引文格式:乐鹏,刘晓雪,刘瑞祥,等.智能网联汽车时空数据监管建模与实施方法研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(4):775-788.DOI:10.13203/j.whugis20240353

Citation:YUE Peng,LIU Xiaoxue,LIU Ruixiang,et al.Modelling and Implementation Approaches for Spatiotemporal Data Governance of Intelligent Connected Vehicles[J].Geomatics and Information Science of Wuhan University,2026,51(4):775-788.DOI:10.13203/j.whugis20240353

智能网联汽车时空数据监管建模与实施方法研究

乐 鹏[1] 刘晓雪[1,2,3,4] 刘瑞祥[1] 蔡传威[1] 黄 龙[5,1] 李 健[2,3]
张庆余[6] 姜 敏[7]

1 武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079
2 重庆长安汽车股份有限公司,重庆,400023
3 智能汽车安全技术全国重点实验室,重庆,400023
4 湖北珞珈实验室,湖北 武汉,430079
5 自然资源部地图技术审查中心,北京,100830
6 中汽智联技术有限公司,天津,300300
7 深圳市迪派乐智图科技有限公司,广东 深圳,518118

摘 要:在车路云一体化探索与汽车智能化的发展趋势下,智能网联汽车(intelligent connected vehicle, ICV)时空数据作为关键数据要素,已成为驱动国家和汽车行业实现产业升级与技术转型的重要新质生产力。时空数据高度敏感,涉及国家地理信息安全,开展面向多源异构、动态流通的ICV时空数据监管工作成为迫切需要。目前尚未有针对时空数据监管的模型框架,缺少机理研究。从现行数据监管模型出发,拓展到ICV领域,提出了以时空数据监管对象、监管主体、监管环境为核心实体的数据监管模型。面向时空数据全生命周期的各个环节,阐述了溯源关联的合规监管实施参考框架。借助行业具有代表性的时空数据监管案例,在监管模型的指导下,提出了多种监管实施选项,能够为中国ICV时空数据监管提供建议和参考。

关键词:ICV;时空数据;数据监管;生命周期;监管模型

中图分类号:P208 **文献标识码**:A **收稿日期**:2025-01-07

DOI:10.13203/j.whugis20240353 **文章编号**:1671-8860(2026)04-0775-14

Modelling and Implementation Approaches for Spatiotemporal Data Governance of Intelligent Connected Vehicles

YUE Peng[1] *LIU Xiaoxue*[1,2,3,4] *LIU Ruixiang*[1] *CAI Chuanwei*[1] *HUANG Long*[5,1]
LI Jian[2,3] *ZHANG Qingyu*[6] *JIANG Min*[7]

1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China
2 Chongqing Chang'an Automobile Co., Ltd., Chongqing 400023, China
3 State Key Laboratory of Intelligent Vehicle Safety Technology, Chongqing 400023, China
4 Hubei Luojia Laboratory, Wuhan 430079, China
5 Map Supervision Centre, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China
6 CATARC Intelligent and Connected Technology Co., Ltd., Tianjin 300300, China
7 Shenzhen Dipai Lezhi Map Technology Co., Ltd., Shenzhen 518118, China

Abstract: **Objectives**: While exploring the vehicle-road-cloud integration and automotive intelligence, it turns out that spatiotemporal data of intelligent connected vehicle (ICV) has emerged as a crucial data element in driving productivity growth and technological transformation. Spatiotemporal data is highly sensitive, multi-source, and heterogeneous. They are dynamically circulated among multiple stakeholders, including automotive enterprises, map providers, and intelligent driving solution vendors. ICV spatiotemporal data implicates both user privacy and information security. It is often necessary to set up governance

基金项目:重庆市自然科学基金创新发展联合基金(CSTB2024NSCQ-LZX0148);国家自然科学基金(42425108)。

第一作者:乐鹏,博士,教授,主要研究方向为地理信息系统。pyue@whu.edu.cn

mechanism for ICV spatiotemporal data. Currently there is still no modelling framework for spatiotemporal data governance, and the systematic governance mechanism is still missing. Both theoretical and practical guidance is needed for policymakers and industry stakeholders. **Methods:** A data governance model for ICV spatiotemporal data is proposed. It follows a meta-modelling approach and is compatible with the governance model from the general information domain. The model identifies three core entities that are the spatiotemporal data and processing as governance objects, governance bodies, and governance environment. It also defines six fundamental relationships among core entities that are body delegation, object derivation, environment cascading, dependency payload, regulation control, and monitoring evaluation. By leveraging the governance model and provenance that enables lineage tracking across data processing workflows, we present a reference framework for governance implementation across various stages of ICV spatiotemporal data lifecycle, which cover from spatiotemporal data collection, processing, storage, transmission, usage, sharing, cross-border transfer, and destruction. An empirical study is further conducted by analyzing three representative governance cases from the ICV industry, each reflecting distinct configurations of governance bodies and relationships. **Results:** Applying the proposed governance model to the ICV domain yields three actionable recommendations for the governance of ICV spatiotemporal data: (1) Governance cooperation between automotive enterprises and authorized map service providers is needed. The option leverages the existing qualifications and regulatory experience of certified map providers to offer automotive enterprises a quick way to meet governance requirements. (2) Automotive enterprises should implement independent governance. The option provides flexibility for automotive enterprises to build spatiotemporal data governance workflow, yet it requires the automotive enterprises to get authorization for map production and create their own map infrastructure. (3) National third-party governance is needed. The option allows the government to authorize third-parties to enforce governance, and create a national spatial data infrastructure for ICV to support the governance. This can help avoid redundant investments across the industry. These recommendations offer enterprises a range of options to select approaches aligned with their specific operational contexts, technical capabilities, and strategic priorities, which pave the way for more inclusive and effective governance approaches. **Conclusions:** The proposed model and reference framework comprehensively account for diverse stakeholders and practical scenarios within the ICV governance ecosystem. It provides a theoretical foundation for developing systematic governance mechanisms for ICV spatiotemporal data. The findings also suggest that the development of a national crowd-sourced mapping infrastructure covering maps and driving scene libraries presents a promising direction for advancing both data governance and automated driving capabilities. It will facilitate coordinated technological development and provide a sustainable mechanism for data sharing across the automotive industry.

Key words: ICV; spatiotemporal data; data governance; lifecycle; governance model

随着智能网联汽车的快速发展,汽车行业正在从传统交通工具向高度智能化、互联化的方向演进[1-2]。智能网联汽车通过车载传感器、通信设备和人工智能技术,在实现自动驾驶、车路协同等功能的同时还实时收集、处理和传输了大量的时空数据[3]。这些时空数据涵盖车辆位置、环境感知、高精地图等关键信息,成为未来车路云一体化产业的核心资源。

智能网联汽车的时空数据具有高敏感性和广泛性,不仅涉及用户隐私,还牵涉国家交通安全和公共利益。因此,对时空数据的监管成为各国政府和行业监管机构关注的重点之一,如国家发展和改革委员会印发的《智能汽车创新发展战略》[4]将加强数据安全监管管理列为主要任务。然而,随着智能网联汽车时空数据量的爆炸式增长,数据监管的挑战也愈发凸显。如何在合理有效地利用这些数据来推动技术创新的同时保障数据的安全与隐私,是当前面临的关键问题。

当前,数据监管的复杂性不断提升,监管体系的建设主要面临两个核心挑战:(1)数据流转的多环节性对数据监管提出了更高要求,时空数据从采集、处理、存储、传输、使用、分享、出境到销毁涉及多个主体,如智能网联汽车企业、地图供应商、智驾方案研发商等,这些主体在数据流

转过程中可能存在数据泄露、网络攻击、数据滥用等风险;(2)数据监管亟须向智能化、自动化方向演进,在数据治理的过程中,安全防护技术、合规监控技术等新技术与新措施亟须齐头赶上,亟待综合运用管理和技术措施全方位保障数据的安全与合规[5]。

