

基于蒙特卡洛模型的出租车上车点设置

陆颖俐, 陈泉静, 黄邦华, 张海波*

(台州学院 电子与信息工程学院, 浙江 临海 317000)

摘要:为了合理安排机场出租车和乘客放行,使得出租车乘车效率最高。根据机场的实际情况,主要分析探讨双排通行和单排通行这两种方案,研究机场出租车上车点设置问题。利用蒙特卡洛模型分别计算双排通行方案和单排通行方案中每辆出租车的服务时间,得到每种方案的通行能力并进行比较。通过比较得到,最优的上车点设计、出租车及乘客的放行安排为双排方案。

关键词:上车点设置;蒙特卡洛模型;拥堵系数

DOI:10.13853/j.cnki.issn.1672-3708.2020.03.004

0 引言

随着飞机行业的发展,越来越多的人在长途出行时选择乘坐飞机。到达机场后,再换乘出租车、公交车等其他陆上交通工具。近年来,飞机客座率不断上升,导致机场出现下飞机后乘客需进行长时间排队候车的情况,如何合理安排出租车上客点来提高乘客乘车效率成了亟待解决的问题。国内学者孙昊^[1]曾利用 NL 模型研究过机场旅客陆侧交通方式选择行为,柳伍生^[2]曾利用蒙特卡洛分析研究过交通枢纽出租车车道通行能力。

本文的研究问题和数据来源于 2019 年全国大学生数学建模竞赛 C 题。

1 问题描述与分析

假设某机场出租车乘车区有两条并行车道,在保证车辆和乘客安全的条件下,对上车点进行设置,并合理安排出租车和乘客的通行,使得总乘车效率最高。

在乘车区的两条并行车道中设置上车点,可有双排通行和单排通行两种设置方案。双排通行方案,即两排车道不仅均可上客,也可作为通行车道。单排通行方案,即内车道只作为上客车道,而外侧车道只作为通行车道。在具体模型建立及求解中,先通过蒙特卡洛仿真模拟^[3]分析单通行单车道模式中最优的上车点数量设置,以及出租车及乘客的放行安排,再通过相应模型调整即可得到其他通行方案的最佳安排情况。

1.1 蒙特卡洛模型

蒙特卡洛模型是一种以概率和统计理论方法为基础的随机模拟计算方法。通过将所求解的问题同一定的概率模型相联系,用电子计算机实现统计模拟或抽样,以获得问题的近似解。蒙特卡洛解题可归结为三个主要步骤:构造或描述概率过程;实现从已知概率分布抽样;建立各种估计量。

收稿日期:2020-01-22

作者简介:陆颖俐(1998—),女,浙江嘉兴人,2017级数学与应用数学(师范)专业本科生。通讯作者:张海波(1981—),男,浙江临海人,实验师,硕士,主要从事大数据应用研究。

1.2 双排方案

双排方案简化模型的示意图如图1所示,该方案只设置一个上车点,两个泊车位,两条通道均可载客,即同时有2辆出租车等候上客。当2辆车乘客均完成上车动作,管理人员同时放行2辆车,再安排蓄车池的2辆车进入乘车区。

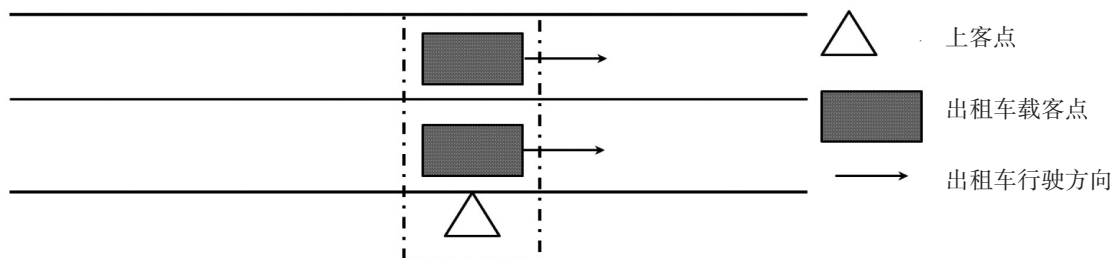


图1 双排方案简化模型

为得到一般规律,再对模型进行一般化处理,示意图如图2所示。

设定设置 n 个上车点,一排车道有 n 个泊车位,乘车区共 $2n$ 个泊车位,两排车道均可载客,也可作为通行车道,当 $2n$ 辆车乘客均完成上车动作,管理人员同时放行 $2n$ 辆车,再安排蓄车池的 $2n$ 辆车进入乘车区。

