

Study on Driver Decision and Management Optimization of Airport Taxi

Ruiqian Li, Yufei Cao, Zhipeng Liu

Xidian University, Xi'an Shaanxi
Email: liruiqian666@126.com

Received: Dec. 11th, 2019; accepted: Dec. 26th, 2019; published: Jan. 2nd, 2020

Abstract

In order to realize the scientific dispatching of airport taxis and balance the revenue of long-distance and short-distance taxis. According to the daily data released by the monitoring and operation center of CAAC, this paper establishes a prediction model of the passenger volume in the taxi storage pool of the airport. Furthermore, based on the psychology of taxi drivers, the paper establishes a deterministic decision-making model of whether drivers choose to wait or not. Concerning about the analysis of the dependence of the decision model, we find that the decision-making of night drivers is more dependent on the number of flights in the near period, while that of day drivers is more dependent on the number of taxis queuing in the car storage pool. Based on the objective programming model, a priority arrangement scheme for airport short-distance drivers is proposed. This scheme will improve the current situation of income difference between long and short-distance passengers and help short-distance passengers avoid the risk of being "rejected" and being treated unfairly.

Keywords

Deterministic Decision, Expected Revenue, Dependency Analysis, Goal Programming, Priority Right

机场出租车的司机决策与管理优化研究

李睿谦, 操雨霏, 刘志鹏

西安电子科技大学, 陕西 西安
Email: liruiqian666@126.com

收稿日期: 2019年12月11日; 录用日期: 2019年12月26日; 发布日期: 2020年1月2日

摘要

为实现机场出租车的科学调度，同时均衡长途载客与短途载客的出租车收益。论文依据民航局监控运行中心发布的日数据，建立了机场出租车乘车区客流量的预测模型。进一步基于出租车司机的决策心理，建立了司机选择是否等待的确定性决策模型。通过对决策模型的依赖性分析，可以发现：夜间司机的决策对临近时间段的航班数依赖性较大；白天司机的决策对蓄车池排队的出租车数依赖性较大。基于目标规划模型提出了针对机场短途载客司机的优先权安排方案。此方案将改善机场长短途载客的收入差异现状，帮助短途乘客规避被“挑客”的不公布待遇的风险。

关键词

确定性决策，期望收益，依赖性分析，目标规划，优先权

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

大多数乘客下飞机后要去市区或周边的目的地。作为主要交通工具之一的出租车是不二选择。如果乘客在下飞机后想“打车”，就要到指定的“乘车区”排队，按先后顺序乘车。而送客到机场的出租车司机也将会面临两个选择：一个选择是前往到达区指定的“蓄车池”排队等候，依“先来后到”排队进场载客返回市区；另一种是出租车司机直接放空返回市区拉客。这两种选择各有利弊：前者会产生一定的等待时间作为时间成本，而这段时间的长短取决于排队出租车和乘客的数量多少；后者使得出租车司机付出空载费用，也可能损失潜在的载客收益。通常司机的决策与其个人的经验判断有关，比如在某个季节与某时间段抵达航班的多少和可能乘客数量的多寡等。在实际中，还有很多影响出租车司机决策的确定和不确定因素，其关联关系各异，影响效果也不尽相同。

针对上述国内大部分机场存在的问题，以浦东机场为例，建立模型研究以下两个问题：

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) 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。如果给对某些短途载客再次返回的出租车给予一定的“优先权”，可以使得出租车的收益尽量均衡。本文试给出一个可行的“优先权”安排方案。

2. 问题的剖析与思路建立

2.1. 问题一的分析

问题一目的在于建立出租车司机选择决策模型，即确定决策系统的行动空间、状态空间与决策函数。首先需要分析司机的决策心理，并结合实际，确定影响司机决策的重要信息，如环境变量。其次按照司机决策的流程，分析司机决策的机理，这需要研究机场乘客人数的变化规律。在给出策略时，司机最主要的决策目标是使收益最大化，因而需要给出不同选择下的期望收益的表达式。选择策略的实质是选择

期望收益更大的方案。以上海浦东国际机场为例，将相关数据代入已经建立的通用决策模型中，可以得到上海浦东机场出租车司机的选择策略。对相关因素依赖性的分析考虑当只改变某一影响因素时，对司机决策结果影响程度。

2.2. 问题二的分析

问题二要求在出租车司机不能选择乘客和拒载的前提下，制定一个给予运载短途乘客的司机“优先权”的方案，且使得各出租车收益较均衡。试考虑建立一个收益均方差最小化的优化模型，使得在指定“优先权”方案下，各司机收益的均方差最小。同时，考虑到司机不可能多次反复获得优先权，应设定一个司机可以获得优先权次数的最大值。

2.3. 模型的假设

- 1) 假设出租车司机均为理性人，在知道不同方案预期收益时，会选择收益更大的方案。
- 2) 各出租车间的载人盈利情况相互独立，互不影响。
- 3) 忽略司机在蓄车池排队时低速移动的油耗费用。
- 4) 在某时间段抵达的航班数量和“蓄车池”里已有的车辆数是司机可观测到的确定信息。

