

机场安检排队系统资源优化配置

史跃亚^{1,2}, 张美蕙^{1,2}, 孙 唯³

(1. 中国民用航空飞行学院四川省民航机场智慧运营与运维工程研究中心, 四川 广汉 618307;
2. 中国民用航空飞行学院机场学院, 四川 广汉 618307; 3. 三亚凤凰国际机场, 海南 三亚 572000)

摘要: 机场安检作为航班离港的重要环节,降低安检区运营成本和减少旅客等待时间是非常必要的。针对安检排队系统中的瓶颈问题,提出优化布局的思想,并利用安检排队系统中现有的资源,根据资源优化思想,以深圳宝安国际机场为例,建立安检排队系统双目标优化模型。通过 NSGA-II 算法,获得资源配置方案的 Pareto 最优解集,然后使用逼近理想解排序法(technique for order preference by similarity to an ideal solution, TOPSIS),对 Pareto 最优解集进行排序,得出综合效益最优的配置方案:Ⅰ级系统开放通道数为 17 个,Ⅱ级系统开放通道数为 35 个。结果表明,该方法消除了运营成本量和等待时间量纲间的差异,为存在博弈的优化目标提供了解决思路。

关键词: 安检排队系统; 资源优化; 双目标优化; NSGA-II 算法

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)08-0229-06

机场安检服务作为最重要的地面保障服务之一,为了满足旅客服务需求、降低机场运行成本并保障安检服务的效率,有必要合理配置机场地面服务资源,从而减少离港旅客的安检服务等待时间、提高旅客服务的满意度并降低机场的运行成本。国外对排队服务问题的研究发展较早,研究范围和研究角度较为全面。Lindley^[1]将 GI/G/1 排队模型应用于医疗领域,提出患者可以大大减少排队时间,改善医院排队时间长的的问题;Denton 和 Gupta^[2]提出建立线性动态调度模型,对预约时间间隔问题进行改进和优化,为合理的队列规划提供良好的参考价值和建设性;Davis 和 Vollmann^[3]通过大量调研,创建了旅客满意度和等候时间模型,发现游客排队等候的时间在不同时间段也存在差异,并提出了相关建议,有效改善了不同时间段的排队管理。国内学者对排队问题也颇有研究,尽管相对于西方国家起步较晚,但已经取得了一定的成果。曲禹达^[4]在现有“通办”排队模型的基础上,选择单队列多业务通道的 M/M/C 队列模式,将多个业务通道作为集中队列区域;李嘉兴和李军^[5]建立基于 M/M/1 排队模型的高低定价策略,优化系统性能;刘仁彬等^[6]提出并建立了一种由策略 N 和 D 控制的 M/G/1 排

队系统,在该策略下可以最小化系统的稳态成本。

目前关于资源优化配置的研究中,Roberta 和 Enrico^[7]、Soemon 和 Tomoki^[8]等使用 0~1 规划来建立整数规划模型,对安检柜台分配问题进行深入分析,充分利用现有资源,通过最优化柜台分配方案来提高旅客的服务体验;Nico 和 Erik^[9]采用整数规划模型和流程仿真建模,建立数学模型,计算安检区服务率满足给定旅客服务满意度的各时间段内安检柜台的最小数量;Adrian 和 Sheldon^[10]提出了一种新的多层次安检系统模型,通过对服务费和旅客到达排队系统的分析,优化安检系统的结构,并尝试利用新的安检模式来提高安检站的效率,保证机场的安全价值和成本;田超^[11]利用派尔的实验性值机台规划系统,提出机场资源的有效配置可以满足不同旅客的多样化需求,同时降低航空公司和机场的日常运营成本,提高值机效率;杨扬^[12]主要研究了离境旅客在办理乘机手续过程中排队聚集的现象,进而针对多个航班的离境办理登机手续创建了相应的排队模型,提出了人工值机柜台的动态分配策略;杨媛元等^[13]提出了虚拟队列概念,将高峰乘客安全需求转移到空闲时段,并在不增加安全成本的情况下重新分配资源;史跃亚等^[14]以博弈模

收稿日期: 2024-01-30

基金项目: 四川省民航机场智慧运营与运维工程研究中心(JCZX2023ZZ06);中国民用航空飞行学院大学生创新创业训练计划项目(S202310624195)

