

轻量级动态交通分配仿真平台 *DTALITE*

在交通规划领域的应用： 以北京为例

北京市城市规划设计研究院 魏贺 刘斌
美国亚利桑那州立大学 周学松

2016.04.16

主要内容

A. 应用背景

B. 解决方案

C. 应用实践

D. 机遇与挑战

Transport **dynamics**: its time has come!

—*Hong K. Lo & Agachai Sumalee, 2013*

Transportmetrica B: Transport Dynamics, Vol.1, No.1, pp.1

The **devil** is in the **details**.

—*Hani S. Mahmassani, 2010*

Traffic Simulation Models: Practice Makes Perfect

A. 应用背景

02. 动态交通网络

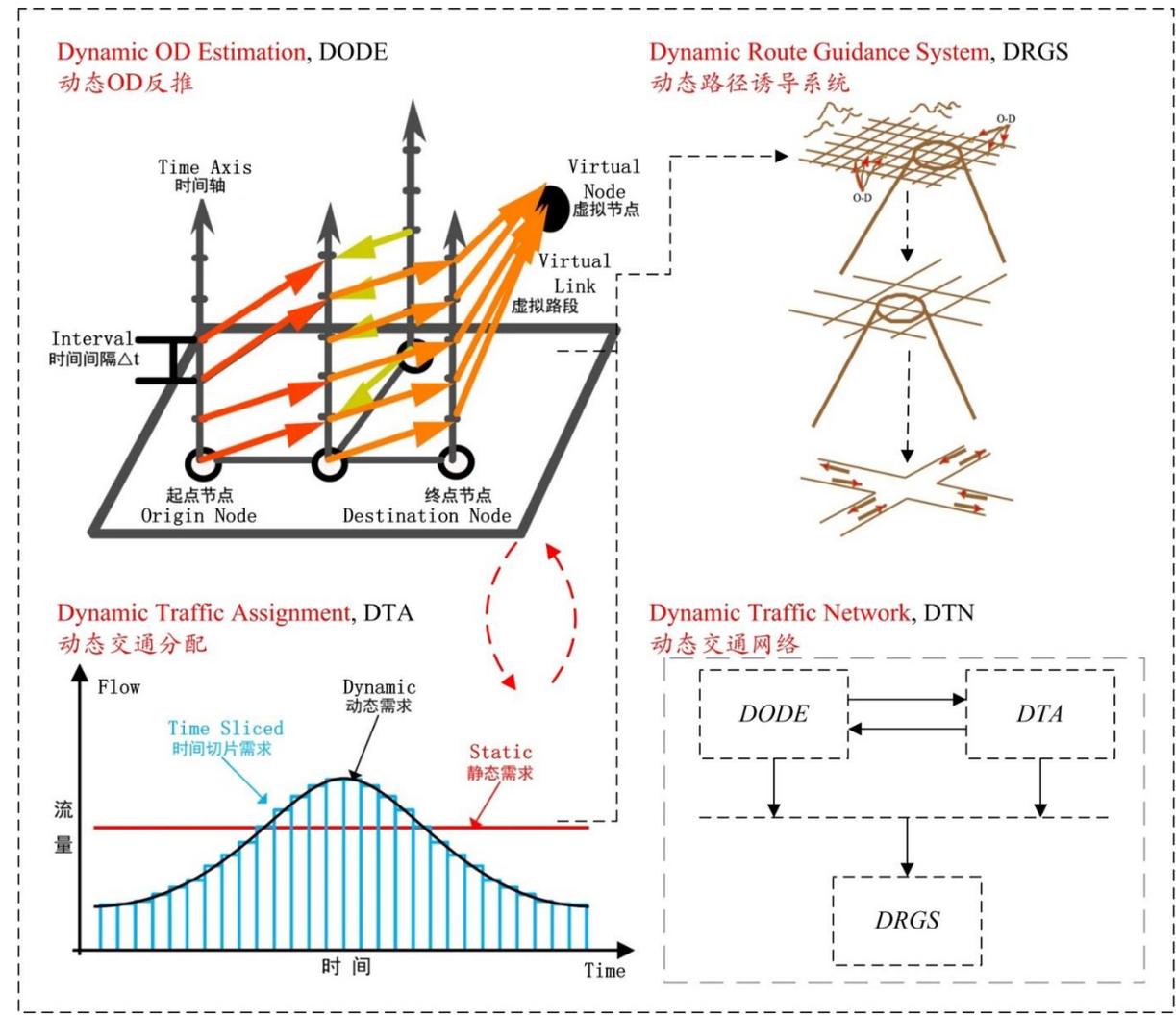
动态交通网络模型是一种可捕捉动态出行行为（出发时间选择、路线选择、出行成本选择、信息反馈选择等）与交通网络特性间相互关系的建模方法。

动态交通网络模型

动态OD反推 *DODE* (在线, 实时/准实时)

动态交通分配 *DTA* (在线/离线, 实时/准实时/规划)***

动态路径诱导 *DRGS* (在线, 实时/准实时)



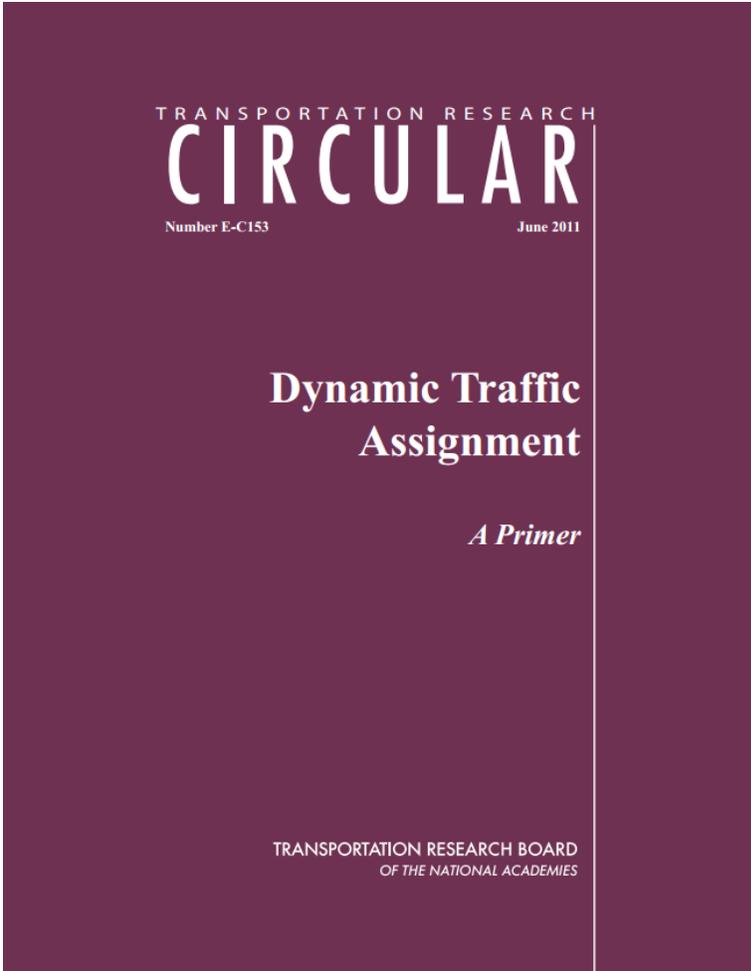
动态交通网络模型

A. 应用背景

03. 理论研究进展_国外

时间	动态OD反推	动态交通分配	动态路径诱导	动态交通网络
1995		确定性排队的DSO分配模型 Ghali M.O.等 多0单D高速公路通道的DUO分配模型 林兴强&黄海军		动态交通分配下路段旅行时间函数的一般形式 Daganzo C.F. 复杂网络中时变OD给定情况下的元胞传输模型 Daganzo C.F.
1996	基于路段和核查线流量时间序列的动态OD反推 Wu & Chang		基于路段变分不等式的DUO出发时间/路径选择 Ran B.等 出行路径选择调整过程的全局/局部稳定性 Zhang D.	
1997	基于最大熵模型的实时OD矩阵更新改进算法 Wu J. F. 基于最小二乘法和最小绝对范数的动态OD反推参数优化方法 Sherali H.D.等	多0多D考虑排队影响的RDUO路段旅行时间算法 桑原雅夫&赤松隆 信号控制路网中面向路段旅行时间函数的动态分配模型 Ran B.等		
1998			动态路径诱导的混合整数线性规划模型 Kaufman D.E.等 基于路段变分不等式的DUO路径选择模型和算法 陈惠国&薛哲夫	连续动态交通网络的多项式近似解法 Wu J. H.等
1999	基于等式约束优化的递归式交叉口动态OD反推 Li & Moor			
2000		基于点排队模型的动态交通分配模型理论 赤松隆 基于通行能力约束的拥堵路网PDUO分配模型 唐松安&黄仕进 基于点排队模型变分不等式的RDUO分配模型 Li J.等	基于虚构对策方法的系统最优路径计算流程 Garcia A.等	基于流率影响的拥堵路网时变交通流建模方法 Carey & Subrahmanian
2001	基于最小二乘法模型的使用路段交通量可用数据的动态OD反推 Sherali&Park	基于时空扩展路网递归算法的独立时变变分不等式求解组合活动/路线选择的交通分配模型 林兴强&殷亚峰 多0多D格局考虑实际排队的点排队DUO分配模型 桑原雅夫&赤松隆	实时信息下车辆内路径诱导系统的自适应路径标号算法 傅立平	静态/动态均衡网络设计的非传统公式综述 Friesz&Shah
2002	不完全观测情况下OD矩阵的动态识别 Li & Moor 静态/动态OD出行表的总需求尺度度量方法 Bierlaire	用于DTA中的全路段旅行时间模型的行为 Carey&McCartney 基于路段的动态用户均衡路网的存在性与唯一性及其计算 Wie B.W.等	排队路网中动态用户均衡路径和出发时间选择问题的建模与求解 罗康锦&司徒惠源 黄海军&林兴强	

时间	动态OD反推	动态交通分配	动态路径诱导	动态交通网络
2003		用于DTA中的伪周期时间旅行时间模型 Carey&McCartney 多用户等级DTA问题的准VI模型 Bliemer&Bovy	ATIS下使用动态内核Logit框架分析路径切换行为的多样性和未观测结构性影响 Srinivasan&Mahmassani	路网动态交通建模和DSUE分配 Han S.J. 连续动态路网加载的基于事件模拟的数值算法 Rubio-Ardanaz J.M.等
2004		基于元胞DTA的VI模型对ATIS服务的评价与影响 罗康锦&司徒惠源	基于元胞同步路径/出发时间弹性需求选择模型 司徒惠源&罗康锦	
2005	基于扩展卡尔曼滤波的高速公路实时交通状态反推 Wang&Papageorgiou	城市路网全天DTA路段交通流时变数据的FP模型 Bellei G.等 全天DTA受能力约束的非静态宏观路段性能模型 Gentile G.等	离散时间动态流模型及其基于路径VI动态路径选择求解 Jang W.等 基于Logit的组合动态出发时间和SUE模型 Lim&Heydecker	
2006		DUE分配的现有连续目标函数的数学规划解法 Han&Heydecker 确定连续动态排队非弹性需求DTA模型的收敛性 Mounce R. 离线随机DTA问题的随机准梯度算法 Peeta&Zhou		使用低抽样率AVI数据反推动态路网旅行时间 Dion&Rakha 状态独立的时间转换FP算法求解动态路网用户均衡问题 Friesz&Mookherjee 多0单D拥堵高速公路的系统最优DTA图论解法 Munoz&Laval
2007	高速公路动态OD矩阵反推的广义模型及其算法 Lin&Chang 逐日自学习框架下实时交通OD需求反推和预测的结构状态空间模型 Zhou&Mahmassani	基于路径的DUE分配算法 Han S. DTA中的溢出拥堵;时变瓶颈的宏观流模型 Gentile G.等	违反FIFO定义的静态/动态路网的集计路径选择行为动态系统模型 Jin W.L.	
2008		动态OD旅行需求推断的VI解法 Nie&Zhang	精确交通流传播的DUE路段节点补充模型及算法 Ban X.G.等	
2009		基于功能等价间隙的DUE算法 Lu C.C.等 单D动态用户均衡的连续接近和图论解法 Laval J.A.	连续行为路径诱导的行为参数在线标定 Paz&Peeta	动态路网加载模型中的连续节点到达次序 Blumberg&Bar-Gera
2010		系统最优DTA问题的基于元胞的MN模型 Nie Y. 连续交通系统的预测型连续动态用户最优模型 Han L.S.等 Jiang Y.Q.等	基于出发时间选择,弹性需求和用户多样性的动态用户均衡的元胞传输模型的补偿解法 Han L.S.等	近似路网载荷和双时间刻度动态用户均衡 Friesz T.L.等 动态交通网络中的多重均衡 井料隆雅
2011		交通路网单边约束的动态用户均衡 Zhang R.X.等 交通状态监视和分配的随机元胞传输模型 Sumalee A.等	动态交通网络中的路径交换 Mounce&Carey	

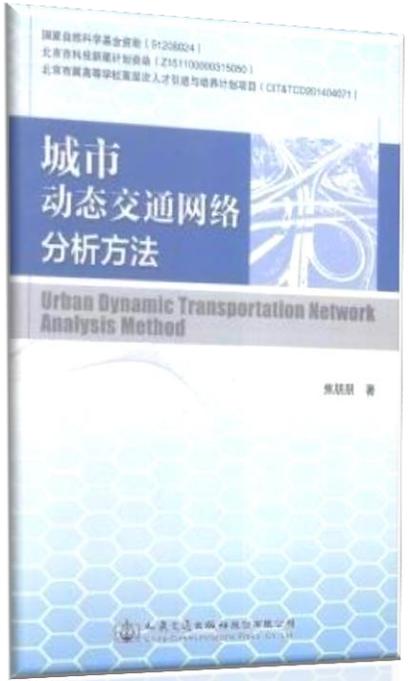
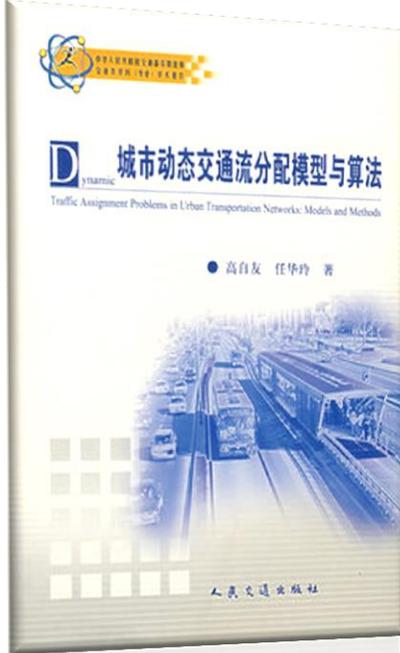


Chiu Y.C., Bottom J., Mahut M., Paz A., Balakrishna R., Waller T., Hicks J.. Dynamic Traffic Assignment: A Primer [R]. Transportation Research Circular E-C153, Transportation Research Board, Washington D.C., 2011. 5

A.应用背景

03.理论研究进展_国内

高自友,任华玲 著.
 城市动态交通流分配模型与, 2005.
 李曙光 著.
 多车型动态交通分配问题研究, 2013.
 焦朋朋 著.
 城市动态交通网络分析方法, 2015.



