 出租车离开时间 |
|  | 乘客的最大乘车时间 |
|  | 接客区长度 |
|  | 车流速度 |
|  | 机场所规定的最大车速限制 |
|  | 乘客经过一辆车的长度加上安全距离所行走的时间 |
|  | 为短途载客第一单的收入 |
|  | 为短途载客的平均收益 |
|  | 为长途出租车司机没有回空费的收益 |
|  | 长途出租车司机的行驶路程 |
|  | 长途出租车司机从蓄车池行驶到目的地的总时间 |
|  |  |

四、问题的分析

4.1对问题1的数学化描述与分析

我们充分考虑影响出租车司机做出决策的相关因素，而机场的乘客数量、蓄车池内出租车的数量和出租车司机的收益往往是影响司机决策的重要因素。对于司机留在机场等待载客返回市区这个方案，采用排队论的知识，建立求解损耗时间的模型。我们在建立模型时考虑司机在相同时间不同选择情况下单位时间的收益，根据收益，构建出租车司机的决策模型，并给出出租车司机的选择策略。

4.2对问题2的数学化描述与分析

基于问题一建立的司机决策模型，我们以成都双流国际机场为例，在搜索成都双流国际机场及成都的出租车的相关数据时，在保证数据的合理性和真实性的基础上，我们将给出成都双流国际机场出租车司机的选择方案，并修改假设中蓄车池车辆数的极端情况代入建立的模型，对模型合理性和依赖性进行分析。

4.3对问题3的数学化描述与分析

在保证车辆和乘客安全的条件下，对于现有的两条并行车道上，需要设置合理的上车点，使得总的乘车效率最高，我们以效率作为目标函数，建立起泊车位数和效率的关系作为约束条件，建立起优化模型。

4.4对问题4的数学化描述与分析

假设出租车速度恒定，我们用时间来量化长途和短途的行驶路程。我们根据成都市出租车收费标准得到当行驶路程小于等于2时，有8元的基础价格，当行驶路程大于 2而小于10千米时，以每公里1.9元计价，最重要的是当行驶路程大于10千米时，司机会得到额外的总价的50%的回空费。我们以此来衡量当短途司机行驶路程达到某个点时，长途和短途在收益平衡，我们对这个点之后10千米之前的短途出租车司机给予优先权。

五、模型的建立与求解

5.1 问题1的分析与求解

5.1.1出租车司机选择决策模型的分析

我们建立了出租车司机选择决策模型，来解决送客到机场的出租车司机的选择策略的问题。针对前往到达区排队等待载客返回市区和直接放空返回市区拉客的两种不同选择，我们综合考虑其时间成本以及收益，通过考虑出租车司机单位时间的收益做出决策。并且，我们采用排队论的方法来描述租车司机排队载客返回市区的等待时间。

5.1.2影响出租车司机决策的相关因素

司机的决策主要与在蓄车池内的排队时间、从市区到机场的返程时间、收入与成本这三个因素有关，如图1所示。若蓄车池内出租车数量过多，出租车司机会花费更多的时间成本才能够载客，因此他们在此时更愿意放空返回市区。出租车的需求量与乘客选择出租车出行的数量有关，而乘客选择出租车出行的数量及比例与时间、航班的抵达量等有关系。在白天乘客往往更加倾向于乘坐地铁公交等交通工具，所以在白天选择出租车离开机场的比例会比夜晚低。由广州新白云国际机场类比，双流机场每天会有25%的乘客选择乘坐出租车。

蓄车池内数量

排队时间

出租车需求量

时间

时间成本

司机决策

返程时间

距市区距离

接单价格与时间

收入与成本

耗油费用

图1 影响出租车司机决策的相关因素

其次返程时间也会影响司机的决策。司机们因为收益较少往往不愿意接距机场距离近，而接距市区远的订单。当出租车司机由于所载乘客要前往一个正在拥堵的地段而需要花费大量的时间停留在道路上时，出租车司机也不会愿意去。收入与成本是司机决策的关键因素，因为司机做决策时总会从单位时间的收益考虑，他们更愿意接单位时间收益更高的订单。

5.1.3两种不同选择下的时间消耗构成

考虑时间消耗构成部分，我们将前往到达区排队等待载客返回市区记为A选择，将直接放空返回市区拉客记为B选择。两种选择下司机从送客到机场在返回市区的流程不尽相同，因此我们对两种不同选择下的时间消耗构成进行分析。

