

A Review of Operational Mechanisms and Simulations for Security Screening Systems

Chia-Hung Wang^{1,2}

¹College of Information Science and Engineering, Fujian University of Technology, Fuzhou Fujian

²Fujian Provincial Key Laboratory of Big Data Mining and Applications, Fuzhou Fujian

Email: jhwang728@hotmail.com

Received: Nov. 4th, 2017; accepted: Nov. 16th, 2017; published: Nov. 23rd, 2017

Abstract

Due to the frequent occurrences of terrorist attacks in the recent years, how to optimize the security-check mechanisms has become one of the most important issues for Homeland Security Management. This paper reviews the optimization problems and computer simulation models for managing the security checkpoints. We introduce the existed research works on the operational mechanisms of the Customs' security screening systems, and explore the trade-off problems between security and convenience of the customs clearance. Finally, several potential research directions in the future are also pointed out in the paper.

Keywords

Risk Management, Computer Simulation, Homeland Security Management, Optimization

通关安全检查系统的运作模式与仿真研究综述

王嘉宏^{1,2}

¹福建工程学院信息科学与工程学院, 福建 福州

²福建省大数据挖掘与应用技术重点实验室, 福建 福州

Email: jhwang728@hotmail.com

收稿日期: 2017年11月4日; 录用日期: 2017年11月16日; 发布日期: 2017年11月23日

摘要

由于近年来恐怖攻击事件频繁出现, 如何优化安全检查机制成为国土安全管理的重要研究议题之一。

本文综述了通关安全检查站的优化问题与计算机仿真建模,我们介绍海关通关安检系统运作模式的研究现状,并探索通关安全性与便利性之间的权衡问题。最后,文中还指出了未来几个潜在的研究方向。

关键词

风险管理, 计算机仿真, 国土安全管理, 优化

Copyright © 2017 by author 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

边境口岸是国家对外开放的门户,是国家开设供人员(与随身携带物)、货物及交通运输工具等出入国(关、边)境的通道,在国际旅客往来和货物进出口运输方面都扮演极重要的角色,国家安全和经济深受影响。通关模式是指两国(方)在边境监管区,按各自的标准或双方统一的标准进行查验的方式,其取决于两国(方)的上层法律、政策以及两国(方)之间的关系,并且需两国(方)审议立法通过,还将涉及到海关监管等问题。通关模式对口岸的设计起到宏观掌控的作用,通关模式的变化必将影响到口岸的布局设计。通关风险管理是通过边境口岸安全检查工作中各类风险的识别、分析、评估、监控,并采取合理有效的措施来控制 and 处置各种风险,以保证监管业务正常进行、安检工作人员依法行政和保持清正廉洁的科学管理方法。近年来恐怖攻击事件频繁出现,如何优化边境通关安检风险管理成为各国海关最重要的研究议题之一。

边境通关安全检查的风险管理与通关效率一直是国际上极为重视的科学研究课题。边境通关安全检查系统(Border-Crossing Security Screening System)是由一系列的检查程序所组成,用来预防潜在的恶意攻击。但若海关的管理仅考虑安全水平,势必牺牲通关时间,降低通关效率。以往边境海关若增加其安全性,则必须在通关检查时做仔细检查,但排队等待检查的旅客或货物会因为检查时间的增加,而造成通关时间愈长。同时,通关检查的过程愈仔细、检查人员愈多,海关检查的成本也随之上升。因此,通关安全检查系统在风险管理及通关效率上,产生两难的局面。

边境口岸的安全水平和通关效率对国家经济和国际贸易影响甚大,安检时间长短会影响旅客和货物的通关时间,是个不容忽视的管理问题。世界各国政府和学者对边境通关安检相关领域的研究需求日益增加,在系统仿真、信息管理、应用数学、运筹学等学科投入不少资源,探索适合本国边境通关安全检查的新管理运作模式,希望通过不同管理角度与研究方法创新落实兼顾边境通关风险管理及通关效率的目标。本文重点介绍了边境通关安检运作模式与管理决策,在国内外文献的研究成果基础上,探索权衡口岸通关安全与通关效率并重的未来研究方向与关键问题。

2. 国内研究现状及发展动态

2.1. 通关安检管理运作模式的比较研究

随着我国改革开放逐步深入和外向型经济的快速发展,海关作为国家进出境监督管理机关,处于整个国际物流服务过程中的关键环节,传统的通关模式已渐不能适应快速发展的经济和对外贸易的需要,边境通关安检的风险管理和便捷提速成为重要的研究课题。在国内的相关研究进展方面,孙慧[1]通过中

外口岸通关模式的比较研究,提出了实行大通关作业的新型通关模式。余波[2]分析了我国海关通关管理运行模式的现状、存在的问题以及影响通关效率的主导因素,在借鉴国外海关通关管理先进经验的基础上,设计创新性的海关通关管理模式。高翔[3]介绍了空运进口通关的具体流程,在比较中国与日本空运进口通关效率的基础上,揭示查验率对通关效率的影响。韩露[4]分析比较新加坡与我国通关模式,并提出我国实施新型通关模式的建议。

徐才[5]基于福建自贸区建设的港口通关模式,以厦门片区为例进行货物通关方式的优化研究,分析了厦门港口在现有通关模式下存在的主要问题,并借鉴香港、新加坡自由港的通关政策、模式,提出在货物通关方面可以进行优化的措施与建议。陈昊坚[6]以运作流程改造为切入点,研究厦门海关的现行查验环节运作模式的弊端,通过运作模式的分析和流程的拆分再造,提出查验管理中心运作模式的构思,探索解决有效监管和高效通关之间的矛盾。曾俊杰[7]介绍航空安检设备的配置优化及航班时刻表制作的数学模型,在行李数服从正态分布情况的假设条件下,提出了优化的航班表。施奇[8]基于新公共管理理论启示和海关工作经验的基础上,结合上海自贸区创新改革的政策要求和区内贸易特点,分析当前海关稽查模式中存在的问题,提出优化海关稽查模式的对策建议。

