

智能与进化:济南新一代智慧交通系统的设计

潘述亮¹, 徐晓东², 杨海波², 邹 难¹

(1.山东大学, 山东 济南 250061; 2.济南市公安局交通警察支队, 山东 济南 250014)

摘要: 伴随人工智能、大数据和云计算等新技术的发展, 新一代智慧交通系统的建设成为城市交通智慧新业态构建的必然选择。通过梳理中国当前智能交通系统发展和已建成的城市智慧交通管理系统, 展望未来智慧交通系统的关键特征。以济南市为例, 提出打造多领域连通融合、多源数据信息交换共享、多层次智慧协调的交通管理生态系统。重点探索信息技术与交通工程技术体系融合的交通大脑能力框架, 并由此搭建“一云四中枢”体系架构, 可实现大脑的自我评价和学习进化。进而分析济南交通大脑平台的逻辑构架、功能方案以及技术难点。实践表明, 该智慧交通系统能够很好地辅助管理部门进行交通拥堵治理, 进而推进未来城市交通可持续发展和智慧出行服务。

关键词: 城市交通管理; 智慧交通; 城市大脑; 自我进化; 顶层设计; 数据融合; 济南市

Intelligence and Evolution: A New Generation of Intelligent Transportation System Design in Jinan City

Pan Shuliang¹, Xu Xiaodong², Yang Haibo², Zou Nan¹

(1.Shandong University, Jinan Shandong 250061, China; 2.Traffic Police Detachment of Jinan Public Security Bureau, Jian Shandong 250014, China)

Abstract: With the development of new technologies such as AI, big data and cloud computing, a new era of intelligent transportation system has become necessary for urban transportation development. Through reviewing the current development of China's intelligent transportation system and the already established systems, the paper outlines the key characteristics of the future intelligent transportation system. Taking Jinan as an example, the paper proposes to develop a traffic management system featuring multi-disciplinary connectivity and integration, sharing and exchanging data from multiple sources, and multiple agencies' intelligent coordination. Focusing on the transportation brain framework that integrates information technology and traffic engineering technology, the paper develops a framework of "one cloud and four centers" to realize the evolution of the brain through self-evaluation and learning. The paper discusses the logical framework, functional scheme and technical difficulties of Jinan's transportation brain platform. It is known through practice that the intelligent transportation system can provide large assistance to the administrative department in controlling traffic congestion, thus promoting the sustainable development of urban transportation and smart travel services in the future.

Keywords: urban traffic management; intelligent transportation; urban brain; self-evolution; top-level design; data integration; Jinan

收稿日期: 2019-05-31

作者简介: 潘述亮(1986—), 男, 山东滕州人, 博士, 主要研究方向: 城市交通管理信息系统。

E-mail: panshuliang@gmail.com

0 引言

人工智能、大数据和云计算等新技术的涌现与发展, 为交通系统的运行和服务带来机遇和挑战, 在传统的交通管理与当前最先进的智能分析和数据科学技术融合探索过程中, 城市交通管理系统呈现出智慧化的发展

态势。近年来, 在党中央、国务院“交通强国战略”^[1]的重要决策支持下, 开展数据共享平台及交通云技术应用、创新数据驱动城市智能精细化管理、实现个性化智能出行信息服务等成为新时期交通行业的技术突破重点。各省市交通管理部门也大量引入新兴技术力量, 积极打造基于大数据、云计算和人

工智能技术支撑的交通管理、控制、决策、服务一体化的智能交通系统,其中“交通大脑”建设在交通管理实践变革浪潮中成为最为前沿的方向,并在各地交通管理部门陆续推出。目前,杭州、深圳、南京、济南等多个城市已经部署或着手建设城市“交通大脑”,初步提升了交通运行感知与分析能力,有效缓解城市交通拥堵,提升了市民出行体验。

新一代智慧交通系统是以城市交通供需均衡为导向,基于城市交通出行特性深度感知和研判分析基础之上,通过人工智能等先进技术实现城市交通管理跨部门协同决策,并能够通过自我学习和优化实现城市交通供给与交通需求时空资源动态优化匹配的新型智能交通生态系统。作为新一代智慧交通系统,交通大脑的建设服务于全自动且精准化的交通管理需求,并应用于破解城市交通顽疾,有助于极大提高交通运行效率,同时为城市交通行业发展注入全新的活力与智力。传统的智能交通系统在发展过程中偏重于硬件建设,而系统控制策略在实施过程中需要大量人力资源的投入,无法真正实现自动化的辅助执行,在长期的城市交通管理过程中滞后效果明显。面对当前城市前所未有的出行压力,以及顺应云计算、大数据等新一代信息技术兴起为智慧交通发展带来的新机遇,新一代智慧交通系统的建设已然成为时代发展以及城市交通智慧新业态构建的必然选择,也将城市规划者与管理者从繁重的业务处理中解脱,创造立竿见影的管控效益。本文以山东省济南市为例,阐述济南交通大脑的智慧管理体系设计及其平台的搭建理念,以及产生的城市交通治理效果。

1 智慧交通发展趋势

1.1 新技术背景下智慧交通管理创新发展

智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)的发展经历了2005年ITS 1.0时代、2015年ITS 2.0时代,并随着新技术变革正在重构或再造系统服务理念和模式。在ITS 2.0时代,新一代信息技术(互联网、大数据)的应用已经初见端倪,城市交通管理者着手利用大数据来驱动交通管理和服务的创新升级,智能出行、智能物流、智能辅助驾驶等成为智能交通创新发展方向。很多发达国家包括美国、日本、新加坡正在大力发展自动驾驶技术与车联网技术^[2-5],通过对智慧交通设施的投入建设提高城市交通管理的自动化与智能化。智能交通管理发展较多倾向于新技术、新手段的研发,依靠计算机技术与人工智能算法升级优化传统交通工程模型。

