

摘要 围绕为城市轨道交通车站安全应急管理决策提供技术支持的核心目标,设计和研发面向车站管理人员的城市轨道交通车站客流安全检测系统;深入研究建设和实现系统的相关集成技术及关键保障技术,有效实现客流安全问题的实时自动发现、人工确认,以及应急预案启动、预案实施效果实时跟踪及过程控制,以保障城市轨道交通车站安全事件处理的实时高效性,提高城市轨道交通车站安全管理水平。

关键词 城市轨道交通;客流安全;实时检测;应急管理

0 引言

城市轨道交通车站是客流集散的重要场所。高密度聚集的客流易产生站点的安全隐患。而快速的城市轨道交通建设,与日俱增的多线换乘枢纽的出现,使站点安全应急管理体系面临新的考验。

如何有效地对站点客流进行实时监控,自动发现、判别客流安全问题,并根据实际情况采取应急预案,保障城市轨道交通站点客流高效安全集散,降低事故的发生率和严重性,提高站点运营效率,是未来城市轨道交通安全与保障研究的重点。

国内外众多学者从灾害学、管理学、经济学、统计学等学科及学科交叉领域对城市轨道交通车站安全问题进行了广泛的探索,研究成果覆盖了法律法规、组织、决策、运行机制、轨道交通车站安全管理的重要性及事故发生的社会影响等多个角度;研究的热点和焦点集中在辅助操作的超媒体技术、救援关键技术的改进、紧急状态下的疏散新法、地铁事故处理系统构建等问题上[1]。相比较而言,精确可靠的实时客流检测信息下安全状态的自动判别和应急预案选择,以及实施效果追踪的调控决策技术平台则较为缺乏;客流的实时检测与应急响应尚不能完美结合;站点应急响应处置过程只能被动回应,缺乏主动应对性。

本研究基于视频检测、图像处理及交通仿真等技术,设计和研发面向车站管理人员的客流安全与应急系统,实现客流安全问题的实时自动发现、人工确认,以及应急预案启动、预案实施效果实时跟踪及过程控制等,尝试解决轨道站点的安全隐患问题。这对城市轨道交通的智能化决策、控制,以及安全预警等有着重要的意义。

1 系统设计目标

城市轨道交通站点客流安全检测系统研发和建设的最终目的,是建立一套应急预案实施效果预测和评价的方法;同时通过对站点客流的实时检测,及时发现和自动判别站点安全事件及其严重程度,为车站的控制管理人员提供决策和应急方案选择的技术支持。系统设计的目标为:

- 1)实现基于视频的客流交通参数的准确检测;
- 2)实现城市轨道交通车站内步行空间中重点监控区域客流安全检测全覆盖;
- 3)实现客流安全问题检测与判别;
- 4)实现客流安全应急预案评价与分析;
- 5)实现从客流安全问题发现到应急预案实施的及时响应;
- 6)实现应急预案实施效果的实时跟踪及修正。

2 系统框架

结合城市轨道交通车站自身特有的管理需求和安全应急的相关规定,辅以先进的网络技术、数字监控技术、图像和视频处理技术以及计算机视觉技术,集成客流实时检测、客流安全问题发现问题等级提示、应急预案选择提示、预案实施效果跟踪和过程控制等功能,实现城市轨道交通车站安全管理的信息化、自动化和规范化。系统框架如图 1 所示。



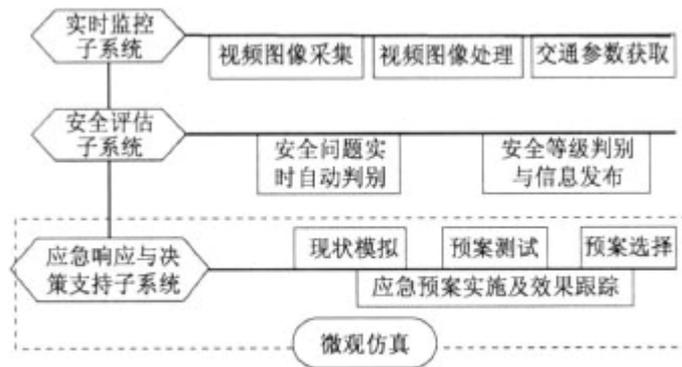


图 1 城市轨道交通车站客流安全检测系统框架

系统主要包括实时监控、安全评估以及应急响应与决策支持等三个子系统。

实时监控子系统的核心任务是通过站点视频监控系统全面收集客流信息,依靠图像识别技术,对图像序列进行及时处理,获取站点客流交通参数,作为安全评价的基础数据储备。安全评估子系统主要任务是根据采集的客流交通参数进行安全状态判别,确认安全等级并进行信息发布。应急响应与决策支持子系统是系统的核心组成部分,它通过微观仿真模型的建立,对站点客流现状进行模拟,对不同预案的实施效果进行评估。安全事件发生时,启动应急预案,对实施效果和实施过程进行跟踪,为站点安全管理提供技术支持。

3 工作流程

按照建立的城市轨道交通车站客流安全检测系统,城市轨道交通车站客流安全检测与应急响应的处理工作流程可以分为发现问题、确认问题、解决问题、效果评估等四个阶段(如图 2 所示)。



