



智能交通中的若干科学和技术问题

宁滨

北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044

E-mail: bning@bjtu.edu.cn

收稿日期: 2018-04-04; 接受日期: 2018-04-23; 网络出版日期: 2018-08-30

国家自然科学基金 (批准号: 61790573) 和中央高校基本科研专项资金 (批准号: 2018JBZ002) 资助项目

摘要 当今全球进入信息化及智能化时代, 新一代多层域感知、人工智能、移动互联、主动协同等技术的不断进步, 推动智能交通系统体系和内容的全面创新. 智能交通系统贯穿用户需求、设计制造、运营维护全生命周期的信息化和智能化, 主要面临智能感知、运动体控制与自主协同、交通需求引导与一体化出行、运行安全态势评估及应急处理、全生命周期的大数据融合处理、高可靠通信等一系列科学和技术问题. 本文调研了近年来智能交通系统的发展, 总结了当今智能交通系统中的若干科学和技术问题.

关键词 智能交通, 人工智能, 大数据, 智能感知, 自主协同

智能交通系统 (intelligent transportation system, ITS) 是在传统交通系统基础上, 将先进的传感技术、数据通信技术、数据处理技术、信息融合技术、计算机技术、自主协同控制技术有效集成的一种大范围、全方位、实时准确高效的综合交通运行控制与管理系统, 是未来交通系统的发展方向^[1]. 随着交通运输基础设施持续建设及先进技术的持续进步, 由轨道、道路、航空、水路、管道等多种运输方式构成的综合交通运输体系不断完善, 智能交通的概念也从单项交通的智能化逐步扩充到了综合交通系统的信息化、网络化和智能化^[2]. 综合交通系统作为经济社会发展的先导性、服务性行业, 是人类社会经济活动的基础支柱和重要纽带, 智能交通作为该系统核心技术得到了国际学术界和商业界的高度重视. 美国以《2050年远景: 国家综合运输系统》为导向, 提出建设具有一体化、国际化、联合化、包容化、智能化、创新化的“6I”型交通运输系统^[3]; 欧盟以《交通白皮书》为核心, 注重综合交通网络配置及枢纽建设, 构建高效协同、绿色环保的综合交通运输系统^[4]; 德国实施《2030联邦交通网发展规划》的国家战略, 建设低排放、低成本、高效率、高协同的环境友好型交通运输网络^[5]. 在我国, 国务院于2006年颁布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》, 将“智能交通管理系统”确定为优先主题^[6]; 国家发展改革委和交通运输部于2016年联合发布了《推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案》, 在国内首次提出了智能交通(ITS)的总体框架和实施方案^[7]. 2017年,

引用格式: 宁滨. 智能交通中的若干科学和技术问题. 中国科学: 信息科学, 2018, 48: 1264-1269, doi: 10.1360/N112018-00080
Ning B. A number of scientific and technical problems in intelligent transportation (in Chinese). Sci Sin Inform, 2018, 48: 1264-1269, doi: 10.1360/N112018-00080

国务院印发《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》，提出了综合交通基础设施网络中长期的发展目标和任务^[8]。同年，国务院印发《新一代人工智能发展规划》，对轨道交通智能化发展从强化关键共性技术和基础平台研究、研究智能运载工具、加快推进智能交通技术应用等方面提出了要求^[9]。综上所述，智能交通系统的研究前沿是以安全、高效、绿色为核心，推进综合交通运输系统向网联化、协同化和智慧化方向发展^[10]。当今全球进入信息化及智能化时代，新一代多层域感知、人工智能、移动互联、主动协同等技术的不断进步，推动智能交通系统体系和内容的全面创新。智能交通系统贯穿用户需求、设计制造、运营维护全生命周期的信息化和智能化，主要面临智能感知、运动体控制与自主协同、综合交通网络的管控一体化、交通需求引导与一体化出行、运行安全态势评估及应急处理、全生命周期的大数据融合处理、高可靠通信等一系列科学和技术问题。本文根据近年的研究将智能交通系统中的若干科学和技术问题总结和简述如下。