在此背景下,本文将探讨智能网联汽车时空数据的监管模型,提出以时空数据监管对象、监管主体、监管环境为基础的监管元模型实体及其关联关系,为监管模型的设计与实施提供参考,并以监管对象为主线,从时空数据生命周期的视角提出数据监管方案,结合对行业代表性案例的分析提出相应的监管建议,以期为构建更加完善的智能网联汽车时空数据监管体系提供理论支持和实践参考。

1　智能网联汽车监管相关工作

1.1　数据监管

本文讨论的数据监管在国际上可翻译为data governance,国内有时也叫数据治理,旨在在保护敏感数据的同时,促进数据的合规利用。国际上有data curation的提法,虽然可以直译为数据监管,但有所不同,主要强调数据管理中如何通过元数据等手段促进数据的可发现、可获取、可保存等,可以作为data governance的一部分。

当前,在通用数据领域已有不少关于数据监管的研究,它们从不同角度提出了数据监管模型,致力于形成全面、高效、规范的数据监管理论体系[6-9],比较具有代表性的是国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)发布的ISO/IEC 38500:2024《信息技术—组织的IT治理》标准[10],提供了关于信息技术(information technology, IT)治理的广泛指导方针和实施框架。ISO/IEC 38505-1:2017《信息技术—IT治理—数据治理 第1部分:ISO/IEC 38500在数据治理中的应用》标准[11],将数据治理视为IT治理的一个子集。ISO/IEC TR 38505-2:2018《信息技术—IT治理—数据治理 第2部分:ISO/IEC 38505-1对数据管理的启示》[12]中规范了数据监管模型(见图1),由评估、指导、监测这3个监管行为构成可持续进行的监管循环体系,并在监管方和数据管理者(即被监管方)密切合作下执行。

1)评估。评估数据管理者当前和未来对数据的使用情况,在监管行为的循环周期中,监测结果资料可作为评估的重要参考,评估结果也可作为指导的有力支持。

2)指导。制定战略和政策,并通知给数据管理者,指导政策的实施,监管方和数据管理者应通过战略和政策的拟定与执行共同实现行业数据的使用安全,其中战略应为数据设定监管方向,而政策应确立数据监管的行为规范。

3)监测。监测数据管理者的数据流程及其控制表现,监管方应通过适当的度量机制监测和审查数据管理者使用数据的情况,确保使用情况符合正在实施的政策。

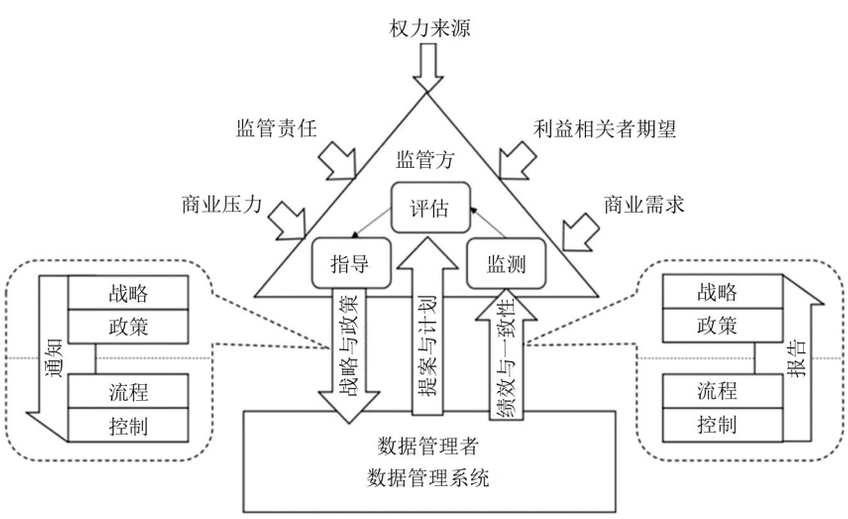


图1　ISO/IEC TR 38505-2:2018标准规范的数据监管模型

Fig. 1　Data Governance Model Specified in ISO/IEC TR 38505-2:2018 Standard

1.2　智能网联汽车时空数据监管

时空数据在智能网联汽车领域中的服务场景十分丰富,可用于地图制作、实车测试、算法研发及数据标注等。时空数据监管已成为确保数

据安全、隐私保护和合规性的重要议题,而智能网联汽车在运行、服务、测试中动态新增的数据带来了复杂的新业态与新问题,例如,2021年滴滴、特斯拉等数据安全事件。为了应对这一复杂的生态系统,国内外在数据监管方面出台了一系列相关的法规和政策。

中国高度重视数据安全监督管理,持续推进数据安全相关法规体系建设,接连出台《中华人民共和国数据安全法》《中华人民共和国网络安全法》《中华人民共和国个人信息保护法》等。针对智能网联汽车行业,《智能汽车创新发展战略》《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》[13]等文件,明确了汽车时空数据采集和管理相关问题的监管导向。2021—2024年,先后发布《汽车数据安全管理若干规定(试行)》[14]、《车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南》[15]、《国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023版)》[16]、《自然资源部关于加强智能网联汽车有关测绘地理信息安全管理的通知》[17]。2024年工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房城乡建设部、交通运输部联合印发的关于开展智能网联汽车"车路云一体化"应用试点的通知方案中要求构建地理信息安全防控技术体系。目前,各类监管标准的制度正在积极推进,如《智能网联汽车时空数据分类分级》《智能网联汽车时空数据服务监管基本要求》团体标准。在具体推进过程中,由于缺乏系统化的理论支持,政府难以全面识别资源配置,企业在合规过程中缺乏有效指导,容易导致混乱与低效,增加了合规成本和不确定性,不利于智能网联汽车市场的健康发展。因此,迫切需要理论方法进行指导。

在国际层面,数据合规和隐私保护已经成为智能网联汽车行业发展的重要议题。英国交通运输部与国家基础设施保护中心联合发布了《联网和自动驾驶车辆网络安全重要原则》[18],对整个汽车行业、联网和自动驾驶车辆、智能交通系统及其供应链提出了8项基本原则,目的是提供所有参与制造和供应链各方统一指导方针。美国众议院通过了强调自动驾驶技术安全性和可靠性的HR3388号《自动驾驶法案》[19],还特别要求技术开发者制定详细的数据隐私保护计划,以确保用户数据的安全和隐私权益得到妥善保护。此外,在通用数据保护条例这一全面的数据保护法规框架下,欧盟发布了《车联网个人数据保护指南》[20],为车联网环境下个人数据的处理提供了详细的指导和规范,该指南从数据保护、本地化处理、数据主体权利的保障等方面提出了处理原则。这些国际经验为中国智能网联汽车时空数据的合规监管提供了宝贵的借鉴。

目前,国内外还没有针对智能网联汽车时空数据的统一监管模型,在政策制定和"车路云一体化"试点中,需要积极开展理论方法探讨,提供机理支撑。为有效应对数据泄露、网络攻击、数据滥用等挑战,需要构建一个综合考虑监管主体、监管对象和监管环境的监管框架,以确保智能网联汽车的时空数据能够在安全、合规的环境下得到合理利用。

2 数据监管的基本概念

数据监管的概念起源于国际数据管理协会,并通过ISO与数据治理研究所等机构的合作定义而形成,最终将其核心确立为数据管理、控制和问责3大主要领域[21]。数据监管作为保障数据安全的重要前提,在以数据为核心载体的领域被广泛应用。在汽车时空数据领域,通过欧盟的《通用数据保护条例》、英国的《联网和自动驾驶车辆网络安全原则》、美国的《自动驾驶法案》及中国的《中华人民共和国数据安全法》,初步确立了在国家数据安全战略指导下,由各方协作维护汽车数据安全并促进其开发与产业发展的框架。