程晋云与徐杨[9]指出从管理方法和实际效率上来看中国内地的民航机场安检工作,在运行过程中已暴露出了一些问题,不仅制约了中国民航安检业的发展,对于民航的安全生产也埋下了不少的安全隐患,因此寻求一个适应中国当前国情的安检管理模式是具有一定现实意义的。徐丹与李东梅[10]指出口岸通关模式的优化对提高口岸通关效率与资源集约利用起决定性作用,以拱北口岸—澳门关闸与深圳湾口岸为实例,分析了陆路口岸和通关模式的基本模式,提出了数学模型分析其通关时间效率。

2.2. 应用计算机仿真技术研究通关安检运作模式的相关成果

计算机系统仿真是以真实(海关通关)管理系统为标杆,通过计算机构建仿真模型模仿它,如能与实际系统一致则认为仿真效果好,否则就逐步修正计算机仿真模型,多次调整后使仿真结果越来越逼真。国内学者在应用计算机仿真技术进行通关安全检查相关研究方面,甘蜜[11]应用计算机仿真技术进行我国港口物流中货物通关效率的模型研究,分析了我国海关通关效率的现状,并通过与发达国家的现状对比,提出了优化通关系统的对策。胡蓉与真虹[12]以扩展事件流程链、广义随机 Petri 网和排队 Petri 网作为海关通关流程再造建模工具,通过扩展事件流程链的分析矩阵,提出基于分类通关的通关流程再造方案,并通过仿真软件 SPNP 6.0 和 SimQPN 检验了再造后流程的有效性和可行性。张戎与艾彩娟[13]介绍山山保税港区进口法检货物的通关过程,应用广义随机 Petri 网进行建模分析,并通过 ExSpect 仿真模拟进口法检货物在口岸的平均逗留时间。

随着中国国际化程度和国际地位日益提高,越来越多的中国旅客选择乘坐飞机出行,机场安全检查的工作强度和工作压力也越来越大,面临着严峻的考验[9]。民航安全检查是民航空防安全保卫工作的重要组成部分,是国务院民用航空主管部门授权的专业安检队伍,为保障航空安全,依照国家法律法规对乘坐民航班机的中、外籍旅客及物品以及航空货物、邮件进行公开的安全技术检查,防范劫持、爆炸民航班机和其他危害航空安全的行为,保障国家和旅客生命财产的安全。蒋欣欣等[14]研究人员以深圳宝安国际机场航站楼内旅客安检流程为实例分析对象,在对资源没有限制的条件下,根据安检服务流程特性,运用广义随机 Petri 网和马尔科夫链对航站楼内单信道安检服务流程进行建模与计算机仿真分析。

倪桂明与杨东援[15]指出计算机仿真分析是提高机场系统规划设计与运营管理水平的重要途径,并概述了国内外机场系统计算机仿真的研究情况和发展。肖耀铨等[16]利用矩阵分析工具通过对高峰期航班起飞时间的科学安排,提高机场行李安全检测的可靠性,使高峰期乘客到达的流量尽量平稳,以降低安全检测的压力和成本。陆迅[17]以机场的旅客和行李流程为研究对象,对机场运行进行了规划和仿真方法的

研究, 通过 Petri 网为建模工具, 建立了浦东国际机场行李流程仿真系统。

赵振武与麻建军[18]针对我国民航机场安检系统所面临的安检系统压力过大, 乘客等待时间长, 乘客满意度低等问题, 引入虚拟排队的概念, 应用计算机仿真技术进行模型研究与实验。顾扬等[19]科研工作者为避免大型机场繁琐的通关安检作业导致的服务时间延长、机场服务质量减少及旅客满意度下降等可能后果, 针对机场不同时间段的航班计划计算了相应合适的安检通道开放数量, 并基于排队论计算了旅客的等待时间, 他们指出根据不同时间段的航班数动态分配安检资源可以保证安检效率、机场服务质量并降低安检成本。

2.3. 开发通关安检系统的相关研究

通关系统开发是通过分析口岸海关通关作业, 根据计算机应用系统的技术要求将海关通关作业不同性质、不同功效的技术装备综合集成于计算机网络平台的技术思想和技术措施, 并加以实现和维护的过程。在现行中国法律制度下, 探索如何创新通关作业服务机制, 应用现代化信息技术来构建电子化通关系统, 优化口岸通关管理运行模式以提升通关效率和服务水平, 值得国内学者深入研究相关课题。

马力行等[20]研究人员介绍通关风险评估系统研究与开发的主要过程, 在分析中国海关实行风险分类管理必要性的基础上, 推动我国海关实行风险分类管理的实践。张捷等人[21]构建海关风险管理信息平台的优化模式, 在海关风险管理中引入关键因素分析法, 达到抓住海关风险管理关键环节的目的。胡蓉与陈秋琳[22]提出基于无纸通关事后交单的上海海关通关流程再造方案, 以扩展事件流程链和赋时 Petri 网作为海关通关流程再造建模工具, 借扩展事件和分析流程链的分析矩阵, 并通过计算机仿真软件 Witness 检验再造后流程的有效性和可行性。

近年来, 中国的通关作业模式水平得到了很大提高, 但是与国外先进国家(或地区)的通关模式对比仍然存在一些不足。因此, 借鉴发达国家的经验对我国海关通关管理运作模式分析、通关系统开发及风险管理的实现方式等研究具有重要的现实意义。

3. 国外研究现状及发展动态

3.1. 研究与开发通关安检系统的相关成果

在国外的研究成果进展方面, 美国海关风险管理运用较早, 其风险管理整体框架以先进的管理思想和信息技术为辅助, 实现了管理思想由被动面对风险向主动承担和控制风险转变。美国机场海关从 1998 年起开始使用一个选择性的计算机预先查核系统(Computer-Assisted Passenger Prescreening System, CAPPS), 当通关旅客在出示护照时, 个人的数据会传送到 CAPPS 查核系统数据库, 海关人员再根据通关旅客身分背景、有无犯案前科、历史数据等等属性去指派每个通关旅客相对应的风险值, 作为后续通关安全检查系统之决策参考值。McLay 等[23]提出利用查核系统预先指派的风险值, 可将通关旅客区分为不同的危险等级, 风险值愈高, 通关安全检查程序就愈严格。