作者简介: 史跃亚(1983—),女,四川成都人,副教授,硕士研究生导师,研究方向为民航安全、交通运输规划、机场运行;张美蕙(1999—),女,山东淄博人,硕士研究生,研究方向为机场安全管理、机场运行;孙唯(1995—),男,黑龙江齐齐哈尔人,硕士研究生,研究方向为机场安全管理、机场运行。

型为理论基础,在机场安检区现有资源的基础上,进行疏散仿真优化,更好地保障了旅客人身安全。

本文以深圳宝安机场为例,根据安检排队系统现有资源进行优化配置。首先对目前安检排队系统进行介绍并发现安检排队系统中的瓶颈,针对瓶颈提出优化思想;然后基于资源优化配置的思想,建立双目标优化的资源优化配置模型,并根据 NSGA-II 算法步骤使用 Matlab 进行模型解算,获得 Pareto 最优解集;最后运用 TOPSIS 方法,对 Pareto 最优解集进行排序,得出某一时段下,安检排队系统综合效益最优的配置方案。

1 相关理论

在目前的安检排队系统中,旅客在身份验证通道或自助验证闸机前面区域进行排队等待,等前一位旅客 X 光机安全检查和人身检查完成后才能进行下一步检查,这就可能导致旅客大量滞留在身份验证通道前并且对工作人员的利用效率也不高。为提高安检效率,对目前的安检排队系统进行优化布局设计,并对安检资源进行优化配置。进行优化布局设计后的机场安检排队系统,将身份验证归为 I 级系统,将 X 光机安全检查和人身检查归为 II 级系统,在 I 级和 II 级系统之间设计一个区域定义为缓冲系统,供旅客进行排队,旅客在完成身份验证后在此区域内可稍做停留进行 II 级系统的窗口的选择^[15]。优化布局后的安检排队系统如图 1 所示。

在对优化布局后的安检排队系统进行资源优化时,利用 NSGA-II 算法,可以获得安检排队系统中通道资源动态配置问题的 Pareto 最优解集。然而,双目标优化问题的解不是唯一的,需要使用 TOPSIS 法的方法,从得出的 Pareto 解集中选择合适的解进行多目标资源优化决策。通常,决策者需要选择综合效益最好的方案进行具体配置,这一过程被称为后验评价。TOPSIS 方法能够提供定量的评价结果,帮助决策者确定最适合的决策方案。通过该方法,决策者能够更加准确地评估和比较各个决策方案之间的优劣,并选择最佳的折中方案。

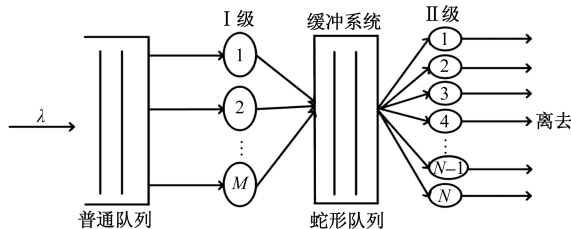


图1 安检排队系统优化模型

2 模型构建与算法设计

2.1 资源优化配置模型的构建

2.1.1 安检排队系统运营成本

为方便计算,假设安检区 I 级系统内的每一个通道(每一组身份验证设备和所配备的工作人员为一个整体)的成本都为 H_1 , II 级系统内的每一个通道(每一组安检设备和所配备的工作人员为一个整体)的成本都为 H_2 , 安检排队系统的运营成本公式为

$$\min Z_1 = H_1 \alpha_i + H_2 \beta_i \quad (1)$$

式中: Z_1 为安检排队系统总成本; α_i 为时段 i 下 I 级系统开放的通道数; β_i 为时段 i 下 II 级系统开放的通道数。

2.1.2 系统内旅客排队等待时间

由图 1 可知, I 级系统可看作 M 个并联的 $M/M/1$ 系统, 根据 $M/M/1$ 排队模型, 时段 i 下安检排队系统中 I 级系统的旅客平均等待队长 L_q^1 公式为

$$L_q^1 = \frac{\lambda_i^1}{\mu_{a_i}^1 - \lambda_i^1} \quad (2)$$

则排队系统在时段 i 下旅客等待时间总时长 W_i^1 公式为

$$W_i^1 = \frac{\lambda_i^1}{\mu_{a_i}^1 (\mu_{a_i}^1 - \lambda_i^1)} \quad (3)$$

