

城市计算：从理论体系到产业实践

演讲人：郑宇 教授、博士

IEEE Fellow, ACM杰出科学家

京东集团副总裁、京东智能城市研究院院长

国家重点研发计划项目首席科学家、总负责人

<http://urban-computing.com/yuzheng>

城市计算理论体系 (Urban Computing) - 17年的学术积淀

以数据为中心构建



提炼共性问题和方法论

即时反控长效反馈

时空数据挖掘关键技术

海量时空数据管理

时空查询、时空索引+分布式计算

时空AI

时空属性建模、多源数据融合

Urban Computing



Yu Zheng

国际第一本教材
麻省理工学院出版

设立城市计算硕士
学位方向

Urban
Computing 和时
空数据挖掘两个领
域Google学术排
名世界第一

IEEE Fellow



雄安城市计算中心

多年实践、多地实战

世界眼光、国际标准、高点定位、中国特色

2018

2019

2020

2021

2022

雄安新区 块数据平台



雄安，千年大计智慧城市标杆，“智能城市操作系统”为雄安构建**城市数据底座**

南通 市域治理现代化指挥中心



全国首个市域治理现代化指挥中心，“七大核心功能”打造治理现代化南通样板

宿迁 市域治理现代化指挥中心



中小城市的**样板点**，创新应用的**试验田**

北京 京办 协同办公



为首都打造**智慧城市大底座**，**政府办公强协同一网统管总入口**

2023

上海 普陀区城市运行中心



“一流城市要有一流治理”
城市计算方法论助力
普陀城运中心**实时感知申城脉动**

芜湖 “城市大脑”



以**城市计算理论**和**五网融合**思想形成自己独具特色的城市治理新模式

大同 新型智慧城市



打造五网融合、**互联互通、兼容开放、不断迭代**的数字大同

新余 城市大脑



以城市操作系统为底座，打通数字资源体系大循环、开启城市治理“**一网统管**”新局面

智能城市总体理念

智慧
应用
(变)

经济发展

基层治理

城市应急

生态环境

交通管理

信息流转三屏联动

虚实映射数字孪生

智慧
基础
体系
(定)

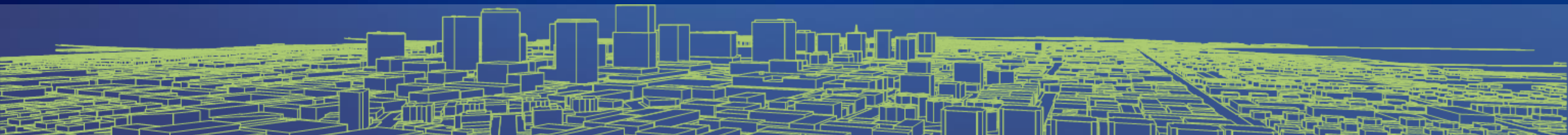
城市治理一网统管

政府运行一网协同

政务服务一网通办

城市数据一网共享

城市状态一网感知



信息流转、三屏联动

信息流转的方式、行动一致性的保障

虚实映射、数字孪生

物理世界和信息系统的桥梁、人机协同的界面

城市治理一网统管

打通治理系统的中台、管理全域的中心

政府运行一网协同

办公系统的中台和应用入口

政务服务一网通办

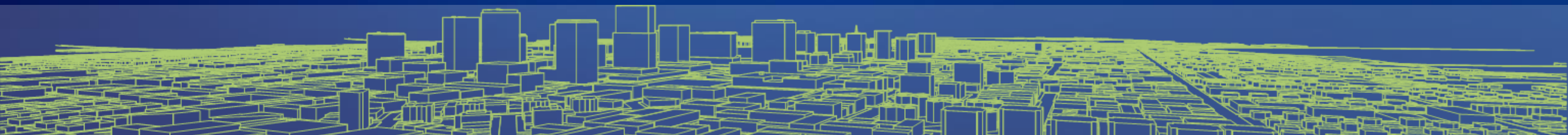
政务服务的入口、参与城市治理的通道、改善民生的窗口

城市数据一网共享

智能城市的数字基石、创新应用的数智底座

城市状态一网感知

掌握城市状态的五官、产生城市数据的源头



城市感知的内容

感知内容的标准化



人流量

- 交通枢纽人流量
 - 地铁人流
 - 公交人流
 - 机场人流
- 职住场所人流
 - 社区人流
 - 酒店人流
 - 园区人流
- 公共区域人流
 - 商圈人流
 - 景区人流
- 重大活动人流
 - 出入口人流
 - 场内人员密度
 -



交通流

- 公共交通
 - 公交车
 - 地铁
 - 轻轨
 - 高铁
 - 飞机
- 私人交通
 - 共享单车
 - 出租车
 - 网约车
 - 专车
 - 私家车
- 运输
 - 物流车
 - 垃圾车
 - 危化品车
- 特种运输
 - 救护车
 - 警车
 - 消防车
 -



环境

- 空气质量
 - SO₂、CO、O₃
 - PM₁₀、PM_{2.5}
- 气象
 - 温度、湿度
 - 降水
 - 雨
 - 雪
 - 风
 - 风向
 - 风速
- 水质
 - 含氧量
 - 含氮量
 - PH值
- 遥感
- 噪声
- 土壤
- 垃圾

公共安全

- 自然灾害
 - 台风
 - 洪水
 - 地震
 - 积水
 - 干旱
 - 高温
 - 积雪
- 人为灾害
 - 偷窃
 - 抢劫
- 意外风险
 - 地面塌陷
 - 火灾
 - 积水
 - 井盖是否盖住
- 舆情
 - 热点事件
 - 民众投诉
 - 政策评价



能耗

- 水
 - 居民用水
 - 企业用水
- 电
 - 家庭用电
 - 照明用电
 - 工业用电
- 气
 - 居家燃气
 - 交通加气
 - 企业用气
- 热
 - 居民家庭供暖
 - 写字楼供暖
 - 企业功能
 - 学校供暖
- 油
 - 汽油
 - 柴油
 - 煤油

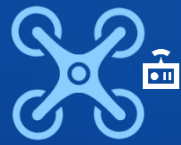


经济

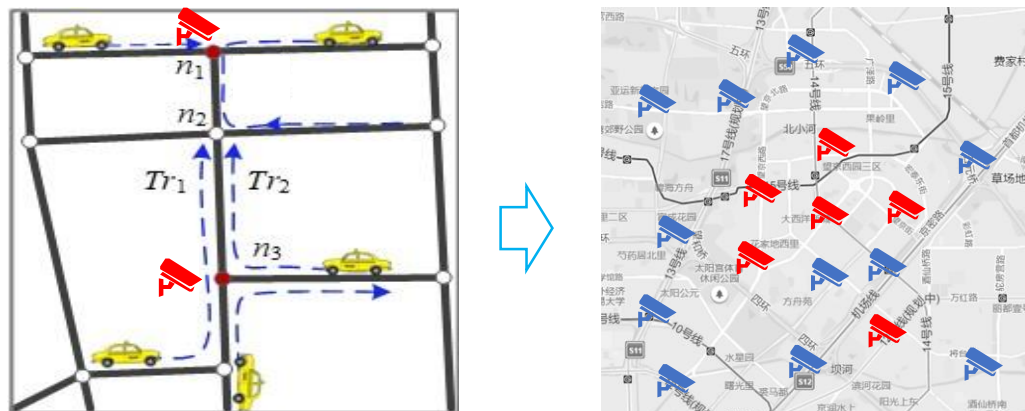
- 消费
 - 线上购物
 - 生鲜
 - 粮油
 - 家电
 - ...
 - 线下消费
 - 商超
 - 文旅
 - 医疗
 - ...
- 税收
 - 个人所得税
 - 消费税
 - 增值税
 - 关税
 - 房产税
 - ...
- 产值
 - 企业产量
 - 物品销量

