



15 AI 交通

中科院自动化所研究员王飞跃：交通 5.0 — 何以实现智能交通到交通智能？

整理：智源社区 任黎明

王飞跃，中国科学院自动化研究所研究员、复杂系统管理与控制国家重点实验室主任。他的主要研究领域为复杂系统、智能控制、智能机器人、无人驾驶等。他曾先后当选 IEEE、INCOSE、IFAC、ASME 和 AAAS 等国际学术组织的 Fellow，并且主持完成多项国家重大项目。曾获国家自然科学二等奖、IEEE SMC 诺伯特·维纳奖。

王飞跃的演讲主题是《平行交通与交通 5.0：从智能交通到交通智能》。在本次演讲中，王飞跃对人工智能与智能交通的发展现状和未来趋势进行了系统分析，并重点分享平行交通和交通 5.0 的基础理论、关键技术及最新进展。随着交通系统从机械化、电气化、信息化、网络化到智能化的不断完善和提高，以区块链为核心技术的交通 5.0 时代为智能社会奠定了基础。为了实现交通 5.0 和交通智能，王飞跃团队提出基于 ACP 的平行交通系统体系和研究开发了交通管控云网端协同平台，他和团队的研究成果已经成功应用于广州、青岛、杭州等城市的交通管控中并获得了显著的效果，并且在演讲的最后，王飞跃对人工智能的新未来进行展望。以下为演讲全文。

一、来自 AlphaGo 的启示

王飞跃从 AlphaGo 将去向何方的问题引出对人工智能在交通领域重要性的探讨。目前，很多人认为 AlphaGo 已经无新技术可以研究，而王飞跃则认为 AlphaGo 是一个具有里程碑性质的工作，AlphaGo 的出现把我们 Church-Turing Thesis 推向 AlphaGo Thesis 的新时代，这个时代具备以下三个特征：

- 平行世界：真实 VS 虚拟，现实的虚拟，虚拟的现实。
- 从牛顿到默顿：从牛顿的“大定律小数据”到默顿的“大数据小定律”，按照默顿自我实现运营的一个新时代；
- 智能活动的三部曲，即从小数据生产出大数据，从大数据凝练出深度智能。

如何从大数据中提炼出深度智能，AlphaGo 就是一个很好的样例。AlphaGo 从人类的 80 万例博弈开始，自我对抗“生产”出 7000 多万例新的博弈，并利用强化学习提炼出“深”智能的二张网，价值网和对策网，战胜人类的围棋大师。在此基础上，AlphaGo 进一步升级，成为 AlphaGo Zero，人类博弈的小数据几乎为零，除了博弈规则之外，一例不用，仅凭自我对抗产生的不到 3000 万例博弈，就炼出一张智能更深的“小智能”网络，将过去的二张网合二为一，回头以 100:0 的战绩横扫 AlphaGo。后来 AlphaGo Zero 再升级为 AlphaZero，不但围棋可下，其它棋也可以下。这些深度智能使得 AlphaGo 之类变得“聪颖无比”，所以 AlphaGo 之类将成为未来智能决策及智能产业范式转移的示例和基础。

二、大趋势：三个三与五个五

接着，王飞跃介绍了 AI “三个三，五个五”的大趋势。三个三中的三个 IT 分别对应三个世界和三个轴心时代，具体为：



New Logic, New Development, New Philosophy

图 1：人工智能的大趋势

“三个三”：

- “老”IT 工业技术是开发物理世界的工业时代的主要工具，其对应人性大觉醒，以哲学突破为核心的第一轴心时代；
- “旧”IT 信息技术是开发心理世界的信息时代的主要工具，其对应理性大觉醒，以科学突破为核心的第二轴心时代；
- “新”IT 智能技术是开发人工世界的智能时代的主要工具，其对应智性大觉醒，以技术突破为核心的第三轴心时代。

“五个五”：

- 大 5G 从 Grid 1.0 到 Grid 5，即交通网，能源网，信息网，物联网及智联网；
- 大 5G 的建设促使社会形态发生的巨变：五个范例，交通变成社会交通，能源变成社会能源，计算变成社会计算，3D 打印机器人使制造会变成社会制造，最重要的是智能变成社会智能，最终社会变成智能社会，智慧社会。
- 大 5G 建设完成后会形成大网，它把三个世界紧密联系在一起。并且在智能科技时代将数据的力量，计算的力量，算法的力量，网络的力量，区块链的力量融合在一起，形成“五力合一”。

其中，区块链带给平行智能的技术特点为：**真 (TRUE) (可信、可靠、可用、高效) + 道 (DAO) (分布式的去中心化、自主性的自动化、组织化的有序性)**，从平方道 $D^2A^2O^2$ — 平行道迈向平行智能。要实现平行智能必须有一个五度空间才可行。

- 五度空间 (CPSS 物理空间，网络空间，人工世界，心理世界，物理世界)，并将人与社会因素放在核心的位置，人是万物的度量，人必须是这五度空间的主人公。
- 五类产业形态 (工业 1.0,2.0,3.0,4.0) 很自然转变为工业 5.0，认为我们仍在第三工业革命之中，它包括工业 4.0 和工业 5.0 二个阶级，虽然工业 4.0 和工业 5.0 的核心都是 ICT+CPS，但是工业 4.0 是以工业自动化思维为基础。它们之间最主要的差别为从工业自动化向知识自动化的转变 (图 2)。王飞跃在 2000 年和 2004 年

的一篇题为《平行系统方法和复杂系统管理与控制》的文章正式引出了平行系统及工业 5.0 的概念。

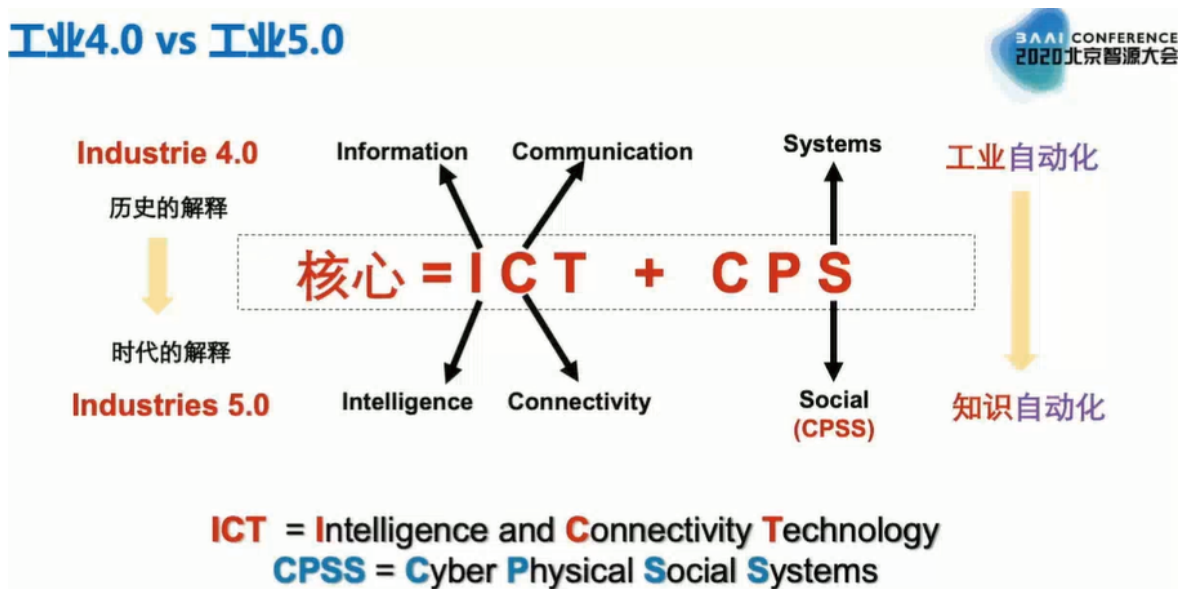


图 2: 工业 4.0 迈向工业 5.0

三、新理论：CPSS 和 ACP

然而，若想实现智能化就必须从 CPS 转变为 CPSS，并且智能化的核心为知识自动化。即 AR，VR 和人工智能之外，还要是通过平行系统实现的自动化智能。未来的机器就是一个平行机 (图 3 所示)，这个平行机把物理的牛顿机和软件定义的默顿机合二为一，把物理，社会，网络空间打通，把云端和边缘串起来，通过小数据生成大数据，把大数据变成小智能。因此，这个平行机可能给我们带来一系列新的工作，如决策、法务、评估、学习工程师等。图 4 为平行系统的理论计算框架 (其中包括控制部分)。

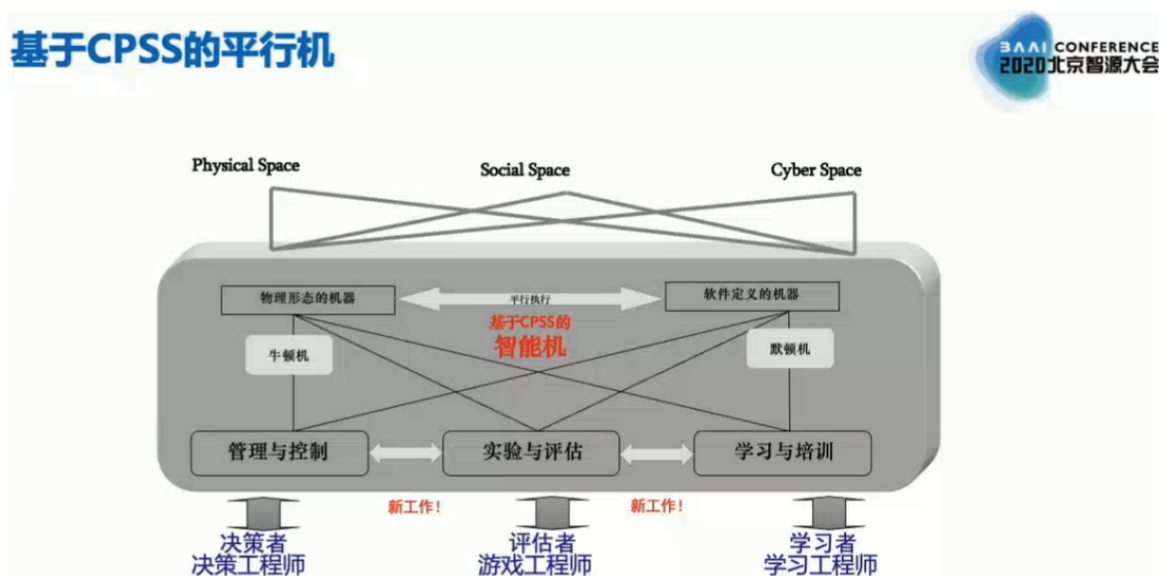
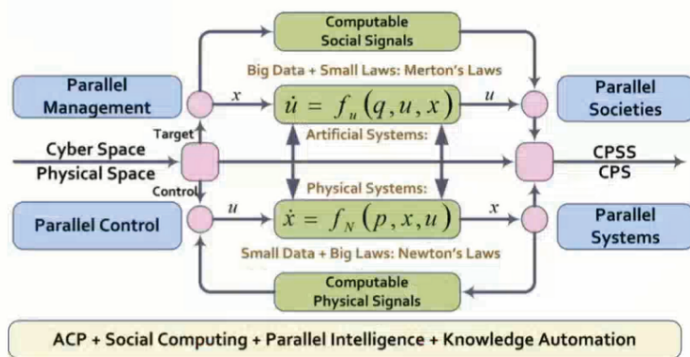


图 3: 基于 CPSS 的平行机



Fei-Yue Wang, "A framework for social signal processing and analysis: from social sensing networks to computational dialectical analytics," *China Academic Journal: Information Science*, 2013, 43:1598-1611, doi: 10.1360/N112013-00094

图 4：平行系统理论框架

2011 年，复杂系统管理与控制国家重点实验室成立，其研究核心为发展平行智能与平行科技，主要研究平行管理与控制、平行机器人，平行制造、平行医药、平行健康、平行社会，平行生态等等。为什么要研究平行？回顾使人工智能陷入十年寒冬的 Lighthill 报告，当时，Lighthill 认为人工智能的研究已经很久，但还在研究 ABC 水平的问题。有一部分学者研究先进自动化 A，另一部分学者研究计算机仿真 CNS，C，而这两部分跨度太大，如何可以使两个世界联系更加密切呢？这就来了第三波人，利用机器人建“桥”，Bridge，就是 B。但是，干了 25 年，桥还是建的不好，还在水下，不行，无法跨越“认知鸿沟”。王飞跃提出通过大数据填充鸿沟并提炼平行智能，再由平行系统架桥实现端到端的联结，跨越认知的鸿沟（图 5 所示）。

平行智能：跨越认知鸿沟的端到端之桥梁

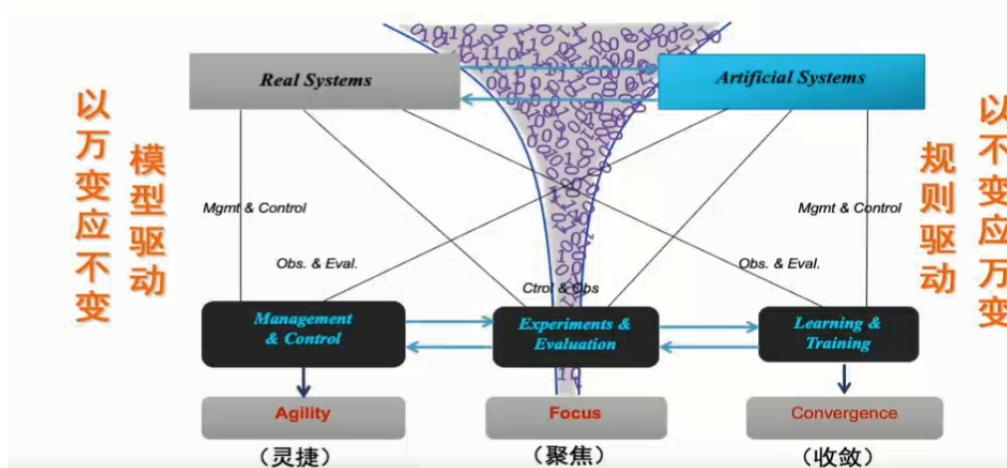


图 5：平行智能：跨越知识鸿沟

为什么大数据和并行可以合在一起？首先，大数据的实质为“数据说话”，“预测未来的最好方式就是创造未来”：

- 数据说话多了就变成了人工社会 (A) 及软件定义的社会，变成社会的数字孪生，即描述智能；
- 预测未来就是计算实验 (C) 把小数据变成大数据，把大数据变成小智能，即预测智能；
- 创造未来就是虚拟世界与现实世界合二为一，通过平行执行 (P) 实现虚实空间之间的反馈闭环，即引导智能。

通过上述大数据的三点本质可以实现从以前在物理世界“吃一堑”、在知识世界“长一智”，变到在知识世界“吃一堑，吃多堑”、在物理世界“长一智，长多智”，通过大数据和平行智能达到在物理世界低成本高性能高智能的目标。

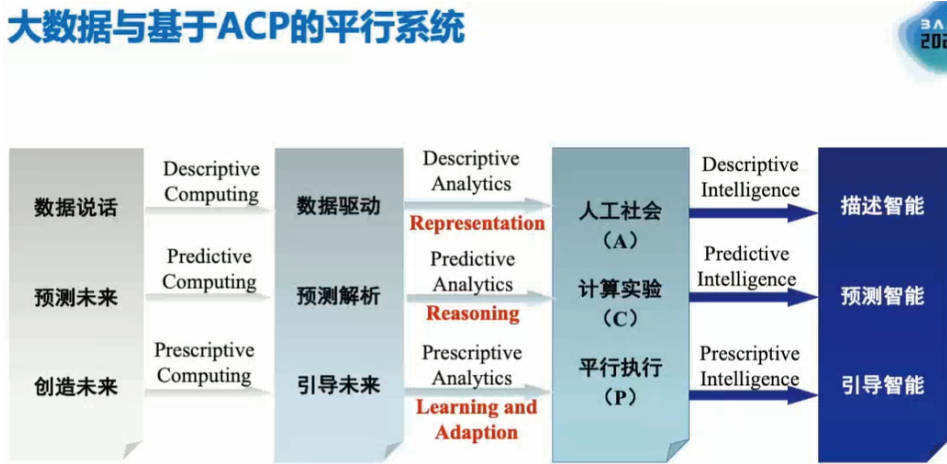


图 6：大数据与基于 ACP 的平行系统

四、智能交通系统的新时代：从平行交通到交通 5.0

随后，王飞跃介绍了如何将平行智能应用到交通领域。交通 50% 是工程复杂性，50% 是社会复杂性，所以交通领域是一个天然应用平行智能的场景。图 7 为平行交通系统体系，PTMS (平行交通管理系统) 既包括真实交通系统又含有虚拟交通系统，它使得计算机变成交通实验室用来进行实验评估、学习与培训和控制管理，然后把相应的硬件合成起来变成社会交通，图 8 是平行交通系统的软件接口。

