

规划运营协同的城市交通治理模型开发广州实践

宋程 吕海欧 陈先龙

【摘要】基于目标导向的规划模型精细化程度和应用场景有限，难以满足增量和存量并存阶段城市多主体、多场景、多样化的交通治理需求，基于数据驱动的宏中微观一体化治理模型成为较为理想的解决方案。本文通过解析规划模型与治理模型差异，提出治理模型的闭环逻辑体系，设计数据层—模型层—应用层—展示层的模型架构，开展广州市黄埔区治理模型开发实践。实例研究表明：规划运营协同的城市交通治理模型能够很好地服务于城市交通基础设施建设全流程治理工作，实现对客货运交通治理的动态赋能，提升交通治理决策的智慧化和科学性。

【关键词】城市交通；交通治理模型；规划运营协同；宏中微观一体化；全流程治理

1 引言

城市化发展的下半场，国内主要城市普遍处于增量规划向存量运营过渡阶段，交通要从“走得通”向“走得好”转变，城市交通治理成为必然手段。然而，城市交通治理具有多学科综合性、多模式一体化、多主体复杂性、精细化要求的技术性，是运营治理更是规划治理。

“治”字的本义是水名，“治理”符合水之性，通过顺着事物天然具备的文理而整治，顺应其本身的能量动势趋向进行正向性的疏导，从而引导事物顺应先天客观规律而归正。因此，治理的核心是寻找“不治”的根本原因和规律，而交通治理模型正是寻找规律的工具平台。汪光焘^{[1][2]}在现代化城市交通治理理论框架中，将宏-中-微观一体化的模型、城市交通治理集成平台作为核心技术手段。长期以来，国内外针对城市交通模型的研究，以规划决策支持模型为主^{[3]-[5]}。这类模型难以满足增量和存量并存阶段复杂主体大范围、多样化、高效化、精准化治理需求^{[6]-[9]}。主要表现在：（1）虽然模型数据源从小规模抽样调查转变为海量多源融合数据，但建模出发点仍为辅助重大规划研究和重大交通项目建设，服务主体局限于政府相关机构；（2）模型架构单一，宏观、中观、微观模型往往独立构建，难以支撑存量阶段不同空间尺度下多场景的交通治理；（3）建模过程中在交通分区、道路网络等方面划分粒度较粗，模型精细化水平有待进一步提升。时空数据、大模型技术的进步为交通治理和规划决策领域的智能化发展带来了新机遇^[10]，构建数据驱动下需求和问题导向的宏中微观一体化治理模型成为较为理想的解决方案。

因此，本文立足城市交通治理现实诉求，在解析规划模型与治理模型差异基础上，提出了交通治理模型的框架结构，并以广州市黄埔区为例进行开发实践，验证治理模型的适用性。

2 规划模型与治理模型差异

如图 1 所示，规划模型与治理模型在建模方法、应用场景与逻辑，模型构建精细化程度上有较大差异。规划模型主要应用场景为增量规划阶段设施供给能力与需求匹配性，强调趋势研判进行规划推演，其思维逻辑为目标导向下的需求增长，以需求增长支撑设施供给扩容，形成链条式分析思路；而治理模型注重对存量设施的运行效率提升，分析方法注重基于数据的感知与识别，分析逻辑为数据驱动下的特征画像，基于画像识别问题、进行设施运行服务匹配，运行匹配产生新的数据进而支撑再画像持续动态优化。



图 1 规划模型与治理模型的分析逻辑差异示意图

除了在建模与分析思路上的差异外，治理模型与规划模型最大差异在与建模的精细化程度上，主要体现在两个方面。一是交通分区由街区级向地块级提升，二是路网建模更精细，规划模型强调供需匹配分析，注重网络结构的连通性，而治理模型需要结合运营实际，路网更贴近真实网络，特别是路段建模中交织、汇入、汇出的体现上更为精致。图 2 和图 3 为规划模型和治理模型在复杂节点建模上的差异示意图，规划模型和治理模型同尺度网络及运行情况对比如表 1 所示。由表 1 可知，治理模型相对规划模型在网络主要指标上均增加 2-3 倍。

