队号

**2020年《数学建模2》课程论文**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **参赛队号** |  | | |
| **队员**  **姓名** | **1.梁瀚** | **学**  **号** | **201910412110** |
| **2.刘英杰** | **201910412111** |
| **3.唐亿佳** | **201910412116** |

关于机场的出租车问题研究

摘要

随着经济发展，飞机逐渐成为了人们的主要交通工具之一，而出租车则是机场乘客去往市区及其周边的主要交通工具。机场的乘客数量的变化与出租车司机的收益，影响着出租车做出的决策。我们通过建模主要分析了解决了以下四个问题。

（1）我们通过我们建立了机场出租车关于前往“排队区”排队等待载客返回市区与空载返回市区的决策模型，通过比较方案（A）的时间成本与方案(B)的油耗费、损失的乘客收益，给司机提供了合理的解决方案。

（2）我们通过收集成都双流机场的航班入港数据和成都出租车价格数据，为第一问，建立的决策模型提供了具体优化方案，同时也验证了该模型。

（3）我们通过收集的数据以及在保证车辆和乘客安全的条件下，通过合理的假设推理得出了，使乘车区效率最高的乘车点的个数。

（4）在收集的数据的前提下，我们通过定性分析得出出租车收益均衡的“优先方案”。

最后根据建模的结果，我们对自己的模型进行相关的评价，并完成了报告。

**目录**

[一、问题的重述 3](#_Toc336010301)

[1.1 问题由来 3](#_Toc336010302)

[1.2 问题要求 3](#_Toc336010303)

[1.3 问题的提出 3](#_Toc336010304)

[二、问题的假设 3](#_Toc336010305)

[三、符号说明 3](#_Toc336010306)

[四、问题的分析 4](#_Toc336010307)

[五、模型的建立与求解 5](#_Toc336010308)

[5.1 问题1的分析与求解 5](#_Toc336010309)

[5.2 问题2的分析及求解 6](#_Toc336010310)

[5.3问题3，4的求解 8](#_Toc336010311)

[六、模型优缺点及其改进 10](#_Toc336010312)

**一、问题的重述**

**1.1 问题由来**

随着经济水平的提高，人们的出行方式越来越多元化。由于飞机的便捷、迅速、飞行时间短等特性，飞机成为了人们主要出行工具之一。出租车的快捷、灵活迅速，为机场的客流分散做出了重要的贡献，也为旅客们提供了方便。出租车在载客选择时，用不同的方式接客时有着不同的经济效益。因此出租车司机需要选择接送机场旅客返回市区还是直接放空返回市区。

**1.2 问题要求**

到达机场的司机面临着（A）前往排队区排队等待载客返回市区（B）直接放空返回市区拉客。因此我们需要通过研究司机决策相关的因素，考虑机场乘客的变化规律和司机的经济效益来为司机提供选择策略；在提供给予司机选择策略的同时，我们需要收集实际现有的数据给出真实有效的可行方案，并为我们的方案提供合理性以及分析相关因素的依赖性；为了让总的乘车效率最高，在我们机场的乘车区需要提供出租车上车地点的设置方案；为了让乘客快速上车以及平衡出租车的经济收益,我们给予了短途出租车的“优先权”，需要提供可行的“优先”方案。

