队号

**2020年《数学建模2》课程论文**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **参赛队号** |  | | |
| **队员**  **姓名** | **1.叶杨** | **学**  **号** | **201910412125** |
| **2.黄旭** | **201910412107** |
| **3.张煜** | **201910412129** |

关于机场出租车问题研究

摘要

本文主要针对机场出租车决策问题，涉及多个因素，如进出港航班数和出租车日常收益等。目标是得出最优收益决策和上车点个数。通过建模分析主要解决了以下三个问题：

(1)通过以出租车单位时间收益为标准建立了机场出租车前往蓄车池排队载客和空载返回市区的收益模型，得出不同时段的最优决策。

(2)在以保证乘客和车辆安全的前提下，建立关于乘车点个数对一批出租车从进入乘车区到载客离开乘车区的平均时间的模型，得到最佳上车点个数。

(3) 根据问题1得出的模型，通过研究出租车的单位时间收益与载客路程的长短之间的关系，短途采用直接进入乘车区进行载客以增加单位时间收益，建立相关模型以判断短途出租车回程后是否能够直接进入乘车区接客以平衡长短途时出租车的单位时间收益。

目录

[一、 问题的重述 3](#_Toc58759212)

[1.1 问题由来 3](#_Toc58759213)

[1.2 问题要求 3](#_Toc58759214)

[二、问题的假设 3](#_Toc58759215)

[三、符号说明 4](#_Toc58759216)

[四、问题的分析 4](#_Toc58759217)

[4.1 对问题1的数学化描述与分析 4](#_Toc58759218)

[4.2 对问题2的数学化描述与分析 4](#_Toc58759219)

[4.3 对问题3的数学化描述与分析 4](#_Toc58759220)

[4.4 对问题4的数学化描述与分析 5](#_Toc58759221)

[五、模型的建立与求解 5](#_Toc58759222)

[5.1 问题1的分析与求解[1] 5](#_Toc58759223)

[5.2 问题2的分析及求解 7](#_Toc58759224)

[5.3 问题3的分析及求解 [1] 9](#_Toc58759225)

[5.3 问题4的分析及求解 10](#_Toc58759226)

[六、模型优缺点及其改进 10](#_Toc58759227)

[七、参考文献 10](#_Toc58759228)

1. 问题的重述

1.1 问题由来

随着我国人口的增长，城市人口迎来激增，同时引起城市飞机航班人次的增多，使得机场成为重要的交通枢纽，但由于飞机的起飞和降落对周边环境要求高，噪声大，容易对周边居民产生影响，所以机场大部分都是建立在远离市区的地方。因此出租车作为机场人流的出入选择之一，送客去机场都是很多出租车司机都会面临的工作线路，而将乘客送入机场后，出租车司机会面临两个选择：

(A)前往到达区排队等待载客返回市区。

(B)直接放空返回市区拉客。

1.2 问题要求

问题1:研究影响司机决策的因素、司机收入与乘客数量变化的规律,为司机提供相应选择策略。

问题2:根据问题1的模型给出国内成都机场出租车司机决策方案。

问题3:在机场拥有两条并行车道,分别对经常出现的乘客排队乘车和出租车排队载客的情况，帮助管理部门提供设置上车点方案，保证乘客乘车效率最高。

问题4:假设出租车的收益受载客行驶里程影响，乘客到达目的地远近不同，出租车允许往返载客但不可选择乘客也不能拒载。有关部门对短途载客返回的出租车给予一定优先权，试提出“优先”安排方案，使长短途出租车收益平衡。

二、问题的假设

1、出租车运行期间平均速度不发生变化，即交通情况稳定

2、机场航班情况稳定，不会出现大幅度变化

3、出租车工作时间、收益稳定

4、航班乘客人数以及乘坐出租车的人数稳定

5、假设蓄车池容量不受限制

6、假定乘客从机场到市区各位置的概率均等

三、符号说明

：出租车空载返回的基本成本

：出租车空载返回市区的路程

：载客收益

：载客每公里收益

：路程

：出租车行驶的平均速度

：时间时机场乘坐出租车的人数比例

：时间每个航班的载客数量

：时间机场的进港航班数

：时间机场的出港航班数

：第辆车从蓄车池排队到载客离开的时间

：出租车载客产生收益的时间

：出租车在市区正常工作一天单位时间的收益

：出租车司机做决策后的单位时间收益

：乘车区车辆之间的影响

：每条道路上的乘车点个数

四、问题的分析

4.1 对问题1的数学化描述与分析

对问题1，为得出决策的影响因素，以出租车司机的单位时间收益为标准来做出决策过程。以下有两种方案：

(1)假设选择排队等待载客，通过排队车辆、机场航班等因素而造成的等候时间成本，结合载客回市区所得的收益得出司机最后所得单位时间收益；

(2)假设空载返回市区，将空载的损耗作为成本，然后估计空载返回后在市区所得的收益，最后可得出此决策的单位时间收益。

比较两种决策的单位时间收益，得出对收益的影响因素：排队车辆数、返回时间、空载返回成本、载客利润以及市区收益。建立不同决策下单位时间收益的目标函数。

4.2 对问题2的数学化描述与分析

对问题2，通过互联网查询得到成都机场一天的航班数量、出租车收益计算标准。根据比例估算得到时段内到达机场出租车数量以及需要出租车数量，使用问题1模型得出一天内每个时段出租车的不同决策的不同收益，通过比较得出最优决策方案。