城市感知的模式

感知手段的体系化

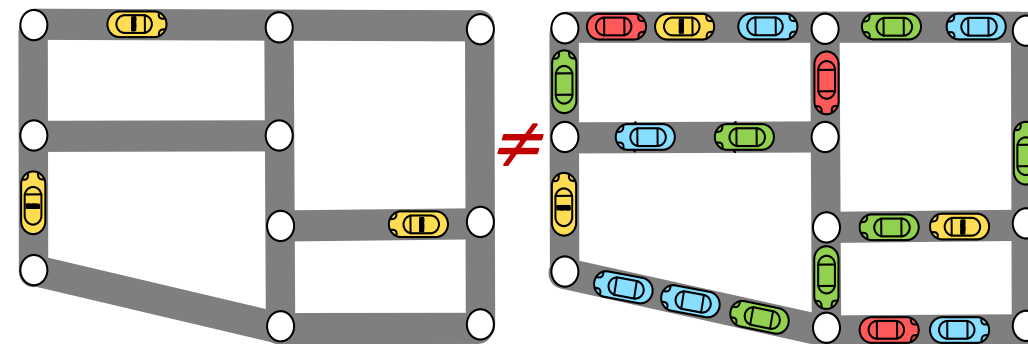
以  传感器 为中心的感知		以  人 为中心的感知（城市群体感知）	
 空气质量站点	 水质监测点	 车载空气质量传感器	 车载位置传感器
 交通摄像头	 气象站点	 共享单车传感器	 无人机传感器
 固定感知		 移动感知	
		 公交地铁刷卡	 手机信令
		 APP应用报点	 WIFI探针
		 主动上报12345事件	 随手拍上报交通违章情况
		 健康宝签到	 任务打卡
		 被动群体感知	 主动群体感知