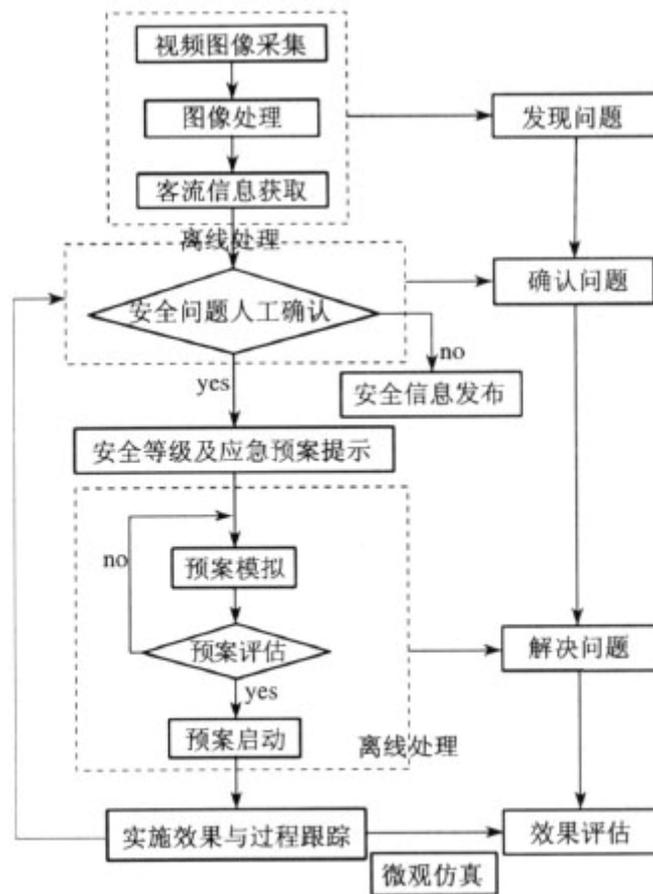


图2 系统工作流程图

4 关键技术

城市轨道交通车站客流安全检测系统的构建和开发是一个复杂的系统工程,涉及了包括交通工程、系统工程、自动控制、管理科学、信息工程、计算机工程等在内的多门学科。因此,系统建设的完整性和运行的可靠性,必须有不同学科领域的专业技术知识予以保障。

4.1 视频客流交通参数检测技术

视频检测技术也被称为数字图像处理技术,是一种结合视频图像和计算机模式识别技术而应用于交通领域的新兴技术。它利用计算机视觉的方法,在不需要人为干预的情况下,通过对摄像机拍摄的图像序列进行自动分析,实现对动态场景中目标的定位、识别和跟踪;并在此基础上分析和判断目标的行为,从而做到既能完成日常管理又能在异常情况发生时及时做出反映。视频检测主要包括目标分割、识别与跟踪等几个过程[3]。通过背景差法提取运动背景,利用模板匹配与边缘检测技术相结合识别运动个体,最终通过对个体的跟踪实现客流交通参数(如行人流量、行人的平均步速和空间平均步速、行人通行密度等)的检测,为安全评价和应急预案响应提供基本信息数据。基于图象识别的行人交通流参数检测实例见图3所示。



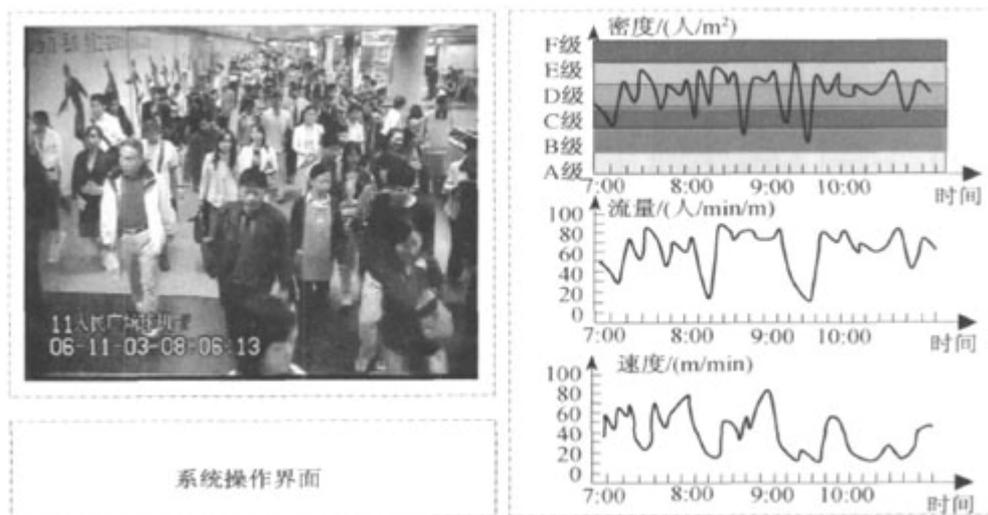


图3 基于图像识别的行人交通流参数检测

4.2 安全问题检测与判别技术

安全等级标准的确定是安全问题检测与判别技术的关键,也是系统建立的前提条件。由于行人交通流特性的复杂性,各国对于轨道交通车站安全标准的制定尚无统一规定。

本研究从城市轨道交通车站步行空间客流特性出发,在设计客流水平下,制定面向客流安全和实时检测的步行空间分类标准;对于不同类型的步行空间,给出相应的服务水平指标。在此基础上,根据步行空间服务水平与客流安全的对应关系,制定相应的客流安全等级标准,为不同安全等级情况下制定应急预案提供依据。不同类型步行空间密度与服务水平的关系见表1。