1)相同时间内A选择的时间消耗构成

若出租车选择前往到达区排队等待载客返回市区，则到下一订单的完成的一套流程总共需要五个步骤，如图2所示。

图2 A选择下的流程示意图

出租车司机送客抵达机场后，需要花费时间从送客车道驱车前往蓄车池，然后在蓄车池排队等候时间直到乘客上车，用时开车前往乘客的目的地，此订单结束后出租车司机再开始搜寻下一订单。这一阶段A选择的时间消耗构成为：

(1)

我们定义A选择下的损耗时间为送客车道驱车前往蓄车池的时间与在蓄车池的等待时间之和。则上式可以变为：

(2)

2)相同时间内B选择的时间消耗构成

若出租车选择直接放空车返回市区拉客，则直到与A选择的相等时间内的环节构成如图3所示。

图3 B选择下的流程示意图

出租车司机直接返回市区去搜寻乘客，这段时间记为；接到乘客后，将乘客送往目的地，订单结束，出租车司机开始搜寻下一订单。在与A选择的相同的时间内，B选择下可以接到多单的乘客，所以我们把从乘客上车这一订单开始到下一订单的开始的这段时间记为，因此相等时间内B选择的时间消耗的构成为：

(3)

其中，n为相等时间内B选择下出租车司机的接单数量。

5.1.4出租车需求模型

出租车乘客的数量是由选择出租车返回市区的乘客比例以及航班的数量所决定的。选择出租车返回市区的乘客比例会受到时间的影响，比如夜间选择出租车返回市区的乘客比例会高于白天。航班的数量也会受到时间的影响，一般来说，白天的航班到达数量高于夜间。则出租车乘客的数量可表示为：

(4)

其中，为选择出租车返回市区的乘客比例；为乘客的客流量，其计算公式为：

(5)

其中，为航班的到达量；为航班的平均载客量，其计算公式为:

(6)

其中，为某段时间内乘客的抵达数量；为某段时间内航班的抵达数量。

由于一辆出租车可以承载多人离开机场，因此我们需要根据乘坐出租车的乘客数量进一步得到出租车的需求量。记一辆出租车每个订单的平均载客人数为，则我们的出租车的需求模型为：

（辆） (7)

其中，为出租车t时刻的需求量。

5.1.5基于生灭过程的A选择下损耗时间的确定

出租车司机前往到达区排队等待载客返回市区，则出租车需要到达指定的蓄车池的时间和进行排队的等待时间即为此选择下的消耗时间，其长短取决于排队出租车和乘客的数量多少。出租车排队载客与乘客排队上车的流程如图4所示。

图4 出租车排队等待乘客上车

出租车按照“先来先进”的规则排队进入蓄车池载客，引入生灭过程来研究出租车候客以及乘客候车的排队系统。用“生”表示出租车以及乘客的到达，用“灭”表示乘客以及出租车的离去。排队系统是由输入过程、输出过程、排队规则、服务过程四部分组成的。以空出租车以及乘客为输入，载客出租车为输出，出租车为移动服务台构建这个排队系统。出租车进场后会面临乘客不足和乘客充足的两种情况。乘客不足时，出租车需要在车位区内等待，直到乘客来出租车乘车点乘车；乘客充足时，出租车只需依次排队让乘客上车即可。

设某时刻蓄车池内出租车的数量为，则满足以下性质：

1）假设，则从时刻t起到下一辆出租车进入蓄车场时刻止的时间服从的分布；

2）假设，则从时刻t起到下一辆出租车离开蓄车场时刻止的时间服从的负指数分布；

3）同一时刻只有一辆出租车到达或离去。

设某时刻机场出租车候车点出租车的需求的数量为，则 满足以下性质：

1）假设，则从时刻t起到下一个顾客到达时刻止的时间服从的分布；

2）假设，则从时刻t起到下一个顾客离去时刻止的时间服从的负指数分布；

3）同一时刻只有一个顾客到达或离去。

这里的顾客是指乘坐同一辆出租车的一位或多位乘客。则选择前往到达区排队等待载客返回市区的损耗时间为:

(8)