Resource Allocation



Charging Station Selection for Electrical Vehicles

Biased Sample

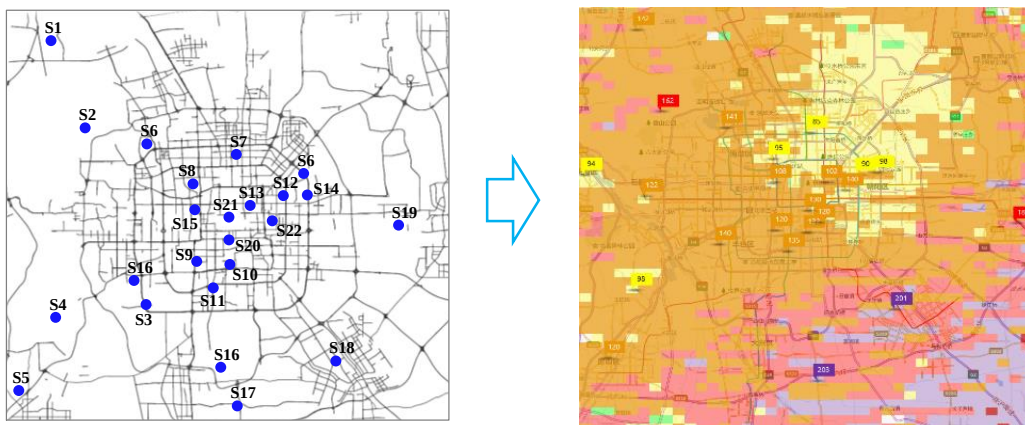


Taxi Flow



Overall Traffic Flow

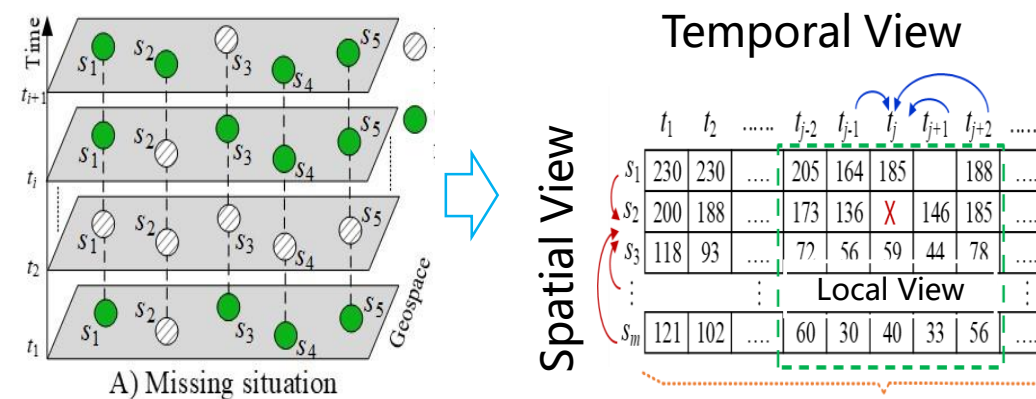
Data Sparsity



Limited Air Quality Sensor

Fine-Grain Air Quality

Data Missing

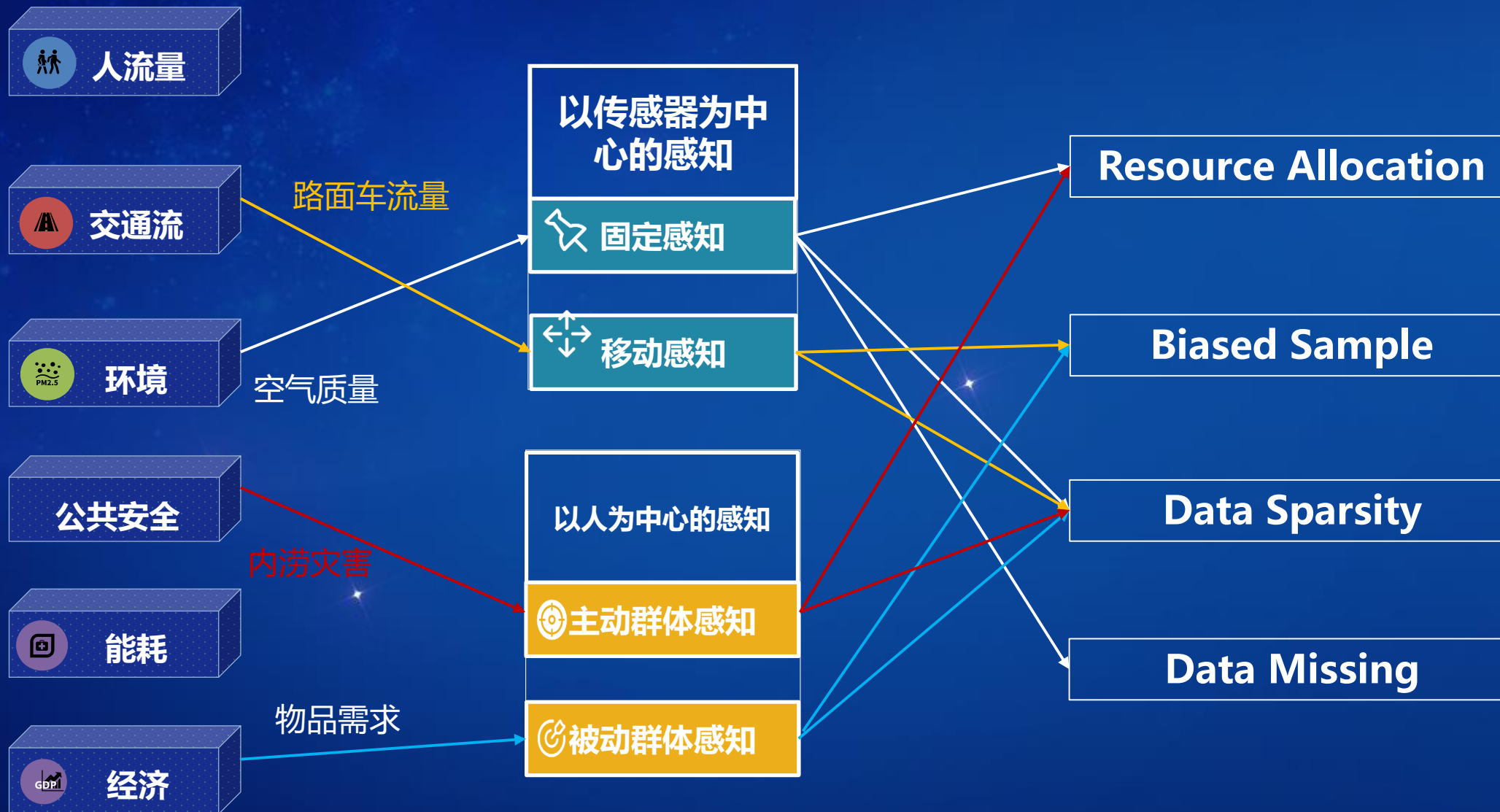


Communication Failure/ Device Error

感知内容

感知手段

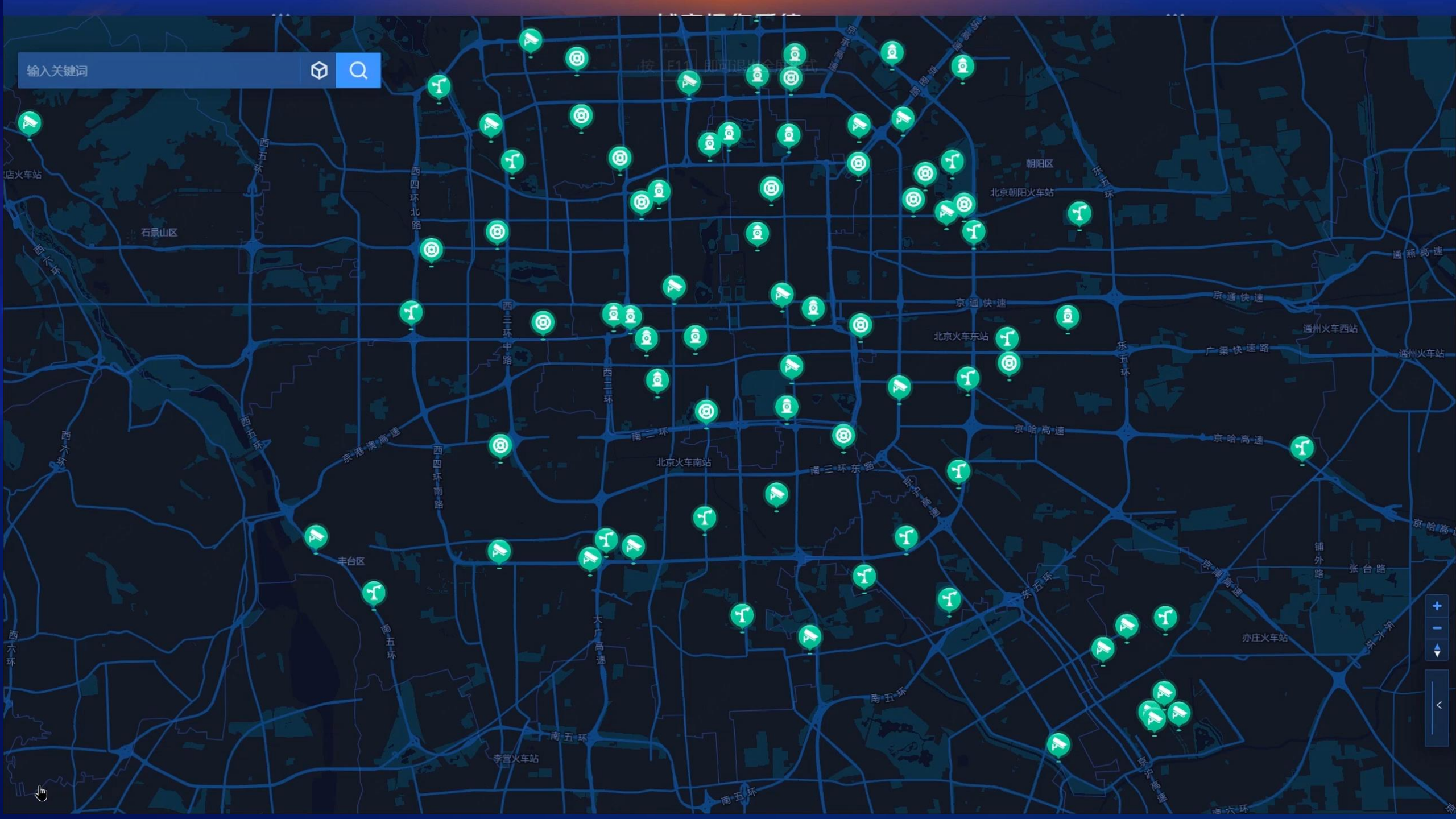
技术挑战



输入关键词

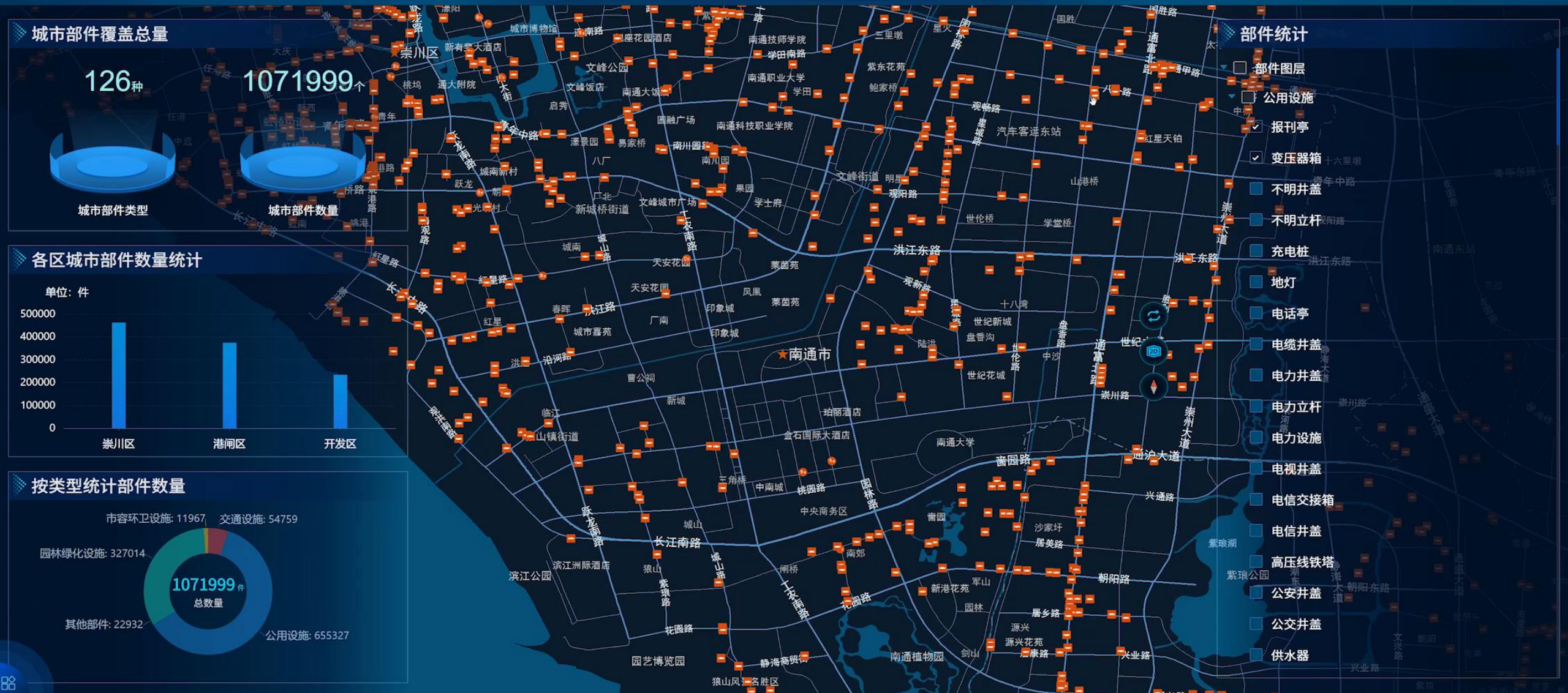


按 F11 即可退出全屏模式









交通一张图

数字交通-综合交通



公路里程数
18758 公里



铁路里程数
372 公里



航道里程
9230 公里



航线数量
(国内+国际)
48 条

数字交通-绿色交通



在线充电桩数量

82 ↑



公交车实时数量

2201 辆

数字交通-平安交通



非法营运执法案件

44 ↑



超载超限执法案件

1 ↑

数字交通-信用交通

企业守信名单

业户名称

信用等级

- | | |
|----------------|-----|
| 南通飞鹤快速客运有限公司 | AAA |
| 南通文峰外事旅游汽车有限公司 | AAA |
| 江苏长运交通运输南通有限公司 | AAA |

数治交通-监测预警



两客一危实时数量

4784 辆



出租车实时数量

1023 辆



船舶实时数量

11675 艘

数治交通-运行分析



月度货运量

1971.45 万吨



月度客运量

525.19 万人

全行业数据“汇一图” 全时空监测“看一图” 全样本决策“用一图”

1百万 IOT 设备
100K 摄像头

以传感器为中心的固定感知

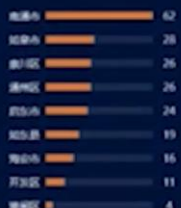
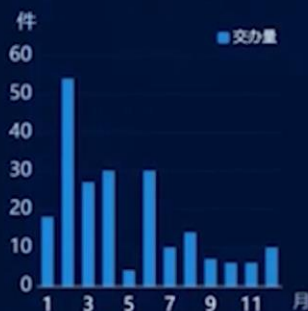
9356 出租车、卡车、网约车
11,675 传播

