

大数据在交通强国建设中的应用

胡庆勇¹, 李淦山², 裴钟哲³

1. 清华大学数据科学研究院交通大数据研究中心, 北京 100084

2. 云南省道路交通安全管理科学技术研究所, 昆明 650011

3. 网帅科技(北京)有限公司, 北京 100101

摘要 探讨了大数据技术在交通强国建设中的作用及在交通管理、交通安全、交通信息服务、交通运输规划、公共交通等领域的应用方法和前景;对基于信息物理系统的交通态势感知系统、基于动态本体论的交通行业多模态知识图谱、基于边缘云计算的智能视频识别等前沿技术的总体架构、实现方法进行了案例分析。

关键词 交通强国;信息物理系统;态势感知系统;动态本体论;交通知识图谱;边缘云计算

2017年10月党的十九大作出了建设交通强国的重大战略决策,2019年9月党中央、国务院批准印发《交通强国建设纲要》(以下简称《纲要》),系统谋划了具有中国特色的未来交通发展战略。《纲要》提出交通强国发展战略重点是构建现代化综合交通基础设施网、创新驱动交通发展、提升交通智能化水平、实现世界一流交通服务、坚持绿色交通发展、提高交通安全水平、破解城市交通拥堵、加强乡村交通运输体系建设、建设通达全球的交通体系,并制定了“人民满意、保障有力、世界前列”的总目标。

智能交通是破解交通拥堵、提高交通安全和服务水平、减少排放的重要手段,在交通强国^[1]建设中,智能交通引领的主要方向是:推进交通大数据共享平台及交通云技术应用,实现数据共享;大力推行出行平台、应用人脸识别、无感支付等新技术,

实现门到门、多样化、个性化的客运智能服务和高效可靠的货运服务;提升智能交通管理水平,建设全国综合运输智能监测平台和城市智能公交系统,优化交通规划决策、调度指挥、运维管理,助力破解交通拥堵难题;构建智能交通安全监管体系,减少交通事故,提高安全水平;建设智能公路、铁路、港口、民航体系,提高效率,确保安全,并促进实现“一体化”发展;推进车路协同技术研发,加快发展“自动驾驶”,实现赶超;力争2030年实现高速公路长途客货运输、城市公共交通的自动驾驶应用。

为了有效实现交通强国建设的总目标,上述智能交通引领方向的建设离不开大数据技术的支持。大数据技术自21世纪初诞生以来,在交通管理、交通安全、交通信息服务、交通运输规划、公共交通等领域日益得到广泛应用^[2],在交通强国建设

收稿日期:2020-03-29;修回日期:2020-04-24

作者简介:胡庆勇,博士研究生,研究方向为交通大数据,电子信箱:hqy19@mails.tsinghua.edu.cn

引用格式:胡庆勇,李淦山,裴钟哲. 大数据在交通强国建设中的应用[J]. 科技导报, 2020, 38(9): 39-46; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.

09.006

中,提升交通智能化水平、提高交通安全水平、破解城市交通拥堵、实现世界一流交通服务等交通发展战略重点也无一不需要大数据技术的支撑,本文将就大数据技术在交通强国建设中的应用领域和前沿技术作初步探索。

1 大数据在交通强国建设中的应用领域

1.1 在交通管理领域中的应用

交通管理部门需全面引入大数据、云计算、人工智能等技术,对原有的智能交通管理体系进行重构,打通公安网、互联网、感知网,在交通信号控制、指挥调度、信息服务、分析研判、警务综合等领域大力推进大数据应用^[3],全力打造新一代智慧交通管理体系。

在交通信号控制方面,监控视频、卡口数据和其他智能传感设备产生了丰富的路网状态数据,为路网交通状态控制系统提供了数据基础。在交通大数据平台上,利用路网数据,不断训练信号控制算法,辅助以人工智能算法,可实现交通控制信号系统的自适应优化。进一步通过大数据分析,掌握路网交通流运行规律,结合平日、节假日,早、晚高峰信息,优化一定区域路口红绿灯配时,可达到全面提升路网交通服务水平,提高通行效率的目的。

在交通监测方面,在大数据平台上引进人工智能算法,对交通监测设备采集的信息进行分析研判,可实现更精准的人脸识别、交通流量分析、交通事件识别等功能,及时为交通管理主管部门提供决策依据。