中国涌现出不少以人工智能和大数据^[6]为发力点的“大脑”系统建设,将城市交通系统打造成为一个综合、智能的管理体系,且大部分城市在设备数量、数据量、联网程度等都达到了世界领先水平。2016年,杭州市率先进行“城市大脑”项目建设^[7-8],并于2018年发布“城市数据大脑”交通V2.0,提出城市生命体理论和“互联网+现代治理”思维,深度融合大数据、云计算、人工智能等前沿科技,构建形成用数据研判、用数据决策、用数据治理的杭州城市交通治堵新模式,主要在路况信息提供、查询服务、交通安全常识发布、服务指南和定制服务共5方面升级创新。深圳市公安局交警支队已经建成“一个平台、八大系统”的城市交通管理系统,一个平台即交通共用信息平台,八大系统包括交通信息采集系统、智能交通控制系统、网格化机动车识别综合应用系统、干线交通诱导系统、停车诱导系统、交通事件检测系统、智能交通违法管理系统、闭路电视监控系统等。总体而言,中国较为先进的智能交通管理系统以海量多源数据融合、深度数据挖掘、信息化服务定制等为主要建设框架^[9],以机器学习等为技术手段,实现对城市中观、微观交通问题的优化。从交通大脑建设现状而言,在无法完全实现交通大脑、智能管理系统全方位全自动接管城市交通的情况下,交通管理者仍需对城市交通进行辅助管理^[10],甚至占据主要决策地

表1 传统智能交通系统与新一代智慧交通系统对比

Tab.1 Comparison of Intelligent Transportation Systems and Smart Transportation Systems

项目	传统智能交通系统	新一代智慧交通系统
服务对象	车辆移动	出行者需求和偏好驱动交通资源分配
建设目标	交通控制、交通执法、出行诱导等传统交通管理业务	移动感知全域信息、精明治理交通决策、精准定制出行服务
建设方案	独立业务子系统	封装数据服务、基础服务、应用服务,各应用子系统联动按需抽调完成业务应用
运行模式	业务独立分散、未形成闭环	“实时感知-分析研判-智能决策-发布评估”闭环控制逻辑

位。交通大脑由半自动化向自动化逐步转变仍然任重道远。

新技术的发展正在驱动ITS逐步走向交通运营、管理和服务新的模式，从智能向智慧、半自动向全智能转变。未来交通管理重塑为人工智能全局决策、基于出行者需求和偏好驱动的交通系统自动调节、交通系统全要素移动互联网和智能化高度发展。可以预见，智慧交通管理系统将逐步依托大数据感知、人工智能决策为交通管理者和出行者提供定制化、高智能服务。

1.2 未来智慧交通的关键特征

智慧交通将以大数据、人工智能和物联网为基础，打造移动互联、协同管控、智慧服务的城市交通管理生态体系，全面提升传统智能交通系统(见表1)，未来城市将呈现移动感知全域信息、精明治理交通决策、精准定制出行服务的关键特征，其中训练应用人工智能是进入智慧交通3.0时代的推动剂。

1) 未来城市交通作为一个复杂多维的物理网络，应具备全域信息感知能力，汇聚前端设备自动采集数据、人工采集数据、行政收集数据、共享收集数据、公众自愿提供数据等海量、异构、复杂的大数据。利用先进的移动互联、物联网等信息技术，未来智慧交通在海量多元数据中感知道路、车辆、出行者、设施等要素实时状态信息，实现跨层次、跨领域、跨系统、跨业务信息互通，打破现有信息管理分割运营的局面，实现智慧交通信息交流的交互性以及信息应用的广泛性，为精准化、定制化的交通管理与出行服务提供数据感知平台。

2) 未来智慧交通将深度融合人工智能、深度学习等技术与管理，具备强大的认知能力和学习能力，能够在业务处理过程中不断地自我学习、自我进化，适应多变复杂的交通发展形势。其改变了以往经验式决策的解决交通问题的模式，形成集感知预测、决策指挥、评估服务为一体的高度自动化指挥决策体系，能够基于全局共享的大数据基础，完成精细化感知交通态势与规律、智能化决策交通管控方案、精准化分析优化交通服务，解放有限警力资源投入，将使智能模式覆盖交通管控的全业务领域。

3) 利用智慧信息互联共享机制，未来智慧交通能够追溯出行者个人偏好，结合路网交通运行状态实时感知预测，为出行者提

供更为个性化的定向服务信息。同时，提升综合出行信息服务的全链条、全模式、全区域覆盖能力，实现全程实时、多样化、精准化的信息查询发布与智能反馈。充分利用智慧交通的全息信息感知触角，将出行引导与交警管控业务整合，推动基于个体出行行为的城市综合决策、设施建设、需求调控等方面的优化提升。

2 济南交通大脑智慧管理体系设计

2.1 发展背景

济南市域面积10 244 km²，常住人口近800万人，机动车282万辆，驾驶人308万人。在过去几年的城市发展进程中面临三个客观影响：1)北面黄河、南面环山，受南北交通制约呈现东西带状狭长的城市形态，整体路网不均衡，潮汐交通、长距离交通增多导致私人机动化出行急剧增加，早晚高峰通勤、通学交通流占比80%；2)中心城区交通量聚集，以7.9%的市区面积集中了全市30%的机动车出行量，道路承载能力低，交通疏解压力大；3)泉水泉脉遍布城区，轨道交通建设难度大、起步晚，公共交通支撑不足，小汽车向高增长、高强度、非理性使用发展，有车市民工作日平均使用小汽车的频率为2.9次·d⁻¹，节假日为2.5次·d⁻¹，个体机动化出行距离分布在5 km以内的比例高达32.5%。交通供需矛盾的日益加剧，使得近几年济南市交通呈现出两个反向演变：时间上，高峰时段主、次干路交通流由趋近饱和和向超饱和状态演变；空间上，交通拥堵区域由点状、线状向片状、网状形态演变。

济南市作为首批国家智慧城市试点城市，为响应国家号召，济南市委、市政府下发《济南市新型智慧城市建设行动计划(2018—2020年)》，要求建设智慧应用专题项目——市民出行一路通，而济南交通大脑是新型智慧城市市民出行一路通的重要组成部分，也是将近年人工智能技术发展应用到智慧交通业务管理的先行试点工程。济南交通大脑的建设既是解决泉城“堵城”问题的现实需求，也是交警勤务机制改革的客观要求。按照市委、市政府提出的“智慧城市，交通先行”原则，济南交警支队主动承担市民出行一路通的建设任务，自2018年5月正式启动济南交通大脑的设计开发工作，同年12月系统的整体架构和首批功能正式

运转上线。“智慧+交通”的交通管理实践推广已经在交通态势感知、交通信号控制、定制信息服务等多业务领域展现成效，形成了信息从路面来、数据在系统转、决策到实战用、效果由民众评和成效为大家享的新型交通管理业务模式。