1 多层域协同智能感知与数据融合

面向载运工具、基础设施、旅客和货物等多层域感知对象，研究如何综合利用智能传感器、跨媒体感知计算、智能信息处理、物联网、车辆网、通信及控制等理论与技术，建立面向高效融合的数据一致性标准和完备性验证机制，实现交通信息全面、实时、精准的采集、传输和融合，是智能交通系统需要解决的基础问题之一，将为实现智能化的交通运行控制、服务和管理提供数据支撑。

2 多源信息下测速定位技术与滤波理论

精确的移动体速度与位置信息是智能交通系统的关键基础数据之一，交通系统的运行环境比较复杂，雷达/区间测速与北斗/GPS定位等的多源信息融合，是代替单一测速定位方式，提升平面和空间测速定位精度的重要手段，同时产生了多源信息下的高效融合及其实时检测信号的精准滤波难题。如何设计多源信息下的测速定位技术及其滤波方法，是实现移动体在平面和空间运动状态量的精准感知的重要研究方向之一。

3 移动体运动状态下的动态建模

移动体模型的建立是揭示移动体运动规律的过程。传统动静态建模方法尝试用经典数学方法以最简化原则建立运动规律的确定性关系，随机模型以概率分布等形式建模随机特性，模糊模型以隶属度刻画的方式建模模糊特性与环境，数据驱动建模以海量数据建模复杂过程的运行机理。交通系统涉及多层次、多特性的高维时空变化量，解决此类数据环境下移动体运动状态下的动态建模问题，是智能交通系统中控制与优化要解决的科学问题。

4 移动体无人自主控制

移动体的无人驾驶是当今无人系统领域的研究热点。由于执行任务环境的高度动态化、不确定性，以及运输任务的复杂性，需要在环境感知、决策规划、协同控制、通信模式、人机共驾、信息安全等方

面深入研究. 自主控制能力的提高是目前移动体无人自主控制技术发展的重要目标, 如何保证运输服务品质以及提升突发状况下的应急处置能力是其研究的核心.

5 移动体与基础设施的相互作用与主动协同

由于移动体所处环境随着位移的改变而快速变化, 来自外部的风、雨、电、磁等多种环境因素导致移动体与基础设施间的相互作用极为复杂. 研究复杂环境下移动体与基础设施相互作用问题的科学意义在于, 探索和明确复杂环境和运营条件下基础设施服役性能演变规律以及移动体本体的动态特性, 从而提高运输系统的整体性能. 移动体与基础设施的协作是近年来交通领域研究的热点问题, 其利用信息、通信、传感网络、下一代互联网、可信计算和计算仿真等领域的最新技术, 实现移动体与基础设施的智能化和信息共享. 在实时、可靠的全时空交通信息基础上, 结合移动体主动安全控制和移动体/基础设施协同控制, 实现人-移动体-基础设施的有效协同.

6 交通工具的联合导航与交通需求引导

运用先进的 IT 技术、卫星定位技术、4G/5G 通信技术、GIS 地理信息系统技术等, 基于实时综合交通态势分析的信息服务, 结合不同交通工具的运行特点, 研究综合交通系统中的交通工具联合导航技术. 对客运来讲, 在已知出行者当前状态与出行目的地情况下, 动态获取完整的路况信息, 可提供满足不同需求的交通工具与线路推荐; 对货运来讲, 研究全局交通协同运行下的一票出行问题, 在高效智能管理模式下可实现一站安检, 形成一体化智能出行方案. 分析多样化信息服务对多尺度交通需求生成与分布特点的影响, 进一步研究多样化的信息服务对潜在交通需求管理手段的影响. 研究“互联网+”背景下的共享出行、共享停车、智能联行等交通模式, 形成面向综合交通出行的交通需求引导策略.

7 综合安全态势动态评估

综合交通系统的综合安全涵盖功能安全、信息安全和物理安全. 综合安全态势的动态评估需要实时监测并处理大量多粒度、多维度、多模态的数据, 如何结合交通系统的运行特征、架构特征等实现数据的融合和理解并建立交通综合安全态势的指标体系是需要考虑的科学和技术问题. 构建监测数据与安全态势指标之间的关联关系, 形成交通综合安全态势的动态评估对提升交通运营服务的可靠性和弹性, 对交通系统架构的优化设计和装备的智能维护具有重要意义.