其中，表示乘客不足时出租车在蓄车池内挤压的数量，为乘客充足时蓄车池内出租车排队的数量。

5.1.6两种不同选择下单位时间的收益

我们研究的是两种不同选择下单位时间的收益是由收入与成本之差得到的。出租车的收益就是根据出租车计价收费器收取乘客的费用，而成本主要是燃料消耗成本。

1)A选择下单位时间的收益

前往到达区排队等候载客返回市区这段时间为研究的一段相同时间，在这段时间内，出租车司机只有将机场乘客带往目的地一个订单，记总的行程距离为，此订单的收入为，则A选择下的成本为：

(9)

其中，为燃料消耗成本系数，计算公式为：

(10)

其中，a为出租车的每公里燃料消耗数，为每升燃料的价格。则A选择下的收益为：

(11)

A选择下的单位时间收益为：

(12)

2)B选择下单位时间的收益

相同时间内，B选择下出租车司机的接单数量可能为一个订单及以上。用表示从机场放空返回市区拉到第一个单时所行驶的路程，用表示一个订单开始到下一个订单开始所行驶的路程，则B选择下的成本为：

(13)

B选择下的收益为：

(14)

其中，为第i单的收入。A选择下的单位时间收益为：

(15)

5.1.7基于收益的出租车司机选择决策模型的建立

我们研究的是出租车司机在相同时间内不同选择下单位时间的收益，为了得到更大的收益，根据上面的分析，我们建立判断模型如下：

(16)

分析上面的符号函数的函数值取值，我们得到出租车司机的选择策略为：当上面的符号函数取值为1时，代表A选择下的单位时间收益比B选择大，出租车司机选择前往到达区排队等待载客返回市区；当上面的符号函数取值为0时，代表A选择下的单位时间收益与B选择相同，出租车司机选择前往到达区排队等待载客返回市区或直接放空返回市区拉客；当上面的符号函数取值为-1时，代表B选择下的单位时间收益比A选择大，出租车司机选择直接放空返回市区拉客。

5.2 问题2的分析及求解

在问题1建立模型的基础上，我们以成都双流国际机场为例，在搜索成都双流国际机场及成都的出租车的相关数据时，在保证数据的合理性和真实性的基础上，我们将给出成都双流国际机场出租车司机的选择方案，并对建立的模型的合理性和依赖性进行分析。

5.2.1模型中所需的数据收集及处理

⑴数据的收集

我们以双流机场为例为问题一中的模型提供实际基础。由参考文献我国主要机场集疏运方式比例，在查询资料得知，广州新白云国际机场和成都双流国际机场均为4F级别，通过类比，定义双流机场乘客选择乘坐出租车比例为25%。基于成都双流国际机场2019年旅客吞吐量统计人次、飞机起降架次和航班的到达量，可大致计算得到双流机场一天的乘客客流量、航班的平均载客量和乘客的抵达数量，进而计算得到出租车的需求量和选择出租车的乘客总数量；并且我们在成都双流机场官网上收集了2020年11月15日的航班进港情况，可计算得出这一天时间段内航班和乘客的抵达量。基于成都出租车官网，收集了关于出租车的数据。收集的相关数据见表1。

表1 双流国际机场及出租车的相关数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目名称意义 | 符号 | 具体数值 | 单位 |
| 选择乘出租车比例 |  | 25 | % |
| 旅客吞吐量 |  | 5585.8552 | 万人次 |
| 飞机起降架次 |  | 36.6887 | 万人次 |
| 一天乘客客流量 |  | 192139 | 人次 |
| 航班到达量 |  | 1262 | 架 |
| 航班平均载客量 |  | 152 | 人次 |
| 某时间段乘客抵达量 |  | 191824 | 人次 |
| 某时间段航班抵达量 |  | 1262 | 架 |
| 出租车基本租价 |  | 8 | 元 |
| 出租车公里租价 |  | 1.9 | 元/公里 |
| 基价公里数 |  | 2 | 公里 |
| 单程回空里程 |  | 10 | 公里 |
| 出租车油耗 | A | 6.66 | 升/百公里 |
| 汽油价格 | B | 6 | 元/升 |
| 机场到市区路程 |  | 20 | 公里 |