**1.3 问题的提出**

**二、问题的假设**

（1）假定机场每一趟航班的载客量均同。

（2）机场航班进港不受天气、节假日的影响。

（3）在问题1中司机做出决策时，不考虑其他人为因素的影响。

（4）在问题2中我们可以定性的考虑司机返回市区的行驶路程一定和根据其他交通工具的影响假定两个时段对于乘出租车的人数比例。

（5）在问题3中我们分析认为乘客按照次序排成一列进行上车。

**三、符号说明**

:油耗费用

：每公里的油耗费

：出租车行驶路程

：损失的乘客收益

：出租车的起步价

：每公里数的计价费

：等待的时间成本

：单位时间段的收益

：单位时间段的等待时长

：各个时段坐出租车的乘客数量占各时段总乘客的数量比例

：航班数量

：每趟航班人数

：乘客数量

：每一位的乘客上车所需时间

：出租车最短等待时间

：出租车最长等待时间

：有一个乘车点时每辆车在乘车区花费的时间

：有两个乘车点时每辆车在乘车区花费的时间

：有k个乘车点时每辆车在乘车区花费的时间

：长途行车时间

：短途行车时间

：长途行车收益

：短途行车收益

**四、问题的分析**

4.1**对问题1的数学化描述与分析**

在问题1中我们通过分析认为出租车司机做出决策的关键在于两个方案的成本高低，方案（A）在于时间成本，方案（B）在于油耗费与损失的乘客收益的成本。因此对于方案（A）的时间成本我们引入了如下的关系表达式：

而对于方案（B）的成本我们油耗费与行驶公里的表达式和乘客收益的表达式：

然后通过Y与的比较做出选择，让司机的经济效益最大化。

4.2**对问题2的数学化描述与分析**

在问题1建立的决策模型的基础上，我们收集了成都双流机场的航班信息和成都市区出租车计价信息。我们通过实际数据与问题1的决策模型相互结合，给出了关于成都的出租车司机选择空载返回市区和前往乘车区等待载客返回市区的优化方案。同时我们根据得出方案进行了相关的合理性分析和对于参数的依赖性分析。

4.3**对问题3的数学化描述与分析**

为了机场“乘车区”两条行车道在保证车辆和乘客的安全的条件下，让乘车效率最高，由于上车点的个数是一个不确定的量，所以我们在实际数据的基础上我们通过假定和推理法来对上车点的个数进行推敲，并根据相关的数据来进行实际确定具体的个数，这样保证了在不同环境下都能让乘车效率达到最高。

4.3**对问题4的数学化描述与分析**

对于问题4，机场出租车收益与出租车的载客距离有关，乘客的目的地有远有近，且出租车不允许拒载乘客，所以要想使得收益均衡，短程出租车司机必须返程而且“优先” 载客。所以我们抓住“收益均衡”，通过假设法建立一个收益均衡的等式，使得短途出租车司机与远程出租车司机在该段时间内能够收益均衡。

**五、模型的建立与求解**

**5.1 问题1的分析与求解**

在上文模型假设的基础上，我们认为影响出租车司机决策的关键点在于选择(A)方案和选择（B）方案的经济成本的高低。其中选择（A）方案的主要在于出租车在等待时间上的时间成本Y，选择(B)方案的主要在于空载返回的油耗费用a和损失的乘客收益。这不难表明如果，司机会选择直放空返回市区；如果,，司机会前往排队去等待载乘客返回市区；如果，司机会随意选择。对于时间成本Y影响的因素在于乘车区里面出租车数量的多少和需要乘坐出租车的乘客数量的多少，其中乘客数量的多少取决于航班数量的多少；对于损失乘客的收益的影响因素在于机场与乘客目的距离和每公里数出租车计时的单价。[1, 2]

（1）我们通过出租车每公里的油耗费和出租车行驶路程可以得出油耗的费用：

（2）损失的乘客收益主要有出租车的起步价和每公里数的计价费以及出租车的行驶路程构成：

（3）出租车司机等待的时间成本应由单位时间段的收益和单位时间段的等待时长构成：

1. 在这里我们根据实际假定每个时段的收益函数如下：

根据各个时间短的收益结合单位时间段的等待时长就算出时间成本。[1]

②出租车的等待时间我们通过平均等待时长代替单位时间：

由于机场不同时间段，有着不同的航班数量和不同数量的乘客，由于22点后机场的地铁大巴停运则几乎所有的乘客需要坐出租车，我们假定各个时段坐出租车的乘客数量占各个时段总乘客的数量比例为：

