

# 城市智慧交通管理大数据平台架构 Framework and Design Discussion on Big Data Platform for City Smart Traffic Management 及设计探讨

徐乐西<sup>1</sup>, 栾玉婷<sup>2</sup>, 曹越<sup>3,4</sup>, 刘寒<sup>5</sup>, 程新洲<sup>1</sup>, 董润莎<sup>1</sup>, 张恒<sup>1</sup>(1. 中国联通网络技术研究院, 北京 100048; 2. 中铁工程设计咨询集团有限公司, 北京 100055; 3. 深圳北航新兴产业技术研究院, 深圳 518063; 4. 北京航空航天大学交通科学与工程学院, 北京 100191; 5. 中国信息通信研究院, 北京 100191)

Xu Lexi<sup>1</sup>, Luan Yuting<sup>2</sup>, Cao Yue<sup>3,4</sup>, Liu Han<sup>5</sup>, Cheng Xinzhou<sup>1</sup>, Dong Runsha<sup>1</sup>, Zhang Heng<sup>1</sup>(1. China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China; 2. China Railway Engineering Consulting Group Co., Ltd., Beijing 100055, China; 3. Research Institute of Beihang University in Shenzhen, Shenzhen 518063, China; 4. School of Transportation Science and Engineering of Beihang University, Beijing 100191, China; 5. China Academy of Information and Communication Technology, Beijing 100191, China)

## 摘要:

随着我国经济高速发展以及城市建设脚步不断加快,交通拥堵、交通事故等问题日益严峻,城市交通管理压力与日俱增。与此同时,交通管理相关数据来源广泛、数据类型多样、数据质量参差不齐,制约着城市交通管理的数字化、智慧化进程。为了高效整合多源异构交通数据资源,提出了城市智慧交通管理大数据平台架构,并针对平台建设原则、主要功能结构、关键技术进行探讨,能够为城市智慧交通管理大数据平台的建设提供理论支持和技术积累。

## 关键词:

交通管理; 大数据; 数据质量

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.05.002

文章编号: 1007-3043(2020)05-0007-06

中图分类号: TP391

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Abstract:

With the rapid development of China economy and city construction, traffic congestion, traffic accidents and other problems are becoming increasingly serious, and the pressure of city traffic management is increasing day by day. Meanwhile, traffic management related data sources are wide, data types are diverse and data quality is uneven, which restricts the digital and intelligent process of city traffic management. In order to efficiently integrate multi-source and heterogeneous traffic data resources, a big data platform architecture for city intelligent traffic management is proposed, and discusses the platform construction principles, main function structure and key technologies, which can provide theoretical support and technical accumulation for the construction of the big data platform of city smart traffic management.

## Keywords:

Transportation management; Big data; Data quality

**引用格式:** 徐乐西, 栾玉婷, 曹越, 等. 城市智慧交通管理大数据平台架构及设计探讨[J]. 邮电设计技术, 2020(5): 7-12.

## 1 概述

5G技术将催生丰富的通信业务和以交通行业应用为代表的海量垂直行业应用,并将极大地推动万物互联。在“5G+万物互联”时代,交通管理部门、电信运营商、移动互联网、车联网以及相关政府部门等将产生海量的交通领域相关数据资源。交通领域数据具有6V特性(见图1):交通领域数据来源广泛且类型多

样化(Variety),交通数据体量极大(Volume)且数据信息密度低并伴随错误和缺失(Veracity),多源海量交通数据对运算和处理提出了更快更准确的要求(Velocity),交通数据的分析挖掘将产生极高的价值效益(Value)并可可视化呈现(Visualization)。此外,交通领域数据源还具有信息化水平差异化、数据服务场景简单、数据流向单一、数据流通共享壁垒等问题,极大地影响了交通数据的应用及价值效益。