根据相关数据，将相关数据代入问题1中的（10）式可求解燃料油耗系数为0.4。除以上数据外，司机从机场到达市区的路程、时间可由高德地图得到。

5.2.2出租车的收支来源

在成都出租车官网上我们发现不同档次的车型基本租价不一样，我们选择了第三档次作为我们求解此问的基础。不同里程出租车的计价方式不同，基于20公里的里程内，x为出租车所走的里程，可以得出出租车的收益为：

(17)

5.2.3出租车司机选择方案的求解

我们基于问题1建立的模型，代入双流国际机场相关的数据，求解在相同时间内，两种不同选择方案下司机的收益值，通过比较收益值得大小，给出出租车司机得选择方案。

⑴在A选择下出租车司机单位时间的收益

前提定义A选择和B选择下的时间花费相等，由于我们在查询收集相关数据时，假设蓄车池的出租车数量为500辆，不能具体得到出租车在等待时间内，从一个乘客到达到下一个乘客离去的分布和负指数分布的具体参数，从而难以得出司机的损耗时间。因此我们通过查阅文献，将成都双流机场类比与河北石家庄正定机场，基于河北石家庄正定机场蓄车池里车辆数为135时是运用计算机模拟得到出租车司机的等待时间为8min，通过类比的方法，可以求解到双流机场蓄车池车辆为500时司机的平均等待时间为55min；即A选择下，司机从进入蓄车池等待载客至送客到目的地的时间为85min。将收集的数据代入问题1的模型，得到在A选择下出租车司机单位时间内的收益为30.8元/小时。

⑵在B选择下出租车单位时间的收益

在A选择下，我们花费的时间为85min，前提在相等时间内，因此我们在确定了相同的时间下反过来求解司机在B选择下在市区能够接到的订单数。由于在市区接客的范围区域很广，订单数量也会偏多，因此我们只考虑司机在成都一环线内的接单，由高德地图可知出租车司机在55min内能接到6个订单，平均一个订单收入为7.5元，司机从一个订单结束到下一个订单开始所行驶的平均路程为1.5公里，基于以上数据可得司机在B选择下单位时间内得收益为28.4元/小时。

基于以上求解结果，我们清楚地看到出租车司机选择A时单位时间内的收益高于选择B，即我们通过计算分析的到成都双流机场的出租车司机应该选择A方案。

5.2.4出租车司机选择决策模型的合理性和依赖性

基于以上的分析，我们考虑通过改变假设蓄车池的数量的极端情况来验证决策模型的合理性，以蓄车池的最小的情况来考虑，根据出租车司机的经验和心理作用下一般选择A；以蓄车池的出租车数量为300时，两种不同的选择的单位时间收益进行考虑，通过以上的相同的求解方式，得到在300辆时A选择的单位时间收益为49.3元/小时 ，B选择下单位时间收益为 3.5元/小时；考虑蓄车场车辆数为1000时，得到在300辆时A选择的单位时间收益为28.2元/小时，B选择下单位时间收益为42.5元/小时；通过对蓄车池车辆数这个可变因素的考虑，清晰地验证了司机选择决策模型的合理性和依赖性。

5.3问题3的模型的建立与求解

5.3.1各上客系统分析比较

本问题我们需要建立模型给出机场乘车区“上车点”的设置方案，并合理安排出租车和乘客，在保证车辆和乘客安全的条件下，使得总的乘车效率最高。我们给出“交通流理论”来衡量乘车效率。交通流理论是研究交通流随时间流随时间和空间变化规律的模型和方法体系。其中最重要的三个参数为：交通量、速度和密度。交通量为速度和密度的乘积。如此给出乘车效率定义式：

(18)

其中m为时间t内载客离开的出租车数。

对国内各机场离港出租车上客系统进行观察分析，可以发现有单车道停靠式、矩阵式（多车道）停靠式以及斜列停靠式三种方式。

由于题中已给定是两条并行车道，所以我们只能采用矩阵停靠式上客系统。如下图两车道矩阵停靠式上客系统所示。这种两车道矩阵停靠式上客系统的上客方式按照了如下循环：在通道上安排若干车位，当闸机开启，对应数量的出租车进入接客区，在相应车位停车。当出租车停稳后，乘客再依次进入接客区搭乘出租车。所有乘客安全上车后，两条车道出租车依次驶离，当最后一辆出租车驶离车位区后，闸机再度开启，车位区再度接收出租车，如图5所示。

