附件2

2022年度北京市自然科学基金-丰台轨道交通前沿研究联合基金项目指南

重点研究专题项目

**一、多层级线网客流车流耦合仿真效率优化关键技术**

**概述：**客流快速演化对轨道交通运营管理、运输组织规划方面有重要作用，可以有效指导运行计划的调整并及时进行客流反馈。在实际运行调度过程中，受突发事件等因素影响，客流变化迅速，因此，亟需对客流变化规律进行快速仿真与预测，进一步支持研究现有调度指令对整体线路的影响，从而更好地进行行车组织。

**总体目标：**面向当前时刻开始2小时内的客流情况，构建多层级线网客流和车流仿真预测模型，并对模型仿真效率进行优化，实现仿真效率加速比、预测精度等模型关键指标的有效提升，并达到如下指标：面向超500座车站的大规模轨道交通线网，瞬时在网人数不少于100万人、在线列车不少1000列的客流车流耦合的行为仿真过程中，仿真的时间加速比不低于60:1，日常客流预测精度不小于92%，突发事件下客流预测精度不小于85%。

**研究内容：**

1.多层级线网客流车流预测模型与乘客列车交互仿真模型构建；

2.面向轨道交通客流-车流多智能体的仿真效率优化；

3.基于实际线网客流的预测模型验证与预测精度评价。

**二、面向城轨列车高精度定位的轨道地图构建与多源传感器融合感知研究**

**概述：**城市轨道交通列车的高精度定位可通过激光雷达点云匹配实现，但在点云特征不明显的隧道段、高架段等行车区间，难以实现高精度的列车定位。针对隧道段、高架段等激光点云特征不显著区段的列车运行场景，开展面向城市轨道交通的轨道地图构建方法研究，以及基于多源传感器融合的列车运动状态感知方法研究，实现列车的全线路高精度实时定位。

**总体目标：**针对城轨列车在隧道段、高架段定位精度不足的问题，研究基于城轨列车轨行区及轨旁环境特征的地图构建方法以及基于相机视觉、激光雷达、毫米波雷达、惯性测量单元的多源传感器融合列车运动状态感知方法，实现列车的全线路高精度实时定位，结合仿真环境数据和现场实测数据进行验证，并达到如下指标：在不低于3km站距的区间内，列车运行速度不低于80km/h的条件下，实现频率不低于10Hz、距离误差不高于1m的列车定位。

**研究内容：**

1.面向城市轨道交通列车高精度定位的轨道地图构建方法；

2.基于多源传感器融合的高精度列车运动状态感知；

3.城轨列车高精度定位验证与评价。

**三、面向计算机视觉的城轨端边云协同计算资源优化策略**

**概述：**计算机视觉技术在智慧城轨领域的目标检测、乘客行为分析等场景中极具应用前景。当前的模型推理部署方案中，仅针对数据的传输逻辑和网络层级进行了拆分，缺少对编码机制、端边资源调度、成本优化等关键技术的研究。计算机视觉的推理过程存在能耗高、延迟大、存储消耗大、带宽占用过高等问题，限制了计算机视觉技术在城轨领域的深度应用。

**总体目标：**面向智慧轨道交通业务，以一站一区间为空间对象，针对轨道区域、车站、列车内部空间等不同空间检测需求，提出一套完整的端边云联动方案。结合计算机视觉推理任务中的图像特征进行编解码、传输和压缩新方法研究，能够实现低能效、低带宽、低存储空间、低延时条件下的计算机视觉推理部署，并达到如下指标：面向8编组列车及车地LTE专网通信环境，实现单模型在2-4Mbps带宽环境下运行，减少视频数据存储空间30%以上，端侧采集到边侧模型输入的数据传输延时小于2s。

**研究内容：**

1.面向轨道交通的大规模多媒体端边云计算传输系统架构研究；

2.端边云计算资源低能耗优化调度技术；

3.融合视觉图像信息的特征流数据传输技术；

4.图像/视频自主智能编解码器与压缩存储技术。

**四、虚拟编组多列车协同运行的故障感知与容错控制方法**

**概述：**虚拟编组内多列车潜在的故障源多，具有随机性、隐蔽性、微小性、间歇性等特点，严重影响编组列车的行车安全。因此，基于人工智能方法研究列车运行状态自适应观测方法，设计面向多源故障的感知理论与多车协同运行安全间隔约束下的容错控制方法，为虚拟编组内多列车的行车安全提供技术支撑。