2.4. 符号说明

为了便于模型的建立与过程的表述，有如下规定(见表 1)。

Table 1. The symbols

表 1. 符号

符号	说明
r_o	单位里程支出
r_i	单位里程收入
$n_p(t)$	t 分钟的客流量
$E(w_1)$	司机选择直接回市区载客的期望收益
$E(w_2)$	司机选择蓄车池排队等候的期望收益
p	出租车在市区的空载率

3. 出租车司机的决策方案

3.1. 决策系统与选择策略

当司机将乘客从市区载至机场送客区后，面临一个决策，决策的行动空间 A 包括两种行动，分别为：

$$\begin{cases} a_1 : \text{等待, 即前往蓄车池排队等候} \\ a_2 : \text{不等, 即从机场直接回到市区} \end{cases}$$

司机作出决策的目标是为了取得更大的收益，不同行动的收益即为决策的结果，收益函数即为决策函数。在一天之中，司机可能只进行一次决策，也可能作出多次这样的决策。本文中，认为司机的每一次决策相互独立，因此只对单一的一次决策作出研究，即认为目标的状态 s 始终为“盈利”。

记决策的行动空间为 A ，决策的状态空间为 Ω ，最终的决策函数为 F ，那么司机的决策系统可以表示为 (A, Ω, F) [1] [2]。

在这个决策系统中，司机作为决策者，需要凭借经验预测临近时间段的航班到达数量，并结合观测

到的在蓄车池排队的出租车数作出决策。这里的潜在乘客数和排队的出租车数是决策信息中的环境变量，记为 n_f 和 n_r 。环境变量是影响司机决策的相关因素。分析司机的心理，司机的决策过程满足如下流程图：

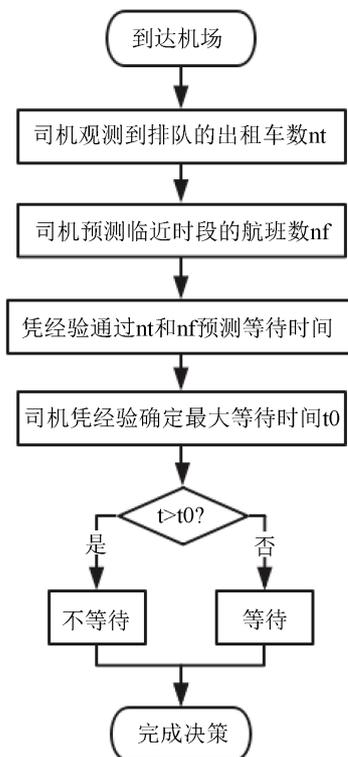


Figure 1. Driver decision flow chart
图 1. 司机决策的流程图

如图 1，司机的决策是通过比较预计等待时间和最大等待时间完成的。当司机到达机场后，首先可以直观观测到蓄车池内正在排队的出租车数；而一个经验丰富的司机，对机场某一时段的潜在乘客数也有经验上的估计。接下来，司机会预测行动 a_1 产生的排队等待时间。显然，排队的出租车数越多，潜在乘客数越小，司机需要等待的时间 t 越长。考虑到等待的时间成本，司机愿意花费在排队中的时间存在上界 t_0 ，如果司机预计的等待时间小于最大等待时间，司机会前往蓄车池排队；反之，司机会离开机场回到市区。可以看出，司机的决策很大程度上取决于自己的经验，为什么这种凭借经验的决策会是最优决策方案，将通过决策机理的分析给出说明。

3.2. 决策机理的分析

3.2.1. 等待时间的预测

等待时间的预测需要参考两个环境变量。对于航班班次的估计，要充分考虑时间因素的影响，比如机场的客流量在节假日或白天会高于工作日和夜晚。下图是依据民航局监控运行中心发布的《2017 年全国民航航班运行效率报告》[3]中统计数据作出的全国机场月度日均航班量柱状图。

从图 2 中可以看出，2017 下半年的日均航班量整体高于上半年。可以将上半年视作淡季，将下半年视作旺季。对于淡季和旺季的 24 小时客流量分布，民航出行数据研究中心发布了一组统计数据，统计数据表明：在旺季，无论白天还是黑夜，出行人数或者降落班次始终保持较高水平波动；而在淡季，24 小时的出行人数会存在突变，见下图。



Figure 2. Chart of number of passengers and number of flights with time
图 2. 出行人数及航班数随时间变化图