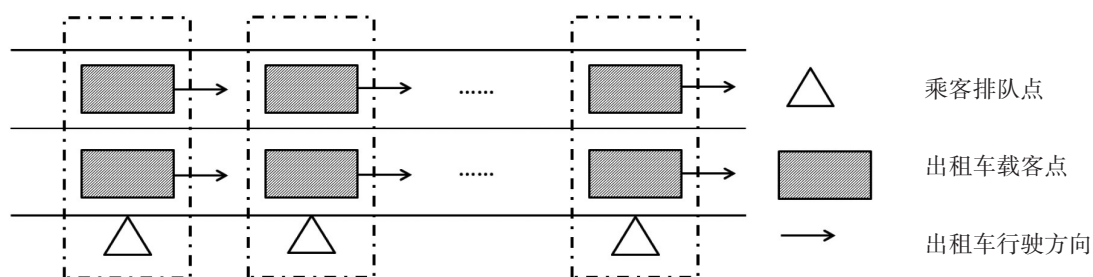


图2 双排方案模型

1.3 单排方案

单排方案的简化模型如图3所示。假设只有1个上车点,2个泊车位,只有1条通道可以载客,内车道单作为载客车道,外侧车道作为通行车道,即只有1辆出租车等候上客。当内侧车道中有车辆的乘客完成上车动作,车辆即可驶离载客车道,进入通行车道,对应通行车道的候补车辆进入上客车道继续载客,直到2辆车均驶离乘车区,管理人员可安排蓄车池的2辆车进入乘车区。

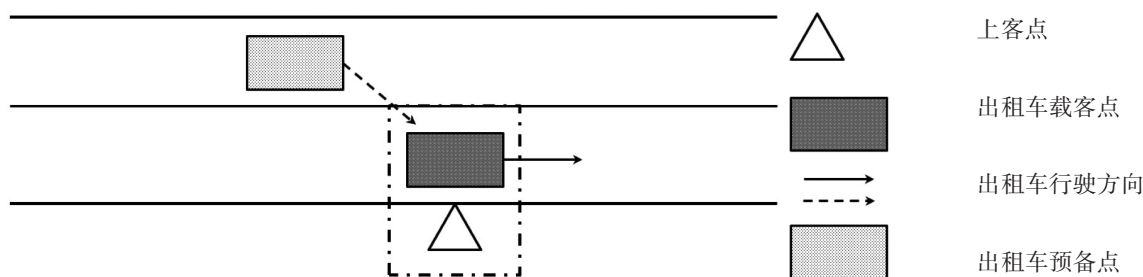


图3 单排方案简化模型

为得到一般规律,再对模型进行一般化处理,示意图如图4所示。

设定设置 n 个上车点,一排车道有 n 个泊车位,乘车区共 $2n$ 个泊车位,内车道单作为载客车道,外侧车道作为通行车道,当内侧车道中有车辆的乘客完成上车动作,车辆即可驶离载客车道,进入通行车道,对应通行车道的候补车辆进入上客车道继续载客,直到 $2n$ 辆车均驶离乘车区,管理人员可安排蓄车池的 $2n$ 辆车进入乘车区。

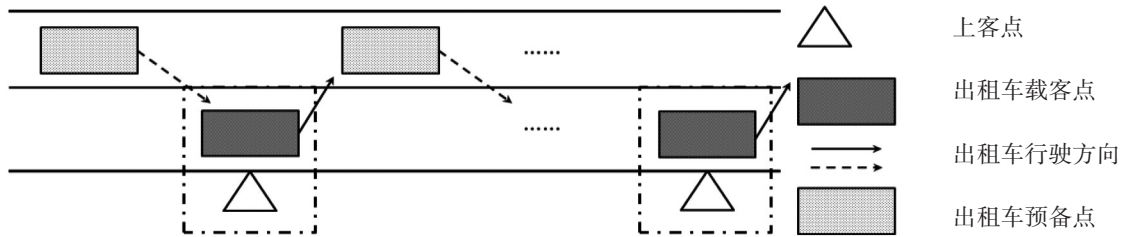


图4 单排方案模型

2 模型建立与求解

2.1 单通行单车道的模型

由于双排通行方案和单排通行方案的最基本组合单元是 n 个上车点对应 n 个泊车位的单通行单车道模式,因此可先简化为单通行单车道进行考虑。计算一排车位为 n 时,车辆从蓄车池到乘车区所用的时间 t_n 。通过分析可知 t_n 与车位长度 L 以及车辆从蓄车池驶入乘车区的平均速度 \bar{v} 相关,由此得到 t_n 的表达式为 $t_n = \frac{nL}{\bar{v}}$ 。

2.2 蒙特卡洛仿真模型

单通行单车道的通行能力可叙述为随即进行 x 次仿真模拟,每次随机生成 n (n 为单车道泊车数),则可得 n 个元素的集合 $\{1, 2, 3, \dots, i, \dots, n\}$ 。记 i 为第 i 个上车点。