**总体目标：**针对轨道交通安全苛求、高可靠性和高可信度的技术特点，基于人工智能技术建立虚拟编组内多列车（两列以上）协同运行的故障感知及容错控制模型，并对容错控制模型及其可解释性进行研究和评价，实现对虚拟编组内多列车运行中的常见故障（如定位传感精度不够、牵引制动部分失效、多列车交互网络数据丢失与延时）的智能感知和容错处理，提高编组运行的稳定性。

**研究内容：**

1.虚拟编组内多列车的故障感知与有限时间重构理论；

2.多列车编组运行安全间隔约束下的容错控制方法；

3.基于人工智能方法的故障感知与容错处理模型构建及可靠性评价。

**五、基于综合检测技术的城轨交通基础设施病害智能识别方法与健康状态评估模型**

**概述：**城轨交通网络化运营的发展趋势下，应用综合检测技术实现关键基础设施健康状态高效感知，提高病害识别及评估能力，是城轨基础设施运维的迫切需求。然而，现有部分检测技术无法满足行业发展需求，如高速运行条件下隧道激光三维点云信息的精细化获取，全断面健康状态智能评估模型与评价指标体系等。因此，利用高精度高重频激光扫描、多源异构数据融合分析等技术，提升关键基础设施检测效率、建立全断面健康状态智能评估模型，对形成更加完整的基础设施健康状态智能化感知与评估体系具有重要意义。

**总体目标：**针对城轨交通线网关键基础设施设备运营状态检测与评估的实际需求，突破隧道高速三维激光扫描技术瓶颈，实现基础设施全断面健康状态的智能感知与综合评估，建立适用于电客车综合检测平台的基础设施健康状态评价指标体系，并进行评价。

**研究内容：**

1.隧道衬砌及附属设备病害高精度感知技术与智能识别算法；

2.线路全断面健康状态智能评估模型与指标体系研究；

3.基于电客车综合检测平台的智能感知和评估系统集成与评价。

**六、光伏接入轨道交通牵引供电系统潮流优化及稳定性机理研究**

**概述：**“双碳”目标背景下，光伏接入牵引供电系统成为轨道交通低碳发展一大趋势，但光伏的接入将对牵引供电系统运行特性及牵引供电网产生影响，存在诸多科学问题有待突破。潮流优化和稳定性分析是轨道交通牵引供电系统安全、稳定运行的前提条件，也是保障光伏高效消纳的有效手段，因此，面向轨道交通直流、交流两种制式牵引供电系统，开展潮流优化与稳定性机理研究，为光伏接入轨道交通牵引供电系统提供理论支撑。

**总体目标**：围绕城轨交通和市域铁路，基于直流、交流两种制式，研究适应不同光照、电网、负荷强度的光伏接入牵引供电系统模式与运行机制，研究光伏接入下牵引供电系统的潮流优化方法；建立牵引供电网、光伏能源、储能系统与列车（即“网-源-储-车”）耦合下牵引供电系统动态模型，解析光伏接入牵引供电系统稳定机理；研究光伏接入牵引供电系统的稳定控制方法，并进行评价。

**研究内容：**

1.因地、因网、因荷制宜的光伏接入轨道交通牵引供电系统模式与运行机制；

2.光伏接入下的轨道交通牵引供电系统潮流优化方法；

3.“网-源-储-车”耦合下光伏接入轨道交通牵引供电系统的稳定机理；

4.光伏接入下轨道交通牵引供电系统稳控方法研究与评价。

前沿项目

1.高可靠性的应急指挥协同模型与应急调度系统的自动化信任评估

2.网络化条件下客流调度关键技术研究与验证

3.恶劣天气下列车前向障碍物检测关键技术研究

4.面向地铁乘客轨迹信息处理的用户数据隐私保护技术研究

5.轨道复杂场景下的多频段传感器回波特性与建模研究

6.城市轨道交通环境振动全链条概率预测方法

7.城市轨道交通振（震）动传播机理与综合减隔振（震）控制

8.跨线运营条件下轨道交通站-车-网通信异制协同控制方法

9.城轨列车智能自主定位系统安全验证关键技术研究

10.城市轨道交通绿色低碳评价体系研究

11.城市轨道交通设备设施服役性能及智能检测评估新理论新方法