

基于图像识别和多感知融合的列车自动防护方案

徐建勇 丰文胜 薛 强

摘 要: 针对城市轨道交通系统列车运行过程中不能通过轨道占用和列车主动识别监测到危险侵入物的问题,提出了一种基于图像识别和多感知融合技术的列车自动防护方法,将原来由列车司机人工实现对轨道侵入物等突发事件的防护升级为由系统自动防护,大大提高了列车运行的安全性。

关键词: 城轨; 危险侵入物; 图像识别; 多感知融合技术

Abstract: To deal with the limitation that dangerous foreign invaders cannot be detected via a track occupancy detection system or positive train identification during the movement of trains in urban rail transit, we put forward an automatic train protection method based on image recognition and multi-sensor information fusion technology, which will upgrade manual safety protection against occasional accidents such as dangerous foreign invaders in the track by the driver to automatic protection by a system, greatly enhancing the safety of train operation.

Key words: Urban rail transit; Dangerous foreign invader; Image recognition; Multi-sensor information fusion

DOI: 10.13879/j.issn1000-7458.2019-10.18588

城市轨道交通的运营安全很大程度上取决于自动防护系统。通常情况下,城市轨道交通系统中列车与列车之间(包含迎面、侧冲和追尾三种情况)、列车与道岔或其他轨旁设备之间的安全防护,都是在信号自动控制(Automatic Train Control, ATC)系统中实现。但是ATC系统的自动防护是基于轨道占用和列车主动识别检测,因此对于列车运行中出现的不能通过轨道占用和列车主动识别进

行检测的侵入物,如坠落在轨道上的大石块或广告牌、横跨在道口上的汽车、跌入轨道内的人等,ATC系统的自动防护存在一定的局限性。考虑到城市轨道交通运行条件的复杂性,如高架或隧道上轨道空间较小、弯道较多、司机瞭望条件较差,一旦障碍物侵入轨道将产生极大的危害和恶劣的社会影响,为此提出一种利用图像识别的多感知融合技术,能够对侵入物等突发事件实现自动防护,来弥补现有技术所存在的缺陷。

徐建勇:卡斯柯信号有限公司 工程师 200040 上海
丰文胜:卡斯柯信号有限公司 高级工程师 200040 上海
薛 强:卡斯柯信号有限公司 高级工程师 200040 上海
收稿日期:2018-12-13

1 系统架构

系统由图像采集单元、图像处理单元、多感知

参 考 文 献

- [1] 王迪. 基于GNSS的列车定位信息融合技术研究[D]. 兰州:兰州交通大学, 2018.
- [2] 张雅静,汪涛,徐庆标. 基于ITCS的CTCS-4级列控系统关键技术研究[J]. 铁道通信信号, 2018, 54(07): 61-65.
- [3] 鲍才让太. 青藏铁路列控系统国产化研究[J]. 铁道通信信号, 2015, 51(12): 10-13.

- [4] 李凯. 青藏线列车卫星定位系统技术方案研究[J]. 铁道通信信号, 2003(04): 18-20.
- [5] 赵磊,王宏伟,宗干. 北斗星基增强系统列车定位应用研究[J]. 铁道通信信号, 2017, 53(09): 49-52.
- [6] 李小捷. 弱信号环境下的GNSS信号捕获技术研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2012.

(责任编辑:张 利)

融合处理单元、辅助感知单元和预警结果输出单元组成,系统架构如图1所示。

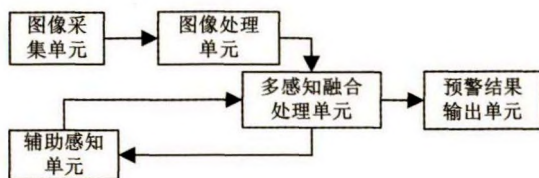


图1 系统架构图

1) 图像采集单元,实时采集列车周边运行环境的图像资源,经过视频同步分离芯片把图像信号传输到图像处理单元中。

2) 图像处理单元,是执行图像识别的核心处理单元,主要对列车周边运行环境中不安全要素特征数据进行提取、识别,初步测量其距离、形状、速度、加速度(并不局限于上述属性),对影响判断的不利干扰因素进行过滤删除,从而实现对不安全因素有效的初步检测。