8 系统 RAMS 性能与主动安全防护

智能交通系统的运营服务特征决定了系统的可靠性 (reliability)、可用性 (availability) 和可维修性 (maintainability), 以及安全性 (safety) 保障是核心工作. 基于系统运行及运营环境信息的全面感知, 综合系统运行机理, 对影响系统 RAMS 性能的故障、风险等的追踪溯源, 建立以故障诊断和故障检测为核心的 RAMS 综合保障技术体系, 是智能交通系统的核心技术之一. 此外, 要建立系统主动安全防护, 对系统风险进行精准辨识, 进而实现主动防御及追踪溯源. 对系统潜在或即将发生的风险进行感

知,并从交通运营服务的稳定性和可靠性保障出发进行针对性风险响应也是核心技术问题.依赖于人工智能、大数据,以及人脑科学的发展可使得面向风险响应和管理的决策机制实现最优,进而实现交通系统设计、建设、运营等全生命周期的主动安全防护体系.

9 基于商用产品的安全计算机平台

智能交通系统中交通工具运行速度越来越高,移动体之间的运行间隔越来越小,这对系统的安全性提出了更高的要求.系统中关键子系统的运行控制必须具备故障导向安全属性,高可靠的安全计算机平台是实现故障导向安全的最佳途径.随着电子与计算机技术的飞速发展,使用商用产品或部件实现运行控制安全计算机平台成为业界的趋势.如何利用容错及故障诊断技术等,保障基于商用部件的运行控制安全计算机平台的高安全性、高可靠性、高可用性成为该领域重要的技术问题.

10 全生命周期交通大数据深度分析

交通大数据分析目前还处于数据不够广、应用不够深的初级阶段,数据来源和质量面临着纵向断层、横向不通的实际问题,行业应用仍比较单一,综合化、智能化程度有待进一步提升.研究如何充分挖掘覆盖交通领域生产制造、设计、施工、运营、维护等全生命周期的海量数据价值,构建面向行业深度应用的交通大数据基础框架和技术体系,将成为推动建设新一代智能交通系统的基础,也会促使交通运输行业新模式、新业态、新应用不断涌现.

11 基于状态修的智能维护

在现有交通系统中,针对载运工具和基础设施的维护和检修大多采用基于静态数据的“定期修”模式,很难满足交通系统对进一步提高安全保障能力和降低运营成本的需求.研究如何基于海量的设备静态数据和动态数据,精确刻画部件和系统的相互影响机理和状态演化规律,建立根据设备运行状况进行检修的“状态修”智能维护模式,并通过物联网将上述系统的数据实现实时的互联互通,使运营与检修数字化、可控化、实现维修过程状态化、可视化、实时化、透明化和可溯化.

12 移动体 – 移动体/移动体 – 基础设施间高可靠通信

智能交通系统在非常态交通条件下自身的一些特性,如快速多变的网络拓扑、高速移动的交通工具、复杂的物理环境、频发的高密度或稀疏交通流量等,使常规商用通信技术很难满足智能交通应用的安全性、可靠性和网络性能需求.随着智能交通系统对综合承载业务的需求提升,系统的网络体系架构、通信协议、计算模式、芯片设计都会发生相应改变,如何将人工智能、云计算与云存储、大数据等智能化技术融入智能交通系统,实现大规模并行的移动体 – 移动体/移动体 – 基础设施间的综合业务通信,并保证控制信息的高可靠传输是智能交通系统中的重要问题.

