

通过大数据促进城市交通规划理论的变革

杨东援

(同济大学, 上海 200092)

摘要: 城市交通规划实践需求所产生的拉动力, 大数据分析技术所产生的推动力, 相关基础学科研究成果所产生的促进力, 将推动城市交通规划理论发生变革。在继承传统技术方法的基础上, 通过建立在证据理论基础上的决策判断概念框架, 将大数据分析技术、模型分析技术和仿真分析技术纳入一个统一的分析模板, 通过多维观察角度尽可能全面地表征问题, 并将在“适时响应”机制基础上建立规划过程管控模式, 这一系列的探索勾画出一个可供讨论的新理论框架的雏形。

关键词: 交通规划; 大数据; 技术创新; 理论变革

Promoting Urban Transportation Planning Theory Innovation Using Big Data

Yang Dongyuan

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The revolution of urban transportation planning theory has been driven by three forces, including the pulling force from the practices, the driving force from the big data technologies, and the promoting force from the contributions of interdisciplinary subjects. Based on the traditional methodologies and technologies, this paper tries to integrate big data technology, demand models, and simulation by introducing an evidence theory-based decision-making framework. The paper further contributes to develop a new theoretical framework which aims to set up an adaptive-response-based process management module for urban transportation planning through a multi-dimensional problem diagnose.

Keywords: transportation planning; big data; technology innovation; theoretical innovation

收稿日期: 2016-05-05

作者简介: 杨东援(1953—), 男, 浙江平阳人, 博士, 原副校长, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 交通运输系统规划、交通信息工程、社会物流系统规划。E-mail: yangdyk@tongji.edu.cn

世界城市交通理论领域数十年来的进步渐进性多于突破性; 而对于中国城市交通领域而言, 近年的进步更多体现在技术应用层面, 而非学说变革的贡献。在此背景下, 大数据分析技术所激发的研究热情, 如果与从规划实践中提炼的认识, 以及以复杂性理论为代表的基础学科研究成果相结合, 完全有可能引发城市交通规划理论的变革。同时, 尽管中国在交通领域大数据研究方面基本与世界同步起跑, 且面对着全球影响最为巨大的城镇化和机动化进程, 如果不能深刻认识其中孕育的学说变革萌芽, 仍然会在理论创新过程中错失先机。

1 变革意识: 交通规划理论的活力所在

1.1 变革背景

交通规划理论的活力在于适应发展的需

求, 交通规划理论变革的动力也来自于世界发展潮流和中国城镇化发展进入新阶段的拉动。正如文献[1]所指出的, 当前城市交通问题已不再仅仅是机动化背景下的交通拥堵, 而是承载了多重社会问题, 涉及社会各阶层出行和交通资源的利益分配。城市交通规划应从传统注重设施的物质性规划向以满足大众的出行需求为主转变。文献[2]也指出城市交通的根本目标是服务人的需求。要关注出行需求多样化、出行结构持续调整以及互联网条件下出行需求特征的变化, 重视城市群交通需求的增长。新时期城市交通规划面临着由以往大规模的增量规划向精细化的存量规划转变、由单个城市交通规划向城市群及更大范围交通整合规划转变等技术挑战^[3]。文献[4]解析了城市群发展阶段与交通供给及需求特征的关系, 提出需要在供需分析、管理体制等方面建立一套专门适用于城市群交

通的规划方法。文献[5]剖析了当前城市群综合交通系统现状及存在问题，从规划原则、技术路线、规划目标与需求预测四个方面提出城市群综合交通系统规划方法。文献[6]梳理了国际上35个大都市区最新一轮综合交通规划报告，指出重视交通安全、环境保护、建立完善的交通拥堵管理系统以改善城市机动性是当前大都市区综合交通规划的基本对策动向。

欧盟于2014年发布的可持续城市机动性规划(Sustainable Urban Mobility Plan, SUMP)导则^[7]，从规划视角、目标导向、规划流程与方法等方面对比了可持续城市机动性规划与传统交通规划的差别(见表1)。美国联邦公路局交通规划能力建设(Transportation Planning Capacity Building)项目针对气候变化、公众健康、未来不确定性等传统交通规划面临的挑战，发布了包括减排规划、情景规划、绩效导向规划等在内的一系列规划编制导则，旨在更新、完善传统交通规划技术方法^[8-10]。

在此背景下，建立在网络交通流分析和交通行为模型基础上的传统规划理论，已经显露出难以适应的状态，只有变革和进取才能跟上时代的步伐。为了适应发展，交通规划理论需要在下述方面争取新的突破。

1.2 拓展分析视角

城市交通规划需要充分考虑与城市空间体系、社会空间结构、城市网络体系之间的关联，从发展模式引导角度处理好系统内部多种交通方式网络布局之间的关系，从对策

模式角度将政策调控软对策与设施建设硬对策有机融合，从适应服务需求角度研究设施与运输组织的协同。相对于传统交通规划理论，站在全局立场全面把握问题，是下一阶段规划中有待重点突破的瓶颈。