城市交通网络优化与管理的若干基础问题研究	高自友	80	2007
城市交通网络优化与管理	杨晓光	80	2007
动态交通网络复杂性极大熵分析与应用研究	傅白白	16	2007
城市交通网络组合出行预测模型及其求解算法设计研究	徐猛	20	2008
城市交通实时优化与应急管理理论及应用	黄崇超	20	2008
交通行为非均衡演化与干预对策研究	张小宁	25	2009
网络拥挤收费机制的多目标设计、优化和实现	黄海军	32	2010
不确定环境下公交网络均衡分析与优化研究	李志纯	26	2010
基于排放约束的交通流优化演化算法研究	刘欢	20	2012
面向网络效率的城市道路交通网络设计理论与方法	秦进	20	2012
非机动车和行人影响下的动态交通分配问题研究	傅白白	42	2012
基于公平性的城市道路交通网络设计模型与算法研究	王广民	20	2013
动态不确定路径优化模型与算法及其在交通应急管理中的应用	杨立兴	54	2013
基于交叉口流向流量的城市动态交通分配模型及其应用	龙建成	0	2013
多态超级网络中的动态活动/出行分配研究	黄海军	0	2013
城市交通突发事件下多式交通网络管理优化理论	张红军	80	2013
基于行为多样性分析的典型瓶颈交通管理与控制策略研究	谢东繁	0	2014
道路限速与拥堵收费的综合分析、建模和优化	杨海	0	2014
基于动态交通网络的分段道路拥挤收费策略研究	任华玲	56	2014
考虑车辆排队和拥堵传播效应的交通网络可靠性研究	姜锐	56	2014

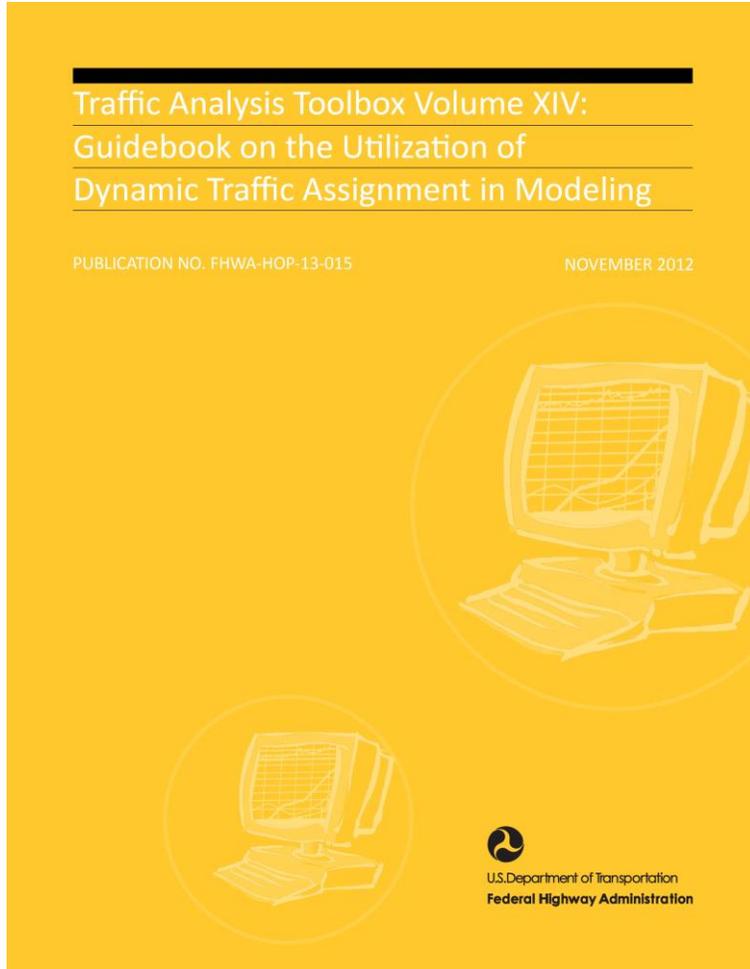
城市路网动态交通管理与控制关键理论及其模拟技术研究	王殿海	120	2004
动态交通网络中尾气排放控制策略的定量分析与评价	于雷	24	2004
基于移动与固定检测的路网交通流建模及动态A*诱导算法研究	徐建闽	26	2006
网络交通流宏观动态特性的理论与实证分析	金文龙	20	2008
基于信息效用的动态路径选择行为研究	高林杰	20	2009
基于可靠性的应急车辆动态调度策略解析	彭春露	20	2010
道路网络在交通事件持续期的动态可靠性研究	刘海旭	0	2010
基于机动车辆停放的动态交通作用分析理论及资源配置优化方法	陈峻	34	2011
基于乘客选择行为的公交动态调度决策方法研究	于滨	25	2012
面向实时交通管理和信息服务的在线动态O-D反推模型与算法	焦朋朋	25	2013
基于动态交通信息的路径选择行为的实证研究	赵胜川	80	2013
基于脆弱性分析的随机动态网络设计—理论与方法	蒲云	70	2013
面向车辆调度的公交动态网络复杂性及其实证研究	柏海舰	25	2014
个性化动态路径诱导建模理论与方法研究	龚勃文	25	2014
施工区道路网络动态可靠性研究	陈玲娟	24	2014
不确定动态信息环境下震后交通应急疏散集成调度和管控策略研究	刘鸿潮	72	2014

国家自然科学基金资助项目：管理G

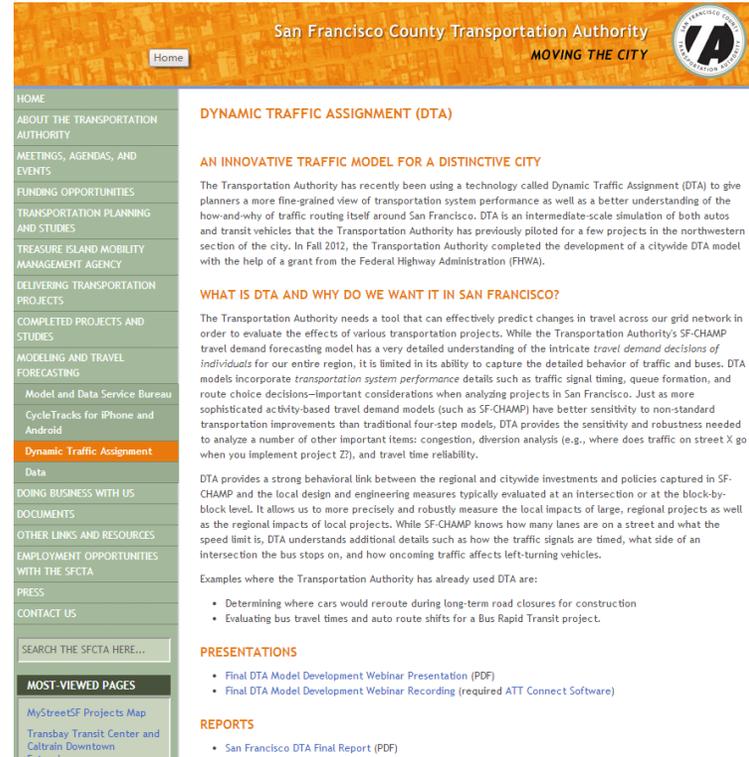
国家自然科学基金资助项目：交通规划E

A.应用背景

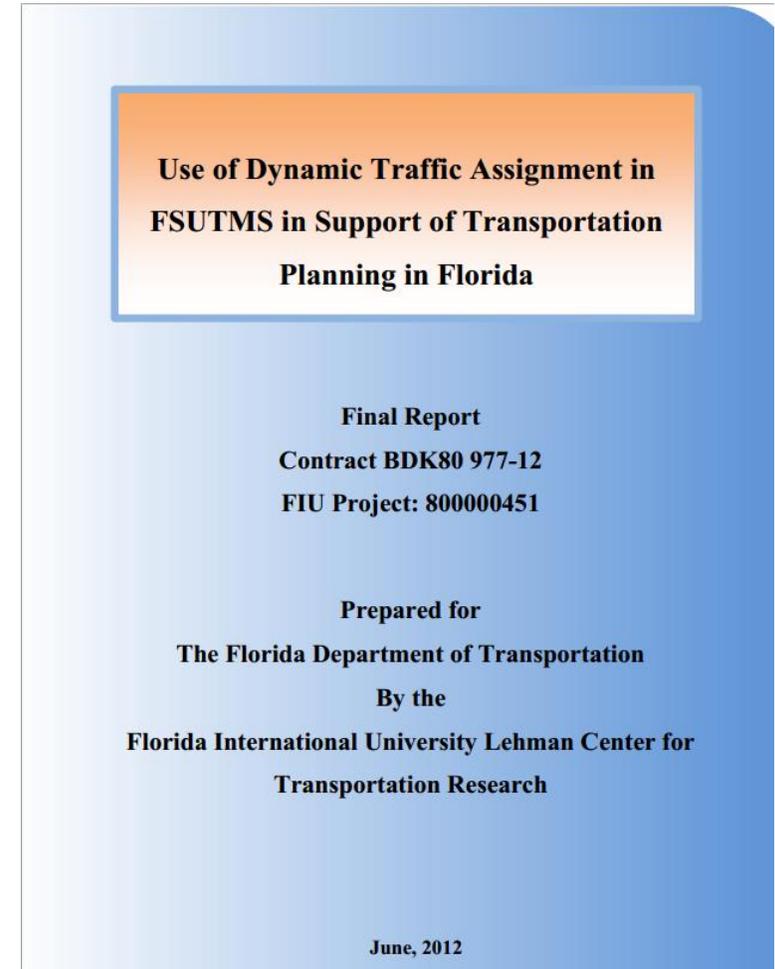
04.实践应用情况_国外



FHWA, Guidebook on the Utilization of Dynamic Traffic Assignment in Modeling



San Francisco Transportation Authority, DTA Anyway



Florida Department of Transportation, FSUTMS

A.应用背景

04. 实践应用情况_国内

离线, 交通规划

北规院, *DTALITE*

区域交通改善

道路网规划设计

大型活动与特殊事件交通保障

恶劣天气应急规划

交通碳排放等

离线, 交通影响评价/片区改善

深圳交研中心, 邱建栋等, *TransModerler*

在交通大数据挖掘环境下提出中观交通模型建设技术流程及标准, 使用中观模型评估片区交通改善方案与建设项目交通影响, 以适应片区精细化城市规划管理需要。

邱建栋, 陈蔚, 宋家骅, 段仲渊, 赵在先. 大数据环境下的城市交通综合评估技术 [J]. 城市交通, 2015, 13(3): 63-70.

准实时, 在线

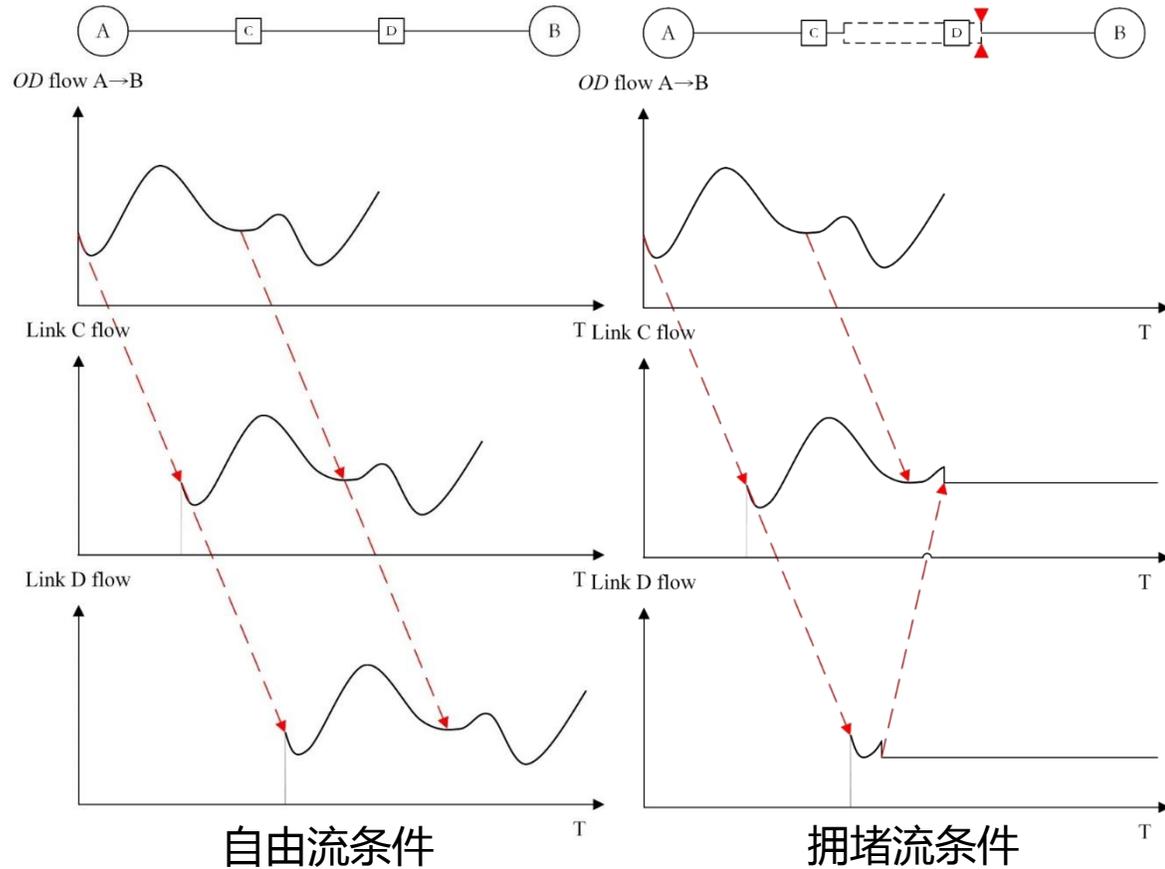
北京交研中心, 线凯等, *DTALITE*

通过对交通运行监测数据的动态模拟与反馈, 结合动态OD更新与动态交通分配对宏观模型层面的出行参数进行准实时标定。

线凯. 北京交通调查和模型工作新技术探讨 [EB/OL]. 大数据时代交通调查与交通模型学术研讨会, 访问时间2016-01-01, http://www.chinautc.com/templates/H_dongtai/article.aspx?nodeid=4112&page=ContentPage&contentid=83026, 重庆, 2015