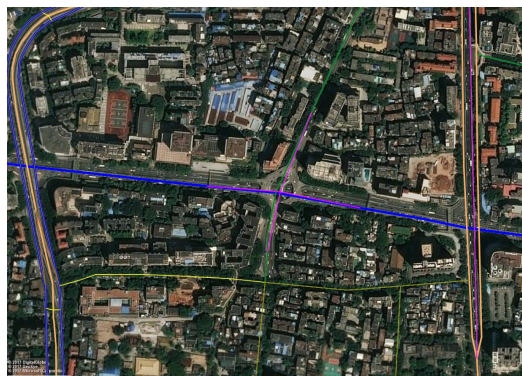


图 2 规划模型的抽象路网示意图

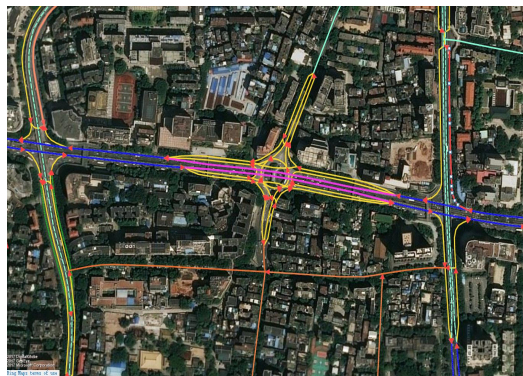


图 3 治理模型中的真实路网示意图

表 1 规划模型和治理模型同尺度网络及运行情况对比（以广州市现状模型为例）

指标	规划模型	治理模型	变化
节点数量（个）	15444	51851	235.7%
路段数量（条）	38936	143454	268.4%

转向数量（个）	108682	421864	288.2%
小区数量（个）	1787	5225	192.4%
连接线数量（个）	10244	21160	106.6%
道路分配模块运行效率	18 秒	2 分 14 秒	644.4%

3 交通治理模型框架设计

3.1 交通治理技术体系

全球治理委员会的对治理定义为：治理是或公或私的个人和机构经营管理相同事务的诸多方式的总和，它是使相互冲突或不同的利益得以调和并且采取联合行动的持续的过程。从该定义可知，治理是一个持续的过程，而不是一个活动，因此交通治理具有长期性和动态性。

基于交通治理及可持续发展的长期性和动态性特征，并充分遵循治理应顺应先天客观规律而归正的基本要求，交通治理应形成以感知-识别-推演-决策-治理-监测-再感知的闭环逻辑体系，如图 4 所示。基于多源数据对人、车、地特征感知规律，识别问题，利用模型理论寻求城市、城际交通发展态势，进而开展综合决策治理，治理效果纳入全流程监测，并反哺至状态感知，循环演进，动态治理，最终实现城市交通可持续发展。

