



培育数字经济新动能 助推数字中国新发展  
2020数字中国创新大赛—大数据赛道  
Digital China Innovation Contest, DCIC 2020

# 端午假期A城市交通路网拥堵识别 及缓堵策略研究

参赛编号: JT-DWJT-0792

# 目录

**01** 赛题分析

**02** 解决方案

**03** 模型介绍

**04** 总结思考

# 一、赛题分析

# 赛题难点分解

## 轨迹数据质量提升及精准地图匹配

### 难点分析:

- 1. 原始的浮动车轨迹数据可能受设备故障、信号不佳等因素影响导致采集到的定位信息存在**漂移甚至异常**。
- 2. 车辆在路口一般会因为等红绿灯或交通拥堵停留，导致在短距离范围内产生大量具有不同方向的位置信息（噪声）



- 1. 轨迹数据存在噪声及偏移
- 2. 轨迹点到交通路网的匹配

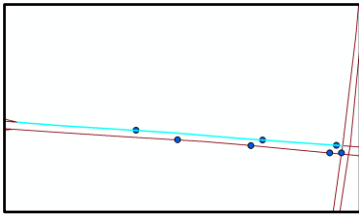
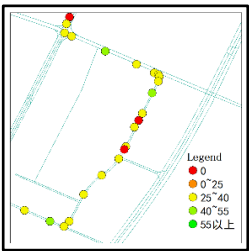
### 关键挑战:

- 1. 浮动车轨迹数据存在大量的异常和噪声，需要基于轨迹的时间、空间特征实现轨迹的分段和去噪，以提升轨迹质量；
- 2. 原始轨迹数据不包含车辆运行道路信息，需要进行地图匹配以关联轨迹通行道路，进一步分析相关道路拥堵情况。

## 交通运行指数计算模型

### 难点分析:

- 1. TTI计算公式中速度的计算。瞬时速度由于路况因素，有较多随机性，不能够反映道路的整体通行状况。
- 2. 有效轨迹点的离散性。在经过重复轨迹点剔除后，各轨迹点之间具有较远的距离，无法准确地获得车辆进入/离开道路的时间。



- 1. 道路中速度随机性较大
- 2. 通过道路端点时间未记录

### 关键挑战:

- 1. 瞬时速度具有较大随机性，需要使用通行时间与道路长度得到平均速度，使用平均速度计算各道路TTI。
- 2. 轨迹点之间离散较远，需要根据道路端点位置、车辆进入/离开道路前后的轨迹点信息推断通行时间。

## 端午出行建议及缓堵策略

### 难点分析:

- 1. 赛题所给数据仅包含浮动车轨迹数据和订单数据，难以反映A城市端午假期出行全貌，需要**融合多类型的地理信息数据**挖掘其出行特征全貌；
- 2. 需结合分析结果给出宏观和微观的缓堵策略。