11

6



1

2

3

闸机



4

5

6

上客点

乘客等待区

图5 两车道矩阵停靠式上客系统

根据实际机场设计方案，我们不妨先只设置一个上客点位于第一个泊车位侧面。同时，假设所有乘客上车时间相同，两条道路中的车队同进同出。

根据交通流理论，交通系统通行能力大小与交通参与者密度有密切关系。若增加泊位（驶入出租车）数量可以增加乘车效率，但当泊位数量超过某阈值时，乘车效率不增反降。该情况下通行能力的下降主要体现在车流平均速度的减缓。具体的影响分析如图6所示。

单位时间内接走的乘客数量增加

车队等待时间上升

有利影响

不利影响

效率

单位时间内放行出租车的速度下降

车队的行进速度降低

系统元素间的影响因素增加

加

进入泊车位出租车规模增大

每次放行的出租车数量上升

车队等待时间上升

图6 车队规模对效率影响分析

5.3.2上客系统乘车效率最大值求解

本问要求使上客系统乘车效率最大化。可以以效率为目标函数，建立泊车位数与效率的关系作为约束条件，建立优化模型。

(1)目标函数的确定

目标函数已由式(19)确定：

(19)

(2)约束条件的确定

根据交通流理论，首先需要给出车位数对车流速度的定性关系，如(20)所示。

(20)

其次，为了给出方程中a的具体值，引入“影响”的概念。每辆出租车会对周围的出租车产生“影响”，造成出租车车流速度变慢。由于出租车两两之间会产生“影响”，当出租车驶入车位区的出租车数量增加，产生的“影响”相应增加，使得车流速度变慢。如图7所示，当只有两辆车时，“影响”有1条；而当有四辆车时，“影响”变为6条；6辆车时，“影响”有11条。

出租车

“影响”

图7 出租车与“影响”图示

我们归纳整理得到“影响”E与出租车数m的关系式

(21)

将“影响”E乘上影响系数即为参数a。设置基础车速作为参数b。如此，给出车流速度v关于出租车数m的函数关系式

(22)

如此，若给定接客区长度L，则可以计算得到出租车驶入至停稳时间：

(23)

每辆出租车长为D，每两辆车之间保持S的安全距离。具体见图8。

**出租车与影响图示**



2

1

3

D

闸机



S

4

5

6

上客点

根据实际机场设计方案，我们不妨先只设置一个上客点位于第一个泊车位侧面。同时，假设所有乘客上车时间相同，两条道路中的车队同进同出。

乘客等待区

图8 各参数图示

所以出租车离开时间为：

(24)

对从上客点进入接客区的乘客，其最远需走过个车长与安全距离，是乘客经过一辆车的长度加上安全距离所行走的时间，则乘客的最大乘车时间为：

(25)

对于一组的两列车，其完成驶入、接客、驶离一个周期所用的总时间为：

(26)

最后，要求m辆出租车车长和相应安全距离之和不得超过接客区长度，有：

(27)

车速不应超过机场所规定的最大车速限制。

(28)

综上所述，给出约束条件：

(29)

(3)模型的求解

根据以上分析，问题三的模型为：

将等式关系带入目标函数，则可以得到：

(30)

(31)

