

引文格式:陈会仙,章炜,杨蒙蒙,等.面向无人驾驶的高精地图公开应用趋势研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2024,49(4):537-545.DOI:10.13203/j.whugis20230338



Citation: CHEN Huixian, ZHANG Wei, YANG Mengmeng, et al. Open Application Trend of High Definition Map for Unmanned Driving[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2024, 49(4): 537-545. DOI: 10.13203/j.whugis20230338

面向无人驾驶的高精地图公开应用趋势研究

陈会仙¹ 章炜² 杨蒙蒙³ 温拓朴³ 刘杰¹ 张建平⁴

陈艳⁵ 陈泽佳⁶ 杨殿阁³

1 自然资源部地图技术审查中心,北京,100830

2 自然资源部地理信息管理司,北京,100812

3 清华大学车辆与运载学院,北京,100084

4 北京四维图新科技股份有限公司,北京,100094

5 HERE地图,北京,100020

6 广州纤离科技有限公司,广东 广州,511462

摘要:高精地图不仅支撑自动驾驶汽车的精准定位和精细路径规划,辅助提高车端感知能力,还可以有效弥补传感器的性能边界,应对多种长尾场景。因此,高精地图成为现阶段实现L4/L5无人驾驶的必备要素。但高精地图作为国家基础性战略信息资源,涉及军事安全和国防安全,因此中国要求高精地图在公开应用前应进行地理信息保密处理,且履行地图审核程序。这导致高精地图在要素和属性的表达上有诸多限制,且缺乏动态更新能力,难以精准反映车辆行驶环境信息,严重影响自动驾驶的安全性与稳定性,无人驾驶的“最后一千米”难以突破。聚焦面向L4/L5无人驾驶的高精地图在应用中的地理信息安全和时效性问题,论述高精地图应用现状、实际需求与面临的挑战,在此基础上,从政策、技术、标准、试点探索等方面,研究分析高精地图在中国无人驾驶商业化落地进程中的公开应用趋势,并对高精地图助推中国无人驾驶落地过程中亟需的地图管理创新、众源更新模式安全合规应用,以及跨部门、跨学科、跨行业合作提供展望。

关键词:无人驾驶;高精地图;地理信息安全;在线审查;众源更新

中图分类号:P208

文献标识码:A

收稿日期:2023-09-14

DOI:10.13203/j.whugis20230338

文章编号:1671-8860(2024)04-0537-09

Open Application Trend of High Definition Map for Unmanned Driving

CHEN Huixian¹ ZHANG Wei² YANG Mengmeng³ WEN Tuopu³ LIU Jie¹

ZHANG Jianping⁴ CHEN Yan⁵ CHEN Zejia⁶ YANG Diange³

1 Map Supervision Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China

2 Division of Geographic Information Management, Ministry of Natural Resources, Beijing 100812, China

3 School of Vehicle and Mobility, Tsinghua University, Beijing 100084, China

4 NavInfo Co. Ltd, Beijing 100094, China

5 HERE Technologies, Beijing 100020, China

6 Guangzhou Xianli Technology Co. Ltd, Guangzhou 511462, China

Abstract: High definition map not only supports the accurate positioning and fine path planning of autonomous vehicles, assists in improving the perception capability of the vehicle end, but also effectively makes up the performance boundary of sensors to deal with a variety of long-tail scenarios. Therefore, high definition map has become essential for achieving L4/L5 unmanned driving at this stage. However, high definition map belongs to the basic strategic information resources of the country, involving military and national defense security. Therefore, in terms of policy, China requires high definition map to undergo geographic information confidentiality processing before public application and to comply with map review procedures.

基金项目:国家自然科学基金联合基金重点项目(U22A20104)。

第一作者:陈会仙,正高级工程师,博士生,主要研究方向为智能网联汽车时空数据安全防护体系建设。350874364@qq.com

通讯作者:杨殿阁,博士,教授。ydg@tsinghua.edu.cn

This leads to many limitations in the expression of elements and attributes in high definition map, as well as a lack of dynamic updating ability, making it difficult to accurately reflect the driving environment information of vehicles, seriously affecting the safety and stability of autonomous driving, and making it difficult to break through the “last mile” of unmanned driving. We focus on the issues of geographic information security and timeliness in applying high definition maps for L4/L5 unmanned driving. We comprehensively discuss the current situation, practical needs, and challenges of high definition maps application. Based on this, from policy, technology, standards, pilot exploration, and other aspects, we study and analyze the safety and compliance application trend of high definition maps in the commercialization of unmanned driving in China, and provide prospects for map management innovation, large-scale implementation of crowd-source update models, multi-dimensional collaboration, and cross-departmental, interdisciplinary, and cross-industry cooperation that are urgently needed in the process of high definition maps promoting unmanned driving landing in China.