智能网联汽车时空数据可以定义为行驶场景中,各类传感器设备采集的一定时空范围内的观测及处理衍生数据。开放地理信息系统的研究将要素、覆盖、观测作为时空数据的3种标准化共享表达[22-23]。与传统地图矢量要素与遥感影像覆盖不同,智能网联汽车时空数据涵盖的传感器观测类型多样(见图2),例如位置、轨迹、惯导、图像、视频、点云等行驶位置或环境感知数据。此外,由各类处理流程链路衍生出的观测处理结果数据也构成了智能网联汽车时空数据另一类重要组成部分,例如兴趣点、场景库、地图数据、拓扑关联、动态要素等。一方面,这类数据随着"车路云一体化"进程,流转多个主体与系统,来源广泛且实时海量;另一方面,数据处理技术趋向智能化、自动化,端到端的近景深度学习处理呈现快速增长趋势,部分数据存在时空解耦需求。

与通用信息领域数据监管相比,智能网联汽车时空数据在监管目标、体系、重点和产出等方面呈现出差异性特征。具体而言,监管目标主要

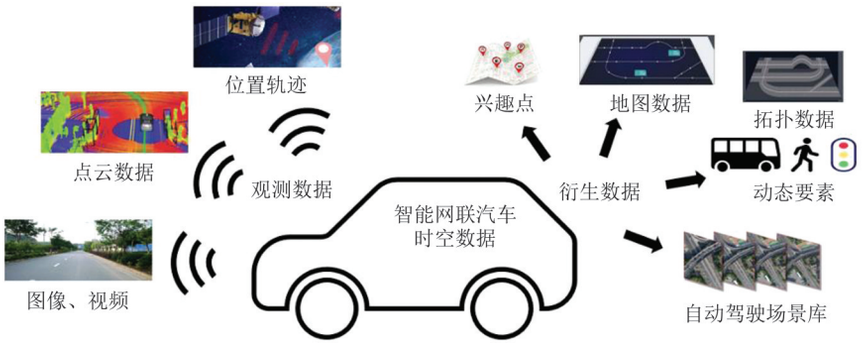


图 2　智能网联汽车时空数据

Fig. 2　Spatiotemporal Data for Intelligent Connected Vehicles

聚焦于保障时空数据全生命周期内的流转与应用安全,以满足合规性要求、降低安全风险并推动数据的开发利用;在监管体系方面,设计重点在于评估数据对地理信息安全的影响;监管重点则侧重于确保时空数据全生命周期内的安全性与合规性;在监管技术层面,核心在于提升时空属性的解耦技术能力,并确保整个过程的完整性与可追溯性。

3　智能网联汽车时空数据监管模型

中国传统的地图审查已成为地理信息监管的重要手段,有了一套成熟的模式,并在互联网地图监管中发挥了重要作用。近年来,地理信息的内容和表现方式发生了很大的变化,特别是智能网联汽车领域的大规模时空数据应用,为数据监管带来新的内容,例如智能网联汽车领域的感知与地图路线之争。由于高精地图带来的制作与更新等一系列成本问题,场景感知算法、端到端的感知规控一体化自动驾驶大模型成为新的处理手段,推动从地图监管到包括原始观测数据在内的时空数据监管的转变,并成为推动中国智能网联汽车产业健康快速发展的迫切需求。

针对新产业背景下的时空数据监管需求,本文从监管方案建模的角度出发,通过元模型建模方法梳理各利益相关方需求,提出包含基本实体与关系的监管元模型,为智能网联汽车时空数据监管建模与实施方案提供了基本原语,以提升对监管任务的认知,为促进车企合规使用时空数据提供可借鉴的监管参考模型。

3.1　监管元模型

监管元模型从现有的通用数据监管模型出发,拓展到智能网联汽车领域,针对参与监管的车企、图商、行业主管部门等不同利益相关方,凝练出不同角色的监管主体;针对时空数据相关的原始观测、处理流程、衍生产品等,形成地理信息监管对象;针对各类政策指导与分布式智能网联汽车运行平台,构建监管环境。监管元模型如图 3 所示,不仅概括了数据监管的核心实体,而且梳理了实体间的关系逻辑,构建了监管的逻辑模型,为智能网联汽车时空数据监管提供了一套基本原语。

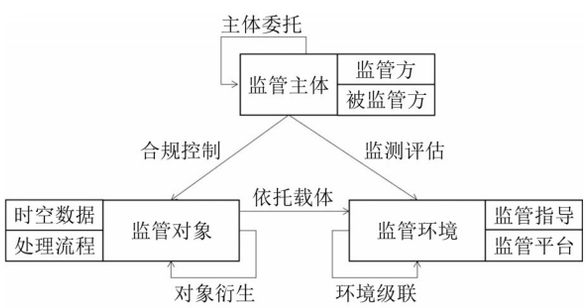


图 3　智能网联汽车时空数据监管元模型

Fig. 3　Meta-Model for Spatiotemporal Data Governance of Intelligent Connected Vehicles

在监管元模型中,监管主体、监管对象与监管环境 3 类核心实体是监管的基础。监管主体是指参与监管的利益相关方,包括监管方与被监管方。其中,监管方是指负责制定时空数据监管战略、政策与标准,并对时空数据的流转进行合规监控审查的单位;被监管方是指涉及时空数据的生产、处理与使用的单位。监管对象是指被监管的对象,包括智能网联汽车时空数据、处理流程以及其所产生的中间与结果产品。监管环境是指与监管行为相关的政策与软硬件实体,主要包含监管指导和监管平台两大类。

除 3 类核心实体外,监管元模型还具有 6 类基本关系,分别为主体委托、对象衍生、环境级联、依托载体、合规控制以及监测评估。这 6 类基本关系主导着整个监管的运作模式:(1)主体委托。监管利益相关方可能涉及的车企、图商、行业主管单位、第三方监管技术支撑单位、智能驾

驶科技企业、汽车用户等不同主体,扮演监管方与被监管方的角色。同一类主体内部还可以进一步划分,例如,行业主管部门主体存在国家与省市不同主体。角色和责任在不同主体之间存在委托,部分主体既可能监管他方,也可能被监管。(2)对象衍生。监管的时空数据对象随着处理链路推进存在衍生对象,对象之间的衍生需要通过族系溯源建立关联,以达到问题追溯与溯源监管的目的。(3)环境级联。由于监管对象在不同环境中流转,包括车路云、合规云、车企云等异构平台,需要建立这些不同系统环境间的监管联动机制,形成统一的监管平台。(4)依托载体。监管对象与监管环境形成依托载体关系。(5)合规控制。在具体的监管指导下,被监管方按照监管方需求开展合规控制业务。(6)监测评估。监管主体能够执行责任委托,形成监控评估监管环境的能力。

3.2 智能网联汽车时空数据监管建模

下面以监管元模型为基础,开展智能网联汽车时空数据监管建模。其基本思路是以元模型提供的基本原语,结合中国智能网联汽车行业的发展现状,围绕其中的实体与关系展开描述(见图4)。

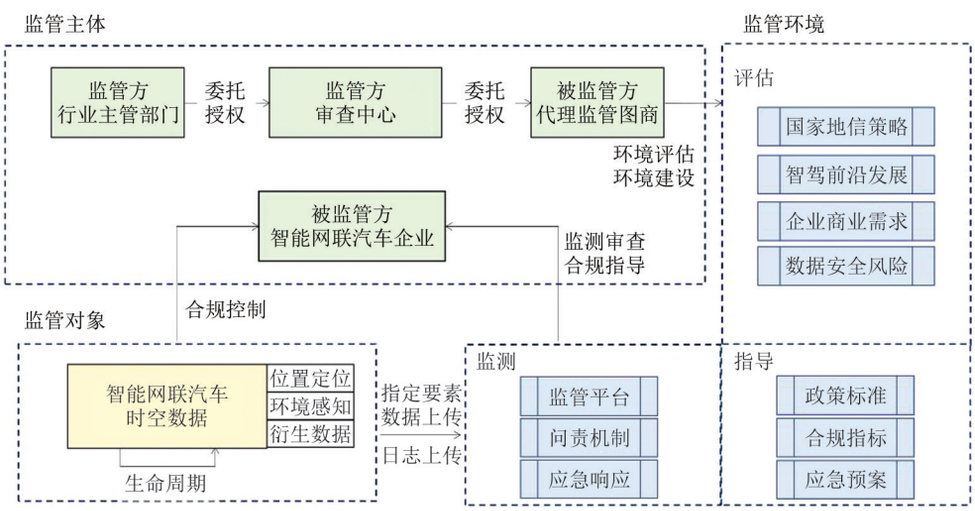


图4 智能网联汽车时空数据监管建模

Fig. 4 Modelling for Spatiotemporal Data Governance of Intelligent Connected Vehicles