当 $\lambda_{\beta_i}^2 \leq \mu_{\beta_i}^2$ 时, 安检排队系统的 II 级系统是由 N 个 $M/M/1$ 系统并联而成的, 此时, II 级系统旅客的到达率等于 I 级系统的输出率, 则在时段 i 下 II 级系统中旅客平均等待时间 W_i^2 公式为

$$W_i^2 = \frac{\mu_{a_i}^1}{\mu_{\beta_i}^2 (\mu_{\beta_i}^2 - \mu_{a_i}^1)} \quad (4)$$

当 $\lambda_{\beta_i}^2 > \mu_{\beta_i}^2$ 时, 安检排队系统的 II 级系统是由 1 个 $M/M/C$ 系统并联而成的, 此时, 系统的平均等待队长 L_q^2 公式为

$$L_q^2 = \frac{(\beta_i \rho_i^{\text{II}})^{\beta_i} \rho_i^{\text{II}}}{\beta_i! (1 - \rho_i^{\text{II}})^2} P_0 \quad (5)$$

在时段 i 下, 安检排队系统中 II 级系统内的旅客平均等待时间 W_i^2 公式为

$$W_i^2 = \frac{(\beta_i \rho_i^{\text{II}})^{\beta_i} \rho_i^{\text{II}}}{\lambda_{\beta_i}^2 \beta_i! (1 - \rho_i^{\text{II}})^2} P_0 \quad (6)$$

式中: λ_i^1 为时段 i 下 I 级系统的到达率; $\lambda_{\beta_i}^2$ 为时段 i 下 II 级系统的到达率; $\mu_{a_i}^1$ 为时段 i 下 I 级系统开放 α 个通道时的服务率; $\mu_{\beta_i}^2$ 为时段 i 下 II 级系统开放 β 个通道数时的服务率; ρ_i^{II} 为时段 i 下 II 级系统的服务强度; β_i 为时段 i 下 II 级系统的通道数; P_0 为系统中没有旅客存在时的概率。

综上,在源优化配置过程中,将安检排队系统运营成本最优和旅客平均排队等待时间最小为目标建立安检资源配置模型如下:

$$\min Z_1 = H_1 \alpha_i + H_2 \beta_i \quad (7)$$

$$\min Z_2 = W_i^1 + W_i^2 \quad (8)$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} W_i^1 + W_i^2 \leq W_{\max} \\ P_{\min}^1 < \frac{\alpha_i - \alpha_i \rho_i^1}{\alpha_i \rho_i^1} L_q^1 \leq P_{\max}^1 \\ P_{\min}^2 < \frac{\beta_i - \beta_i \rho_i^2}{\beta_i \rho_i^2} L_q^2 \leq P_{\max}^2 \\ 1 \leq \alpha_i \leq M, 1 \leq \beta_i \leq N \end{cases} \quad (9)$$

式中: Z_2 为旅客平均排队等待时间; $W_{\max}$ 为旅客能够接受的最大等待时间; $P_{\min}^1$ 为安检排队系统中 I 级排队系统繁忙概率下限; $P_{\max}^1$ 为安检排队系统中 I 级排队系统繁忙概率上限; $P_{\min}^2$ 为安检排队系统中 II 级排队系统繁忙概率下限; $P_{\max}^2$ 为安检排队系统中 II 级排队系统繁忙概率上限; M 和 N 分别为 I 级和 II 级系统的通道数量; α_i 为时段 i 下 I 级系统通道数; ρ_i^1 为时段 i 下 I 级系统的服务强度。

2.2 算法设计

对机场安检排队系统的运营成本和旅客等待时间设置了优化目标,并将多目标算法应用于动态配置过程中。多目标优化能够有针对性地研究不同成本目标,并展示优化目标之间的博弈关系,从而消除由于目标量纲不同而导致的优化结果置信度低的问题,NSGA-II 算法是目前解决多目标优化问题的常用算法之一,通过 NSGA-II 算法可得到问题的 Pareto 最优解集^[16]。换言之,通过多目标优化,能够更好地平衡安检排队系统的成本和旅客等待时间,确保系统的优化结果更具可靠性和准确性。NSGA-II 算法被应用于求解安检排队系统中通道资源动态配置模型,并在以下步骤中进行运行:

步骤 1: 编码。使用二进制编码方式对安检排队系统中通道的开放与关闭进行编码;

步骤 2: 设置安检排队系统资源动态配置问题的初始种群规模和其最大迭代次数,并随机生成初始种群;

步骤 3: 确定每个个体在两个优化目标函数值(安检排队系统中开放通道运营成本和旅客排队等待时间)上的非支配级别,并计算个体的拥挤距离;