可以很容易观察到, 出行人数(航班数)随时间的变化趋势存在波动, 特别是在 7 点左右有明显的突变。设降落的航班数为时间 t 的函数 $n_f(t)$, 而出站客流量 $V(t)$ 与 $n_f(t)$ 有着近似的正比关系, 比例系数 α 的意义为每趟航班的载客人数, 因此有:

$$V(t) = \alpha n_f(t) \quad (1)$$

t 时刻出站的乘客中选择乘坐出租车前往市区的比例为 β , 可以得到前往乘车区的乘客数为 $\beta \alpha n_f(t)$ 。这部分人到达乘车区的时间分布为偏态分布, 那么可以得到乘车区的每分钟客流量 $n_p(t)$ 。假设乘车区的车数为 n_w , 每一批次乘车区的出租车运载的乘客数为 λn_w , λ 表示出租车的平均载客量, 这与乘客出行的结伴情况有关。机场出租车管理人员对出租车实行“分批定量”放行进入“乘车区”。那么需要等待的批次数为:

$$k = \left\lceil \frac{n_t}{n_w} \right\rceil + 1 \quad (2)$$

对于 k 个批次的出租车, 运载的乘客数约为 $k\lambda n_w$, 即有

$$\sum_{i=1}^n n_p(t_i) = \lambda k n_w \quad (3)$$

求解(3), 可以计算出运载 k 批次的乘客量所需的分钟数为 n 。每一批次的平均上车时间约为 0.5 分钟, 那么 $(n + 0.5)$ 即为出租车选择等待时排队的等待时间 T 。

3.2.2. 最大等待时间的给出

首先来分析行动 a_2 的收益。提取机场到市区的空间特征, 用图 3(a)来简化描述:

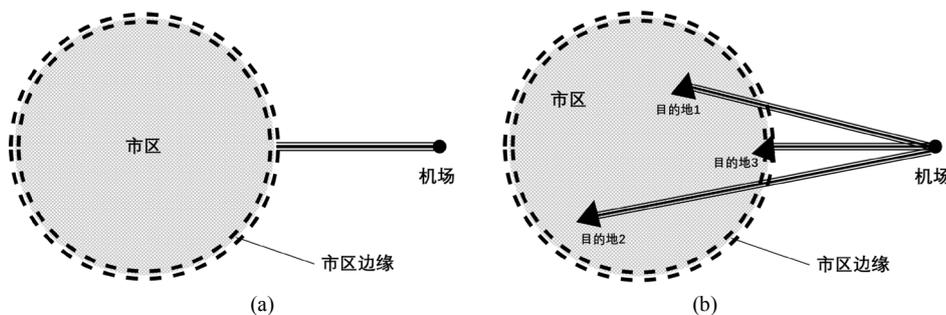


Figure 3. Spatial relationship between airport and urban area
图 3. 机场与市区的空间关系图

出租车从机场行驶到市区边缘这段路程的空载率为 100%，这段路程汽车的平均行驶速度为 v_a ，行驶时间为 t_a 。期间的收益为负值，此时的单位路程收益即为单位路程支出，主要来源于燃油消耗。这段时间的期望收益为：

$$E(w_{a2}) = -v_a t_a r_o \quad (4)$$

当出租车行驶到市区内部，其空载率为 $p(0 < p < 1)$ ，则其载到客人的概率为 $1 - p$ 。如果出租车在市区行驶的时间为 t_{c2} ，平均行驶速度为 v_c ，出租车的单位里程收益率为 r_i ，那么出租车在市区行驶的期望收益有：

$$E(w_{c2}) = (1 - p)r_i t_{c2} v_c - p r_o t_{c2} v_c \quad (5)$$

综上，行动 a_2 的全程期望收益

$$\begin{aligned} E(w_2) &= E(w_{a2}) + E(w_{c2}) \\ &= r_i [(1 - p)t_{c2} v_c] - r_o [p t_{c2} v_c + t_a v_a] \end{aligned} \quad (6)$$

下面分析行动 a_1 的收益。作出机场与市区的空间关系如图 3(b)所示。出租车从机场行驶到市区边缘，再从市区边缘行驶到目的地，这段路程始终在收益。其收益的期望值为：

$$E(w_{a1}) + E(w_{c1}) = r_i (t_a v_a + t_{c1} v_c) \quad (7)$$

司机如果选择等待整段路程的收益即约为：

$$E(w_1) = r_i (t_a v_a + t_{c1} v_c) \quad (8)$$

事实上，当目的地确定时，整段路程的收益还可以写成：

$$E(w_1) = r_i (s_1 + s_2) \quad (9)$$

其中， s_1 为市区边缘与机场之间的平均距离， s_2 为市区边缘到目的地之间的平均距离。不同的目的地远近不同，可以用 $(s_1 + s_2)$ 代替某一次的距离。这样，行动一的期望收益是一个不随时间变化的常量。

为了便于比较，考虑在相同的时间内不同行动的收益大小。以司机送客到机场出发区为初时刻，选取的时间区间为 $[0, t_{b1} + t_a + t_{c1}]$ 。零时刻之前和 $(t_{b1} + t_a + t_{c1})$ 时刻之后不同状态下的汽车收益情况相同。如表 2。