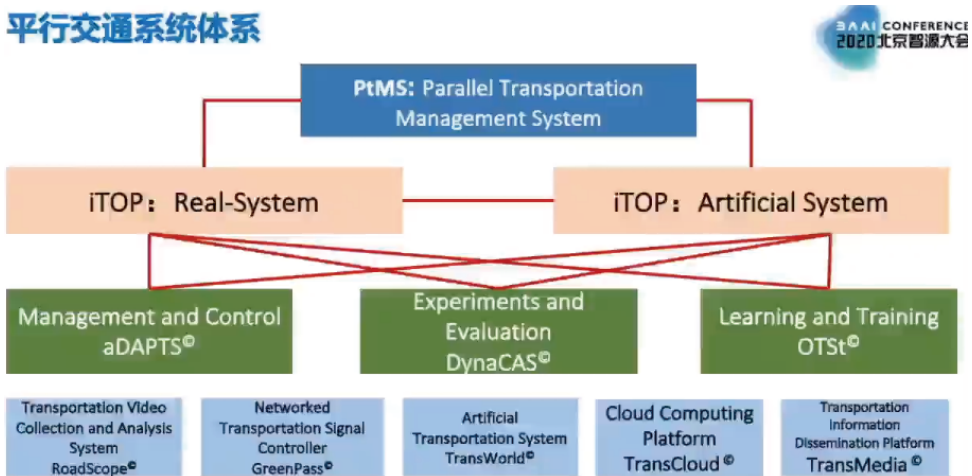


图 7：平行交通系统体系

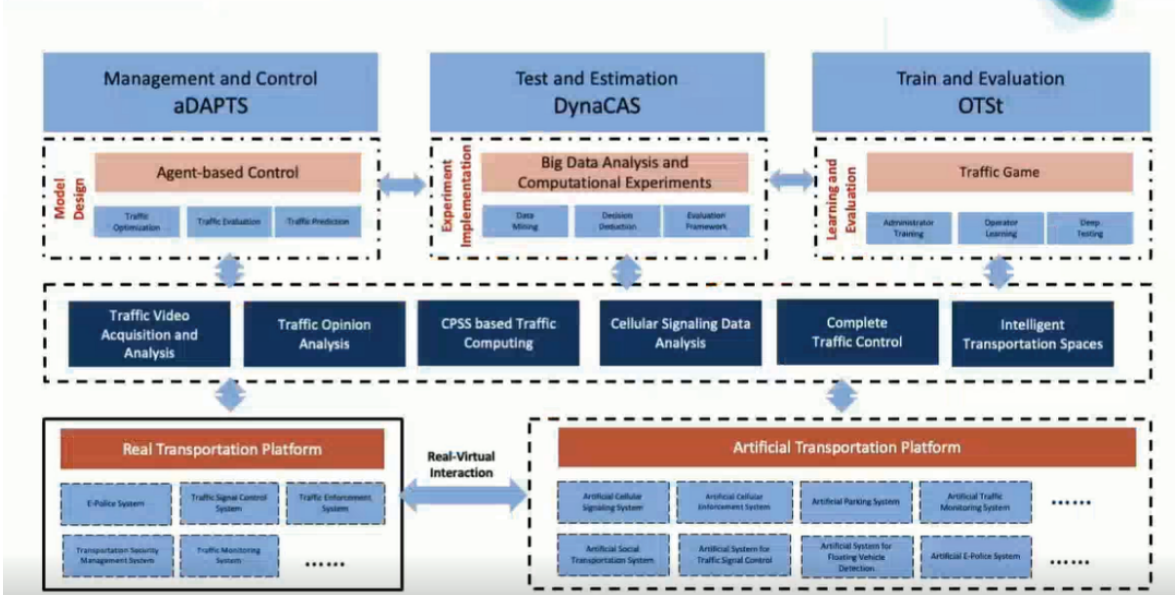


图 8：平行交通系统软件接口示意图

上述虚实互动平行交通管理体系架构与技术可以解决交通领域的以下难题：

- 应用人工交通作为交通数据输出器可以解决交通领域存在交通参与主体众多，影响因素复杂等研究难题，
- 将计算机作为交通实验室，把小数据变成大数据，大数据变成小智能解决交通领域实验成本高，可重复性低的难题；
- 通过虚实空间平行执行及双闭环控制解决交通领域决策效率低，控制质量差的问题。

虚实互动平行交通管理系统的最终目标是建成可认知，可计算，决策优的智慧交通系统。为实现这个虚实互动的平行交通管理系统，王飞跃提出了基于实验设计、自适应动态规划的大规模路网交通预案实验和优化方法；构建了交通实验场景生成和预案评估的计算引擎平台实现软件定义的交通场景；此外，他提出的基于人机混合增强智能的交通推荐技术，攻克了城市交通管控决策过程复杂、效率低、可靠性差等问题。

而针对传统交通感知系统面临适用环境单一、安装条件受限、设备成本高、系统化程度低、无法满足复杂交通场景的精细刻画和管控需求等一系列难题，王飞跃提出了交通平行视觉感知技术，这个技术可以产生一个从少量真实场景快速生成大规模虚拟场景（人工场景）的方法，这个方法提高了虚实互动交通视觉模型的精度和鲁棒性，并且有效的解决了复杂交通场景数据难获取、标注成本高等问题。

在基于无线传感网的城市交通空间综合感知技术应用方面：王飞跃构建了融合多模式交通行为特性的传感网络拓扑结构设计及优化方法（图 9），并提出了多源异构交通数据分层关联融合方法，这些方法大大提升了交通感知范围广域化和感知要素精细化水平。

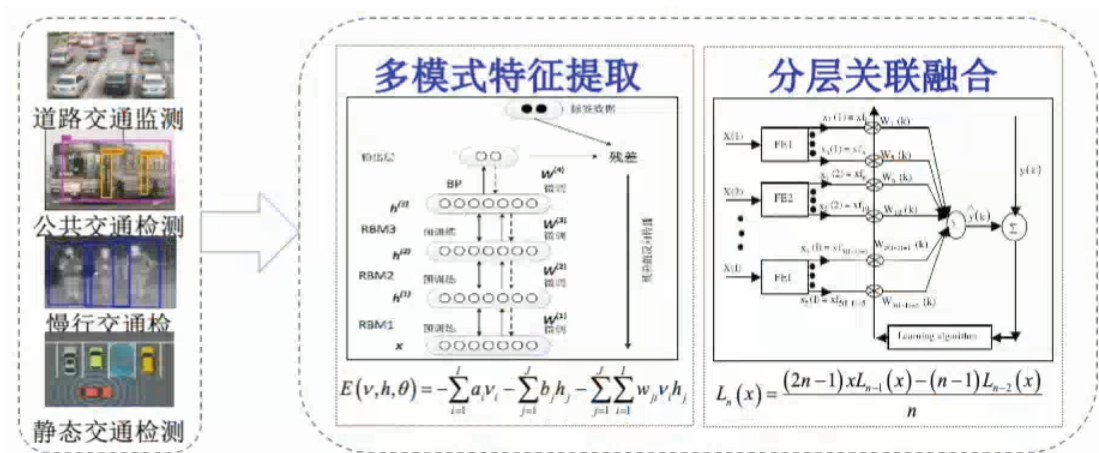


图 9：多模式交通行为特性传感网络架构

针对城市交通管控平台技术标准不统一的问题，以及我国城市交通在交通流组成、路网结构、出行习惯等方面的独特性，王飞跃通过基于交通云端模糊神经元网络与边缘侧模糊规则融合模型和城市道路混合交通智能协同控制关键技术开发了集主动控制、防溢流控制、关联控制于一体的交通管控云端协同平台（图 10），这个平台的原则是当地简单，远程复杂。

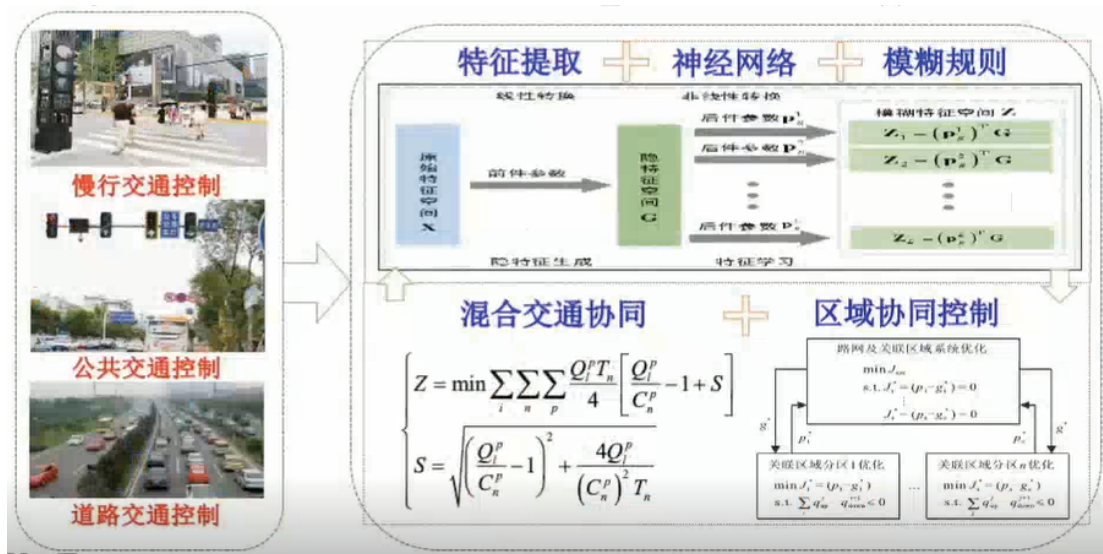


图 10：云端协同网络化交通平台关键技术

这个平台可以实现实际交通的按需控制。目前，这个平台主要应用的城市有青岛，苏州，广州等城市。

- 平行交通：济南人工交通系统。这项应用主要是通过仿真进行交通压力测试，即假如城市拥有一百万辆车时实际交通到底怎么样？09 年的仿真实验结果表明只要路网中的车辆数目达到设计量约 15% 就会出现交通拥堵情况，而两年前杭州市的实测车辆数据显示当车辆数约等于设计量的 15% 会出现交通堵塞，这个数据印证了济南人工交通系统仿真结果真实性。

- 广州亚运会公共交通平行管理系统。这个系统可以把所有公共交通出行报告和方案在计算机实行进行评估，以优化公交的调度。这个系统特点是它采用平行控制理论，通过实际系统与人工系统的相互连接，通过对二者之间的行为进行对比和分析，完成对各自未来的状况的“借鉴”和“预估相应地调节各自的管理与控制方式；这个系统的应用效果是它可以和智能公交监控调度系统无缝接驳，实现对全市 60 多条线路 8000 多台公交车以及 400 多台中小巴平均每天 130000 条发班班次的实时优化与管理。
- 青岛平行交通系统。这个系统可以实现人工交通和实际交通互动，该系统的实施效果为：主干道通行时间减少 20%，主干道车辆停车次数减少 45%，关键路段的早高峰拥堵里程减少 30%，车辆平均行驶时间减少 25%，路网通行效率提高 43.39%，显著改善了青岛的交通环境；
- 杭州西湖做交通推荐系统（实时配属系统）。王飞跃首次提出交通推荐系统的概念并将其应用到智能交通领域，这个交通推荐系统大大减少了拥堵报警，错误报警的次数，并且大大降低报警事件的平均处理时间（大约为一个红绿灯交替时间）。

接着，王飞跃讲述平行驾驶可以将虚拟驾驶和实际驾驶同步起来，提高交通运行效率。关于如何通过 AlphaGo 理论，实现智能交通系统的未来 --- 从平行交通迈向交通的 5.0，王飞跃把交通领域的发展划分为一百年。目前，他认为交通也进入了第五代系统，从以前的机器能源（交通 1.0），电动（交通 2.0），信息化（交通 3.0），网络化（交通 4.0），到即将迈进的平行交通（智能化交通，交通 5.0）。若想实现交通 5.0，区块链技术必不可少，通过区块链把五个交通合成交通 5.0（图 11），把城市、公共、物流、静态、社会交通合二为一，打通部门之间的利益交割，做到即保密又公开，区块链可以解决各部门之间的矛盾，做到即安全又可靠，所以区块链技术为交通 5.0 的核心。并且未来社会的发展一定要是通过智能交通迈向智慧城市。

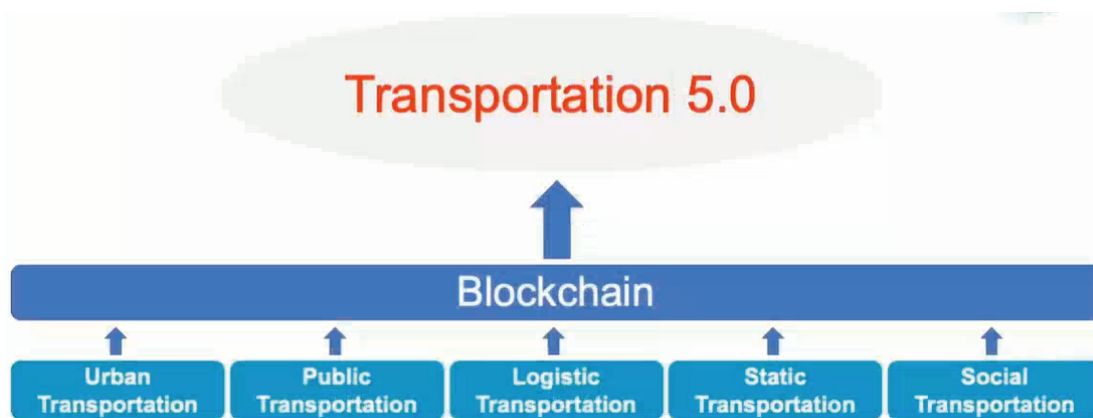


图 11：交通 5.0 的核心技术 --- 区块链

五、结语及展望：AI 新未来

演讲最后，王飞跃对人工智能的新未来进行展望。关于人工智能可能会威胁人类的这一说法，王飞跃并不认为人工智能对人类会产生威胁。正如 Godel 定理所述，Godel 不相信机器、计算机能超过人，除非数学不是人类发明的，就算数学不是人类发明的，计算机机器也超不过人的大脑。王飞跃把算法总结分为三个层次，第一个是算法智能，第二个是语言智能，第三个是想象智能。并且**算法智能 << 语言智能 << 想象智能**。正如爱因斯坦所言，智能的真正标识不是知识，而是想象。王飞跃相信**人工智能及“新”IT 智能技术是人类的朋友，相信人工智能会使人类社会更加开放、更加公平**。并且智能科技是时代的召唤和科技发展的必然结果，它不是人类的威胁，我们应以激动心、敬畏心和平常心面对人工智能的发展。此外，王飞跃希望人工智能只是过去的冬天和夏

天，还要有春光明媚的春天和硕果累累的秋天。中国在人工智能的研究方面要自己的话语权，力争创造“人工智能的直道，在直道自然行车，别强调什么超车。就是超过什么人什么国，也与你我或中国无关!”。

参考文献:

- [1] Fei-Yue Wang, Jun Jason Zhang, Xihu Zheng, Xiao Wang, Yong Yuan, Xiaoxiao Dai, Jie Zhang, Liuqing Yang, Where does alpha Go go: from Church-Turing Thesis to Alpha Go thesis and beyond”, IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica 2016,Vo.3,No.2,pp.113-120.
- [2] Fei-Yue Wang. Wang Xiao, Li Li et al Steps toward Parallel Intelligence. IEEE/CAT JLS, 2016. 3(4): 345-348.
- [3] Fei-Yue Wang, “ Parallel Control and Management for Intelligent Transportation Systems: Concepts, Architectures, and Applications. “in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol, 11, no. 3, pp. 630-638, Sept. 2010.
- [4] Wang. Fei-Yue. Five Transportations in One-A New Direction for ITS From Qingdao[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 2015.
- [5] Yuan Yong, Fei-Yue Wang. Towards blockchain-based intelligent transportation systems[C]//2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). IEEE, 2016: 2663-2668.
- [6] Fei-Yue Wang, A framework for social signal processing and analysis: from social sensing networks to computational dialectical analytic[J]. 中国科学信息杂志, 2013, 43: 1598-1611, doi:101360/N112013-00094.