1)针对不同监管主体开展委托授权,监管方进行适当的责任规划和行为分配。例如,行业主管部门在统筹协调智能网联汽车时空数据监管的基础上,可依据业务需要将资质审查、地图监管等业务委托至审查中心,负责具体的监管行为执行。审查中心可将时空数据的合规监管等责任委托相关代理监管图商,服务于智能网联汽车企业等被监管方开展众源制图、智驾模型训练等技术的合规应用。这种委托机制有助于协调监管主体内部工作,确保监管的全面性和有效性,有时被监管方图商也被委托代理进行具体的监管行为执行。在智能网联汽车产业,被监管方即时空数据最主要的生产、处理和使用者,智能网联汽车企业及导航地图供应商在监管中主要负责依据监管要求对时空数据采取具体的合规控制措施。

2)分析时空数据监管对象,开展分类分级、合规指标体系建设,落实合规要求主体责任。目前,智能网联汽车涉及的时空数据主要包含观测类数据和衍生类数据。观测类数据包括位置定位类和环境感知类数据:位置定位类数据可由车载传感器获得,例如基于定位设备、惯性测量单元等获取位置、轨迹、惯导类数据;环境感知类数据主要包括点云类数据和影像类数据,点云类数据主要由激光雷达传感器获取,影像类数据则主要包括视频和图片,由摄像头获取。衍生类数据包括对上述位置定位和环境感知数据进行加工后生成的高级产品,例如地图数据、兴趣点、动态要素等。传统的地图数据为导航电子地图,现在可以包括构图类数据,例如基于轨迹类、点云类和影像类数据进行加工生成的含有绝对位置坐标的矢量数据。

3)从数据资产的角度,围绕智能网联汽车时空数据的生命周期开展监管。其涵盖了时空数据从采集、处理、存储、传输、使用、分享、出境到销毁的整个过程,时空数据通过生命周期的各个环节不断衍生。合规控制中,被监管方在具体合规审查与指标要求下开展业务中涉及的合规处理与监管工作。面向时空数据全生命周期进行合规控制的主要任务是确保时空数据符合地理信息安全相

关的法律法规要求,是数据安全合规的核心支撑。

4)开展监管环境建设。监管环境范围较广,包含国家地信策略、智驾前沿发展、企业商业需求、数据安全风险等宏观要求,也包含具体的政策标准、合规指标、应急预案等细化原则,以及围绕具体监测开展的平台建设、问责机制与应急响应等。依据监管方的监管行为可以将监管环境划分为评估、指导和监测 3 类,每类环境环环相扣、重重级联,监管方通过对监管环境的整体评估和层层建设,对被监管方进行合规指导和监测审查,以日志为载体辅以指定要素数据,将时空数据处理流程及其合规控制信息上传至监管平台进行溯源关联与监测。传统数据监管体系往往仅关注数据查询、统计、可视化等基础功能,缺乏对地理信息领域数据时空特性的深入分析与时空溯源能力[24-25],可打造智能化、自动化和可溯源的智能网联汽车时空数据合规监管平台,为时空数据监管问责提供更全面的保障。

4　智能网联汽车时空数据监管实施

4.1　监管方案参考框架

在《智能汽车创新发展战略》的“构建全面高效的智能汽车网络安全体系”主要任务中提到“建立覆盖智能汽车数据全生命周期的安全管理机制,明确相关主体的数据安全保护责任和具体要求”。本文以时空数据生命周期为切入点,开展全面的时空数据安全监管,构成了智能网联汽车时空数据监管实施方案的核心(见图 5)。

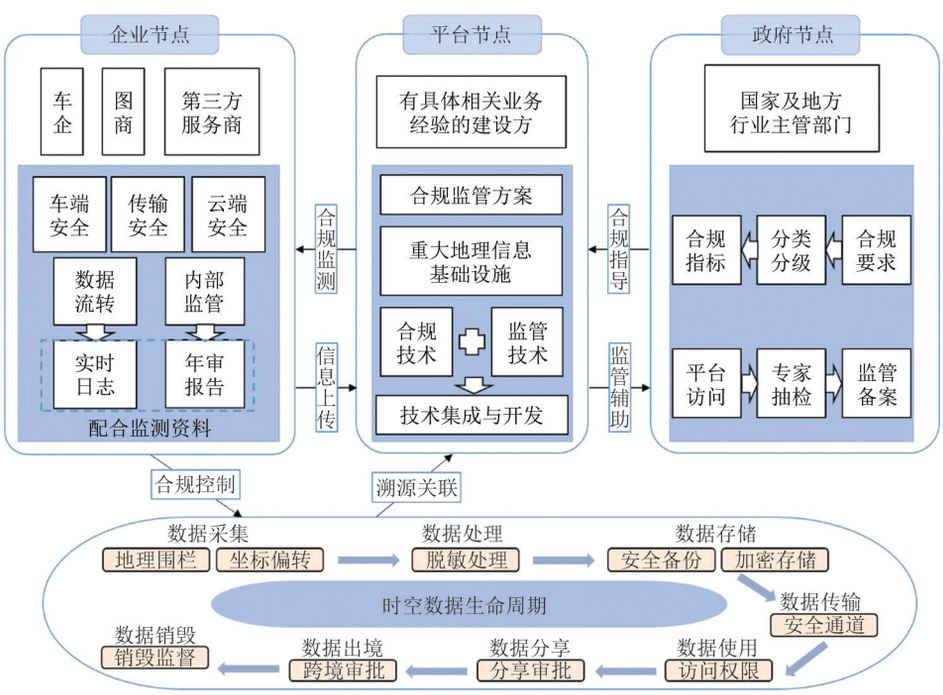


图 5　面向时空数据生命周期监管的参考框架

Fig. 5　Reference Framework for Governance of Spatiotemporal Data Lifecycle

实施方案中,政府节点阐释了监管主体的职责,主要包括行业评估、合规要求制定及监测审查(即监测评估)。平台节点通过行业主管部门的委托授权,深度构建了监管环境,先通过解读政府部门发布的数据安全相关政策和标准,在监管指导下设计合规监管方案及监管内容,再通过监管平台集成合规解决方案中涉及的合规技术和监管技术,接着将方案部署至被监管方。企业节点阐述了监管对象需落实的安全合规范围,从时空数据生命周期的视角全面概述了合规控制的关键内容,最终实现智能网联汽车时空数据监管建模中的闭环。

在企业节点内部设立组织内监管机制,参照监管指导要求,开展从车端到云端的数据流转合规处理。在政府节点,建立合规要求、分类分级、合规指标等一系列合规指导,构建监管备案管理、专家抽检、平台访问的监管辅助手段。

建立对接企业与政府的合规监管平台节点,由有经验的第三方提供成套的合规监管技术方案,设计合规监管插件,开展部署,提供实时监测信息,支持检查抽查。借助重大地理信息基础设施,提供众源支持的地图更新与第三方大规模场

景库,为自动驾驶提供更好的时空信息服务。

将智能网联汽车时空数据的生命周期分为8个环节,分别是数据采集、数据处理、数据存储、数据传输、数据使用、数据分享、数据出境和数据销毁,在每个环节设置相应的监管点,针对不同环节开展全面的时空数据合规控制,使时空数据监管具有全面性和可追溯性,为时空数据的合规使用提供足够保障和有力支持。

1)在数据采集环节,关注资质与备案管理,同时通过即采即偏技术实现数据位置信息的偏转,设置地理围栏保护国家敏感区域的地理信息安全,从源头上增强数据的安全性与合规性。此外,《车联网信息服务数据安全技术要求》[26]中要求数据采集时,应根据车联网应用场景下的数据价值和合规需求来判断数据的敏感度,并根据数据敏感度进行分类分级。