Key words: unmanned driving; high definition map; geographic information security; online review; multi-source update

随着新一轮科技革命和产业变革的兴起,智能汽车已成为全球汽车产业发展的战略方向,受到越来越多国家的高度重视。汽车与相关产业全面融合,逐步呈现智能化、网联化、共享化发展特征,由单纯的交通运输工具逐渐转变为智能移动空间和应用终端,成为新兴业态重要载体^[1]。以美国、德国、日本为代表的汽车工业大国都在积极推动自动驾驶的发展,均发布了自动驾驶车辆商业化时间表^[2]。2021年12月,奔驰获得德国联邦机动车运输管理局批准,成为全球首家获得联合国法规《自动车道保持系统》L3级自动驾驶认证的汽车企业。中国自动驾驶汽车的发展也已迈入实现汽车工业“换道超车”的重要窗口期^[2]。2020年2月,国家发展和改革委员会等11部门共同印发了《智能汽车创新发展战略》^[1],明确发展智能汽车对中国具有重要的战略意义。2020年11月,国务院办公厅正式发布《新能源汽车产业发展规划(2021—2035)》^[3],明确指出到2025年新能源汽车无人驾驶实现特定区域和特定场景的商业化应用。2023年6月,国务院政策例行吹风会举行,工业和信息化部表示将开展智能网联汽车准入和上路通行试点,并组织城市级“车路云一体化”示范应用,以支持条件成熟的L3级及更高级别的自动驾驶功能商业化应用。2023年11月,中国工业和信息化部、公安部、住房和城乡建设部、交通运输部联合发布了《关于开展智能网联汽车准入和上路通行试点工作的通知》,正式对L3/L4自动驾驶的准入规范进行了具体要求,并完善了相关规则。

随着汽车智能化等级的逐步提升,对汽车行驶的安全性、稳定性、舒适性等提出了更高要求。

面对中国复杂道路交通场景,尤其是在冰、雪、雾等极端特殊天气下,高精地图作为一种具有丰富、准确、全天候道路多维特征的传感器,可以有效保证车辆行驶的安全性,成为现阶段实现L4/L5无人驾驶的必备要素。同时,高精地图属于国家基础性战略资源,涉及军事安全和国防安全,因此政策上中国要求高精地图在公开应用前应履行地图审核程序,要素和属性的表达上应符合国家相关法律法规要求。但是目前高精地图缺乏动态更新能力,难以准确反映车辆行驶环境信息,严重影响自动驾驶的安全性与稳定性,无人驾驶的“最后一千米”难以突破。

本文聚焦面向L4/L5无人驾驶的高精地图在应用中的地理信息安全和时效性问题,论述高精地图应用现状、实际需求与面临的挑战,在此基础上,从政策、技术、标准、试点探索等方面,研究分析高精地图在中国无人驾驶商业化落地进程中的公开应用趋势,并对地图管理创新、众源更新安全合规应用,以及跨部门、跨学科、跨行业合作提供展望。

1 高精地图应用路径分析

1.1 高精地图在车载地图体系中的位置

随着汽车智能化程度的提高,车载地图由可视地图向智能汽车基础地图^[1](intelligent vehicle basic map, IVBM)逐渐过渡(见表1)。可视地图由最初的离线导航仪地图发展为现今的车机互联网地图,表达全域静态地物,服务于驾驶员,车辆控制取决于驾驶员基于自身视觉识别和逻辑思维能力做出决策,很多道路信息均被精简^[4],相

对位置精度 5~20 m^[5]。而 IVBM 作为辅助智能汽车实现自动驾驶的数据集,可集成道路先验知识,有效弥补传感器性能边界,被称之为超视距

传感容器^[6]。IVBM 也成为现阶段实现自动驾驶的必备要素^[5],成为服务于自动驾驶的重要基础设施。

表 1 车载地图体系构成及其种类对比

Tab. 1 Composition and Comparison of Types of Vehicle Map System

车载地图	是否联网	表达要素范围	表达方式	使用者	相对位置精度
可视地图	否	全域	渲染展示	驾驶员	5~20 m
导航仪地图	是				
车机互联网地图	是/否	路面、路侧、路上方	智驾系统可用,不可见	L2/L3 驾驶自动化系统	m/dm
IVBM	是			L4/L5 驾驶自动化系统	0.1~0.2 m
ADAS 地图					
高精地图					

根据美国工程师学会自动驾驶分级标准,IVBM 可分为服务于 L2/L3 的高级辅助驾驶(advanced driving assistance system, ADAS)地图和服务于 L4/L5 的高精地图^[5]。由于 ADAS 地图用于辅助实现车辆定位、路径规划和导航,在车辆无法应对的场景下可由驾驶员来接管,因此 ADAS 地图的相对位置精度只要求达到米级即可,数据内容可从可视地图中抽取出必要的路网信息,略加一些道路坡度、曲率、限速值等属性,业内也称为“SD+地图”。但 L4/L5 无人驾驶要求实现无人接管的全自动驾驶自动化,这对高精地图提出了更高要求,如相对位置精度应达到 0.1~0.2 m,静态地理要素及其属性应表达更精准,集成的动态信息应更加丰富且及时。