与此同时,随着我国城市化进程的加快以及各类机动车数量的快速增长,城市道路交通量飞速提升,各种交通问题凸显。智慧交通将人、车、道路等资源进行

**基金项目:** 广东省基础与应用基础研究基金(2019A1515110238)

**收稿日期:** 2020-03-28

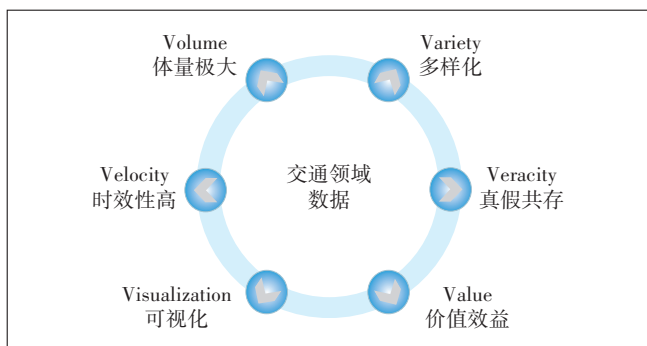


图1 交通领域数据6V特性

动态组合,其数据信息将覆盖城市的道路、高速公路、停车场等交通枢纽,这使得交通资源在时空范围内的适配优化及管理成为可能。如何精准采集、高效存储、专业管理、关联分析、高效应用海量的交通领域数据资源,进而打造城市智慧交通管理大数据平台,将助力未来城市交通管理及运营、政府的决策支撑,并助力“智慧城市”的发展。

本文开展城市智慧交通管理大数据平台架构研究,能够为平台的设计及建设提供理论支持和技术积累。首先对交通领域数据资源现状进行分析,并进一步提出智慧交通管理大数据平台的设计及建设原则,然后对智慧交通管理大数据平台架构进行阐述,随后对平台的主要功能结构及关键技术进行详细介绍。

## 2 平台建设原则

城市智慧交通管理大数据平台架构设计之初,需要针对性地分析当前交通管理领域数据资源整合及共享的现状。

在城市交通管理领域,数据所涉及的部门、企业非常广泛,除了交通管理部门,还涉及气象、环保、水务、市政管理、城市规划等政府部门,以及移动互联网企业、电信运营商、车联网企业等。交通管理部门、政府部门虽然构建了一系列的系统平台,但各系统主要是为某些特定需求所搭建的,功能较为单一、跨系统融合性差;移动互联网企业、电信运营商、车联网企业所拥有的交通管理领域相关数据还存在数据分散、聚合度较低等问题。在城市交通管理领域,缺乏一套完备的系统平台,进而实现较完备的交通数据归纳、统一,助力交通数据专业化管理。

与此同时,交通管理部门、部分政府单位存在信息化软件及硬件设备设施老化及架构不完整,数据整合、运维、管理、应用能力弱,缺乏体系化服务支撑能力,交

通业务创新性较低,气象、环保、水务、市政管理、城市规划等部门间壁垒导致影响交通的重要数据共享不顺畅,数据利用率低等问题。

除此之外,电信运营商通过遍布全国的基站,能够获取司机、乘客、车辆的7×24 h的位置及运行轨迹数据,以及城市各区域的人群聚集及迁徙特性。滴滴、Uber、百度、高德、摩拜、货拉拉等移动互联网企业也将产生并获取海量车辆运行、导航、共享单车等数据,此外,作为国家产业融合的发展重点,车联网、物联网也将产生大量车辆运行及交互,道路监测等数据。上述电信运营商、移动互联网、车联网、物联网的数据也是交通管理领域的重要数据源。交通数据类型多种多样,包括图样数据、动态视频数据、遥感数据、数字信息、文本数据等多源异构数据。

为了实现专业化的交通数据管理,提升交通数据效益,城市智慧交通管理大数据平台将按照五大原则进行设计。

a) 开放的平台架构:城市智慧交通管理大数据平台采用开放式架构,可加载第三方算法,支持并行计算、按需使用、动态分配、分布式部署、云存储、双活数据中心等,有效提升交通数据整合效率、平台智能化水平。

b) 海量数据的整合存储能力:一方面,城市智慧交通管理大数据平台的数据来源广泛,数据量巨大、数据存储时间较长。另一方面,2016年8月,交通运输部发布《关于推进交通运输行业数据资源开放共享的实施意见》,以推进交通行业的数据共享和应用。智慧交通管理大数据平台将参考此实施意见以及交通行业相关标准,实现对图样数据、动态视频数据、遥感数据、数字信息、文本数据等多源异构数据的统一整合。

c) 交通数据分析能力:交通数据分析处理时效性要求高,而且分析维度多样。通过汇聚技术和数据清洗转换技术产生高质量的交通数据,采用流式数据库并配合Hadoop、Spark等大数据技术架构,并基于机器学习、分布式并行计算等技术,构建快速且完备的交通大数据分析能力,保障交通管理业务。