- 1. 易拥堵路段限行
- 2. 出行OD分析

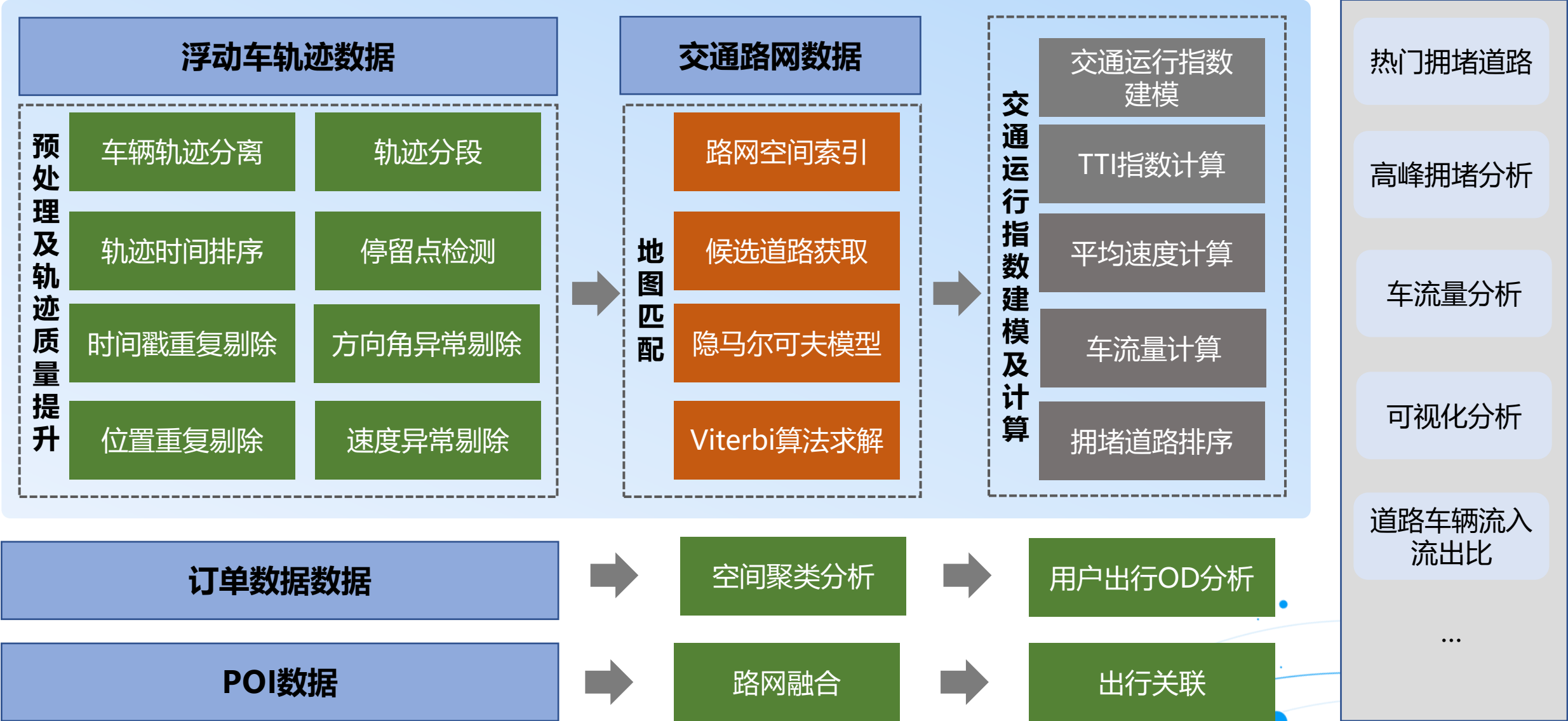
### 关键挑战:

- 1. 需要根据出行分析需求，从赛题之外获取相关的地理信息数据，并与赛题交通道路网进行融合；
- 2. 需要根据分析结果，结合A城市路网特征及相关政策给出宏观及微观上的拥堵分析过程和缓堵策略。

面向浮动车轨迹数据，结合A城市交通道路网：（1）首先进行轨迹分段和去噪，提升轨迹质量，在此基础上进行精准的地图匹配，将轨迹点关联到运行道路；（2）利用匹配结果，建立交通运行指数计算模型，分析得到相关道路的拥堵指数评价；（3）根据拥堵指数计算结果并融合其他相关地理信息数据，给出端午出行建议和缓堵策略。如何建立**自动化的轨迹数据处理流程**和**交通指数计算模型**是我们研究的核心。

## 二、解决方案

# 整体框架



## 1. 赛题数据集

- 利用**A市路网数据**和**巡游车轨迹数据**进行地图匹配，而后计算各道路自由流速度、高峰期速度、拥堵指数、通行车流量等信息，最后进行A市道路拥堵情况相关分析；
- **订单数据**，提供分析支撑，如了解以A市火车站为上车点，其下车点的空间分布情况，以OD图进行相关分析。

**数据使用字段**——CARNO：车牌号、 SPEED：GPS速度、 DIRECTION：行驶方向角、 GPS\_DATE：卫星定位时间、 LONGITUDE：经度（WGS84 GPS标准）、 LATITUDE：纬度（WGS84 GPS标准）。

## 2. 补充数据

- **高德地图POI**，爬取了名胜古迹和火车站等POI，与拥堵路段结合，具体分析居民出行和拥堵原因等，并提出合理解决方案。

## ● 完整的轨迹数据质量提升处理流程及地图匹配：

- 根据交通道路拥堵分析需求，设计并实现了一套完整的轨迹数据质量提升处理流程；
- 对现有算法和开源代码进行改进，实现了适用于大规模轨迹数据的基于隐马尔可夫模型的地图匹配算法。