其中航班数量，每趟航班人数为

乘客数量

假定乘车区有n个乘车点，每一位的乘客上车所需时间为，出租车排队等待的最短时间可以看作一位乘客的上车所需要的时间，而出租车排队等待的最长时间可以看作出租车等到一个乘车点最后一位乘客所需要的时间

则出租车最短等待时间为，最长时间

平均等待时间代替单位时间

（4）综合上文可以说明出租车司机的决策为：

当 时，司机选择空载返回市区；

当 时，司机选择前往乘车区等待乘客；

当 时，司机随意选择空载返回市区和乘车区等待乘客；[1] [2]

**5.2 问题2的分析及求解**

（1）通过成都双流机场官网获取航班进港资料如下：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时刻 | 进港班次 | 时刻 | 进港班次 | 时刻 | 进港班次 |
| 00:00-01:00 | 61 | 11:00-12:00 | 44 | 22:00-23:00 | 27 |
| 01:00-02:00 | 62 | 12:00-13:00 | 39 | 23:00-24:00 | 56 |
| 02:00-03:00 | 9 | 13:00-14:00 | 57 |  |  |
| 03:00-04:00 | 2 | 14:00-15:00 | 61 |  |  |
| 04:00-05:00 | 4 | 15:00-16:00 | 44 |  |  |
| 05:00-06:00 | 1 | 16:00-17:00 | 50 |  |  |
| 06:00-07:00 | 3 | 17:00-18:00 | 52 |  |  |
| 07:00-08:00 | 6 | 18:00-19:00 | 49 |  |  |
| 08:00-09:00 | 7 | 19:00-20:00 | 31 |  |  |
| 09:00-10:00 | 10 | 20:00-21:00 | 59 |  |  |
| 10:00-11:00 | 46 | 21:00-22:00 | 31 |  |  |

表-1 飞机进港班次表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 成都市中心城区出租车租价标价 | | |
|
| 车型档次 | 第三档次 | 第二档次 |
| 及收费标准 |
| 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 | |
| 夜间补贴 | 23:00-次日6:00 | |

表-2 成都市中心城区出租车租价标价

（2）通过表-1可以得出起步价=8元或者=9元，每公里数的计价费=1.9元。

我们以起步价=8元为标准，建立各时段的时间成本和双流机场到成都市中心所需的油料费和损失的乘客收益。我们通过查找资料得出双流机场到成都市中心的距离为19.7公里，即出租车行驶的路程=19.7公里。根据成都出租车的油耗标准，假定油耗0.5元/公里

（3）由以上可以得出方案（B）的成本为：

=49.3（元）

通过航班信息可得出各时间段对应的方案（A）的时间成本：

通过表达式

其假定各时段乘出租车人数的比例为

每趟航班人数=200，乘车点=3，乘客上车花费时间=30s

得出，如图：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 时间段 | 时间成本 | 时间段 | 时间成本 |
| 00:00-01:00 | 254.29 | 12:00-13:00 | 97.62 |
| 01:00-02:00 | 258.46 | 13:00-14:00 | 142.62 |
| 02:00-03:00 | 62.71 | 14:00-15:00 | 152.63 |
| 03:00-04:00 | 20.94 | 15:00-16:00 | 91.67 |
| 04:00-05:00 | 11.94 | 16:00-17:00 | 104.27 |
| 05:00-06:00 | 8.42 | 17:00-18:00 | 108.44 |
| 06:00-07:00 | 10.52 | 18:00-19:00 | 122.63 |
| 07:00-08:00 | 20.17 | 19:00-20:00 | 77.63 |
| 08:00-09:00 | 23.5 | 20:00-21:00 | 147.62 |
| 09:00-10:00 | 33.5 | 21:00-22:00 | 77.63 |
| 10:00-11:00 | 76.75 | 22:00-23:00 | 75.08 |
| 11:00-12:00 | 73.45 | 23:00-24:00 | 155.64 |