13 高速移动条件下无线传播环境的信道建模

无线传播信道模型对于移动通信的发展具有重要推动作用, 是进行移动通信网络规划和优化, 系统可靠传输性能评估的基石. 在智能交通系统的高速移动环境中, 无线传播信道呈现出不同于中低速移动条件下无线传播信道的特征. 特别是高速移动条件的信道时变特征加剧, 多径随机快速生灭使得信道非平稳性更加显著, 降低了通信传输可靠性. 对信道非平稳特性的分析与建模成为当前智能交通系统中高速移动通信研究与发展的瓶颈. 如何合理地非平稳信道进行建模成为智能交通领域极具挑战性的科学技术. 上述科学和技术问题的解决, 将全面提升轨道、道路、航空、水路和管道等综合交通系统领域的信息化及智能化. 以轨道交通中的高铁为例, 利用智能交通的关键技术, 我国拟建设中的“京张高铁”, 将应用多层域状态智能感知、系统协同控制、安全态势评估、大数据融合与智能维护、行程智能引导等技术, 在列车运营维护过程中实现列车的智能调度、自动驾驶、智能维护及高效节能, 同时面向旅客需求, 实现电子客票、刷脸进站、行程规划等智能服务, 构建覆盖高铁全生命周期的智能运维和综合管理平台, 全面提高列车的安全和效率, 提升旅客的智能化服务水平.

参考文献

- 1 中国人工智能学会. 中国人工智能系列白皮书——智能交通 2017. 2017. <http://www.caai.cn/index.php?s=/home/article/detail/id/396.html>
- 2 中国电子技术标准化研究院. 人工智能标准化白皮书 (2018 版). 2018. <http://www.cesi.ac.cn/201801/3545.html>
- 3 United States Federal Transportation Advisory Group. Vision 2050: An Integrated National Transportation System. 2001. <http://www.interstatetraveler.us/Reference-Bibliography/Vision%202050.pdf>
- 4 European Commission. White Paper on Transport. 2011. http://www.ris.eu/docs/File/401/white-paper_illustrated-brochure_en.pdf
- 5 Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure. The 2030 Federal Transport. 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Ministry_of_Transport_and_Digital_Infrastructure
- 6 国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要 (2006~2020 年). 2006. http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm
- 7 国家发展改革委, 交通运输部. 推进“互联网+”便捷交通促进智能交通发展的实施方案. 2016. http://www.cac.gov.cn/2016-08/10/c_1119368754.htm
- 8 国务院. “十三五”现代综合交通运输体系发展规划. 2017. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/28/content_5171345.htm
- 9 国务院. 新一代人工智能发展规划. 2017. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm
- 10 Zhang J, Wang Y P, Lu G Q, et al. Development strategy for China's integrated transportation engineering science and technology to 2035. Eng Sci, 2017, 19: 43-49 [张军, 王云鹏, 鲁光泉, 等. 中国综合交通工程科技 2035 发展战略研究. 中国工程科学, 2017, 19: 43-49]

A number of scientific and technical problems in intelligent transportation

Bin NING

State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China
E-mail: bning@bjtu.edu.cn

Abstract Nowadays, the world is entering the age of informationization and intelligence. With the development of multilayer perception, artificial intelligence, the mobile Internet, and active collaboration techniques, the innovation of intelligent transportation systems is totally promoted. Intelligent transportation runs through user requirements, design and manufacture, operation, and maintenance of the entire life cycle of informatization and intelligence. The problems facing intelligent transportation include intelligent perception, mobile object control and active collaboration, transportation requirement induction and integrated travel, operation safety posture assessment, whole-lifecycle big data fusion processing, and highly reliable communication. This paper investigates the recent research regarding the development of intelligent transportation systems, and summarizes some scientific and technical problems in intelligent transportation systems.

Keywords intelligent transportation, artificial intelligence, big data, intelligent perception, active collaboration



Bin NING serves as president of Beijing Jiaotong University (BJTU). He is a member of the Chinese Academy of Engineering, Royal Swedish Academy of Engineering Science, and International EURASIAN Academy of Sciences, and a fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Association of International Railway Signaling Engineers (IRSE), and the Institute of Engineering and Technology (IET). He

is also a fellow of the China Railway Society, the executive director of the China Automation Association, and the deputy director of the China Traffic System Engineering Society. As an expert in control systems engineering (rail transit train control), his main research interests include train operation control systems, intelligent transport systems, fault-tolerant design and fault diagnosis, and system safety and reliability for digital systems.