## ● 交通道路拥堵指数计算模型

- 建立基于离散轨迹点的道路通行时间、通行平均速度计算方法；
- 使用通用的TTI公式，对深夜、早高峰、晚高峰三个时段的道路TTI进行计算；
- 根据浮动车轨迹采样点数量分布特征，对冷门道路进行过滤，排除采样点过少而导致的TTI计算偏差。

## ● 根据拥堵指数计算结果对A城市交通路网运行情况进行了大量可视分析并给出相关缓堵策略：

- 对A城市端午假期的高峰拥堵情况、热门拥堵道路、整体车流量、道路车辆流入流出比和居民出行OD进行了大量的研究和分析。



## 三、模型介绍

# 轨迹质量提升及地图匹配

车辆轨迹分离

轨迹时间排序

时间戳重复剔除

位置重复剔除

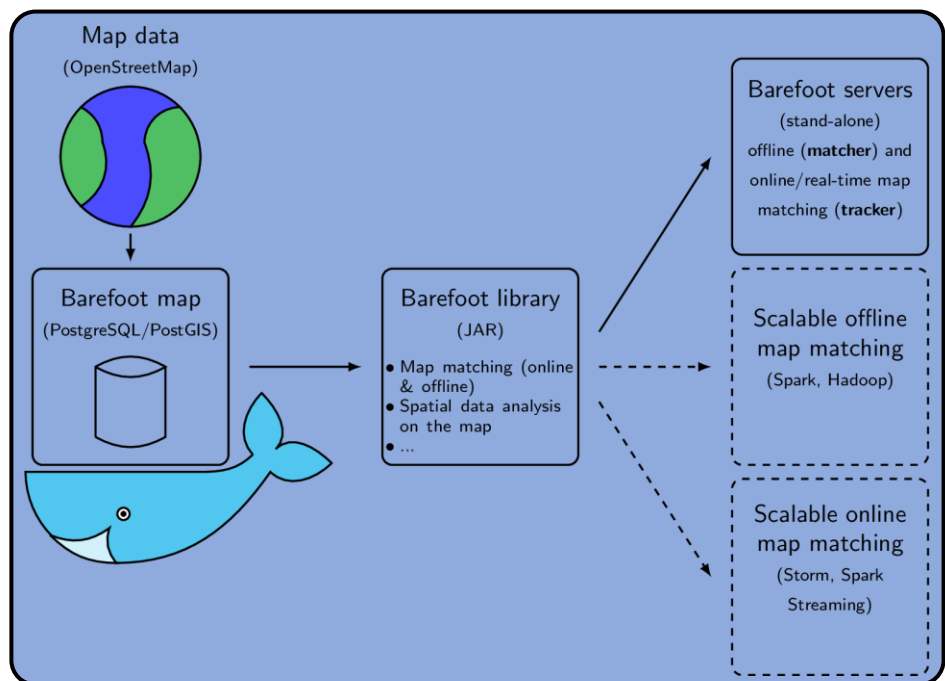
轨迹分段

停留点检测

方向角异常剔除

速度异常剔除

完整的轨迹数据质量提升流程，根据需求对算子进行相应选取



地图匹配框架

现有的地图匹配算法通常可分为：

(1) 基于几何学的全局优化方法；

(2) 增量权重最优方法；

(3) **全局权重最优方法。** ➡ HMM