B. 解决方案

01. 动态交通分配



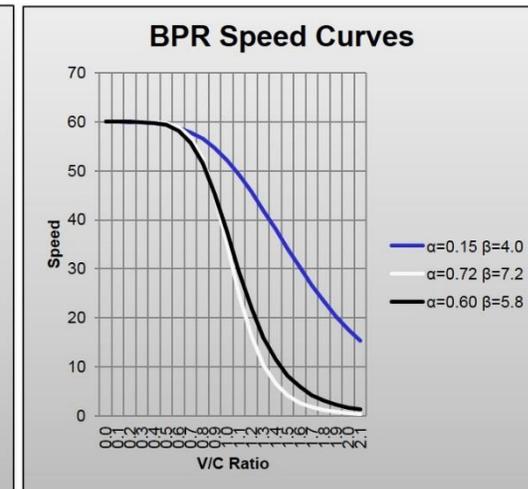
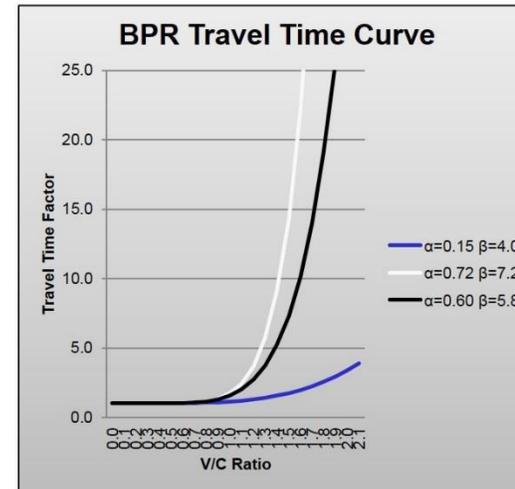
划分依据	划分子依据	分类
方法理论	建模方法	解析(<i>Analytical based</i>), 模拟(<i>Simulation based</i>)
	出行类型	单车型(<i>Single-Class</i>), 多车型(<i>Multi-Class</i>)
	排队表达	点排队(<i>Point Queue</i>), 空间排队(<i>Spatial Queue</i>)
	决策变量	路段流量(<i>Link based</i>), 路径流量(<i>Route based</i>)
行为选择	出发时间选择 路径选择	出发时间选择(<i>Departure time Choice</i>)和/并路径选择(<i>Route Choice</i>), 出发前预测型路径选择(<i>Pre-Trip Adjustment/Predictive</i>), 途中反应型路径选择(<i>En-Route Adjustment/Reactive</i>)
	需求弹性	固定需求(<i>Fixed Demand</i>), 弹性需求(<i>Elastic Demand</i>)
时间平面	时间平面范围	单日(<i>Within-Day</i>), 逐日(<i>Day-to-Day</i>)
	时间平面离散性	离散(<i>Discrete</i>), 连续(<i>Continuous</i>)

Sezto W. Y., Wong S. C.. Dynamic Traffic Assignment: Model Classifications and Recent Advances in Travel Choice Principles [J]. Central European Journal of Engineering, 2012, 2(1): 1-18.

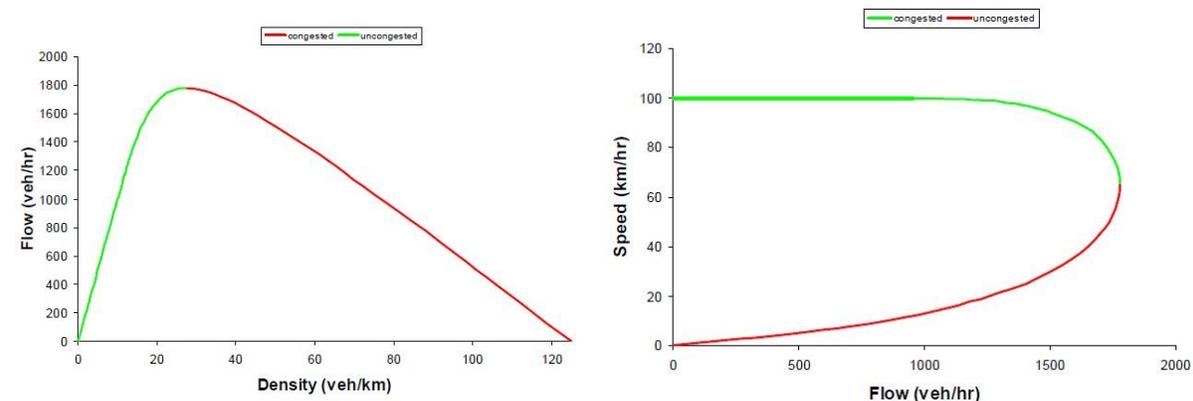
B. 解决方案

02.DTA v.s. STA

特点	静态交通分配	动态交通分配
需求加载	稳态需求, 粒度为小时	时变需求, 粒度为分钟
需求分配	分配阶段车辆存在于路径的每一处	模拟阶段车辆每个时间点仅出现在一处路段
最短路	瞬时	时变
通行能力约束	宽松, 允许 $V/C > 1$ 无路段车辆密度约束	严格, 受进出能力限制, 不允许 $V/C > 1$ 有路段车辆密度约束
分配方法	路段特性函数(VDF)	交通流模型(TTF)
主要问题	无法反应连续时段互相影响 无法反应排队回溢造成的影响 无法反应用户多样性特征	可反应现实排队回溢情况 可反应拥堵随时间演变情况 可反应用户多样性特征
适用情况	自由流、非拥堵路网 非基于现实交通流特性的交通规划	拥堵路网(排队形成、持续/传播、消散) 基于现实交通流特性的交通规划



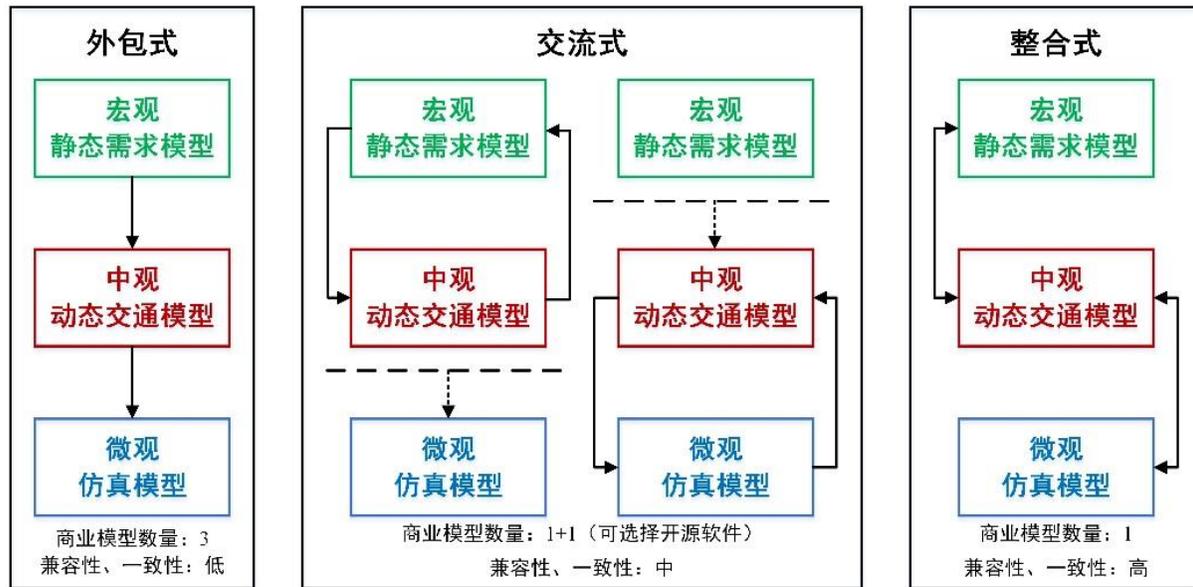
Foundation of dynamic traffic assignment, FHWA, 2010



Overview of DTA Guidelines: Traffic Modeling and Calibration, INRO, 2009

B. 解决方案

03. 多层次一体化综合交通模型



杨齐. 对交通仿真模型软件开发及应用问题的思考 [J]. 城市交通, 2006, 4(3): 77-81.

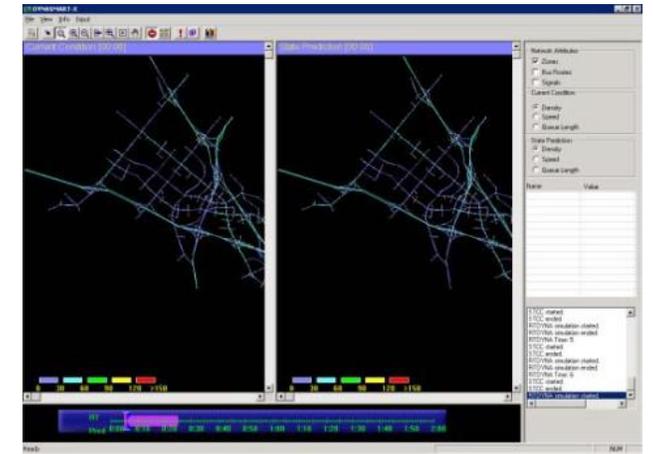
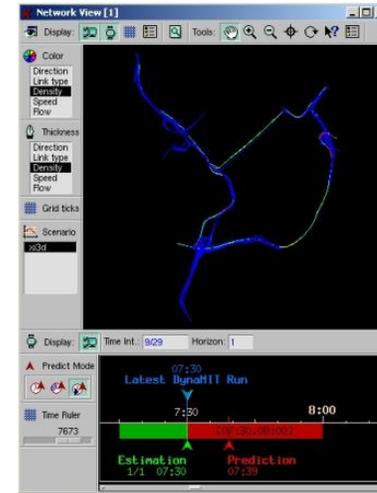
特点	研究特征	宏观静态需求模型	中观动态交通模型	微观仿真模型
研究范围	区域	●	◎	○
	通道	●	●	◎
	分区	◎	●	●
路网规模	大型	●	◎	○
	中型	●	●	◎
	小型	●	●	●
研究时段	24小时	●	◎	○
	6小时	●	●	◎
	高峰时段 高峰小时	●	●	●
需求	大规模	●	◎	○
	中规模	●	●	◎
	小规模	●	●	●
数据质量	一致平衡	●	●	●
	两者间	●	●	◎
	需调整	●	◎	○
数据保真度	小于15分钟	○	●	●
	15分钟-1小时	◎	●	◎
	大于1小时	●	◎	○
分析精度	小于15分钟	○	●	●
	15分钟-1小时	◎	●	◎
	大于1小时	●	◎	○
分析维度	基于车辆/人	○	●	●
	基于路段	●	●	●
	基于路线	○	●	●
	基于网络	●	●	●

●支持; ◎部分支持; ○不支持

Sbayti H., Roden D.. Best Practices in the Use of Micro Simulation Model [R]. American Association of State Highway and Transportation Officials, ASSHTO, Standing Committee on Planning, AECOM, 2010.

B. 解决方案

04. 软件平台



DynaMIT, 无迹卡尔曼滤波UKF、粒子滤波PF和同步扰动随机逼近算法SPSA

DynaSMART, 双层二乘法优化模型, 迭代式反推分配算法IEA

DNL+MTF

开源体系, DTALITE、DynusT

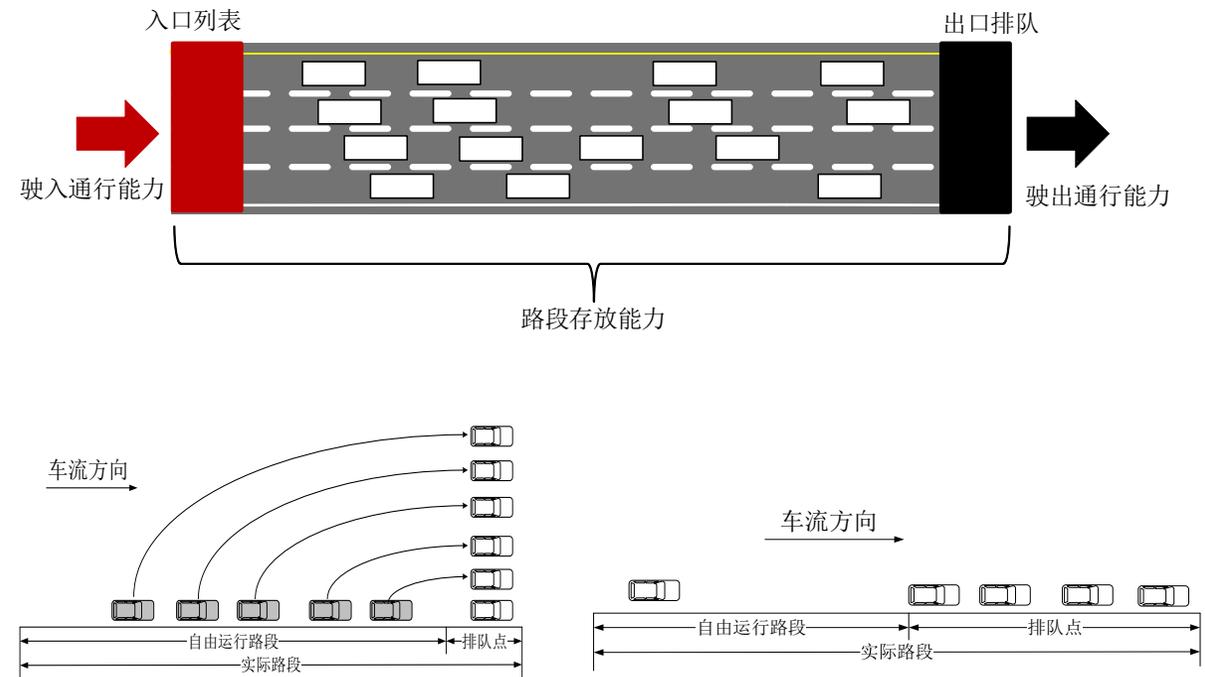
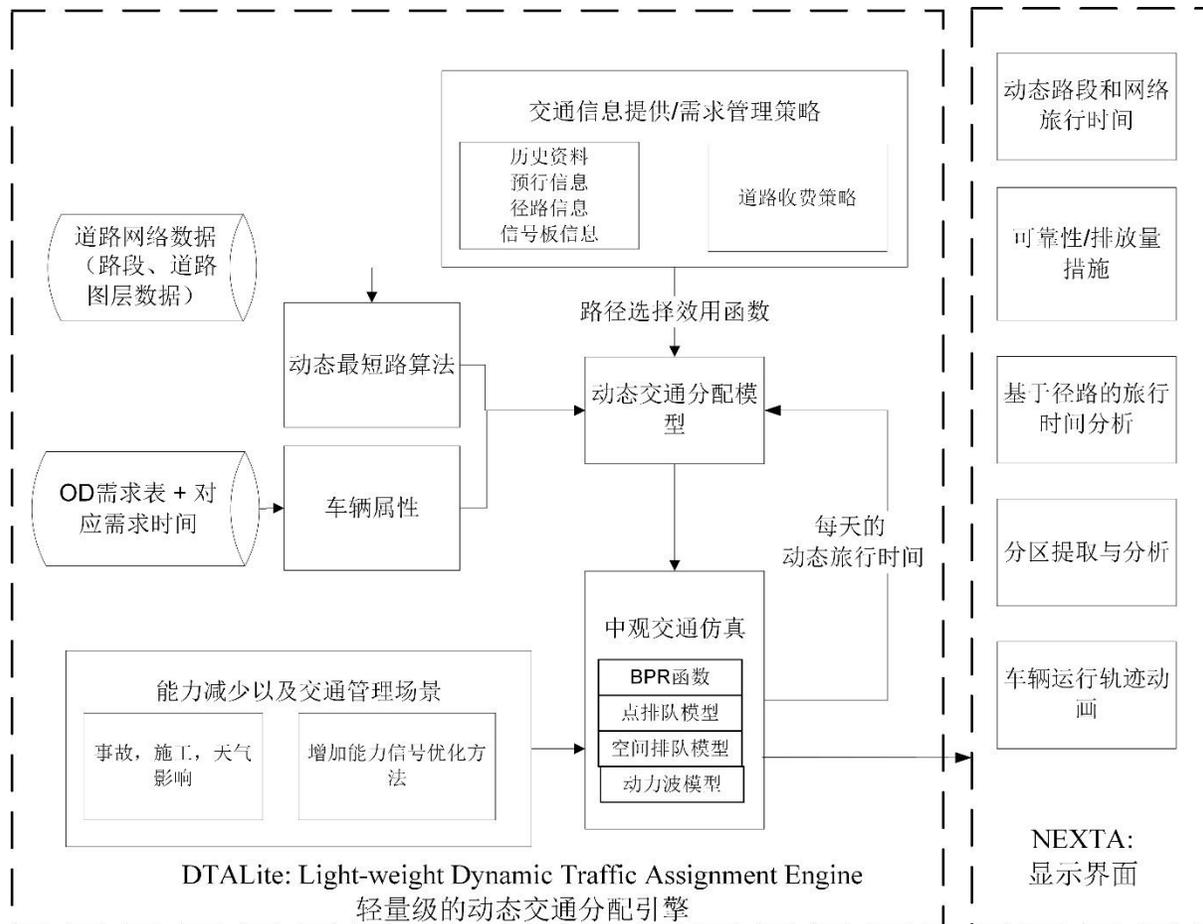
教学体系, VisualTNM