2)在数据处理环节,针对涉敏区域与对象,包括图像或视频中的人脸目标、汽车号牌及其他敏感目标,采取数据脱敏处理。针对数据分类分级,辅以数字水印与溯源等技术,形成不同数据产品的合规处理流程。由于脱敏脱密涉及的技术难度较高且效果相对不稳定,这一环节往往需要较大的投入,以确保数据在脱敏后既保持数据的可用性又保证隐私安全。

3)在数据存储环节,应通过分布式数据库进行安全备份,保护数据免受意外删除、损坏或其他灾难性事件的影响,应使用公开的、已发布的、有效的密码算法,根据不同场景选择适当长度的密钥,并建立安全可信的专属云进行加密存储,避免越权访问、泄露、篡改等情况。

4)在数据传输环节,应对个人信息和重要数据进行真实性保护、完整性保护、保密性保护和抗抵赖保护,应实施严格的身份验证机制,确认数据传输双方的身份,并利用安全认证、可信交互等加密技术构建保密传输通道,确保数据传输的安全。

5)在数据使用环节,应确保已对地图等数据产品进行涉敏涉密关键目标的脱敏脱密,通过智能化数据审查技术完成数据内容审查,保障发布数据的安全,对数据使用者制定数据访问控制策略并实施访问控制机制。

6)在数据分享环节,分享前须进行数据分享对象的评估和分享审批,对数据分享对象严格设置访问权限及可访人员范围,并进行网络安全能力评估,使用安全的协议和加密通信方式进行数据分享,以保证分享过程的安全实施。

7)在数据出境环节,《汽车整车信息安全技术要求》[27]规定车辆不得直接向境外传输数据,若数据产品需要出境时,应在采取安全评估的基础上,采取专人专项的出境申请及审批机制,使用专用的安全通道进行传输,并定期进行数据监控。参照自然资发〔2024〕139号文件中关于时空数据出境的要求[12],要履行对外审批或地图审核程序,可在平台中设立独立的申请与审批通道,并落实数据出境安全评估等有关规定。

8)在数据销毁环节,应设置销毁相关监督角色,监督操作过程,使数据彻底删除且无法通过任何手段恢复。监管环境中的政策标准应对时空数据生命周期各个环节起到指导作用。已发布或正在制定的数据安全相关标准中存在一些面向时空数据生命周期各环节相应的数据安全标准条例,为时空数据的安全合规控制提供了具体的指导。

4.2 监管方案实施设计

本文围绕时空数据监管对象,从合规体系设计、指标设计、监管平台等多个层面进一步开展实施设计(见图6)。在智能网联汽车领域,数据合规体系的建设是一项复杂而细致的工作,不仅要深入分析和理解现有的相关法规和标准,还要结合智能网联汽车时空数据的特定属性和业务需求进行综合考量和设计。首先,分析现有的相关法规和标准,按照数据分类分级的分类多维原则、方法统一原则、合法合规原则、分级明确原则和就高从严原则,结合智能网联汽车时空数据的数据来源、数据特点和业务需求对智能网联汽车时空数据进行分类。例如,可以将数据分为车辆基本数据、感知数据、决策与运行数据、客户数据等类别,并对每类数据进一步细分,以实现精准管理和保护。然后,依据自然资源部、工业和信息化部现行的对于数据在危害程度和重要程度上的评估要求,对数据进行严格分级,确定不同级别数据对应的合规处理要求,设计统一的分类方法和标准,避免因分类标准不一致而导致的数据管理混乱和合规风险。最后,进一步设计合理的智能网联汽车时空数据合规体系。

在合理的智能网联时空数据合规体系之上,需要制定合理的数据合规指标体系来帮助在数据分类分级过程中定级。合理的数据合规指标体系设计需要考虑智能网联汽车时空数据从数据采集、数据处理、数据存储、数据传输、数据使用、

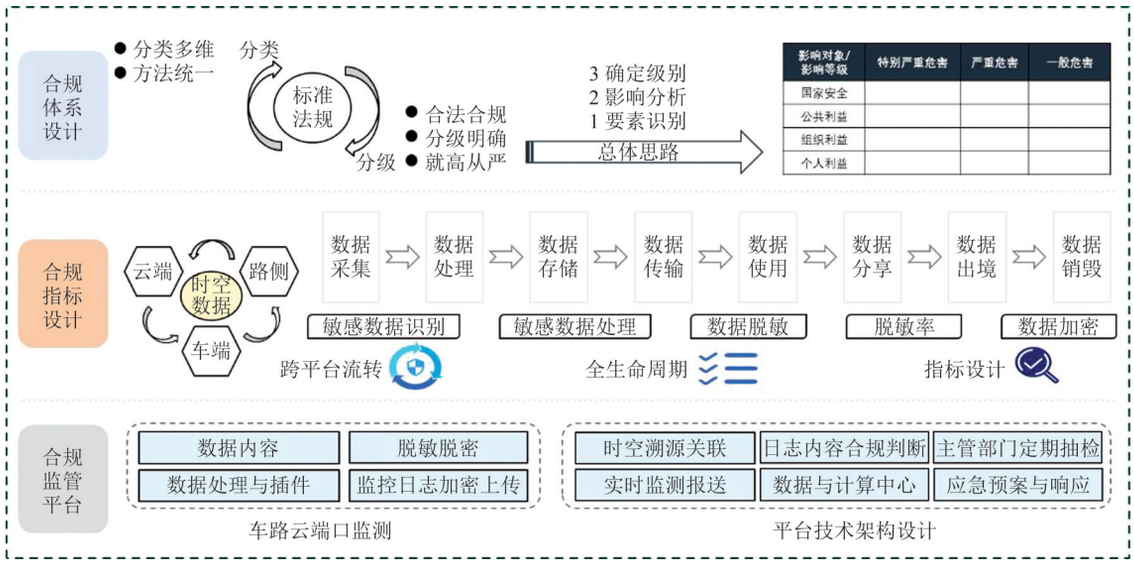


图 6　监管方案设计

Fig. 6　Governance Plan Design

数据分享、数据出境到数据销毁全生命周期数据流通各个环节的实际情况。同时,还需要结合不同业务主管部门的具体要求,从位置精度、脱敏率和个人信息透明度等方面的具体要求设计合理的合规指标体系。例如,在数据采集阶段,要确保采集的数据满足精度要求,同时对个人信息进行必要的脱敏处理,以保护用户隐私;在数据传输过程中,采用加密技术确保数据传输的安全性;在数据存储环节,依据数据分级确定相应的存储安全措施。

在智能网联汽车时空数据合规体系设计和合规指标设计的基础上,利用时空数据溯源、敏感数据识别和监控日志加密上传与自动化检测等技术方法,建立一个事前备案、事中监测、事后追溯的智能网联汽车时空数据合规监管服务平台(见图 7),该平台能够监控数据状态进行安全评估,并动态自主地调整安全策略。同时,平台可结合溯源数据与监管日志信息,形成数据合规监管相关技术报表,以预防数据威胁。利用上述技术和措施制定明确的数据共享协议,加强数据使用方的合规性审核,以确保数据在不同主体间流通使用时的合规性和安全性。