步骤 4: 采用锦标赛机制选择两个个体进行交

叉和变异计算,选择依据为快速非支配排序和拥挤距离的计算结果;

步骤 5: 进行精英保留策略;

步骤 6: 迭代次数加 1,返回至步骤 3,直到迭代次数达到设置的最大值为止。

通过上述步骤的迭代,NSGA-II 算法能够逐步优化安检排队系统中通道资源动态配置,寻找到安检排队系统中最优解的可能性最大化。这样能够提高安检系统的运行效率和旅客的体验。

TOPSIS 方法实现步骤如下:①准备决策矩阵;②对决策矩阵进行归一化处理;③根据熵权法确定权重;④根据加权判断矩阵获得各决策目标的正负理想解;⑤计算各决策目标值与理想值之间的距离;⑥计算各决策目标的相对贴近度;⑦基于相对贴近度对各决策目标进行排序,得到决策结果。

3 实例分析

3.1 数据获取

3.1.1 航班数据统计

调查数据为深圳宝安国际机场 2023 年 3 月 1 日至 3 月 31 日每日国内出港旅客数,随机抽取时段内一天,以每一小时为单位,对 06:00—23:59 内的航班数和离港乘客数统计如表 1 所示。

3.1.2 最大排队等待时间

为确保安检排队系统的正常运行,旅客到达后需要经过一段等待服务时间后才能接受服务并离开排队系统。因此,服务窗口的服务强度应保证

表 1 该机场全天内航班统计数据

时段	航班数/架	离港乘客数/人
6:00—6:59	31	4 220
7:00—7:59	41	5 100
8:00—8:59	42	5 280
9:00—9:59	37	3 980
10:00—10:59	29	3 100
11:00—11:59	33	3 470
12:00—12:59	21	2 430
13:00—13:59	30	3 290
14:00—14:59	25	2 890
15:00—15:59	25	2 720
16:00—16:59	34	3 590
17:00—17:59	25	2 810
18:00—18:59	19	2 120
19:00—19:59	33	3 580
20:00—20:59	24	2 680
21:00—21:59	16	1 830
22:00—22:59	13	1 510
23:00—23:59	10	1 120

$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} < 1$ (若大于 1, 队列则会无限制地增长, 其中 ρ 为服务强度, λ 为到达率, c 为窗口开放数, μ 为服务率)。在保证排队系统正常运转的同时, 考虑到机场服务质量的需求, 旅客排队系统的各项重要指标还需要符合相应的服务标准。由于机场资源投入成本与安检口开放数量成正比, 与旅客排队等待时间成反比, 旅客能够接受的最长等待时间为 $W_{\max}$, 即顾客内心可接受的最长排队等待时限, 在这个时间范围内, 顾客认为排队等待是相对合理的。一旦超过这个时间, 顾客开始感到焦躁不安; 当等待时间更长时, 顾客会表现出烦躁情绪。要提高机场安检旅客服务水平, 需要在减少旅客排队等待时间的同时, 控制资源成本的投入。根据旅客服务水平、安检通道开放数量、安检资源成本投入和顾客等待时间等因素之间的关系, 找到最优的安检通道数量, 以实现安检服务水平的最优化, 并尽可能降低资源成本投入。根据《民用机场服务质量标准 MHT5104—2006》所提道的, 大型机场应保证 95% 乘客安检排队等待时长不超过 10 min, 以追求更高的服务水平。因此, 将旅客能够接受的最大安检等待时间设为 $W_{\max} = 10 \text{ min}$ 。

3.2 NSGA-II 算法参数设置

仿真过程中随机选取表 1 中 08:00—08:59 时间段内机场安检排队系统内的相关数据进行解算, 其中, 表 2 给出了资源动态配置问题的原始数据, 表 3 给出了算法的参数。

3.3 结果分析

基于安检排队系统资源优化配置模型运行 NSGA-II 算法, 使用 Matlab 进行求解, 得到 Pareto 最优解, 如表 4 所示。

表 2 机场安检排队系统动态配置原始数据

动态配置问题	测试参数	单位	原始数据
成本数据	I 级系统成本 (H_1)	元/min	1.04
	II 级系统成本 (H_2)	元/min	2.80
旅客数据	旅客到达率	人/min	88.00
安检系统数据	I 级系统通道数	个	19.00
	II 级系统通道数	个	38.00
	I 级系统单个通道服务率	人/min	7.50
	II 级系统单个通道服务率	人/min	3.00
	系统繁忙概率下限		0.20
	系统繁忙概率上限		0.98