风险值(Risk Value)是经由查核系统得知, 大部分文献假设风险值服从某一机率分配, 例如 Lee 和 Jacobson [24]、McLay 等[25]、McLay 等[26]及 Wang [27]皆假设风险值服从截断指数分配(Truncated Exponential Distribution), Nikolaev 等[28]、Nie 等[29]皆假设风险值服从一般间断分配, Sewell 等[30]和 Sewell 等[31]则假设不同风险等级服从不同参数之常态分配。此外, 也有另一派学者使用估计的方式近似现实生活中风险值的机率分配, 如 Lee 和 Jacobson [32]使用 Fisher Information 估计旅客的风险值。Lee 和 Jacobson [24]则使用三种估计算法, 分别为贝式估计法、递归参数估计法、预测估计法, 在不确定性的环境下估计不同通关旅客的风险值分配。

在通关旅客分配问题的研究工作上, McLay 等[33]考虑安全检查系统至少有两种检查站, 旅客被指

派风险值后,海关人员会将各个旅客分配至其中一个检查站,考虑不同等级、检查过程和检查设备的成本,在满足总预算与指派限制式下,最大化检查站成功抓到乘客携带危险物品的机率。Nie等[29]也将安全检查站分为两种等级(Normal Lane 和 Selectee Lane),其中 Normal Lane 检查站的检查过程较为宽松, Selectee Lane 检查站的检查过程则较为严格。将通关旅客依照风险值划分成多个等级,在 Selectee Lane 的容量限制下,纳入通关旅客的等待时间考虑,在正确警报(True Alarm)和等待时间两目标之间进行取舍,选择相对较佳的分配策略。

Zhang等[34]分析美国与加拿大之间陆路的通关系统,利用排队论建构两阶段式安全检查模型,评估待检通关车辆进行第二阶段检查之最佳比率,并推导通关车辆在安全检查站的平均等待时间,并通过数值模拟验证其理论结果。Lin等[35]利用暂态的多服务器排队模型进行过境延迟时间的预测。Lee和Jacobson[36]则提出了两种通关旅客分配策略。一种为静态的策略,即在稳定状态下以优化模型决定待检旅客分配至各个安全检查站的机率值;另一种为动态的策略,经由瞬态分析(Transient Analysis)决定乘客指派策略,以平衡正确警报的机率和旅客停留在安全检查系统之期望时间。

3.2. 通关安检管理与运作模式的研究工作

近两年来欧洲已接连发生数起大规模恐怖攻击案, Matsika等[37]探讨恐怖袭击对地铁和轻轨系统的风险评估,并回顾了现有的风险评估方法和国际政策。Wong和Brooks[38]针对不断发展的以风险为基的安全检查问题进行回顾整理工作和预测严格的安检措施将如何冲击航空业的趋势。Shafieezadeh等[39]提出一套风险管理架构,应对机场口岸的潜在恐怖袭击。Mabrouki等[40]提出一套管理决策支持方法进行港口通关的风险管理。Nikoofal和Gümüs[41]评估恐怖分子的私人信息在政府的国家安全防卫资源分配之影响价值。

Maoh等[42]分析孤立的9/11恐怖袭击事件和随后严格的边境安全水平,对于加拿大-美国边境跨境卡车运动的变化影响,长期的统计数据表明对卡车的跨境运动产生了负面影响,也影响了国家GDP的表现。Zhao等[43]回顾了集装箱安全领域的最近文献,基于对集装箱的安全视角、威胁识别、集装箱安全评估、成本(效益)和安全度之间的平衡、时间的减少和安全度之间的平衡、集装箱运输流程安全等要素标准,提出了一个分类框架来论述在集装箱安全问题的当前研究、方法论和文献见解。

Papa[44]整理了美国与欧洲海运通关检查策略,一般可以分为均等检查(Uniform Screening)和选择性检查(Selective Screening)两种,均等检查即对所有欲通关之旅客或货物都进行一样的检查程序,而选择性检查是针对通关旅客或货物的某一比例进行详细检查。利用以风险值为依据的安全检查系统指派不同的检查过程,会比对所有通关旅客或货物皆进行详细检查更有效,所以通常安全检查系统都会依查核系统提供的风险值分成不同等级进行后续检查。Nikolaev等[45]探讨经由查核系统指派各个通关旅客其风险值,随后被指派到其对应的检查等级过程。Virta等[46]考虑安全检查系统至少会将通关旅客或货物划分为两类(Selectee和Non-Selectee),海关再根据其风险值分派至相对应的安全检查站,而不同等级检查站依据其检查设备(如X光机、金属探测器等)导致其安全检查能力也未必相同。在安全检查过程中,旅客经由一系列不同安检设备检查是否带有危险物品,每当通关旅客被安检设备检查后,动态地更新旅客的风险值。

Wang和Zhuang[47]利用排队论中的M/M/1模型推估安全检查站之平均通关时间,并使用赛局理论的方法,分别以海关管理者和通关旅客的角度,探讨各别采取的决策行为。Ruiz-Aguilar等[48]利用一些支持向量回归技术预测在边境检查站货运的二阶段安检过程。Luh等[49]利用排队论建构有效率的矩阵计算方法,计算具有有限缓冲的两阶段式安全检查模型的平均通关时间。Wang等[50]提出一套排队分析方法,探索安全有效的全球供应链管理决策。Wang等[51]考虑货物集装箱的通关风险和延误时间损失,研究安