以传感器为中心的移动感知

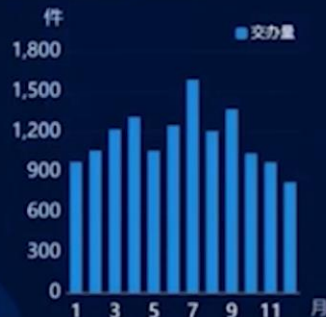
市域治理现代化指挥平台 - 社情民意一张图

上级交办 上级交办总量 14066件

国家交办(当日)	互联网+假借	国家政务服务
0件	148件	68件
国家交办(累计)	互联网+监督	国务院电子政务办
216件	0件	0件



省平台交办(当日)	省12345平台	好差评
3件	13734件	116件
省平台交办(累计)		
13850件		



广纳民声

聚焦民意

响应民情

惠及民心

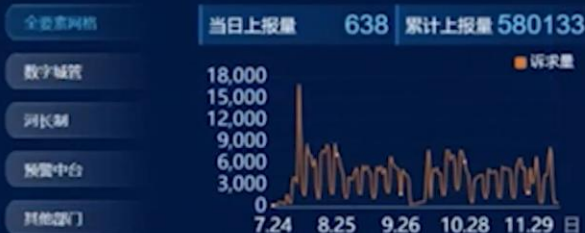
本年度上报总量 1053578件

联动上报

联动上报总量 1033754件

部门联动平台

部门联动平台上报总量 709004件



上报详情	时间
3 草坪里有黄色塑料袋	12/14
4 农家宴检查	12/14
5 交通标志牌脱落	12/14
6 绿化维护	12/14

政务热线平台

政务热线上报总量 324311件



上报详情	时间
3 咨询寅阳镇停电何时来电	12/14
4 咨询恒大什么时候来电	12/14
5 关于地铁施工的问题	12/14
6 关于噪音扰民的问题	12/14

紧急联动平台

紧急联动平台上报总量 439件

110热线	当日	累计量	119热线	当日	累计量	120热线	当日	累计量
	2	439		0	0		0	0

网络渠道

网络汇聚总量 5758件

南通百通APP	微渠道	
APP服务量 (件)	微信 (件)	微博 (件)
146	4855	426

全媒体			
网站(件)	邮件(件)	短信(件)	好差评(件)
59	8	148	116

网络话题

正面	【时来运转】泥料：家藏老紫泥 容量：280cc 此...
2020-12-14 10:09:47	来源：新浪微博
正面	【苏州东吴医院】「苏州肠道病医院」「苏州肛肠...
2020-12-14 10:09:42	来源：新浪微博
正面	#网上重走长征路#在教学中坚持把“四史”教育...
2020-12-14 10:09:41	来源：新浪微博
正面	【湖北12条新政优化高新企业认定服务 全时受理企...
2020-12-14 10:09:28	来源：新浪微博
负面	#江西服装学院##江服小海马# 2020年12月14日 ...
2020-12-14 10:10:10	来源：新浪微博
负面	//@知早发布:#带着微博去知早# Welcome to Ru...
2020-12-14 10:10:09	来源：新浪微博
负面	昨晚还在刷微博，看见别人买东西卡在里面，然后...
2020-12-14 10:10:09	来源：新浪微博
负面	转租近2号线尹山湖站保利悦都短租一个月可续...
2020-12-14 10:10:08	来源：新浪微博

1百万IOT 设备
100K 摄像头

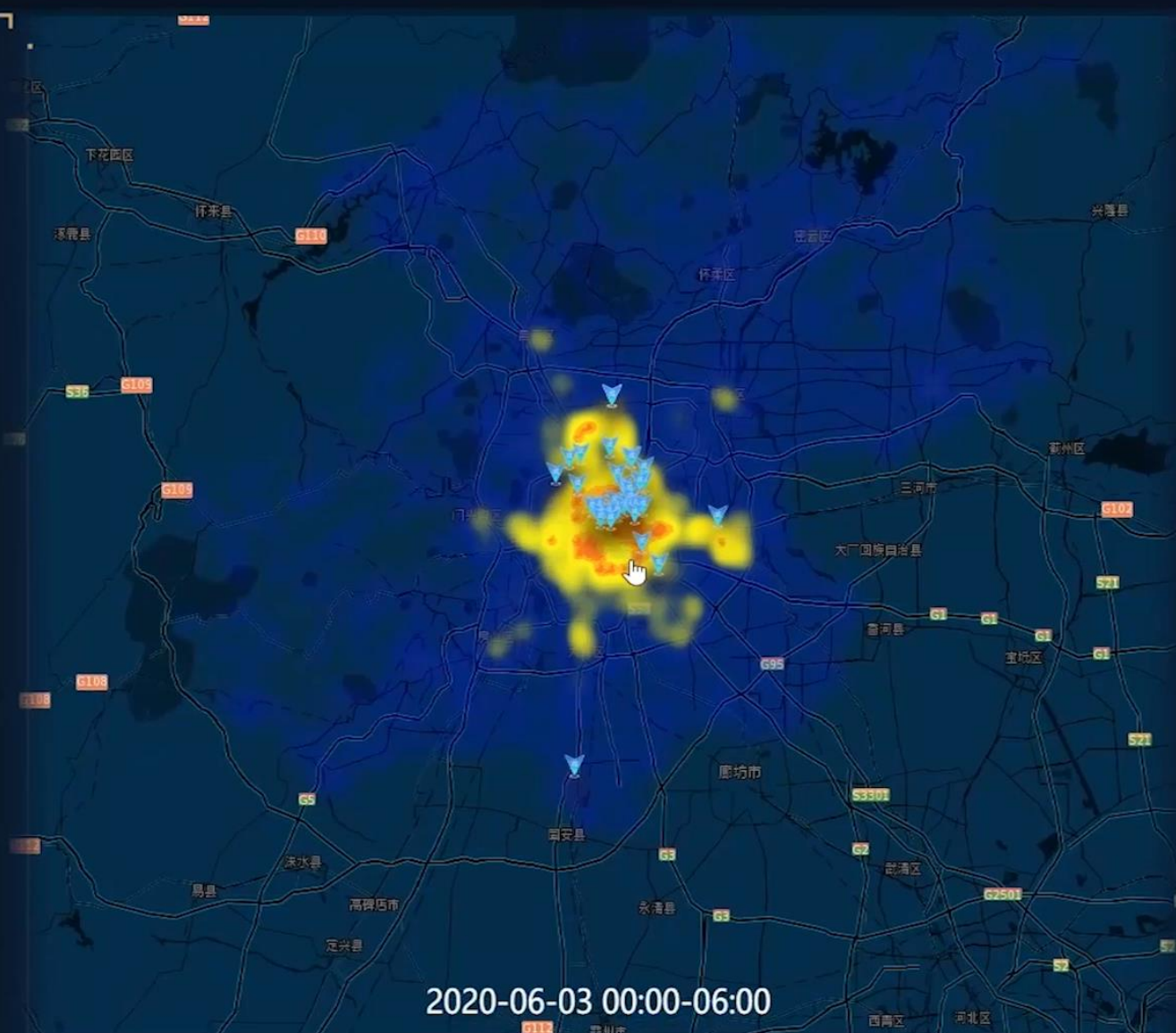
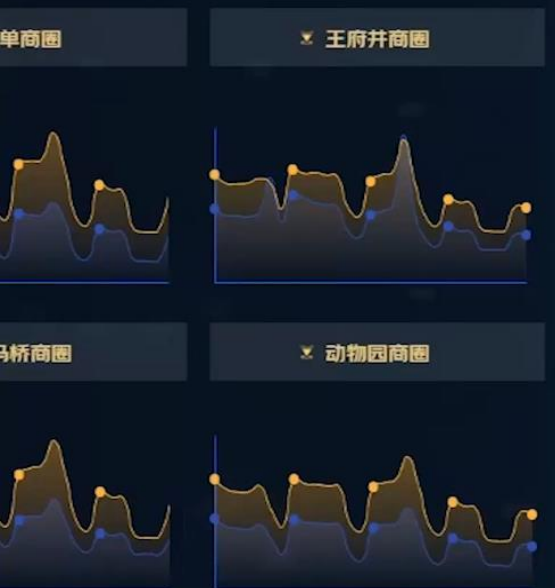
以传感器为中心的固定感知