3) 多感知融合处理单元,根据图像处理单元的输出结果启动辅助感知单元进行二次感知,并通过对辅助感知单元传回的外部不安全因素相关属性,与图像处理单元传来的通过图像识别初步确定的外部不安全因素的相关属性进行融合分析,进一步精确确定外部不安全因素的各项属性。

4) 辅助感知单元,用来辅助探测列车周边运行环境中的外部不安全因素,可以是多种传感器的融合应用,比如雷达、电磁、激光等传感器,也可以将这些传感器进行阵列组合,主要探测的是外部不安全因素的高度、距离、长度、速度、加速度。

5) 预警结果输出单元,根据危害性等级,输出的结果可以是声、光、震动等的组合,也可以是显示在人机交互界面上的相关等级的报警信息,以及紧急情况下直接输出给车辆制动系统的制动命令。

2 处理方案

基于图像识别的多感知融合技术的系统方案实现流程如图2所示。下面针对流程中2个比较核心的处理方案进行介绍。

2.1 图像处理方案

本方案通过图像采集、图像处理、相关要素提

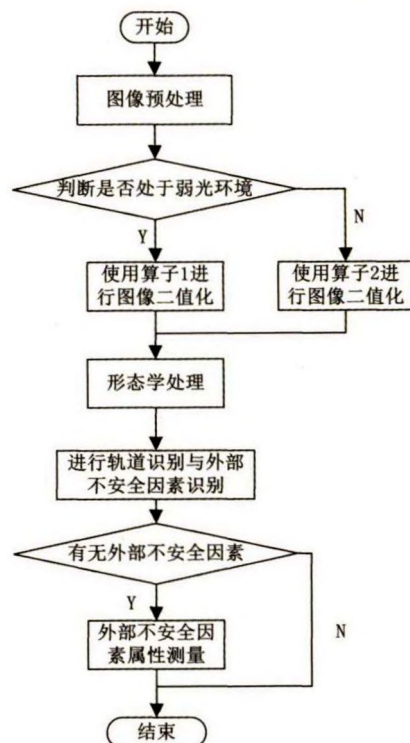


图2 图像处理流程图

取、识别,初步判断是否存在外部不安全因素,并对外部不安全因素的形状、位置、与列车的相对速度和相对加速度等属性进行测量,具体图像处理流程如下。

第1步,图像预处理。由于列车行车安全对图像实时性要求较高,为减小后续处理的数据量,对“图像采集单元”采集的图像数据进行灰度化处理,去除图像数据中RGB信息,转换为只有0~255的灰度数值信息;为了消除图像中的基本噪声,增强图像对比度,提高图像质量,以便后续处理和分析,对图像进行噪声过滤,比较常用的有高斯滤波、中值滤波、均值滤波等。

第2步,强弱光环境判断。城市轨道交通中列车的运行环境分为隧道、高架和地面。在高架和地面运行时,强弱光环境由白天和夜晚决定。白天时整个灰度图亮度比较亮,所以其平均灰度值较小;夜晚时整个灰度图的亮度比较暗,所以其平均灰度值较大。在隧道环境时,与夜晚类似。因此需要确定一个能够准确区分强弱光运行环境的阈值,从而进行列车运行强弱光环境的判断。

第3步,根据第2步的判断,如果为弱光环境

(夜晚或隧道),则使用算子2进行图像的二值化;如果为强光环境(白天),则使用算子1进行图像的二值化。算子1和2是融合了基于阈值和图像边缘检测这2种方法来实现的图像分割算法,它们的主要区别在于不同光照下阈值的取值差异。而所谓图像的二值化,就是根据相应的算法将灰度图中的像素点的灰度值取0或者255,从而使得原灰度图只有黑白两种颜色,进而将采集到的图像中的无关信息滤除。