1.2 在交通安全领域中的应用

随着国民经济的持续增长,交通事故数居高不下,减少道路交通事故的发生,提高道路交通、安全水平,已经成为人们的迫切要求。道路交通系统中,交通事故的发生往往来自驾驶员的素质、车辆的状况、环境、道路及交通状况等因素的变化。在大数据平台上引进人工智能算法,分析处理采集的多源异构信息,及时通过交通广播发布或者通过手机短信、手机导航 APP 将信息推送给在附近行驶

的车辆,可以实现对交通事故的预测和实时预警,从而在道路条件复杂、交通压力大及雨天、大雾、雪天等恶劣气候条件下,及时采取措施提醒和诱导出行者调整驾驶行为,规避交通风险^[4]。

此外,利用大数据技术还可以从海量的交通数据中迅速查找到特定的人员或者车辆,从而为交通违法行为的监控、取证、执法等提供有力支持。

1.3 在交通信息服务系统中的应用

交通信息服务系统^[5]是城市智能交通系统的重要组成部分,大数据分析技术的深度应用,将驱动道路运输实现精准管理和信息服务。在大数据平台上对交通流、互联网、手机等多源异构数据进行数据级、特征级、决策级融合,利用大数据技术进行交通需求预测和分析,可以生成旅行时间、行程速度、交通饱和度、服务水平等多样化的实时动态交通信息。交通信息服务系统通过交通广播、互联网、移动通信系统发布动态交通信息,可以诱导出行者选择最有效的出行方式,从而充分发挥既有交通设施的承载能力和运营效率。

1.4 在交通运输规划领域中的应用

大数据时代的到来,在传统交通运输规划领域也引发了一场深刻的变革^[6]。大数据方法不仅可以优化传统交通规划的数据处理方法,而且从规划效果与研究视角上可以获得规划方法质的变化。

传统上往往使用抽样调查的办法进行交通规划研究,而大数据手段能够将传统研究样本扩展到研究区域的每个个体,并在数据处理层面实现宏观至微观的分层,从而实现对宏观、中观、微观的全面统筹。大数据交通规划方法通过全样本数据的使用,可部分脱离对传统统计模型的依赖,从而规避使用传统统计方法不可避免的误差,使得规划成果更为准确和实效。

1.5 在公共交通领域中的应用

大数据可以为公共交通规划和运营优化提供强有力的决策依据和数据支持^[7],利用大数据可以精确把握乘客需求,合理布局公交线路,为公交线网规划和场站规划提供更精准的支撑;将大数据和人工智能算法引入公交调度领域,可以更精准地预测客流的分布和流向,并提供最优的排班计划和调

度方案;大数据技术可以为公共交通信息发布系统提供更加准确的车辆到达时间等公共交通信息,辅助出行者选择最有效的公共交通方式,从而节约出行成本。

2 大数据在交通强国建设中的前沿技术

2.1 基于信息物理系统(CPS)的交通态势感知系统

进入21世纪以来,世界正在经历第4次工业革命。在2013年的汉诺威工业博览会上德国正式推出了工业4.0的概念,标志着以制造业为代表的传统工业面临着转型升级的迫切需求。

德国对于工业4.0的定义是“以信息物理系统为基础的智能生产”,其核心目的是为了提升德国工业的竞争力,在新一轮工业革命中占领先机。信息物理系统是利用先进的感知、计算、通信、控制技术,使物理设备具有计算、通信、精确控制、远程协调和自我管理的功能,实现虚拟网络世界和现实物理世界融合的系统。毋庸置疑,在交通运输管理领域建设基于信息物理系统(CPS)的交通态势感知系统是参与世界产业技术竞争的需要,在交通强国建设中不可或缺。

交通态势感知系统的本质是构建一套赛博(cyber)空间与物理(physical)空间之间基于数据自动流动的状态感知、实时分析、科学决策、精准执行的闭环赋能体系^[8],解决交通管理、应用服务过程中的复杂性和不确定性问题,提高资源配置效率,实现资源优化。

交通状态感知是通过各种各样的交通传感器感知交通路网和周围环境的运行状态;实时分析是通过交通智能软件实现数据、信息、知识的转化;科学决策是通过大数据平台实现异构系统数据的流动与知识的分享,为交通主管部门提供相关的交通管理和控制决策提供支撑;精准执行就是通过控制器、执行器等机械硬件实现对决策的反馈响应。这一切都依赖于一个及时、准确、可靠、安全的闭环赋能体系。