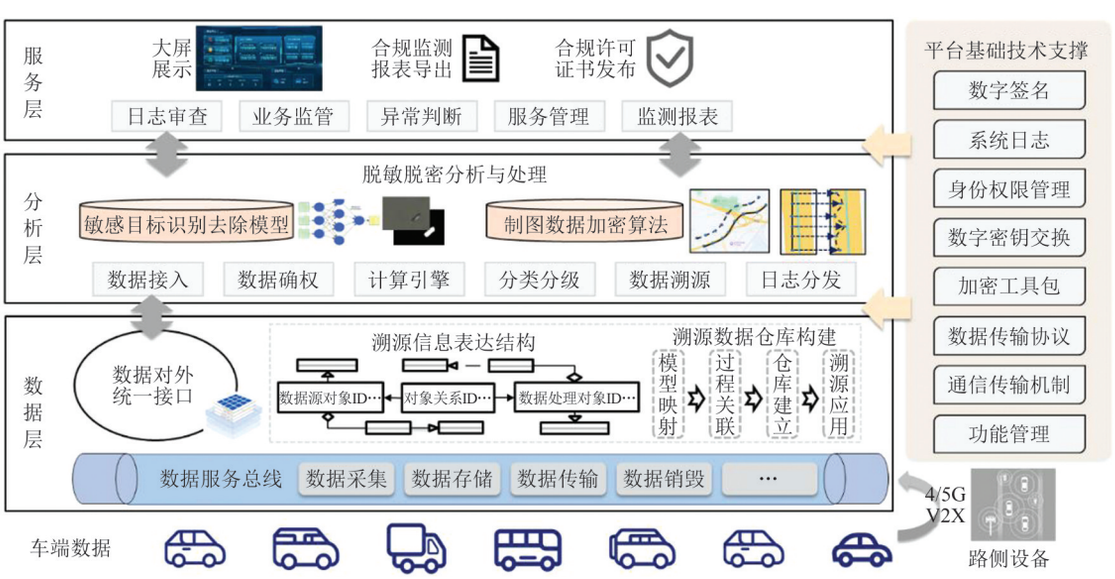


图 7　监管平台设计

Fig. 7　Governance Platform Design

4.3　监管方案案例分析

智能网联汽车行业当前已经涌现一些数据监管和合规的案例,包括多家领先的智能网联汽车企业和导航地图供应商积极实施的数据安全

合规方案,这些实践充分凸显了业内对智能网联汽车时空数据完整性与安全性的共同关注与努力。本文所提出的理论模型可为这些方案提供基础,并为中国未来智能网联汽车时空数据监管提供理论依据和建议。

目前,中国在智能网联汽车时空数据监管的实践中,秉承包容审慎的态度,采取了一种渐进式的策略,即优先促进行业发展,随后逐步引入和加强监管。这种策略鼓励了行业内的多元探索和创新,形成了多样化的监管模式。具体来看,智能网联汽车时空数据的监管实施策略可以归纳为3种典型模式:第一种和第二种模式主要通过监管方对数据应用方的监管委托来实施,体现了监管元模型中的主体委托关系;第三种模式则体现了监管方直接作为监管主体的实施方式,这与监管元模型中的监测评估和环境级联关系紧密。

1)图商合规云方案

随着监管方对被监管方的合规要求逐渐凸显,针对测绘地理信息行业的特殊性,车企与图商之间的合作成为了一种有效的监管实施策略。这种合作模式不仅加速了车企在时空数据监管领域的合规进程,而且通过图商已有的导航电子地图制作甲级测绘资质和丰富的合规监管经验,为车企提供了一种快速满足监管要求的途径。该模式直接体现了监管元模型中主体委托的实际应用,其中图商作为被委托的监管主体,负责实施具体的监管行为,如数据脱敏、加密传输、云端制图、大规模自动驾驶场景库训练等。

以某汽车企业与地图供应商合作构建的合规方案为例(见图8),在数据传输环节,对于非地理时空数据,车企可以通过自己内部的传输通道进行车云端的加密数据传输,而对于地理时空数据,车企则需要借助图商的合规传输模块,通过车端编译链和国密软件开发完成车云端数据的安全传输。在数据处理环节,车企同样需要借助图商提供的合规私有云环境,对时空数据进行数据融合、数据标注、图层制作、算法训练等一系列数据处理工作,完成整个云端建图、数据编译和审图环节后再将数据传输至车企平台进行数据发布,以充分确保研发的安全性与合规性。

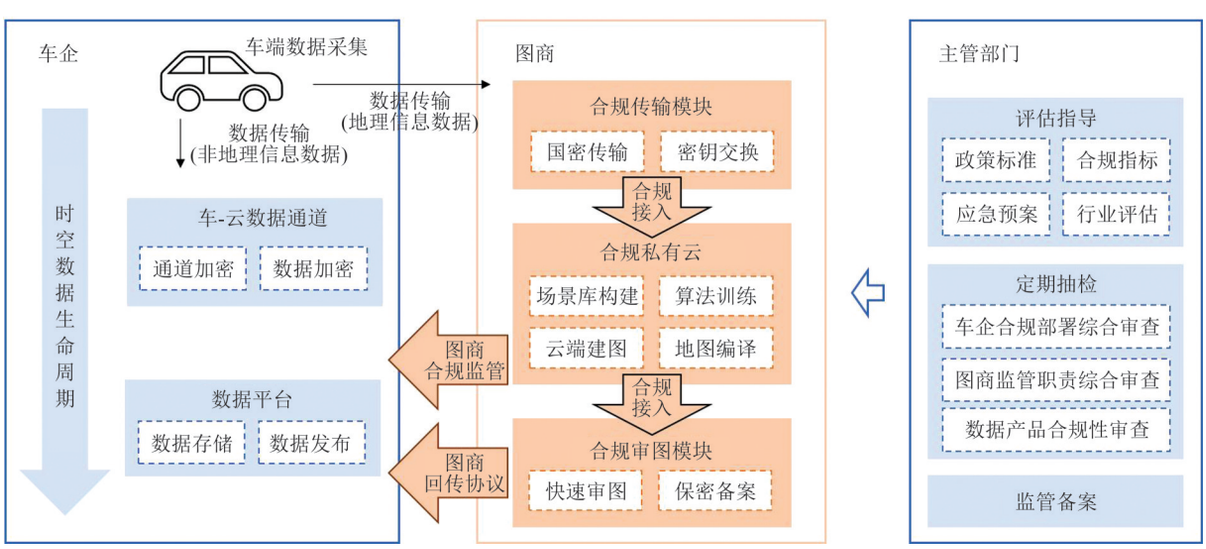


图8 图商合规云监管方案案例

Fig. 8 Case of Regulatory Governance Cloud Solution for Map Service Providers

对于汽车企业而言,一方面,此合规方案保证了时空数据生产过程的安全性及合规性,推动了时空数据的合规发布和使用,有利于智能网联汽车产品的市场销售;另一方面,其限制了车企对于时空数据处理流程操作的自由度,可能导致导航地图或其他时空数据产品的实时更新速度下降,自动驾驶场景库训练等相关技术的创新推进也受到一定程度的限制。

2)车企私有云方案

该方案中车企承担更多的监管责任,建设智能网联汽车时空数据安全管理体系,通过构建自身的私有云平台来实现数据的合规监管(见图9)。车企不仅需要自主搭建符合监管要求的车端采集插件和私有云设施,还负责生成和维护用于自动驾驶算法训练的场景库产品。这种自主监管模式展示了监管元模型中合规控制的实际运用,车企在确保数据安全性和合规性的同时,也提升了对数据处理流程的控制力,从而推动了技术创新和产品快速上市。与此同时,车企内部需设置独立的时空数据监管人员,部署监管方设定的监