1.2 国外情况

回望全球自动驾驶的研发史,国外领先车厂通过大量测试和量产项目证明,实时更新的高精地图是应对不同场景且保证自动驾驶安全必不可少的组件。国外谷歌与戴姆勒无人驾驶系统的研发过程中均将高精地图作为自动驾驶系统标准配置^[6]。2022 年 6 月,欧洲经济委员会和内陆运输委员会在世界车辆法规协调论坛第 187 届会议通过了《联合国条例第 157 号(自动车道保持系统)01 系列修正案提案》。此法规第三章定义了自动驾驶系统的 3 个重要组成部分为控制单元、传感器、地图与定位,高精地图成为自动驾驶的法规要求。根据 HERE 官方宣称,近期在德国和美国获得官方认证并量产的 L3 级梅赛德斯-奔驰 Drive Pilot 系统,使用 HERE 厘米级高精地图,地图数据存储在后端数据中心,并不断更新。奔驰承诺 Drive Pilot 开启状态下的车辆事故由车企担负全责,而奔驰做出这一承诺的前提正是高精地图覆盖的兜底。宝马最近发布的 BMW 7 系成为首款使用 HERE 高精地图的量产车型,未来

HERE 的高精地图将集成到其他宝马车型中。

1.3 国内情况

1) 由 ADAS 地图向高精地图的过渡。在中国 L2/L3 级驾驶自动化汽车量产的进程中,ADAS 地图发挥了至关重要的作用,如国内小鹏汽车的智能导航辅助驾驶(NGP)、蔚来汽车的智能驾驶领航(NOP)、理想汽车的智能驾驶导航(NOA)、广汽埃安的高级智能驾驶辅助系统(NDA),以及长城的辅助驾驶系统(NOH)等都是 ADAS 地图配置的典型案例。近期,虽有诸多车企宣称采用“重感知、轻地图”技术路线,但若无 ADAS 地图提供的空间基准,那么车辆定位、导航和路径规划无从谈起;若无 ADAS 地图中的车道线地理要素,则无法应对冰雪覆盖下的车道居中和主动变道功能;若无 ADAS 地图中的道路坡度、曲率属性,则无法安全舒适地应对突然的上坡、下坡和急转弯等场景。因此,所谓的“轻地图”,大多是在高精地图基础上做减法的“高精—”做法,而非真正的“无地图”。

2) 高精地图加速中国 L4/L5 无人驾驶商业化落地。中国 L4/L5 无人驾驶汽车虽暂未实现量产,但在前期“车内无人”商业化试点工作的基础上,2023 年 3 月北京市在智能网联汽车政策先行区进入“车内无人”载人示范应用阶段,上海市浦东新区也将大力促进无人出租、无人配送、自主泊车、自动驾驶微循环公交等 L4/L5 无人驾驶应用场景的商业化落地,广州、深圳、武汉、重庆等地也纷纷推进高级别自动驾驶测试、示范应用等场景落地。不管是自动驾驶示范区范围内的固定路线场景还是封闭园区内部道路场景,L4/L5 无人驾驶均使用了高精地图,如使用了从点云数据中抽取出的特征图层,用于融合定位,以及使用了高密度格网的地面高度图(地形起伏数据),用于提高车辆安全系统和舒适度。

1.4 高精地图成为现阶段实现无人驾驶的必备要素

自动驾驶对地图的依赖程度主要取决于驾驶自动化级别,L1、L2级别的辅助驾驶阶段,高精地图并非刚性需求;L3级别的自动驾驶,高精地图是可选项;而L4、L5级别的自动驾驶,高精地图则是必选项。因此,自动驾驶汽车的智能化程度越高,对高精地图的依赖程度就越高。

众所周知,感知能力是无人驾驶的“眼睛和耳朵”,因此自动驾驶公司纷纷投入较高成本配置高品质车端传感器来提高感知能力。但若没有高精地图的加持,即便车端配置了高规格激光雷达、高像素摄像头、大算力芯片,并投入重金提升自动驾驶算法,仍会在实际上路时遇到各种无法应对的场景,如超长隧道行驶中定位精度低,前车遮挡情况下无法高效变换车道,无法识别磨损严重的车道线、浓雾遮挡的交通标牌、大雪覆盖的地标,无法提前应对急转弯路口而影响乘坐

体验等。而高精地图能够为自动驾驶汽车提供车道级路径规划及精准导航、高精度融合定位^[7]、应对差异化驾驶场景^[8],以及丰富的道路先验知识作为传感器冗余,使得自动驾驶汽车一上路便成为了“老司机”,高精地图也成为现阶段实现无人驾驶的必备要素。