滴滴出行副总裁叶杰平：AI 赋能智能出行新时代

整理：智源社区 任黎明

在第二届北京智源大会 AI 交通专题论坛中，滴滴出行副总裁、滴滴 AI Labs 负责人叶杰平教授做了《AI 赋能智能出行新时代》的主题演讲。

叶杰平，滴滴出行副总裁、滴滴 AI Labs 负责人。密西根大学终身教授及大数据研究中心管理委员会成员，IEEE Fellow，智源学者。叶杰平主要从事机器学习，数据挖掘和大数据分析领域的研究。担任包括 IEEE TPAMI、DMKD、IEEE TKDE、NIPS、ICML、KDD 等多个国际顶级期刊编委及国际顶级会议程序委员会主席和领域主席。曾获得 KDD 和 ICML 最佳论文奖，以及 2010 年获得美国国家自然科学基金会生涯奖 (NSF CAREER Award)。2019 年带领团队获得年度瓦格纳运筹学杰出实践奖 (Daniel H. Wagner Prize)。

随着 AI 与各行各业的深度融合，它加速驱动世界经济从“互联网 +”迈向“智能 +”。此外，新一代人工智能的发展对各行各业的带动和影响作用将更为深刻，NEW AI 逐渐成为我国赢得全球科技竞争主动权的重要战略抓手，具有“头雁”效应。在交通出行领域，AI 正在推动交通出行的智能化变革。滴滴作为全球领先的移动出行平台、全球智能出行技术的探索者，近年来，持续大力投入 AI 基础研究，加速技术和经验开放，与合作伙伴一道共同推动 AI 在交通出行领域的变革。本次报告中叶杰平将分享滴滴的 AI 技术如何赋能智能出行发展、如何加速智能出行时代的变革。以下智源社区编辑对叶杰平演讲进行的要点整理。

滴滴作为全球领先的一站式出行平台，它具有极其丰富的出行数据，通过对出行数据的分析优化为全球用户提供出行服务。滴滴拥有的出行轨迹数据不仅数量大，而且非常完整（如滴滴在北京的出行轨迹数据已经覆盖北京大部分道路超过 400 多次）。这些出行数据为滴滴通过人工智能和大数据技术改善交通、为用户提供更便捷更舒心更安全的出行服务、为智能出行的愿景提供了强大的数据支撑。基于此，叶教授分享自己及其团队在智能出行领域的探索。

叶杰平认为未来交通出行（智能出行时代）主要从以下三个层面发生变化：

- 智能交通基础设施（智能化、网联化、协同化），交通基础设施会越来越智能，包括智能路网、智能信号灯，车路协同。
- 智能交通工具（电动化、智能化、高效化），交通工具由电动化、自动化。未来会取代现有的车辆。
- 共享出行（体验化、共享化、综合化），共享出行在未来会越来越受欢迎。

上述三个巨大变化中最关键的变化为智能，所以 AI 是智能出行的核心技术。目前，AI 已经应用于智能出行的多个场景，如智慧交通，智能交通工具，智能运营，智能调度，智慧供需预测，智能派单等（图 1）。此外，在出行安全方面，地图中的路况预测、时间预估及路径规划中都需要用大量的 AI 技术。客服每天需要解答海量的问题，叶杰平开发了一套基于 NLP- 知识图谱及语音的智能客服系统。这套系统可以满足大部分用户的需求，极大提升了客服的效率，并且为 AI 赋能社会提供基础。



图 1：智能出行

一、AI 赋能交通基础设施

滴滴基于其独有的交通出行大数据，建设了一套集合分析中枢，控制中枢，感知中枢，数据中枢的交通大脑，这个交通大脑包括交通拥堵的实时展示，交通需求和出行规律的分析挖掘，交通拥堵原因探索及信号灯的控制优化等功能。此外，滴滴通过对政府数据，行业数据，众包数据，互联网数据的感知，开发了集大数据研判、实时预警、交通规划、度量体系于一体的城市交通分析工具，这个工具可以实现智慧信控、AI 派警、交通诱导及车路协同等城市化的方案（图 2）。

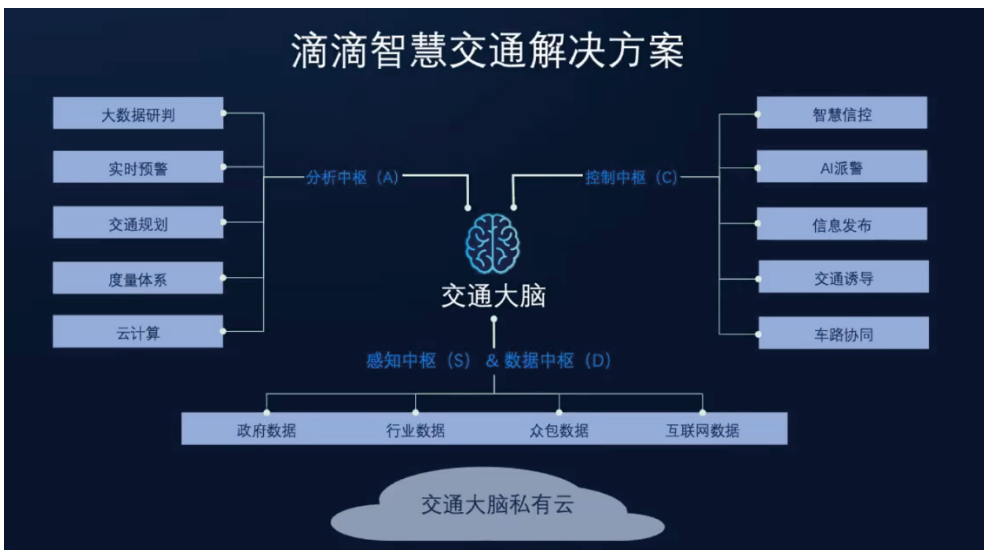


图 2：滴滴智慧交通解决方案

接着，叶杰平介绍了智慧交通项目，该项目由滴滴与政府和城市一起合作，应用滴滴平台的大数据和 AI 技术进行优化分析以形成智能信号灯。具体案例如：基于滴滴现有的交通运行轨迹数据，结合 AI 和大数据分析算法，滴滴可以对每个十字路口各个方向的车流量进行预测，基于各个方向车流量的预测，交通管理部门就可以智能

地进行信号灯的控制。目前，该项目已成功应用于济南等 20 多个城市，优化了超过 2500 多个信号灯，在优化后的区域，车辆平均行驶时间降低了 10-20%，该结果表明这个项目可以极大的改善城市交通的运行效率。

二、AI 赋能智能车载

随着交通工具越来越智能，滴滴在智能车载方面研究开发的系统会让未来出行更加智能、安全和舒适。

2.1 智能座舱系统

滴滴基于语音智能（包括语音识别、语音合成、语音唤醒、声纹识别）技术开发了一套智能座舱系统。该系统以深度学习算法为内核，以保障驾驶安全为技术主线，支持驾驶员行为识别，身份验证及多模态智能交互功能。智能座舱系统可以提供低成本高性能的智能出行解决方案。针对复杂的车载环境，融合车辆信息，及时识别驾驶隐患，为司机预警，旨在为智能出行提供更安全更高效的出行体验。

2.2 高级辅助驾驶系统

高级辅助驾驶系统是基于 AI 视觉智能（包括人脸识别、人体识别、文字识别、车辆识别）技术开发的一套系统，这个系统与司机行为识别功能共同构成车辆主动安全体系。这个主动安全体系主要包括前期碰撞预警，车道线偏离预警，行人碰撞预警等预警功能。并且在车辆行驶危机会发出警告，辅助驾驶员减轻或避免碰撞危险，从而增强驾驶的安全性。通过报告中的视频演示可知，该系统会根据驾驶员的错误驾驶操作、不良习惯（未系安全带、驾驶中抽烟，手持接听电话等等不良驾驶状态进行语音提醒，并且可以在斑马线处识别行人并主动减速停车。

2.3 自动化网络剪枝优化视觉系统

由于视觉系统是基于深度卷积神经网络，而深度神经网络的最大的缺点是主干网络非常庞大（如 AlexNet, VGGNet, ResNet 等都超过几百兆）而嵌入式资源又非常有限。这个不足给视觉系统带来巨大的挑战，针对这个挑战，滴滴研发了自动化网络剪枝方法（图 3），该方法可以在识别精度基本一致的情况下使深度神经网络模型的大小压缩了 50-100 倍，极大提升了系统的性能，具体细节参考^[1]。

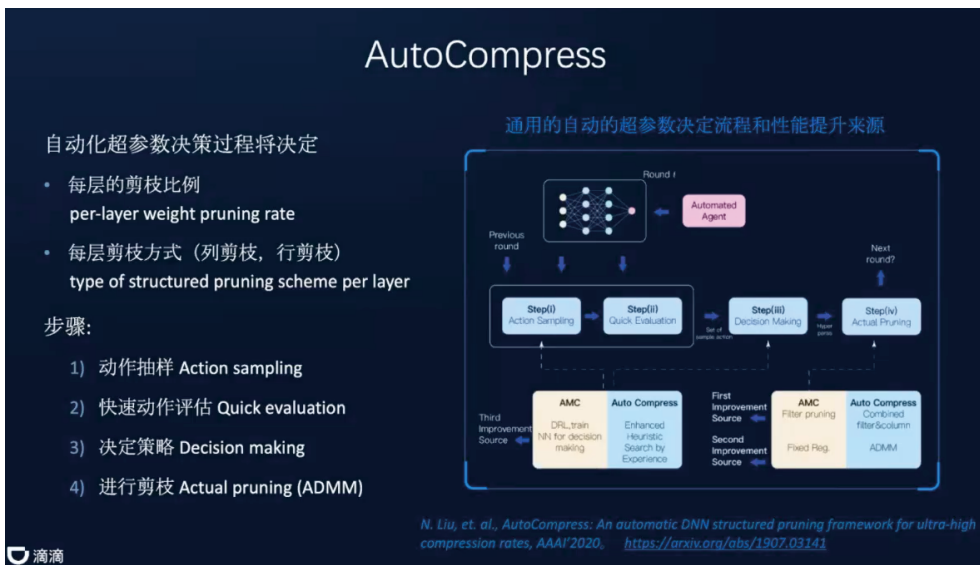


图 3：AutoCompress 方法

2.4 基于语音交互的接单系统

在语音技术应用方面，以前，司机需要通过手动点击屏幕进行订单的处理，包括接单，取消订单，导航等，这些手动操作不仅会导致出行体验差，而且增加了出行途中的不安全指数及驾驶的危险系数。基于此，滴滴研发了一套基于语音交互的接单系统，司机可以直接通过语音进行接单等进行操作，目前这个系统已经应用于日本、澳洲等国家，通过报告中的该系统在日本的应用场景视频演示可知，当订单成功后，司机可以通过语音实时了解乘客的位置及乘坐时间，大大提高了出行效率。未来，语音交互系统将支持包括接单，取消订单，信息查询，主动联系乘客或客服，加油充电维保等全方位的语音交互服务，为乘客和司机提供全行程的智能化服务。

三、AI 赋能共享出行平台

3.1 AI 赋能出行交易市场

滴滴的共享出行平台通过网络把世界和乘客连接起来，为乘客提供全方位的出行服务，满足乘客的多元化出行需求及高质量的服务体验，同时也提高司机的收入及减少空驶以提高交通出行效率。这个共享出行平台服务主要包括发单，派单，接驾和送驾等流程。AI 技术在这个服务流程中贯穿始终，如为乘客推荐上车点及订单预估价，订单供需预测与调控，订单派单，车辆调度，出行安全保障，ETA 及路径规划等（图 4）。



图 4：AI 赋能出行

3.2 基于二分图的派单算法

如何通过 AI 进行派单、调度及订单时间预估？其中，订单分配是滴滴最核心的业务之一。目前，滴滴平台每秒可以做一次订单分配，滴滴订单分配具体步骤为（图 5）：首先，构建一个将所有司机、所有的乘客订单聚合在一起；然后，构建一个订单与司机两两相连的二分图。这个二分图的核心是两两相连后的权重，将这个权重构建一个矩阵，行表示乘客，列表示司机，矩阵中的值表示司机与乘客的订单匹配度。这个匹配度通过计算司机与乘客的距离及订单行驶时间来确定，如果司机跟乘客的距离越近，行使越短，匹配度的值越高，其中，匹配度的值在 0 到 1 之间。这个匹配度矩阵的二分图可以用经典的 Kuhn- Munkres 算法求得最优解，这个最优是在确保接驾体验的基础上，在 2 秒内最多的满足乘客的订单需求。

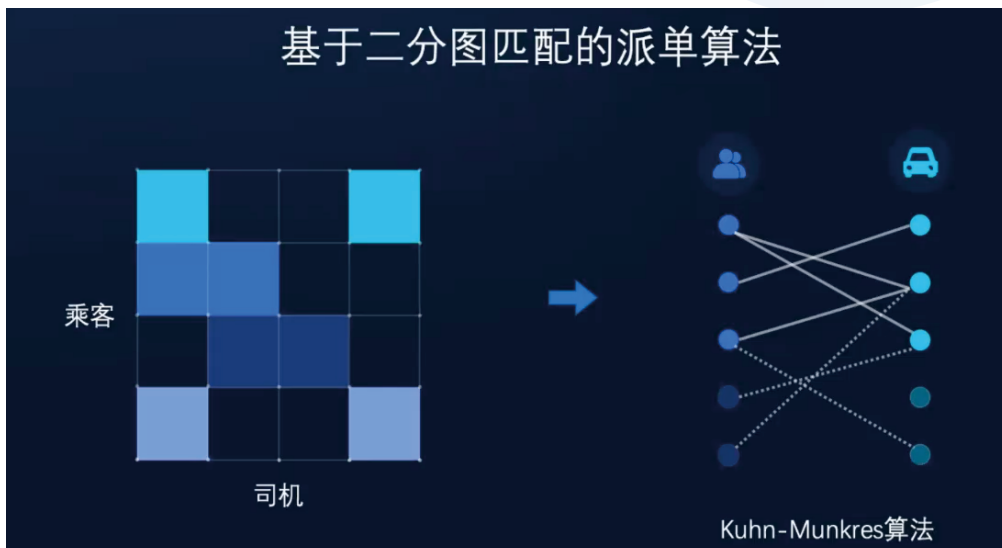


图 5：基于二分图的派单算法

因此，基于二分图匹配的派单算法最核心的内容包括路径规划和预估到达时间 (ETA)。其中，路径规划指表示从起点到终点需要经过的路线，预估到达时间表示预估从起点到终点的需要行驶的时间。在预估到达时间的研究方面，滴滴研发一套基于深度学习的时间预估系统，这个预估系统模型的核心是把出行轨迹用序列描述，因此，预估到达时间就可以用 LSTM 进行建模，再结合 Wide 和 Deep 模型 (具体细节可参考 [2])。通过这个深度学习系统可以使算法的精度有了显著的提升，通过报告中的该系统的应用场景视频演示可知，滴滴应用深度学习打造了新一代线上地图平台，其中 AI Labs 基于神经网络和强化学习技术针对路径规划 (RP) 和到达时间预估 (ETA) 问题研发了准确性高，计算速度快，占用资源少的新一代深度学习模型，这个模型可以在复杂的移动出行场景中确保车辆实时调度与订单分配的准确性，并根据实时突发路况进行计算反馈以快速整合生成最优出行方案，同时，该平台会根据乘客与司机的地理位置信息及路况信息、出行数据、司机信用评级进行动态匹配最佳订单和路径策略选择 (图 6)。

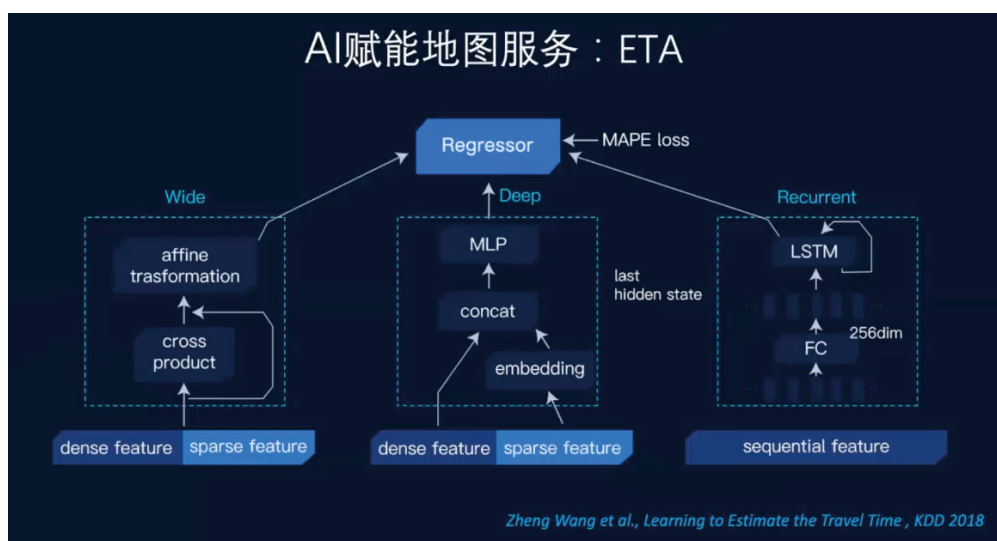


图 6：AI 赋能地图：ETA

基于 Kuhn– Munkres 的订单分配算法虽然可以在两秒内找到最优解，但如果结合 AI 技术对未来交通的预测信息，在两秒钟之内，该算法可以满足更多的订单需求及提升订单分配的效率。