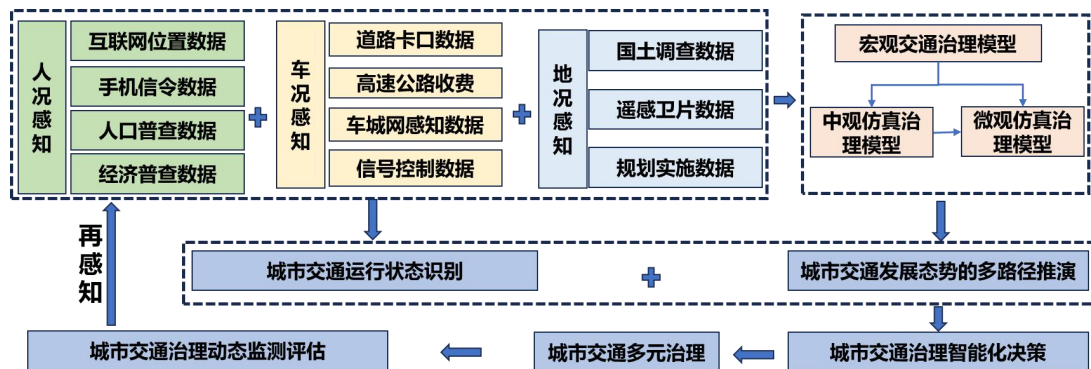


图 4 感知-识别-推演-决策-治理-再感知的循环治理体系

3.2 交通治理模型框架设计

根据全球治理委员会的对治理定义，治理是寻求多方调和，因此治理模型构建应考虑多主体应用诉求。如图 5 所示，本研究基于多源数据实现人、车、地的多尺度感知，搭建治理模型数据底盘，夯实数据驱动能力。以城市交通规划模型为基础依托，进一步精细化交通网络及需求，构建过宏观交通治理模型，传导到中微观交通治理模型中，并进行多层次多场景决策应用。基于模型开发与应用，构建治理模型展示系统，适应多元化主体应用诉求，同时可预留公众交互与其他平台对接接口，实现多元主体的差异化利用诉求。

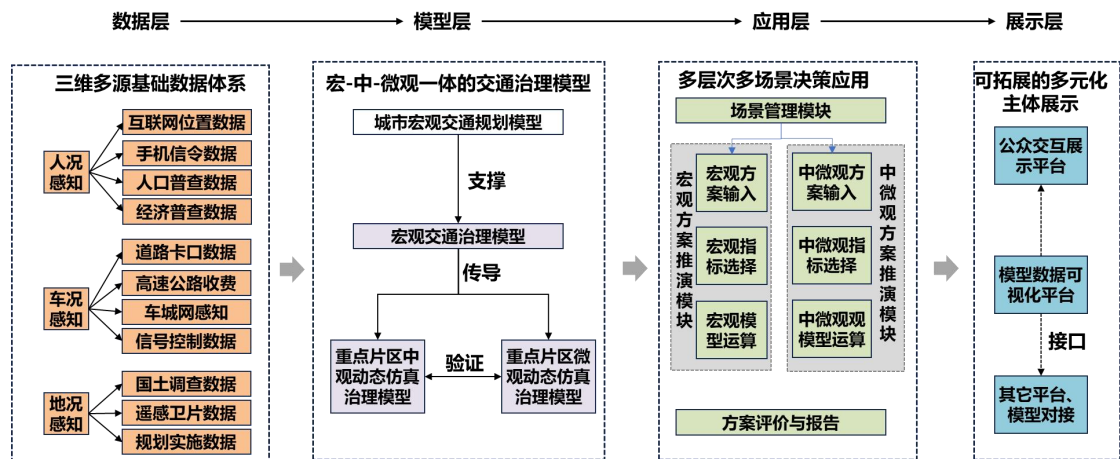


图 5 交通治理模型总体架构示意图

4 广州市黄埔区交通治理模型开发实践

交通治理模型适用于存量交通网络相对较为完善，交通运行压力相对较大地区，广州市首个交通治理模型构建于黄埔区。广州市黄埔区紧邻中心城区，经过近几十年的快速发展，交通设施特别是道路交通骨架设施逐渐趋于完善，日在途运营车辆数高达 80-100 万车次/日，具有成熟网络高流量运营的显著特征；与此同时，黄埔区又有大量的交通基础设施建设，处于建设与运维双高峰重叠期，增量建设对存量影响不可避免，处于边治理边建设的发展阶段，具有城市交通治理的迫切现实诉求。

4.1 黄埔区交通治理模型开发内容

4.1.1 开发三套宏观模型，用于现状诊断、近期改善、远期供需平衡分析

立足于问题识别与诊断、近期交通改善、远期交通供需平衡分析，开发了黄埔全域现状、近期和远期宏观交通模型。模型共包括小客车保有量预测模块，人口预测模块，网络成本模块，出行产生、分布与方式划分一体化模型，分时段与载客率模型，道路交通分配模块，自行车子模型，货运交通模型，公共交通模型，OD 反推 10 个模块，具有多模式一体化分析能力。此外，模型在网络设置上尽可能做到精细化，如采用了更贴近实际的运营网络、交通小区连接线考虑出入容量限制、道路网络根据等级、速度、主辅道、有无分割等设置 77 类，并对关键路口进行了车道配准，实现了基于路口信号配时的 ICA 分配方法。