9356 出租车、卡车、网约车
11,675 传播

以传感器为中心的移动感知

7万+网格员
数十万居民主动上报

以人为中心的主动感知



1百万IOT 设备
100K 摄像头

以传感器为中心的固定感知

9356 出租车、卡车、网约车
11,675 传播

以传感器为中心的移动感知

7万+网格员
数十万居民主动上报

以人为中心的主动感知

数十亿条
手机信令、消费支付、社交媒体

以人为中心的被动感知

城市数据一网共享

定位：智能城市的数字基石、创新应用的数智底座

理念：数据实时汇聚、高效管理、深度融合、智能分析、跨域学习

信息流转三屏联动

虚实映射数字孪生

城市治理一网统管

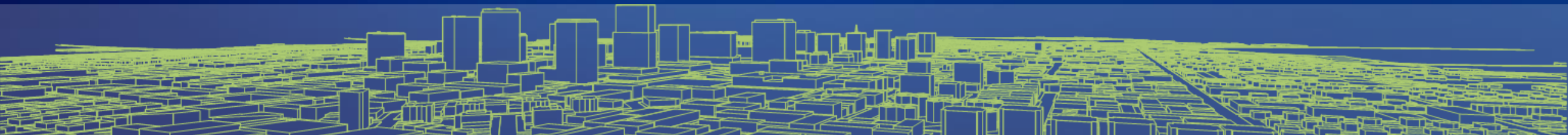
政府运行一网协同

政务服务一网通办

城市数据一网共享

城市状态一网感知

智慧
基础
体系
(定)



城市操作系统的机遇和价值



新型数据孤岛突显



赋能支撑不足



生态化缺失

城市数据极大丰富、政府需要管理和利用好数据生产要素

数据被列为第五生产要素
(土地、劳动力、资金、技术)



我们**不是**脑和中枢

智能城市操作系统

我们**不是**云

我们**不是**系统集成

应用
程序



交通大脑



环境大脑



智慧城管

...

操作
系统



Windows

智能城市操作系统

硬件
基础
操作

PC机



云基础
设备



全域感知

搭建全域数据感知的高速通道、实现复杂网络下，多源异构数据的实时汇聚，全域感知。



高效管理

以六种时空数据模型、归类万千数据，100+倍时空数据查询管理效率，快速捕获数据信息。



智能引擎

归纳应用背后智能因子、沉淀城市独特的时空算法模块，感知城市运行状况，预测城市未来

智能城市操作系统

城市操作系统是一个开放的、组件化的、标准化的集采集、存储、管理、挖掘、分析、可视化于一体的智能城市大数据AI使能平台。



互联互通

打破数据融合壁垒，实现数据不出门情况下的联合建模，实现知识共享、互联互通。



孪生视窗

物理世界的精准还原、数据的实时映射、数据分析后的指导现实世界的决策



城市知识体系

以人、地、事、物、组织为基础来构建底层标准化的数据要素体系

特色二：时空数据引擎- 海量时空数据管理

针对城市中海量时空数据（IOT设备、车辆、人流等）存在**更新频率高、数据量大、结构复杂、查询模式独特、查询效率要求高等**难点，城市操作系统提供六种标准时空数据模型和高效管理引擎，应对海量时空数据，并实现多源数据通过时空的高效聚合，支撑上层的数据分析和智能城市应用。



数据
标准

利用**六种时空数据模型**归类万千数据，可扩展性强，标准化、流水线处理数据



高效
查询

结合时空数据模型设计特定的**时空索引与分布式结合**技术实现查询效率高于业界**10-100倍**。



时空
聚合

以**时空**为维度**动态高效聚合**多源数据，高效提升城市治理能力。

特色三：时空智能引擎- 解决数据支撑赋能弱问题

针对城市治理过程中需要大规模时空预测、预警、辅助决策等需求，城市操作系统从大量智能城市应用中提炼出可复用的、面向城市应用的AI模块，如交通流量预测、人流聚集预警等，整理开放模块，使众多智能城市建设者像搭积木一样构建智能应用。



多源数据融合

智能城市业务需要融合**多维度数据（交通、人流、天气等）**背后知识，支撑精准监测预警与分析研判

Predicting Flows in Grid-based Regions



开放服务

开放模型和AI服务能力，助力第三方开发者快速搭建应用。

Urban Big Data Analytics -General Framework

Raw ST Data

Data Transformation

Applicable Datasets

Model Selection

ST-AI models

Deployment

Applications



POI



Road Networks



trajectories

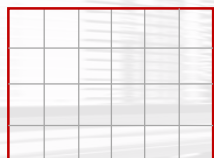
ST Point-Based Data



ST Sequential Data



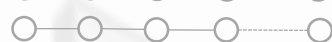
ST-Grid Based Data



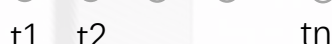
ST Network-Based Data



p1

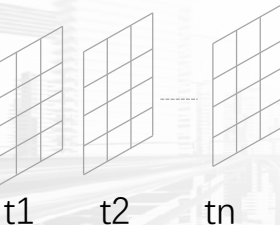


pm

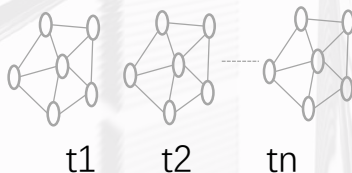


t1 t2 tn

l1 l2 ln

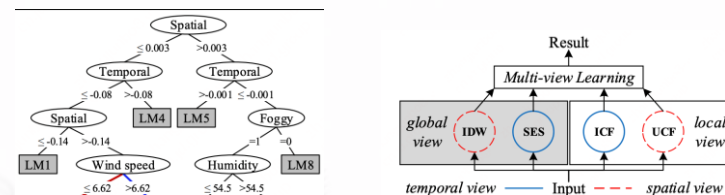


t1 t2 tn

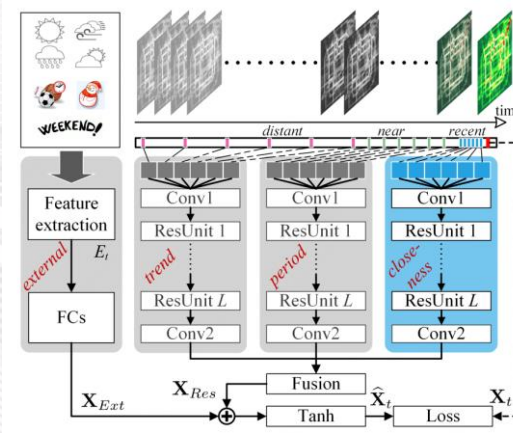


t1 t2 tn

ST Feature Engineering+ small machine learning models



ST Deep Neural Networks



Tasks

Forecast

Anomaly detections

Fill missing values

Predictions

Recommendations

Ranking

Scheduling

⋮

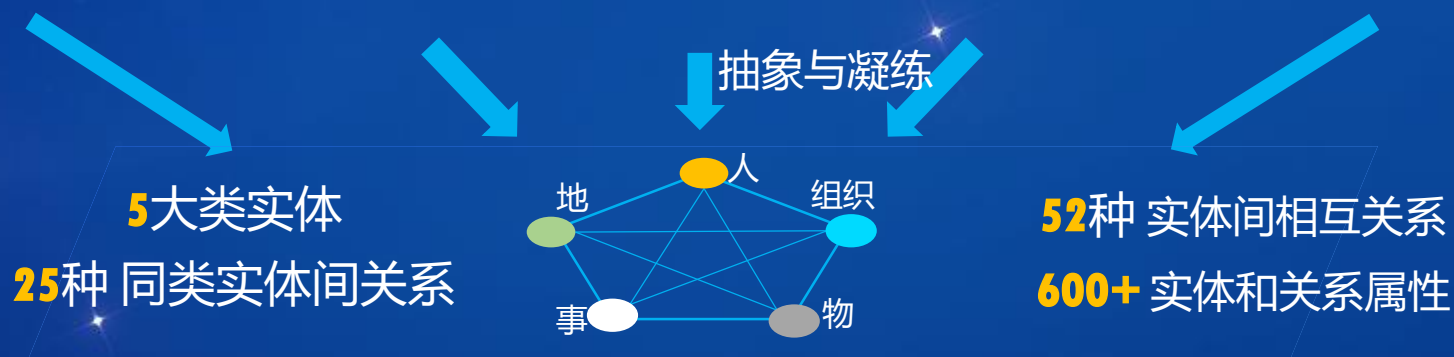
城市知识体系

通过对城市业务的解构、抽象和凝练，以**人、地、事、物、组织**五类实体和实体间关系及其相关属性为基础，来**组合表达**智慧城市中的各种应用，并构建底层**标准的数据要素体系**，相当于智慧城市业务的元素周期表。