3.3 基于强化学习的智能派单

由于每个订单分配的决策会对未来司机（车辆）的分布产生影响，所以可以用时间序列决策问题表示订单分配，这个基于时间序列的订单分配问题可以用马尔科夫决策过程（MDP）求解，通过 MDP 求解后，该问题的目标将从短期收益最优转变为长期收益最优。如图 7 右下角所示，MDP 中每个司机是一个 agent，状态（state）表示司机所处的位置（location）和当前时间（time）。动作（action）表示司机订单匹配，无论司机和乘客订单匹配与否，都会产生一个 action。奖励（reward）表示对每个 action 的激励（假如司机和某个订单匹配成功，reward 为该订单的价值，没有匹配 reward 为 0）。基于强化学习和组合优化方法充分考虑了每次派单对未来的司机分布的影响及基于全天车辆供需与出行预测，它把订单分配决策问题从两秒最优变成长期（如一天）最优。因此，基于 MDP 的订单分配系统 2017 年在全国 TOP20 城市上线，在确保用户体验的基础上，显著提升了司机的收入，具体细节可以参考 [3]。



图 7：基于强化学习的智能派单

3.4 基于 V-Net 的智能派单

基于 MDP 订单匹配的缺点是状态太少，只是一个时间或一个空间，导致许多非常有价值的状态信息没有得到充分运用，针对这个缺点，叶杰平应用深度强化学习来求解订单分配问题。基于深度强化学习的派单本质上是用神经网络直接学习价值函数（图 8），通过神经网络引入更多的特征（时间，空间，实时供需，实时天气等）能够增强神经网络的泛化能力及深度强化学习的有效性以提升订单分配的精准度和效率。此外，通过迁移学习可以有效提升多个城市的订单分配训练学习任务来提升订单匹配的效率。具体可以参考 [4]。并且，基于强化学习的网约车派单解决方案获得 2019 年 INFORMS Daniel H. Wagner Prize，该奖项为企业应用运筹学领域最高奖之一。

基于强化学习的智能派单



图 8：基于 V-Net 的智能派单

3.5 基于强化学习的司机 AI 助手

在真实的出行场景里，新手司机会由于错误的订单决策导致长时间没有接到订单。针对这个问题，叶杰平及团队开发了基于强化学习的司机 AI 助手 (图 9)，该 AI 助手主要利用时空价值来帮助司机做最优的决策，提升平台效率及司机的收入。通过报告中的视频演示可知该 AI 助手基于深度强化学习和最优决策理论技术，司机助手可以同时考虑基于时、空间的长期优化目标基础上，利用深度神经网络进行价值估计，为司机提供更准确有效的调度指引，该助手可以有效地将司机指引到订单热区以缩短空驶时间，在助手的帮助下，平台司机可以高效的在城市出行服务运行，更好地满足用户出行需求，最大化城市供需时空分布并且提升出行效率。该司机 AI 助手已经在小范围进行测试。实验结果表明基于 AI 司机调度能够显著提升司机收入和平台效率。



图 9：基于强化学习的 AI 司机助手

3.6 AI 赋能驾驶安全

在 AI 赋能社会 (AI 赋能驾驶安全) 方面。滴滴围绕人、车、路三个核心交通要素，采集了与驾驶员相关的基本信息数据通过大数据和 AI 技术进行数据特征挖掘以消除交通隐患 (如根据轨迹 MMU 来识别急加速急转弯急变

道，行驶过程玩手机，疲劳驾驶等危险行为)。此外，滴滴通过对平台发生的交通事故进行了深度的复盘分析包括超速，减速让行，高速路况速度过快，疲劳分心等为最严重的隐患行为，及时发现这些隐患行为并警示提醒司机是保证出行安全的关键点。通过对海量的数据分析进行路况预估，在一些特殊的高危路口，如果车的行驶速度超过某阈值，发生车祸的概率会显著提升，如果识别到此行为与路况，会有“前方路口事故多发，请注意减速”的警示提醒(图10)。AI 赋能驾驶安全可以显著降低了路口交通事故的数量。



图 10：交通事故高隐患组预警

四、结语

本次演讲最后，叶杰平对 AI 在三个层面赋能智能出行新时代做了简要的总结(图11)，未来 AI 终将促使交通行业发生巨大的变革，即从智能交通基础设施；智能交通工具到共享出行的不断变革。目前，交通出行几乎是一个世界性难题，因为它不仅与每个人的日常生活息息相关，还与经济发展和社会进步密不可分。所以，叶杰平希望有更多的研究者参与智能出行的建设，用人工智能改变未来交通出行。



图 11：AI 赋能智能出行新时代

参考文献:

- [1] Liu N, Ma X, Xu Z, et al. AutoCompress: An Automatic DNN Structured Pruning Framework for Ultra-High Compression Rates[C]. national conference on artificial intelligence, 2020.
- [2] Wang Z, Fu K, Ye J, et al. Learning to Estimate the Travel Time[C]. knowledge discovery and data mining, 2018: 858–866.
- [3] Xu Z, Li Z, Guan Q, et al. Large-Scale Order Dispatch in On-Demand Ride-Hailing Platforms: A Learning and Planning Approach[C]. knowledge discovery and data mining, 2018: 905–913.
- [4] Tang X, Qin Z, Zhang F, et al. A Deep Value-network Based Approach for Multi-Driver Order Dispatching[C]. knowledge discovery and data mining, 2019: 1780–1790.

百度集团副总裁李震宇：车路智行，打造面向未来的交通

整理：智源社区 杨依帆

在 2020 北京智源大会“AI 交通”专题论坛中，百度集团副总裁、智能驾驶事业群总经理李震宇发表了名为《车路智行，打造面向未来的交通》主题演讲，他指出，**智能交通的核心驱动力在于“自动驾驶 + 车路协同”，“车、路、行”三驾马车齐头并进，才能在保证安全出行的基础上实现终极“无人驾驶自动化”的目标。**百度认为“自动驾驶 + 车路协同”，将成为中国发展智能交通的制高点，助力实现真正的“交通强国”。百度 Apollo 推出 ACE 智能交通引擎，以自动驾驶和车路协同为双引擎，支持智能车联、智能信控、智能公交、智能货运、Robotaxi 等众多应用场景，“面向未来、兼容当下，让交通出行更简单、更美好”。



图 1：百度副总裁、智能驾驶事业群总经理李震宇正在演讲

李震宇，百度集团副总裁，智能驾驶事业群总经理。历任百度多个基础技术部门和业务部门的负责人，带领过产品、研发、商业合作等不同类型的团队，有丰富的管理经验。在首批国家新一代人工智能开放创新平台名单中，“依托百度公司建设自动驾驶国家新一代人工智能开放创新平台”名列榜首。

下面是智源社区编辑整理的李震宇演讲要点。

一、智能车路协同对自动驾驶产生的价值

1.1 降低成本

目前自动驾驶车辆成本居高不下，并且多数是实验型车辆，而真正达到量产车型需要进一步增加成本。车路协同可以降低传感器成本、计算单元成本、安全冗余成本，将单车成本转移到路侧，从而降低更多车辆的成本。从宏观层面判断，车路协同的收益效率也是非常高的。

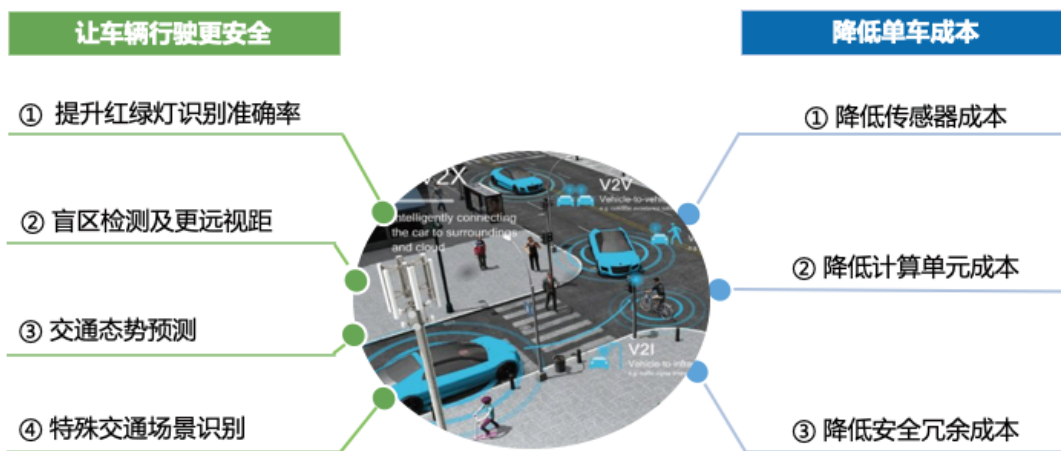


图 2：自动驾驶 + 车路协同，中国智能交通发展的制高点

1.2 保障自动驾驶安全

在红绿灯识别、盲区检测、更远视距、特殊场景识别以及交通态势预测中，车路协同能够发挥重要作用——如识别一辆大卡车后面横穿出的“鬼探头”的小汽车；路边停靠着一辆汽车，提醒远方车辆变道；进行路面的“井盖”等离散障碍物的识别；十字路口更远视距的识别等等。车辆和道路协同识别，能够增强识别效果，使得自动驾驶更具安全性。

二、智能车、路、行融合三条必经之路

下图中的三维坐标直观地展示了车、路、行三者综合发展的轨迹，共分为三个阶段：数字化、网联化与自动化。

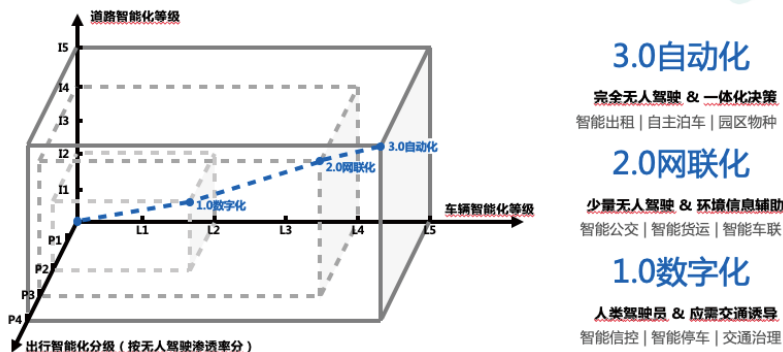


图 3：车路智行融合，是交通发展的必经之路

2.1 数字化

数字化是智能交通的初级阶段，比如司机可以通过智能识别和导引完成智能停车，交通控制系统通过人工智能技术进行交通治理等。

2.2 网联化

5G、IOT 万物互联等基础设施、通信与物联网产业的发展可以带领我们实现网联化的目标。网联化能够驱动智能驾驶、辅助车联等状态，如公交车联网后可以看清和听懂红绿灯的指示信息，从而与红绿灯进行联动。

2.3 自动化

自动化是智能交通的终极状态，即达到完全无人驾驶的程度。百度在此理论上推出了面向未来的 ACE 交通引擎——A: Autonomous driving 自动驾驶，C: Connected Road 车路协同，E: Efficient Mobility 移动出行。

三、ACE 交通引擎核心驱动力：自动驾驶 + 车路协同

ACE 交通引擎的主要构成为：一个数字底座，两个智能引擎，N 个应用生态。数字底座将车、路、云、图进行数字化；智能引擎分为 apollo 自动驾驶引擎与车路协同引擎；应用生态为开发人员与合作伙伴提供平台，开发数字化、网联化与自动化的相关应用。



图 4：百度智能交通：1（数字底座）+2（智能引擎）+N（生态应用）

ACE 交通引擎适用于多个场景：自主泊车、Robotaxi、智能信控、智能货运、智能公交、智能车联等。

四、城市如何通过智能交通受益

智能信控：智能信控的主要作用是调节道路拥堵，提高出行能力，从而降低道路建设成本。

智能停车：过去人们对于停车收费的体验并不良好，现在，我们可以通过人工智能的方式得知车辆何时来到，何时离开，最后通过 APP 或者小程序的方式进行停车收费。



图 5：智能交通：释放 GDP 增长潜能，促进产业升级

智能公交：智能公交可以提高准点率、降低事故率，提高乘客体验。

智能货运：智能货运能够降低长途运输等路途中的事故率，同时降低货车油耗。

李震宇最后总结道，中国拥有稳定的制度优势及强大的基础设施建设能力，基于 5G、IOT 及人工智能相关技术，切实结合人们实际出行需求，解决道路交通出行难题，我们一定能够实现真正的“交通强国”！

北京市交通信息中心副主任杜勇：打破孤岛，用大数据驱动交通融合发展

整理：智源社区 任黎明

杜勇本次的演讲主题是《打破孤岛，用大数据驱动交通融合发展》。

杜勇，北京市交通信息中心副主任。长期从事智能交通关键技术研发和应用推广工作，先后主持或参与完成了 863、国家科技支撑计划等多项国家及省部级重大科研项目。科研成果获省部级科学技术奖 9 项。先后获得“全国交通运输青年科技英才”、“北京市百千万人才工程”、“北京市高层次创新创业领军人才”等科研称号。

在本次演讲中，杜勇回顾了过去十年北京市交通信息中心在北京交通行业大数据资源整合共享和开发利用方面所开展的工作，并基于工作实践，总结了交通大数据的典型特征及面临的困局。对于市民对更高品质出行服务提出的新需求，以及不断涌现的新技术、新业态，他介绍了以“深化交通大数据开放应用，推动交通运输服务协同创新”为主线的北京智慧交通提升行动计划，包括该行动计划的发展愿景、业务架构和技术架构等。以下为智源社区编辑整理的杜勇演讲要点。

一、交通大数据的困局

1.1 交通大数据方面开展的工作

以交通大数据的困局为出发点，杜勇介绍了过去几年来在交通大数据方面开展的工作及对他对交通大数据的理解和体会，从 2009 年开始到现在，他在交通大数据领域的主要工作经历以下三个阶段。

- 从 2009 年到 2010 年是数据汇聚阶段，探索建立了交通行业数据中心，实现了交通委内部各个系统数据的接入共享和交换，实现交通行业数据中心从无到有的突破；
- 从 2010 年到 2017 年是数据管理阶段，开展了三个方面工作，第一是数据介入范围不断扩展，从交通行业内部的公交、地铁、出租等行业，拓展到了铁路、民航、气象部门。第二，实现了交通委内部和北京市其他的政府部门以及交通运输部之间常态化的数据共享交换，随着数据量的增大及业务部门对数据的依赖，建立了规范化的管理体系保障数据中心稳定平稳运行；
- 从 2017 年到现在是数据应用阶段，而传统的关系型数据库已经无法满足数据的存储和计算的实际需求，因此，将数据中心升级为并行计算和分布式存储的大数据中心，围绕相关实际应用场景开展大数据应用示范工作。

1.1.1 交通大数据的数据来源

目前，从交通行业大数据中心整合数据可知，交通大数据主要有以下三个来源（图 1）：

- 委内的数据：包括了北京市运输行业的从业人员，营运车辆和经营业户等基础信息；路政行业审批执法数据和公路交通流量数据及交通执法的检查和处罚数据；
- 行业数据：包括了地面公交、轨道交通，出租汽车以及货运、客运等传统的交通行业的数据。也包括了近几年新兴的网约车、共享单车等新的交通业态数据。数据类型包括轨道站点，公交线路站点车辆等基础信息，包括了卫星定位刷卡，扫码，计价，售票，排班以及订单等动态运营数据。

- 外部数据，从民航部门整合了机场的到离航班等信息。从气象部门介入了实时气象数据。

来源	数据类别	数据范围
委内数据	运输	从业人员、营运车辆、经营业户审批数据
	路政	路政审批与执法数据、公路交通流量数据
	执法	交通执法检查与处罚数据
行业数据	地面公交	公交刷卡/扫码数据、公交车卫星定位数据、公交基础数据
	轨道	轨道刷卡/扫码数据、轨道站点数据
	出租	出租卫星定位数据、出租计价器数据
	公租房自行车	公租房自行车车辆借还数据
	营运车辆	危化车辆、省际车辆、旅游车、重载货车卫星定位数据
	省际客运	长省际客运排班数据、实名售票数据
外部数据	新业态	网约车、共享单车的订单信息和车辆运行位置信息
	铁路	火车站日到发车次、客流统计、晚点信息
	民航	机场每日到离港航班、客流数据、晚点信息
	运营商	接入三家电信运营商手机信令数据
	交管局	交通事件、微波检测器采集的交通流量信息
	气象局	气象预报信息

图 1：交通大数据的数据来源

1.1.2 交通大数据的数据特点

在数据管理层面，北京的交通行业大数据管理具有以下三个特点。

- 广聚合，实现了接入交通行业内外相关信息系统，汇聚数据每日达到 5 亿条；
- 强管理，按照 ISO20000 管理体系，实现了中心全流程，可视化规范管理；
- 重服务。开展大数据分析挖掘，支撑交通运行检测规划决策出行服务等交通重点工作。