4.3 对问题3的数学化描述与分析

对问题3**，**在保证车辆和乘客安全的条件下，使得总的乘车效率最高，即得出每辆车从进入乘车区到离开所需的平均时间最少，但每个乘车区的上车点不能过多。

考虑每辆出租车从乘车区到上车点的时间和乘客上车到出租车离开的时间在保证安全的情况下受到乘车区中车辆数的影响，得出每辆出租车从进入乘车区到离开乘车区所用的平均时间，选取平均时间最少的一组，得出最佳乘车点的个数。

4.4 对问题4的数学化描述与分析

根据由问题1得出的模型1假设，出租车的平均速度为一定值，通过查询信息得出出租车的单位时间收益与载客路程的长短之间的关系，对于长途具有单程回空补贴使得单位时间收益增大，短途采用直接进入乘车区进行载客以增加单位时间收益，由此建立相关模型以判断短途出租车回程后是否能够直接进入乘车区接客以平衡长短途时出租车的单位时间收益。得出短途车载客距离的多少能够直接返回乘车区进行载客。

五、模型的建立与求解

5.1 问题1的分析与求解[1]

1、出租车空载返回的油耗费,即空载返回的基本成本为.

载客收益由起步价和组成,为每公里收益,为路程，为基价公里数.即

所需要的时间为 .

2、机场乘客量

设机场乘坐出租车的人数正常时段是均匀分布,早晚时段与正常时段乘坐出租车的人数比例不同，机场乘坐出租车的平均人数比例为

时段每个航班的载客数量为

机场的航班数量为

时段可能乘坐出租车的人数为

t时段需要乘坐出租车的乘客数量为

3、出租车的到达数量

假设到达机场的出租车车辆数为,到达机场的车辆数与航班有关,早上赶早班飞机的和中午和傍晚赶飞机的较多，具体的数值会与机场出港的航班有关.即  
因为早晚时间段乘坐飞机的人数较少，故取

4、出租车的服务时间

若有两条并行车道,两车道都存在一个上车点 ,每一个上车点上车到车离开上车点的时间为,从蓄车池到上车点的时间为,则在蓄车池中第1辆出租车从排队到客人上车然后车离开的时间是  
第辆出租车从排队到客人上车然后车离开的时间是

5、出租车的正常收益

假定出租车正常运营一天单位时间的收益为

出租车空载返回市区的时间为，其中为出租车的平均速度，为机场到市区的距离。

6、决策

①若选择返回市区的单位时间收益为：

②仅当时，若选择进入蓄车池排队的收益为：

因此出租车司机选择决策的准则(即比较空载返回成本和等待时间成本的关系)为

当时,则应选择空载返回市区;

当时,则应选择排队等待载客;

当时,则可以随意选择,即等待载客和空载返回效果相同．

5.2 问题2的分析及求解 [1]

收集得到成都一天的出港情况和入港情况如图1

图 1

得到的出租车收益成都市中心城区出租车租价标准如表1所示

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 车辆档次及收费情况 | 第三档次 | 第二档次 |
| 车型 | 爱丽舍、捷达及1.6L速腾 | 1.4T、2.0L速腾 |
| 基本租价 | 8元 | 9元 |
| 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 | |
| 超过单程回空里程可在表计价格外再加收不超过50%的回空补贴作为最终结算价格。 | | |

表格 1

(1)如果取正常时间段(6:00-22:00)的乘坐出租车人数的平均值k为,其他时段乘坐出租车的人数平均值k为．则可以得到全天的出租车乘客比例  
从而可以得到相应的需要乘坐出租车的人数

(2)机场到市中心区的距离大约为18公里，到市区的距离大约为公里，即机场出租车载客从机场到市区的距离服从均匀分布,,.出租车空载回市区的基本成本约为.

(3)该机场有两个乘车区，每个乘车区有两条车道，每条车道有一个乘车点，即两个乘车点.

(4)道路上平均速度,正常行驶时间为

(5)决策

①若选择返回市区的单位时间收益为：

②仅当时，选择进入蓄车池排队的收益为：

若,方案②的时间成本太大。

即当时，判断

理论上乘坐出租车的人数需要的出租车数为

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 需要车数 |  | 需要车数 |  | 需要车数 |  | 需要车数 |
| 0 | 2080 | 6 | 60 | 12 | 1410 | 18 | 1980 |
| 1 | 1700 | 7 | 80 | 13 | 1560 | 19 | 1230 |
| 2 | 220 | 8 | 160 | 14 | 2160 | 20 | 1890 |
| 3 | 60 | 9 | 880 | 15 | 1380 | 21 | 1350 |
| 4 | 40 | 10 | 2250 | 16 | 1530 | 22 | 1290 |
| 5 | 20 | 11 | 1650 | 17 | 2160 | 23 | 1300 |