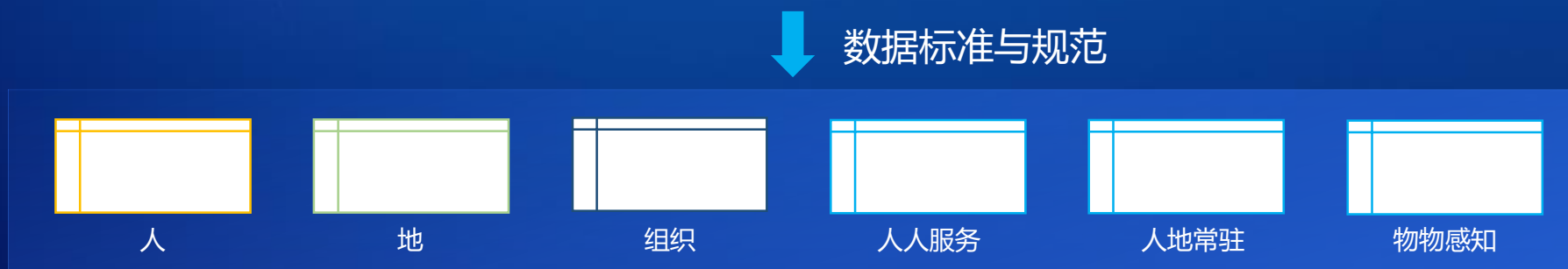
智慧城市应用

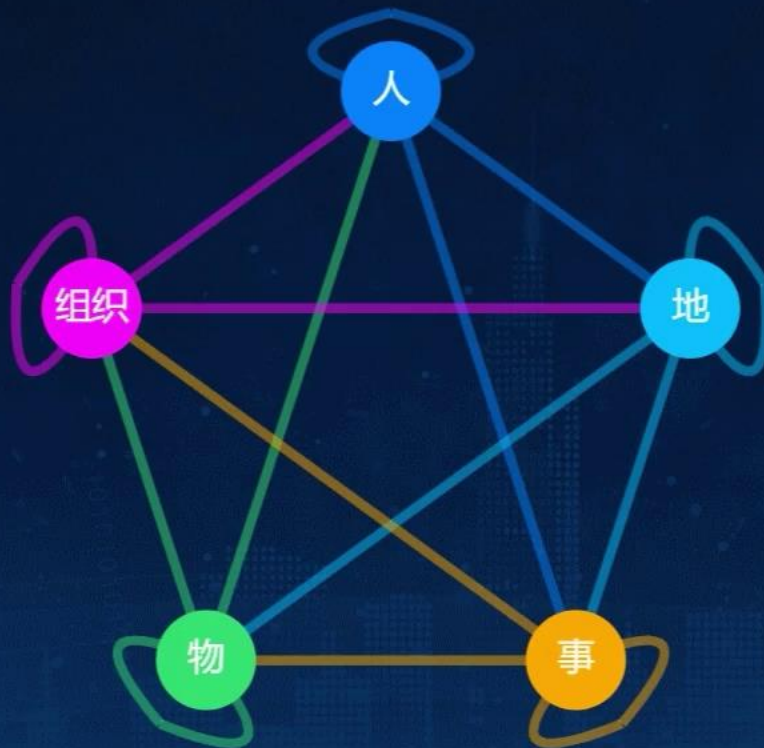


城市知识体系



底层数据要素



[搜关系](#)[搜实体](#)[Q 搜索](#)

基于城市知识体系的数据资源体系建设

针对业务系统元数据不统一问题，以人、地、事、物、组织为基础来构建数据要素标准，通过对已建系统对接改造、历史遗留数据转化和全新应用库表创建，构建标准化的城市数据资源体系，实现数据治理前置，释放数据要素价值。



标准统一

城市知识体系可以作为数据要素标准，统一规范业务表的元数据，指引数据资源库的建设

治理前置

基于城市知识体系工具，数据表创建时就进行字段映射，接入数据天然标准、整洁、且相互可以理解

灵活适配

灵活支持多种数据接入方式，适配已建系统对接改造、历史遗留数据转化和全新应用库表创建

基于城市知识体系的库表工具

城市知识体系



价值

城市知识体系三大应用方向

数据要素标准体系

让数据标准化

- 数据治理的标准，并尽可能的减少数据治理的人工介入；
- 数据流通的规范，促进数据高效、便捷的交易和流通；

智慧城市应用标准框架

让应用标准化

- ①数据底层库表结构设计
- ②产品架构模块化设计
- ③应用界面和交互逻辑

新一代智能引擎

让业务智能化

- 解决了知识图谱构建和更新的难题；
- 基于短输入，精准回答高难度问题；
- 有可能颠覆大模型；



使用



基于文本地址的区域落位

问题定义

- Q: 给定一个**自然语言描述地址**，及部分层级地址（市、区、街、居、小区等）。
- A: 判断该地址所属的**最低层级地址**区域。

目标

完成集地理层级树构建，地址落位匹配为一体的**地址解析系统**，在社区层面达到**90%落位精度**，远超目前存在的地址解析工具，并在**毫秒级**返回单条地址解析结果。

Example

北京市通州区云景西里南区23-1-204	→	北京市 通州区 九棵树街道 云景北里社区 云景西里南区 23号楼
富力尚悦居B区 (B01-1-1209)	→	北京市 北京市 通州区 马驹桥镇 富力尚悦居社区
北京市通州区西田阳村村委会边友谊鞋厂院内	→	北京市 北京市 通州区 马驹桥镇 西田阳村

价值和挑战

地址解析需求量大

地址查找、居民信息管理、货物派送等。

降低解析成本

节省大量专业解析人力

面临
挑战

- ① 地址不属于任意一个人，用户没有动力记住标准的地理编码
- ② 物理世界也在不断演变，导致位置信息不断变化，进一步增加用户的记忆难度

不同地址层级相互冲突

如北京市通州区中关村街道

重复字段

如北京市海淀区中关村街道海淀区云景社区

地址撰写不规范

大众习惯和口语化，如xxx对面、附近等

地址不完整、有缺失

如缺少区、街道等中间层级的信息

错别字，同音谐音字

如幸福佳（嘉）苑

.....