全检查站的管理决策模型。Wang [52]将口岸通关安全检查问题建构成一数学模型,探讨一种基于风险管理的决策分析方法。

Gillen 和 Morrison [53]研究航空安全相关的成本核算、定价和绩效表现。Sewell 等[30]和 Sewell 等[31]则考虑分配安全检查设备的问题,在设备总预算和空间限制下,分配不同种类和数量的设备到各个等级的检查站,决定要购买及安装的设备数量,最大化检查站安全水平。安全检查设备的成本包含购买成本、安装成本、运作成本、维修成本等。Jacobson 等[54]探讨安全检查站在不同的情境下,使用不同的检查设备去查验通关旅客行李的成本分析。Feng [55]则以两阶段规划方式建构其期望设备成本优化模型。

Dreiding 和 McLay [56]主要研究港口集装箱安检中的核武器检测问题,利用一个线性规划模型研究具有初筛(Pre-Screening)筛选政策的集装箱安检模式。Bagchi 和 Paul [57]分析和筛选搭机旅客风险,研究机场安全资源的最佳配置。Chang 等[58]探讨口岸在集装箱运输业务的安全和安全风险分析。Kierzkowski 和 Kisiel [59]提出了一种基于模糊逻辑(Fuzzy Logic)的机场安全检查系统的评价模型,该模型考虑安全检查系统的容量、违禁物品的检测效率和安检系统的服务水平,进行多目标评价(Multi-Criteria Evaluation)。

3.3. 采用计算机仿真技术研究通关安检运作模式的相关成果

计算机仿真技术广泛应用于口岸海关通关作业的各个方面,以美国为首的欧美发达国家凭借先发优势和成熟仿真产品,构建实际海关系统的计算机仿真模型以便理解和评价系统的各种运行策略,已经成为国家安全管理的关键技术和科研核心竞争能力。

Sekine 等[60]使用了一种基于计算机模拟的方法来分析供应链的安全政策问题,通过模拟和响应面方法(Response Surface Method, RSM)来建构安全检查策略和利益相关者目标之间的关系,以构造多目标决策问题的一组帕累托最优解(Pareto Optimal Solutions)。de Lange 等[61]利用计算机仿真实验建构在机场安检通道的虚拟排队线,进行相关评估分析。Boekhold 等[62]使用一般微观计算机仿真模型评估国内航班的安全检查系统。Seidl 等[63]通过一个动态的仿真模型,分析恐怖袭击和预防成本之间的跨时空权衡,以探讨决定多少资源应分配到反恐措施的问题。Wilson 等[64]提出一种二维空间感知的离散事件仿真工具—安全检查点优化器(Security Checkpoint Optimizer, SCO),允许安全分析师以图形界面构建一系列安全检查活动的仿真模型和布局。

Dorton [65]采用离散事件模拟(Discrete Event Simulation, DES)和排队网络,利用计算机仿真软件 Arena 研究了小机场行李量和安全检查站的报警率(Alarm Rate)之间的关系。Kierzkowski 和 Kisiel [66]利用计算机仿真软件 Flexsim 提出一种模拟安全控制系统的运行模式,以波兰一机场航站楼的安全检查站作为一个案例研究,开发动态管理算法计算旅客等待安检的平均时间、最小的平均停留时间和安检站的运营工作时数。Alodhaibi 等[67]使用仿真软件 ExtendSim V9.2,开发了一个离散事件模拟的计算机仿真架构,以评估机场航站楼内旅客出境流程的效率,包括航空托运登记、海关安检及登机手续的相关活动。Perboli 等[68]通过一个仿真工具 AirSIM,对机场的运营过程在不同运作场景下进行离散事件仿真建模和分析,以用来选择机场新安全系统的不同参数,以及分析如何可以提高系统的整体性能。

Wang [27]利用 Arena 软件建立了两种等级安全检查站的计算机仿真模型,研究两种安全等级通关旅客对安检系统的优化设计,其中通关旅客在 Selectee 检查站的检查过程会比较严格,而在 Non-Selectee 检查站的检查过程会相较宽松。Huang 等[69]考虑的安全检查站分成 3 种安全能力等级,以马可夫决策过程探讨通关旅客分配问题,并以模拟退火法求解最佳的通关旅客分配方式。

Weiss [70]开发了一种基于智能代理的机场动态安全仿真工具,模拟攻击者和防御者在机场环境的行为。Roanes-Lozano 等[71]开发一种可以加速时间模拟机场出港旅客在航空站流量的软件包,该软件包考虑乘客类、航班和每位旅客的目的地等细节,仿真结果可以显示、绘制或给出任何时刻在航空站中旅客

队列的信息。Popa 和 Strer [72]通过对渡轮码头的安全检查进行计算机仿真实验,研究在渡轮码头实施像机场安检一样严格的安全措施对乘客和交通流动造成的影响,实验分析表明实施这样严格的安全措施将导致在渡轮码头造成的严重后果的交通流。

4. 关于改善通关安检系统运作模式的几点思考

近年来全球各地已频繁出现大规模恐怖攻击案,随着恐攻新闻不再陌生,许多恐怖组织近年也改变攻击模式。由此可知,如何改善通关安检运作模式以优化边境通关安检的风险控制,已成为当前世界各国国土安全管理最重要的议题之一。

4.1. 关键问题与挑战

边境通关安全检查系统的设置目的在于预防旅客或货物非法通关,海关人员根据待检旅客或待检货物的风险程度指派至适当的安全检查站,每个检查站是根据其风险程度而设置,当待检旅客或待检货物的风险值愈高,检查的严格程度愈高。当待检旅客和待检货物进入边境口岸后,会先通过海关安全检查的风险查核系统(Prescreening System),海关人员会核对待检旅客或待检货物的数据,并利用查核系统数据库提供的信息标注其风险值,再根据风险值指派其前往合适的安全检查站,以达成海关安检系统的风险管理。