4.1.2 建设中观交通仿真模型，用于片区级交通拥堵治理与改善研究

中观模型继承于宏观模型，辅以三维的真实道路、建筑和环境等场景，实现大范围车道级动态模拟和仿真。模型具有时空双维度、多指标的区域交通评价能力。与宏观集计模型和微观单个车辆特征描述不同，中观模型以车队为研究对象，兼顾宏观模型中交通流的时空维度状态特性和微观车流特征，对中心城区大车流、高饱和度区域的交通运行具有更好描述性。如图 6 和图 7 所示，研究建立的中观交通模型重点从时间维度上评价拥堵蔓延、消散过程，

能够体现交通运行的动态作用过程，为片区级交通设施建设改造、交通应急疏散、交通走廊和车道管理、施工期交通管理、公交设计、交通影响分析、拥堵点段疏堵等应用提供更为准确的量化支撑和直观动态展示。

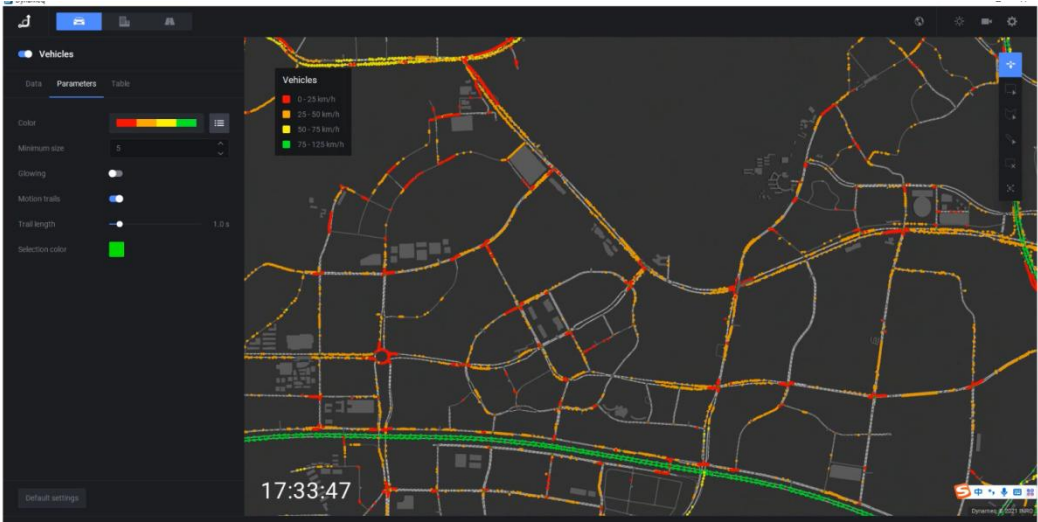


图 6 黄埔交通治理系统中观模型示意图

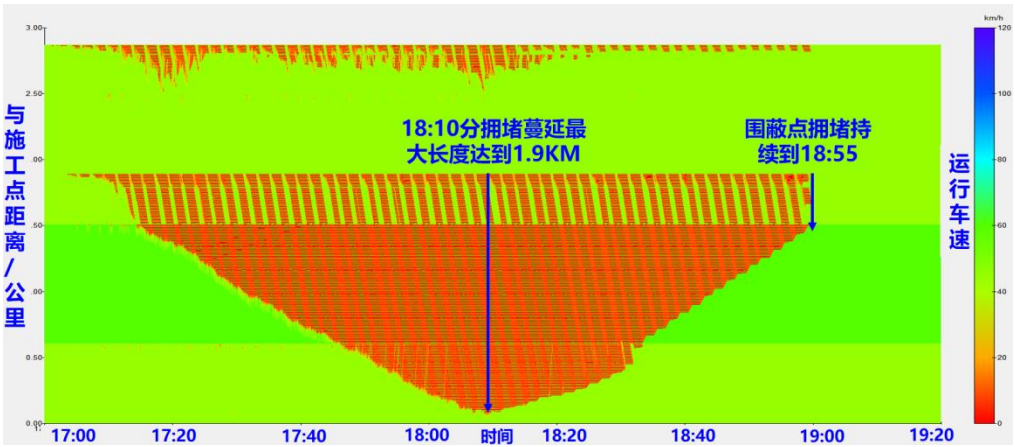


图 7 黄埔区某道路中观交通模型速度等值线图

4.1.3 构建百平方公里尺度微观仿真模型，支撑道路交通精细化治理