依据5.3.1的分析，预计u与m的关系图像大致如图9所示。

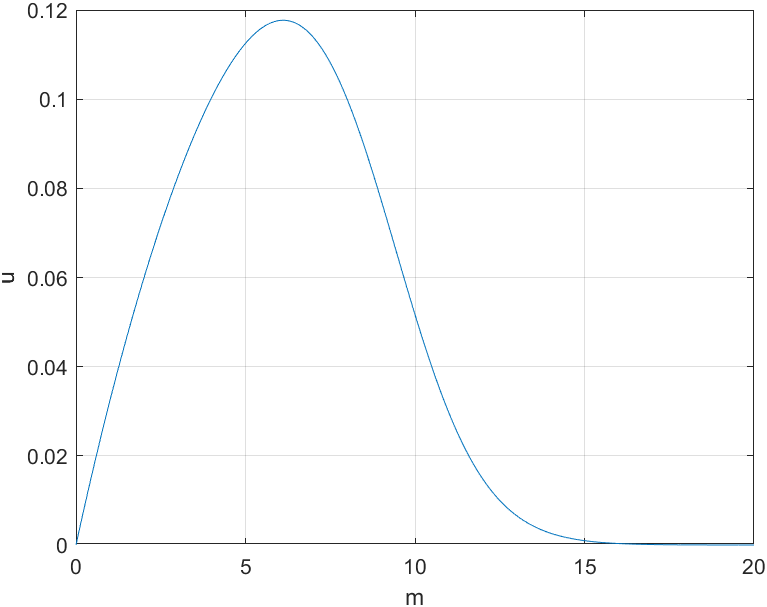


图9 u随m变化的趋势图

当m = m’时，乘车系统的效率最大。对式(30)求对自变量m的偏导（结果见附录），令其值为0，即可求出m'的值，即

(32)

在演算过程中，我们采用如下数据（有些是粗略估计）：

1.出租车的数量m待定（目标值）

2.每辆出租车的长度D=4.7m

3.出租车之间的安全距离S=0.8m

4.接客区（月台）的长度L=20m

5.出租车之间的影响系数k1=0.01

6.乘客经过一个出租车的长度加上安全距离所需要的时间k3=4s

7.出租车的速度k2=7.2km/h=2m/s

8.乘客上车时间 =30s

5.4问题4的模型的建立与求解

假设出租车速度恒定，我们用时间来量化长途和短途的行驶路程。我们根据成都市出租车收费标准得到当行驶路程小于等于2时，有8元的基础价格，当行驶路程大于 2而小于10千米时，以每公里1.9元计价，最重要的是当行驶路程大于10千米时，司机会得到额外的总价的50%的回空费。我们以此来衡量当短途司机行驶路程达到某个点时，长途和短途在收益平衡，我们就以这个点制定标准对短途出租车司机给予优先权。  
当行驶路程小于2千米时，单位时间内的收益为：

当行驶路程大于2小于10千米时，单位时间内的收益为：

当行驶路程大于10千米时，单位时间内的收益为：p(3)=1.5pA/(2tdA+tl)

由于tdA=s/V,V我们假设恒定60km/h,我们需要单位时间内的收益相同：  
定义T为长途出租车司机从蓄车池行驶到目的地的总时间，为长途出租车司机没有回空费的收益，为短途载客第一单的收入，为短途载客的平均收益,S为长途出租车司机的行驶路程，

根据计算，我们会给予行驶路程没有达到21.6千米之前的短途出租车司机以优先权。

六、模型优缺点及其改进

6.1模型的优点  
⒈综合考虑影响司机决策的因素，从出租车司机的收益出发，做到了建模的实际应用性。  
⒉基于收益模型而建立的出租车司机决策模型从经济层面上说明了司机的选择方式，直观实用，结果合理。  
⒊分析蓄车池的不确定车辆数，验证了模型的合理性和依赖性。  
以效率为目标函数，建立优化模型，较好的反应了实际情况，实用性较强。  
6.2模型的缺点  
⒈司机决策模型中我们主要考虑了时间和航班的数量的影响，并未考虑不同时间段的分布和天气状况对出租车司机决策的影响，导致模型准确度偏低。  
⒉问题一模型没有考虑其他类似于个人因素、突发因素等，某些时刻会造成误差。  
⒊问题二代入模型时，忽略一些衔接的过程（如在B选择下上一订单的结束到下一订单的开始的衔接时间），对模型结果产生了一定的影响。  
⒋问题二对模型的部分参数是通过实际情况进行了估计和类比得到，对结果会产生一定的误差影响。  
6.3模型的改进  
⒈建立出租车的决策模型可以进一步考虑天气、不同时间段对乘客选择和出租车数量的影响，从而提高模型的准确性。  
⒉对于模型的部分参数，可以通过采用计算机模拟的方法得到（如出租车司机在蓄车池的排队时间），提高数据的准确性和较高的真实性。  
⒊尽可能详细的出租车的运行情况数据，使模型的参数值更准确。

七、参考文献

[1] 陈琦,王馨苑,江治颖,贺艳琴.机场的出租车问题[J].计算机产品与流通,2020(02):284.

[2] 吴叶凡.机场出租车的排队问题[J].低碳世界,2019,9(11):263-266.

[3] 杨立峰.大型机场航站区陆侧道路交通组织与规划研究[J].交通与运输(学术版),2018(01):1-5.