队号

**2020年《数学建模2》课程论文**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **参赛队号** |  | | |
| **队员**  **姓名** | **1.张德言** | **学**  **号** | **201910412127** |
| **2.朱恩民** | **201910412131** |
| **3.李麟翔** | **201810412220** |

**机场出租车的规划问题**

摘要

出租车是机场的主要交通工具之一，目前国内大多数机场都是将送客通道与接客通道分开的，出租车司机将面临继续排队等待载客或放空返回两个选择，有经验的司机会根据当前状况进行初步估计并做出决定，但实际中有很多影响因素会影响出租车的收益和乘客的出行。机场如何合理分配上车点、制定合理的载客计划对提高工作效率、最大化收益有着十分重要的意义。

对于问题一和问题二，通过分析机场当前人数和司机收益建立司机决策模型。首先，综合分析乘客人数、蓄车池中出租车的数量对司机决策的影响。其次，以当时下飞机的人数和蓄车池中出租车的数量设一个打车系数k。然后，以打车系数和载客里程建立司机期望收益模型。最后，比较一时段内出租车在蓄车池内等待的成本与如果空载返回司机可能损失的利润，判断司机是否进入蓄车池，如果出租车在蓄车池内等待的成本大于空载返回司机可能损失的利润，司机空载返回;如果出租车在蓄车池内等待的成本小于空载返回司机可能损失的利润，司机进入蓄车池。该模型可动态调配进入蓄车池内出租车的数量，并且出租车司机根据此方案也能做出最优决策。

针对问题三，如何在安全条件下设置“上车点”的个数，为使其达到最高效，即相同的车辆数在设有不同“上车点”的情况下所耗时间最短。可设出相应的公式、系数进行计算。

对于问题四，为使短途载客出租车运用“优先”载客一规则使其收益与长途载客出租车收益达到均衡。所以求短途出租车在返回后使用“优先”规则再载客一次之后所获得的总收益与长途载客出租车做差比较，当他们之间的差值越小则表明他们之间的收益越相近即越均衡。

**目录**

[一、问题的重述 1](#_Toc336010301)

[1.1 问题由来 1](#_Toc336010302)

[1.2 问题要求 1](#_Toc336010303)

[1.3 问题的提出 1](#_Toc336010304)

[二、问题的假设 1](#_Toc336010305)

[三、符号说明 1](#_Toc336010306)

[四、问题的分析 2](#_Toc336010307)

[五、模型的建立与求解 2](#_Toc336010308)

[5.1 问题1的分析与求解 2](#_Toc336010309)

[5.2 问题2的分析及求解 2](#_Toc336010310)

[5.3问题3，4的求解 2](#_Toc336010311)

[六、模型优缺点及其改进 2](#_Toc336010312)

**一、问题的重述**

**1.1 问题由来**

随着人们生活节奏的加快,飞机已成为人们长途旅行的重要交通工具．通常机场距离市区都比较远,很多人下飞机后要去市区或周边的目的地,出租车是主要的交通工具之一．国内多数机场都是将送客与接客通道分开的。送客到机场的出租车司机都将会面临选择，而为了使出租车司机的利益最大化进行建模研究。

**1.2 问题要求**

出租车司机面临的选择：

(A)前往到达区排队等待载客返回市区．出租车必须到指定的 “蓄车池”排队等候,依 “先来后到”排队进场载客,等待时间长短取决于排队出租车和乘客的数量多少,需要付出一定的时间成本。

(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。

进行数学建模使司机利益最大化。

**1.3 问题的提出**

（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，并给出司机的选择策略。

（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，并分析模型的合理性和对相关因素的依赖性。

（3）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。

（4）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。

**二、问题的假设**

1. 假设乘客打出租车不受天气好坏、节假日影响  
2. 假设司机获得的利润和车上所载乘客的数量无关  
3. 假设司机的行驶速度变化可忽略不记  
4. 假设出租车出发前对每位乘客的服务时间相同

5. 假设机场蓄车池能够记录其内部车数量的变化

6. 假设出租车的耗油费、保险费不计入利润和损失

**三、符号说明**

 出租车的平均服务率（即载客离开率）

 每辆出租车所需等待时间

 出租车等待时间的成本

 出租车单位时间成本

 空载的可能损失的利益

 司机可能的收益

 乘车区的运行效率（每辆车承载一批乘客所需时间）

**四、问题的分析**

4.1**对问题1的数学化描述与分析**

不同季节每天不同时段抵达的航班数量,可以当前时节为例统计某一天到达航班数量的分布规律．记某机场的一天的航班数量为f(t)(０≤t≤24,t表示24小时制时间,下同).