交通态势感知系统的逻辑架构可分为基础设

施层、基础平台层、数据融合层、数据治理层、智慧应用中台、智慧应用层及数据源层。图1为交通态势感知系统的逻辑架构图。

交通态势感知系统的核心是建立基于管理融合和指挥融合的闭环治理体系,体现“评估”“预测”“可视化”和“联动”缺一不可的4个环节,从信息的收集、管理、分析、决策、执行到反馈形成完整的闭环,形成交通态势感知、信息服务、辅助决策、指挥勤务4大业务体系的联动协调机制,实现自动调度、自动报警,根据行动预案和触发场景自动通报、执行。交通态势感知系统所有环节的信息都在系统平台中处理保存,可对历史数据、信息、业务处理等进行离线再现,提升未来分析、决策、执行的科学性和有效性。

CPS的交通态势感知系统为各种智能交通系统应用提供基础交通信息,可以广泛地用于交通管理、交通安全、交通信息服务、交通规划及公共交通领域的分析、管理、控制和决策。

图2为某省交通管理局应用基于交通态势感知平台的智慧诱导案例。图2中,C点为拥堵区域,A和B离拥堵点140 km为信息发送中心点,根据系统对道路交通运行信息的接收和处理,结合对交通态势和出行行为的分析和研判,制定了相应的诱导方案并通过移动通信运营商网络对以A点和B点为圆心,附近50 km半径内的交通参与者(运动用户)发布了交通诱导信息。通过对比诱导信息发送前后交通流的变化,发现诱导措施达到了使交通流均衡分布、疏通拥堵、保障交通安全的目的。

2.2 基于动态本体论的交通行业知识图谱

从20世纪50年代起,知识图谱经历了引文网络分析、语义网分析、本体表达等发展阶段,2012年谷歌公司提出“Google Knowledge Graph”,标志着知识图谱正式得名并进入繁荣发展阶段。在以云计算、大数据、移动互联网、人工智能等为代表的新一代信息技术蓬勃发展的背景下,知识图谱成为信息技术领域的一个新热点,在产业界和学界受到普遍关注。

在交通强国建设中,新技术、新模式、新业态的不断涌现正在催生交通运输的重大变革。通过引

进知识图谱^[9]技术,将交通信息中的知识或者数据加以关联,实现人类知识的快速响应及推理计算,建立以交通安全、交通管理、出行服务、交通规划为重点的、统一的智能化交通综合管理和服系统,对于提升交通运输系统的质量、服务、效率、竞争力具有重要的意义。

本体论(ontology)是探究世界的本原或基质的哲学理论,从广义上说,是研究一切实在最终本性的理论^[9]。在信息科学领域,本体论被用作特定领域信息组织的一种形式,对领域知识规范进行抽象和描述,是一种表达、共享、重用知识的方法。在知识图谱的建设中,本体论通过对知识建模使计算机能够识别和处理人类知识,动态本体允许对于同一个概念或者相似概念以多种方式进行建模,通过提供灵活可变的数据模型,使数据管理和多源异构数据的集成更加方便。

交通行业多模态知识图谱建设利用不同来源的结构化和非结构化数据,例如链接图、电子表格、电话、文档、网络数据、传感器数据、动态视频、图像等,通过本体论抽象出各类数据资源的关系进行映射存储和关联索引,涵盖复杂的动态本体论,通过

对现实对象和实体的转换、映射和关联等操作,创造一种人脑智能和计算机智能的共生分析环境及其工具,通过人脑和大数据分析互补,提升客户的智慧和洞察力,有利于解决大数据环境下的复杂认知和决策问题。

交通行业知识图谱核心是通过对错综复杂的文档和数据进行有效的加工、处理、整合,转化为简单、清晰的“实体(entity)-关系(relationship)-实体(entity)”构成的三元组。道路交通管理实体标注是实体识别和实体关系挖掘的基础,可分为人(P)、车(V)、路(R)、组织(O)、事件(EV)、环境(E)、设备(EQ)几大类。每一类实体的属性,在不同场景和应用领域下需有针对性地设计,实体间的关系也需根据业务需要设计和调整。表1所示为交通知识图谱中实体间关系表达的示例。

交通知识图谱的构建需经过信息抽取、知识融合、知识加工、知识更新等过程。信息抽取需解决如何从多源异构数据源中自动抽取信息得到候选信息单元的问题,其关键技术包括实体抽取、关系抽取和属性抽取;知识融合解决的是候选信息单元内容的冗杂问题以及第三方知识库的知识输入问