根据 McLay 等[36]研究人员的一系列研究,我们可以发现利用风险值去划分通关旅客或通关货物的检查程序,可降低整体的检查时间且降低其检查成本。但在检查过程中,也可能会发生误判的情形,所以在控制一定的检查时间和检查成本下,又能保证安全检查水平是很重要的研究课题,读者可进一步参考 Wang 和 Zhuang [47]、Zhang [73]、McLay 和 Dreiding [74]、Wang 和 Lan [75]等文献。

海关通关安检系统管理水平的高低对国际物流的畅通有着直接的影响,世贸组织强调海关应采用一系列技术手段,提高工作效率,更好地为进出口商服务。在经济全球化的背景下,国家和地区间的经贸往来日益频繁,边境通关便利化已经成为促进国际贸易发展的重要举措,同时贸易过程中各种繁琐的通关申报手续及海关监管等非效率问题正成为自由贸易的阻力而受到世界各国的广泛关注。货物通关效率低下,使货物运抵市场的成本提高,从而让发展中国家的贸易企业处于竞争劣势。世界银行[76]的研究表明,为支持发展中的国家开展贸易便利化改革,每1美元的援助能产生最高70美元的经济回报,其中直接用于改进边境通关管理系统和安检程序的资金能发挥最大的作用。所以,在通关安检系统的管理问题中,除了考虑安全性和海关成本外,通关效率也是相当重要的绩效指标。

在过往国内外文献中,降低安检系统风险的方法大都是透过增加安检人员或安检设备,然而此方法必然会增加许多的海关成本投入。另外,以往研究边境(口岸)通关安检问题的学者,较少考虑旅客或货物的通关时间限制,而少部分考虑通关时间限制的文献则常直接套用传统的排队模型公式,或忽略不同安检站的通关旅客或通关货物来源具有相依性。在实际口岸运作中,达成通关安检的效率与风险控制常常是相矛盾的管理目标与运作模式,即在海关总预算一定的情况下,提高通关安检的风险安全水平则降低了通关的效率,提高通关效率则降低了安检的风险安全水平。因此,如何找到一个最优的策略来平衡这两方面显得至关重要,是一有待解决的关键科学问题。

本研究建议海关应加强通关安全检查系统的风险查核分析平台,通过构建跨区域、跨部门、跨领域的系统联网进行海量信息收集、存储、分析、反馈,并采用大数据分析技术改善通关安全检查系统的风险分析与评价机制,实现智能化的风险信息分析、预测和报警。当通关安全检查核系统能准确进行通关旅客或通关货物的风险量化分析评估,根据风险值作为指派待检旅客或待检货物至各种安全检查站之参考依据,指派风险性高的乘客和货物进行严密检查措施以降低风险,而风险性低的乘客和货物则简化检

查程序以使其快速通关，来达成安检系统的良好风险管理。为提高通关安全检查系统的运作效率，海关应有效分类不同风险的待检旅客或待检货物至适当检查能力的安全检查站，而非盲目增加通关安检作业的复杂性或耗费巨资增加安检人力及安检设备来进行全面性的严密安全检查。海关的有限资源可聚焦在风险性高的乘客和货物进行严密检查，并能有效配置不同安全检查站的人力与设备资源；此时无风险性的待检旅客和待检货物也能节省不少的通关等待时间。所以，借助于大数据分析技术来研究设计具智能化风险查核分析与评价机制的通关安检系统运作模式，应能达成兼顾降低风险和提升通关效率的目标。

4.2. 探索中国特色的通关安检管理与运作模式创新

西方国家海关通关安全检查系统的发展进程领先于我国海关，各国海关通关安检管理与运作模式的改革创新使得西方国家海关的工作效率普遍提高，较好地解决了各种严格的海关安检管理与繁琐运作模式不利于经济贸易发展的问题。海关安检部门是一个非常重要的国家安全管理部門，海关安检部门依照国家法律法规对旅客及物品以及货物、邮件进行安全技术检查，防范劫持、爆炸和其他危害安全的行为，保障国家和旅客生命财产的安全。随着全球一体化进程的深化，中国国际化程度日益提高，借鉴国内外研究海关通关安检运作模式的先进经验，结合我国的实际情况，寻求适应中国当前国情的通关安检管理与运作模式创新，应是具有一定现实意义的。

为思考中国海关改善通关安检运作模式的未来可行方向，本研究以出入境检查效率向来为人称道的香港为参考借镜。香港的土地虽小但是口岸数量不少，世界各地每年有近 3000 万游客参访香港，全年出入境高达 2 亿多人次。近年来香港与中国内地之间的人流和物流都有相当大的增长，尤其是陆路方面，香港有许多货物需要运到珠江三角洲加工，再运回香港做最后加工后出口；同时，珠江三角洲也有许多货物利用香港港口或机场出口。因此，海关必须加快通关安全检查速度，提高安检效率，以适应两地人流和物流的快速发展。

香港特区政府采取一些措施简化通关的手续，实现电子化通关安检运作模式，逐渐取代人手操作，香港出入境服务各类通关措施自动化、电子化是其追求的目标。例如，香港海关采取使用电子数据联通系统、加强情报收集互通工作、自动车识别系统、增购流动货物检查系统等一系列的措施，以缩短平均通关时间。同时，根据人流和物流的流量来决定出入境检查的人力支出和人员调配。香港已经在机场、港口等口岸让一些常造访香港的旅客，可以使用“e-道”通关。另外，香港特区政府也和中国内地边检部门协调以实现通关自动化，对于持有电子芯片通行证的中国内地游客可以采用自助通关机器。香港改善通关安检效率的成功经验值得中国海关相关部门进一步研究。

依据《国务院关于印发落实“三互”推进大通关建设改革方案的通知》(国发[2014]68号)和《国务院关于改进口岸工作支持外贸发展的若干意见》(国发[2015]16号)精神，我们应积极探索适合中国边境通关安检管理与运作的新模式，兼顾边境通关安检风险管理及通关效率的考虑，建构通关安全检查系统的分析模型，并有效利用计算机仿真系统来评估各种通关安检系统设计之绩效表现，期望找到优化风险管理及通关效率目标的安检管理与运作模式。