2.2 顶层设计理念

作为一个庞大繁杂的城市智能交通管理系统，济南交通大脑是一个融合多源多维度数据、实现全方位定制服务、完成各业务有机配合的整体。因此，其建设需要遵从科学的顶层设计，确立层次化的建设目标，并以目标为导向实现各项功能需求。基于最新技术应用现状与发展趋势对未来交通管理功能进行先导性整体规划，济南交通大脑以互联、共享、智能为建设理念，旨在打造一个多领域连通融合、多源数据信息交换共享、多层次智慧协调的全感知、细认知、快行动和准评估的交通管理生态系统。

济南交通大脑搭建了“一云四中枢”顶层架构，集成交通云、感知中枢、分析中枢、决策中枢、评估中枢于一体(见图1)。大脑交通云负责互联、共享交警现有各业务系统以及其他部分可提供的全部数据，并对各业务中枢进行管理、调度。感知中枢、分析中枢、决策中枢和评估中枢是交通大脑各项功能实现的基础引擎，分别承担全域感知、实时分析、智能决策及科学评估的重要功能。感知中枢依托大数据全息感知城市交通状况，实现多层次、全时空乃至节点级的交通设施、交通需求、交通运行态势的全方位感知；分析中枢通过人工智能和机器学

习，支撑交通拥堵机理分析与研判、交通事件研判与预警等异常态势分析，实时推演和预测时空客流特征、交通运行状态；决策中枢构建交通大数据“感知-分析-决策-评估”协同运行的闭环管控机制，提供全方位交通管理解决方案的制定、下发与资源调配，以及可视化的方案与全过程追踪监管；评估中枢利用交通仿真技术和数学模型，追踪多类别现状与优化的交通管控措施下交通运行特征与演变趋势，精细评价实施方案并识别存在的问题，并支持基于实时路况和出行分析的出行规划与诱导服务、智慧停车引导服务，以及各类交通信息的共享与实时发布。

未来济南交通大脑将实现类脑推理决策辅助城市管理、交通管控、公众出行服务，培育交通大脑的自我学习与自我进化能力，不断提升智能度，使其在远期阶段能够在部分应用业务上实现自主感知、智能分析、智能决策和科学评估的闭环智慧管理，为城市远景发展、交通业务管理、公众出行提供全方位、智慧化服务。

2.3 信息技术与交通工程技术体系融合的能力框架

济南交通大脑的建设是信息技术与交通工程两大技术体系融合应用的成果，支撑交通大脑的技术能力包括信息技术能力体系和交通工程能力体系(见图2)。信息技术能力体系包括对海量感知信息的传输、存储和处理能力，对复杂交通模型、算法以及人工智能的高效计算处理能力，对管理和服务信息系统的支撑能力；交通工程能力体系包括完备的交通供给、需求以及供需匹配状态信息的感知能力，探寻状态机理的交通模型分析能力，生成优化方案的智能算法能力以及实时调配的交通管理能力。

信息技术能力框架包括底层基础设施即服务(Infrastructure-as-a-Service, IaaS)层的虚拟云主机、云管理平台、负载均衡服务、实时分布服务、大数据处理服务以及结构化、非结构化数据库服务等基础资源支撑能力；平台即服务(Platform-as-a-Service, PaaS)层提供分主题应用数据库、共享资源数据库和数据存储仓库等数据存储、管理和开发支撑服务，以及为大脑应用开发提供的统一的应用支撑服务能力等。

交通工程能力框架包括底层汇聚海量交



图1 济南交通大脑顶层架构

Fig.1 Top-level framework of Jinan's transportation brain

通行业数据能力，接入区域全覆盖的基础路网数据、高精度的车辆轨迹数据以及现有信息化系统建设采集到的所有交通调控和监管数据等，能够对这些数据实现统一的接入、汇总、存储和管理。在数据的基础之上，同步构建交通模型和算法的能力，涉及出行模型、交通流模型、交通安全模型、能耗模型等以及支撑各类应用所需要的创新交通算法。信息技术能力和交通工程能力为交通大脑的自我成长与学习提供基础的数据、模型和算法，集成出行的供给侧、需求侧、交通安全、交通秩序保障、出行信息服务等模块构建综合交通管理与服务框架。

2.4 基于交通云“感知-分析-决策-评估”的管控体系

在“一云四中枢”的顶层架构指导下，济南交通大脑构建了“感知-分析-决策-评估”的闭环管控体系，并遵循“业务触发+并行运算”的处理原则，打通各业务系统间的数据孤岛、信息孤岛、业务孤岛。交通云中数据子云收集各业务系统实时反馈数据，经数据处理后按需共享给相应的中枢，对各中枢进行资源分配和调度。四大中枢的感知引擎、分析引擎、决策引擎和评估引擎运用先进的智能算法对不同数据进行并行运算，通过四大中枢之间的交互联动，将数据运算结果最终形成业务执行需要的对策信息并反馈至数据子云，保证整个业务高效、准确地

完成(如图3)。

以信号控制业务为例，通过对地磁、卡口过车、互联网等多元数据的深度挖掘和创新应用，打造济南交通信号管控的实时动态闭环式管理模式，开发具有济南特色的信号控制平台，实现实时发现-优化调整-事前验证-及时下发-事后跟踪(见图3)。以济南交通大脑为技术支撑，济南交警支队集中开展高峰降指、消红变绿、信号自适应、区域绿波和个性化调控等多项工程，因地制宜设置“会思考的信号灯”，灵活采用隧道集装箱自适应信号控制、绿波速度实时推送等创新措施。全市已实现275处交叉口区域自适应控制、525处交叉口绿波带协调控制、564处交叉口远程调控。2019年以来，工作日早高峰时段平均延误时间下降10.73%，晚高峰时段平均延误时间下降10.94%，交通拥堵指数环比下降8.9%。

2.5 交通大脑自我评价与学习进化

济南交通大脑具有自我评价与逐步成长的能力，随着新数据的接入与新技术的更替，交通大脑由原型大脑逐步成长为思考型大脑，最终进化为智能大脑，实现自动化与智能化管理城市交通系统(见图5)。