步骤一:计算第 i 个上车点的服务时间 f_i 。

由于 f_i 服从以 $\frac{1}{f_i + (i-1)T}$ 为参数的负指数分布,从而得到

$$\begin{cases} f_i(x) = u_i e^{-u_i x} \\ u_i = \frac{1}{f_i + (i-1)T}, (i = 1, 2, 3, \dots, n) \end{cases} \circ$$

步骤二:计算进行 x 次模拟所需时间。

$$F_i(x) = \max \{ f_1(x), f_2(x), \dots, f_i(x), \dots, f_n(x) \},$$

$$G(x) = \sum_{i=1}^x F_i(x) + xt_n,$$

在此设置模拟总时长为 1 小时,故 $G(x) = 3600$ 。

步骤三:计算 j 次模拟的通行能力。

$$C_{ij} = \bar{p} \cdot n \cdot x (j = 1, 2, 3, \dots, x),$$

$$C_j = \frac{C_{1j} + C_{2j} + \dots + C_{nj}}{n},$$

其中, x 为整数, \bar{p} 为平均每辆车载客数。

2.3 双排方案求解

由于双排方案可视为两个车道并用的通行情况,故只需要定义 $C_{ij}=2\bar{p}nx$,得到的双排方案的蒙特卡洛仿真模型为

$$\begin{cases} f_i(x) = u_i e^{-u_i x} \\ u_i = \frac{1}{f_i + (i-1)T}, (i=1,2,3,\dots,n) \\ F_i(x) = \max\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_i(x) \dots f_n(x)\} \\ G(x) = \sum_{i=1}^x F_i(x) + xt_n = 3600 \\ C_{ij} = 2\bar{p}nx \\ C_j = \frac{C_{1j} + C_{2j} + \dots + C_{nj}}{n} \end{cases} \circ$$

2.4 单排方案的求解

单排方案的最佳预期通行情况为上客区第一个泊车位的车辆最先完成乘客上车,完成后第一辆车进入通行车道,驶离乘客区,同时第一辆车的候补车辆驶入上客区的第一个泊车位。此时上客区的第二个泊车位的车辆完成乘客上车,重复第一辆车的操作,直至乘客区的全部车辆离开,管理人员可安排蓄车池的车辆进入。

此时可视为两批“单车道”的车辆先后服务乘客,由于该“单车道”具有一定可流动性,同一批“单车道”的车辆上客服务时间可视为该批所有车辆的上客服务时间平均值。实际情况中会出现一定的拥堵,即最佳预期通行状况很难实现,故引入交通拥堵系数 ρ 。得到表达式

$$\bar{f}_i(x) = \frac{2\rho \sum_{i=1}^x f_i(x)}{n};$$

两批车辆中间的转移距离为外侧道进入内侧道,相比于每辆车的上客服务时长,转移时间可视为无限小,故两批车辆只需一个 t_n ,得到

$$G(x) = \sum_{i=1}^x \bar{f}_i(x) + xt_n = 3600,$$

综上,得到单排方案的蒙特卡洛仿真模型为

$$\begin{cases} f_i(x) = u_i e^{-u_i x} \\ u_i = \frac{1}{f_i + (i-1)T}, (i=1,2,3,\dots,n) \\ \bar{f}_i(x) = \frac{2\rho \sum_{i=1}^x f_i(x)}{n} \\ G(x) = \sum_{i=1}^x \bar{f}_i(x) + xt_n = 3600 \\ C_{ij} = 2\bar{p}nx, (i=1,2,3,\dots,x) \\ C_j = \frac{C_{1j} + C_{2j} + \dots + C_{nj}}{n} \end{cases} \circ$$

2.5 模拟仿真

为验证模型的合理性,需要进行仿真模拟,根据文献[2]给出的建议,给出模型参数:服务时间 $f_i=25$ s,乘客在两个泊车位间行走的时间 $T=5$ s,车道长度 $L=5.5$ m,交通拥堵系数 $\rho=0.9$,车辆从蓄车池驶入乘车区的平均速度 $\bar{v}=2.5$ m/s,各上车点乘客上车时间服从泊松分布。

将两种安排情况的上客点通行能力进行比较,如图5所示:

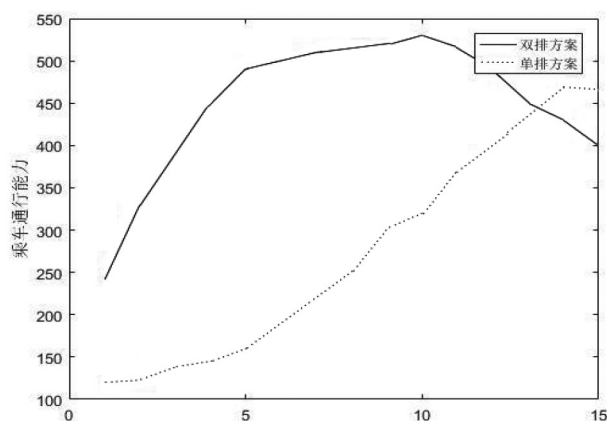


图5 两种情况乘车通行能力比较图

由图5可知,在双排方案中,上客点数从1增加到5时,通行能力增幅较大;上客点数从5增加到10时,通行能力增幅较小;上客点数多于10个之后,通行能力下降。故对于双排方案而言,设置10个上车点数时得到最大乘车效率为530人/小时。

在单排方案中,上客点数从1增加到5时,通行能力增幅较小;上客点数从5增加到14时,通行能力增幅较大;上客点数多于14个后通行能力下降。故对于单排方案而言,最大乘车效率为470人/小时,设置14个上车点数为最佳。

将两种方案进行对比分析,可知上客点数设置在14个以内时,双排通行方案的通行能力远高于单排通行方案;上客点数设置多于14个时,单排通行方案的通行能力会高于双排通行方案。

在实际情况中,设置上车点数越多,乘车区的长度也越长,乘车区管理越困难,行人对车辆的干扰越大,车辆和乘客安全系数也就越低。综合考虑机场成本问题,资源利用效率和安全等其他因素,实际上车点数不宜超过9个,故管理部门应选择双排方案的通行方式,并且设置5个上车点,此时乘车效率为500人/小时。

3 结束语

本文采用蒙特卡洛仿真模拟,分析飞机场乘车区两条并行车道上车点设置问题,得到结论为,管理部门应选择双排方案的通行方式,并且设置5个上车点,此时乘车效率为500人/小时。在我国各交通枢纽缺少相关规定的情况下,本文的研究结论可为其规划和设计提供理论依据。但由于假设了乘客排队足够长,蓄车池车辆足够多,因此忽略了无乘客而乘车区车等人的情况,和无车辆而乘车区人等车的情况,在实际生活中乘车区乘客所需上车时间差异大,对乘车效率有较大影响,综合考虑这些因素的影响将是该问题的进一步研究方向。

参考文献:

- [1]孙昊,吴铮,朱晶. 基于NL模型的机场旅客陆侧交通方式选择行为研究[J]. 科学技术创新, 2019(17):1-5.
- [2]柳伍生,谭倩. 交通枢纽出租车车道边通行能力仿真研究[J]. 计算机仿真, 2012(4):357-361.
- [3]孙健,丁日佳,陈艳艳. 基于排队论的单车道出租车上客系统建模与仿真[J]. 系统仿真学报, 2017(5):996-1004.

Taxi Boarding Point Setting Based on Monte Carlo Model

Lu Yingli, Chen Quanjing, Huang Banghua, Zhang Haibo

(School of Electronics and Information Engineering, Taizhou University, Linhai 317000, China)

Abstract: In order to enhance the efficiency of taxi boarding by optimizing the arrangement of taxis and passengers, according to the actual situation of the airport, we mainly analyze and discuss two kinds of schemes: double row and single row, and study the problem of setting taxi boarding points in the airport. Monte Carlo model is used to calculate the service time of each taxi in two schemes respectively, and the capacity of each scheme is obtained and compared. By comparison, we find the optimal arrangement for taxis and passengers is double row scheme.

Keywords: boarding point arrangement; Monte Carlo Model; congestion coefficient

(上接第16页)

- [8] JOHNSON A E W, POLLARD T J, SHEN L, et al. MIMIC-III, a freely accessible critical care database[J]. Scientific Data, 2016, 3:160035.
- [9] BOSTOCK M, OGIEVETSKY V, HEER J. D3Data-Driven Documents [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2011, 17(12):2301-2309.

Risk Visual Evaluation for ICU Patients Based on MIMIC-III

He Chenlu, Yao Jiajin, Xu Hong, Chen Shenghang, Bao Genghui, Guo Wenping

(School of Electronics and Information Engineering, Taizhou University, Linhai 317000, China)

Abstract: Aiming to the risk evaluation problem of ICU patients, this paper proposes to automatically extract the corresponding medical indicators from the electronic medical records, and apply D3 visual analysis technology to achieve multi-dimensional real-time risk evaluation for ICU patients. The results of the experiment in MIMIC-III show that the implemented system can provide decision support for the doctor to evaluate the patient's condition and timely intervene the patient's treatment.

Keywords: ICU; risk evaluation; MIMIC-III; visualization