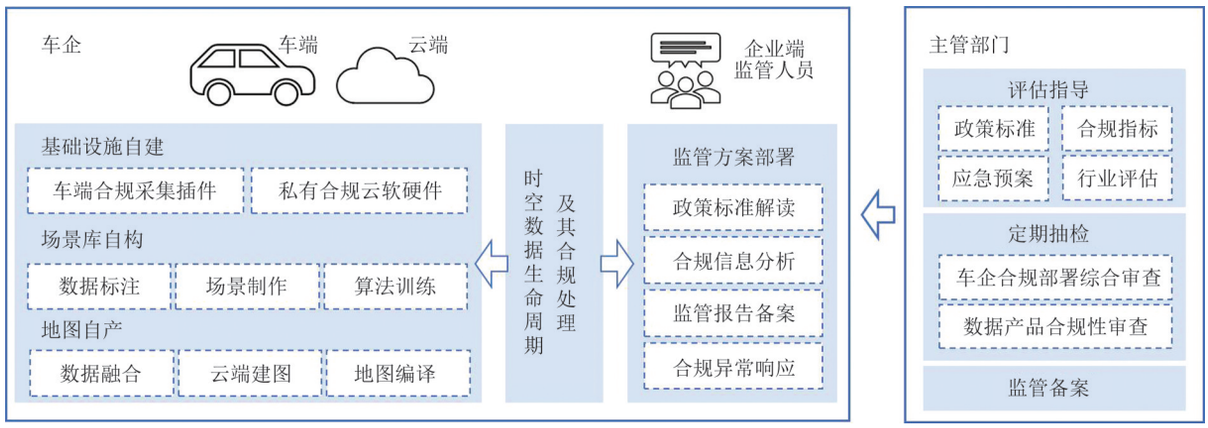


图 9　车企私有云监管方案案例

Fig. 9　Case of Regulatory Governance Solution for Automakers' Private Clouds

管方案或监管平台,包括政策标准解读、合规信息分析、监管报告备案、合规异常响应等。目前呈现的一种趋势是车企开始组建具有测绘资质的地图公司。

对于汽车企业而言,这类合规方案在保证时空数据生产过程的安全性及合规性的同时,提升了车企对于时空数据处理流程操作的自由度,推动了自动驾驶场景库训练等相关技术的自主创新,以及时空数据的快速合规发布和使用,有利于智能网联汽车产品的市场销售和整体发展。然而,这类方案存在一定弊端,例如,某车企仅内部地图部门每月算力消耗数百万元,还没计入感知与规控部门费用,累计在场景库数据建设已投入上亿元。车企需要自主进行基础设施的全面搭建,包括自己的合规基础设施、监管基础设施、地图生产、时空数据基础设施、人工智能和算力基础设施等,具有较大的难度和挑战。

3)第三方监管方案

随着智能网联汽车行业的不断进步,第三方监管服务平台的建立已成为行业发展的关键趋势。这些服务平台由专业服务提供商构建,旨在通过独立的监管平台提供中立、高效的监管服务。这种模式不仅体现了监管元模型中监测评估与环境级联的关系,而且实际上标志着监管侧(即行业主管部门)开始直接利用平台工具对数据应用侧进行监管,同时数据应用侧也承担起部分监管职责,这预示着一种未来高效监管的新模式。借助第三方监管服务平台,打通车企和主管部门的数据合规与监管链路,一定程度上解放了双方对于监管体系建设和实施的压力,促进了监管方相关标准细则的制定,同时加快了被监管方企业技术创新推进的步伐。

以某第三方代表性合规监管平台建设方案为例(见图 10),合规监管平台总体架构可分为车企、监管平台和主管部门3类节点。在车企内部,车云端节点于每个生命周期环节完成后实时生成合规日志,上传至企业端监管人员处以及监管中心处,如数据采集日志、数据处理日志、数据传输日志等;企业端监管人员负责初步监测车云端的合规日志,并定期向监管平台上传报告,通常是每年上传一次年审报告。监管平台对车企上报的日志报告等信息进行全面的合规监测,实现合规信息可视化、时空数据溯源分析、绩效评分、问题督察等功能,同时利用与众多车企的合作渠道,通过众源采集和标注方式生成大规模自动驾驶场景库,对车企提供算法训练和技术创新的基础设施支持。

总体而言,该类建设方案适合行业联盟或国家级部门来实施,例如北京理工大学承建的由工业和信息化部委托的新能源汽车国家监测与管理平台,构建了企业、地方、国家三级构架体系,体现了众源共享的基础设施建设思路,避免了重复建设。

由于中国处在智能网联汽车时空数据监管的发展初期,对于监管方而言,当前最薄弱的环节仍是发挥指导作用的政策标准的制定,尤其是对于生命周期各环节的具体合规指导标准仍存在边界覆盖不全、细则不够具体、操作性不强等问题,导致平台中由政策标准、合规指标指导进行建设的具体合规判断机制仍不完善,不同监管环境之间的级联关系较弱,数据安全监管工作难以高效落实。

基于以上方案分析,本文基于智能网联汽车时空数据安全监管模型及实施方案框架提出有关监管体系建设的建议:

1)加速可操作性政策标准的制定。虽然近年来中国数据安全政策的制定已取得重要进展,

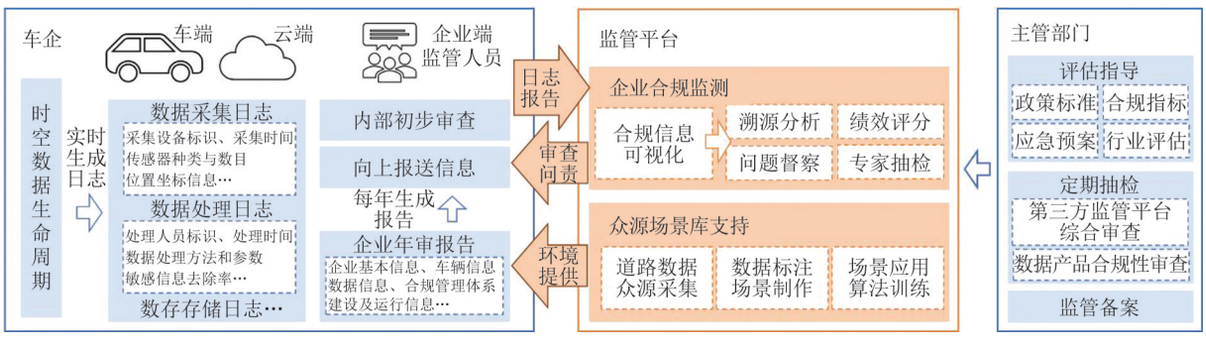


图10 第三方监管方案案例

Fig. 10 Case on Third-Party Governance Solutions

但当前标准的制定仍停留在基础性通用要求阶段,加快构建系统、具化、科学、覆盖全生命周期的智能网联汽车时空数据合规监管标准体系,强化合规应用实施,充分发挥标准对车联网产业安全健康发展的指导作用,是现阶段监管方指导工作的重点。

2)充分考虑各利益相关方的监管和合规需求,促进数据分类分级。主流合规方案对于监管体系中的部分企业而言存在繁琐与限制,在确保时空数据的安全性和合规性的同时促进行业的技术发展和创新,应该重视各方利益的平衡,促进合作与创新,并持续关注监管模式的适应性,包括平衡数据安全性、隐私保护、合规性和技术创新之间的关系,以推动智能网联汽车行业的健康发展和创新。

3)加强生命周期中薄弱环节的合规方案建设和试点示范。虽然目前主流的合规方案中已逐步意识到以生命周期为切入点进行合规方案设计的合理性与高效性,但个别环节仍处于空白,不利于数据流转潜在漏洞的识别和修复,在合规方案设计阶段明确覆盖生命周期的所有环节,针对每个环节可能存在的风险点制定详细的合规计划和实验进程,是现阶段被监管方合规工作的重点。现有测绘地理信息安全处理技术与监管手段仍沿袭传统静态审查模式,在颗粒度、时效性、并行计算等方面缺乏考量,不具备面向实时海量、多源异构、动态更新时空数据的治理能力。虽然已开始推出一系列的相关标准,如何落实还是个难点,需要有切实的手段或者专门机构去落实政策或者开展试点。

4)有阶段性地推进构建国家级众源地图基础设施,打造基于众源的地图与自动驾驶场景库国家级数据中心。目前,国家级时空数据合规监管基础设施尚未形成,需要成立强有力的协调领导小组,建立由管理部门、科技界、产业界共同参与的协同工作体制机制,逐步推动与统一时空数据合规监管管理要求,协调相关部门定位与管理细则,明确公司业务和技术手段。早期发展阶段各企业可以重复投入,形成规模效应;后期可以通过数据货币方式进入众源平台,激励数据共享与交易。组织核心技术协同攻关,规划技术共享研发平台,避免目前车企众源地图更新的重复建设,借鉴天地图与开放地球引擎等时空信息基础设施的建设理念,促进合规监管平台研发技术的快速发展。持续跟踪国内外时空数据合规监管及其应用的实际情况,兼容国际现有数据治理要求,为相关企业出海奠定初步基础。

5 结 语

本文探讨了智能网联汽车时空数据监管的概念,提出了基于元模型建模的监管模型,探讨了时空数据监管主体、监管对象、监管环境3类核心实体及其6类主导关系的含义,建立了面向智能网联汽车时空数据生命周期的实施方案参考框架,分析了行业内具有代表性的安全监管案例,提出有关车企图商合作、车企自建、国家第三方监管的多种与多方位安全监管体系建设的建议,指出构建涵盖地图与场景库的国家级众源地图基础设施不失为一种有前景的发展方向。

值得注意的是,尽管本文综合考虑了安全监管体系的诸多利益相关方及实践案例,在实施过程中仍需考虑成本与政策因素。该研究为智能网联汽车时空数据监管提供理论支撑及实践思路,希望在以后的研究中能够给行业提供更多的监管和合规选项。

参 考 文 献

[1] 崔明阳,黄荷叶,许庆,等. 智能网联汽车架构、功能与应用关键技术[J]. 清华大学学报(自然科学版),2022,62(3):493-508.