杜勇介绍，通过对交通大数据进行清洗、计算、分析，并且利用可视化技术对交通相关业务进行服务，目前，交通大数据逐渐支撑了四类服务。如图 2 所示，左上角和左下角分别是轨道交通站点的客流换乘量以及地面公交的线网运行速度。通过这两个系统，监管部门可以实时了解交通运行情况，从而对公交线路优化和规划的政府决策提供数据支撑。右边两个图是实时公交信息，每辆公交车的到站时间和距离以及满载率，地铁的站与站之间的客流满载率。把这些数据信息发送给高德、百度等互联网企业，让出行者通过相关 APP 可以查询他们所需要的出行信息。此外，这些信息数据对互联网企业开展精细化调度提供了坚实的数据支撑。



图 2：交通大数据的应用服务

1.2 交通大数据方面开展的工作

杜勇认为交通大数据如果要发挥作用，必须要经历精细化的数据管理；精准化的交通特征计算；智慧化的交通决策分析等三个主要工作。

从基础化的交通设施接入交通的动态运行情况，再应用深度学习，数据挖掘和人工智能等技术对交通大数据进行深层次处理，此过程如用 X 光给人体检一样，通过对交通大数据的深度挖掘能够发现交通的运行情况，交通的问题，有利于开展精细化的开展交通治理工作（图 3）。

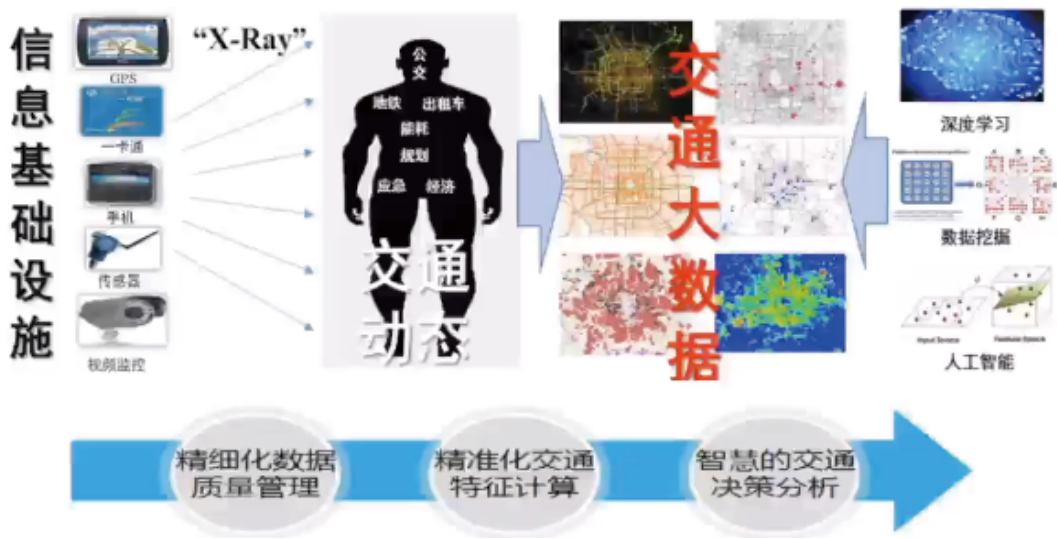


图 3：交通大数据的处理工作

1.2.1 交通大数据主要有四方面的特征：

- 全面：交通大数据的数据量大而全，其涉及到 PB 级数据量。百亿级的数据记录及涉及的相关领域众多；
- 混杂：交通数据价值高低并存，包括了交通调度指令、客票信息及监控影像等动态和静态的数据信息；
- 关联：交通行业大数据必须实现跨行业的关联，数据的汇聚实现系统与行业关联及业务协同；
- 多样：在数据结构上存在异质多样的特征，包括结构化和非结构化及流动式等多个样式的数据。

1.2.2 交通大数据应用方面存在的主要问题：

(一) 在信息孤岛层面，交通数据存在行业孤岛，区域孤岛及开放不畅等三个方面问题：

- 从行业孤岛来看，交通数据主要体现为行业数据的整合还是不全面；
- 从区域孤岛来看，交通大数据存在着不同省市交通部门之间的数据没有完全互联互通；
- 从开放不畅来看，虽然有交通大数据，但是面对社会企业、社会公众包括研究机构等开放的渠道不是很畅通，使交通数据的价值没有得到很好的发挥。

(二) 在质量差层面，交通数据存在着以下四个方面问题：

- 标准不统一，比如出租车的卫星定位终端设备没有按照统一标准来生产制造；
- 数据不完整，所采集到的数据有许多核心数据字段存在数据缺失问题；
- 精细化程度不够，如公交站台位置不是很精准，全市企业对站点的编码不统一；
- 稳定性不够，很容易出现数据中断问题。

因此，杜勇认为交通行业的大数据应该更加重视数据层面的标准建设和质量管理工作，近年来，在交通行业大数据方面做的工作包括统一了北京市出租汽车车载终端的统一技术要求，建立了全市层面的统一的站点线路的编码规则及利用卫星定位数据精准化矫正位置。

(三) 在分析弱层面：交通数据主要包括浅、虚、乱等不足 (图 4)；

- 浅是对于交通行业数据的统计分析多，对于深层次挖掘以支撑决策的工作比较少；
- 虚是学术理论研究相对较多，对实际交通问题并且解决实际问题的研究比较少；
- 乱是大多数人站在自己角度，利用自己掌握的数据进行分析得出相关结论，但真正站在全市的角度利用跨部门的数据进行客观分析，得出全局性结论较少。



图 4：交通大数据分析弱困局

二、交通大数据的分析与应用：

通过对去年北京市交通的现状、问题及未来的发展趋势，杜勇介绍了北京交通委制定的智慧交通三年行动提升计划。在智慧交通新时期、市民对更高品质出行服务的新需求日益迫切、同时，新技术和新业态正在不断涌现、北京智慧交通的建设亟需把握新机遇、整合提升智能交通设施、深化数据开放应用、推动交通运输服务协同创新、从而使北京交通运输步入一个新的发展阶段。

2.1 智慧交通计划的聚焦方向

未来的交通是以预约共享系统最优为主要特征的方向。为了更好地聚焦未来交通的方向，从实现路径上应该重

塑道路资源，运输资源和城市空间资源的分配模式，实现交通运输全局优化，系统协同与智能可控。在技术应用方面要充分利用大数据，人工智能，5G 通信，自动驾驶带来的技术变革机遇、从而通过技术创新来推动机制创新。

2.2 智慧交通计划的工作目标

接着，杜勇从该行动计划的工作目标方面仔细讲述了通过推动智能化技术与交通业务的深度融合预期实现的三类目标 (图 5):

- 第一类目标：提升交通运输整体运行效率；具体体现为让百姓的公交出行更准时，乘坐地铁更舒适，出租车更便捷，不同交通运输方式更协调；
- 第二类目标：实现平衡调节交通系统供需关系；具体体现为交通供需信息匹配，能够合理引导百姓出行需求，使百姓出行可规划、可计划、可选择、可预期；
- 第三类目标：着力增强智慧交通治理能力，具体体现是是信号灯能够实现智能调控，交通执法能够实现线上线下一体化执法，通过技术和机制两方面能够充分动员社会力量参与北京市的交通治理工作。

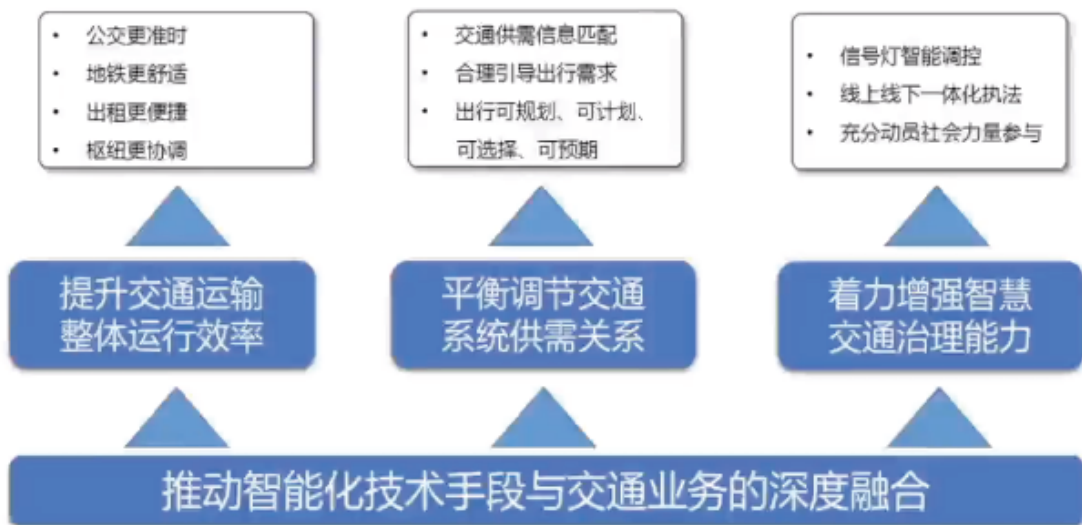


图 5：智慧交通的工作目标

2.3 智慧交通计划的业务架构

然后，杜勇讲述了该行动计划感知层、数据层、应用层和业务层等的业务架构 (图 6)。总而言之，智慧交通计划以智慧感知设施为基础，全面整合政府、企业、社会化数据，搭建交通大数据平台，实现交通要素的全景全量采集，打造集交通运行监测、指挥调度、决策支持、综合信息服务为一体的交通大脑、构建运营、管控、执法、服务等智慧交通应用场景、围绕“优供”、“控需”、“强治”的交通综合治理思路，该计划的最终目标为公共出行提供便捷、高效、安全、绿色的服务。



图 6：智能交通的业务架构

以智慧感知设施为基础，全面整合政府、企业、社会化数据，搭建交通大数据中台，实现交通要素的全景全量采集，打造集交通运行监测、指挥调度、决策支持、综合信息服务为一体的交通大脑，构建运营、管控、执法、服务等智慧交通应用场景，围绕“优供”、“控需”、“强治”的交通综合治理思路，为公众出行提供便捷、高效、安全、绿色的服务。

2.4 智慧交通计划的技术架构

从技术架构方面，该智慧交通计划以边、端、云为主线的技术架构（图 7）。根据北京市交通的特点，该计划形成了地面公交，轨道交通，运输服务道路管理等领域的端边云的技术架构。在这个架构的基础上构建北京市统一的交通运输云和交通大脑。这个技术架构主要包括以下四个方面。

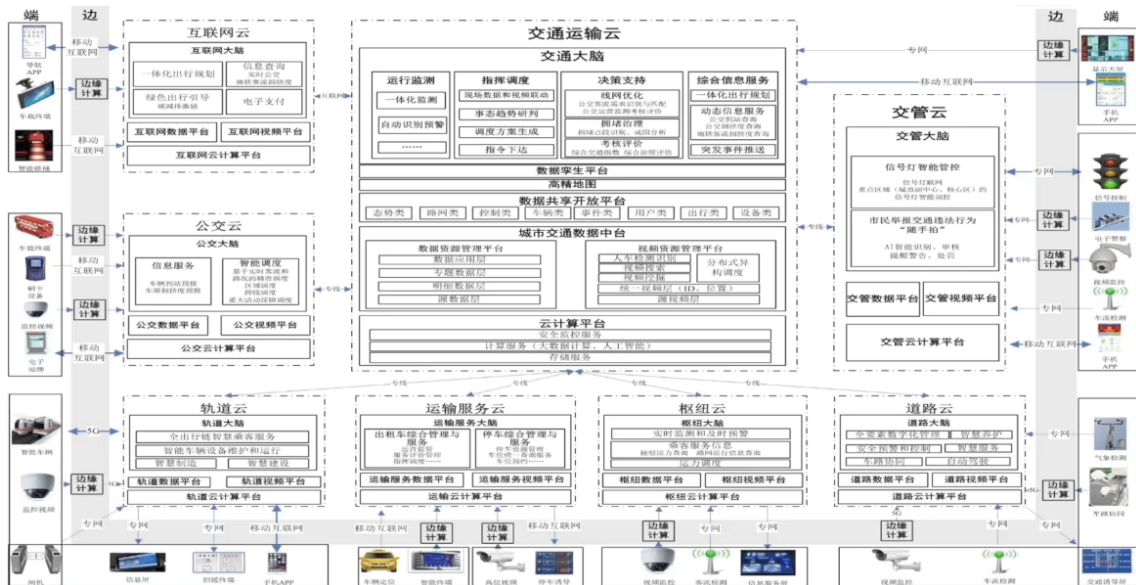


图 7：智慧交通的技术架构

- 建设“1+1+6”的云架构体系：统筹政府、行业、社会各自的资源优势，打造“一个交通运输云为中心，一个交管云为协同、六个交通行业为支撑”的云平台架构；

- 建设“一套标准、统一表达、多元融合”的大数据管理体系：整合全景全量的大数据资源，建设城市交通数据中台和数据共享开放平台，实现交通大数据的共享和深化应用；
- 建设“端”、“边”、“云”三层架构的视频资源分析管理体系：整合全市交通视频资源，统一管理，建设云计算和边缘计算一体化的分布式异构调度体系，通过机器学习和人工智能技术，实现车牌识别、人脸识别、行为识别的视频大数据智能化分析挖掘；
- 建设基于高精地图平台和数字孪生平台的城市交通大脑：构建全市统一的交通高精度数字地图库，探索利用物理模型、传感器数据、运行数据建设北京交通数字孪生仿真平台，在此基础上，建设完善北京市城市交通大脑，实现体化监测、自动识别预警、现场数据和视频联动、公交线网优化、智能考核评价、体化出行规划、动态信息服务等业务。

2.5 智慧交通计划的行动路线

最后，杜勇把智慧交通计划的行动路线总结为以出行者为中心，开放式建设发展（图 8）结束本次智源大会报告。该计划行动路线的内容为将公交到站时间、公交地铁客流拥挤度、停车位、交通事件、移动支付等动态出行数据向互联网平台开放、采用政企合作的模式、面向 C 端共同打造门到门的一体化出行服务（Maas）平台。充分融合互联网平台在人工智能、视频分析等领域的大数据中台能力、赋能交通大脑、面向 G 端共同打造用数据驱动、与视频联动、和现场互动的新一代交通运行监测预警和指挥调度平台。

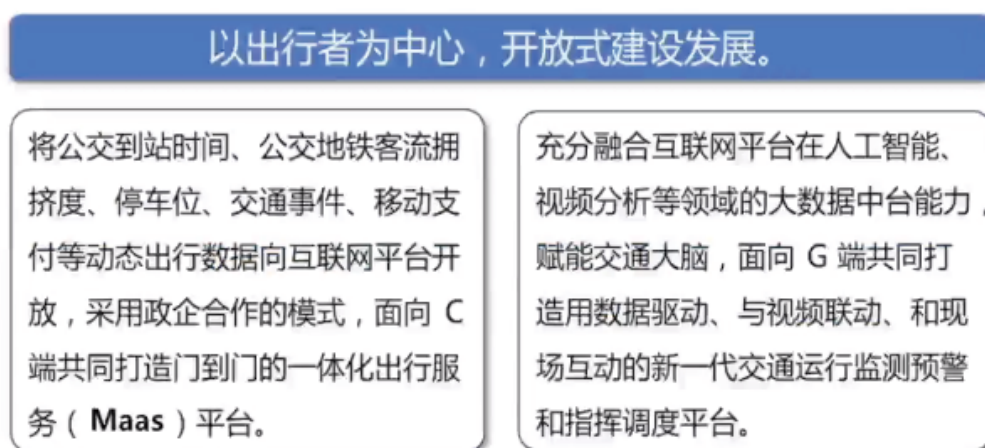


图 8：智慧交通的行动路线

北航教授杜博文：基于广义时空数据挖掘的交通复杂行为认知 - 从研究到工业

整理：智源社区 任黎明

在第二届北京智源大会 AI 交通专题论坛中，北京航空航天大学杜博文教授做了《基于广义时空数据挖掘的交通复杂行为认知 - 从研究到工业》的主题演讲。

杜博文，北京航空航天大学教授，博士生导师，国家自然科学基金委优秀青年基金获得者。现就职于软件开发环境国家重点实验室、综合交通大数据应用技术国家工程实验室及北京脑科学高精尖中心。他的主要研究方向为广义时空大数据挖掘与认知、工程大数据、人工智能与机器学习。围绕这些研究，他主持了包括国家自然科学基金优青、重大、国家重点研发计划等 10 余项项目 / 课题，共发表包括 KDD、TKDE、Networks、TITS、TC 等国际期刊 / 会议论文 60 余篇，授权发明专利 10 余项，荣获国家科技发明二等奖（排名 3）及国家技术进步二等奖（排名 3）各 1 项，省部级科技奖项 5 项。杜博文研究团队的网站是 <https://www.brilliantasus.com>。