为此，需要建立一种多维一体的分析技术体系。所谓多维，是基于不同理论范式，从城市空间体系维度、交通方式空间结构维度、对策行动计划维度和交通运行组织维度等，展开多视角分析；所谓一体，是指根据可持续发展导向和规划原则框架，通过权衡和优化实现多维诉求的综合。

1.3 正确处理不确定性

在传统交通规划分析的思维方法中，分析人员和决策者都已经习惯于寻找确定性之后再决策(典型的表现是试图准确预测未来)。不敢面对城市的复杂性和未来的不确定性，制约了城市交通规划理论的前瞻能力。特别是社会发展的转型阶段，由于难以沿用过去的经验，建立在趋势外延思维模式上的传统理论更加显得与发展需求格格不入。

在此背景下，需要将趋势识别、态势分析、中短期预测、对策效果评估等技术方法组合在一起，纳入一个完整的适时响应调控模式的工作框架。

适时响应调控模式的特征为：针对明确的远期目标，不断对城市交通进行监测把脉，适时通过“组合拳”进行战略调控。其中的适时是根据当前状态以及已经具有明显征兆的趋势，及时启动相关对策；而响应则

表1 欧盟可持续城市机动性规划与传统交通规划对比

Tab.1 Comparison on European Sustainable Urban Mobility Plan and traditional transportation plan

项目	传统交通规划	可持续城市机动性规划
规划视角	交通	人的出行
规划目标	交通流通行能力与移动速度	可达性与生活品质，同时注重可持续性、经济活力、社会公平、公众健康和环境质量
规划思想	分方式的独立系统	不同交通方式协同发展，并向更清洁、更可持续的交通方式演变
规划成果	基础设施建设导向	一系列整合行动计划，形成成本效益高的解决方案
	行业内部的规划报告	与相关行业(如土地利用和空间规划、公共服务体系规划、公众健康规划等)整合、互补的规划报告
规划编制	中短期实施规划	与长远目标、战略相协同的中短期实施规划
	交通工程师	多学科背景构成的规划团队
	精英规划	与相关利益团体一同实施透明、参与式规划
规划效果评估与调整	有限的效果评估	定期的规划效果评估与监督，适时启动规划完善程序

资料来源：文献[7]。

是采用组合对策,包括交通基础设施建设对策、对系统演化的调控对策、争取行动时间的压力缓解对策、争取社会认同的利益补偿对策等;调控则体现了限制、引导和(广义)补偿机制的结合原则,以争取社会的理解和支持。

1.4 增强对促进共识的关注

城市交通规划的本质是公共政策安排。改革开放以来,中国原来相对稳定、单一的社会经济结构和社会心理,经过一系列的分化、组合和震荡之后,呈现出差异性、多样

性、失衡性和复杂性特点。围绕构建和谐社会的目标,为避免执政目标、公共资源分配出现偏差,公众参与和促进共识不再是一个操作层面的问题,而被提升到战略层面加以考虑。

面对时代发展和社会变化,仅仅由城市管理者和技术人员制定规划的方式正在成为过去时,有必要研究公众参与条件下制定交通规划的方法。凝聚社会共识方面最重要的基础在于沟通,表现为利用各种信息媒介,进行信息传递和反馈,以相互协调关系的过程。

传统交通规划理论主要关注的是从交通立场出发,如何制定一个好的对策方案。但是实践却告诫我们,如果不能达成共识,再好的方案在执行过程中也会走形,或者被束之高阁。因此政府管理部门内部同样存在增强共识问题,在城市规划与交通规划之间、交通规划与交通运行管理之间建立战略对话平台,同时研究各种规划相互协同的机制与方法。