商业软件

国内, DynaTaiWan, DynusTIM(DynaChina)

B. 解决方案

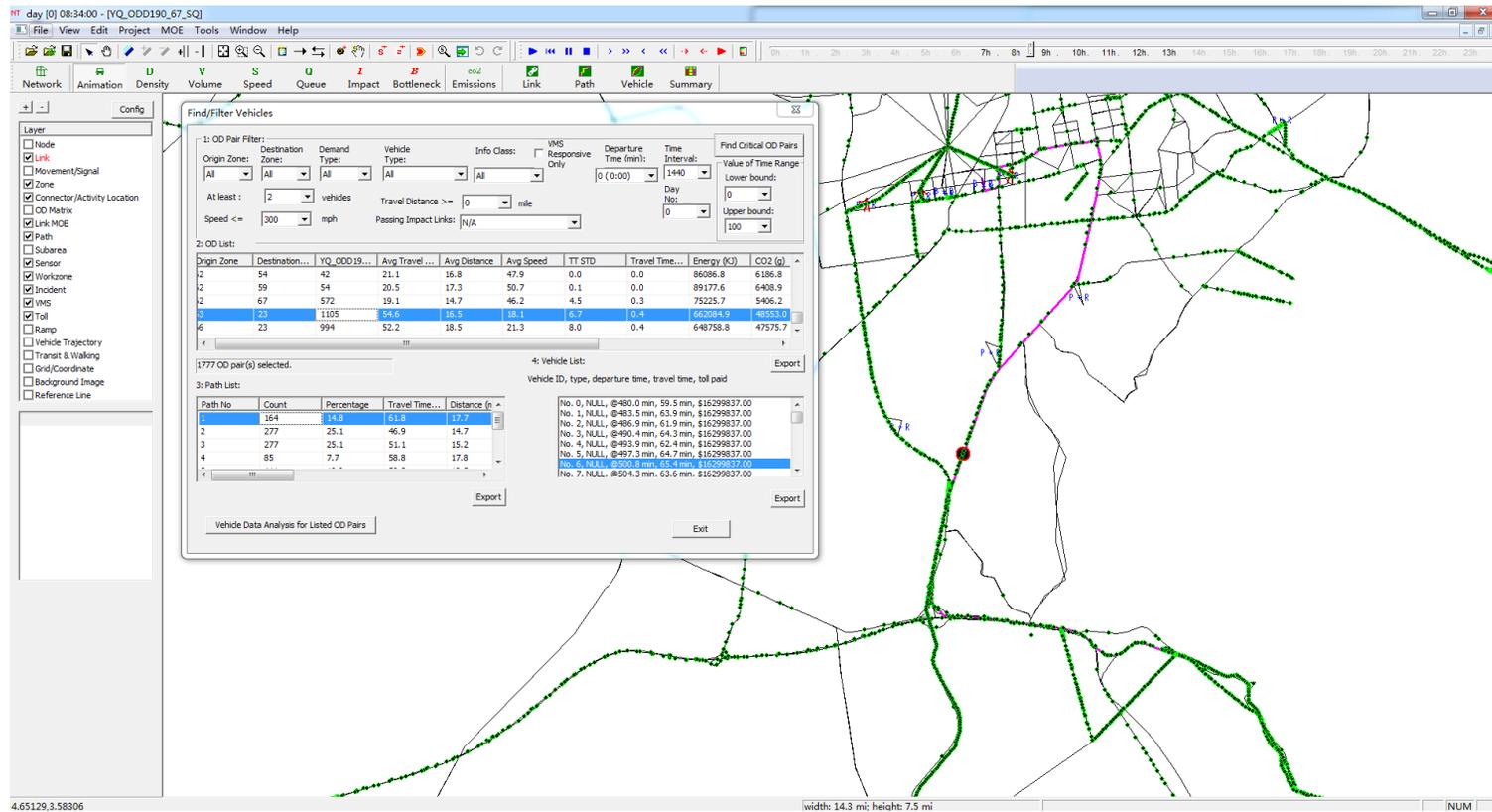
05.DTALite_原理



Zhou X. S., Taylor J.. DTALite: A Queue-Based Mesoscopic Traffic Simulator for Fast Model Evaluation and Calibration [J]. Cogent Engineering, 2014, 1(1): 961345.

B. 解决方案

05.DTALite_特点_Agent-Based Assignment



基于智能体的路径选择模型：

1. 从起点小区到终点小区之间有多组活动地点 (Activity Location) 映射关系。

2. 每辆模拟车辆具有单独的时间价值 (假设服从对数正态分布形式) 和信息价值。

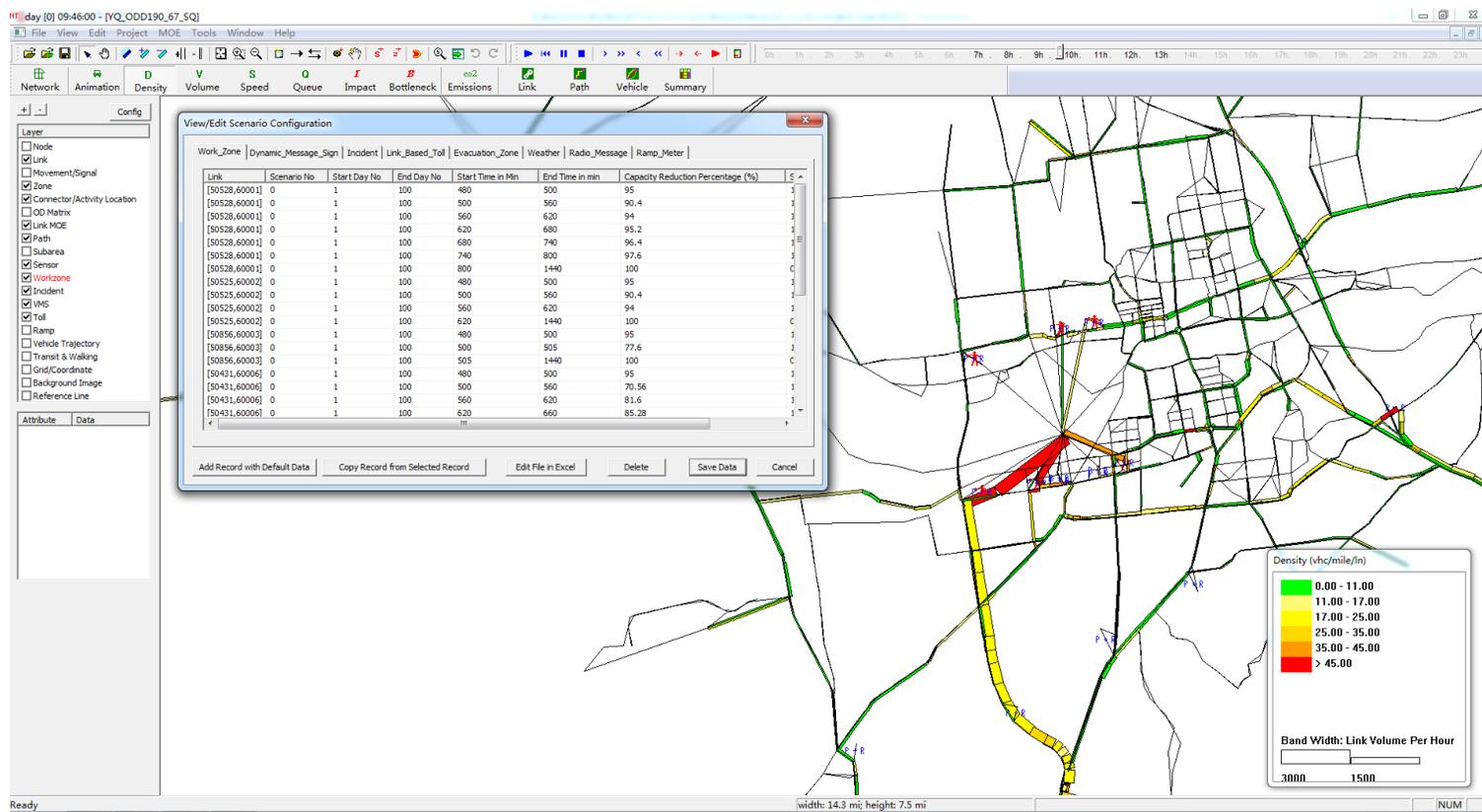
3. 每个智能体均具有多维度的出行决策，

- 不同的起点、终点、出发时间和路线；
- 不同的需求类型 (低承载车辆SOV、高承载车辆HOV、卡车等)
- 不同的出行目的类型 (基于家的工作出行HBW、基于假的其他出行HBO、非基于家的出行NHB)；
- 不同的交通控制类型 (允许/不允许进入指定区域或使用某路段的出行)
- 不同的信息类型 (历史信息Historical、出行前信息Pre-Trip、途中信息En-Route等)
- 独立的效用函数 (时间价值、可靠性价值、安全价值等)；
- 每个智能体单独执行路径选择算法，并可通过每次迭代调整起点、终点、出发时间和路线间的关系。

当然，也支持Zone-Based Assignment! 14

B. 解决方案

05.DTALite_特点_Multi-Senarios Management



多场景管控方案：

可预测事件

1. 施工区 Workzone
2. 可变信息版 VMS
3. 天气 Weather
4. 匝道控制 Ramp Meter
5. 广播信息 Radio Message (D2D Learning)

不可预测事件

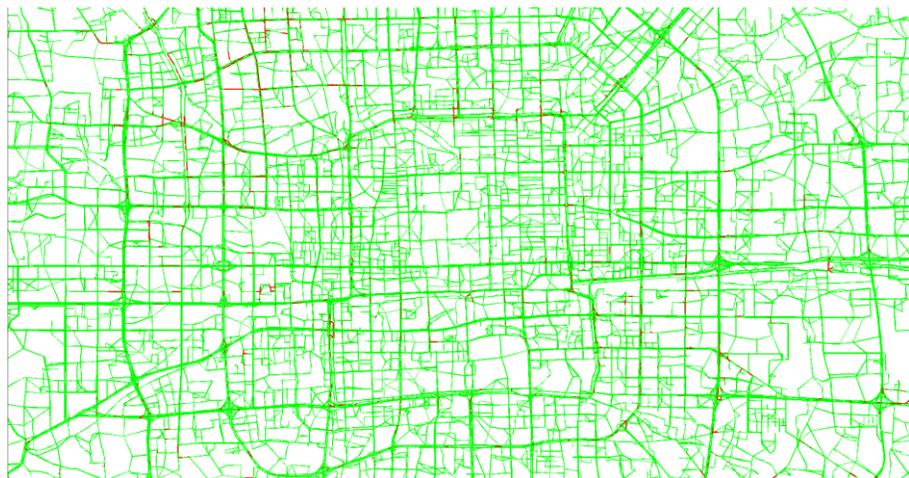
1. 交通事故 Incident
2. 应急疏散区域 Evacuation Zone (D2D Learning + Break)