本次报告中，杜博文重点介绍了他团队对交通领域的单源时间序列数据、二维时空数据及高维时空数据等方面的探索，包括探讨了如何将相关研究成果应用于具体交通问题的改善等。

以下为智源社区编辑整理的杜博文演讲要点。

一、研究动机

1.1 研究背景

从改革开放至今，我国的交通运输方式已经巨大的变化，这些巨大的变革标志着我国已经成为交通大国。近年来，随着国家对交通领域发展目标不断明确及在交通领域的研究不断深入。交通系统诸如多主体、多交通方式、多分布等多因素问题，网约车调度、公交车调度、共享单车调度等散策问题以及意外交通事故、城市交通拥堵指数、恶劣气象等强干扰问题也逐渐凸显出来，这些问题造成了交通供需的解析难度增加，车流、客流聚集等一系列严重现象。这些现象意味着庞大而复杂的交通系统正在面临如何更加高效、精准，智能等关键挑战。

1.2 研究新机遇

随着大数据技术与交通的深度融合，大数据正成为交通智慧化发展和社会精细化治理的重要技术支撑。数字中国建设等大数据协作方案，为我们解决交通领域的难题与挑战指明了方向和方法，如通过物联网技术让获取全时全域的城市交通数据成为可能。而这些大数据不仅是城市建设新常态的需求也是社会服务效能提升的重要基础。基于大数据为交通领域发展提供的重要机遇，杜博文主要研究时空数据（如航空高铁公路、城市地铁的变化数据可以映射到空间维度上；而历史状态突然变化、居民跨越空间位置的移动行为可以映射到时间维度上；这些数据统一归结为时空数据）。目前，现有交通领域的时空大数据存在复杂时变及多元异构的缺点，这些缺点给交通领域的研究造成以下三大严峻挑战。

- 群同行为的多扰动与随机性会导致路网通行状态的辨识能力弱；

- 移动目的多样性与多变性会使群体移动行为非常复杂;
- 不同数据源的差异性与离散性会导致不同维度的特征关联性弱。

针对上述挑战，如何对城市交通的复杂行为进行动态认知和响应成为交通领域研究的主要科学问题。基于这个研究问题，杜博文及团队主要对基于广义时空数据挖掘的交通复杂行为认知——从研究到工业进行深入研究。他从以下三个阶段开始本次主题演讲。

二、第一阶段：单源时间序列

现有交通领域的研究者及交通应用实践者在最开始时都是对某一个空间路网的运行状态进行研究。比如，我们在开车过程中，常常看到信息提示屏上对某一个段面的交通流量统计的结果。并且其通常使用 VISSUM 和 TransCAD 等仿真软件。然而，通过这些软件进行研究工作最大的缺点是**被动感知**，并且感知的范围极其有限，它仅局限在某条道路的几个断面上。这就引发了因位置绑定而难以形成全局感知的问题。针对难以全局感知的难题，杜博文在研究思路中将车辆视为移动传感器，该移动传感器可以实现交通数据来源从固定检测到移动采样的巨大变革，同时也实现了**交通数据由小样本到交通大数据的转变**。这个巨大的变革从研究思路实现从对交通领域的研究从**一维空间向二维空间的迈进**。但是，在真实研究中直接使用移动检测器会受到数据扰动性及误差的随机性影响，这些影响必然导致**辨识结果的误差偏差大**。基于此问题，杜博文建立了将多个路段关联成一个区域，然后将各路段时空关联数据进行融合，再通过建维去扰、缺失补偿及融合校验的方法来提高路网运行状态的辨识准确率。具体步骤如下：

首先，针对多元检测器检测结果不一致或者相互冲突的问题构建了区域级的面向多元异构数据的多层级适配融合模型（图 1）。该模型通过数据源之间的相互校验及关联关系来提高计算结果的准确性，实验结果表明与单元数据相比，误差降低了 10.3%，保证了数据的稳定性（图 2）。

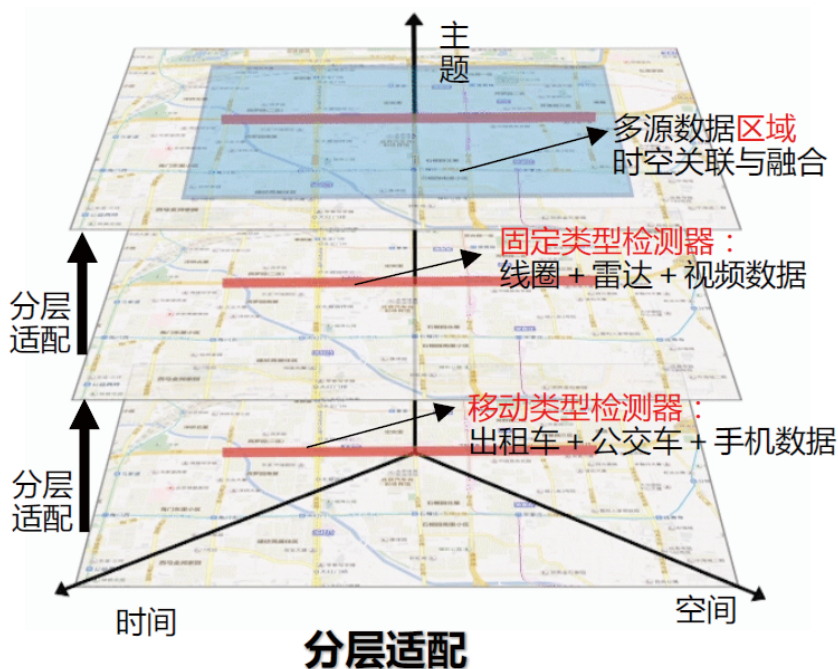


图 1：面向多源异构数据的多层级适配融合模型

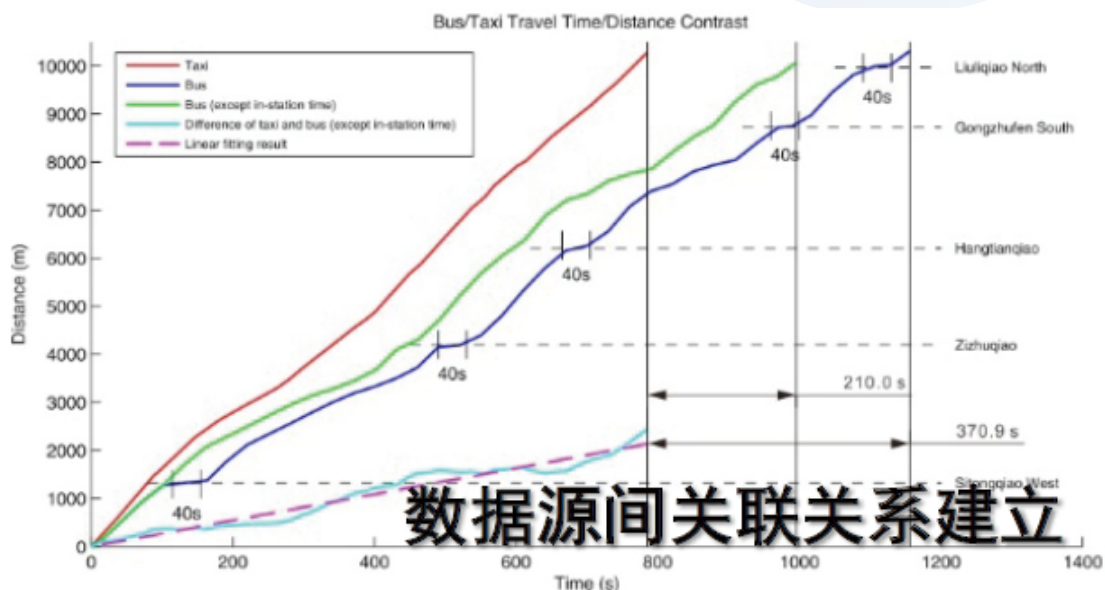


图 2：多元异构数据的多层级适配融合模型实验结果

其次，针对移动检测器位置随机分布产生的部分信息缺失的问题，杜博文受到指纹识别的启发提出了基于稳健特征空间映射的稀疏数据补偿模型。通过对区域运行状态综合特征挖掘及大规模实时数据投影映射转化的方法保证了数据的完整性。与国际先进方法相比，基于广域空间位置的时序数据补全方法的交通信息覆盖率增加了7%，达到了82%。因此，基于移动位置数据的城市出行信息服务关键技术与应用项目获得2016年国家技术发明二等奖。

区域运行状态综合特征挖掘

$$X_{n,k_0}^* = \left(X_{n,r_0} - e_n \hat{u}'_1 \right) P_{r_0,k_0}$$

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6
特征值	4.61920	2.14724	0.84799	0.74509	0.42588	0.29815
方差贡献率	0.49902	0.23197	0.09161	0.08049	0.04600	0.03221
累积贡献率	0.49902	0.73099	0.8226	0.90309	0.94909	0.9813
	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}
特征值	0.08802	0.05008	0.03407	0.00077	1.876E-007	7.83E-016
方差贡献率	0.00951	0.00541	0.003680	8.41e-005	2.027e-008	8.46e-017
累积贡献率	0.99081	0.99622	0.9999	0.9999841		

模型效果分析

图 3：稳健特征空间映射的稀疏数据补偿模型研究结果

在对第一阶段的研究进行总结时，杜博文发现在实际交通应用中，如何根据交通路网运行状态的实时客流量变化来动态调度公交车的运力及对路网的参数进行设计优化改进都是未知的。所以，单源时间序列的研究方法，在时空二维表征认知能力方面有限，并且非通勤群体行为复杂、关联特征弱、出行轨迹非连续及个体出行行为不确定性等问题导致单源时间序列难以对路网运行状态的本质进行真正解析。

目前，路网运行状态最关键的研究指标是 OD 量（起始地到目的地之间的群体流量）。通过研究关键位置检测器状态变化对于路网运行状态辨识的研究可以看作是在欧拉坐标系下开展的，并且欧拉坐标系对于固定空间位置研究是有效的。然而，如果要解析路网运行状态就要对群体移动行为进行研究，然而群体移动对于交通的供需是未知的，则欧拉坐标系就不再适用解析路网运行状态。基于这个挑战，杜博文应用拉格朗日坐标研究二维时空数据。



图 4：研究思路的变革 欧拉坐标系 – 拉格朗日坐标系

三、第二阶段：二维时空数据

在拉格朗日坐标系中，路网运行状态辨识检测传感器的关联关系从空间位置转化到研究移动轨迹间的关联关系，这一转变使交通领域的时空数据研究从被动感知转为主动认知，而这个转变的主要难点在于如何在移动的检测传感器间建立关联关系。因此，交通数据也从单一的二维空间数据转化为二维时空数据。

3.1 居民群体出行路径解析方法

3.1.1 基于时空相关性特征的通勤客流聚集成因与溯源方法

由于城市交通卡与手机位置数据可以全面反映城市居民出行规律，近年来，许多学者利用这两大数据通过研究通勤群体行为来辅助企业预测出行及辅助公交车调度。然而，这两大数据存在数据稀疏且不连续的重大问题。针对此问题，杜博文提出了基于时空相关性特征的通勤客流聚集成因与溯源方法。首先，该方法通过分段式动态时间弯曲方法识别出关键出行路径并且进行通勤客流分析（图 5），然后引入多任务学习预测客流及演示路径及常态化的出行需求（图 6）。通过实际测试结果表明该方法误差为 11.15%，比现有方法降低了 50%（图 7）。

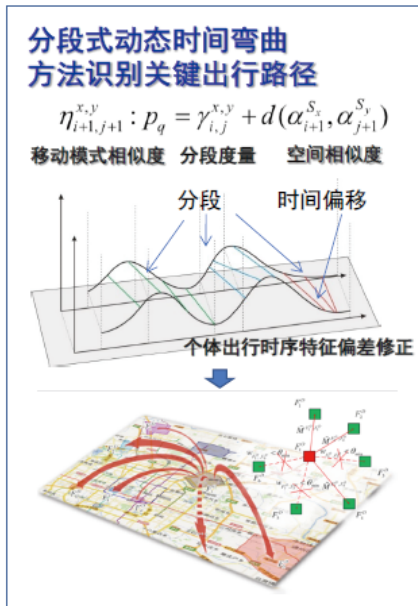


图 5：分段式动态时间弯曲方法

损失函数

$$\underset{W}{\operatorname{argmin}} = \sum_{z=1}^Z \|Y_z^T - X_z W_z^T\|_F^2 + \lambda_1 \|W\|_{2,1}$$

站点权重

$$W_z = W_z - \sigma_w \frac{\delta F(W)}{\delta W_z}$$

全局优化

$$+ \lambda_2 \|W\|_F^2 + 2\rho \sum_{z=1}^Z \sum_{z=1}^Z S_{ij} \|W_i - W_j\|_F^2$$

**多任务学习方法
预测路径客流**

站点相似性

图 6：多任务学习方法

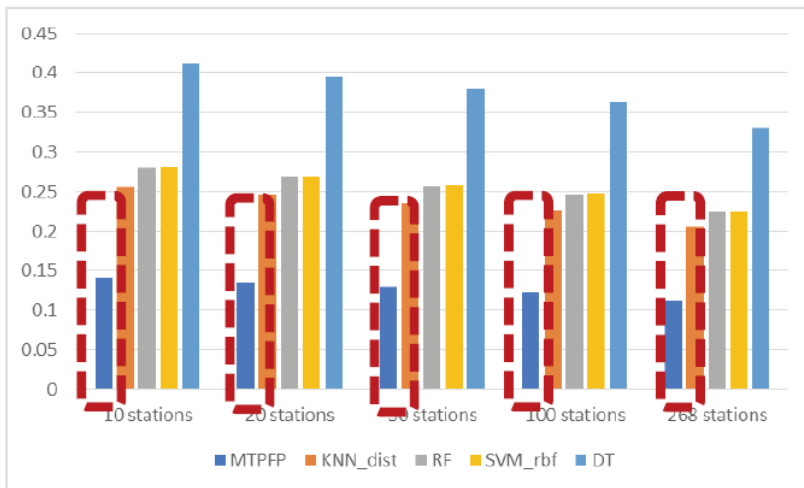


图 7：实验结果误差率对比分析

将基于时空相关性特征的通勤客流聚集成因与溯源方法应用于北京天通苑区域的通勤群体流量进行预测实验，该实验研究发现在与天通苑连接的百余个区域，有九个区域为公交客流的主要通勤区域，通过该方法得到的数据为公交车调度优化提供了数据支持（图 8）。

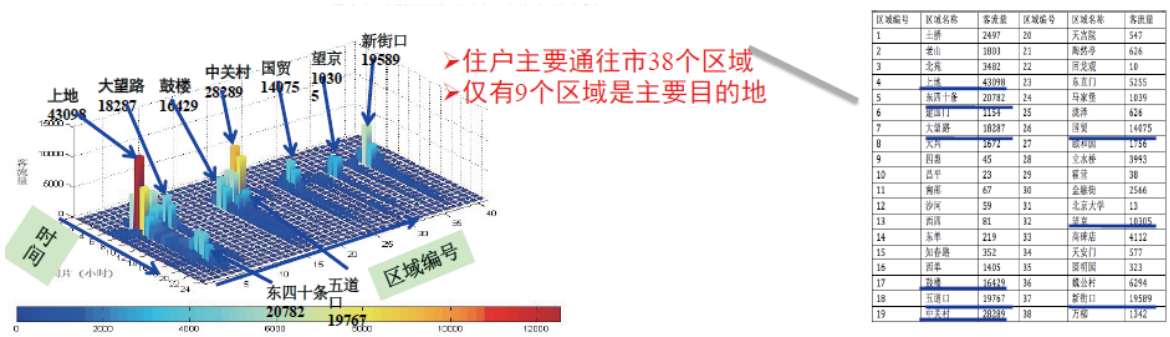


图 8：研究方法应用实践

3.1.2 非通勤群体出行关键路径识别方法

在出行的城市居民中有高达 40% 的非通勤群体，这些非通勤群体具有非规律性出行性且群体占比小、特征弱等特点，这些特点大大增加了对于非通勤群体的出行行为机理的研究。针对这个难题，杜博文提出基于无监督加半监督的混合监督学习方法（图 9），这个方法可以动态识别非通勤群体的出行路径及识别旅游、购物客流的出行规律。