d) 交通数据挖掘能力:通过交通数据分析,实现对海量交通数据的深度挖掘和应用,通过统计学、传统机器学习、深度学习等算法进行交通数据分类、聚类、关联、预测,进而发掘海量交通数据中隐藏的交通数据知识,通过梳理隐藏在交通数据知识中的内在规则,提取潜在的高价值交通信息,挖掘交通数据的效益。

e) 符合智慧交通管理需求: 以未来智慧交通管理多元化服务为目标, 研发交通数据分析模型, 包含可视化车辆运行轨迹分析查询、交通拥堵分析、智能交通统计分析、智能交通信号控制、道路动态监测及预警分析、智慧泊车等功能, 辅助交通管理等部门的日常工作, 并为其决策制定提供数据支撑。

### 3 平台总体架构

基于上述的设计原则, 城市智慧交通管理大数据平台架构包含交通数据接入、交通数据处理、交通数据管理、交通数据组织、交通数据服务五大模块(见图2)。交通领域相关的异构数据源汇集入城市智慧交通管理大数据平台后, 将在五大模块中实现交通数据的层层传递以及交通数据的价值闭环。

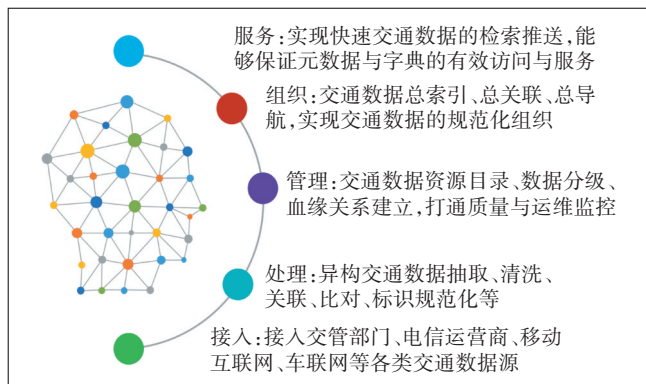


图2 城市智慧交通管理大数据平台五项核心功能

a) 交通数据接入模块: 城市智慧交通管理大数据平台的交通数据接入模块将对接城市交通管理部门业务系统、与交通相关部门的对应业务系统、电信运营商数据、移动互联网数据、车联网数据等, 并进行交通领域多源异构数据的接入。在进行交通数据存储时, 按照使用频度、重要性、交通数据类型, 在各数据中心、云存储数据中心分级存储; 并对低频使用交通数据进行冷存储, 以及高频使用交通数据进行热存储。

b) 交通数据处理模块: 在交通数据接入模块汇集的交通领域多源异构数据之后, 城市智慧交通管理大数据平台的数据处理模块将按照分布式ETL(Extract-Transform-Load)模式, 进行交通数据抽取、数据清洗、数据关联、数据比对、数据标识及规范化的处理, 建立标准化的数据处理模式, 支撑交通管理的各类应用。

c) 交通数据管理模块: 梳理整合元数据、主数据、数据模型、数据仓库。通过交通数据资源目录构建、交通数据分级分类、交通数据血缘关系管理、交通数据质

量管控、交通数据运维, 构建质量保障体系, 使用规则校验和源头管控等多种数据检查模式保障数据质量。

d) 交通数据组织模块: 统一规划交通管理部门、交通业务专题数据的云上建库, 分阶段推进建设交通管理原始库、交通管理主题库、交通管理业务库, 提供高质量的交通领域数据整合和高效的数据共享, 助力交通管理大数据总索引、总导航。交通管理原始库、交通管理主题库、交通管理业务库将根据其使用优先级、使用频度、业务匹配情况, 将分散存储于交通管理部门大数据中心以及备份中心, 并实现冷、热分级存储。

e) 交通数据服务模块: 为建设多渠道、多维度、扁平化调度的城市智慧交通数据服务模式, 交通数据服务模块将提供查询检索、分析挖掘、下载推送等基础应用服务; 还能提供分布式联动分析、跨域管理等智能数据服务。通过交通数据服务模块, 可覆盖多种交通管理业务、各级交通管理部门的数据服务需求, 进而支撑快速、高效的交通分析、响应及管理。