2 高精地图现实需求和挑战

为实现L4/L5无人驾驶汽车的量产落地,高精地图在ADAS地图管理的基础上有更多的地图要素表达、覆盖范围、属性表达和鲜度的需求,但对照目前中国对ADAS地图的管理要求,上述需求均面临诸多挑战。

2.1 高精地图现实需求

1) 地图要素表达。从应用的角度,高精地图在路网图、特征图和路面高度图(见图1~3)这3个图层提出地图要素表达需求(见表2)。

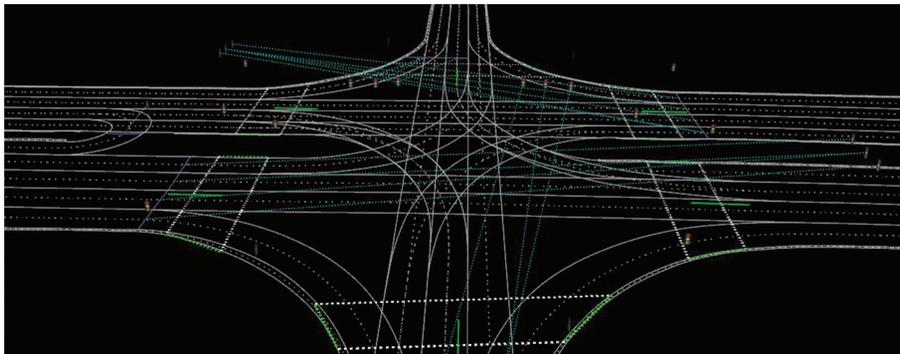


图1 路网图

Fig. 1 Road Network Map

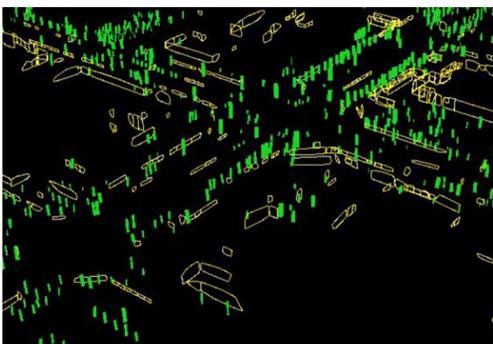


图2 特征图

Fig. 2 Feature Map

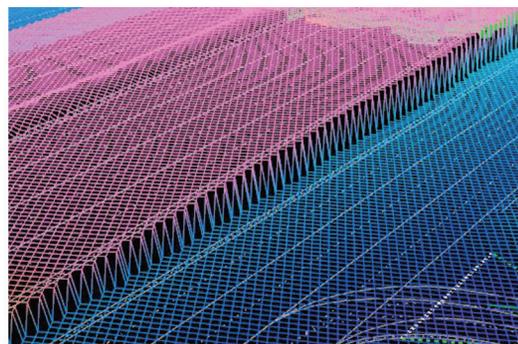


图3 路面高度图

Fig. 3 Road Height Map

(1)用于定位和路径规划的路网图,包括具备矢量特征的道路、桥和红绿灯等地图要素,其中道路和桥的车道线信息不仅需要包含实际存在的车道线,还需要包含复杂路况的规划车道线。交通实时信息、交管部门规制信息、管制信息等动态信息应及时接入,以实现更精细化的路

径规划。

(2)用于融合定位的特征图,即公开道路、路肩以及延伸到路肩外一定距离的人行道上的附着物,含灯杆、树木、限速牌等,并将其抽象表达为线;以及建筑物、广告牌、围栏、墙面等部分外立面,并将其抽象表达为面,以此作为车辆辅助

表 2 高精地图要素表达图层

Tab. 2 High Definition Map Feature Representation Layers

图层	地图要素	表达形式	应用目的
路网图	车道、桥、红绿灯等	点、线、面等矢量及其属性	用于定位、路径规划
特征图	灯杆、树木、限速牌等附着物 建筑物、广告牌、围栏、墙面等部分外立面	线状要素 面状要素	融合定位
路面高度图	地面	50 cm×50 cm 的路面高度网	避障、节油等

定位的重要依据。

(3) 确保行车安全的路面高度图。即公开道路、路肩以及延伸到路肩外一定距离的人行道的地面,并将其抽象表达为 50 cm×50 cm 的格子,形成高低起伏的路面图,以此作为车辆对比路面塌陷起伏和小障碍物的重要依据,并采取相应避让减速策略,以确保行车安全。