引入地址解析系统极大的降低解析的成本，提升地址落位效率及地址匹配精度

基于空间语义的地址链路解析算法

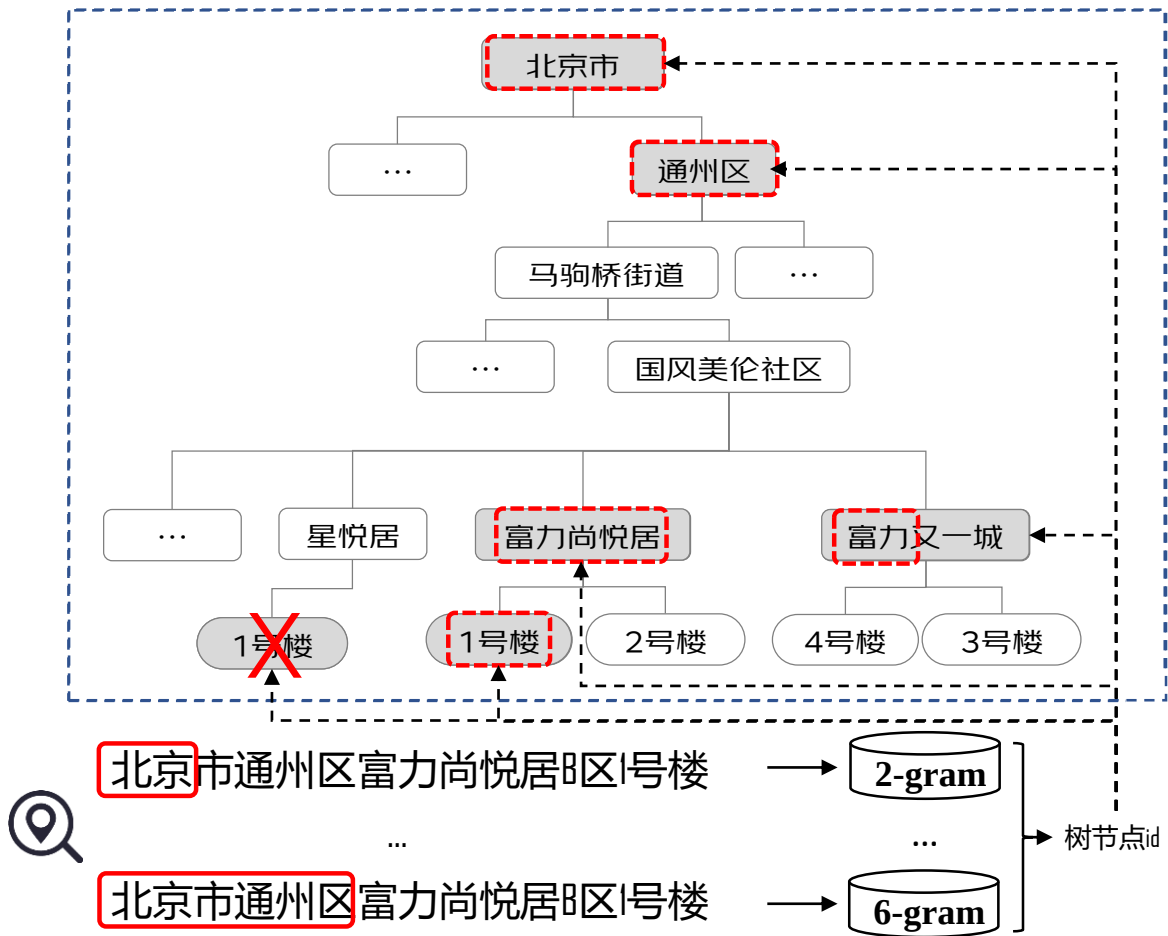
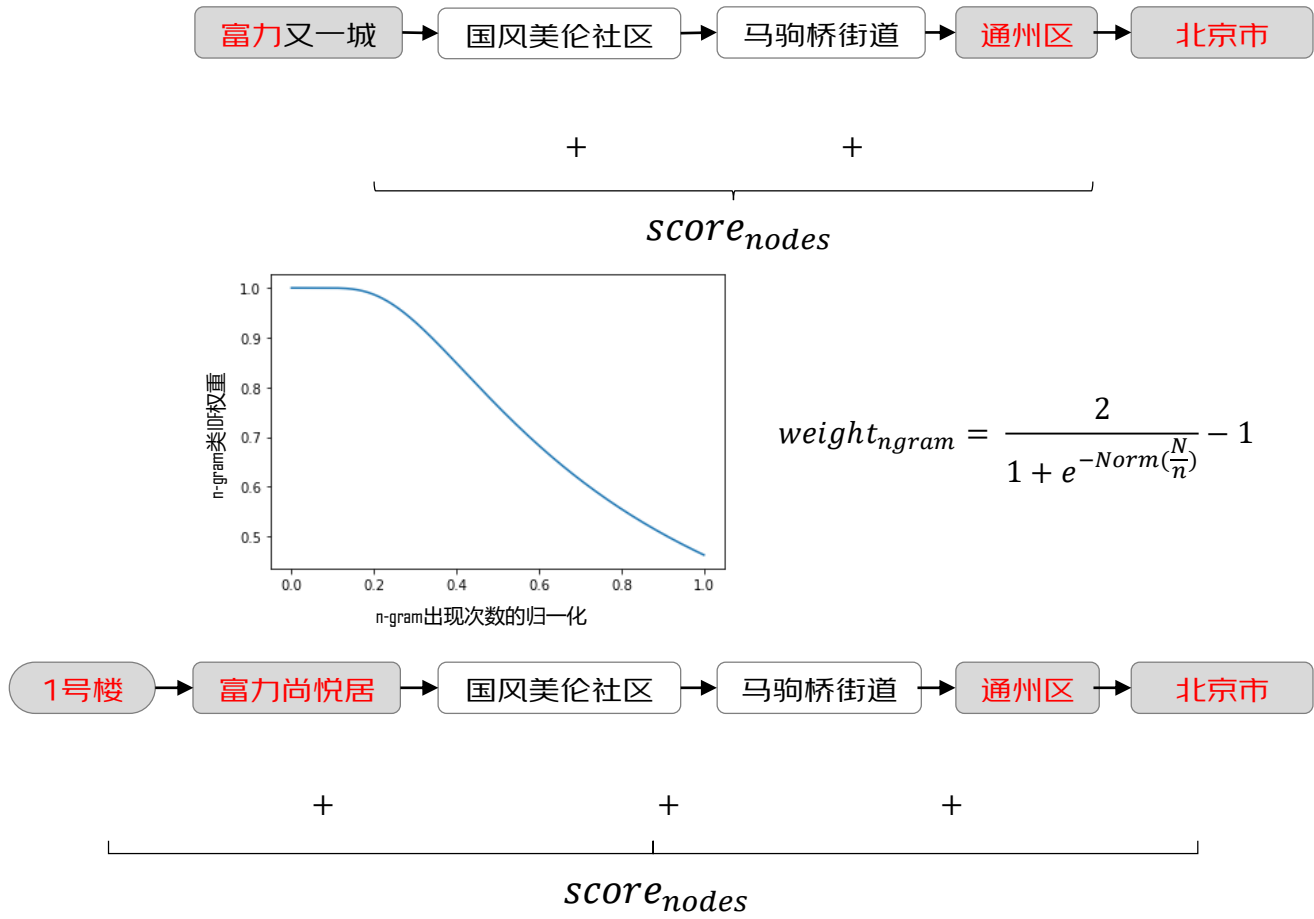


图2 地址解析算法示意图



雄安新区数字底座

数据生长即汇聚，新区全部信息化系统数据天然生长在平台上，解决数据汇聚难题

四级共享：实现元数据、原始数据、数据目录，隐私计算结果四种方式，打破共享难题



数据汇聚中心

数据管理中心

雄安城市计算中心

数据服务中心

AI赋能中心



朝闻天下
MORNING NEWS

7月30日 07:19

CCTV 新闻 • 北京

北京国际数据大交易所

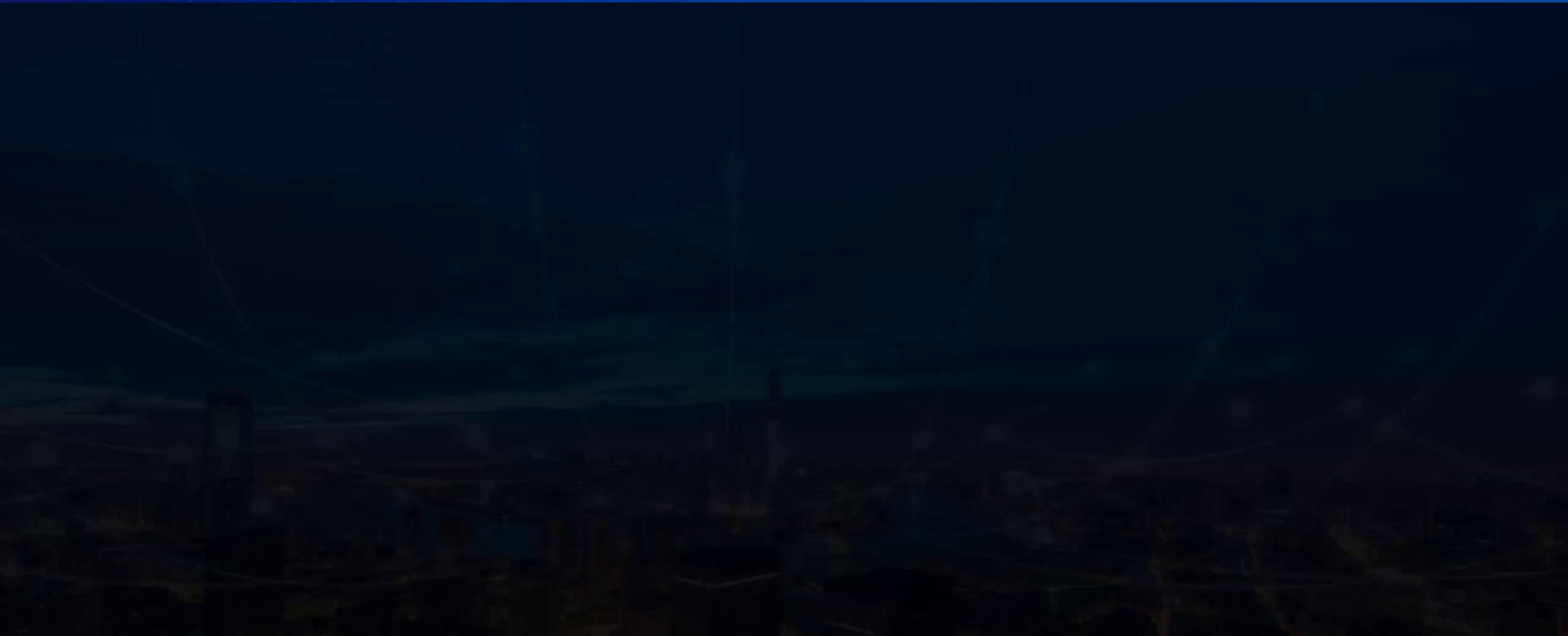
机制：细粒度的数据权属界定，所有权、使用权、价值权，价值转让权，基于数据价值的定价模式和机制

技术：充分利用区块链和隐私计算（多方安全、联邦学习、TEE）技术，实现数据可用不可见、可控可计量，扩大数据流通渠道



国内领先的数据交易基础设施，国际重要的数据跨境流动枢纽

城市级数字孪生案例



城市治理一网统管

定位：打通治理系统的中台、管理全域的中心

理念：分析研判辅助决策、监测预警防范风险、联动指挥行政问效

信息流转三屏联动

虚实映射数字孪生

智慧
基础
体系
(定)