在济南交通大脑建设中，对业务水平提升、智能自动化提高、警力资源节约和服务水平改善等方面进行了全面的科学评估，使其具有自我评价机制。业务水平方面，交通

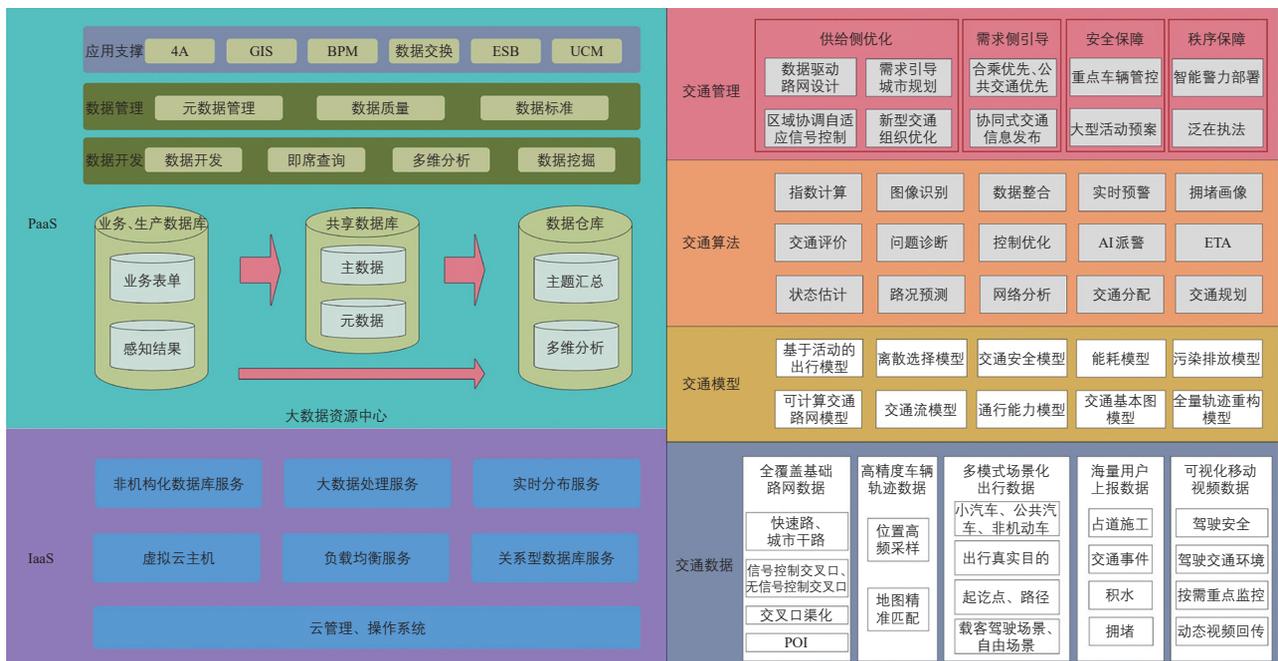


图2 济南交通大脑能力框架

Fig.2 Framework of Jinan's transportation brain

大脑能够对交通管理能力、交通状态、交通违法行为数量和态势、业务信息化水平等进行科学评估；智能自动化方面，基于业务执行流程的自动化程度、数据准备与融合的智能度、分析研判的智能度以及方案决策的智能度进行评价；警力资源方面，通过对所需警力的实时状态追踪，对警力布置位置和数量、派警响应时间、出警次数以及部分违法和交通事件的综合响应水平进行评价；服务水平方面，结合民众的交通系统使用满意度调查、出行各阶段全覆盖的交通信息服务水平满意度调查和交通秩序与交通安全，进行

综合追踪并实现评估。

交通大脑的进化机制由以下三方面实现：

- 1) 数据和接口标准化：交通大脑的交通云能将采集到的全域数据通过融合处理技术进行标准化处理，以保证数据分析结果的可靠性。此外，交通大脑还具有标准化接口，极大地缩短了开发人员的工作时间，确保系统可以随时接入新的业务数据源并立刻进入数据互联共享体系，有利于数据共享以及接纳外部应用，从而不断拓展与升级业务服务领域。
- 2) 多引擎平行优化比选：交通大脑的