Table 2. Income at different stages
表 2. 不同阶段的收益情况

阶段	a_1	a_2
	载客情况(时长)	载客情况(时长)
蓄车池排队等待	排队(t_{b1})/损失	—
机场→市区边缘	载客(t_a)/收益	空载(t_a)/损失
市区边缘→目的地	载客(t_{c1})/收益	—
目的地→市区内部	—	不确定(t_{c2})/收益

注： $t_{b1} + t_a + t_{c1} = t_a + t_{c2}$ 。

这样，式(6)就可以写成：

$$\begin{aligned} E(w_2) &= r_i [(1 - p)(t_{b1} + t_{c1})v_c] - r_o [p(t_{b1} + t_{c1})v_c + t_a v_a] \\ &= [r_i v_c - v_c p(r_i + r_o)] t_{b1} + [r_i s_2 - r_o s_1 - p s_2 (r_i + r_o)] \end{aligned} \quad (10)$$

随着等待时间 t_{b1} 的延长, 行动 a_2 随时间呈现线性增长的趋势。当等待时间不同时, 两种收益的大小关系也随之变化。可以通过图象确定两种收益相等时的等待时间, 这个时间就是理论最大等待时间。而司机的经验最大等待时间是在多次实验中不断逼近的一个值, 与理论值基本接近。所以司机的决策可以帮助自己实现最大收益。

3.3. 适用于浦东机场的决策模型

3.3.1. 浦东机场司机的决策

从上海浦东机场的官网和相关研究资料[3] [4]中查找相应的数据, 并结合民航局运行监控中心发布的统计报告, 可以确定式(9)和式(10)中未知参数的值即函数的具体形式。

1) 每分钟客流量 $n_p(t)$

了解到, 上海浦东机场闲期降落的航班数随时间的分布如图 6 所示。假设每趟航班的载客人数 a 为 147 [3], 选择乘坐出租车前往市区的比例约为 30%, 可以得到不同时段的前往乘车区的乘客人数(见图 4)。

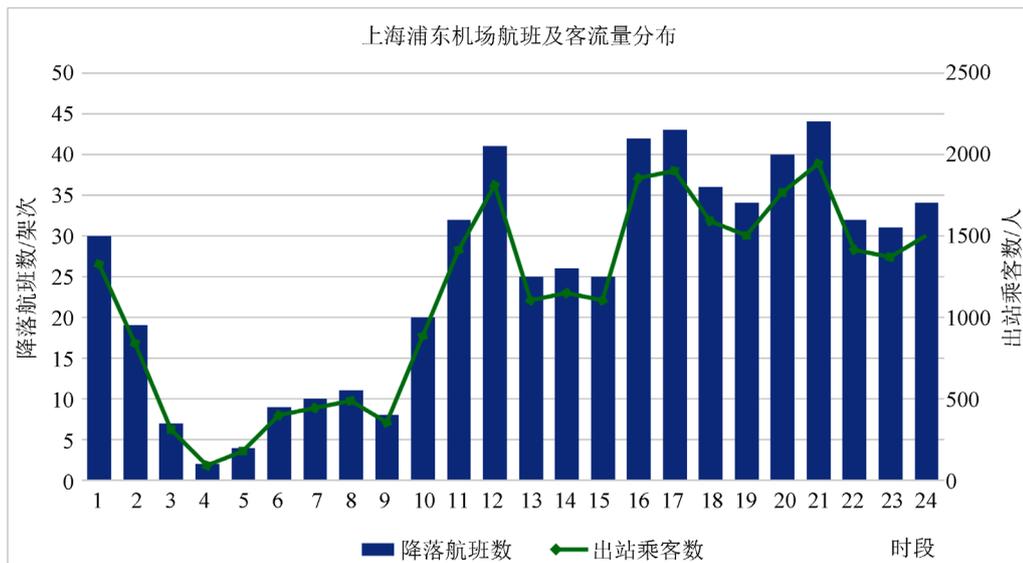


Figure 4. Number of inbound flights and outbound passengers per hour at Shanghai Pudong Airport
图 4. 上海浦东机场每小时进港航班数及出站乘客数

已经知道了机场每小时的出站乘客数, 现在要得到单位时间即每分钟的客流量。研究表明: 每一位乘客从飞机降落开始到达乘车区的时间满足正态分布; 如果只有一趟航班, 乘车区的客流量随时间服从双峰正态分布[5] (见图 5)。

沿时间轴正方向, 最先出现的峰值的主要刻画未携带行李的群体, 其次出现的峰值主要刻画了携带行李的群体。由于有无行李所经历的环节不同, 携带行李时需要等待行李, 因而携带行李时到达乘车区所需时间更久[6]。表 3 是从飞机降落开始滑行算起到乘客前往乘车区所需的时间。