2) 覆盖范围。目前,ADAS 地图路面覆盖范围只允许表达道路边缘线以内,但高精地图有更广泛的覆盖范围需求,原因有二:(1)自动驾驶运行过程中,需要预知是否有行人或非机动车冲进机动车道的风险,从而进行合理规避,避免安全事故发生,因此需要高精地图路面信息覆盖到路侧人行道、非机动车道及停车场出入口。(2)特征图需要路侧的树木、灯杆、挡板等线面特征,用来做辅助定位。对于特征较多的城区,范围可以限制到人行道上,而在空旷的郊区,特征稀疏,需要更远处的特征来辅助定位。然而城市普通道路的路侧分布有党政军机关等重要敏感单位,因此路面信息能够扩展到路肩人行道以外多少米需要进一步研究确定。

3) 高度表达。目前,ADAS 地图不得表达真实高度,但高精地图需要获得一定范围内的相对高度用以避免因地面塌陷起伏和障碍物造成自动驾驶的安全风险,如红绿灯识别、地面障碍物识别、多层区域判断和定位特征图的使用等场景对高度信息提出了强需求。

(1) 红绿灯的识别。根据红绿灯的位置和高度信息可准确识别红绿灯的形状和颜色,从而为自动驾驶规控提供信息。在缺乏红绿灯高度信息的情况下,容易将车灯、其他行道灯误识别为红绿灯。尤其是在夜间或雨天灯光线不佳(见图 4)、存在遮挡,以及红绿灯高度和大车的车灯高度相近的情况下,红绿灯极易误识别,产生闯红灯风险,从而影响行车和公共安全。

(2) 地面障碍物的识别。自动驾驶算法会结合图像和雷达信息来识别路面障碍物,在夜间光线不好的情况下对雷达的依赖更强。识别路面

障碍物时,需要将激光点云和高精地图中的路面高度图层做对比,来确定车辆探测到的地面起伏是障碍物还是地面本身的起伏。若为地面本身的起伏,将减速通过;若为小动物、石头、铁片(见图 5)等障碍物,则绕行通过。因此,对地面障碍物的识别错误将导致行车安全。



图 4 夜间警车灯与移动红绿灯易混淆

Fig. 4 Nighttime Police Car Lights and Mobile Traffic Lights Are Easily Confused

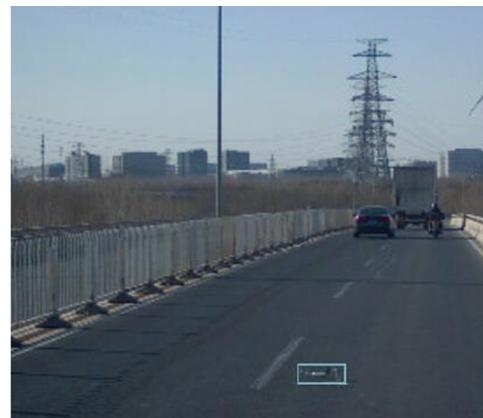


图 5 快速路上会扎轮胎的铁片

Fig. 5 Iron Plates That Can Puncture Tires on Expressways

(3) 多层区域的判断。在立交桥、多层停车场等多层区域,自动驾驶车辆需要准确定位在哪一层,若判断错误会导致车辆的决策规划出错,影响行车安全。

(4) 定位特征图的使用。全球导航卫星系统-

惯性测量单元获取的位置精度较差,且有时会出现全球导航卫星系统信号断连,当部分路面车道线模糊时,需依赖路侧的树木、灯杆、挡板、广告牌等实体的位置和高度信息与高精地图中的线、面特征图层进行融合定位,从而提高定位精度。

4)地图鲜度。高精地图更新的效率也称“鲜度”,直接影响地图的现势性,成为提高自动驾驶安全系数的重要因素之一。然而高精地图现有的集中式更新方法,通过专业的移动测量系统进行数据采集、编制与更新,存在效率低、成本高等问题^[9],难以实现对道路信息的全时空实时覆盖^[10]。根据《地图审核管理规定》第五条,地图内容发生变化的,需要重新送审。审核流程包括形式审查、内容审查、出具审核意见、行政审批、审图号下发等环节。由于数据涉敏问题,一直沿用离线送审和离线审查的方式,流程自动化程度低,周期较长,难以满足高精地图实时更新和发布需求,地图与现实世界表达不一致,将直接造成无人驾驶系统的错误判断,导致智能汽车行驶的安全性^[11-13]成为实现无人驾驶“最后一公里”的政策障碍。

2.2 高精地图公开应用面临的挑战

根据上述高精地图要素表达图层,对照目前中国对ADAS地图的管理要求,高精地图在覆盖范围、高度表达和鲜度等方面的需求面临诸多挑战。

1)数据安全。地理信息数据是国家基础性、战略性信息资源,涉密地理信息数据与军事安全、国防安全密切相关。根据《测绘地理信息管理工作国家秘密范围的规定》,当平面精度优于(含)10 m或地物高度相对量测精度优于(含)5%、且连续覆盖范围超过25 km²的高精地图将构成秘密级数据,甚至是机密级数据。在未经审核的情况下,极易表达重要桥梁的限高、限宽、净空、载重量和坡度,重要隧道的高度和宽度,公路的路面铺设材料等敏感信息。且因车端或云平台潜在的不安全接口、未授权访问、系统漏洞等信息安全问题均可造成数据泄露,因此高精地图的公开应用面临数据涉密、涉敏,以及信息泄露等数据安全的风险与挑战。