收费

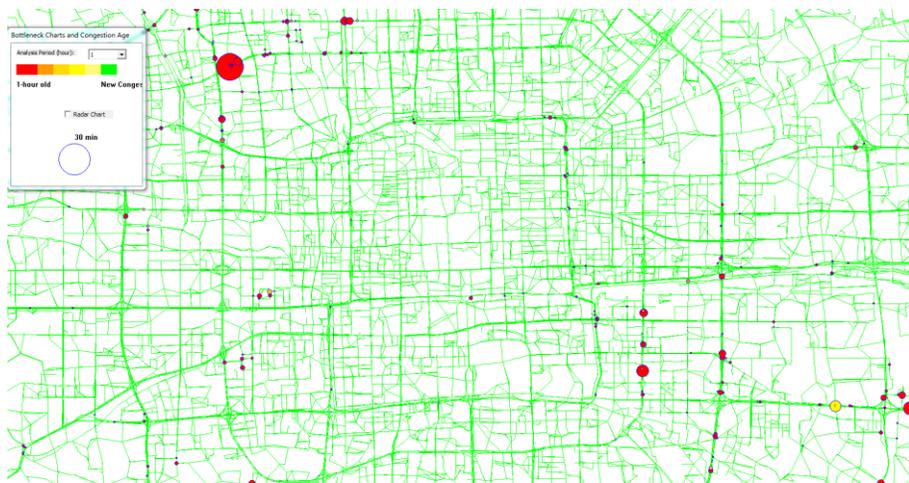
1. 基于路段的收费 Link based Toll

B. 解决方案

05.DTALite_特点_Visualization

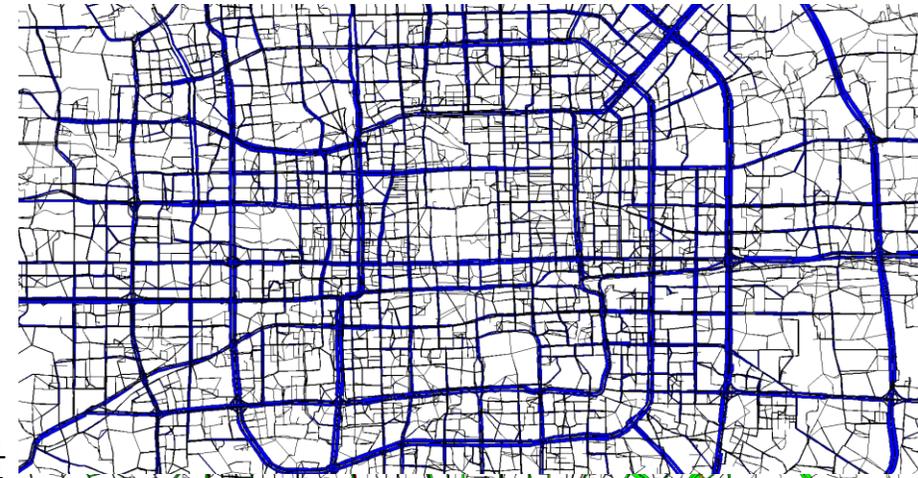


排队

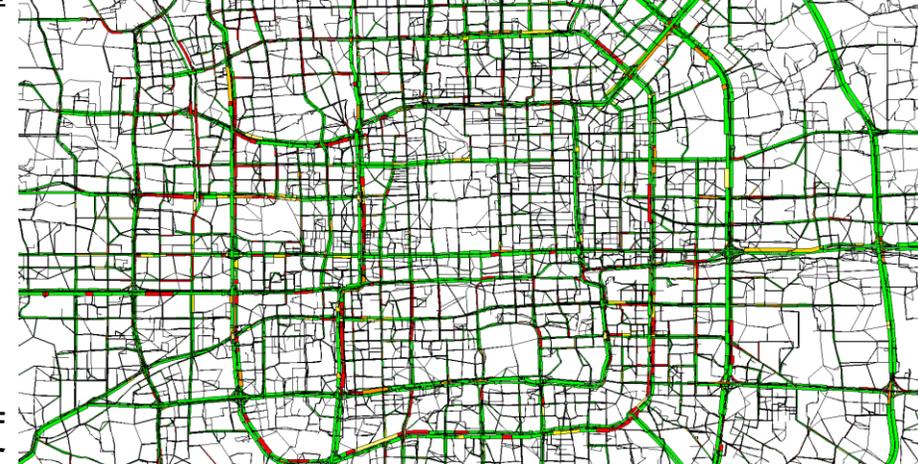


瓶颈点

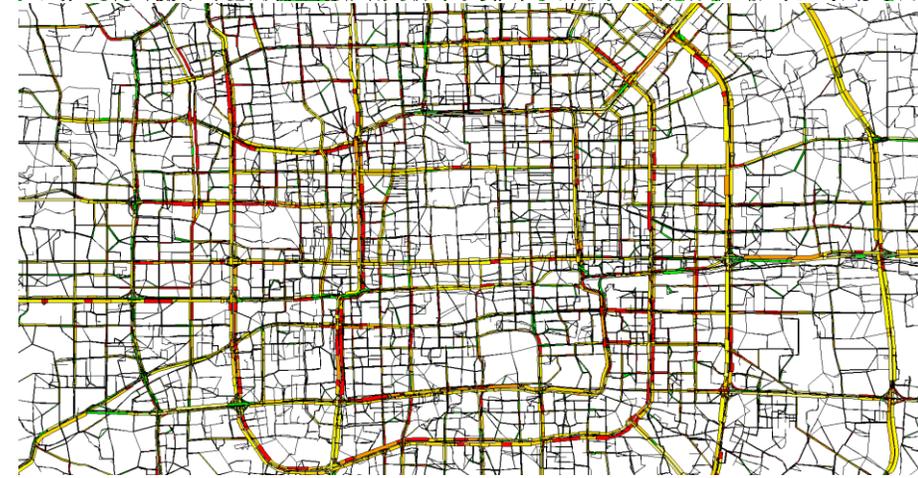
流量



速度

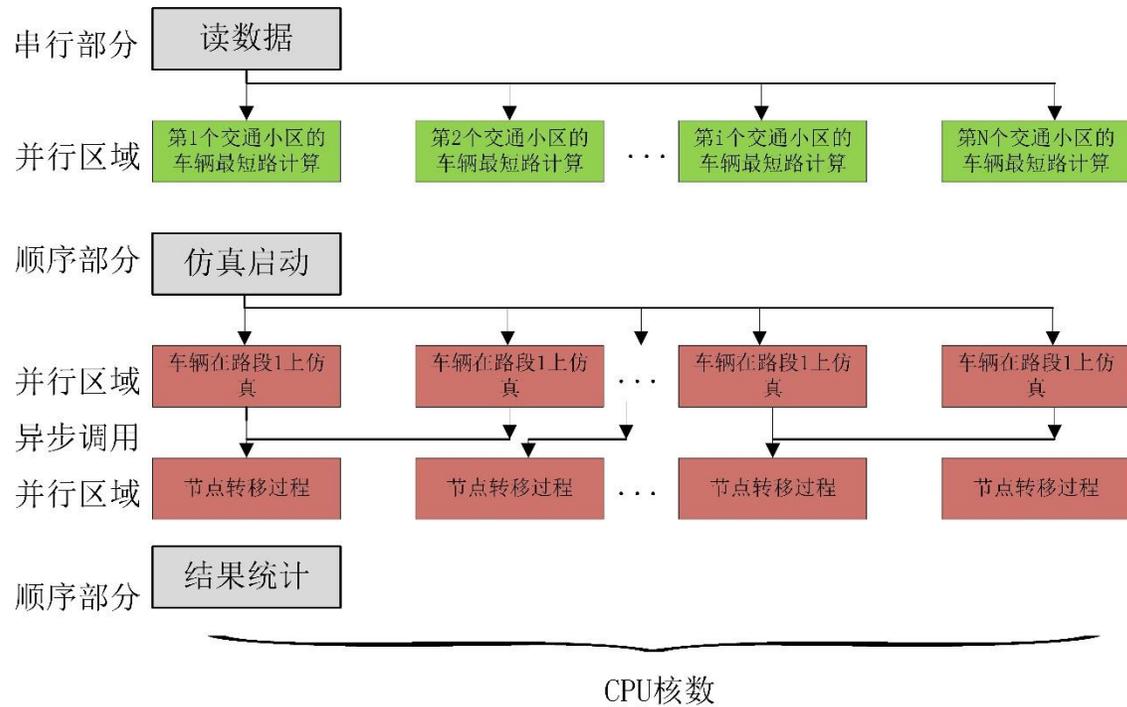


密度

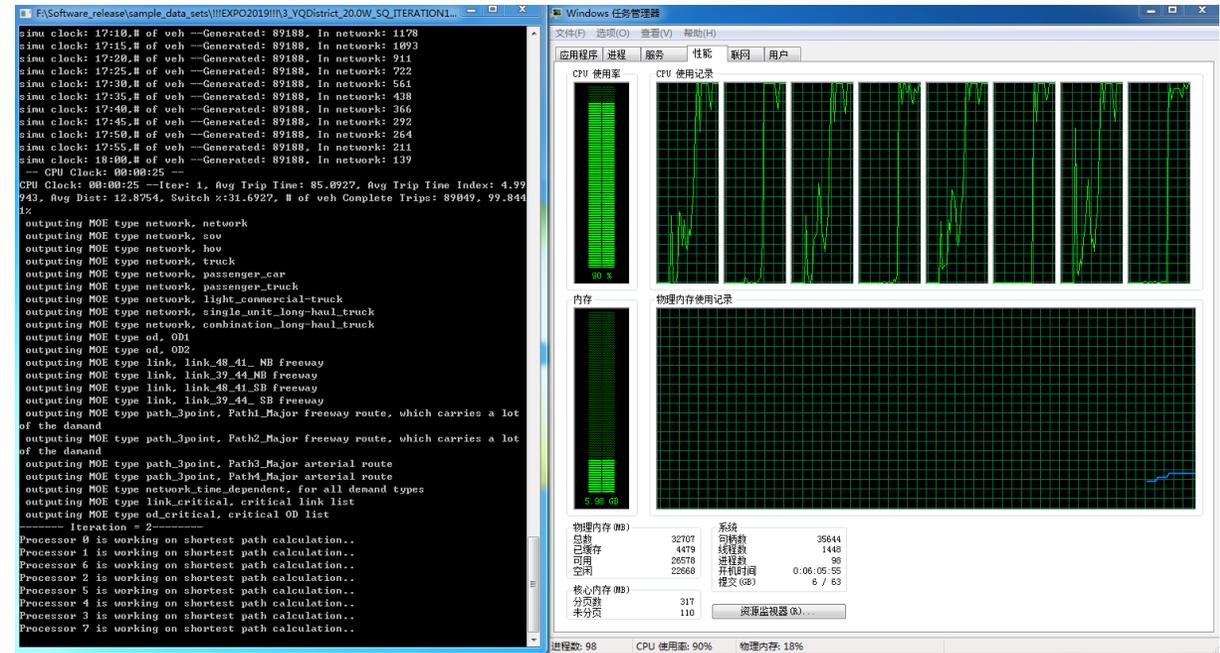


B. 解决方案

05.DTALite_特点_Multi-threads Computing

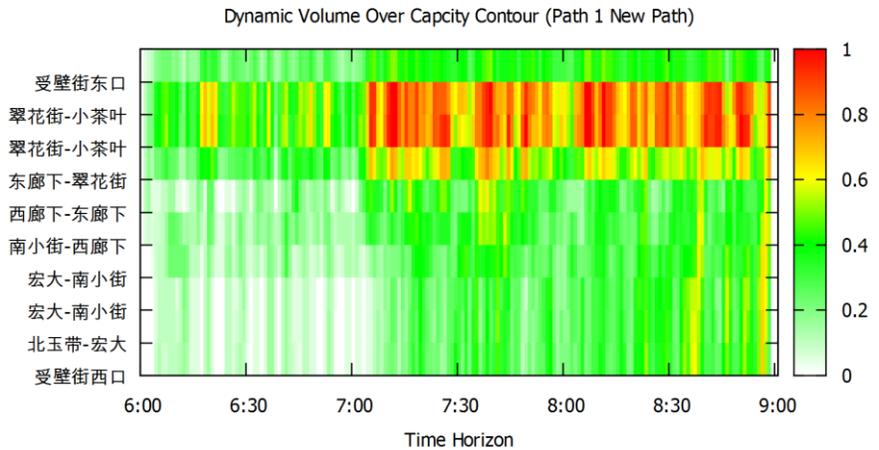
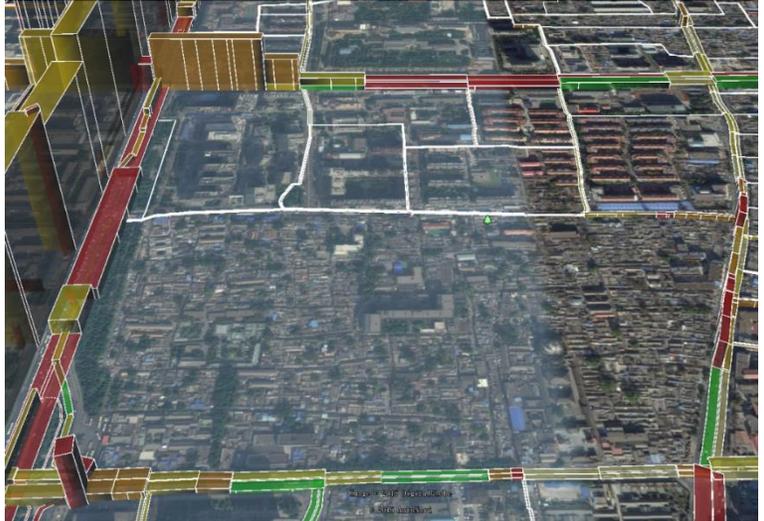
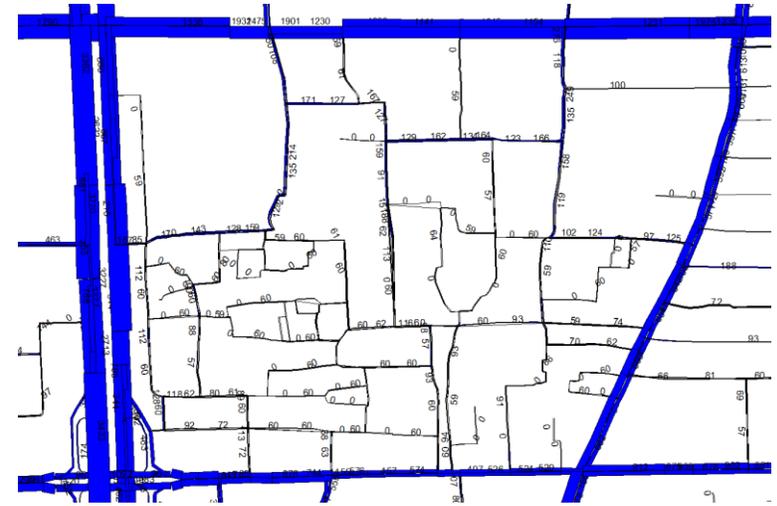
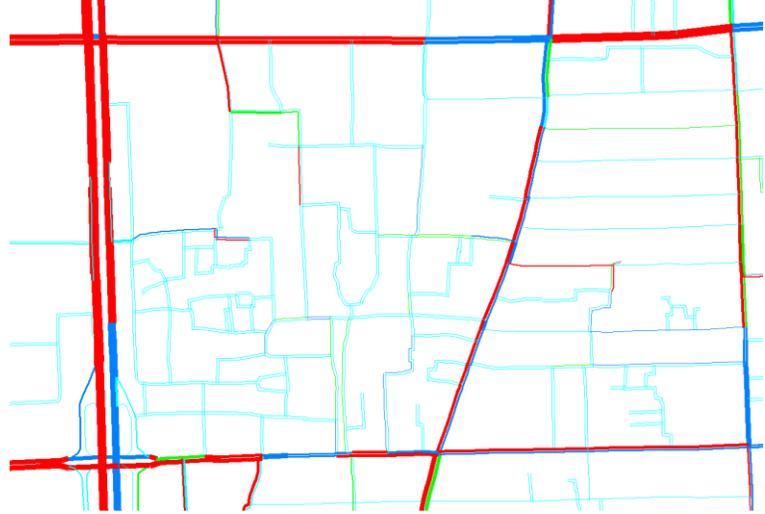