Table 3. Schedule for passengers to travel to the load zone
表 3. 乘客前往乘车区所需时间表

是否携带行李	最大时间/分钟	最小时间/分钟	μ /分钟	σ
是	92	38	65	9
否	57	25	41	5.33

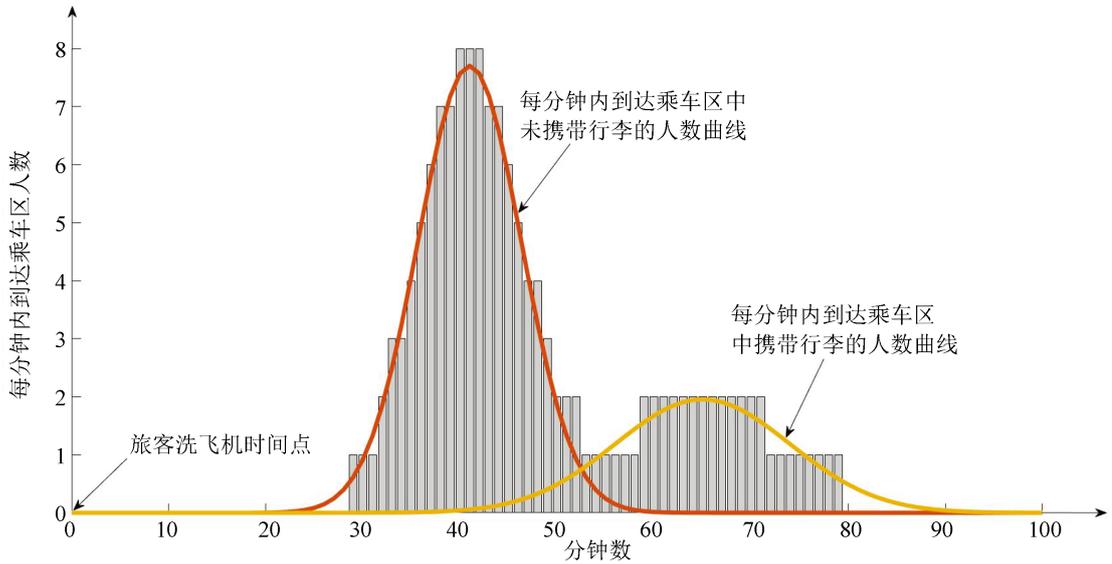


Figure 5. Distribution of passenger flow to time in load zone

图 5. 乘车区的客流量对时间的分布

每一趟航班的乘客到达乘车区的客流量都满足图 5 所示的分布，同时已知上海浦东机场每小时进港航班数及出站乘客数如图 4 所示，可以得到浦东机场出租车乘车区的每分钟客流量如图 6 所示。

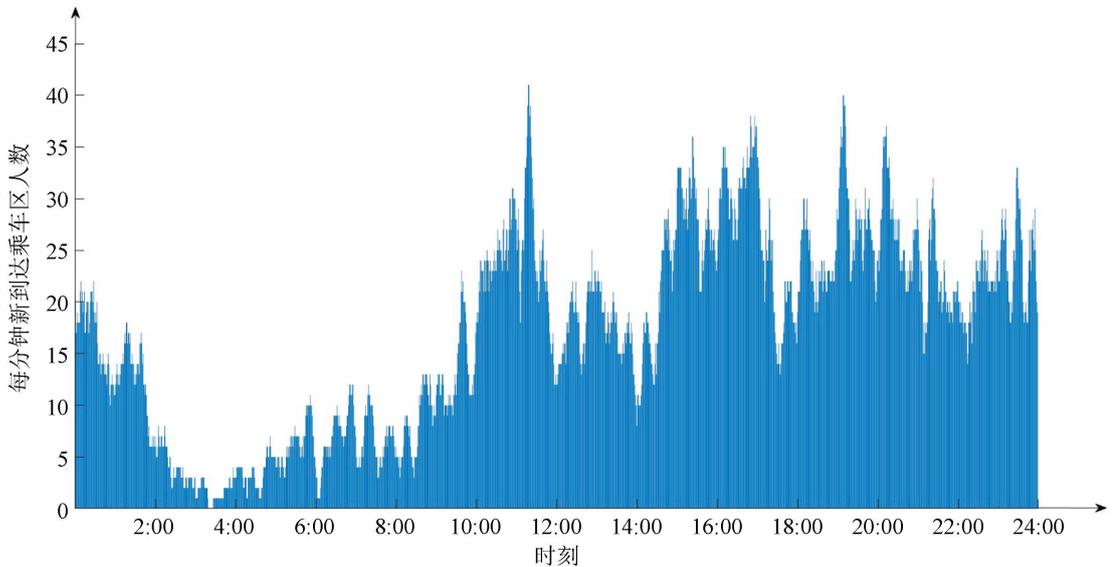


Figure 6. Passenger flow per minute in taxi area

图 6. 出租车乘车区每分钟客流量

2) 最大等待时间 T_{\max}

求解最大等待时间需要先求解不同行动下的收益。由式(9)和式(10)可知，选择行动 a_1 和 a_2 ，期望收益分别 $E(w_1)$ 和 $E(w_2)$ ，即：

$$\begin{cases} \text{选择行动} a_1 \text{的期望收益为} E(w_1) = r_i(s_1 + s_2) \\ \text{选择行动} a_2 \text{的期望收益为} E(w_2) = [r_i v_c - v_c p(r_i + r_o)] t_{b1} + [r_i s_2 - r_o s_1 - p s_2(r_i + r_o)] \end{cases}$$