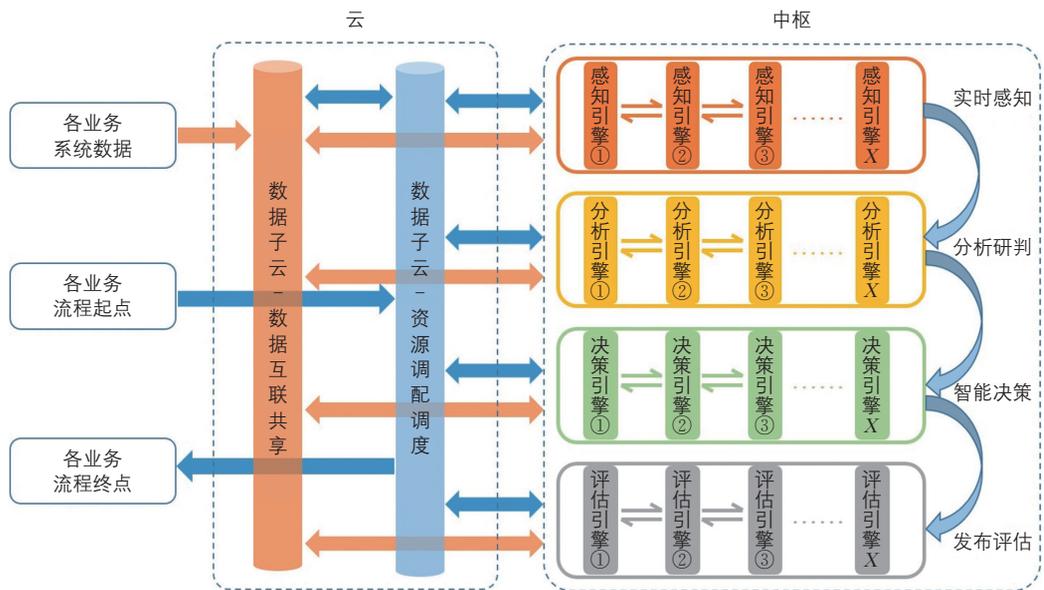


图3 济南交通大脑闭环业务管控体系

Fig.3 Closed-loop management and control system of Jinan's transportation brain

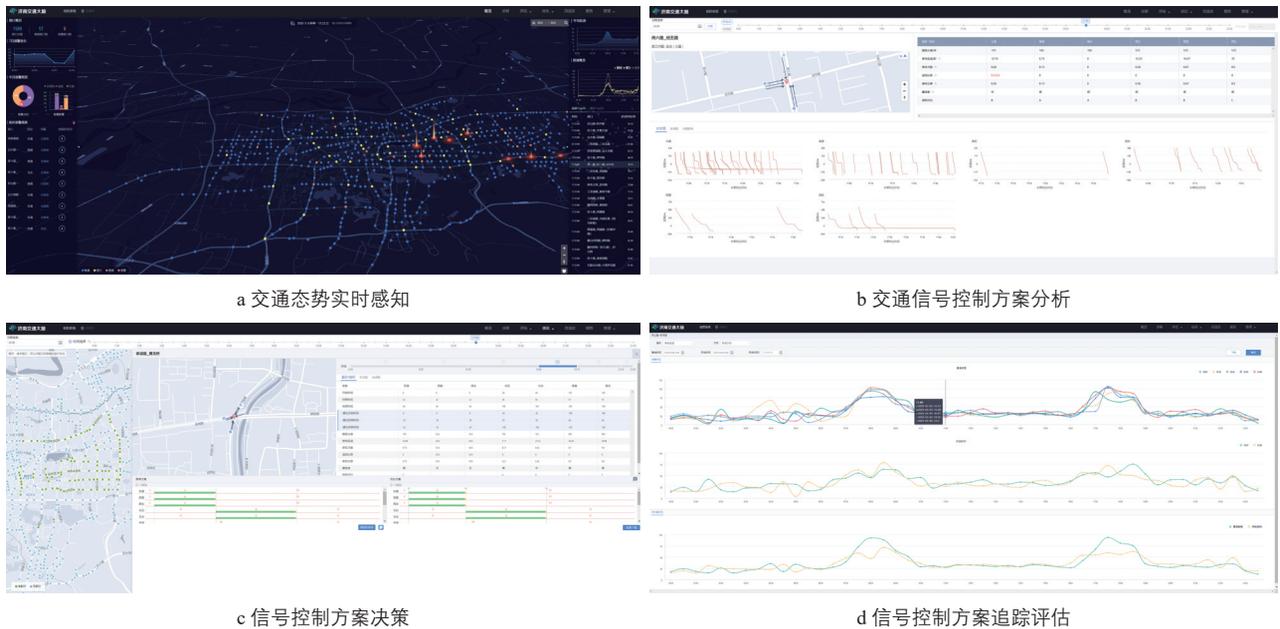


图4 济南交通信号管控的闭环信号控制应用

Fig.4 Closed-loop signal control and application of traffic management in Jinan

资料来源：济南交通大脑系统应用截图。

优化模块可以智能分析各类预案、迅速建立实际交通业务所需的优化方案。在建设初期，系统数据并未完善且智能度欠缺，而可以随时接入体系的多引擎优化模块使得系统可以利用有限的数据进行效果评估，优化比选后可确定最佳方案。

3) 开放式规律分析：交通大脑具有分析与研判数据、挖掘交通规律的能力，且开放式架构可以随时接纳新产生的交通规律，对比新旧规律的产生机理，针对新规律制定相应的智能预案与预案评价策略，不断提升系统的研判能力。

3 济南交通大脑平台搭建

3.1 逻辑架构设计

结合交通大脑的复杂服务需求，设计平台逻辑架构(见图6)。可以看出，济南交通大脑的总体逻辑实现由数据层、交通云、中枢服务、中枢应用组成。

数据层由交通大数据管理与服务平台支撑，包含数据汇聚、数据处理、数据存储及运行监控等功能。数据层由来自交管部门、交委部门、互联网企业等不同管理部门与社会企业的多源数据组成，遵照国标协议要求开发不同的数据接口，对于同一类型不同厂家的数据，提供标准化统一的数据接口；同时对上述数据进行清洗、融合、计算和存