2)数据合规。中国实行地图审核制度,只有经过行政许可地图审核,获取审图号后,地图才可以公开应用^[14]。以ADAS地图为例,基于地理信息安全的考虑,公开应用的ADAS地图应满足以下条件:首先应进行地理信息的保密技术处

理,即对大地坐标的经纬度进行降精处理;由于目前并无对高程和高度进行降精的方法,因此要求ADAS地图的高程均置零,且不允许表达真实高度;须删除所有敏感属性,对坡度和曲率应进行分级表达;路面信息在路面边缘(或路缘石)以内;路侧和道路上方设施以点状符号表达地物存在;不得采用点云、实景影像等实测成果表达道路及其相关属性信息。若按照此规定,高精地图的公开应用面临合规性的挑战。

3 高精地图公开应用趋势分析

面对高精地图的现实需求,以及面临的数据安全、合规问题,近年来,国家先后出台《测绘地理信息管理工作国家秘密范围的规定》《自然资源部关于促进智能网联汽车发展维护测绘地理信息安全的通知》《公开地图内容表示规范》《自然资源部办公厅关于印发高级辅助驾驶地图安全应用基本要求(试行)的通知》等政策文件,分别针对智能网联汽车应用中涉及到的地理信息数据、测绘活动,以及地图表示等方面明确法律边界和管理要求,为市场主体更好地遵循法律法规政策要求提供政策指引,引导地理信息新业态规范有序发展。在此基础上,笔者对高精地图公开应用涉及的安全防控技术、标准体系建设,以及试点探索等方面进行趋势分析。

3.1 技术攻关进一步保障地理信息安全

1)地理信息保密处理技术优化升级。地理信息保密处理技术是现阶段保障涉密地理信息安全应用的关键技术,对维护国家地理信息安全、促进地理信息产业健康发展具有重要意义。针对高精地图的涉密性,以及对三维地理信息数据的强烈需求,国家相关部门正组织优化地理信息保密处理技术,推进面向L4级以上无人驾驶应用的技术升级,不仅针对位置、精度和属性进行全方位的脱密,还要考虑L4以上无人驾驶对相对位置精度的需求。新技术的认定和陆续投入使用,将进一步保障中国地理信息安全,并有效满足无人驾驶技术落地对地理信息数据的强烈需求。

2)引入商用密码技术保障数据传输安全。商用密码作为保护网络与信息安全的核心技术和基础支撑,在身份识别、安全隔离、信息加密、完整性保护和抗抵赖性等方面有着不可替代的重要作用。基于国产商用密码的数字化测绘体系安全技术改造示范工程,对地理信息数据从采

集、传输、存储等相关业务场景进行全生命周期安全保护,为敏感地理信息数据在传输和存储过程中提供安全保护,实现了高精地图众源更新^[5]模式的安全落地应用,如在车端使用 SM2^[15]做数字签名,使用 SM4^[15-16]做数据加密,保障车端数据的信息安全;通过国密 SSL VPN^[17]建立车端与云平台的安全链路,以保障数据传输安全。

3) 引入数字水印技术实现数据的追溯可控。当前针对地理信息数据的水印技术主要有可逆水印^[18]、无损水印^[19-20]和零水印技术^[21-22]等 3 种方法,应用成果不但可以提高算法稳健性,还可以保持原有数据精度,方法较为成熟。在地理信息版权保护方面,针对现有零水印需要向第三方存储版权信息且版权归属难以确定的问题,有研究表明可通过将区块链技术与零水印技术相结合的方式,构建一种新型的零水印注册机制,从而消除对第三方机构的依赖^[23-24]。通过区块链技术存储地理信息数据水印信息,不但将版权信息上链,实现永久存证,还可以对数字水印时间戳进行认证,从而保证版权认证的可靠性,并防止版权的多次认证^[25]。近年来,用于地理信息数据安全的水印技术得到了较大进展,可在众源地理信息数据的追溯、版权保护,以及众源更新的事中事后监管等方面发挥重要作用。

4) 开展信息化建设提升服务效能。通过研发高精地图在线审查平台,组织开展实时审查技术实验,利用国产商用密码技术保障高精地图在线送审传输安全,结合业务系统化、多版本兼容性、可追踪溯源性、流程自动化、在线服务化,提升智能化审图水平,实现对高精地图的高效审核与监管。同时制定一套统一共享的高精地图送审数据规格标准,为实现高精地图实时平台化审查奠定基础,大大缩短审图周期,降低高精地图为满足合规带来的时间成本问题,进一步满足自动驾驶技术落地对高精地图鲜度的需求。