通过访问浦东机场的官网和相关统计数据[7][8]，了解到相关参数取值如下(见表4)。

Table 4. Value of related parameters of expected return
表 4. 期望收益的相关参数取值

参数符号	符号意义	取值
r_i	单位里程收益	4.04 元/千米
r_o	单位里程成本	0.66 元/千米
v_c	市区运行平均速度	24.5 千米/小时
s_1	机场到市区边缘的平均里程	39.6 千米
s_2	市区边缘到目的地的平均里程	8.2 千米

根据式(9)和式(10)计算两种期望收益随等待时间延长的变化曲线如下图：

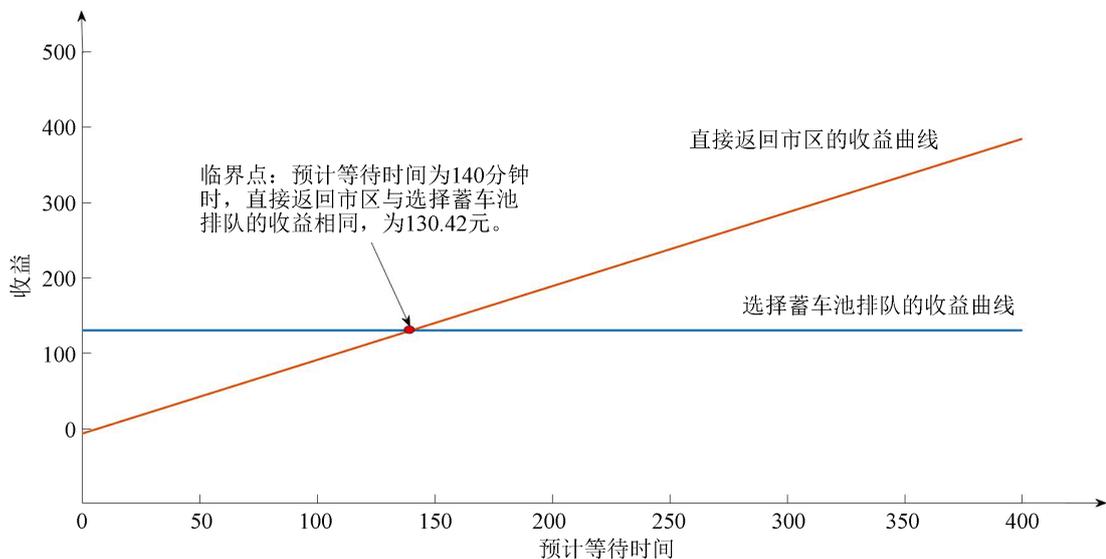


Figure 7. Yield curve of different actions
图 7. 不同行动的收益曲线

如图7所示，水平直线表示司机选择前往蓄车池排队等待时的期望收益，倾斜直线表示司机选择不等待回市区载客的期望收益。在临界点左侧，行动 a_1 的期望收益高于行动 a_2 的收益，因此建议司机选择等待；在临界点右侧，行动 a_1 的期望收益低于行动 a_2 的收益，因此建议司机选择不等待。司机的最大等待时间为140分钟。

3) 等待时间 T

在5.1给出了计算等待时间的具体方法。下面借助 Matlab 软件编程实现求解过程。算法的流程为：

- 第一步：选取汽车到达送客区的时间为初识时刻 t_1 ；
- 第二步：输入观测到的蓄车池车数 n_t 和乘车区每一批次的出租车数 n_w ；
- 第三步：计算决策者所在的批次数 k 和 k 批次的总载客量 $\lambda_k n_w$ ；
- 第四步：判断当前时刻到达的乘客数是否大于等于总载客量 $\lambda_k n_w$ ；
- 如果是，进行第六步，否则进行第五步；
- 第五步：时刻增加一分钟，返回第四步；

第六步：将当前时刻转化为分钟数 n ，等待时间 $T = n + 0.5k$ 。

按照以上算法流程编写程序。了解到，上海浦东机场的平均载客量约为 1.5 人/车，分别选取 2:00、10:00 和 15:00 作为初识时刻，每一批次的出租车数为 5，得到不同蓄车池车数下的等待时间如下：

Table 5. Waiting time of driver (unit: minute)

表 5. 司机的等待时间(单位：分钟)

	100 辆	200 辆	300 辆	400 辆	500 辆
2:00	132	247	323	404	464
10:00	34	64	94	122	141
15:00	31	56	83	105	126