表-3 各时间段的时间成本

（4）通过方案（A）和方案（B）得出,在03:00-10:00时间段司机应选择前往“乘车区”载乘客返回市区，在其他时间段司机应选择空车返回市区。

通过实际信息对于模型进行验算比较，不难看看出这是符合实际的。在通过对于出租车的时间成本计算过程中对于引起成本变化的参数有着较强的依赖性，任何一个参数的变化都会引起时间成本发生较大的影响。

**5.3问题3，4的求解**

1）问题3的求解

为了让乘车效率达到最高，即可以理解为在单位时间里的乘客乘车效率达到最高。

在双乘车道的基础上，我们假定乘客按照次序排成一个队列。

1. 首先我们假定设置一个乘车点（每条车道各安排一辆车）：

出租车到达乘车区所需时间为：

乘客上车时间为：

乘客上车后离开乘车区时间为：

每辆车在乘车区花费的时间为：

1. 假定有两个乘车点（每条车道各安排两辆车）；

两辆出租车到达的时间为： ()

乘客上的时间为： ()

乘车上车后离开乘车区的时间为： ()

每辆车在乘车区花费的时间为：

1. 通过（1）（2）可知设置个乘车点：

出租车到达乘车区时间：

乘客上车的时间：

乘客离开乘车区时间：

每辆车在乘车区花费的时间为：

、在车辆越多的时候，影响越大，根据实际情况假定出：

在保证车辆和乘客的安全情况下，使得总的乘车效率最高，即表示每一辆出租车的在乘车区花费的时间应为最少：

在实际的基础上，一辆车到达时间需要180s，平均乘客上车时间为40s，离开乘车区时间为20s.

，

，

，

，

由此可知，设置3个乘车点，乘车区的效率最高，且符合实际。[1, 3]

2）关于问题4的求解

假设在某时间段内排队等待的出租车等待的时间长度都为.在正常情况下，对于一辆乘载了长途乘客返回市区的出租车,行驶时间为,收益为；而对于一辆乘载了短途乘客的出租车，行驶时间长度为（），收益为()，即需要经时间后返回机场，安排 “优先”方案如下。

对于一辆正常载客返回市区的出租车的平均收益为 ，而对于一辆载短途乘客的出租车的平均收益为 。如果该车经过时间后返回机场，并且需要等待时间后“优先”载客,不妨设乘载非短途乘客，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,即要求其等待时间应该满足：

因此我们可以假设从机场到市区的行驶时间为=35min,相关收益大概为=54元；而跑短途所行驶时间为=15min,相关收益大概为=20元，再假设排队等待的时间为=90min,由问题1、2数据公式可得到=40s,那么机场载客跑短途的出租车若能在30min内返回机场载客，则该出租车只需要等待40s就可以进行“优先”载客，如果载客跑长途返回市区，就可以与之前跑长途返回市区的出租车单位时间的收益基本均衡，这就与机场所实行的“优先”方案相符。[1]

**六、模型优缺点及其改进**

模型优点：

（1）我们建立了机场出租车关于前往“排队区”排队等待载客返回市区与空载返回市区的决策模型，通过对它的定性分析，清楚地展现了时间成本与航班数量，需要坐出租车的乘客之间的关系。

（2）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，为该模型提供了有力的依据支撑。

（3）在计算乘客乘坐出租车时，我们考虑了其他交通工具对于乘客的影响，定性分析出乘客的选择出租车的比例。

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给出了定值，没有考虑到出租车返回市区的实际路程，在其他不确定因素的影响下做了简化处理，让模型的准确度有所降低。

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。通过这两方面的改进，得到的结果会更加合理、准确。

**七、参考文献：**

1. 韩中庚, *机场出租车问题的数学模型.* 2020. **9**(01): p. 49-56.

2. 曾晓琳, et al., *基于排队论和蒙特卡洛算法的机场出租车司机决策问题.* 2020(14): p. 51-52+114.

3. 史逸兴, 殷丽, and 朱曙旸, *机场出租车乘车区设置研究.* 2020(12): p. 8-10.