表格 2

根据出港航班数估算得到的到达出租车数为

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 到达车数 |  | 到达车数 |  | 到达车数 |  | 到达车数 |
| 0 | 20 | 6 | 1170 | 12 | 1080 | 18 | 490 |
| 1 | 20 | 7 | 1110 | 13 | 930 | 19 | 610 |
| 2 | 20 | 8 | 1140 | 14 | 690 | 20 | 370 |
| 3 | 40 | 9 | 645 | 15 | 675 | 21 | 470 |
| 4 | 10 | 10 | 840 | 16 | 795 | 22 | 230 |
| 5 | 110 | 11 | 1080 | 17 | 630 | 23 | 110 |

表格 3

得到的方案决策如下表所示

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | 决策 |  |  | 决策 |  |  | 决策 |
| 0 | -38.40 | 决策② | 8 |  | 决策① | 16 | 47.62 | 决策① |
| 1 | -38.40 | 决策② | 9 | 27.09 | 决策① | 17 | 47.02 | 决策① |
| 2 | -38.40 | 决策② | 10 | 47.75 | 决策① | 18 | 46.20 | 决策① |
| 3 | -22.27 | 决策② | 11 | 48.24 | 决策① | 19 | 46.93 | 决策① |
| 4 | -54.53 | 决策② | 12 | 48.24 | 决策① | 20 | 45.04 | 决策① |
| 5 |  | 决策① | 13 | 47.96 | 决策① | 21 | 26.05 | 决策① |
| 6 |  | 决策① | 14 | 47.27 | 决策① | 22 | 22.26 | 决策① |
| 7 |  | 决策① | 15 | 47.21 | 决策① | 23 | -4.89 | 决策② |

表格 4

可得到出租车的判断与进出港航班数、到达时间有关

5.3 问题3的分析及求解 [1]

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,即出租车载客离开乘车区的车辆所需平均时间最少．由于车辆和乘客的相互影响,则所需要的时间会比１个上车点的情况有所增加．

若两车道都存在一个上车点 ,每一个上车点上车的时间为,从蓄车池到上车点的时间然后车离开为,则在蓄车池中第1辆出租车从排队到客人上车然后车离开的时间是 .

第辆出租车从排队到客人上车然后车离开的时间是

在通常情况下,同时到达乘车区的车辆越多,会产生相互的影响,在保证安全的条件下,从相互影响的效果来确定其取值。表示乘车区车辆之间的影响.假定,.

若每条车道存在个上车点,其他不变则在蓄车池中第辆出租车从排队到客人上车的时间是

考虑到机场的实际情况,通常乘车区的空间是有限的,为此设立上车点数不会太多,即值不会太大.于是在保证安全的条件下,应取使乘车区运行效率最高的方案,即,

假定一辆车从蓄车池到上车点需要时间,乘客上车和离开乘车区的时间.则每批出租车从蓄车池到载客离开所需要的平均时间

1、时，.

2、时，.

3、时，s.

4、时，.

5、时，.

由此可知,当时,即每条车道设置３个上车点,乘车区的运行效率最高.

5.3 问题4的分析及求解

根据模型1假设，出租车的平均速度为一定值，通过研究出租车的单位时间收益与载客路程的长短之间的关系，对于长途具有单程回空补贴使得单位时间收益增大，短途采用直接进入乘车区进行载客以增加单位时间收益，建立相关模型以判断短途出租车回程后是否能够直接进入乘车区接客以平衡长短途时出租车的单位时间收益。

出租车在机场排队接客的单位时间收益,根据成都市出租车价格表，路程超过10KM可加收不超过总价的50%作为回空补贴，即小于的以为单位时间收益，大于等于的以为单位时间收益。

在时，出租车单位时间收益

在时，出租车单位时间收益

因短途返回为空载，所以真实单位时间收益

假设在路程在某一定值时，即不用重新排队就能进入乘车区进行载客，第二次载客为平均路程,则

当时，即

解得近似解为,即得到：当时，出租车可完成载客后回到乘车区不用排队直接进行载客以达到平衡长短途出租车收益相近的目标。

六、模型优缺点及其改进

我们建立了到达机场出租车关于前往蓄车池排队等待载客返回市区与空载返回市区的决策模型，通过分析，清楚地展现了收益与航班数量、需要坐出租车的乘客之间的关系。在计算乘客乘坐出租车时，我们考虑了其他交通工具如地铁、公交、私家车等对于乘客的影响，得出了选择出租车的乘客比例。本模型通过实际收集的数据的基础上，得出了出租车司机做出选择的具体方案，为该模型提供了数据验证。

模型缺点：出租车排队时间的准确度不够，在对于出租车返回市区的行驶路程使用了平均值作为判断所用的值，没有考虑到出租车返回市区的准确路程，在许多其他不确定因素的影响下做了简化处理，模型的准确度低。

模型改进：可以在出租车排队时间过程中进行方法的改进，使得时间成本更为准确。并且在收集更多数据时考虑航班班次的人数、细化各时间段选择坐出租车的乘客人数。

七、参考文献

1. 韩中庚, *机场出租车问题的数学模型.* 数学建模及其应用, 2020. **9**(1).