1.5 实现对演化过程的管控

城市交通规划并非勾画一张蓝图,还必须研究对规划实施过程的管理,由此产生了对问题细化分解、系统演化过程的监控、干预对策效果评估等方面的技术需求。

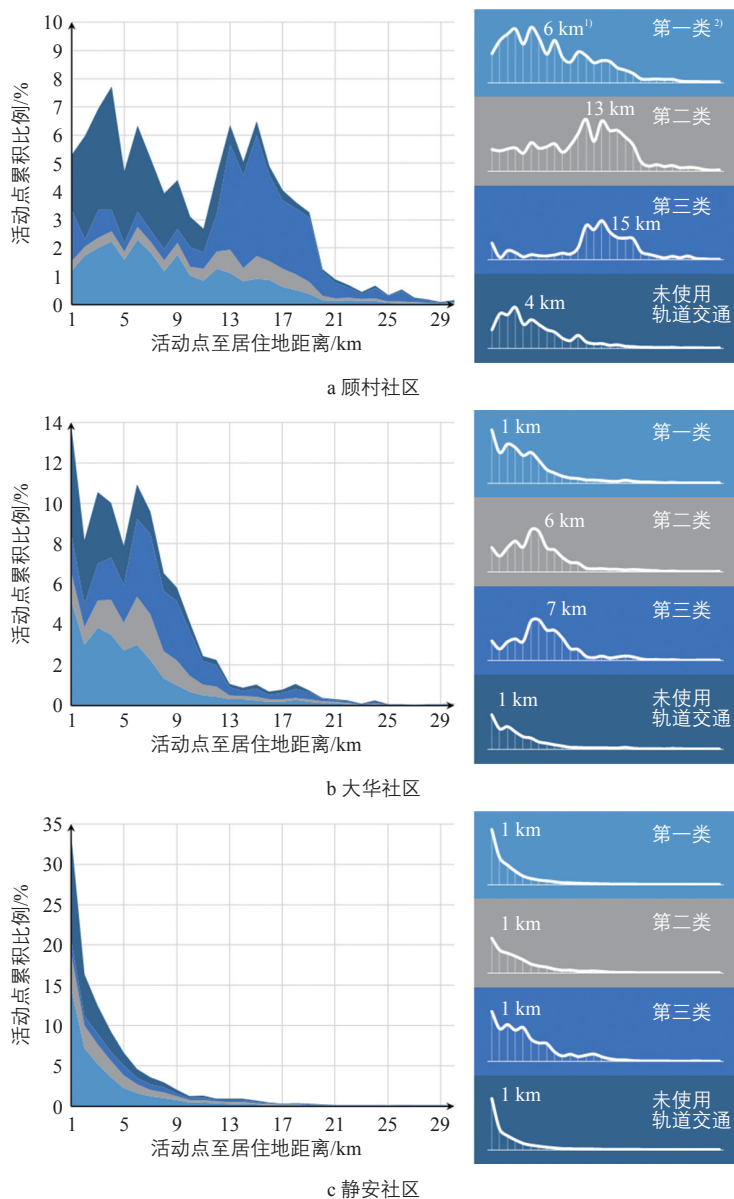
2 变革条件: 将数据资源转变为决策能力

尽管大数据理念已经受到广泛重视,并在一些重要的行业领域取得进展,但是如果不能在城市交通领域内将数据资源转变为决策能力,促进城市交通规划理论变革将停留在理想阶段。严格意义上,并非大数据自身成为促进进步的推手,而是将大数据应用于城市交通规划决策分析的研究,成为理论变革的催化剂。

2.1 大数据正在建立新的观察能力

大数据为研究者提供了针对城市交通的一种多角度、多层次、多测度的大样本连续观察能力。这种观察能力对于准确把握问题、深入剖析研究对象,以及实现对复杂适应系统的监测、分析和调控具有重要意义。

大样本形成了对研究对象基于行为属性细分组群,研究其相应的空间分布能力。图1显示了位于轨道交通7号线车站1 km范围



1)活动点至居住地平均距离;2)第一、二、三类分别为使用轨道交通频率低、中、高人群。

图1 上海市三个社区基于轨道交通使用情况划分的不同人群工作日活动点与居住地距离分布

Fig.1 Distance distributions between activity points and home by rail transit travel frequency of three communities in Shanghai

内，但是属于城市不同圈层的三个社区(顾村社区：外环线附近；大华社区：内中环线之间；静安社区内环线以内)，利用1个月移动通信数据将居民按轨道交通使用情况划分组群后，其活动点(停留30 min以上)到居住地的分布情况，其中包含了大量研究居民活动空间与城市建成环境之间关系的重要信息。

连续观测一方面可以有效地研究个体的惯常行为，例如在传统交通调查中难以获得，但对研究居民活动空间与城市建成环境非常重要的个体经常活动区域；另一方面可以通过追踪行为分析，补充数据中缺失的重要信息(例如对通勤人群的判断等)。

而多源数据则提供了不同角度、层次的观察手段，例如表2中显示的可以在城市空间结构与交通网络关联中提供相关信息的数据资源。

2.2 将大数据与复杂性理论结合

从科学研究角度来看，大数据最重要的价值在于为具有复杂适应系统特征的城市交通研究提供了重要支撑。

复杂适应系统^[1]的基本思想可以表述为：系统由众多被称为主体的个体所组成，主体是具有自身的目的性和主动性、有活力和适应性的个体。主体能够在持续不断地与环境以及其他主体交互中学习和积累经验，并且根据学习到的经验改变自身的结构和行为方式。主体的主动性和交互作用在不断地

改变着自身的同时，也改变着环境，是系统发展和进化的基本动力机制。复杂适应系统的进化和演变，包含了新层次的产生、分化和多样性的出现，以及新的聚合所形成的更大的主体等。

事实上，规划人员并非不知道未来的理想方案，只是不知道多大程度上能够实现理想方案，以及用什么样的方式能够更好地逼近理想方案。而对于这个问题的答案，并不在于先知先觉的预测，而在于不断加深认识过程中产生的预见、预判以及与时俱进的对策调整。

在这一认识的基础上，传统的定期调查需要转变为连续监测，传统的预测需要转变为及时感知和基于认知的预判，传统上专注于交通系统供需关系的分析需要转变为对各种复杂关联所产生宏观涌现的研究(见图2)。