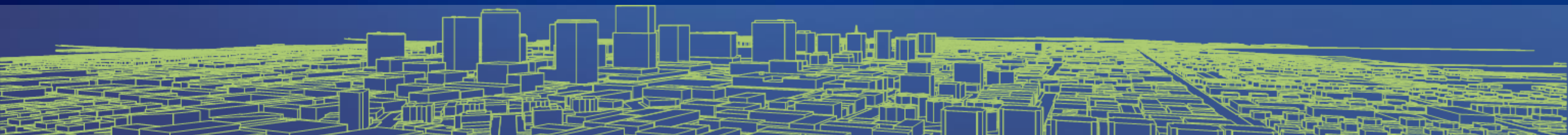
城市治理一网统管

政府运行一网协同

政务服务一网通办

城市数据一网共享

城市状态一网感知



城市治理一网统管

体制
创新

技术
创新

市域治理指挥中心

网格综治中心

数字城管

城市运行中心

12345

应急中心

大数据局

分析研判、辅助决策

监测预警、防范风险

联动指挥、行政问效

一网统管业务中台

数据共享



智能搜索



统一监管



分析研判



监测预警



联动指挥



行政问效



街道吹哨、部门报道

基层队伍、高效协同

群防群治、共建共享

智能城市操作系统

数据直通车

时空数据引擎

时空智能引擎

联邦数字网关

莫奈视窗

政务数据

IOT数据

视频语音数据

互联网数据

在南通、宿迁、苏州、上海、大同、雄安等十几座城市建设实施

城市治理一网统管-京东实践

南通 - 市域治理现代化指挥中心



全国首个市域治理现代化指挥中心
“七大核心功能”打造治理现代化南通样板

宿迁 - 市域治理现代化指挥中心



中小城市的样板点, 创新应用的试验田

南京 - 南京市城市运行管理中心



以“一网整合数据、一屏能观全局、一体应急联动”为目标提
高城市运行事件处置能力, 构建综合指挥调度体系

苏州 - 苏州市城市运行指挥中心



为最强地级市苏州构建城市数据底座与一网统管平
台, 实践城市治理的“长三角一体化”

芜湖 - “城市大脑”一期项目



以城市计算理论和五网融合思想
形成自己独具特色的城市治理新模式

淄博 - 市域社会治理现代化指挥中心



以城市计算理论构建社会治理“块数据底板”
实现基层赋能, 打造社会治理样板点

大同 - 新型智慧城市



打造“城市状态一网感知, 城市数据一网共享, 城市治理一
网统管, 民生服务一网通享”四网融合的孪生大同

石家庄 - “数字政府”城市综合管理



创新“数字政府”建设运营模式, 构建大平台共享、大
数据慧治、大系统共治的顶层架构

东莞 - 数“莞”家



基于大数据技术, 构建服务于城市发展决策、充分体
现大数据价值的“城市发展辅助决策支撑平台”。

政府运行一网协同

定位：政府身份体系、工作中台和应用的入口

理念：面向政府场景、以任务为中心、提升协同效率、确保深度安全

信息流转三屏联动

虚实映射数字孪生

城市治理一网统管

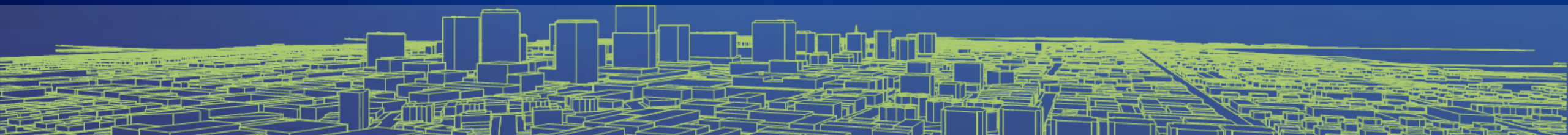
政府运行一网协同

政务服务一网通办

城市数据一网共享

城市状态一网感知

智慧
基础
体系
(定)





北京市政府



国家机关事务管理局



宿迁市政府



大同市政府

北京市综合办公平台（“京办”）承载全北京市公务人员日常工作协同

成功支撑冬奥指挥、疫情防控、两会重保、基层治理等重要协同场景。

城市数据一网共享

城市治理一网统管

政府运行一网协同

智能城市操作系统-产品

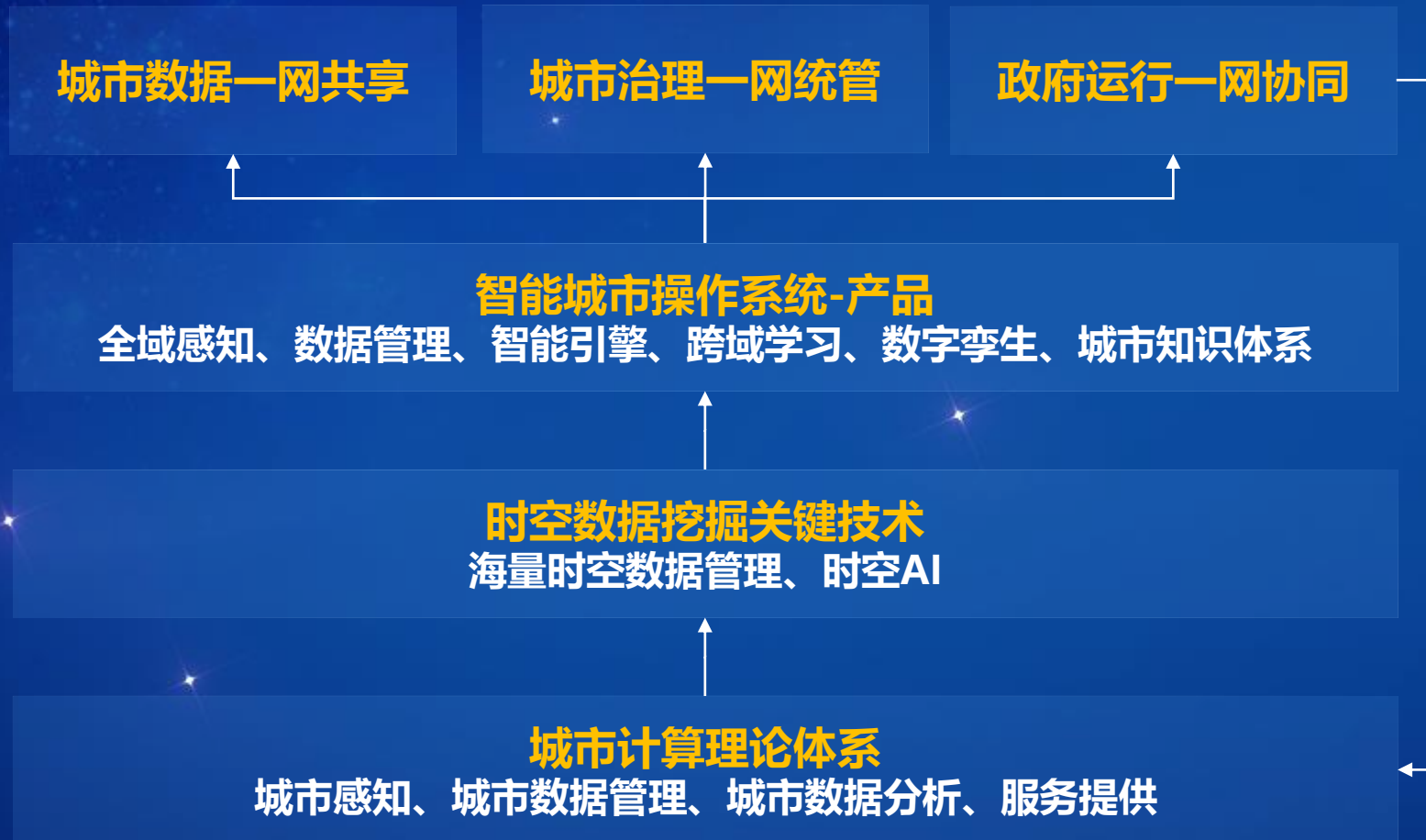
全域感知、数据管理、智能引擎、跨域学习、数字孪生、城市知识体系

时空数据挖掘关键技术

海量时空数据管理、时空AI

城市计算理论体系

城市感知、城市数据管理、城市数据分析、服务提供



朝辞白帝彩
云间千里江陵
一日还两岸猿
声时啼不住轻
舟已过万重山

朝辞白帝彩

彩云间千里江陵