考虑到在正常时段都有机场巴士(或地铁)运行,可分流一部分乘客,通常情况下,在一定的时间过后,地铁会停止运行,机场巴士也会减少,乘坐出租车的乘客数会增加。但在本次数学模型中，我们忽略机场巴士（或地铁）抢占出租车客源的情况，只分为乘客可能搭乘出租车，和不搭乘出租车两种情况求解。

将蓄车池里车的数量h和下飞机的人数n做比得出打车系数，由此可得当k>1时，即打车人数大于蓄车池内出租车数时，司机可以即刻开走；当k<1时，即打车人数小于蓄车池内出租车数时，部分司机则需要等待前面司机载客走后才能载客。所以司机需要选择是否留在蓄车池内等待，所以需要比较空载时等待乘客的成本Q和空载返回可能造成损失之间的关系。

4.2**对问题2的数学化描述与分析**

问题2主要是按照问题1所给方法、思路，带入网络上收集的数据进行检验和合理性分析

4.3**对问题3的数学化描述与分析**

针对某机场有两条并行车道的“乘车区”的情况,建立“上车点”的优化设置模型,在保证车辆和乘客安全的条件下,合理安排出租车和乘客,使得乘车区总的乘车效率最高,即单位时间内出租车载客离开乘车区的车辆(或人数)最多。

**4.4 对问题4的数学化描述与分析**

机场的出租车载客收益与载客的行驶里程(或时间)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。

如果某时间段内排队等待的出租车等待的时间长度都为(设1-3h)．在正常情况下,对于一辆载客返回市区的出租车,行驶时间为(设30-60min),收益额为(设100-180元);而对于一辆乘载了短途乘客的出租车,行驶时间长度为(设10-30min),收益额为(设20-50元),即需要经时间后返回机场。

**五、模型的建立与求解**

**5.1 问题1的求解**

（1）出租车平均服务率（出租车进出乘车区和乘客上车时间）

在正常情况下,如果每辆出租车从 “蓄车池”安全到达乘车区停稳后需要的时间为；乘客上车需要时间为(可以设在30s-60s之间）；出租车离开乘车区需要时间为。每辆车接受服务的时间为。

综上平均服务率

1. 出租车平均等待时间

实际情况中，因为现代科技的发达，司机在进入蓄车池内须先做好必要的登记，所以其他司机可以在进入蓄车池前通过门卫处了解蓄车池内出租车的数量a，所以出租车司机平均的等待时间。

（3）根据出租车需要等待的时间来估算出等待时间的成本Q,首先要估计等待单位时间的成本,所以等待的时间成本为。

（4）空车返回的潜在损失．如果出租车从机场空车返回,不仅要付出空载成本R,还损失可能的载客的收益，记空载返回市区所需要的时间为T,从机场载客返回市区总收益为。由于乘客从机场乘出租车返回市区的距离不同,所需要的时间也不同,不妨设从机场到达市中心的距离为,辐射周边方圆距离为,于是,不妨设乘客搭乘出租车返回市区的距离S服从正态分布,平均行驶速度为，所以可能的总收益为,所需总时间为，所以单位时间内的潜在损失即损失的载客收益为,可得空载返回的总损失如下：



因此出租车司机应有如下选择决策(即比较空载返回成本和等待时间成本的关系)