城市交通中的各种参与者(用户、服务供给者、管理者等)均属于适应性主体，其共同特点是具有感知和响应的能力，自身持

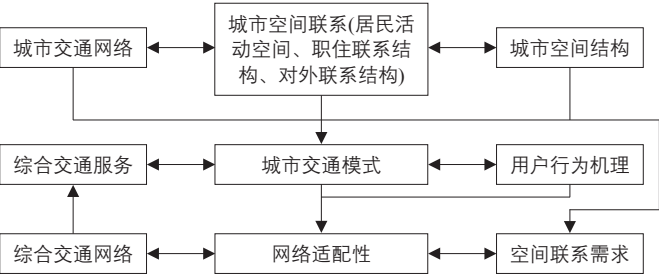


图2 常规监测的顶层积木结构

Fig.2 Framework of regular transportation monitoring system

表2 可用于研究城市空间结构与交通网络关联问题的相关数据资源

Tab.2 Suggested data resources for analyzing the relationship between urban spatial structure and transportation networks

数据类型	信息内涵	备注
移动通信信令数据	城市不同区域居民的活动空间	
公交 IC 卡数据	城市不同区域居民在公交网络上的活动空间	仅说明了 IC 卡用户情况
车辆牌照检测数据	城市中各种类型车辆在道路网络上的活动空间	并非整个路网均被检测系统覆盖，一般主要集中于快速路和主干路
人口普查数据	城市不同区域居民社会结构	不同区域居民社会经济属性结构的主要数据源
综合交通调查数据	城市不同区域居民交通行为特征	定制数据因此针对性强
轨道交通运行数据	城市不同区域通过轨道交通网络形成的可达性	
公交 GPS 数据	城市不同区域通过常规公交网络形成的可达性	一般需要与调度数据配合使用
浮动车数据 (Floating Car Data, FCD)	城市不同区域通过道路网络形成的可达性	数据质量取决于采样车辆规模
城市兴趣点数据 (Point of Interest, POI)	城市公共服务设施分布	
大众点评数据	城市公共服务口碑	
经济普查数据	城市就业岗位分布	专项数据，质量容易得到保障

有目的性、主动性和积极的“活性”，能够与环境及其他主体随机进行交互作用，自行调整自身状态以适应环境，或与其他主体进行合作或竞争，争取最大的生存空间和延续自身的利益。他们经历了一种共同演化过程，导致系统状态从一种多样性统一形式转变为另一种多样性统一形式。

为此，需要根据主体的行为属性进行对象类别结构分析，同时观察其组群结构的时空分布，研究其密度和结构的演化。例如，引入市场营销的理念，把公交乘客根据态度和行为划分为忠诚与非忠诚两个部分，将有助于了解城市交通模式可能出现的变化。对于公共交通这类服务，乘客消费之后会产生一种自身需求是否被满足的认知，这种心理认知会积累并转化为态度和行动上对公交服务的依赖和认可程度，并逐步影响乘客的出

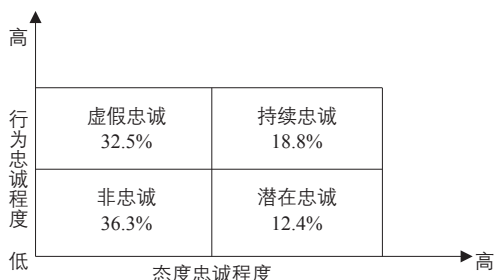


图3 基于问卷调查的上海市公共交通用户行为与态度忠诚度交叉分析结果

Fig.3 Cross-analysis between behavior loyalty and attitude loyalty of public transit users in Shanghai based on questionnaire survey

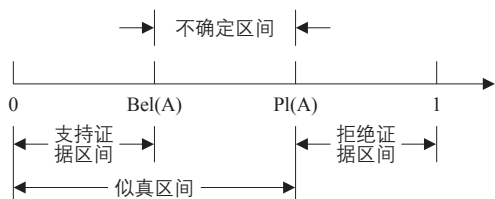


图4 大数据所提供证据的盖然性概念示意

Fig.4 Illustration of the concept of probability based on the evidences from big data mining

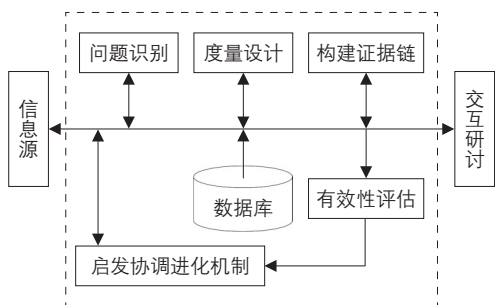


图5 证据视图的功能模型

Fig.5 Functional model of the evidence view

行方式选择趋势的变化，即公交忠诚度：乘客满意度低，甚至产生抱怨，一旦有了足够的经济能力，就很可能改变依赖性交通方式；乘客忠诚度高，使用公共交通出行的习惯就能得到鼓励和保持。图3显示了基于问卷调查对上海市公共交通用户忠诚度的分析结果，其中反映出真正对公共交通认同度高的用户仅为30%左右(这还是包含轨道交通的数据，见图3)，显示出非常值得警觉的态势。这种受到能力限制规模有限的调查结果，虽然能够反映出值得关注的问题，但是对问题程度的结论仍然存有疑虑。通过数据间影射链接技术将这种问卷调查与IC卡数据联系在一起，则可以更加有效地将IC卡用户的行为忠诚度量拓展到态度忠诚度，从而实现整体问题程度的可靠把握。