### 4 主要功能结构及关键技术

#### 4.1 交通数据接入模块

如图3所示, 交通数据接入模块是城市智慧交通管理大数据平台的基础, 其将对接多源异构交通数据源, 并以数据库采集、接口采集、文件介质采集等方式, 实现交通领域多源异构数据的接入。进而提供交通数据抽取汇聚的接口通道, 并实现交通数据交换任务同步, 提供交通数据采集、数据分发、任务配置及调度、断点续传等功能。

a) 交通数据采集: 城市智慧交通管理大数据平台通过数据库采集(主动采集、被动采集)、服务接口采集(API接口采集、服务注册采集等)、文件介质数据采集(拉取采集、推送采集), 实现对各类系统平台的异构采集。

(a) 交通管理部门各类业务系统数据库: 包括交通管理局以及交通运输委员会下辖的出租车管理系统数据库、道路视频监控系统数据库、电子警察设备数据库、交通诱导系统数据库、交通违章及事故处理系统数据库、交通信号控制系统数据库、重点车辆相关的基础数据库、车牌及驾驶证管理系统数据库、ETC电子不停车收费系统数据库、违法及事故处理系统数据库等。

(b) 与交通相关的政府企事业单位数据资源: 包括城市居民及户籍管理系统数据库、城市规划系统数据库、卡口布控数据库、城市警务数据库, 还包括城市



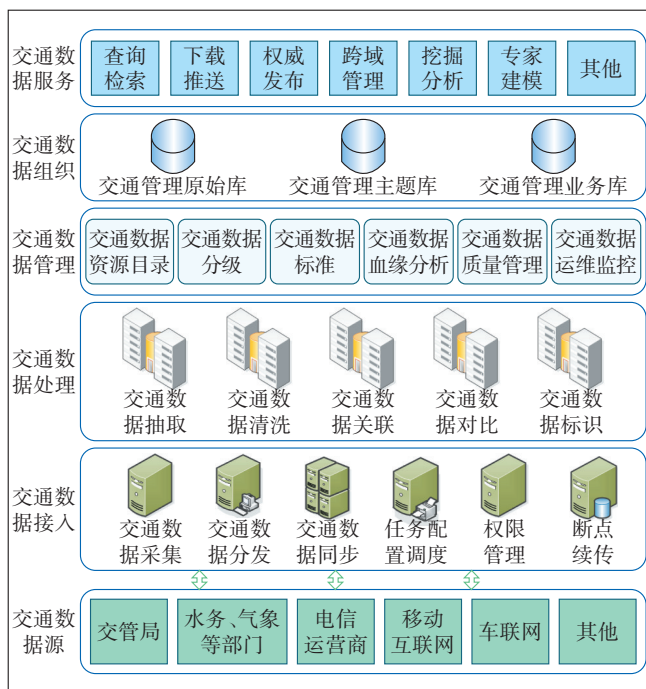


图3 城市智慧交通管理大数据平台架构及关键技术

管理局、水务局、环保局、气象局等能对交通造成外部条件影响的相应数据库,此外还包括应急救援系统(警保联动、应急救援摩托车、应急救援车、拖车)等。

(c) 电信运营商数据:包括用户经纬度信息、用户所接入基站/小区信息、基站/小区工程参数信息、用户基础信息、用户工作、居住、休闲娱乐所在区域信息、用户业务偏好、用户日常运动轨迹、各区域人群聚集及迁徙等信息。

(d) 移动互联网数据信息资源:包括互联网出行平台数据,譬如滴滴、Uber的快车/专车/顺风车的行车轨迹、用户出行线路信息;地图平台数据,譬如百度、高德地图数据、实时的交通路况信息、实时拥堵报警等;还包括共享单车系统数据,譬如ofo小黄车作为面向政府开放数据的共享单车企业,已向全国20余城市开放了其交通大数据平台。

(e) 车联网数据信息资源:采集并整合包括RFID数据库、车联网监控系统数据库、车辆运行及交互数据库,道路监测数据库、车载终端数据等。

b) 交通数据分发:城市智慧交通管理大数据平台的交通数据分发功能采用分布式架构,跨平台支撑,统一调度与监控。其关键技术包括管道技术、内存技术、多线程技术等,从而提升其分发性能。为方便使用者进行操作,还采用可视化、定制化界面及操作流程。交通数据分发子模块还具备跨系统统一处理能力,使之