第4步,将第3步中的二值图进行形态学处理。形态学处理就是对图像数据进行膨胀、腐蚀、开启和闭合这4种形态学的代数运算,从而使图像中物体的边缘信息更加突出。这里的形态学处理还包括对物体边缘信息的滤波处理,从而使边缘信息更加平滑。

第5步,对最后得到的二值图进行轨道识别与外部不安全因素识别。由于轨道的轨面在列车运行过后是很光滑的,再经列车车灯照射,轨面就显得很光亮,所以在处理后的二值图中,轨面的信息就成为了2条白色的长带。又基于轨道的平直特性,所以很容易将列车的运行轨道进行识别。在对列车前方进行外部不安全因素识别时,以列车的轨道作为参考基线,将图像分割成5块识别区域,既左轨左侧、两轨中间、右轨右侧和2个轨面。对于两个轨面的区域识别,只要识别图像中轨面是否连续或者是否规则,如果不连续或不规则,则存在外部不安全因素;对于轨道的交汇点或者分歧点,则可以通过是否存在另外一条连续完整的轨道来排除干扰。对于其他3个区域,则识别是否有大面积的白色区域,这个面积可以根据白色区域所在图像中的位置进行不同阈值的取值(同一大小的物体会因远近关系而在图像中显示大小有所不同)。如果有大面积的白色区域则判断为外部不安全因素,同时对于轨道上用的信标、波导管、轨枕、护轮轨等其他影响判断的物体,可以通过特定的先验特征数据予以排除。在对列车两侧区域进行外部不安全因素识别时,主要以轨道限界范围内的区域作为识别区域,如果存在大面积的白色区域则判断为外部不安全因素。

第6步,当判断有外部不安全因素时,可通过图像测量技术,对外部不安全因素的形状、位置、

与列车的相对速度和相对加速度等信息进行测量,传给多感知融合处理单元,无外部不安全因素则不输出相关信息。

2.2 多感知融合实现方案

为了更可靠地识别不安全因素,多感知融合处理单元根据图像处理单元的输出结果,启动辅助感知单元进行二次感知,通过对2个单元的相关属性进行融合分析,进一步判断是否有碰撞风险。多感知融合处理的具体运行流程如图3所示。

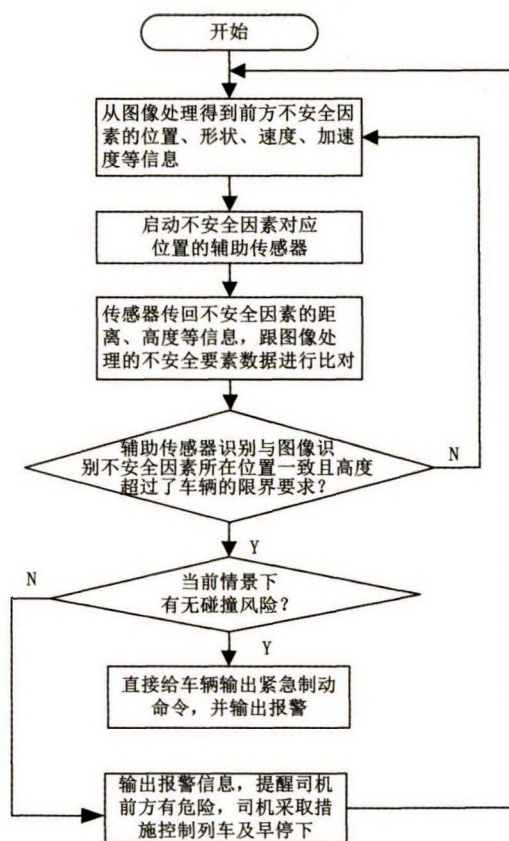


图3 多感知融合处理运行流程

第1步,图像处理单元初步识别到不安全因素的存在,多感知融合处理单元从图像处理单元得到前方不安全因素的形状、位置、与列车的相对速度和相对加速度、角度等信息。

第2步,根据不安全因素形态、位置及相对列车行驶方向的角度信息,启动对应位置的辅助传感器,如雷达、电磁、激光等传感器,也可以将这些传感器进行阵列组合,可根据车辆对应位置对限界的不同要求放置相应位置的传感器,最终通过这些辅助传感器获得不安全因素的距离、高度,以及与