5. 结束语

本文介绍了通关安全检查系统运作模式的国内外文献研究工作，并探讨了应用计算机仿真技术研究通关安检运作模式的重要性。通过学习国内外相关文献的研究现状及发展趋势，可了解世界各国政府和学术界对通关安检系统开发、管理与运作模式等研究课题的重视程度日益增加，值得国内学者深入研究通关安检系统相关的科学问题。大多数国家的边境口岸都希望通关安全和效率能够并重，但安全和效率经常是需要权衡取舍的两个目标。随着全球各地近年频繁出现恐怖攻击，各国通关安全检查系统快速发

展,且其安检管理与运作模式具有越来越高的作业复杂度,因此将持续增加未来发展关键技术的挑战性。

本研究整理国内外通关安检系统运作模式的相关文献成果,不仅期望引起国内科研工作者能多关注通关安检管理的重要研究课题,也希望能够使更多的中国海关实际工作者和决策者掌握国内外先进的管理科学分析、计算机建模与系统仿真实现等研究方法和大数据分析应用技术。最后,本文也提出了权衡通关安全性与便利性的几个关键问题,和未来改善通关安检系统运作模式的可行方向,借此在创新研究该权衡问题的建模、系统仿真实现与管理应用等方面提供些许思考。同时,相关研究成果可提供中国海关监督、检验检疫等单位的研究者和决策者参考使用,借助于探索优化风险控制的可管理方案来创新海关通关安检模式,并配合国家推动“一带一路”各国旅客与货物进出中国边境口岸便利化的政策需求,以做好便捷有效率的通关安检风险管理。

基金项目

本课题得到福建省科技厅自然科学基金面上项目(2016J01330)、福建省教育厅中青年教师教育科研项目(JAT160337)资助。

参考文献 (References)

- [1] 孙慧. 中外口岸通关模式的比较研究[J]. 商业研究, 2006(17): 188-191.
- [2] 余波. 中国海关通关管理模式研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2007.
- [3] 高翔. 空运进口通关效率研究[J]. 中国市场, 2009(2): 143-146.
- [4] 韩露. 中国、新加坡通关模式比较及启示[J]. 物流科技, 2010(6): 78-80.
- [5] 徐才. 基于福建自贸区建设的港口通关模式优化研究——以厦门片区为例[J]. 物流工程与管理, 2015(3): 7.
- [6] 陈昊坚. 海关大监管体系下的查验管理中心运作模式研究[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 厦门大学, 2014.
- [7] 曾俊杰. 机场安检设置与优化[J]. 知识经济, 2009(12): 173-174.
- [8] 施奇. 中国(上海)自由贸易试验区海关稽查模式优化研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2014.
- [9] 程晋云, 徐杨. 对国内民航机场安检管理模式的思考[J]. 中国公共安全(学术版), 2016(2): 41-44.
- [10] 徐丹, 李东梅. 珠江三角洲地区陆路口岸通关模式优化研究[J]. 综合运输, 2016, 38(8): 30-34.
- [11] 甘蜜. 我国港口物流中货物通关效率的模型研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2008, 6(4): 40-44.
- [12] 胡蓉, 真虹. 基于排队 Petri 网的海关通关流程性能分析和优化[J]. 系统工程, 2010, 28(4): 48-53.
- [13] 张戎, 艾彩娟. 基于广义随机 Petri 网的口岸通关流程建模与仿真——以洋山保税港区进口法检货物的通关流程为例[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(7): 1568-1574.
- [14] 蒋欣欣, 周航, 蔡冰青. 航站楼安检布局及流程优化研究[J]. 航空计算技术, 2015, 45(3): 25-29+34.
- [15] 倪桂明, 杨东援. 机场系统计算机仿真研究的应用与发展[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(1): 112-115.
- [16] 肖耀铨, 邓波, 霍浩超, 叶世绮, 胡代强. 机场安全检测的优化策略[J]. 暨南大学学报(自然科学版), 2003, 24(5): 35-42.
- [17] 陆迅. 机场旅客与行李流程的规划和仿真研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2008.
- [18] 赵振武, 麻建军. 民航机场安检排队系统的发展趋势与研究[J]. 综合运输, 2016, 38(10): 64-69.
- [19] 顾扬, 郑敏, 周航, 李玥. 机场安检资源动态分配方法研究[J]. 航空计算技术, 2016, 46(5): 67-72.
- [20] 马力行, 蒋馥, 侯立文. 海关通关风险评估系统的研究与开发[J]. 预测, 2003, 22(5): 21-24.
- [21] 张捷, 陈霞, 王逸阳. 海关风险管理信息平台优化模式的构建[J]. 内蒙古农业大学学报: 社会科学版, 2011, 13(1): 126-128.
- [22] 胡蓉, 陈秋琳. 海关物流通关流程优化研究[J]. 船海工程, 2009, 38(5): 166-169+176.
- [23] McLay, L.A., Jacobson, S.H. and Kobza, J.E. (2006) A Multilevel Passenger Screening Problem for Aviation Security. *Naval Research Logistics*, **53**, 183-197. <https://doi.org/10.1002/nav.20131>
- [24] Lee, A.J. and Jacobson, S.H. (2012) Addressing Passenger Risk Uncertainty for Aviation Security Screening. *Trans-*