3.2 建立标准体系带动行业安全规范发展

2023 年 3 月,自然资源部印发《智能汽车基础地图标准体系建设指南(2023 版)》,从国家层面建立统一、完整、规范的智能汽车基础地图标准体系,重点推进智能网联汽车时空数据安全处理技术基本要求、智能网联汽车时空数据传感系统安全检测基本要求等标准研制工作,为测绘地理信息数据在自动驾驶技术安全合规应用中提供规范指导与基础支撑。

3.3 试点探索助推高精地图大规模应用

2022 年 7 月,自然资源部印发《关于做好智能网联汽车高精地图应用试点有关工作的通知》,支持北京、上海、广州、深圳、杭州、重庆 6 个城市开展高精地图在智能网联汽车的安全应用试点,6 城市相继建立工作协调机制、出台政策制度、划定试点区域、加强测试验证、开展地图审核。鼓励地方发挥优势资源开拓创新,会同工业和信息化部、北京市人民政府推进北京亦庄自动驾驶地图测试区建设,指导浙江省德清市推进全域自动驾驶地图测试和验证。试点政策的印发无疑是重大的市场利好信息,不仅表明国家层面对高精地图应用前景的重视与鼓励,更代表高精地图正逐步成熟,走在了“地方试点-经验复制-大规模推广”发展路径中的重要节点上。

4 结 语

现有政策法规与标准主要面向传统导航电子地图,而高精地图的地理信息数据采集、传输、存储、表达、更新等与传统导航电子地图存在一定差异,因此现有法规与标准难以完全适应高精地图众源更新的特殊需求。以全新的视角审视高精地图,创新地图分类与管理模式,是推动高精地图产业发展,充分发挥高精地图这一新型生产要素的叠加、倍增、乘数效应等巨大潜在价值的必经之路。

在各国自动驾驶技术更新迭代的过程中,随着高精地图的大规模应用和对地理信息数据的深入挖掘,众源更新成为无人驾驶技术落地的必然要求,众源更新模式的安全合规应用对能否成为自动驾驶行业的领跑者具有决定性意义。在无人驾驶阶段,包括人车协同、车车协同、车路协同、空天地协同在内的多维协同信息将搭载在统一的高精地图服务平台之上,具备与 5G/6G 通讯、北斗高精度定位、低轨卫星、无人机等其他更多信息源协同的能力,高精地图将成为真正意义上的智能地图,一方面实现高精地图的实时更新,另一方面可有效提升车端的实时感知能力,进而提高全天候、全场景下的自动驾驶能力。

在中国无人驾驶技术规模化落地应用的过程中,应加强跨部门、跨学科、跨行业合作,做大高精地图的应用市场,做强高水平应用场景,充分发挥测绘地理信息数据这一新型生产要素的价值,助推中国智能汽车强国建设。