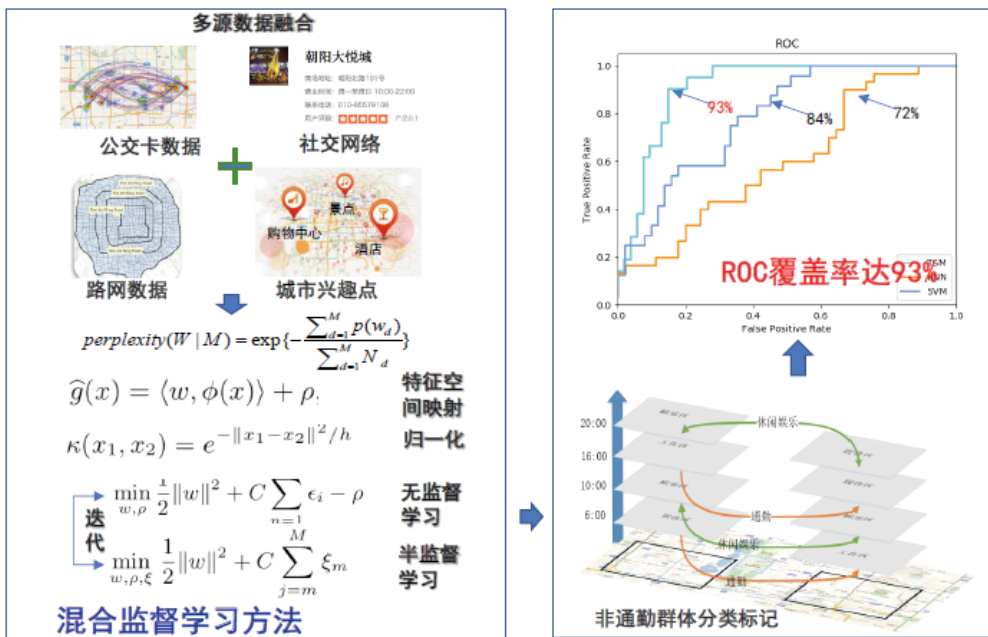


图 9：混合监督学习关键路径识别研究方法

3.1.3 基于移动行为规律的群体识别方法

杜博文在 2016 年的 KDD 和 2019 年的 KEED 上的文章中^[3]，通过混合监督学习方法把扒手群体移动模式行为识别作为典型异常轨迹的应用场景，利用无监督学习的异常值检测方法，在规律性出勤群体和非规律性出勤群

体的基础上，使用 One Class SVM 再次进行分类，进而应用由监督分类模型识别异常轨迹，通过在同一空间位置的频繁返回模式、逗留模式、徘徊模式等刻划出了有别于规律性非规律性出勤群体异常移动行为，这个方法可以实现公共交通系统中的扒手识别。通过社交媒体公布的信息与一卡通信息数据进行匹配，建立混合监督学习方法训练与测试数据集。然后结合一卡通通行数据进行认证，最终实验结果表明混合监督学习方法的准确率接近 93% (图 10)。

Algorithm	Precision	Recall	F-score	Run Time(s)
CM Methods				
DT	0.002	0.451	0.004	44.81
LR	0.003	0.476	0.006	36.72
SVM	0.005	0.512	0.009	21.31
LOF			0.009	300+
OCSVM			0.029	39.67
TS Methods				
LOF+DT	0.011	0.780	0.022	301.18+
LOF+LR	0.016	0.829	0.031	301.16+
OCSVM+DT	0.053	0.878	0.099	41.19
TS-SVM	0.071	0.927	0.133	41.05

图 10：混合监督学习异常群体识别方法研究结果

3.2 基于时态集合的复杂交通行为建模

由于上述的三个内容都是从某一个状态到下一个状态的转移，所以可以将其归类为简单的时序。但在交通实际参与中，交通状况与出行行为是耦合的关系且交通路况与出行行为的影响因素更为复杂及数量多。基于此，杜博文将复杂交通序列数据预测建模为时态集合预测问题。这两者的主要区别在于时态集合是一组状态而不是一个状态。通过时态集合的价可以对复杂的交通事件进行建模。然而时态集合数据具有结构复杂、各因素属性各异特点，不同因素之间语义关联，特别是同集合中的元素之间还存在时序依赖的难题 (图 11)。

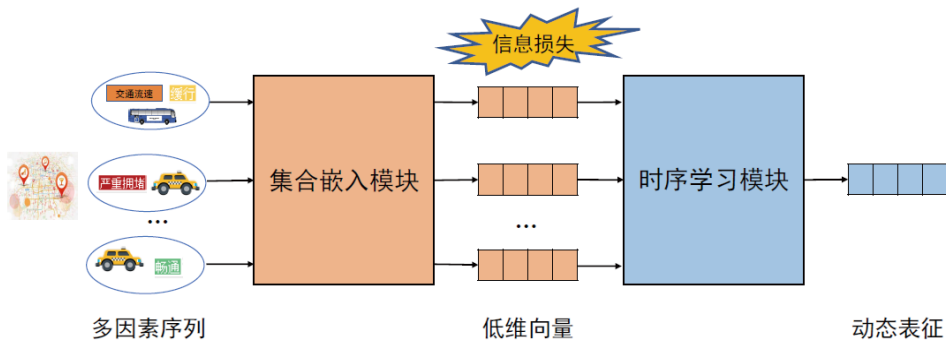


图 11：时态集合的问题挑战

现有时态问题的解决方法是把这些状态都向一个低维特征空间进行映射，如 KDD2016，2019 以及 SIGIR2016 年的研究工作，这些研究工作大多数依照时间序列和时态事件预测思路 (利用集合嵌入模块集合的低维特征表示)。在两阶段策略中第一阶段的低维表征直接作为第二阶段的输入，此方法会导致大量的特征信息损失，致使模型的预测精度降低。

针对上述问题，杜博文抛弃了对每个因素集合学习低维表示的阶段，他提出直接以集合中各元素为研究对象并且尽可能多地保留元素自身信息。该方法具体如下：首先，通过元素与元素间、集合与集合之间的关系学习发现一种语义关系学习；然后，通过引入注意力机制学习同类元素间的时间依赖关系，再利用门控机制融合静态与动态信息的表征信息作为最后输出的结果来提升预测模型的精度（图 12）。

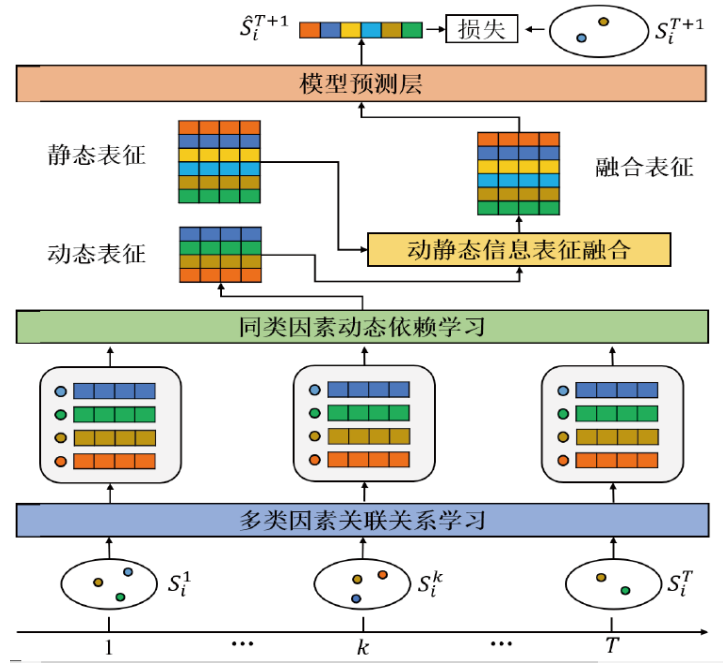
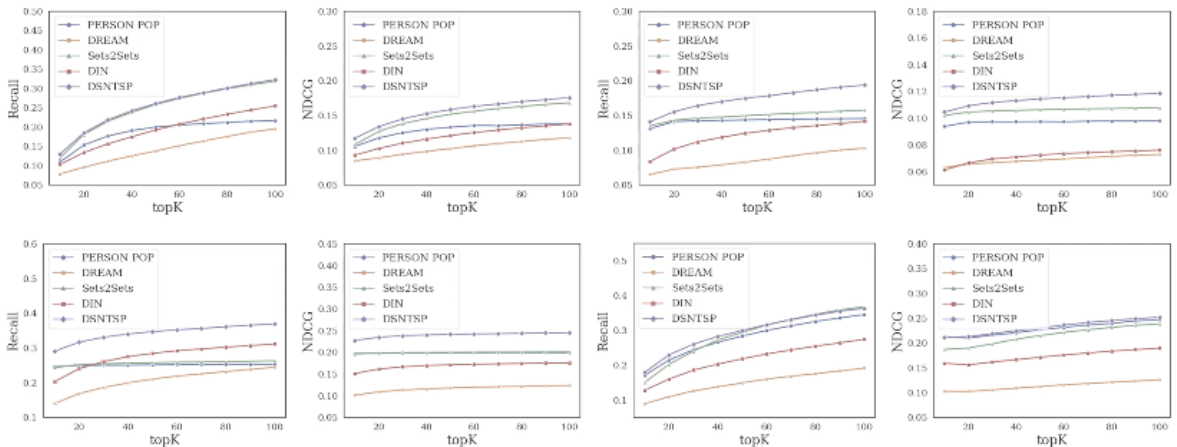


图 12：动静态信息融合的复杂交通行为建模

在 2020 年 KDD 的《Predicting Temporal Sets with Deep Neural Networks》的文章中，通过大规模的实验表明，该预测方法（即 DSNTSP）在多个数据集中的各项衡量指标平均都超过现有方法的 10%，这个优异的结果验证了该思路的有效性（图 13）。



提出的模型在多个数据集上的各项衡量指标上平均超过现有的方法约10%

图 13：DSNTSP 研究实验结果

由于城市在不断演化，使交通领域的研究范围由城市内变成城市群，居民出行范围不断扩大，出行距离不断增长，出行模式增多，行为复杂度提高且交通模式同时变成综合交通模式等巨大的研究挑战。针对这两个挑战，主要有以下两种研究来解决个体行为的非连续性群体移动规律持续变化性及运行状态不确定性等复杂性问题。

- 移动行为变化，群体的单移动行为变成了群体的多模式移动行为。比如公交换地铁，公交换地铁以及地铁换单车的积蓄出行。
- 同一空间维度，单种交通资源需求量变为多种交通资源需求量的协同变化。比如现在地铁站附近到底需要多少辆共享单车，实际上是由共享单车本身以及网约车、地铁、公交所共同决定的。如果只用共享单车的数量预测单车的需求量一定是不准的，因为会受到出租车、公交等复合影响。

上述两种主要研究表明二维时空数据很难描述连续性出行模式。由此，交通领域的研究问题由二维时空数据上升到高维时空数据。

四、 第三阶段：高维时空数据

美国亚利桑那州立大学周教授认为交通行为可以形式化为空间、时间、状态三个部分。通过对这三个部分的时空数据深度挖掘可以分析出行者的行为模式，交通状态的演化规律。然而，真实场景中交通状况肯定是个多维度的，比如在某一时间和空间上，既有出租车行为状态，也有公交车的行为状态、共享单车的行为状态。杜博文把一个状态的多影响因素、多维度特征都映射到对应的状态点上，即通过高维特征建模来刻画学习行为解析这个状态点 (图 14)。

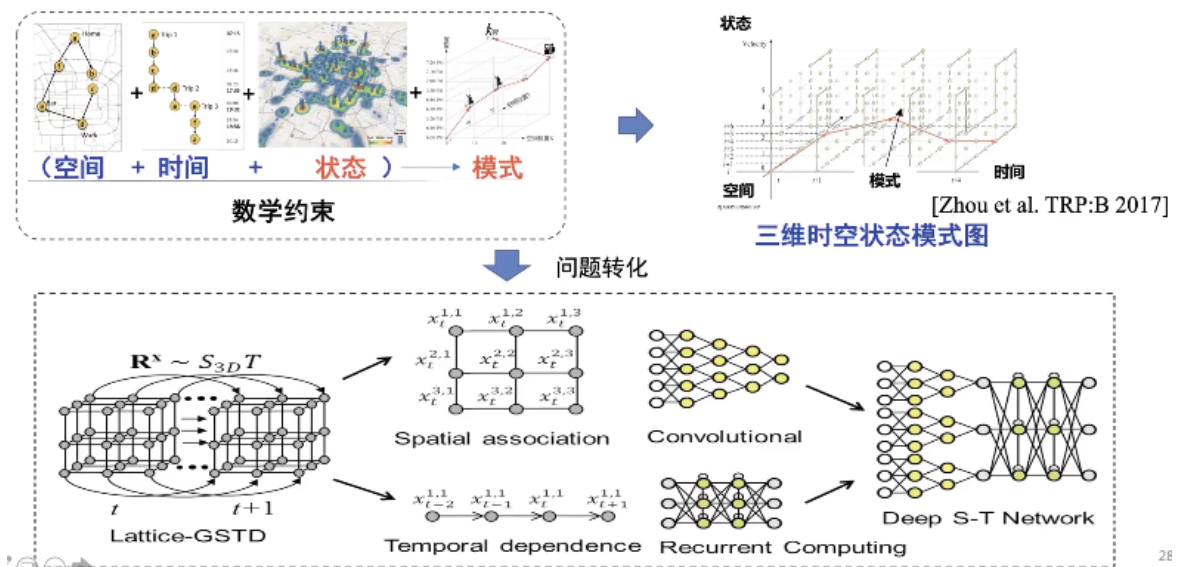


图 14：研究思路的转变

4.1 基于 CoST-NeT 模型的交通需求量联合预测研究

目前，交通需求量的预测研究方法主要针对单一交通方式，这些方法缺乏对多模态交通需求量之间相关性的分析与挖掘。然而，实际上在不同出行方式的交通需求量之间，存在较强的关联性。因此杜博文提出基于多模态交通需求量的联合预测方法，首先，将高维时空数据中的每个时间点上不只是单一的交通需求量，而是多种交

通需求量的综合；再挖掘不同交通方式在时间和空间维度上的关联关系；最后，将多模式交通需求量预测建模为高维时空数据预测问题进行交通需求量的预测。

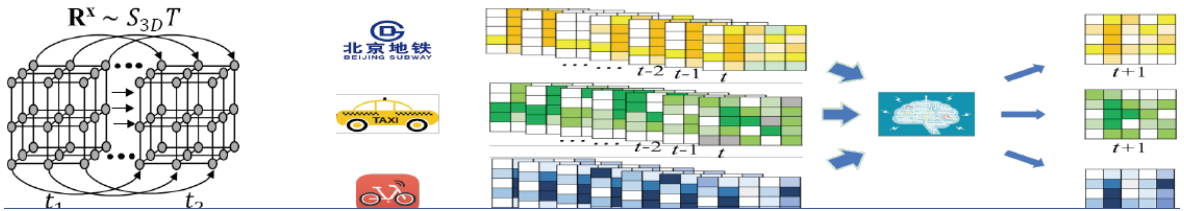


图 13：高维时空数据深度关联与融合预测

现有的研究方法主要应用 CNN, RESTENT 等神经网络模型来获取某一个时刻的交通状态。这些方法的不足是没有对交通需求量空间分布关系深入挖掘。杜博文提出了通过挖掘单种交通方式供给需求与多种交通需求量共性联合的方法以提高多模式交通需求量预测模型的精度。首先，从微观角度对交通需求量进行分解，从宏观对多模交通需求量进行融合；再应用 CoST-NeT (采用多层基于卷积神经网络的自编码来进行单种交通需求的特征分析和异质 LSTM 模型将多种交通需求的特征进行融合)；最后，应用 CoST-NET 模型学习单种交通需求的不变性和多种交通需求量之间的共性以实现多种交通方式的联合预测 (图 14)。

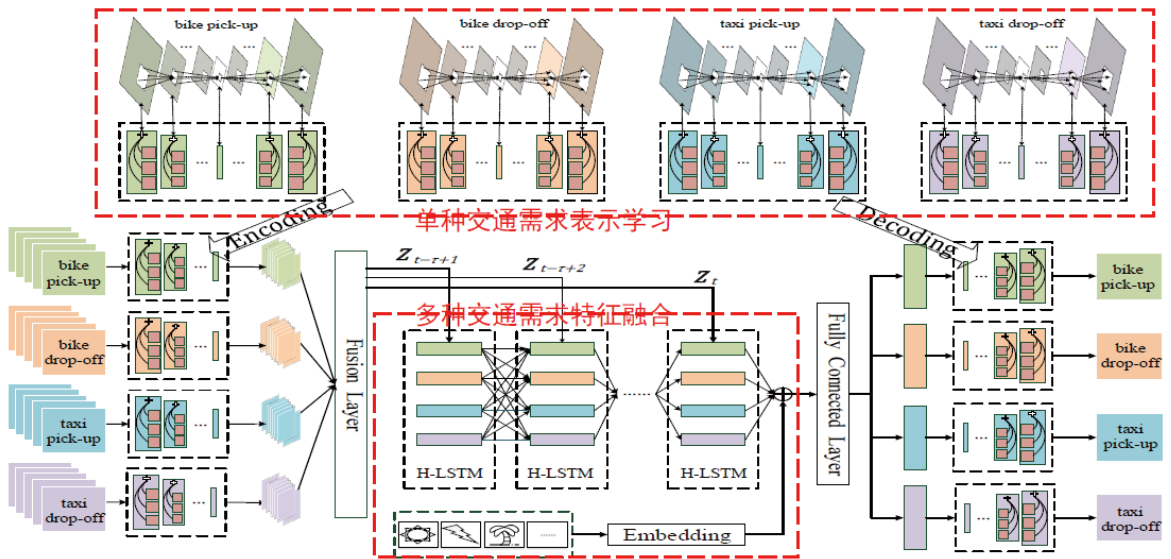


图 14：基于 CoST-NET 模型的多种交通方式的联合预测

在 KDD2019 的《Co-Prediction of Multiple Transportation Demands Based on Deep Spatio-Temporal Neural Network》研究中，CoST-NET 模型预测精度达到 12.5%，并且该模型具有鲁棒性高泛化性强的特点 (图 15)。此外，这篇文章也是就目前看到而言最先开展高维时空下多模态交通需求量预测的文章。在实际应用方面，基于 CoST-NET 模型验证了北京首条自行车“高速”建设的合理性。