多线程计算



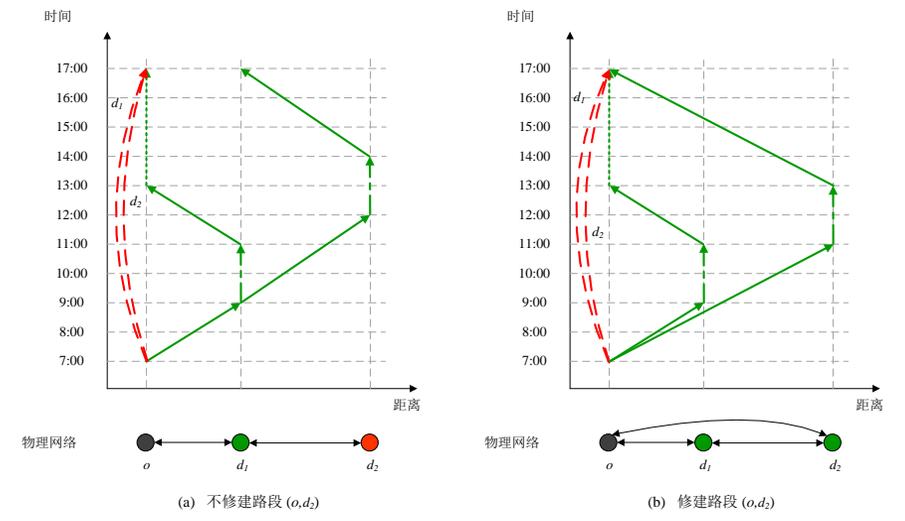
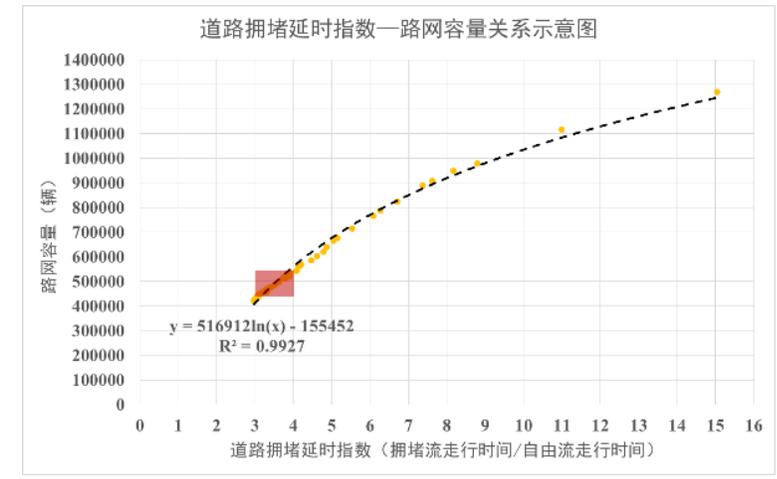
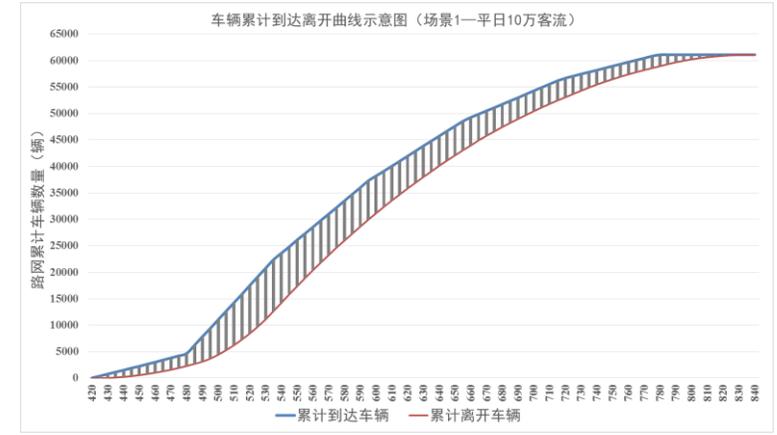
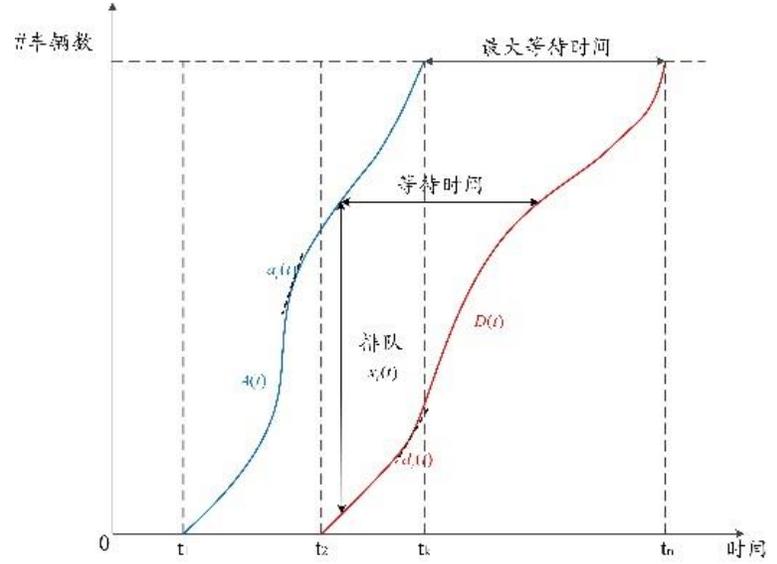
C.应用实践

01.区域交通改善



C.应用实践

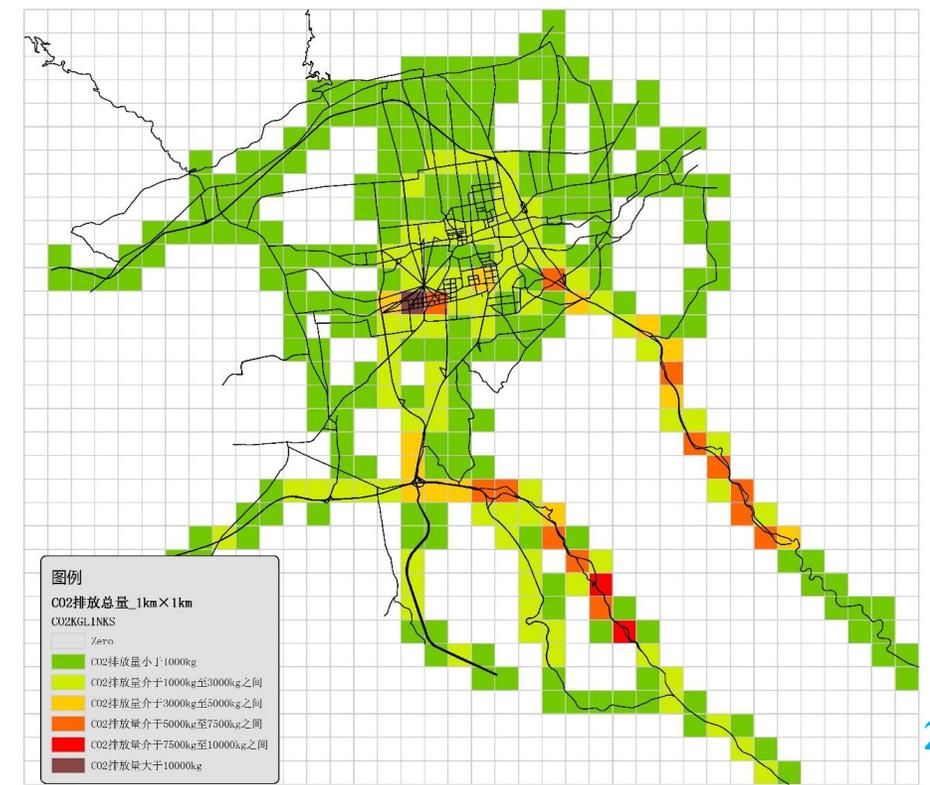
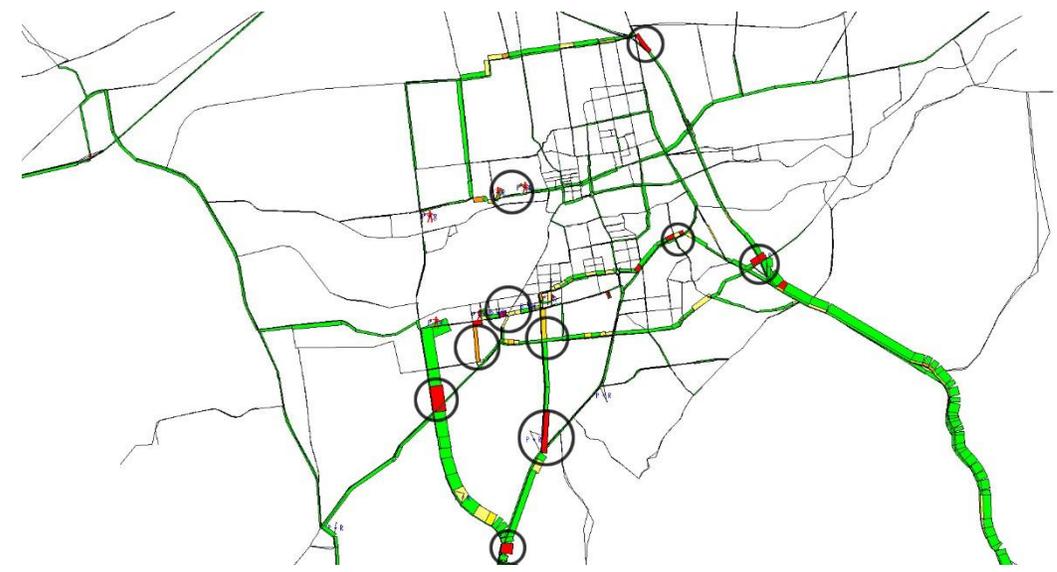
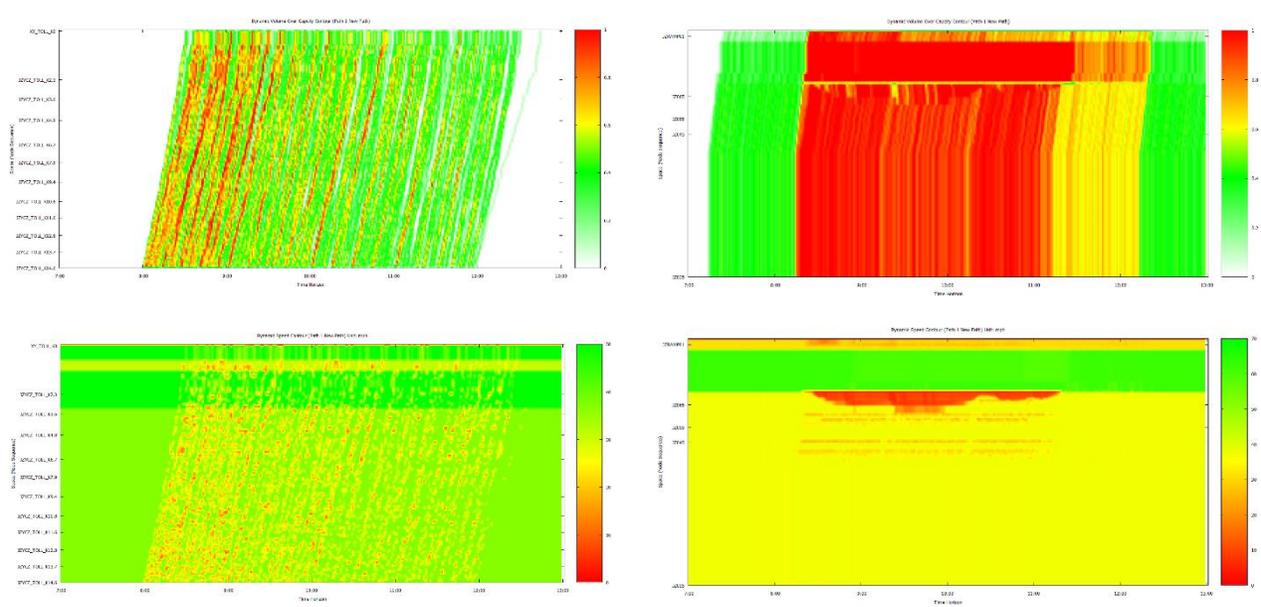
02.广义路网容量计算