基于宏中观模型传导，建立黄埔区 3 个片区约 120 平方公里微观仿真模型，实现车道级精细化仿真，如图 8 所示。仿真模型具有全局和单路段/节点的评价能力，且具有多指标（速度、密度、流量、排放等）、多统计期（当前时刻、任务时段、高峰小时、不同仿真次数的最大最小及平均值等）、多尺度（车道级、区段级）评价功能，支撑存量背景下黄埔区道路交通精细化治理，适用于区域重大工程、多项关联工程的施工占道对全局路网影响，以及道路建设过程中的方案精细化比选与推演，辅助方案决策，提升交通设施建设科学化水平。

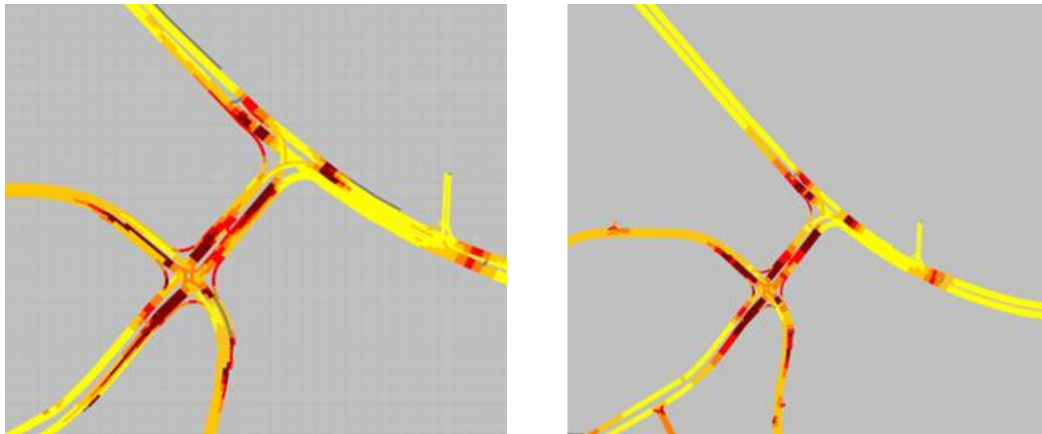


图 8 黄埔交通治理系统中微观交通仿真的车道级与区段级评估示意图

4.1.4 打造一体化交通治理平台，实现宏中观分析、微观治理的一站式决策

以交通规划决策支持的需求为导向，以交通规划模型技术为支撑，开发宏中微观一体化交通管理决策支持应用系统。如图 9 所示，系统涵盖方案管理、统计分析和项目管理三大板块，具备信息查询、信息统计、分析评价、方案管理、模型管理、成果管理六大功能，并具有全区指标窗口、任意选定区域、鼠标移动随机显示三种形式的人口覆盖分析、公交可达性评价、轨道站点覆盖率及路网交通负荷度等四大分析功能，能够为辅助日常交通规划治理决策分析、交通分析评价等工作提供强有力支持。