实验结果

所提方法

Method	NYC Citi Bike		NYC Taxi	
	Pick-up	Drop-off	Pick-up	Drop-off
HA	5.4801	5.4672	22.6326	21.5601
ARIMA	6.4427	4.9956	10.2461	9.1361
LR	8.1028	8.1767	34.6678	33.6617
SAR	3.7536	3.5412	15.4175	13.5590
XGBoost	2.7166	2.5306	9.8231	7.9314
MLP	2.9364	2.6273	13.1985	11.4133
ConvLSTM	2.8726	2.7443	10.7542	10.3004
DeepST	2.7358	2.5506	11.2670	10.1583
ST-ResNet	2.7776	2.6219	10.5112	9.1331
CoST-Net	2.4819	2.2522	8.3853	7.4696

Method	NYC Citi Bike		NYC Taxi	
	Pick-up	Drop-off	Pick-up	Drop-off
HA	0.6659	0.6684	0.8391	0.8208
ARIMA	0.1058	0.1050	0.0073	0.0122
LR	0.8047	0.7917	0.7917	0.7742
SAR	0.5331	0.5459	0.4119	0.4003
XGBoost	0.7985	0.7930	0.9549	0.9453
MLP	0.6871	0.5139	0.9522	0.9079
ConvLSTM	0.7397	0.7248	0.9412	0.9253
DeepST	0.7593	0.7560	0.9539	0.9430
ST-ResNet	0.7941	0.7901	0.9537	0.9494
CoST-Net	0.8040	0.8027	0.9611	0.9535

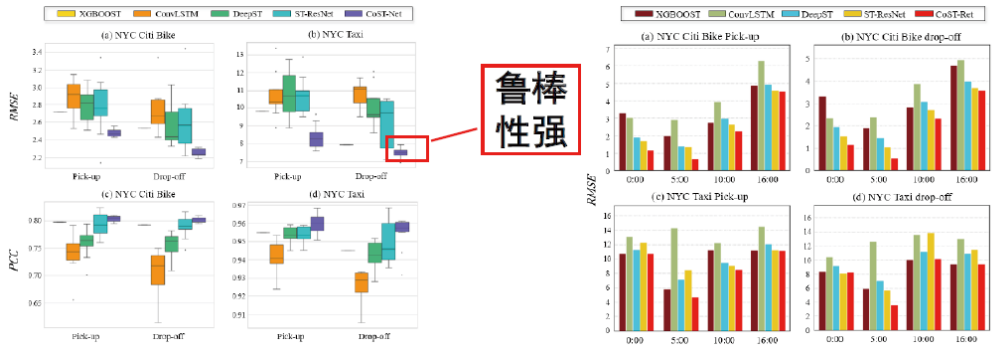
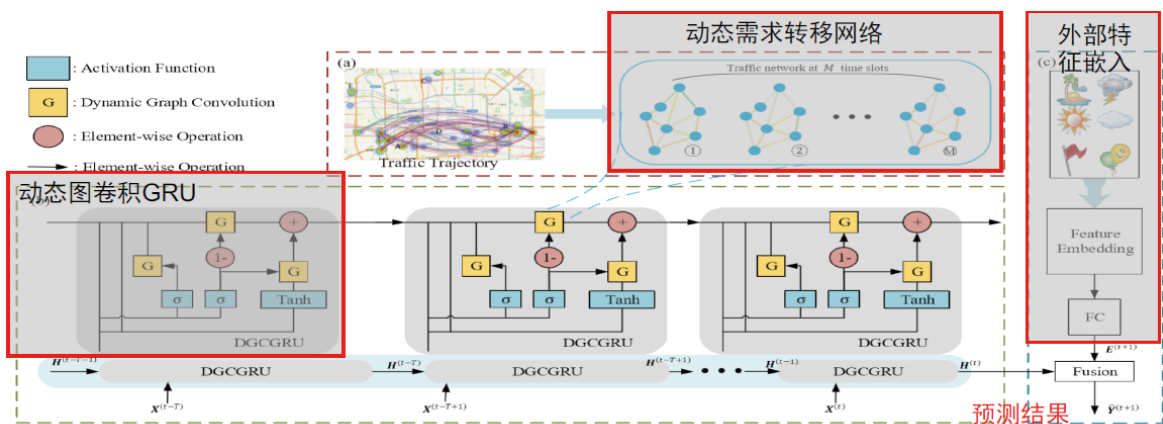


图 15：CoST-Net 预测实验结果

4.2 基于动态图卷积神经网络的交通需求量预测研究

截止 2019 年，交通需求量研究的最新预测方法主要基于深度学习的思路，基于深度学习的方法将交通网络建模成网格，并使用卷积神经网络 CNN 来获取空间相关性。然而，实际交通存在道路的不规则性和交通需求量在空间分布的不均匀性等特征，这些特征导致使用规则的网格进行交通需求量预测建模时存在着难以准确描述交通需求量的时空分布的问题。因此，杜博文提出了基于动态图卷积的交通需求量预测方法（图 16）。通过构建动态的需求转移矩阵以准确描述历史出行交通需求量及出行规律；在时空分布方面，将门限循环单元中矩阵乘法替换为动态图卷积，并动态提取交通需求时空依赖关系解决了难以同时考虑交通时空依赖的难点。



动态图卷积运算

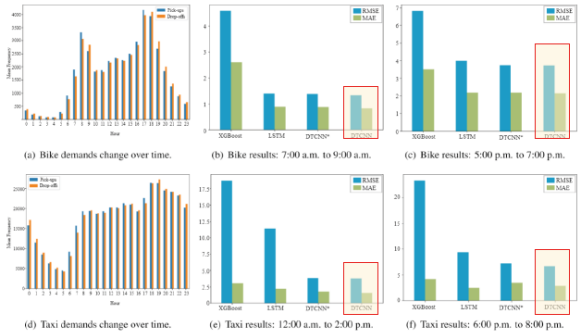
$$g_{\theta} \star_{\mathcal{G}} \mathbf{x} = \sum_{k=1}^K (\theta_{k,0} (\mathbf{D}_I^{-1} \mathbf{W}^T)^k + \theta_{k,1} (\mathbf{D}_O^{-1} \mathbf{W})^k) \mathbf{x}$$

图 16：动态图卷积的交通需求量预测方法

在 2020 年发表于 TITS 的《Traffic Demand Prediction Based on Dynamic Transition Convolutional Neural Network》的研究文章表明了，在综合考虑时空依赖关系及外部环境因素对交通需求量的进行预测时，尤其是对出租车需求量的预测，动态图卷积的交通需求量预测方法与现有最好方法的 DCRNN 相比，RMSE 精度提高了 50%。此外，通过对分时段的预测结果进行比较，无论是早高峰还是晚高峰，DTCNN 具有更好的预测精度 (图 17)。

Table 3: Results Comparison

Method	Bike-NYC			Taxi-NYC		
	RMSE	PCC	MAE	RMSE	PCC	MAE
HA	3.906493	0.541540	1.991092	38.663564	0.673600	9.529034
VAR	20.118131	0.329602	7.208243	16.209607	0.954641	3.083265
XGBoost	3.512882	0.561269	2.007128	16.973139	0.925507	2.955025
Basic RNN	3.864767	0.779739	1.872700	15.390889	0.951026	3.749574
LSTM	3.897652	0.788945	1.850340	13.077499	0.965589	2.930318
GRU	4.295366	0.719893	2.162775	13.429137	0.963306	3.289154
DCRNN	3.550321	0.815017	1.739865	19.918039	0.842173	4.801315
DTCNN*	3.444087	0.820051	1.740992	8.023104	0.987517	3.084475
DTCNN	3.436808	0.820185	1.703449	7.778874	0.988342	2.899619



在出租车数据上提高50%;

早晚交通高峰实验结果

图 17 : DTCNN 交通需求量预测方法实验结果

此外，将该研究应用在深圳的交通数据集进行了验证，验证结果表明 DTCNN 方法能够反应居民的实际出行需求，可以为公交线路优化提供精准数据支持 (图 18)。

应用实践

为深圳市公交线路优化提供精准数据支持



利用出租车虚拟站点，发现居民出行实际需求，优化公交线路

图 18 : DTCNN 的实际应用案例

五、结语

最后，杜博文介绍到上述研究的交通时空数据都属于广义时空数据挖掘的框架 (图 19)，如从最开始提到的固定位置的数据研究，可以映射到最简单的 a 这种结构化数据，地铁线路数据可以映射到 b 这种一维空间数据，

基于网格的交通数据可以映射到二维的空间数据 (c) 等。该研究框架还可以发现交通系统的通用特点，比如说除了路面交通数据、大量的地下基础设施检测数据、桥梁检测数据也符合这个框架。此外，广义时空数据挖掘框架还可以扩展到类似土木工程、桥梁工程、高铁线路等检测领域。

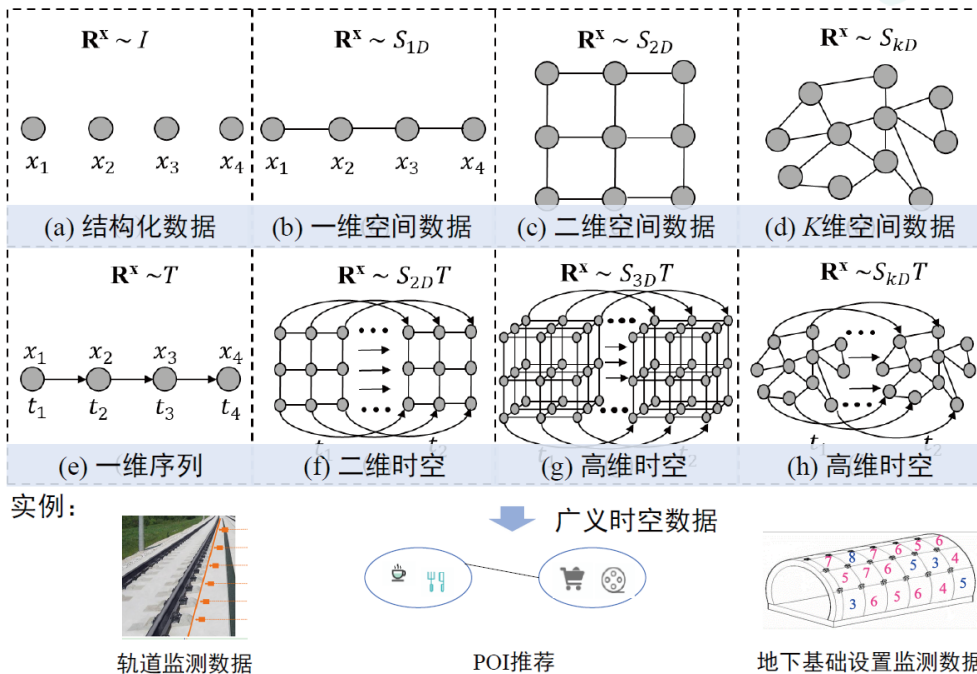


图 19：广义时空数据挖掘的框架

参考文献：

[1] Transit Pattern Detection Using Tensor Factorization, INFORMS Journal on Computing, 2019.

[2] Bowen Du, Chuanren Liu, Wenjun Zhou, Zhenshan Hou, Hui Xiong. Detecting Pickpocket Suspects from Large-Scale Public Records. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 31(3): 465-478(2019).

[3] Bowen Du, Chuanren Liu, Wenjun Zhou, Zhenshan Hou, Hui Xiong. Detecting Pickpocket Suspects from Large-Scale Public Transit Records. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 31(3): 465-478 (2019)

[4] Le Yu, Leilei Sun, Bowen Du, Chuanren Liu, Hui Xiong, Weifeng Lv, Predicting Temporal Sets with Deep Neural Networks, KDD, 2020.

[5] Ye J, Sun L, Du B, et al. Co-Prediction of Multiple Transportation Demands Based on Deep Spatio-Temporal Neural Network. Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery Data Mining. ACM, 2019: 305-313.

[6] Bowen Du, Xiao Hu, Leilei Sun, Junming Liu, Yanan Qiao, Weifeng Lv, Traffic Demand Prediction Based on Dynamic Transition Convolutional Neural Network, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2020.

“AI 交通” 圆桌论坛：强基建、重研发、促融合，政产学研携手，创造立体耦合智能交通网络

整理：智源社区 杨依帆

在 2020 北京智源大会 “AI 交通” 专题论坛的圆桌讨论环节，百度集团副总裁兼智能驾驶事业群总经理李震宇、北京市交通信息中心副主任杜勇以及北京航空航天大学教授杜博文参与了交流。三位专家针对主持人所提出的问题积极交换了意见，分别从政、产、学、研角度出发，提出了智能交通网络、数据知识融合、数据隐私保护等方面的相关架构设计解决方案。



图 1：2020 北京智源大会“AI 交通”专题论坛

主持人：首先请三位专家畅想一下未来的智能交通。

李震宇：未来智能交通主要有三点：一是无人驾驶技术的突破；二是相关政策法规的突破；三是智能网联道路基础设施建设。

杜勇：智能交通需要完善智慧感知基础设施，针对城市道路资源、空间资源进行优化，让百姓的出行可规划、可预期。我们要变革传统交通运输调度方式，通过技术创新来带动机制和服务创新。

杜博文：智慧交通需要城市交通大脑进行决策，外加可控制的末梢神经系统配合运作。人、车、路协同耦合需要构建一张立体网络，基础设施保障能让出行更加安全可靠。

主持人：请谈谈交通大数据和智能交通服务之间的关系。

李震宇：大数据可以衍生出交通服务，交通服务也可以产生大数据。广义的交通大数据与交通服务可以有许多重叠的部分。

杜勇：大数据处在中台，用于支撑上层的各类智能交通服务。数据应用能力成熟度越高，代表支撑能力越强；反之，数据应用能力越低，服务对数据的依赖程度就越低。

杜博文：如何令数据知识驱动服务？关键点有四个：感知、认知，协同和预知。感知是感知当前状态；认知用于追根溯源，通过数据挖掘手段分析感知到的状态由何原因引起；协同是运用“群知”的手段，通过机器学习、迁移学习等方法构建协同网络；最后，预知可以判断演化趋势，实现智能交通精准服务。

主持人：今天几位专家组成了一个政、产、学、研的专家团队，请问过往工作经历给诸位何种启发？

李震宇：随着协同融合需求的增加，我发现大家的合作共识非常一致，未来政、产、学、研能够更加紧密地跨领域协作，共享数据信息。

杜勇：政府推动交通信息服务可分为三个阶段：主导、引导和督导。前期联合科研机构与企业实现关键技术突破；中期鼓励上下游企业开展合作；后期建立标准规范，加强监督工作，推进产业健康有序发展。

杜博文：科研方面一定要深入行业，弥补技术短板。政府接收反馈自学术界与产业界的数据知识，不断循环迭代，碰撞火花。

主持人：数据隐私保护主要有两种方式：一种是为数据增加噪音或扰动，让数据进行有损传输，另一种是当前热门的联邦学习——大家彼此保留数据，只开放访问权，互相传递加密参数，共同建模。请问这两种方式哪种更好？

李震宇：这两种方式我们在实践中都用到过。在共享前做一些必要的脱敏，使得数据流动起来，只有数据流动起来，创造的价值才不可限量。

杜勇：我们将公交线路站点等原始静态数据全部开放，而个人出行相关的隐私数据通过信息平台加密处理，将处理后的信息服务向企业开放。有损传输和联邦学习这两种技术方式都值得探索和引入。

杜博文：联邦学习是非常关键的技术，通过 DES 把数据包装成服务形式提供给用户，同时区块链配合进行加密追溯和智能合约签订。通过“数据即服务”的方法将数据链接起来，形成可总控的虚拟通道。数据在使用过程中是透明的，用户并不知道数据来源于何处，而区块链的追溯功能可以追溯到谁使用了数据。