表1 不同类型步行空间密度与服务水平关系^[4]

服务水平	行走状态描述	单向水平通道 人均空间/(m ² /人)	双向水平通道 人均空间/(m ² /人)	上行楼梯 人均空间/(m ² /人)	下行楼梯 人均空间/(m ² /人)
A级	行人自由步行	≥3.3	≥3.5	≥2.5	≥3.0
B级	行人个体舒适步行,大多数人可达到期望速度	2.0~3.3	2.5~3.5	1.5~2.5	2.0~3.0
C级	正常步行,少数慢速行人可达期望速度	1.5~2.0	2.0~2.5	1.0~1.5	1.5~2.0
D级	慢速行人也不能达到期望速度,行人速度开始同化	1.0~1.5	1.0~2.0	0.7~1.0	1.0~1.5
E级	行人流开始不稳定,步行严重受限,几乎拖着步伐前进	0.6~1.0	0.6~1.0	0.4~0.7	0.6~1.0
F级	行人流极不稳定,流量、速度急剧下降,几乎处于停滞状态	≤0.6	≤0.6	≤0.4	≤0.6

4.3 基于微观仿真的应急预案评价技术

交通仿真近来交通规划过程中热门的辅助方法之一,是规划方案比选和决策的有力工具。本研究选择成熟的专业客流微观仿真软件 Legion,对站点应急预案进行评价。Legion 是由英国 Legion 公司开发、专门用于人群聚集场所行人活动特性仿真模拟的成熟专业软件。Legion 模型利用“最小效用”的概念作为步行者逻辑的基础,并基于智能的个体行为,通过个体的参数和目标如实描述单个步行者及其行为,包括细节的动态变化。其仿真结果更趋近于现实。

系统从仿真的角度解析应急预案的实现过程和效果:通过城市轨道交通车站步行空间和环境的模拟以及车站中旅客行为的如实描述,帮助车站管理和决策人员直观地观察车站中客流分布情况;形象地反映出预案实施后客流参数的变化趋势,获得对于城市轨道交通车站步行环境辨识、客流状态与预案演变、趋势分析和预测的能力;根据应急预案实际效果的在线分析,实现预案的自动选择;在应急预案实施控制点上,进行应急预案实施效果的动态跟踪与校正。应急预案实施过程控制如图4所示。



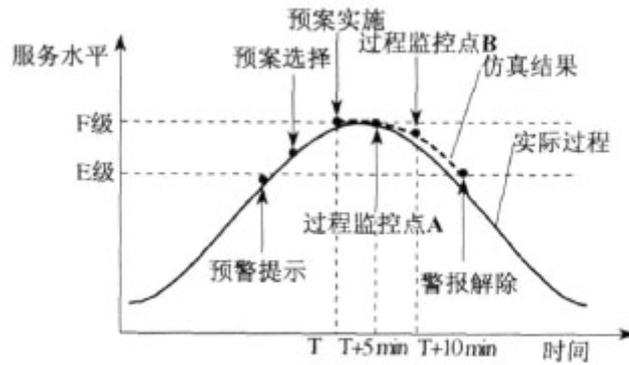


图 4 应急预案实施过程控制示意图

仿真技术的应用,建立了一种根据实际情况不断学习及完善行动作用效果认识程度的技术能力,有助于及时发现预案存在的问题或缺陷,避免做出错误决策,有利于安全事件应急管理决策水平的提高。

5 结语

本系统基于视频检测和微观仿真技术,集成了实时监控、安全评估和应急响应与决策支持等三个子系统。视频检测技术的运用,实现了站点客流分布的动态监视,提高了信息处理的精度和速度。基于 legion 的微观仿真,显著增强了系统可视化展现能力,融合客流实时监控和应急决策支持,增强异常事故安全预案事前模拟分析的能力;实现了控制决策的在线调控,将轨道交通车站的安全管理提高到一个新的水平,具有很强科学性、实时性和实用性,应用前景广泛。

参考文献

- [1]秦勇,王卓,贾利民.轨道交通应急管理系统体系框架及应用研究[J].中国安全科学学报,2007(1):57.
- [2]邵伟中,朱效洁,徐瑞华,等.城市轨道交通事故故障应急处置相关问题研究[J].城市轨道交通研究,2006(1):3.
- [3]骆志强,方卫宁.基于视频图像的复杂背景中流动人群数目的识别[J].铁道学报,2003(5):55.
- [4]同济大学.轨道站步行空间优化设计与客流引导关键技术研究总报告[R].上海:同济大学,2006:18.