CUI Mingyang, HUANG Heye, XU Qing, et al. Survey of Intelligent and Connected Vehicle Technologies: Architectures, Functions and Applications [J]. *Journal of Tsinghua University* (*Science and Technology*), 2022, 62(3): 493-508.

[2] 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), 2024, 49(4): 491-505.
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*, 2024, 49(4): 491-505.

[3] WANG B Y, HAN Y, WANG S Y, et al. A Review of Intelligent Connected Vehicle Cooperative Driving Development[J]. *Mathematics*, 2022, 10(19): 3635.

[4] 国家发展和改革委员会. 智能汽车创新发展战略[EB/OL]. (2020-02-10)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/24/content_5482655.htm.
National Development and Reform Commission. Strategy of Development and Innovation of Intelligence Vehicle[EB/OL]. (2020-02-10)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/24/content_5482655.htm.

[5] GUAN T, HAN Y, KANG N, et al. An Overview of Vehicular Cybersecurity for Intelligent Connected Vehicles[J]. *Sustainability*, 2022, 14(9): 5211.

[6] KARKOŠKOVÁ S. Data Governance Model to Enhance Data Quality in Financial Institutions[J]. *Information Systems Management*, 2023, 40(1): 90-110.

[7] BUGBEE K, RAMACHANDRAN R, KAULFUS A, et al. Enabling Dynamic Data Governance in Science: Design, Implementation, and Future Directions of the Modern Data Governance Framework [C]//IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Athens, Greece, 2024.

[8] ZHANG Q Q, SUN X B, ZHANG M C. Data Matters: A Strategic Action Framework for Data Governance[J]. *Information & Management*, 2022, 59(4): 103642.

[9] KUZIO J, AHMADI M, KIM K C, et al. Building Better Global Data Governance[J]. *Data & Policy*, 2022, 4: e25.

[10] ISO, IEC. Information Technology—Governance of IT for the Organization: DS/ISO/IEC 38500: 2024[S]. Geneva: ISO, 2024.

[11] ISO, IEC. Information Technology—Governance of IT—Governance of Data—Part 1: Application of ISO/IEC 38500 to the Governance of Data: ISO/IEC 38505-1: 2017[S]. Geneva: ISO, 2017.

[12] ISO, IEC. Information Technology—Governance of IT—Governance of Data—Part 2: Implications of ISO/IEC 38505-1 for Data Management: ISO/IEC TR 38505-2: 2018[S]. Geneva: ISO, 2018.

[13] 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[EB/OL]. (2022-08-30)[2024-09-10]. https://gk.mnr.gov.cn/zc/zxgfxwj/202208/t20220830_2757960.html.
Ministry of Natural Resources. Notice on Promoting the Development of Intelligent Connected Vehicles and Safeguarding the Security of Surveying, Mapping and Geographical Information[EB/OL]. (2022-08-30)[2024-09-10]. https://gk.mnr.gov.cn/zc/zxgfxwj/202208/t20220830_2757960.html.

[14] 国家互联网信息办公室. 汽车数据安全管理若干规定(试行)[EB/OL]. (2021-08-16)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/12/content_5640023.htm.
Cyberspace Administration of China. Several Provision on the Management of Automobile Data Security (for Trial Inplementaion)[EB/OL]. (2021-08-16)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/12/content_5640023.htm.

[15] 工业和信息化部办公厅. 车联网网络安全和数据安全标准体系建设指南[EB/OL]. (2022-02-25)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/07/content_5677676.htm.
General Office of the Ministry of Industry and Information Technology. Guidelines for the Construction of Cybersecurity and Data Security Standards System for Internet of Vehicles[EB /OL]. (2022-02-25)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/07/content_5677676.htm.

[16] 工业和信息化部. 国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车)(2023版)[EB/OL]. (2023-07-18)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202307/content_6894735.htm.
Ministry of Industry and Information Technology. The National Guidelines for the Construction of the Standard System for the Internet of Vehicles Industry (Intelligent Connected Vehicles)(2023 Version)[EB/OL]. (2023-07-18)[2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202307/content_6894735.htm.

[17] 自然资源部. 自然资源部关于加强智能网联汽车有关测绘地理信息安全管理的通知[EB/OL]. (2024-07-26) [2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content_6965227.htm.
Ministry of Natural Resources. Notice of the Ministry

of Natural Resources on Strengthening the Security Management of Surveying, Mapping and Geographical Information Related to Intelligent Connected Vehicles [EB/OL]. (2024-07-26) [2024-09-10]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202407/content_6965227.htm.

[18] UK Government: Department for Transport. The Key Principles of Vehicle Cyber Security for Connected and Automated Vehicles[EB/OL]. (2017-08-06) [2024-09-10]. https://www.gov.uk/government/publications/principles-of-cyber-security-for-connected-and-automated-vehicles/the-key-principles-of-vehicle-cyber-security-for-connected-and-automated-vehicles.

[19] House Energy and Commerce Committee. H. R. 3388, Self Drive Act [EB/OL]. (2017-09-01) [2024-09-10]. https ://www.cbo.gov/publication/53067.

[20] European Data Protection Board. Guidelines 1/2020 on Processing Personal Data in the Context of Connected Vehicles and Mobility Related Applications [EB/OL]. (2020-02-07) [2024-09-10]. https://ledpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/guidelines/guidelines-012020-processing-personal-data-context_en.

[21] ABRAHAM R, SCHNEIDER J, VOM BROCKE J. Data Governance: A Conceptual Framework, Structured Review, and Research Agenda[J]. *International Journal of Information Management*, 2019, 49: 424-438.

[22] SCHLEIDT K, RINNE I. OGC Abstract Specification Topic 20: Observations, Measurements and Samples [EB/OL]. (2023-05-26) [2024-09-10]. https://docs.ogc.org/as/20-082r4/20-082r4.html.

[23] 王舒曼, 应申, 蒋跃文, 等. 智能驾驶场景中高精地图动静态数据关联方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2024, 49(4): 640-650.
WANG Shuman, YING Shen, JIANG Yuewen, et al. High Definition Map Dynamic and Static Data Association Method for Intelligent Driving Scenarios [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2024, 49(4): 640-650.

[24] JIANG L C, YUE P, KUHN W, et al. Advancing Interoperability of Geospatial Data Provenance on the Web: Gap Analysis and Strategies[J]. *Computers & Geosciences*, 2018, 117: 21-31.

[25] YUE P, WEI Y X, DI L P, et al. Sharing Geospatial Provenance in a Service-Oriented Environment [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2011, 35(4): 333-343.

[26] YD/T 3751—2020. 车联网信息服务数据安全技术要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.
YD/T 3751—2020. Technology Specification for Data Security of Internet of Vehicle Information Service[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.

[27] GB 44495—2024. 汽车整车信息安全技术要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
GB 44495—2024. Technical Requirements for Vehicle Cybersecurity [S]. Beijing: Standards Press of China, 2024.