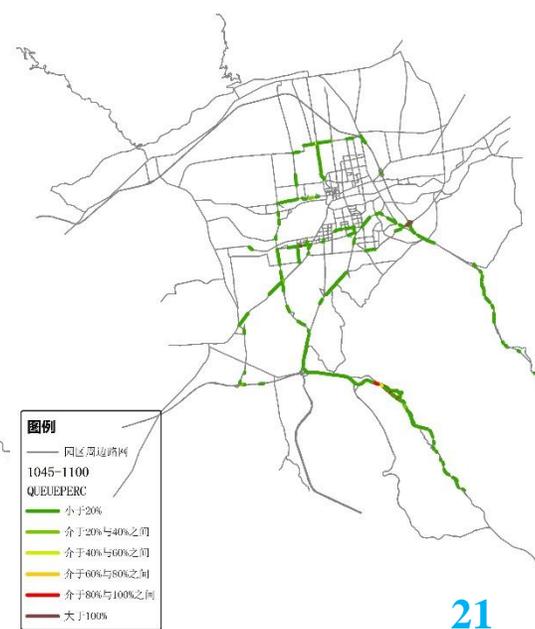
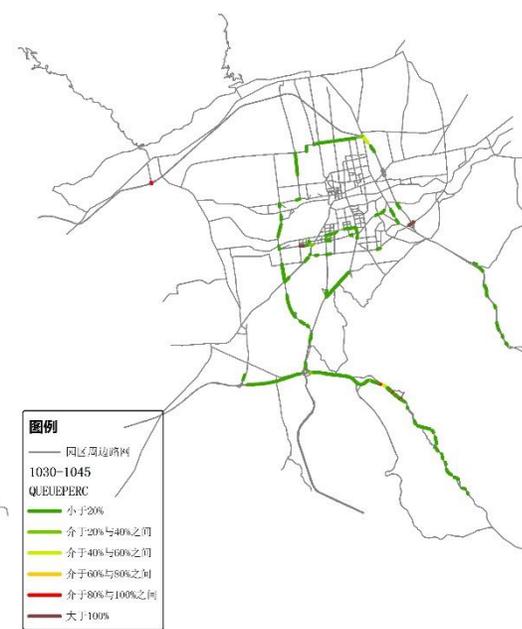
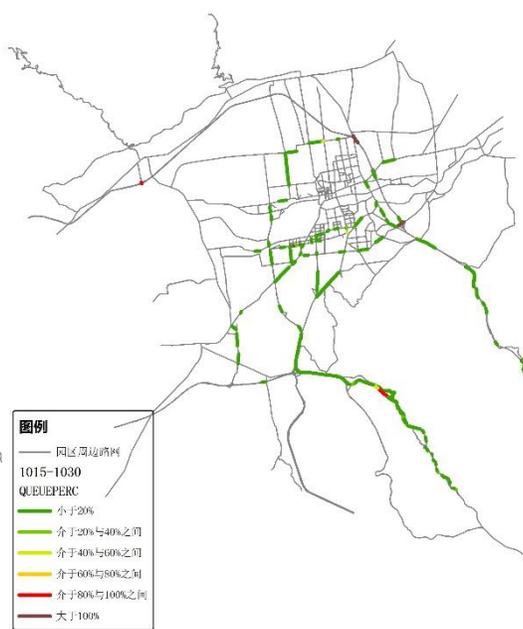
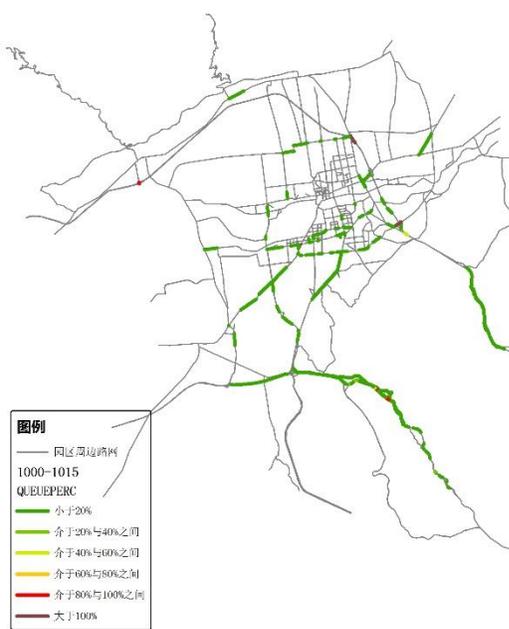
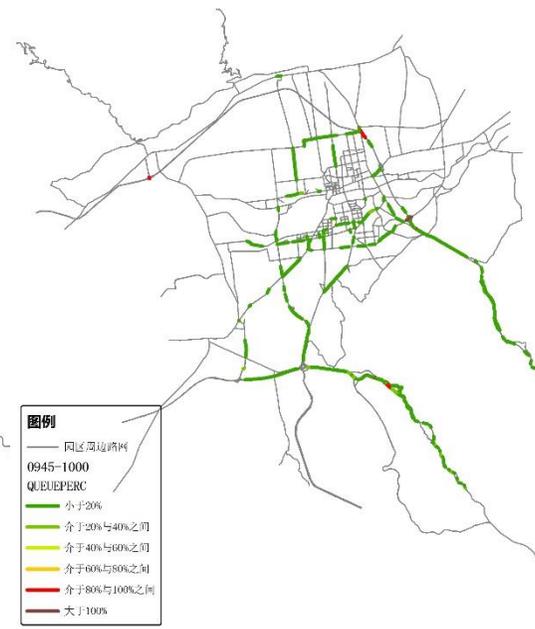
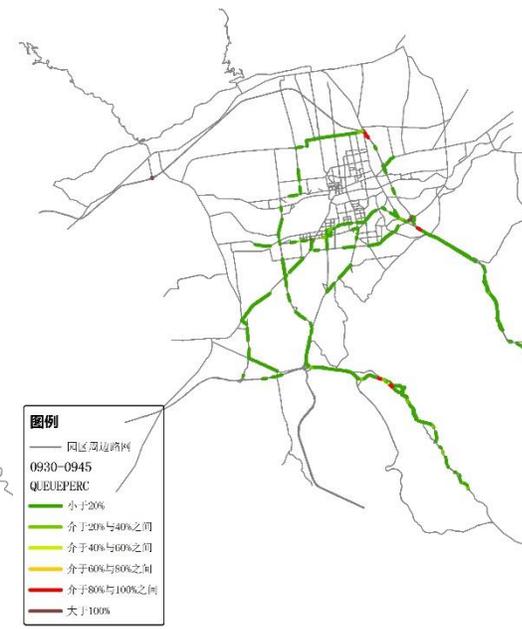
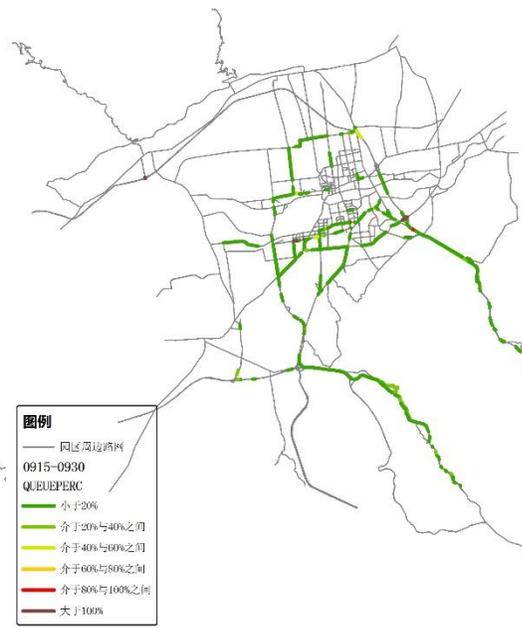
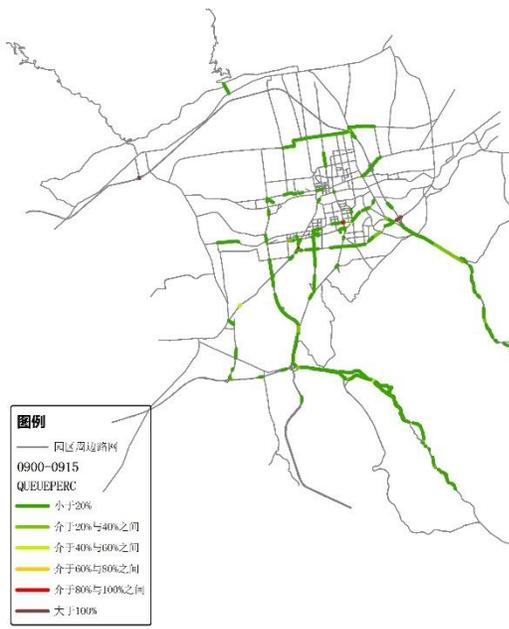
iteration	29
CPU Clock: 01:21:34 --	
total_road_traveling_cost_cx_pie_x	30745
dual_resource_price_pie_y	176
LR_relaxed_objective_function_value	30588
UpperBound =	30611
# of Links to be build =	10
relative gap =	0.075
Link 50220 -> 50550: Price = 44.183304 Usage = 397	17541
Link 50057 -> 50067: Price = 10.416669 Usage = 1487	15490
Link 50172 -> 50173: Price = 20.961906 Usage = 436	9139
Link 50061 -> 50172: Price = 24.283325 Usage = 298	7236
Link 50067 -> 50057: Price = 4.639606 Usage = 1344	6236
Link 50173 -> 50172: Price = 6.530551 Usage = 758	4950
Link 50550 -> 50220: Price = 20.797705 Usage = 68	1414
Link 50508 -> 50173: Price = 1.271913 Usage = 1054	1341
Link 50057 -> 50508: Price = 1.095784 Usage = 607	665
Link 50172 -> 50061: Price = 13.683650 Usage = 36	493

C.应用实践

03.大型活动与特殊事件交通保障



停车场类型	小汽车交通方式						公共交通方式				停车换乘方式			
	P1	P2	P3	P6	P7	SUM	P4	P5	P8	SUM	P9	P10	P11	SUM
停车位供给	1200	1200	2800	3680	5520	14400	900	750	530	2180	960	960	960	2880
停车位需求	1181	951	2853	3649	5563	14197	482	598	269	1349	992	932	940	2864
停车场利用率	98.4%	79.3%	101.9%	99.2%	100.8%	98.6%	53.6%	79.7%	50.8%	61.9%	103.3%	97.1%	97.9%	99.4%
停车场分时段使用情况														
08:00-08:30	33.9%	14.5%	30.7%	31.5%	15.0%	23.9%	20.1%	21.1%	20.8%	20.7%				
08:30-09:00	32.7%	14.3%	28.4%	21.5%	22.9%	23.9%	18.9%	19.4%	19.0%	19.1%				
09:00-09:30	20.1%	10.7%	11.9%	16.3%	15.7%	15.1%	13.1%	13.0%	13.4%	13.1%				
09:30-10:00	10.2%	19.9%	10.0%	18.1%	16.4%	15.3%	12.0%	11.7%	11.5%	11.8%				
10:00-10:30	2.0%	25.1%	9.5%	11.6%	16.3%	13.1%	11.0%	11.2%	11.9%	11.3%				
10:30-11:00	1.2%	15.5%	9.5%	1.0%	13.7%	8.7%	9.3%	8.5%	8.2%	8.7%	12.8%	12.4%	10.9%	12.0%
11:00-11:30							8.3%	7.9%	8.2%	8.1%	45.0%	41.7%	43.9%	43.5%
11:30-12:00							7.3%	7.2%	7.1%	7.2%	45.5%	43.0%	43.1%	43.9%



C.应用实践

04.恶劣天气应急规划

2-中心城总出行 [↙]	C50P [↙]	C100P [↙]	C67P [↙]	C33P [↙]	P100P [↙]	
PCU 总量(万辆) [↙]	183.61(69.8%) [↙]					
地面公交和巴士比例(%) [↙]	10.6 [↙]					
PCU 平均时间损耗(分钟) [↙]	141.3 [↙]	239.6 [↙]	142.5 [↙]	81.9 [↙]	48.5 [↙]	
PCU 时间价值损耗(亿元) [↙]	7.138 [↙]	12.100 [↙]	7.201 [↙]	4.133 [↙]	2.445 [↙]	
旅客时间价值损耗(亿元) [↙]	高 [↙]	44.030 [↙]	74.678 [↙]	44.456 [↙]	25.519 [↙]	15.083 [↙]
	中 [↙]	33.503 [↙]	56.823 [↙]	33.827 [↙]	19.417 [↙]	11.477 [↙]
	低 [↙]	22.976 [↙]	38.968 [↙]	23.197 [↙]	13.315 [↙]	7.870 [↙]
平均时间价值损耗(元) [↙]	388.7 [↙]	659.0 [↙]	392.2 [↙]	225.1 [↙]	133.2 [↙]	
累计油耗损失(亿元) [↙]	4.387 [↙]	7.438 [↙]	4.424 [↙]	2.542 [↙]	1.504 [↙]	

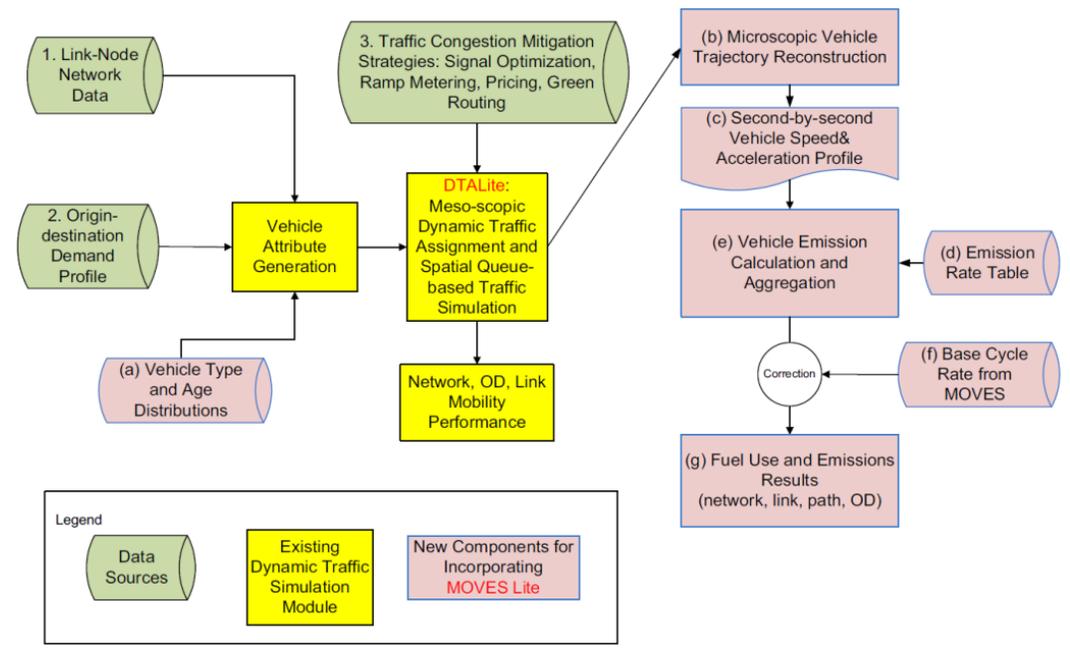
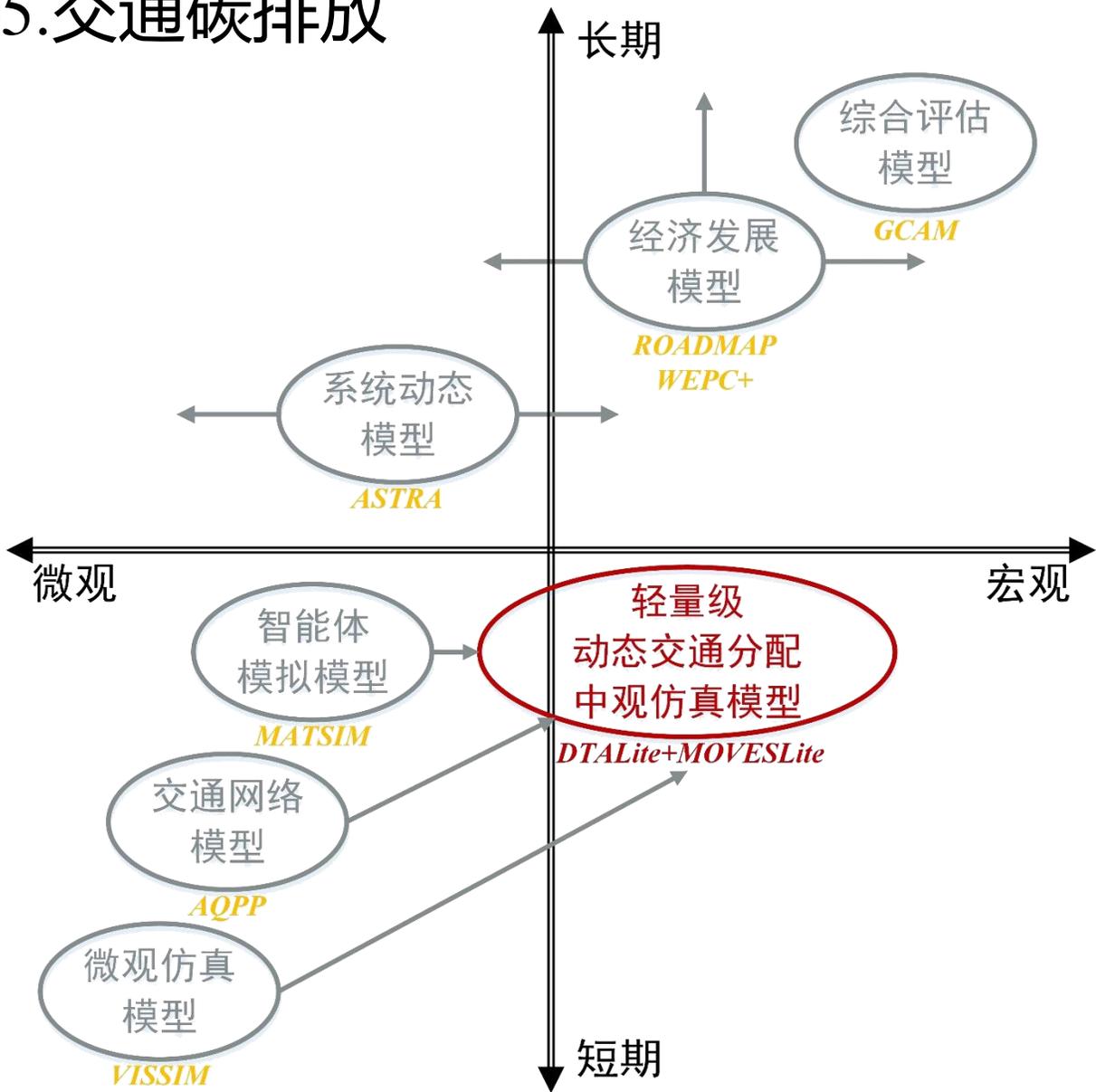