表1 交通知识图谱中的实体间关系表达

类别	实体关系1	实体关系2	实体关系3	实体关系4	实体关系5
P-EV类	人是事件发生的主体	人的属性导致事件发生	—	—	—
V-EV类	车辆是事件发生的主体	车的属性导致事件发生	—	—	—
R-EV类	路是事件发生的主体	路的属性导致事件发生	—	—	—
O-EV类	组织是事件发生主体的所属机构	组织是事件处理的管辖机构	组织是事件发生主体的教育机构	组织是事件发生地点的维护机构	组织是事件类型的救援机构
E-EV类	环境的属性导致事件发生	—	—	—	—
EQ-EV类	设备的属性导致事件发生	—	—	—	—
EQ-R类	设备位于路上	设备处于路的范围内	—	—	—
P-O类	人是组织的成员	人处于组织所辖范围	人是组织的培训成员	—	—
P-V类	人是车辆的驾驶员	—	—	—	—
P-R类	人位于路上	人处于路的范围内	—	—	—
V-O类	车是组织的所属物	车处于组织所辖范围	—	—	—
V-R类	车位于路上	人处于路的范围内	—	—	—
R-R类	路是路的一部分	路处于路的范围内	—	—	—
EQ-O类	设备是组织的所属物	—	—	—	—
E-R类	环境发生在路上	—	—	—	—

题,包括实体链接和知识合并等内容;知识加工是为了最终获得结构化、网络化的知识体系,主要包括本体构建、知识推理、质量评估等内容;在数据新增或者新增数据获得新的概念后,需要将相应的概念和数据添加到知识库中,从而完成知识动态更新的过程。

基于动态本体论的交通行业知识图谱的构建通过有效地组织基础交通信息,提高了各种交通应用服务的质量、效率、竞争力,可为交通管理、交通安全、交通信息服务、交通规划及公共交通领域的分析、管理和控制提供更为有效的决策依据和参考。

2.3 基于边缘云计算的智能视频识别

随着物联网时代的到来以及云计算应用的逐渐增加,传统的云端二体协同计算已经难以满足终端侧“低时延、大带宽、大连接、本地化”的需求,为了解决带宽成本和传输时延问题,基于“云边端三体协同”的边缘云计算^[10]技术应运而生。边缘云计算的定位是拓展云的边界,能够把计算力拓展到离“万物”1 km 以内的位置。随着5G通信时代的到来,5G技术特有的高带宽、低时延、大连接的特性为边缘云计算技术的广泛应用起到了催化作用。

在交通强国建设中,为数众多的交通检测设备已联网,大量的摄像头、传感器已成为物联网世界的眼睛,将5G技术、视频数据接入技术以及边缘云计算技术应用在智能道路交通管理系统,可以更智

能、更快速、更高效地识别交通事件,并对重大事件进行全域资源联合调度,实现感知智能、处理高效的智能道路管理系统,从而更有效地降低事故风险、缓解拥堵、维护交通秩序。

基于5G网络高带宽无线通信和边缘计算能力,通过交通高清视频监控数据的无线传输,利用交通数据云端分析能力,实现瘦终端加云部署方式,可解决交通应用中终端成本高、传输布线复杂、业务扩展能力差、维护成本高等问题。

图3为基于边缘云计算的智能视频识别系统技术架构图,在交通监控视频采集端,高清监控摄像头通过以太网线连接5G终端,视频信号可回传到5G网络的边缘云环境;在边缘云上部署多源视频融合服务系统和智能视频识别系统,通过对前端卡口、电子警察、监控等系统采集到的图片数据、视频数据的自动处理,可使图片视频信息特征化、结构化,及时甄别发现高速异常倒车、高速异常停车、车辆逆行、车辆遗撒等多种交通事件;在呈现端,各指挥中心可通过专网访问部署在5G边缘云上智慧交通的应用。

基于边缘云计算的智能视频识别技术,主要应用于交通事件识别、交通安全管理、交通秩序管理等特定领域。在广西省南宁市5G智慧交通创新应用试点工程中,实现了机动车号牌提取、车辆类型识别、违法行为识别、交通流量统计等功能的应用。