根据最开始条件可得：

1. 当k>1时，出租车司机可以即到即走，无需考虑是否等待乘客
2. 当k<1时，出租车司机需要等待前方同行先载走乘客，则要分以下情况进行判断和选择：

<1>当时，应选择空载返回市区；

<2>当时，应选择排队等待载客；

<3>当时，等待载客和空载返回效果相同，可任意选择；

**5.2 问题2的求解**

通过网络找到了部分地区各时段飞机的航班时间附件1，再由航班时间大致做出了某市某机场24小时内出租车到达蓄车池的数量，图示如下：

机场出租车的到达蓄车池数量a的变化规律示意图

我们取图中最高峰的值即辆，因为是早上（7~8）时段为航班起飞时段，而航班到站时段一般为晚上时段，所以k<1的需判断空载时等待乘客的成本Q和空载返回可能造成损失之间的关系。

通过网上资料得出出租车正常运行情况下单位时间的收益，用分段函数表达如下：



取机场到市中心距离（即最远），出租车平均速度

到达乘车区停稳后需要的时间为，考虑到交通治安良好；乘客上车需要时间为(可以设在30s-60s之间）可取为30s即0.5min；出租车离开乘车区需要时间为，离开时间与进入时间大致相同取1min

，，

因为，得到。



所以该司机应当选择空载返回市区。

**5.3问题3的求解**

如果设置k个上车点,即每批次、每车道各安排k辆车,乘客由１个队列按次序乘车,则在实际安全的条件下,所有车辆停稳后才能上客,在所安排的乘客全部上车后车辆依次启动、离开乘车区。

1. 当k=1及设置一个上车点时，每个车道安排1辆车，设每辆车从“蓄车池”到乘车区平均时间为；乘客上车平均时间为（上车平均约30s，搬运行李平均约30s）；出租车离开乘车区平均需时间为。所以两条并行车道一批次安排两辆车需要时间为：，所以运行效率（平均每辆车载客所需时间）为。
2. 当k>1及设置k个上车点时，则每个车道安排k辆车，设每辆车从“蓄车池”到乘车区平均时间为（）；乘客上车所需时间（）；出租车离开乘车区所需时间（）。所以一个批次安排2k辆车所需时间为：

，

因为在其中，且同时到达乘车区的车辆越多，相互影响越大。

由上可知，乘车区运行效率最高的方案为：



其中且

在求出S最小时，所对应的k值即为能设置的最佳上车点个数。

**5.4问题4的求解**

一辆正常载客返回城区的出租车的平均收益为,对于一辆载短途乘客的

出租车的平均收益为。如果该车经 时间后返回机场,并且需要等待t时间后“优先”载客,则可以设乘载非短途乘客,则要让这些同样在机场排队等待时间的出租车单位时间的收益尽量均衡,即要求其等待时间t应该满足:

 (),

根据所求机场的实际情况,可得出确定的,,,和的具体数值,则可以求解出相应的值．即对于一辆短途的出租车来说,只要载客离开并在 时间内返回,只需要等待时间即可“优先”载客,根据机场的具体情况确定合适的和．

由此种方法可以得出机场短途载客出租车能够与长途载客出租车达到收益基本均衡所需要的返回时间和“优先”载客要等待的时间

**六、模型优缺点及其改进**

优点：1.可以直观的看到出租车排队模型对出租车司机的选择的影响。

2.对解决大多数收益问题都有提供一定帮助。

缺点：1.无法考虑到多种不确定因素，例如天气影响、节假日航班增多对该模型的影响。

2.未考虑乘坐一辆车的人数对司机利润的影响。

3.所熟悉的数学知识较少，无法使用精确度更高、更精细算法方法来计算。

**七、参考文献：**

(韩中庚 2020)

韩中庚 (2020). "机场出租车问题的数学模型 %J 数学建模及其应用." **9**(01): 49-56.

针对2019年全国大学生数学建模竞赛的C题——机场的出租车问题,首先介绍了问题的实际背景和问题的提法;然后根据实际问题分别建立了机场出租车司机的选择模型、上车点的设置模型和短途载客返回出租车的优先方案模型,并给出了模型的求解结果;最后对竞赛论文的总体情况做了点评分析.