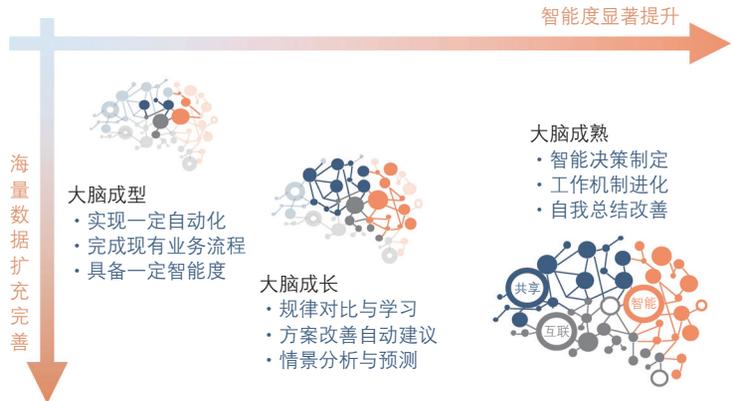


图5 济南交通大脑自我进化过程

Fig.5 Self-evolution process of Jinan's transportation brain

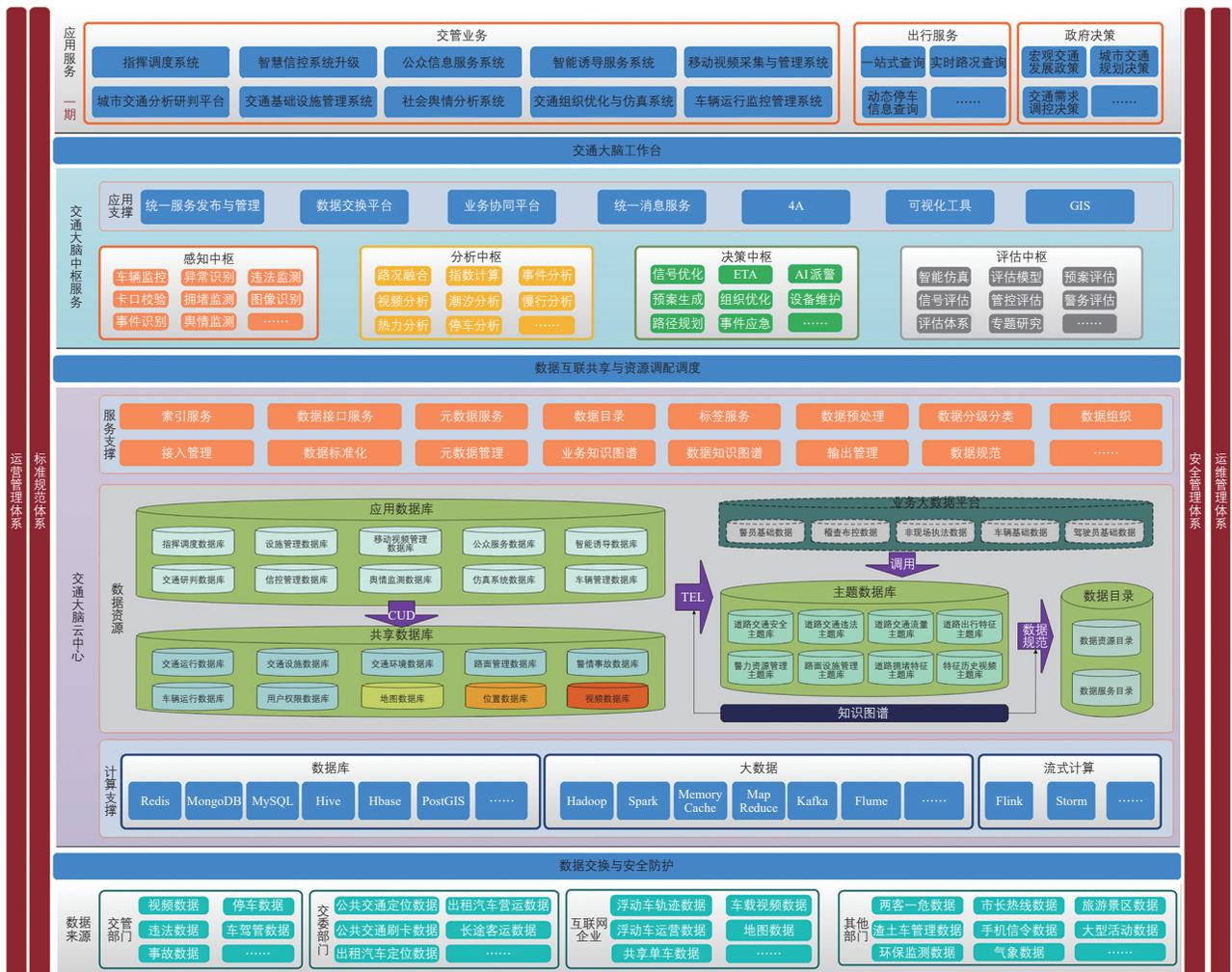


图6 济南交通大脑逻辑架构

Fig.6 Logic framework of Jinan's transportation brain

储，并对数据异常进行实时监控与报警、硬件评价及自动化诊断。

交通云平台是软硬件资源的集合，包括各类计算、存储、网络安全等硬件设备和数据库、知识图谱等平台软件，提供了动态供应资源的能力，其规划对支撑交通大脑上层业务、业务间调度与数据交互以及长期业务发展规划具有重要意义。

中枢服务以四大中枢为依托，从基础服务、数据服务、应用服务三个类别提供应用系统建设与运行所需的服务内容(见图7)。基础服务主要包括对济南交警业务数据与业务任务的一系列集成、管理、调度等综合操作；数据服务对数据层存储的各类数据进行精细化操作，以使其满足后续应用系统的运行要求；应用服务依据四大中枢分为感知中枢服务、分析中枢服务、决策中枢服务及评估中枢服务，为中枢应用提供具体的功能服务。济南交通大脑中枢服务创新地以组件式封装模式适用于未来业务升级与优化，可以在增加不同业务应用的基础服务、数据服务基础上，拓展新的中枢应用服务，提升了大脑平台架构的灵活性与延展性。

交通大脑搭建了8个应用系统，是负责完成各项城市交通管理业务的直接门户，包括交通大脑工作台、智能监测分析系统、智能信号控制系统、智能指挥调度系统、智能设施监管系统、智能车辆监管系统、智能公众服务系统、智能移动警务系统。交通大脑应用系统的整体业务实现逻辑可以划分为大脑中枢应用系统、应用服务和基础服务三个层次(见图8)，在业务实现过程中，三个层

次相互联动交互，形成业务操作的闭环控制。应用系统在提供不同的业务功能时，首先按需抽调交通大脑中枢的数据服务和基础服务，获得业务执行所需的基础数据及数据计算管理功能，由大脑中枢应用服务内部封装的应用服务模块，按照“实时感知-分析研判-智能决策-发布评估”闭环控制逻辑，完成业务实现所需的所有处理与计算，最终通过应用系统展现可视化业务管理结果。以智能监测分析系统为例，济南市融合海量异构大数据实现对路网交通运行态势的实时感知与演变态势监测，图9展示了部分业务应用界面。

3.2 功能方案设计

济南交通大脑提供的所有功能服务中，除了传统交通管理业务范畴，将智慧信号控制、智能诱导、智能指挥调度、图像和视频智能分析等功能在交通云的闭环管控逻辑下精准高效运行，同时结合济南城市与交通发展需求，进行创新性拓展与延伸，构建了具有实时感知交通体征、动态分析交通行为、科学评估交通状态、智能下达交通决策的全感知、细分析、快行动和准评估的智能交通管理生态系统。济南交通大脑在一期建设过程中，设计有54大类中枢服务来支撑日常的交通管理工作，其中部分创新性功能包括：

1) 建设事前布控预警、事中精准处置、事后分析研判的精确感知和精准查缉的综合车辆研判分析功能。聚焦人、车、路三大要素的管控，实现高危驾驶行为预警、强化重点车辆监管、基于过车图片大数据的全