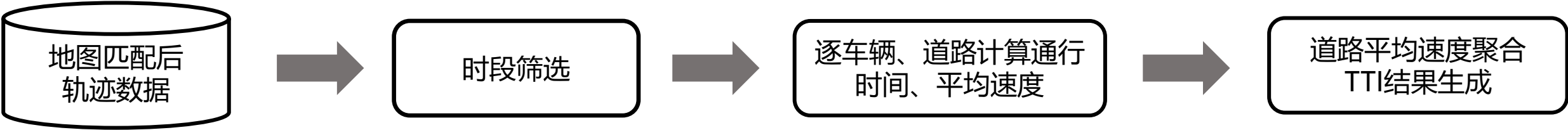


离线地图匹配



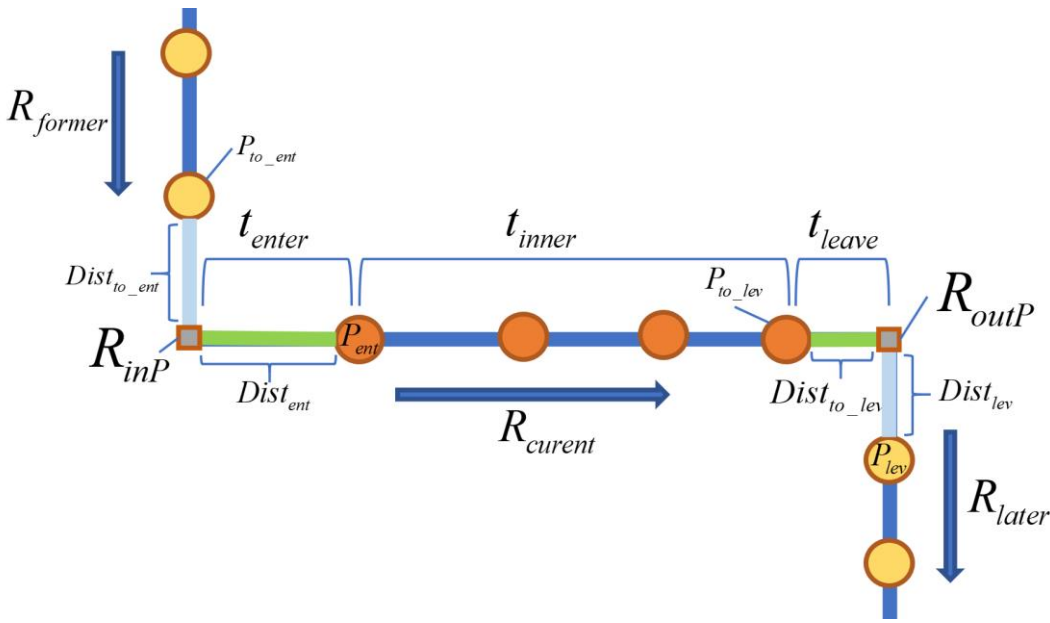
实时地图匹配

# TTI计算流程



非正常停车情况：  
前后轨迹时间戳差值  $\delta t > 10\text{min}$

忽略该辆车在该道路上的记录



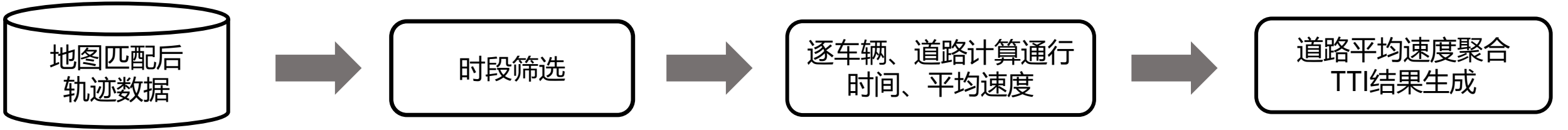
$$t_{enter} = \frac{Dist(P_{ent}, R_{inP})}{Dist(P_{to\_ent}, R_{inP}) + Dist(P_{ent}, R_{inP})} \times timegap(P_{to\_ent}, P_{ent})$$

$$t_{leave} = \frac{Dist(P_{to\_lev}, R_{outP})}{Dist(P_{to\_lev}, R_{outP}) + Dist(P_{lev}, R_{outP})} \times timegap(P_{to\_lev}, P_{lev})$$