参 考 文 献

- [1] National Development and Reform Commission. Strategy of Development and Innovation of Intelligence Car[EB/OL]. (2020-02-24)[2023-02-01]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202002/t20200224_1221077.html. (中华人民共和国国家发展和改革委员会. 智能汽车创新发展战略[EB/OL]. (2020-02-24)[2023-02-01]. https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202002/t20200224_1221077.html.)
- [2] Liu Jingnan, Dong Yang, Zhan Jiao, et al. Thoughts and Suggestions on Autonomous Driving Map Policy[J]. *Strategic Study of CAE*, 2019, 21(3): 92-97. (刘经南, 董杨, 詹骄, 等. 自动驾驶地图有关政策的思考和建议[J]. 中国工程科学, 2019, 21(3): 92-97.)
- [3] General Office of the State Council. Circular of the General Office of the State Council on Printing and Issuing the Development Plan of New Energy Automobile Industry (2021—2035) [J]. *Gazette of the State Council of the People's Republic of China*, 2020(31): 16-23. (国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)的通知[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2020(31): 16-23.)
- [4] Liu Shaoshan, Tang Jie, Wu Shuang, et al. The First Unmanned Technical Book[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2017. (刘少山, 唐洁, 吴双, 等. 第一本无人驾驶技术书[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.)
- [5] Yang Mengmeng, Jiang Kun, Wen Tuopu, et al. Review on Status and Challenges of Crowdsourced Updating of Highly Automated Driving Maps [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2023(5): 244-259. (杨蒙蒙, 江昆, 温拓朴, 等. 自动驾驶高精度地图众源更新技术现状与挑战[J]. 中国公路学报, 2023(5): 244-259.)
- [6] Bender P, Ziegler J, Stiller C. Lanelets: Efficient Map Representation for Autonomous Driving[C]//IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, Dearborn, USA, 2014.
- [7] Wen T P, Jiang K, Wijaya B, et al. TM3Loc: Tightly-Coupled Monocular Map Matching for High Precision Vehicle Localization [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2022, 23(11): 20268-20281.
- [8] Deng N S, Jiang K, Cao Z, et al. Decision-Oriented Driving Scenario Recognition Based on Unsupervised Learning[C]//CICTP, Xi'an, China, 2021.
- [9] Yang Diange. Many Directions that Smart Cars Need to Break Through[J]. *China Industry and Information Technology*, 2018(6): 20-26. (杨殿阁. 智能汽车需要突破的诸多方向[J]. 中国工业和信息化, 2018(6): 20-26.)
- [10] Li Bijun, Guo Yuan, Zhou Jian, et al. Development and Prospects of High Definition Map for Intelligent Vehicle [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2023, DOI: 10.13203/j.whugis20230287. (李必军, 郭圆, 周剑, 等. 智能驾驶高精地图发展与展望[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2023, DOI: 10.13203/j.whugis20230287.)
- [11] Wang Mian. High Definition Map for Autonomous Driving: Overview and Analysis [J]. *Geomatics World*, 2020, 27(4): 109-114. (王冕. 面向自动驾驶的高精度地图及其应用方法[J]. 地理信息世界, 2020, 27(4): 109-114.)
- [12] Seif H G, Hu X L. Autonomous Driving in the iCity: HD Maps as a Key Challenge of the Automotive Industry[J]. *Engineering*, 2016, 2(2): 159-162.
- [13] Taş M O, Yavuz H S, Yazici A. Updating HD-Maps for Autonomous Transfer Vehicles in Smart Factories[C]//The 6th International Conference on Control Engineering and Information Technology, Istanbul, Turkey, 2018.
- [14] Shen Yangliu, Zhu Yifang. Problems and Optimization Suggestions of Surveying and Mapping Management Policies and Regulations for Self-driving Cars [J]. *Automobile and Parts*, 2020(5): 66-68. (申杨柳, 朱一方. 自动驾驶汽车测绘管理政策法规问题及优化建议[J]. 汽车与配件, 2020(5): 66-68.)
- [15] Qiu Jingyun, Wu Xiangchen, Zhou Yukun, et al. Research on the Application of SM2 and SM4 Hybrid Algorithm in Vehicle Networking [J]. *Instrumentation*, 2023, 30(8): 9-12. (丘敬云, 吴祥晨, 周宇坤, 等. 国密SM2、SM4混合算法在车联网中的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2023, 30(8): 9-12.)
- [16] Zhao Jun, Qi Yonghong, Zhang Qiuyi. Research on Key Technologies of Geographic Data Security Protection Based on SM4 [J]. *Geomatics World*, 2022, 29(6): 69-72. (赵君, 齐永红, 张秋义. 基于SM4的地理数据安全保护关键技术研究[J]. 地理信息世界, 2022, 29(6): 69-72.)
- [17] Wang Jinqi. Research and Implementation of SSL VPN Security Gateway Based on National Standard [J]. *Wireless Internet Technology*, 2020, 17(4): 30-31. (王谨旗. 基于国家标准的SSL VPN安全网关研究与实现[J]. 无线互联科技, 2020, 17(4): 30-31.)

- [18] Peng F, Jiang W Y, Qi Y, et al. Separable Robust Reversible Watermarking in Encrypted 2D Vector Graphics [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2020, 30(8): 2391-2405.
- [19] Ren N, Zhou Q F, Zhu C Q, et al. A Lossless Watermarking Algorithm Based on Line Pairs for Vector Data[J]. *IEEE Access*, 1809, 8:156727-156739.
- [20] Zhou Q F, Ren N, Zhu C Q, et al. Blind Digital Watermarking Algorithm Against Projection Transformation for Vector Geographic Data[J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2020, 9(11): 692.
- [21] Zhou Q F, Zhu C Q, Ren N, et al. Zero Watermarking Algorithm for Vector Geographic Data Based on the Number of Neighboring Features [J]. *Symmetry*, 2021, 13(2): 208.
- [22] Xing S M, Li T Y, Liang J. A Zero-Watermark Hybrid Algorithm for Remote Sensing Images Based on DCT and DFT[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1952(2): 022049.
- [23] Ren N, Zhao Y Z, Zhu C Q, et al. Copyright Protection Based on Zero Watermarking and Blockchain for Vector Maps [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2021, 10(5): 294.
- [24] Wang B W, Shi J W, Wang W S, et al. A Blockchain Based System for Secure Image Protection Using Zero-Watermark [C]//The 17th International Conference on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, Delhi, India, 2020.
- [25] Huang Zilong. Research and Implementation of Remote Sensing Achievement Authentication and Trading System Based on Blockchain[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019. (黄子龙. 基于区块链的遥感成果认证与交易系统的研究与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.)