- portation Science*, **46**, 189-203. <https://doi.org/10.1287/trsc.1110.0384>
- [25] McLay, L.A., Jacobson, S.H. and Nikolaev, A.G. (2009) A Sequential Stochastic Passenger Screening Problem for Aviation Security. *IIE Transactions*, **41**, 575-591. <https://doi.org/10.1080/07408170802510416>
- [26] McLay, L.A., Lee, A.J., and Jacobson, S.H. (2010) Risk-Based Policies for Airport Security Checkpoint Screening. *Transportation Science*, **44**, 333-349. <https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0308>
- [27] Wang, C.-H. (2016) Arena Simulation for Aviation Passenger Security-Check Systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, **536**, 95-102. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48490-7_12
- [28] Nikolaev, A.G., Jacobson, S.H. and McLay, L.A. (2007) A Sequential Stochastic Security System Design Problem for Aviation Security. *Transportation Science*, **41**, 182-194. <https://doi.org/10.1287/trsc.1070.0198>
- [29] Nie, X., Parab, G., Batta, R. and Lin, L. (2012) Simulation-Based Selectee Lane Queuing Design for Passenger Checkpoint Screening. *European Journal of Operational Research*, **219**, 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.12.012>
- [30] Sewell, E.C., Attagara, J., Kobza, J.E. and Jacobson, S.H. (2012) Allocating Explosive Screening Devices for Aviation Security. *Journal of Transportation Security*, **5**, 141-155. <https://doi.org/10.1007/s12198-012-0087-6>
- [31] Sewell, E.C., Lee, A.J. and Jacobson, S.H. (2013) Optimal Allocation of Aviation Security Screening Devices. *Journal of Transportation Security*, **6**, 103-116. <https://doi.org/10.1007/s12198-013-0106-2>
- [32] Lee, A.J. and Jacobson, S.H. (2012) Identifying Changing Aviation Threat Environments within an Adaptive Homeland Security Advisory System. *Risk Analysis*, **32**, 319-329. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01656.x>
- [33] McLay, L.A., Jacobson, S.H. and Kobza, J.E. (2007) Integer Programming Models and Analysis for a Multilevel Passenger Screening Problem. *IIE Transactions*, **39**, 73-81. <https://doi.org/10.1080/07408170600729200>
- [34] Zhang, Z.G., Luh, H.P. and Wang, C.H. (2011) Modeling Security-Check Queue. *Management Science*, **57**, 1979-1995. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1110.1399>
- [35] Lin, L., Wang, Q. and Sadek, A.W. (2014) Border Crossing Delay Prediction Using Transient Multi-Server Queueing Models. *Transportation Research Part A*, **64**, 65-91. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.03.013>
- [36] Lee, A.J. and Jacobson, S.H. (2011) Evaluating the Effectiveness of Sequential Aviation Security Screening Policies. *IIE Transactions*, **43**, 547-565. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2010.550909>
- [37] Matsika, E., O'Neill, C., Battista, U., Khosravi, M., de Santiago Laporte, A. and Munoz, E. (2016) Development of Risk Assessment Specifications for Analysing Terrorist Attacks Vulnerability on Metro and Light Rail Systems. *Transportation Research Procedia*, **14**, 1345-1354. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.207>
- [38] Wong, S. and Brooks, N. (2015) Evolving Risk-Based Security: A Review of Current Issues and Emerging Trends Impacting Security Screening in the Aviation Industry. *Journal of Air Transport Management*, **48**, 60-64. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.06.013>
- [39] Shafieezadeh, A., Cha, E.J. and Ellingwood, B.R. (2015) A Decision Framework for Managing Risk to Airports from Terrorist Attack. *Risk Analysis*, **35**, 292-306. <https://doi.org/10.1111/risa.12266>
- [40] Mabrouki, C., Bentaleb, F. and Mousrij, A. (2014) A Decision Support Methodology for Risk Management within a Port Terminal. *Safety Science*, **63**, 124-132. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.09.015>
- [41] Nikoofal, M.E. and Gümüs, M. (2015) On the Value of Terrorist's Private Information in a Government's Defensive Resource Allocation Problem. *IIE Transactions*, **47**, 533-555. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2014.938844>
- [42] Maoh, H.F., Khan, S.A. and Anderson, W.P. (2016) Truck Movement across the Canada-US Border: The Effects of 9/11 and Other Factors. *Journal of Transport Geography*, **53**, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.04.002>
- [43] Zhao, X., Yan, H. and Zhang, J. (2017) A Critical Review of Container Security Operations. *Maritime Policy & Management*, **44**, 170-186. <https://doi.org/10.1080/03088839.2016.1253883>
- [44] Papa, P. (2013) US and EU Strategies for Maritime Transport Security: A Comparative Perspective. *Transport Policy*, **28**, 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.08.008>
- [45] Nikolaev, A.G., Lee, A.J. and Jacobson, S.H. (2012) Optimal Aviation Security Screening Strategies with Dynamic Passenger Risk Updates. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, **13**, 203-212. <https://doi.org/10.1109/TITS.2011.2167230>
- [46] Virta, J.E., Jacobson, S.H. and Kobza, J.E. (2003) Analyzing the Cost of Screening Selectee and Non-Selectee Baggage. *Risk Analysis*, **23**, 897-908. <https://doi.org/10.1111/1539-6924.00367>
- [47] Wang, X. and Zhuang, J. (2011) Balancing Congestion and Security in the Presence of Strategic Applicants with Private Information. *European Journal of Operational Research*, **212**, 100-111. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.01.019>
- [48] Ruiz-Aguilar, J.J., Turias, I.J. and Jiménez-Come, M.J. (2015) A Two-Stage Procedure for Forecasting Freight Inspections at Border Inspection Posts Using SOMs and Support Vector Regression. *International Journal of Production Re-*