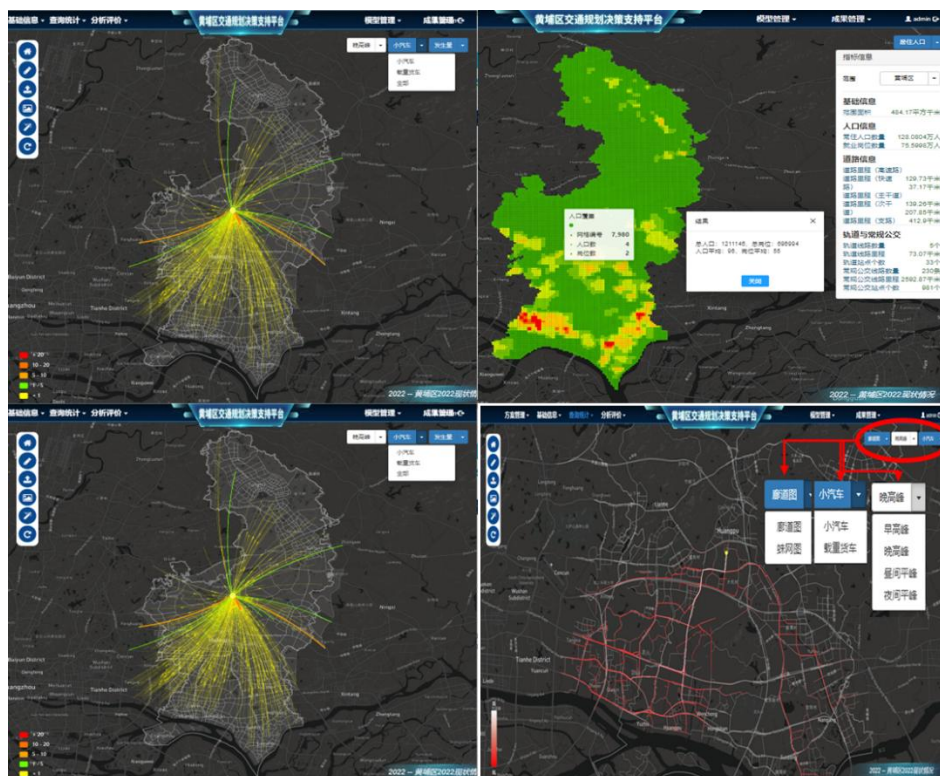
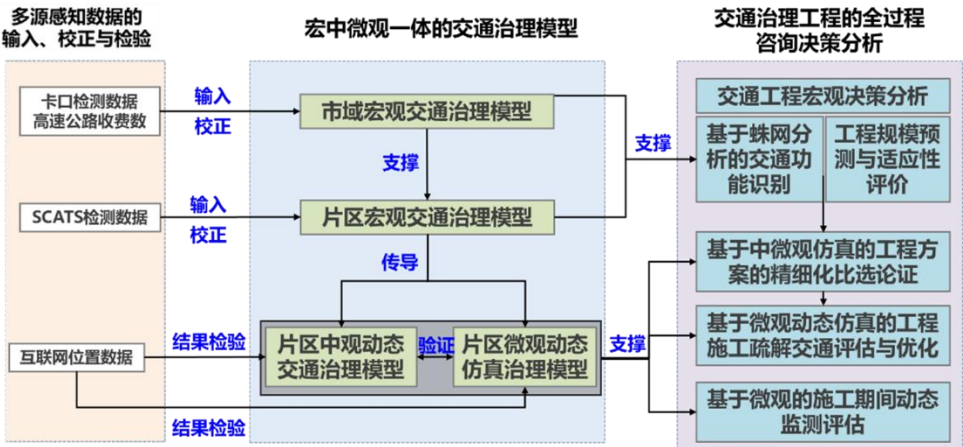


图 9 黄埔交通规划决策支持平台示意图

4.2 黄埔区交通治理模型典型应用

4.2.1 全流程支撑工程建设中的治理决策问题

如图 10 所示，以交通治理模型平台为基础，全流程支撑工程建设决策分析，包括利用宏观交通治理模型的蛛网分析支撑拟建工程交通功能分析、工程规模适应性评价，以中微观治理模型支撑工程方案的精细化比选论证工作，并基于微观动态仿真治理模型进行施工期间的疏解方案评估与优化，施工过程中的动态监测评估工作。



4.2.2 形成了数模结合的施工交通治理应用示范

进行了多项施工期间道路运行治理示范应用，形成基于数据驱动的问题诊断（重点是源头诊断）、交通治理方案设计（源头治理、系统治理、综合治理）、基于模型驱动的治理技术验证、治理实施的全链条流程标准，提出了包括分车道放行、瓶颈路段车道适配等多种治理技术。治理方案经区相关部门讨论审查后，立即下达实施，形成了良好的技术与行政双循环的交通治理体系。