将大数据与复杂性理论结合，将促使交通行为分析理论、网络流分析与大数据分析技术的融合，从而将城市规划理论推向新高度。

2.3 将大数据分析融入决策过程

由于大数据本身并非完美数据，也非如同交通调查那样的定制数据，因此很难直接借助传统模型实现决策支持，而是通过为专家组提供判断证据的方式实现支持功能。

值得注意的是，大数据所提供的分析证据具有盖然性特征，即有可能但不是必然(见图4)。为此，如同间接证据理论中所强调的证据链一样，大数据环境下基于证据的决策分析必须提供一个尽可能完整的证据视图，针对多个数据源所提供的多角度观察，在恰当度量基础上选择合理方式形成便于决策者理解的证据表征，并在对系统整体理解的基础上形成完整证据集合的决策视图。这种证据视图存在一个进化过程，伴随经验积累逐步完善(见图5)。

构建证据视图不意味着完成了将数据资源转变为决策能力的过程，还必须解决基于证据的判断问题。由于城市交通问题的复杂性，加之计算机并不具备针对间接证据所形成证据链的处理能力，所以需要通过对一个合理构成的专家组完成最后的决策判断。对此主要采用D-S证据理论的方法，即针对需要验证的假设，由专家个体分别进行各项证据对于结论支持程度的评判，而后采用某种技术手段加以综合。

以此为基础，大数据分析将通过三种形

式参与到决策流程中(见图6):环节①,大数据分析主要发挥系统日常运行监测作用,以识别演化进程是否偏离预期轨迹,是否达到需要启动某种调控措施的程度,以及是否需要某种征兆进行深入分析;环节②,针对某个具体分析任务在特定假设基础上进行深入研究,大数据主要发挥对传统调查数据的时间序列进行修正、对小样本分析结论进行扩样等作用;环节③,模型分析、仿真分析和大数据分析的成果均纳入基于证据的群决策判断框架之内,以求更加全面、正确地形成决策意见。

3 变革推进：多方参与的协同作战

从以上的讨论中不难看出，为顺应需求借助大数据推动城市规划理论的变革，我们需要一种问题导向的理论与技术双螺旋协同的推进方式。

3.1 问题导向强化拉动力

问题导向至少涉及以下六方面的决策支持问题：

1) 交通规划与城市规划之间的战略性对话。

城市交通的希望取决于两个重要的支柱：可持续发展的交通模式以及健康的城市空间结构。为达到这一目标，必须在城市规划的早期建立交通规划与城市规划之间的战略性对话。对话成果将在城市交通白皮书以及城市总体规划纲要中得到体现。

两者间战略性对话所采用的话语体系，定义为居民活动空间与城市建成环境之间的关联分析。源于行为地理学的居民活动空间概念，反映出行为主体适应客观环境形成的累积结果；城市建成环境则是由各种社会主体的主观意志行为，长期累积作用下所形成的城市客观环境。两者互动关系反映出居民空间活动与交通模式及城市空间结构之间复杂的关联，是研究战略性空间政策和交通模式引导政策的理论基础。

2) 交通需求管理的精准化调控。

由于交通需求的双刃剑特点，为尽可能减少负面效应，争取最大的正面效果，交通需求管理的精准化调控强调在合适的时间和地点，针对恰当的对象，采用恰如其分的对策。而能否实现精准化调控取决于对交通系统的持续细致把脉，其关注点不仅限于量的

分布，而且重视内在构成。

3) 公共交通的精细化服务。

伴随社会发展，公共交通服务对象的需求日益多样化。公共交通服务体系建设是否也需要效仿航空运输业建立有效的客户管理值得思考。服务导向的公共交通体系不仅需要从运输能力上满足需求，而且要从满足客户的需要出发，以提供满足客户需要的产品或服务为义务，以客户满意作为经营的目的。公共交通的精细化服务就是这种理念指导下的具体行动。

作为具体技术支持手段，有效利用公交IC卡数据和问卷调查数据，对乘客进行类别划分以及相应的活动空间分析，为细化服务需求提供支持。而详细分析公共交通服务水平和使用环境，将有助于了解影响乘客使用的各种因素。

4) 道路交通的精明化管控。

基于路网交通状态演变的精明化管控，是在对路网状态演变分析基础上，为路网交通状态控制系统提供的控制策略。

与传统网络交通流分析不同，路网状态演化分析更加注重于路网耦合结构的识别、子系统间状态关联分析，采用的基本模型是将局部网络抽象为节点的超网络。近年来，交通领域中宏观基本图研究成果以及现实中道路网络层级结构，为基于超网络研究路网状态演化、制定宏观控制策略提供依据。大数据环境中的浮动车数据、牌照识别数据、定点检测数据等，为构建路网交通状态变化描述模型创造条件，为空间统计分析、关联规则挖掘等提供必要的技术手段。