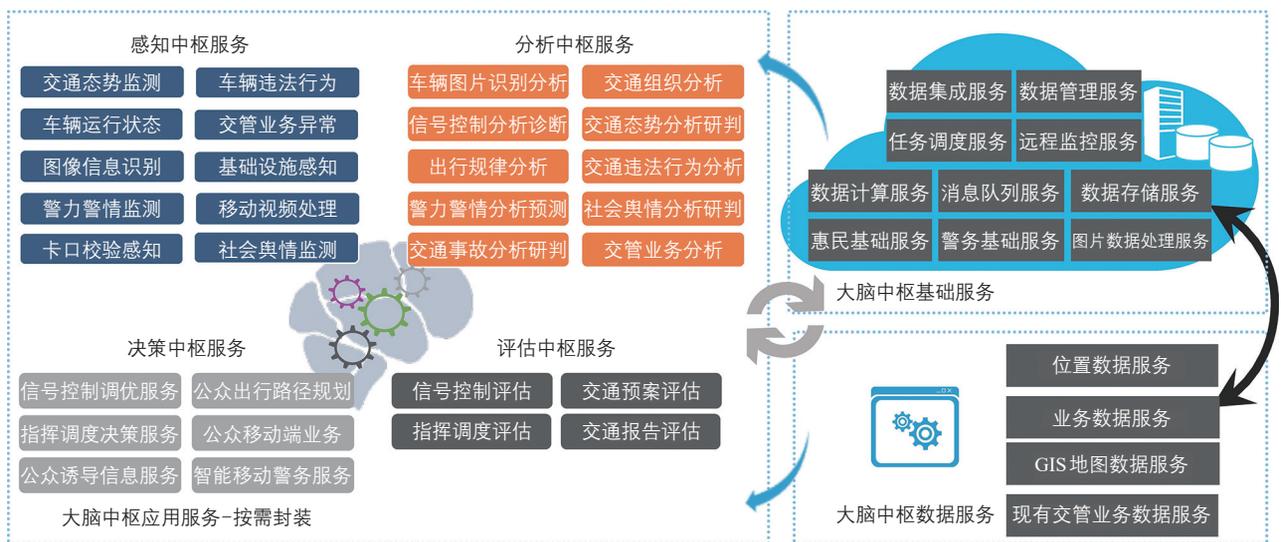


图7 济南交通大脑中枢服务设计

Fig.7 Design of Jinan's transportation brain center

域调控，实现对各类违法状态聚集的自动监测，提前掌握聚集路段实现精确感知和精准查缉。

2) 实现出行信息的智能信息发布功能。通过对卡口数据、互联网企业浮动车数据融合并应用深度学习模型计算车辆预计到达时间，实现道路交通智能诱导服务，将交通路况、交通事件、预计到达时间等动态信息通过路面诱导屏和“济南交警”微信公众号发送给交通参与者，为市民合理制定出行计划提供参考。

3) 实现交警情的智能自主发现功能。利用交通态势动态数据实时研判发掘交通运行的异常情况，通过系统分析拥堵范围大、蔓延速度快、恶化程度高的异常拥堵情况，利用专题算法判定生成拥堵警情。生成的警情将在系统中持续监控，评估其发展状态，并由系统建议观察或派警处置。

4) 推进实施“会思考的”智慧信号灯交通控制功能。在对地磁、卡口过车数据及互联网数据深度融合挖掘的基础上，根据道路交通状况的空间、时间变化特征，设计具有反馈机制的分时段信号控制优化方案，自动适应交通状态变化，进而提高信号配时的适应性，改善信号控制的运行效果。

3.3 技术难点

城市交通大脑作为交通行业内的新兴产

物，因其架构与功能的特殊性和动态复杂性，在平台实现过程中需要攻克诸多技术难点以达到预期效果，尤其是顶层架构、生长体系、标准化应用体系均需要驱动大数据、人工智能等新技术、新理念，创新应用与实现在整个大脑技术体系中。首先，交通大脑需要建立功能协调、统一、先导的顶层技术框架体系，驱动交通大脑的快速发展。依托云计算、IT技术、数据挖掘等综合技术，济南交通大脑研发“一云四中枢”顶层架构，集成交通云、感知中枢、分析中枢、决策中枢、评估中枢于一体，并通过创新搭建形成“实时感知-分析研判-智能决策-发布评估”的闭环控制架构，实现感知、分析、决策与评估4个中枢与交通云互相耦合连结而成的互联，进而实现顶层架构的搭建；其次，考虑到交通大脑未来生长的可持续性，从数据和接口的标准化、多引擎平行优化比选、开放式规律分析三个层面建立自我进化、逐步成长的生态体系，保证持续满足未来交通管理业务需要；在标准化应用体系层面，为保证交通大脑上层应用系统之间的充分解耦合方便扩展，交通大脑引入组件化封装技术，将所有能够为上层业务应用提供统一支撑的内容均抽取出来形成交通大脑中枢服务模块。上层业务系统开发时可以按需提取中枢服务，通过业务封装后，结合交警实际业务需求，解构应用功能以形成面向管理