4.2.3 基于数据分析形成运行季报，支撑交通精细化管理

基于交通治理模型系统，利用采集数据，分析了黄埔区工作日和非工作日车流的典型分布特征，从重大节假日与工作日数据对比分析交通设施对短时突发车流的适应性；从高饱和度路口占比等指标评价路网总体运作状态变化，识别大流量与高饱和度路口的位置，用于支撑精细化交通管控措施制定。

4.2.4 开展基于货车 GPS 轨迹数据的多级货车违禁治理应用

以重载货车 GPS 数据为基础，进行数据识别与处理，形成了片区、路段、企业、司机四维度的货车违禁治理体系。片区方面，通过宏观模型识别重点货车发生源及区域，强化区域监控；路段层面，识别重点违禁路段和时段，支撑现场执法的精准性；企业方面，识别月度违禁重点企业，强化企业监管；司机方面识别月度违禁多的司机，强化警示教育。

5 结论与展望

本文在对比规划模型与治理模型在建模方法、应用场景与逻辑，模型构建精细化程度等方面差异的基础上，提出治理模型是满足当前阶段城市交通治理诉求的工具平台，设计了感知-识别-推演-决策-治理-再感知的循环交通治理体系，构建了涵盖多源数据驱动底座、宏中微观一体化模型、多层次多场景决策应用和面向多元主体展示平台的交通治理模型的框架结构，并以广州市黄埔区为例进行开发实践和应用检验。多源大数据赋能下，基于多模块精细化宏观交通模型，高效实现片区级大范围中、微观仿真，精准地刻画了复杂交通行为规律和运行特征，为城市交通系统的规划、运营、管理运营全流程提供定量化治理决策支持，推动形成技术与行政双循环的交通治理体系，提高区域治理决策科学化水平；构建片区、路段、企业、司机四维度的货车违禁治理体系，实现货运交通精准把控，保障交通系统安全高效运行。未来，将持续搜集多源数据，丰富交通行为特征库，研究实现交通运行状态在线智能研判和态势推演，助力城市综合交通的数字化、精准化、智能化治理能力不断提升。

参考文献

- [1] 汪光焘. 城市交通治理的内涵和目标研究[J]. 城市交通 2018, 16(01):1-6.
- [2] 汪光焘, 陈小鸿, 叶建红等. 城市交通治理现代化理论构架与方法初探[J]. 城市交通, 2020, 18(02):1-14.
- [3] 邓进. 面向精细化交通规划的交通模型构建及应用研究[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会. 交通治理与空间重塑——2020 年中国城市交通规划年会论文集. 中国建筑工业出版社, 2020:11.
- [4] 孟永平. 基于多源数据融合的厦门市现状交通模型构建及应用[J]. 交通运输工程与信息学报, 2020, 18(4):7.
- [5] Mollier S, Delle Monache M L, Canudas-de-Wit C, et al. Two-dimensional macroscopic model

for large scale traffic networks[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2019, 122: 309-326.

[6] 刘淑妍, 张斌. 中国城市交通治理现代化转型的思考[J]. 城市交通, 2020, 18(01): 59-64.

[7] 葛天任, 段苏焱, 骆晓. 跨学科的城市交通治理体系研究[J]. 城市交通, 2021, 19(03): 18-30.

[8] 胡晓伟, 包家烁, 安实. 城市交通治理政策研究综述与展望[J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(05): 139-147.

[9] Karami Z, Kashef R. Smart transportation planning: Data, models, and algorithms[J]. Transportation Engineering, 2020, 2: 100013.

[10] 李健, 吴子啸, 杨飞, 等. 2023 年中国城市交通规划年会观点集萃[J]. 城市交通, 2023, 21(06): 102-113.

作者简介

宋程, 男, 硕士, 广州市交通规划研究院有限公司, 广东省可持续交通工程技术研究中心, 交通规划三所(信息模型所)副所长, 正高级工程师。电子邮箱: 510659684@qq.com

吕海欧, 女, 硕士, 广州市交通规划研究院有限公司, 广东省可持续交通工程技术研究中心, 助理工程师。电子邮箱: 1448732489@qq.com

陈先龙, 男, 博士, 广州市交通规划研究院有限公司, 广东省可持续交通工程技术研究中心, 科技创新中心主任, 正高级工程师。电子邮箱: 314059@qq.com