5) 综合交通的一体化整合。

从可持续发展的角度，规划人员更加关注如何构建减少对自然界索取、降低对生态系统排放，能够满足经济与社会发展需求的

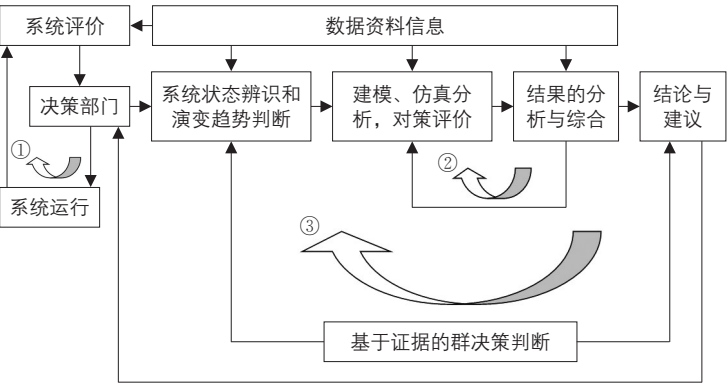


图6 大数据分析融入管理决策流程环节
Fig.6 Big data analysis in management decision process

综合交通服务体系,而非简单地堆积基础设施。因此,综合交通的一体化整合,首先在于把握多样化需求,构建一体化的综合交通服务体系,而后在服务目标的指导下,建设相应的基础设施系统,实施相应的运输组织体系。

6) 面向公众的针对性沟通。

在城市交通对策设计的过程中,公众应该从被动的管理对象转变成为参与主体。城市交通深层次矛盾并非表面的车路矛盾,而是人居环境诉求与机动化诉求之间的矛盾。近年来,公众对于雾霾的反应、环保意识的提升等,均体现了公众参与所产生的效应。促使城市交通管理者与研究人员探讨引导公众通过一定程序和途径,参与到与自身利益紧密相关的决策活动之中。从技术角度来看,①需要针对城市交通对策建立相应的社会评价方法,系统调查与预测拟实施对策产生的社会影响和社会效益,分析社会环境的适应性和可接受程度;②建立相应的舆情分析系统,及时掌握社情、民情,实现适时沟通和正确引导;③研究主动需求管理、机动化管理等新型对策手段和方法。

3.2 构建成长型技术环境,加大推动力

城市交通大数据分析技术环境的搭建是交通工程师和信息工程师共同参与的成长过程,且进一步分化为多种角色。

1) 城市交通战略实验室的分析人员。战略实验室并不承担具体大数据分析系统开发任务,而是根据对总体态势和趋势的研判,提出新的战略性交通对策理念,研究大数据环境下城市交通规划和管理的新模式、新方法,提出大数据应用的需求框架。

2) 数据资源开发技术人员。深入剖析数据资源的应用价值,制定信息资源应用方案,解决相关数据挖掘和信息融合问题。开发人员与第一类人员不同,相对聚焦于一个较窄的领域精耕细作,一般不会跨界工作。

3) 大数据分析系统研发人员。根据第二类人员所提出的设计方案来具体实现。

4) 数据驱动的决策分析人员。是与实际应用最贴近的技术人员,运用上述大数据分析技术方法改善实际交通问题。

技术环境建设过程也是各类人员相互交流、沟通和融合的过程,因此交通大数据分析系统需要搭建与这些人员有效参与相适应的合理构成方式。在图7所示的系统架构

中,底层基础数据仓库具有较为稳定的结构,一方面为上层系统的搭建提供基础性支持,另一方面也为交通工程师有效使用数据并摸索、积累分析经验提供有效帮助。上层的应用系统则呈现逐步稳定下来的结构特征,即伴随对问题理解的深化,逐步完善和成熟。中层是中间件工具,在底层数据模型上定义的相应算法以及上层应用系统开发中提炼的重要算法,将逐步丰富中间层包含的各种分析工具。

城市交通大数据分析技术环境并非一个单纯的决策支持系统,也是交通工程师逐步取得经验的实验室。交通工程师不仅以用户身份,而且尽早以摸索经验的设计者身份参与到系统成长过程,将极大地影响系统成熟速度。

3.3 重视互动,提升促进力

通过大数据推动城市交通规划理论变革的过程,是一个实践、技术和理论相互促进的过程。中国的快速城镇化和机动化过程,既产生了巨大的挑战,也为观察实际问题提供了很好的样本;对于移动通信、公交IC卡、车辆牌照和定点检测器等数据的挖掘分析,加深了对技术应用的认知,也揭示出隐藏在数据背后的启示与规律;行动者网络、社会网络等基础学科理论的引入,以及交通工程本身的理论发展,将为技术应用和社会实践提供方向性支撑。

提炼实践经验、改进技术方法和提升形成理论,对研究者提出了不同的知识结构和思维模式的要求,但又需要相互促进和融合。为此,提出一个多维一体的城市交通规划理论研究框架(见图8),形成研究工作内容组织模板。