如表 5 所示，即使蓄车池排队的车数相同，在不同的时间段，出租车需要等待的时间也不同。以 10:00 为例，给出司机的选择策略：

如果司机观测到蓄车池车数小于 500 辆，选择等待；否则离开。

3.3.2. 相关因素的依赖性分析

在决策系统 (A, Ω, F) 中，影响司机决策的主要因素是观测到的蓄车池排队的汽车数和临近时段的航班数。后者实际是通过航班数来预测客流量。由于飞机的运行时刻表在较长时间内不会更改，因此影响司机决策的主要因素是到达机场的时刻以及观测到的航班数。图 8 给出了一天不同时刻，蓄车池数量为 100 辆、200 辆或 300 辆时司机的等待时间。

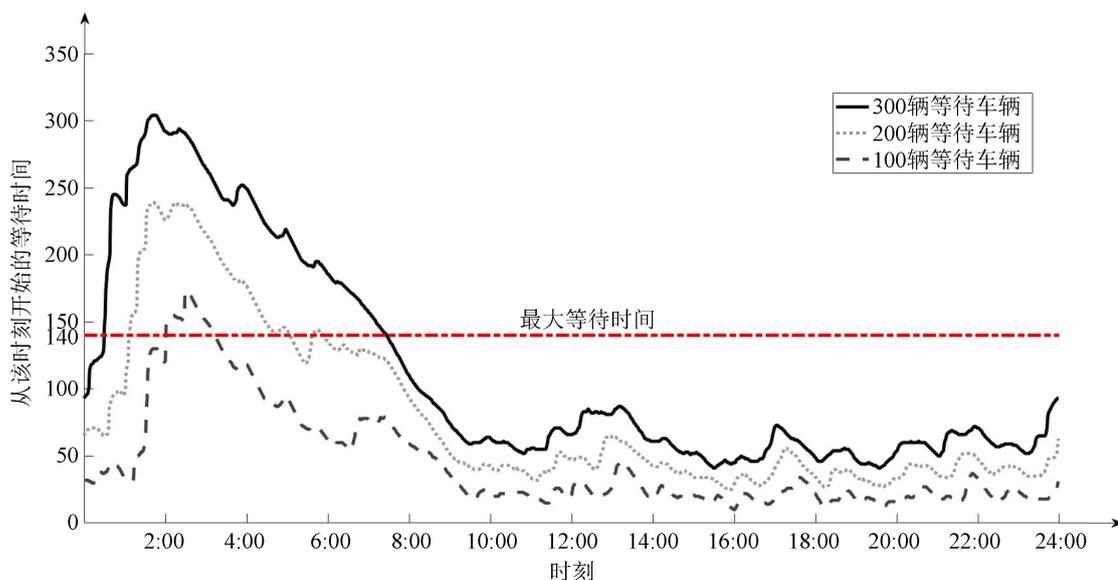


Figure 8. Waiting time chart of drivers at different times

图 8. 不同时刻司机的等待时间图

可以看出，白天司机的等待时间普遍较短，而夜晚的等待时间较长。在 9:00 之后，随着时间的推移，相同蓄车池数下司机的等待时间虽有变化，但波动幅度在 20 分钟之内，而同一时刻，司机的等待时间受蓄车池排队车数的影响较大。9:00 之前，司机的等待时间受时刻的影响较大。等待时间与最大等待时间 120 分钟的比较关系到司机的决策。因此可以定性的给出假设：夜间司机的决策对临近时段的航班数依

赖性较大；白天司机的决策对蓄车池排队的航班数依赖性较大。

4. 优先权分配方案

4.1. 模型的建立

当出租车司机选择前往蓄车池排队并驶离乘车区时，乘客的目的地到机场的距离可能较近，短途载客后返回机场如果重新排队，这种情况下司机花费了大量的时间在排队过程中，结果收益较低，导致总体上出租车的收益差距较大。为了均衡出租车的收益，对短途载客并选择返回机场的司机赋予一种“优先权”[9]，即：短途载客的出租车返回机场后不需再经过蓄车池排队，可直接行至乘车区载客。在优先权存在的背景下，短途载客的司机只需经历一次较长时间的等待就可以多次载客获得收益，这样就缩小了与长途载客司机收益的差距。

规定某次载客距离小于 $l(8 < l < 38)$ 的司机再次返回可以享受优先权，每名司机连续享有优先权的次数不得超过 5 次。考虑到出租车在市区的收益会更高，认为司机倾向于长途载客，一旦将乘客送往较远的目的地，司机不再返回，而在市区收益。显然， l 不仅是是否给予优先权的分界，也是司机是否会返回机场的分界。下面给出通过仿真实验求解 l 的方法。

为了使优先权的设置更具现实意义[10]，仍然选取上海浦东机场作为研究对象。出租车每次从机场载客出发到目的地间的距离为随机变量 X ，而随机变量 X 服从正态分布，且有 $X \sim (47, 159)$ 。可以按照这个概率分布随机生成出租车某次载客距离 x_i 。计算司机运行 M 公里时收益的算法流程如下：