- search, **53**, 2119-2130. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.965852>
- [49] Luh, H., Zhang, Z.G. and Wang, C.-H. (2013) A Computing Approach to Two Competing Services with a Finite Buffer Effect. *Proceedings of the 8th International Conference on Queueing Theory and Network Applications (QTNA2013)*, Taichung, 31 July-2 August 2013, 15-21.
- [50] Wang, C.-H., Luh, H.P. and Zhang, Z.G. (2012) Secure and Efficient Global Supply Chain Management: A Queueing Analysis. *Lecture Notes in Operations Research and Decision Science*, 28-36.
- [51] Wang, C.-H., Wu, M.-E. and Chen, C.-M. (2015) Inspection Risk and Delay for Screening Cargo Containers at Security Checkpoints. *Proceedings of the Eleventh International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP-2015)*, Adelaide, 23-25 September 2015, 211-214. <https://doi.org/10.1109/IIH-MSP.2015.29>
- [52] Wang, C.-H. (2015) A Modelling Framework for Managing Risk-Based Checkpoint Screening Systems with Two-Type Inspection Queues, *Proceedings of the Third International Conference on Robot, Vision and Signal Processing (RVSP 2015)*, Kaohsiung, 18-20 November 2015, 220-223. <https://doi.org/10.1109/RVSP.2015.59>
- [53] Gillen, D. and Morrison, W.G. (2015) Aviation Security: Costing, Pricing, Finance and Performance. *Journal of Air Transport Management*, **48**, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2014.12.005>
- [54] Jacobson, S.H., Karnani, T., Kobza, J.E. and Ritchie, L. (2006) A Cost-Benefit Analysis of Alternative Device Configurations for Aviation Checked Baggage Security Screening. *Risk Analysis*, **26**, 297-310. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00736.x>
- [55] Feng, Q. (2007) On Determining Specifications and Selections of Alternative Technologies for Airport Checked-Baggage Security Screening. *Risk Analysis*, **27**, 1299-1310. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2007.00966.x>
- [56] Dreiding, R.A. and McLay, L.A. (2013) An Integrated Model for Screening Cargo Containers. *European Journal of Operational Research*, **230**, 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.04.001>
- [57] Bagchi, A. and Paul, J.A. (2014) Optimal Allocation of Resources in Airport Security: Profiling vs. Screening. *Operations Research*, **62**, 219-233. <https://doi.org/10.1287/opre.2013.1241>
- [58] Chang, C.-H., Xu, J. and Song, D.-P. (2014) An Analysis of Safety and Security Risks in Container Shipping Operations: A Case Study of Taiwan. *Safety Science*, **63**, 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.008>
- [59] Kierzkowski, A. and Kisiel, T. (2017) Evaluation of a Security Control Lane with the Application of Fuzzy Logic. *Procedia Engineering*, **187**, 656-663. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.427>
- [60] Sekine, J., Campos-Náñez, E., Harrald, J.R. and Abeledo, H. (2006) A Simulation-Based Approach to Trade-Off Analysis of Port Security. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, Monterey, 2-6 December 2006, 521-528. <https://doi.org/10.1109/WSC.2006.323125>
- [61] de Lange, R., Samoilovich, I. and van der Rhee, B. (2013) Virtual Queueing at Airport Security Lanes. *European Journal of Operational Research*, **225**, 153-165. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.025>
- [62] Boekhold, J.V., Faghri, A. and Li, M. (2014) Evaluating Security Screening Checkpoints for Domestic Flights Using a General Microscopic Simulation Model. *Journal of Transportation Security*, **7**, 45-67. <https://doi.org/10.1007/s12198-013-0129-8>
- [63] Seidl, A., Kaplan, E.H., Caulkins, J.P., Wrzaczek, S. and Feichtinger, G. (2016) Optimal Control of a Terror Queue. *European Journal of Operational Research*, **248**, 246-256. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.010>
- [64] Wilson, D., Roe, E.K. and So, S.A. (2006) Security Checkpoint Optimizer (SCO)—An Application for Simulating the Operations of Airport Security Checkpoints. *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, Monterey, 2-6 December 2006, 529-535. <https://doi.org/10.1109/WSC.2006.323126>
- [65] Dorton, S.L. (2011) Analysis of Airport Security Screening Checkpoints Using Queueing Networks and Discrete Event Simulation: A Theoretical and Empirical Approach. Dissertations and Theses, Embry-Riddle Aeronautical University, Paper 47.
- [66] Kierzkowski, A. and Kisiel, T. (2017) Simulation Model of Security Control System Functioning: A Case Study of the Wrocław Airport Terminal. *Journal of Air Transport Management*, **64**, 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.09.008>
- [67] Alodhaibi, S., Burdett, R.L. and Yarlagadda, P.K.D.V. (2017) Framework for Airport Outbound Passenger Flow Modelling. *Procedia Engineering*, **174**, 1100-1109. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.263>
- [68] Perboli, G., Musso, S., Perfetti, F. and Trapani, P. (2014) Simulation of New Policies for the Baggage Check in the Security Gates of the Airports: The Logiscan Case Study. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, **111**, 58-67. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.038>
- [69] Huang, P., Luh, H. and Zhang, Z.G. (2016) A Queueing Model for Tiered Inspection Lines in Airports. *International Journal of Information and Management Sciences*, **27**, 147-177.

-
- [70] Weiss, W.E. (2008) Dynamic Security: An Agent-Based Model for Airport Defense. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, Miami, 7-10 December 2008, 1320-1325. <https://doi.org/10.1109/WSC.2008.4736205>
- [71] Roanes-Lozano, E., Laita, L.M. and Roanes-Macías, E. (2004) An Accelerated-Time Simulation of Departing Passengers' Flow in Airport Terminals. *Mathematics and Computers in Simulation*, **67**, 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2004.05.016>
- [72] Popa, A. and Strer, J. (2016) Analysis of Passenger and Vehicle Flows with Microscopic Simulations as a Result of Security Checks at Ferry Terminals. *Transportation Research Procedia*, **14**, 1384-1393. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.211>
- [73] Zhang, Z.G. (2009) Performance Analysis of a Queue with Congestion-Based Staffing Policy. *Management Science*, **55**, 240-251. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1080.0914>
- [74] McLay, L.A. and Dreiding, R. (2012) Multilevel, Threshold-Based Policies for Cargo Container Security Screening Systems. *European Journal of Operational Research*, **220**, 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.01.060>
- [75] Wang, C.-H. and Lan, J. (2017) Performance Evaluation of a Risk-Based Three-Tier Inspection System. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computational Modeling, Simulation and Applied Mathematics (CMSAM2017)*, Beijing, 22-23 October 2017.
- [76] The World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org