4 结语

城市交通规划实践需求所产生的拉动力,大数据分析技术所产生的推动力,相关基础学科研究进展所产生的促进力,加上交通规划研究者对未来发展的洞察力,促使城市交通规划理论正在发生一场变革。新理论并不排斥传统技术与方法,而是顺应发展要求将大数据分析技术、模型分析技术和仿真分析技术纳入一个建立在证据理论基础上的新决策分析概念框架,并力图从多个分析维度观察研究对象,将城市交通规划推向一

个建立在适时响应机制基础上的过程管控模式。

这种变革趋势无论从实践需求、技术能力和概念探讨等方面来看,都已初露端倪,加之引入相关学科的研究成果,完全有可能很快形成较大的突破。现阶段,新理论发展最重要的是变革意识的催化剂以及管理者、工程技术人员和研究者形成合力。由于需求和规律的客观性,不论我们用何种方式表述未来的城市交通规划理论,其变革的趋势和方向将是一种必然。

参考文献:

References:

- [1] 王静霞. 新时期城市交通规划的作用与思路转变[J]. 城市交通, 2006, 4(1): 17-22.
Wang Jingxia. Changes for the Function and Mentality of Urban Transport Planning in New Time[J]. Urban Transport of China, 2006, 4(1): 17-22.
- [2] 汪光焘. 论城市交通学[J]. 城市交通, 2015, 13(5): 1-10.
Wang Guangtao. Discussion on Urban Transportation Science[J]. Urban Transport of China, 2015, 13(5): 1-10.
- [3] 戴继锋, 苏腾. 新时期城市综合交通体系规划的挑战和应对思考[J]. 综合运输, 2015, 37(7): 42-49.
Dai Jifeng, Su Teng. Challenges and Solutions: Thoughts on Urban Comprehensive Transportation Planning in New Condition[J]. Integrated Transport, 2015, 37(7): 42-49.

- [4] 董艳华. 城市群交通规划的理论分析与政策建议[J]. 综合运输, 2010(9): 21-26.
- [5] 陈必壮, 杨立峰, 王忠强, 顾煜. 中国城市群综合交通系统规划研究[J]. 城市交通, 2010, 8(1): 7-13.
Chen Bizhuang, Yang Lifeng, Wang Zhongqiang, Gu Yu. Comprehensive Transportation System Planning for a Cluster of Metropolitan Areas in China[J]. Urban Transport of China, 2010, 8(1): 7-13.
- [6] 彭建, 王雪松. 国际大都市最新综合交通规划远景、目标、对策比较研究[J]. 城市规划学刊, 2011(5): 19-30.
Peng Jian, Wang Xuesong. A Comparative Study of Visions, Objectives, and Strategies of the Latest Comprehensive Transportation Plans for Metropolitan Areas of International Cities[J]. Urban Planning Forum, 2011(5): 19-30.