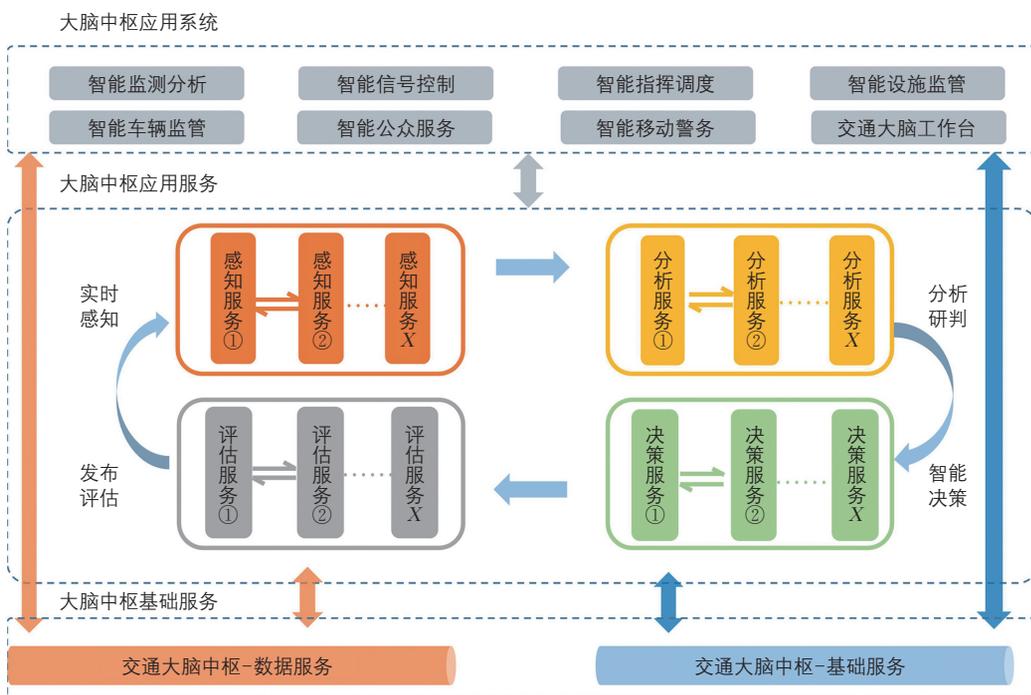


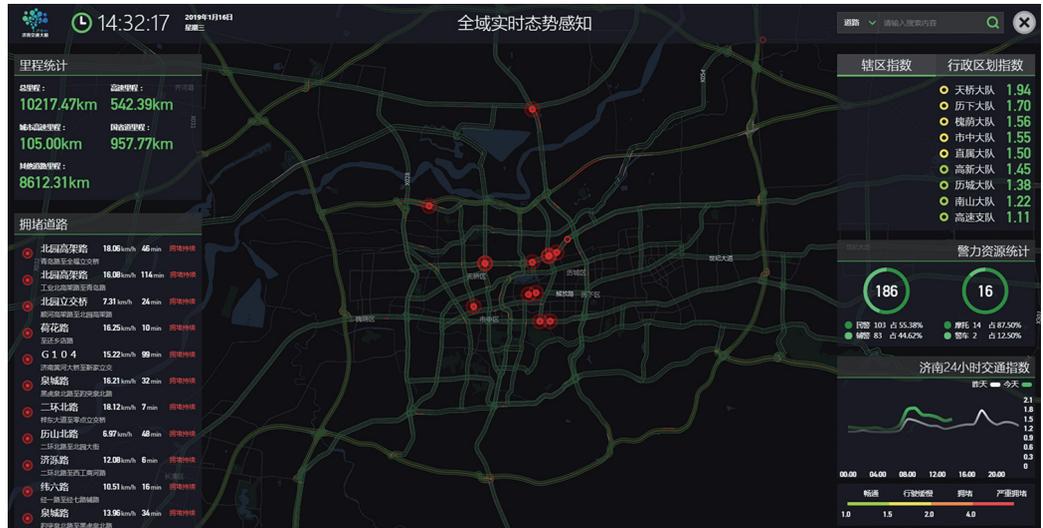
图8 济南交通大脑中枢应用系统设计

Fig.8 Application system design of Jinan's transportation brain center

者的应用门户，方便后续应用系统功能调整、升级与扩展。

济南交通大脑是一个巨大的系统工程，按照分步进化的原则由原型大脑逐步成长为

思考型大脑，并最终进化为智能大脑。1)在原型大脑阶段，需要破除现有城市智能交通系统的运营模式，以业务服务为导向搭建交通大脑的基础运行环境，实现数据、信息、



a 交通路况监控



b 交通拥堵分析



c 非机动车监测

图9 智能监测分析系统

Fig.9 Intelligent monitoring and analysis system

资料来源：济南交通大脑系统应用截图。

业务之间的协同共享,并能基于海量大数据具备一定的智能度。原型大脑构建阶段是决定后续交通大脑自我学习与升级可持续性的关键基础,如何保证平台架构与功能的可生长性是最为关键的技术难题。2)交通大脑发展到思考型阶段,需要更加成熟自主地应用人工智能、云计算等新技术,使其具有类脑的学习、分析属性,随之而来的数据自动挖掘分析、规律特性自主学习、业务情景研判分析都将成为大脑发展中剖解的关键技术点。3)智能大脑作为交通大脑的最终生成产物,在智能度方面将面临巨大挑战。远期阶段,应能够在部分交通业务上真正地实现自主感知、智能分析决策和科学评估的闭环控制逻辑,将机器学习技术、大数据挖掘技术与大量基础数据的计算和深度应用过程紧密融合,支持交通管理业务从模型研究、批量训练到在线预测的全流程,并且能够适应交通复杂性的增加、大数据的积累,以及业务应用的发展。

4 结语

人工智能、大数据和云计算技术的发展带来了政府城市管理、交警交通管理、居民出行服务的革新,能够实现更精细化、立体化的城市服务。济南交通大脑构建的具有自我进化能力的智慧交通生态体系,形成了基于交通云的“感知-分析-决策-评估”的闭环管控策略,将人工智能技术应用到交通管理业务中的每一个环节,实现交通执法、稽查布控、分析研判、交通诱导、运维监管、指挥调度、态势监控等全域业务的超精细化、高复杂度、超快速、高科学性的解决方案设计,显著扩大交警业务范围和提升应用深度。同时,出行者也能够依托交通大脑享受高满意度、超精准的全链条出行信息服务,以及基于个体行为特征的智能分析。未来随着交通大脑功能的逐步落地实现,济南交通管理新业态将逐步成熟,并进入快速发展阶段,促进城市营造安全、畅通、文明、和谐的出行环境。

参考文献:

References:

[1] 交通运输部党组. 奋力从交通大国向交通强

国迈进[R/OL]. 2017[2019-04-15]. http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2017-10/15/c_112-1800979.htm.

[2] The I-95 Corridor Coalition. Regional Integrated Transportation Information System (RITIS)[EB/OL]. 2019[2019-04-15]. <https://i95coalition.org/>.

[3] 尹露, 宋晓鹏, 郑纲. 新加坡城市智能交通管理系统[J]. 交通与运输, 2018, 34(1): 12-14.

[4] Vehicle Information and Communication System. A System that Predicts the Road You Should Take![EB/OL]. 2019[2019-04-15]. <https://www.vics.or.jp/en/index.html>.

[5] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Traffic Management- ITS[EB/OL]. 2018[2019-04-01]. http://www.mlit.go.jp/road/road_e/p1_its.html.

[6] 陆化普, 李瑞敏. 城市智能交通系统的发展现状与趋势[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2014, 6(1): 6-19.

Lu Huapu, Li Ruimin. Developing Trend of ITS and Strategy Suggestions[J]. Journal of Engineering Studies, 2014, 6(1): 6-19.

[7] 杭州市数据资源局. 全国首个城市数据大脑规划发布! [EB/OL]. 2018[2019-04-15]. <http://www.rmjtxw.com/news/dsj/40005.html>.

[8] 大连市人民政府. 大连市人民政府关于印发大连市城市智慧化建设总体规划(2014-2020)的通知[EB/OL]. 2014[2019-04-15]. <http://www.dl.gov.cn/gov/detail/file.vm?diid=100D04000140708241914073104&go=affair>.

[9] 温慧敏, 全宇翔, 孙建平. 大数据时代城市智能交通系统发展方向[J]. 城市交通, 2017, 15(5): 20-25.

Wen Huimin, Quan Yuxiang, Sun Jianping. Developing Trend of Intelligent Transportation Systems in the Era of Big Data[J]. Urban Transport of China, 2017, 15(5): 20-25.

[10] 潘汉中, 张铿, 邱红桐, 等. 我国公安交通指挥系统现状和发展趋势分析[J]. 中国公共安全(学术版), 2016(3): 80-83.

Pan Hanzhong, Zhang keng, Qiu Hongtong, et al. Status and Development Trend of Public Security Traffic Command System in China[J]. China Public Security(Academy Edition), 2016(3): 80-83.