支持跨Hadoop、MPP、传统RDBMS等平台及数据库调度。交通数据分发子模块还应支持对小型机、X86服务器、调度流程的监控与处理。

c) 交通数据同步:城市智慧交通管理大数据平台采用基于后台程序编码,实现交通管理部门各类业务系统,水务局、环保局、气象等与交通相关单位的业务系统,能够与本交通管理大数据平台的数据同步。还采用发布/订阅方式、SQL JOB方式、Service Broker消息队列方式,实现城市智慧交通管理大数据平台与相关数据库的数据库同步。

d) 任务配置调度:城市智慧交通管理大数据平台基于Azkaban,实现迅速、易操作、企业级、易扩展的分布式任务配置调度。

e) 统一用户权限管理:城市智慧交通管理大数据平台设计了统一用户认证、用户统一授权。统一用户认证基于交通管理局的证书体系(或PKI证书),进而有效解决多个相关系统平台的多重账号、多重口令管理问题。

f) 断点续传:城市智慧交通管理大数据平台允许交通数据接入模块从抽取、汇聚、分发中断的位置继续传送,进而提升交通数据接入模块的执行效率。

## 4.2 交通数据处理模块

针对城市智慧交通管理大数据平台汇聚的多源异构数据,采用分布式ETL技术,按照交通数据提取、清洗、关联、比对、标识规范化的流程,实现标准化的交通数据处理模式,从而提升城市智慧交通管理大数据平台的交通数据质量,有效解决数据缺失、更新时效性低、数据冗杂及处理延迟等问题。进而协助城市交通管理部门更及时的交通监控、更准确的道路拥堵监测疏导以及城市路网规划、交通肇事及逃逸分析。

a) 交通数据抽取:对原始的交通领域多源异构数据进行规范化处理,将所有的结构化交通数据和非结构化交通数据抽取转化为结构化交通数据。

(a) 结构化交通数据:交通数据抽取功能实现结构化交通数据的全量抽取和增量抽取。全量抽取类将完整抽取交通数据源中的交通数据表、交通数据视图。增量抽取将提取新增、修改、删除的交通数据。

(b) 非结构交通数据:主要是从交通监控视频、交通图片、遥感等多媒体文件、文本内容等非结构化数据中提取车辆、车主、轨迹、位置、状态等信息,形成结构化交通数据,一般采取全量抽取。

b) 交通数据清洗:过滤不合规的交通数据,删除

重复的交通数据, 纠正错误数据, 完成格式转换, 并进行清洗前后的交通数据一致性检查, 保证交通数据结果集的质量, 将“脏数据”清洗掉。针对缺失值, 采用删除法、替换法、插补法等方式进行清洗。针对格式内容清洗, 可采用逻辑错误清洗、箱型图分析、基于聚类的离群点等方式去除不合理值, 并修正矛盾内容。

c) 交通数据关联: 数据关联是将来源于不同的业务系统、不同的数据通过关键字段关联在一起。关联的过程包括关联键值的生成、组内关联、组间关联、并行关联等处理逻辑。城市智慧交通管理大数据平台的交通数据关联包括离线数据的批处理和流式数据的实时处理。

d) 交通数据对比: 实现结构化数据比对, 关键词比对, 图像语音文本相似度比对, 二进制比对以及生物特征比对等。通过交通数据对比功能, 可以协助交通管理及政府相关部门快速定位出交通信息来源, 提高对比效率和准确率。

e) 交通数据标识: 城市智慧交通管理大数据平台将通过直观事实、统计加工、模型挖掘、组合定义等方法进行交通数据标识。在交通数据标识模块基础上, 对交通拥堵及交通事故等按照类型和性质进行分类统计, 可以帮助交通管理部门进行舆情分析、高拥堵区域车辆监控、交通事故车辆及人员追踪分析等。

综上, 城市智慧交通管理大数据平台将主要采用基于 MapReduce 的 ETL 技术, 并结合多 Agent 方式, 进行交通数据的抽取、转换、加载。此外, 还将固化成型的分析算法, 并支撑交通数据管理模块、交通数据组织模块、交通数据服务模块。需要搭建混合型的数据库集群包括 Oracle、TimescaleDB、Impala、Vertica 等。