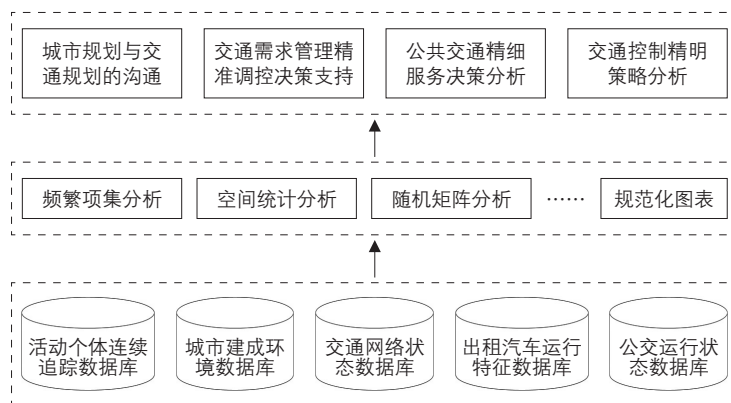


图7 交通大数据分析系统架构示意

Fig.7 Illustration of system architecture of transportation big data analysis

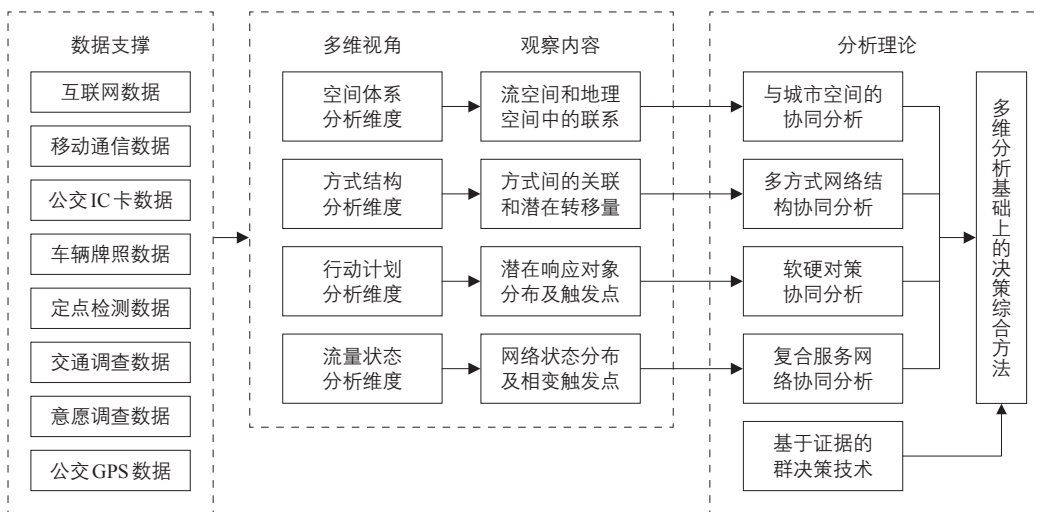


图8 多维一体的城市交通规划理论研究框架

Fig.8 Framework of multi-dimensional urban transportation planning theory

- [7] Sebastian Bührmann, Frank Wefering, Siegfried Rupprecht. Guidelines: Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan[R]. Cologne: Rupprecht Consult, 2014.
- [8] Grant Michael, Hartley William Seth, Milam Ron, etc. Handbook for Estimating Transportation Greenhouse Gases for Integration into the Planning Process[R]. Alexandria: National Technical Information Service, FHWA-HEP-13-026, 2013.
- [9] Grant Michael, McKeeman Alanna, Bowen Beverly, etc. Model Long Range Transportation Plans: A Guide for Incorporating Performance- Based Planning[R]. Alexandria: National Technical Information Service, FHWA-HEP-14-046, 2014.
- [10] Program and Organizational Performance Division, John A. Volpe National Transportation Systems Center, Research and Innovative Technology Administration, U.S. Department of Transportation. FHWA Scenario Planning Guidebook[R]. Washington DC: Federal Highway Administration, 2011.
- [11] 约翰·H·霍兰, 陈禹, 方美琪. 隐秩序-适应性造就复杂性[M]. 周晓牧, 韩晖. 上海: 上海科教出版社, 2011.

(上接第71页)

- [2] 中国民用航空局发展计划司. 从统计看民航2014[M]. 北京: 中国民航出版社, 2014.
- Development Planning Division, Civil Aviation Administration of China. Statistical Data on Civil Aviation of China 2014[M]. Beijing: China Aviation Press, 2014.
- [3] 王铁钢, 杨屹, 张晓妍, 王建宙. 国际化城市多机场系统及其对北京新机场的启示[J]. 中国民用航空, 2010(3): 42-44.
- Wang Tiegang, Yang Yi, Zhang Xiaoyan, Wang Jianzhou. Multi-Airport System in International Metropolis and Its Revelations for Beijing's New Airport[J]. Aviation, 2010(3): 42-44.
- [4] 刘旭龙. 京津冀区域机场系统协调发展研究[D]. 保定: 河北大学, 2014.
- [5] 曹允春. 临空经济: 速度经济时代的增长空间[M]. 北京: 经济科学出版社, 2009.
- Cao Yunchun. Airport Economy: New Growth Pole in Era of Speed Economic[M]. Beijing: Economic Science Press, 2009.
- [6] 秦灿灿, 徐循初. 法兰克福机场的空铁联运[J]. 交通与运输, 2005(12): 46-49.
- Qin Cancan, Xu Xunchu. On Air-Rail Intermodality in Frankfurt Airport[J]. Traffic & Transportation. 2005(12): 46-49.
- [7] 戈锐, 范幸丽, 张玮. 我国航空货运市场发展趋势探析[J]. 综合运输, 2014(4): 37-41.
- [8] 中国民航报. 观察: 自由贸易区将为上海带来新的民航机会[EB/OL]. [2013-09-04]. <http://www.caacnews.com.cn/newsshow.aspx?idnews=230386>.
- [9] 全波, 李鑫. 京津冀区域交通一体化[R]. 北京: 中国城市规划设计研究院, 2013.
- Quan Bo, Li Xin. Traffic Integration Planning of Beijing-Tianjin-Hebei City-Cluster[R]. Beijing: China Academy of Urban Planning & Design, 2013.
- [10] 民航资源网. 希思罗客流增速不敌盖特威克[EB/OL]. [2015-01-06]. <http://www.hangkong.com/2015/0116/9212.html>.
- [11] 民航资源网. 备战春运正定机场站高铁增班“空铁联运”[EB/OL]. [2014-12-09]. <http://news.carnoc.com/list/301/301213.html>.
- [12] 中国民航局. 民航局出台京津冀机场航线航班网络优化实施办法[EB/OL]. [2015-01-12]. http://www.caac.gov.cn/A1/201501/t20150112_70959.html.
- [13] 全波, 李鑫. 面向京津冀一体化的天津区域交通发展策略研究[J]. 城市规划, 2014, 38(8): 15-22.
- Quan Bo, Li Xin. Research on Transport Development Strategy in Tianjin in the Context of Beijing-Tianjin-Hebei Regional Integration[J]. City Planning Review, 2014, 38(8): 15-22.
- [14] 张国华, 郝媛, 周乐. 大型空港枢纽区域集疏运网络优化方法[J]. 城市交通, 2010, 8(4): 33-40.
- Zhang Guohua, Hao Yuan, Zhou Le. Optimization of Regional Passenger Distributing Network for Large Airport[J]. Urban Transport of China, 2010, 8(4): 33-40.