第一步：生成一个 x_i 作为某辆出租车的一次载客距离，计算此时收益为 w ；

第二步：如果 $x_i < l$ ，司机返回，并享有优先权，进行第三步；否则司机不会返回，进行第五步；

第三步：判断司机已经享有的优先权次数是否大于 5，如果是，进行第五步；否则进行第四步；

第四步：再次生成该辆出租车一个载客距离 x_i ，计算当前累计的收益为 w ，返回第二步；

第五步：当前累计收益 w_a 与司机前往市区不返回的收益 w_b 之和为该辆出租车最终在机场载客的收益 W 。

通过计算机仿真实验实现这一过程，得到司机在机场和市区往返 n 次的收益 w_a 有：

$$w_a = (r_i - r_o) \sum_i^{n-1} x_i, n \leq 6. \quad (11)$$

司机在市区收益客距离 x_i 之间满足：

$$w_b = -r_o x_n + \left[\left(M - \sum_{i=1}^n x_i \right) (1-p)r_i - pr_o \right], \quad (12)$$

式(11)和式(12)中， r_o 和 r_i 的含义与表 1 相同，分别为单位里程的支出和收益； p 为司机在市区的空载率，取 0.3。如果 n 辆出租车在优先权存在的背景下收益分别为 w_1, w_2, \dots, w_n ，可以用均方差 S 衡量收益的均衡程度，即有：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(w_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \right)^2}{n-1}}. \quad (13)$$

如果使 l 的取值始终为整数，每辆出租车的收益 W_i 可以写成 $W(x_i, l)$ 。这样就得到了优先权安排的优化模型，决策变量为 l 。由于 l 的取值为有限个离散值，实际上得到了一个组合优化模型：

$$\min S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(W_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \right)^2}{n-1}} \quad (14)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} W_i = W(x_i, l) \\ 8 \leq l \leq 38, l \in N \\ X \sim N(47, 159) \end{cases}$$

4.2. 优先权安排方案

如果取 M 为 600; l 的初始值为 8, 步长为 1, 逐步搜索最优方案下的 l 。借助软件求解的结果为 $l = 37$ 。因此可以给出优先权的安排方案为:

- 1) 某次载客距离小于 l ($8 < l < 38$) 的司机再次返回可以享受优先权;
- 2) 每名司机连续享有优先权的次数不得超过 5 次;
- 3) 享有优先权的司机不需要再次排队。

5. 模型的优点

1) 模型的求解通过计算机仿真模拟进行, 推广性好, 且计算结果和模型的结论符合客观实际, 真实可靠。

2) 本文采用了控制变量的思想, 改变出租在蓄车池的排队时长, 求得在排队加载客总时间内的平均收益; 再求得同等时长内如果不等待到达市区的收益。比较此时两种决策收益大小进行决策, 原理直观, 最终建成的确定型决策模型可信度高。

3) 问题一中, 依照乘客从飞机落地到乘客出航站楼(到达出租上车区)各环节用时, 准确地以双峰正态分布的形式预测出了一架航班乘客在飞机落地后, 到达出租乘车区乘客数随时间的分布。依据一天的航班班次表将每班次出航站楼人数随时间的分布进行叠加, 可得到一天中各时刻内到达乘车区的乘客数。模拟精细。

4) 模型参数求解使用到的数据均为官方数据, 来源可信度高。

参考文献

- [1] 王玉民, 颜基义, 潘建均, 等. 决策系统的研究——决策系统模型的重构[J]. 中国软科学, 2018(7): 138-148.
- [2] 张春红, 王家宇, 田宇. 基于数学期望的决策模型[J]. 职业技术, 2014(9): 94-95.
- [3] 王志清. 2017 年全国民航航班运行效率报告[R]. 北京: 民航局运行监控中心, 2018: 5.
- [4] 民航出行数据研究中心. 2018 年中国民航散客出行报告[EB/OL]. <http://www.199it.com/archives/813672.html>, 2018-12-26/2019-09-15.
- [5] 徐鑫, 郭民之, 石峰利. 双峰数据分布的模拟[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2013, 33(2): 46-51.
- [6] 张泉峰. 首都机场接续运输协调保障技术研究[博士学位论文]. 四川: 电子科技大学, 2015.
- [7] 上海机场有限公司. 上海市出租车收费标准[EB/OL]. https://www.shanghaiairport.com/cn/jcit/index_53191.html, 2018-09-04/2019-09-15.
- [8] 上海机场有限公司. 浦东机场出租车里程及参考价格[EB/OL]. https://www.shanghaiairport.com/cn/jcit/index_53191.html, 2018-09-04/2019-09-15.
- [9] 王燕, 罗秀秀. 公共蓄车场服务质量测评——以上海浦东机场出租车蓄车场为例[J]. 经济管理, 2013, 35(8): 171-180.
- [10] 王行宾. 切实解决机场出租车乱象, 缓解乘车难[J]. 协商论坛, 2013(8): 30-31.