### 4.3 交通数据管理模块

城市智慧交通管理大数据平台将建立交通管理领域数据管理模块, 并展开交通数据分级、交通数据资源目录构建、交通数据分级分类定义、交通数据血缘关系梳理、交通数据运维监控, 实现全平台交通数据的归集聚合、融合管理、共享服务。

a) 交通数据资源目录: 通过交通数据资源目录与数据分类展现快速地实现数据定位, 帮助交通管理及政府相关部门快速地找到期望的交通数据, 模块实现交通管理资源目录、交通管理主体数据目录、交通管理专题数据目录。

b) 交通数据分级: 结合交通大数据资源, 研究并设计适用于交通管理场景的数据分类模型, 包括交通

管理业务模型(包括车主、车辆、道路、轨迹、监控、诱导、收费等)和交通管理本体模型(包括道路、流量、容量、监控、交管等)。

c) 统一的交通数据标准: 城市智慧交通管理大数据平台通过统一的交通管理数据标准, 辅助交通数据的命名、定义、范围、量纲化等过程, 并助力交通管理平台的业务规则规范化。从而平台用户能够详细掌握城市智慧交通管理大数据平台中的交通数据, 包括交通数据的格式、处理方法、获取方法、质量要求、安全性要求等。

d) 交通数据血缘分析: 通过交通元数据管理, 分析交通数据的血缘关系, 构建交通数据流向图, 从而实现交通数据集成、交通数据加工、交通数据应用的全生命周期管理。并实现任务层级、交通数据层级、交通数据字段层级的交通数据血缘关系多层次呈现。

e) 闭环的交通数据质量管理: 从交通数据标准化程度、使用状况、冗余度、数据生命周期、数据质量、安全状况等方面进行评估, 构建数据质量管理闭环体系。

f) 交通数据运维监控: 构建有效的数据运维监控体系, 从数据监控、任务监控、故障监控等方面进行管理和规范。

### 4.4 交通数据组织模块

城市智慧交通管理大数据平台的交通数据组织模块, 将按照“一”点统筹, “三库”共建思想, 协助交通管理部门的云上建库, 形成城市交通管理大数据总索引、总导航。并将依次进行交通管理原始库、交通管理主题库、交通管理业务库的“三”库建设, 提供高质量的交通数据的整合和高效的交通数据共享。交通数据组织规划整体架构如图4所示。

a) 交通管理原始库: 交通管理部门的各交管业务平台、与交通相关的政府事业单位的对应业务系统、电信运营商数据、移动互联网数据、车联网数据接入到平台后, 对不同来源的数据按照数据的原始格式进行存储。构建的交通原始库包括车辆库、车主信息库、道路信息库、信号灯信息库、交警信息库、互联网信息库、监控信息库、交通检测设备信息库、社会信息库、气象信息库、水文信息库等。

b) 交通管理主题库: 交通管理主题数据库整合交通管理原始库中的基础数据, 以交通数据来源进行数据分类, 并进一步依据交通管理六要素组织原则, 构建交通数据资源目录, 以“人、车、路、事、环境、组织”进行划分。