AGENTID	FROMZONEID	TOZONEID	STARTTIME	VOT	DISTANCE	TLOSS_C50P	TLOSS_C100P	TLOSS_P100P	LOSS_C50P	LOSS_C100P	LOSS_P100P
0	53	106	900	93	5.8	6.9	10.8	3.3	8.6	13.4	4.1
1	1032	1028	900	186	5.1	5.7	8.9	2.7	14.1	22.1	6.7
2	1756	1800	900	31	4.3	5	7.9	2.4	2.1	3.3	1
3	293	191	900	124	17.7	12.9	20.2	6.2	21.3	33.4	10.2
4	782	788	900	93	7.2	10.6	16.6	5	13.1	20.5	6.2
5	675	674	900	93	3.5	4.7	7.3	2.2	5.8	9.1	2.8
6	717	1416	900	62	8.1	8.7	13.7	4.2	7.2	11.3	3.4
7	1337	1385	900	31	12.1	10.3	16.1	4.9	4.2	6.6	2
8	142	294	900	124	4.9	5.5	8.6	2.6	9	14.1	4.3
9	112	170	900	93	12.6	9.7	15.2	4.6	12	18.8	5.7
10	1205	1337	900	31	25.1	14	22	6.7	5.8	9.1	2.8
11	72	595	900	31	14.5	12.3	19.3	5.9	5.1	8	2.4
12	1071	1070	900	62	3.7	4.8	7.5	2.3	4	6.2	1.9
13	652	648	900	124	8.9	10.2	16	4.9	16.9	26.5	8.1
14	1127	1132	900	186	6.3	7.5	11.7	3.6	18.6	29.1	8.9
15	94	546	900	31	7	7.2	11.2	3.4	3	4.6	1.4
16	388	592	900	186	5.5	6.6	10.3	3.1	16.3	25.5	7.8
17	510	512	900	6.2	5.6	6.5	10.1	3.1	0.5	0.8	0.3
18	542	52	900	62	6.3	6.7	10.5	3.2	5.5	8.7	2.6
19	406	404	900	124	3.8	4.9	7.7	2.3	8.1	12.7	3.9
20	531	608	900	93	8.7	8.8	13.7	4.2	10.9	17	5.2



C.应用实践

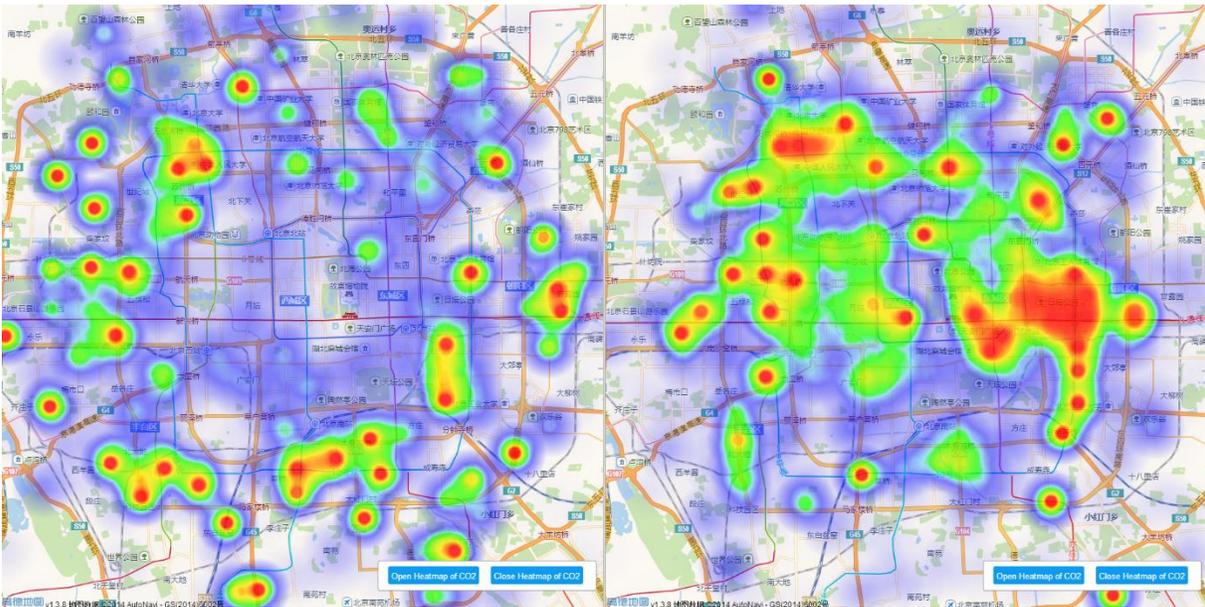
05.交通碳排放



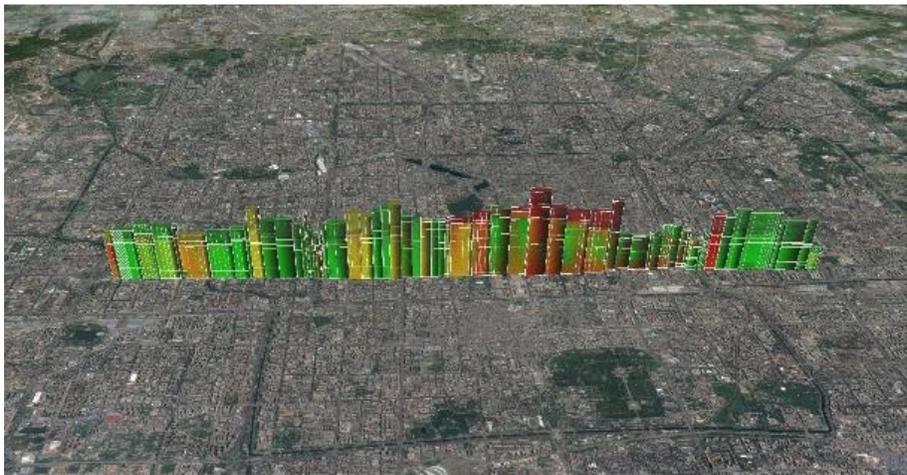
DTALITE+MOVESLITE

- (1) 依据车辆类型和驾龄生成模拟智能体
- (2) 计算动态用户均衡下时变最短路
- (3) 利用运动波模型和简化线性跟车模型确定逐秒车辆轨迹
- (4) 计算排放量

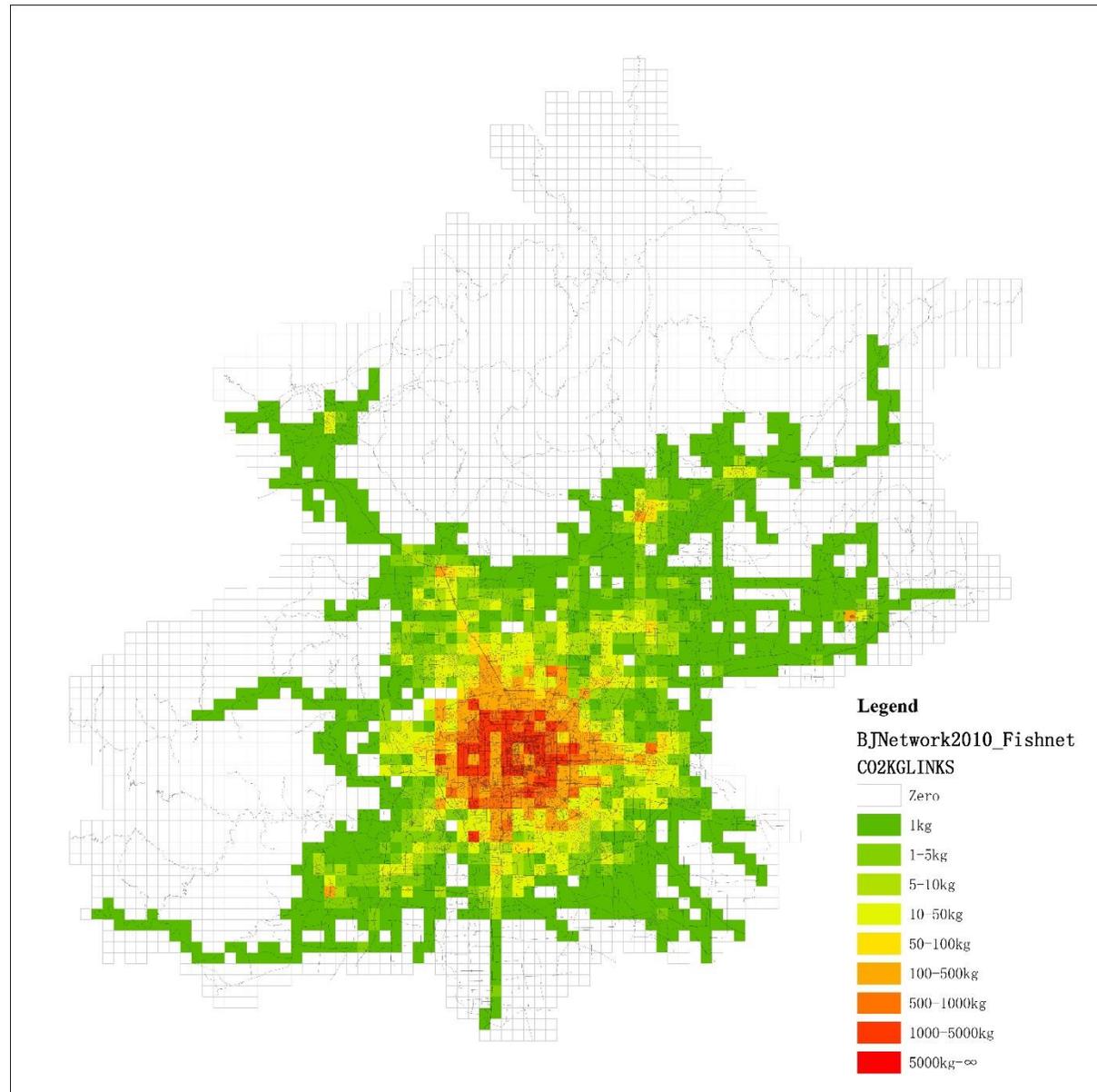
需结合各城市标定详细参数!



0-12时碳排放总量热力分布, 2级-四环视角
(基于高德地图,左-产生,右-吸引)



长安街(西三环→东三环方向)碳排放量
Google Earth时空关系(红色-低速;绿色-常速)



2km×2km栅格路段碳排放聚合

D.机遇与挑战

01.发展方向

A.交通模型制度保障

促进交通规划与多学科之间理念与方法、理论与实践、数据与软件间的无缝对接；需培养或培训更加全面的新型交通模型人才。

B.模型检验与校准

路段密度、立交桥/复杂路段处理、混行交通流特性、驾驶行为特性、排放/安全参数等。

C.时变OD反推与预测

完善静态宏观模型，由Trip-Based向Activity-Based！完善HIS扩样方法，由Sampling向Synthesis！完善总量规模、空间分布、时间分布、终点选择、方式选择等的建模方法！

D.控制与最短路同时优化

多参数联合优化！

E.提升计算效率

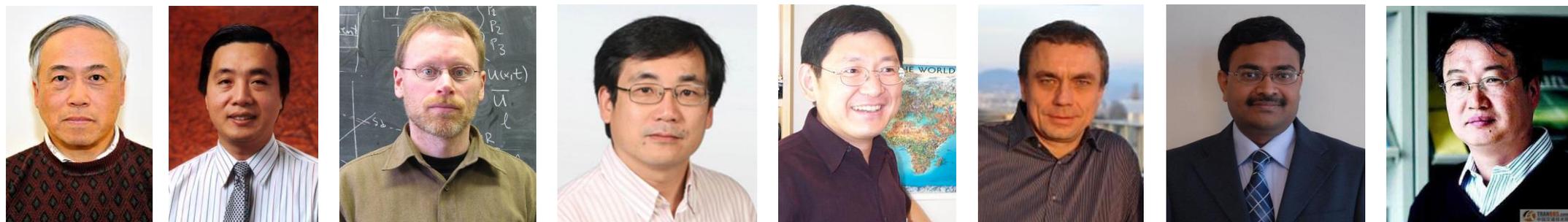
如何借助企业大型服务器或云平台，如何满足规划行业数据安全保密要求？

F.模型扩展

由全日模型(Within-Day)过渡到逐日模型(Day-to-Day)、长期演化模型(Long-Term Evolution)，整合更多的交通系统参与者，如货运、物流、能源、环境、土地利用等，需考虑无人驾驶车辆、远程办公等未来发展趋势。

D. 机遇与挑战

02. 学术致敬



谢谢大家！