列车的相对速度和相对加速度等信息。

第3步,根据辅助传感器传回不安全因素的距离、高度信息,比对图像处理的不安全要素数据,如果在同一位置且高度也超过了车辆限界要求,则确认存在不安全因素,转第4步;如果比对数据没有发现不安全因素,则转第1步。

第4步,当判断为存在不安全因素时,根据辅助传感器传回的距离不安全因素的相对速度和相对加速度信息,判断是否有碰撞风险。这个判断过程充分考虑了车辆的保障制动率、制动命令的传输延时、车辆牵引的切除时间、紧急制动的施加时间、最大坡度下重力加速度的作用等因素,结合与不安全因素的相对速度和相对加速度信息,最终得到最坏情况下列车可能运行的距离。这个距离与当前不安全因素与列车相对距离进行比较,从而判断该时刻是否存在碰撞风险。如果最坏的情况下不安全因素与列车有碰撞风险,则直接给车辆输出紧急制动命令,从而保证行车安全;如果不安全因素离列车相对较远,当前速度和加速度下司机可以通过施加常规制动,控制列车在发生碰撞前停下来,则可以输出给司机相应的声光报警信息,提醒司机注意前方的危险点,司机采取必要的操作使列车及时停下,从而避免不必要的紧急制动过程。同时,不安全因素信息也可以通过车载无线通信系统,传给轨

旁的运营调度人员和轨旁维保人员,进行后续列车的调度以及不安全因素的排查清除工作,确保后续列车安全行车。

3 总结

本方案针对现行ATC系统探测的局限性,通过图像识别加上其他感知技术,完成对列车运行范围内的外部不安全因素的主动探测、识别、评估,以实现自动防护。本方案能够适应城市轨道交通运行线路出现的复杂情况,将原来由列车司机人工对轨道侵入物等突发事件的防护升级为系统自动防护,降低列车司机的压力和司机瞭望过程中的局限性,以及操作中可能的人为失误,大大提高了城市轨道交通列车的运行安全。

参 考 文 献

- [1] 田秀荣. 基于小波分析的摇感车辆图像增强方法研究[J]. 山西电子技术, 2014(2).
- [2] 纪峰, 李翠, 常霞, 吴仰玉. 基于改进阈值函数的自适应图像去噪方法[J]. 传感技术学报, 2014(3).
- [3] 边疆, 赫玉莹, 王贯安. 无人驾驶车图像采集的失真矫正[J]. 中国科技信息, 2014(9).
- [4] 铁路信号设计规范[S]. TB10007-2006/J529-2008.
- [5] 王志明. 数字图像处理与分析[M]. 北京: 清华大学版, 2012: 98-99.

(责任编辑: 诸 红)

启 事

《铁道通信信号》为“中国期刊方阵”入选期刊;

已入编《中国核心期刊(遴选)数据库》《中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)》《中国期刊全文数据库(CJFD)》《中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)》和《中文科技期刊数据库》;

已入选《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊,《中国科技期刊引证研究报告(CJCR)》统计源期刊,《中国学术期刊综合引证报告(CAJCCAR)》统计源期刊;

已被《中国学术期刊(光盘版)》《维普网》全文收录;

在“万方数据-数字化期刊群”、中国知网、超星学习通和《中国期刊网》全文上网;

已加入国际DOI中国注册与服务中心(学术期刊)。

来稿一经录用,将同时按以上几种形式收录和发表,作者文章的著作权使用费与本刊稿酬一并支付。凡不同意者,请在投稿时声明。未做声明者,本刊将作者向本刊提交文章发表之行为即视为同意本刊上述之启事。

《铁道通信信号》编辑部