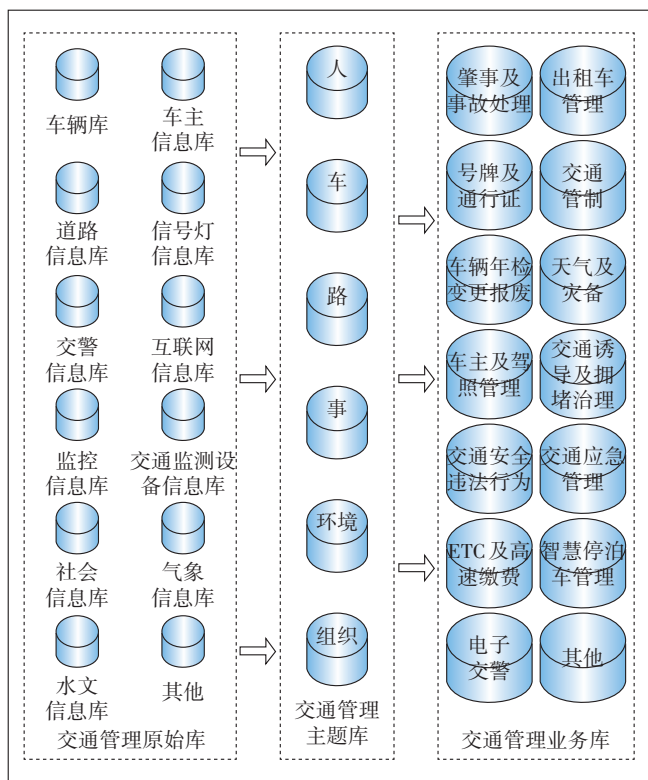


图4 交通数据组织模块——交通管理原始库、主题库、业务库

c) 交通管理业务库: 基于交通管理业务流程和特征, 抽取、整合具有明显业务属性的交通数据集合, 并针对交管部门各处/科/室的业务分工, 在交通管理主题库之上构建交通管理业务库。例如, 肇事及事故处理业务库、号牌及通行证业务库、车辆年检变更报废业务库、车主及驾照管理业务库、交通安全违法行为业务库、ETC及高速缴费业务库、出租车管理业务库、交通管制业务库、天气及灾备业务库、交通诱导及拥堵治理业务库、交通应急管理业务库、智慧停泊车管理业务库、电子交警业务库等。

#### 4.5 交通数据服务模块

在交通数据服务方面, 将按照分布式构建、一体化服务、标准化操作、价值化交通数据交互的设计原则, 构建高效、安全、可靠、扁平化的交通数据服务模块。该模块面向交警执勤人员、交管局各处室提供车辆查询检索、车主肇事记录、下载推送等基础数据服务; 并将提供多渠道、多维度的信息协同服务能力, 包括面向交通管理局的专业处室提供交通挖掘分析、专家建模等智能化的交通数据服务等。还将在城市智慧交通管理大数据平台的边界构建交通管理信息安全接入和交通数据交换子模块, 为未来交通管理信息“共建共享”提供安全稳定的服务。

交通数据服务模块将遵循交通运输部发布的《关于推进交通运输行业数据资源开放共享的实施意见》, 并结合交通行业相关标准《交通运输数据资源交换与共享》, 构建完备的数据组织规划、数据服务规划, 为跨部门、跨区域、跨领域的交通信息资源共享和大数据应用提供坚实的服务保障。并根据交警数量、业务应用增量, 充分考虑交通管理大数据应用需求和服务支撑能力, 确保交通数据服务模块具备充足的应用支撑能力。

#### 5 总结

近些年, 我国城市化进程快速推进, 各类交通问题凸显。大数据技术能够赋能城市交通管理, 并极大地提升交通管理效率及智慧化水平。本文研究了城市智慧交通管理大数据平台架构, 同时详细介绍了平台设计原则、主要功能结构以及关键技术, 能够为城市智慧交通管理大数据平台架构及实际建设提供理论积累和技术指导。

#### 参考文献:

- [1] 朱常波, 程新洲, 叶海纳. 5G+大数据赋能智慧城市[J]. 邮电设计技术, 2019(9): 1-4.
- [2] EIZA M, CAO Y, XU L. Toward Sustainable and Economic Smart Mobility: Shaping the Future of Smart Cities[M]. London: World Scientific Press, 2020.
- [3] 艾小燕. 武汉市智慧交通管理中的大数据应用研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [4] 白建峰. 大数据时代城市智能交通网络系统发展可行性研究[J]. 通讯世界, 2020, 27(1): 157-158.
- [5] 薛宝华, 史岩. 北京城市副中心智慧交通管理系统规划研究与设计[J]. 交通工程, 2018, 18(6): 1-7+21.
- [6] CAO Y, WANG N. Toward Efficient Electric Vehicle Charging Using VANET-Based Information Dissemination[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2017, 66(4): 2886-2901.

#### 作者简介:

徐乐西, 毕业于伦敦大学, 高级工程师, 博士, 主要从事大数据分析与应用、LTE-A/5G移动通信研究及标准化工作; 栾玉婷, 毕业于西南交通大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事城市轨道交通设计及研究工作; 曹越, 毕业于萨里大学, 教授, 博导, 国家特聘专家青年计划入选者, 主要从事智能交通系统、智能电网及未来网络的研究工作; 刘寒, 毕业于吉林大学, 工程师, 博士, 主要从事大数据领域相关技术研究和咨询工作; 程新洲, 教授级高级工程师, 主要从事大数据研究与应用工作; 董润莎, 毕业于北京大学, 高级工程师, 博士, 主要从事大数据研究与应用工作; 张恒, 毕业于北京邮电大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事大数据研究与应用工作。