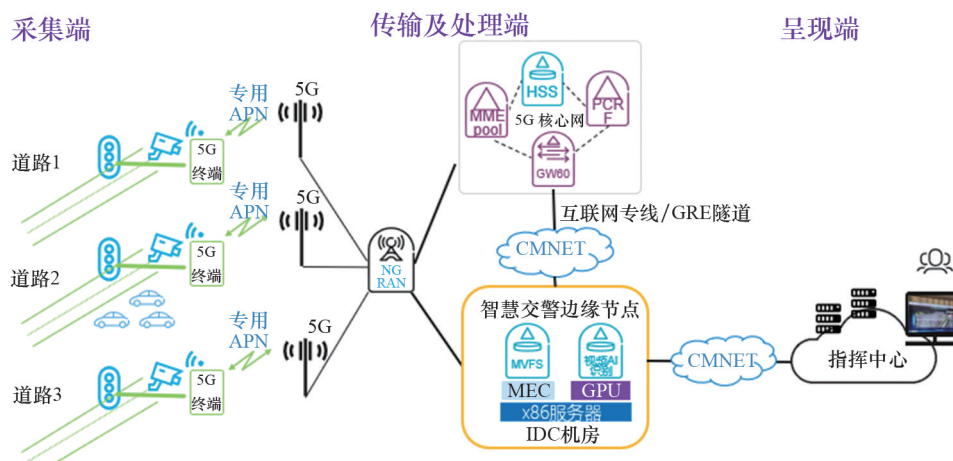


图3 基于边缘云计算的智能视频识别系统技术架构

3 结论

回顾了交通强国战略决策的目标和战略重点,对大数据技术在交通强国建设中的作用、应用领域和相关的前沿技术进行了分析,对大数据技术在交通管理、交通安全、交通信息服务、交通运输规划、公共交通等领域的应用方法和前景进行了探讨,针对基于信息物理系统的交通态势感知系统、基于动态本体论的交通多模态行业知识图谱、基于边缘云计算的智能视频识别等前沿技术的总体架构、实现方法、应用案例等内容进行了分析和阐述。

随着交通信息化水平的稳步推进,大数据在智能交通领域得到了广泛应用,但随着物联网体量呈爆发性增长,交通大数据的规模、更新速度均发生了巨大变化。因此,交通大数据未来的发展需要不断提升大数据的融合治理能力,建立统一的规范和标准,提高数据安全性及存贮和使用效率,加大前沿技术的研发力度,为努力提高中国交通运输业的质量、服务、效率、竞争力,争取早日建成交通强国贡献力量。

参考文献 (References)

- [1] 傅志寰, 孙永福. 交通强国战略研究: 第2卷[M]. 北京: 人民交通出版社, 2019: 260-262.
- [2] 武治发. 大数据在智能交通建设中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2017, 13: 186-187.
- [3] 肖自乾, 陈经优, 符石. 大数据背景下智能交通系统发展综述[J]. 软件导刊, 2017(1): 182-184.
- [4] 亓秀昌, 孙峰. 大数据技术在智能交通中的应用分析[J]. 智能城市, 2017, (7): 108.
- [5] 彭晨伟, 巴继东. 基于交通大数据的智能信息服务平台. 计算机系统应用[J]. 2017, 26(7): 97-103.
- [6] 王璐. 大数据在交通管理行业的应用分析[J]. 经济视野, 2017(7): 21-21.
- [7] 曹宗然. 大数据在智能交通系统中的应用分析. 建筑与装饰[J]. 2017(2): 117-119.
- [8] 中国信息物理系统发展论坛. 信息物理系统白皮书(2017)[M]. 北京: 中国电子技术标准化研究院, 2017: 4-5.
- [9] 中国电子技术标准化研究院. 知识图谱标准化白皮书(2019版)[M]. 2017: 1-6.
- [10] 阿里云计算有限公司, 中国电子技术标准化研究院. 边缘云计算技术及标准化白皮书(2018)[M]. 2018: 1-7.

Frontier application of big data for China to build strong transportation network

HU Qingyong¹, LI Ganshan², PEI Zhongzhe³

1. Institute for Data Science, Tsinghua University, Beijing 100084, China
2. Institute of Road Traffic Management Science and Technology of Yunnan Province, Kunming 650011, China
3. Netcommander (Beijing) Technology Limited Corporation, Beijing 100101, China

Abstract In order to effectively achieve the goal of building China into a country with strong transportation network, this paper explores the role of big data technology, its application methods, and prospects in the fields of transportation management, traffic safety, traffic information service, transportation planning, and public transportation. Some cutting-edge technologies, such as situation awareness(SA) system based on CPS, multimodal transportation knowledge graph(KG) based on dynamic ontology, and intelligent video recognition based on edge computing and deep learning, are covered. The overall big data engineering framework and implementation methods are also analyzed, and relevant application scenarios are provided.

Keywords a country with strong transportation network; cyber-physical systems (CPS); situation awareness (SA) system; dynamic ontology; transportation knowledge graph; edge computing ●



(责任编辑 王志敏)