表 3 设定算法参数

种群规模	进化代数	目标数	变量数	交叉概率	变异概率
20	100	2	57	0.8	0.2

表 4 安检排队系统资源动态优化配置 Pareto 最优解

I 级系统通道 开放数	II 级系统通道 开放数	安检排队系统 运营成本/ (元·min ⁻¹)	旅客排队等待 时间/min
14	29	95.76	9.58
15	32	105.2	7.65
16	33	109.04	4.63
17	35	115.68	3.01
18	37	122.32	1.99
19	38	126.16	0.98

由表 4 可知, I 级系统和 II 级系统开放通道数越多, 安检排队系统运营成本越高, 而在这个过程中, 旅客排队等待的时间是逐步减少的, 而在安检排队系统资源优化配置模型中, 两个目标间均为越小越优, 不想存在某一方案使优化的两目标值同时达到最小, 由此可见, 两目标之间存在博弈。

3.4 后验评价

TOPSIS 法的决策过程可以从不同解集中寻找综合效益最优的解, 步骤如下。

(1) 评价指标同趋势化。在进行评价时, 应使用所有指标变化方向一致, 通常将低优指标和中指标全转化为高优指标, 同趋势化的初始判断矩阵值如表 5 所示。

(2) 初始判断矩阵归一化。归一化处理后的矩阵值如表 6 所示。

表 5 同趋势化的初始判断矩阵值

I 级系统通道 开放数	II 级系统通道 开放数	安检排队系统 运营成本/ (元·min ⁻¹)	旅客排队等待 时间/min
14	29	0.010 4	0.104 4
15	32	0.009 5	0.130 7
16	33	0.009 1	0.216 0
17	35	0.008 6	0.332 2
18	37	0.008 2	0.502 5
19	38	0.007 9	1.020 4

表 6 归一化矩阵值

I 级系统通道 开放数	II 级系统通道 开放数	安检排队系统 运营成本/ (元·min ⁻¹)	旅客排队等待 时间/min
14	29	0.002 7	0.105 3
15	32	0.001 7	0.134 7
16	33	0.001 3	0.221 1
17	35	0.000 8	0.340 0
18	37	0.000 4	0.518 2
19	38	0.000 0	1.000 0

(3)运用熵权法确定指标权重,如表 7 所示。

表 7 指标权重计算

指标	信息熵值	信息效用值	权重/%
成本	0.893	0.107	48.372
等待时间	0.886	0.114	51.628

(4)计算各决策目标的正负理想解,如表 8 所示。

表 8 正负理想解

指标	正理想解	负理想解
成本	0.965 517 24	0.034 482 76
等待时间	0.999 888 26	0.000 111 74

(5)选择最终决策方案。计算各方案两目标值正负理想距离和各方案与最优方案的相对贴程度,并按相对贴程度进行排序,从而选出综合效益最优的配置方案,相对贴程度及排序结果如表 9 所示。

表 9 不同优化配置方案排序结果

I级系统 通道开 放数	II级系统 通道开 放数	正理想 解距离	负理想 解距离	相对贴 程度	排序 结果
14	29	0.647 532 40	0.718 367 68	0.525 929 89	5
15	32	0.408 388 38	0.734 990 56	0.642 823 24	4
16	33	0.325 343 48	0.709 821 10	0.685 708 45	2
17	35	0.268 927 46	0.698 895 60	0.722 131 59	1
18	37	0.345 123 88	0.673 730 57	0.661 262 82	3
19	38	0.718 367 68	0.647 532 40	0.474 070 11	6

排序结果表明,Ⅰ级系统通道开放数为 17 个,Ⅱ级系统通道开放数为 35 个时的综合效益最好。

4 结语

在对安检排队系统进行资源优化配置的研究过程中,首先提出建立安检排队系统优化模型,优化后的安检排队系统分为Ⅰ级系统、Ⅱ级系统和缓冲系统三部分,在此基础上,建立双目标的安检排队系统资源优化配置模型,运用 NSGA-Ⅱ算法进行解算,并使用 TOPSIS 方法进行后验评价,最终得出综合效益最优的配置方案。然而在研究安检排队系统资源优化配置的过程中,只建立了数学模型进行解算并得出结果,而实际情况下,旅客在进行安检的整个流程中,对队列的选择是基于自己意向的一个动态选择的过程。但过建立数学模型来描述旅客的整个安检过程时,只能根据情况人为的设定某一环节的参数数据,并不能将整个流程动态地展现出来,这就容易导致根据数学模型得出的结果比

实际情况更加理想化。为了使结果更加真实,在之后的研究中可以进行仿真建模,对安检排队系统资源优化配置进一步的研究和验证。

参考文献

- [1] LINDLEY D V. The theory of queues with a single server [J]. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 1952, 48(2): 277-289.
- [2] DENTON B, GUPTA D. A sequential bounding approach for optimal appointment scheduling[J]. IIE Transactions, 2003, 35(11): 1003-1016.
- [3] DAVIS M M, VOLLMANN T E A. Framework for relating waiting time and customer satisfaction in a service operation[J]. The Journal of Services Marketing, 1990, 4(1): 61-69.
- [4] 曲禹达. 首都机场旅客排队管理优化研究[D]. 北京: 北京第二外国语学院, 2019.
- [5] 李嘉兴, 李军. 可观测 M/M/1 排队系统的高低定价策略[J]. 系统工程, 2020, 38(3): 10-16.
- [6] 刘仁彬, 唐应辉, 余纱妙. 基于 Max(N, D)策略的 M/G/1 排队系统的稳态指标[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(4): 1031-1044.
- [7] ROBERTA C, ENRICO A. Track fusion in a new security system for airports[C]//2012 Third International Conference on Emerging Security Technologies. Las Vegas, NV, USA: IEEE, 2012: 107-110.
- [8] SOEMON T, TOMOKI O. Simulation analysis of international-departurepassenger flows in an airport terminal [C]//Winter Simulation Conference Proceedings. New Orleans, LA, United State: IEEE, 2013: 1627-1634.
- [9] NICO D, ERIK S. Check-in computation and optimization bysimulation and IP in combination[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 17(1): 1152-1168.
- [10] ADRIAN J L, SHELDON H J. The impact of aviation checkpoint queues on optimizing security screening effectiveness[J]. SCL. Reliability Engineering and System Safety, 2011, 9(6): 900-911.
- [11] 田超. 机场值机资源动态配置研究——以首都机场 T2 为例[J]. 价值工程, 2016, 35(18): 148-150.
- [12] 杨扬. 人工值机柜台动态分配策略研究[D]. 北京: 中国民航大学, 2017.
- [13] 杨媛元, 吴一飞, 蓝子睿. 虚拟排队系统在机场安检中的应用[J]. 科技创新与应用, 2018(24): 162-163.
- [14] 史跃亚, 孙唯, 黄江涛. 基于博弈理论的航站楼安检区疏散仿真优化[J]. 计算机仿真, 2022, 39(7): 48-53.
- [15] 史跃亚, 张美蕙, 孙唯等. 机场安检排队系统仿真优化研究[J/OL]. [2024-02-05]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3724.tp.20240118.1936.006.html>.
- [16] 张天炫, 包丹文, 朱婷, 等. 基于多目标算法的航站楼值机系统动态配置研究[J]. 华东交通大学学报, 2020, 37(5): 80-88.

Optimal Allocation of Resources for Airport Security Queuing System

SHI Yueya^{1,2}, ZHANG Meihui^{1,2}, SUN Wei³

(1. Civil Aviation Airport Intelligent Operation and Maintenance Engineering Research Center of Sichuan Province,
Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China;

2. Airport College, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, Sichuan, China;

3. Sanya Phoenix International Airport, Sanya 572000, Hainan, China)

Abstract: As an important part of flight departure, airport security check is very necessary to reduce the operating cost of the security check area and reduce the waiting time of passengers. In view of the bottleneck problem in the security queuing system, the idea of optimizing the layout was proposed, and the existing resources in the security queuing system were used to establish a dual-objective optimization model of the security queuing system based on the idea of resource optimization, taking Shenzhen Bao'an International Airport as an example. Through the NSGA-II algorithm, the Pareto optimal solution set of the resource allocation scheme was obtained, and then the Pareto optimal solution set was sorted by using the TOPSIS method, and the optimal configuration scheme with comprehensive benefits was obtained. The number of open channels in the level I system is 17, and the number of open channels in the level II system is 35. The results show that the proposed method eliminates the difference between the dimensions of operating cost and waiting time, and provides a solution for the optimization goal of the existing game.

Keywords: security queuing system; resource optimization; dual-objective optimization; NSGA-II algorithm