$$T_{ijk} = t_{enter} + t_{inner} + t_{leave}$$

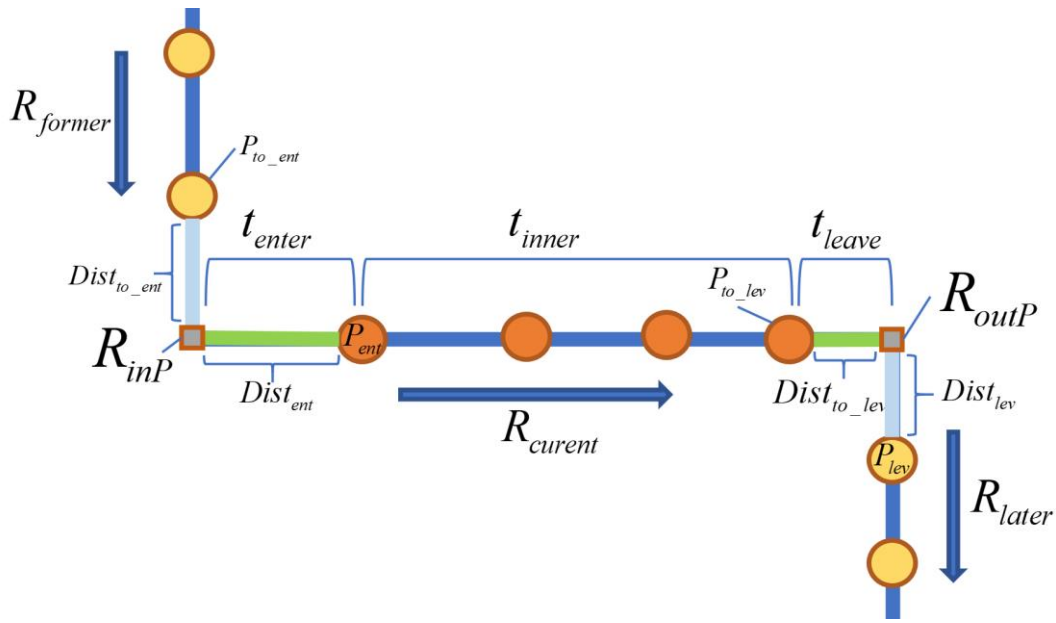
兴趣时段名	时间范围
自由流	0~4时
早高峰	7~9时
晚高峰	17~19时

# TTI计算流程



非正常停车情况：  
前后轨迹时间戳差值  $\delta t > 10\text{min}$

忽略该辆车在该道路上的记录



$$V_{i\_free} = \sum_{d=1}^4 \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{J_{ik}} \frac{L_i}{T_{ijkd}} / N_{i\_free}$$
$$V_{i\_peak} = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{J_{ik}} \frac{L_i}{T_{ijk}} / N_{i\_peak}$$
$$TTI_i = \frac{V_{i\_free}}{V_{i\_peak}}$$

其中， $i$ 为道路的ID、 $j$ 为通过道路的次数（共 $J_{ik}$ 次）、 $k$ 为车辆代号（共 $K$ 辆）



# 结果及结果分析-拥堵热门道路

从整点开始，每15分钟统计一次，搜索通行速度小于25km/h的道路，并计算拥堵时间

道路名称	拥堵时长	原因简述
集美大道	2.6小时	进岛主要通道
仙岳路	1.8小时	横穿全岛，车流量大
嘉禾路	3.1小时	通往热门景区
演武路-演武大桥	2小时	通往热门景区
海虹路	3小时	进岛主要通道



# 结果及结果分析-2019年高峰拥堵分析

2019年端午节早高峰拥堵道路TOP10

排名	路名	拥堵指数	平均车速
1	岩顺路	4.08	10.17
2	枋钟路（西向东）	2.95	21.43
3	珩山街（东向西）	2.78	22.60
4	金湖路辅路（东向西）	2.58	16.87
5	西堤路	2.50	16.46
6	东港路	2.50	32.46
7	高崎北二路	2.36	15.82
8	集美北大道（东向西）	2.28	21.89
9	站南路	2.18	7.29
10	前埔东路（南向北）	2.17	32.34

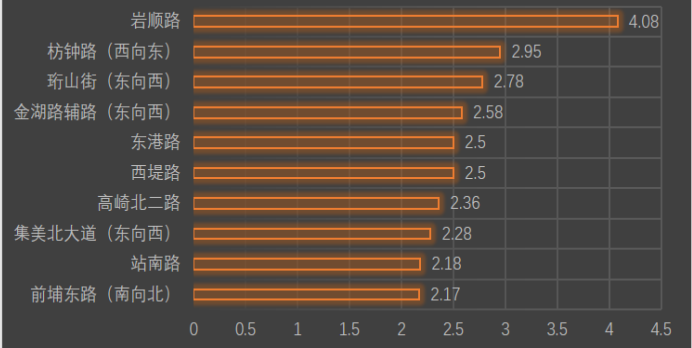
2019年端午节晚高峰拥堵道路TOP10

排名	路名	拥堵指数	平均车速
1	演武大桥（东向西）右转演武路（南向北）	3.99	11.78
2	龙虎山路	3.84	10.59
3	鹭江道（南向北）	3.82	8.29
4	环岛路（东向西）	3.68	13.27
5	演武路（南向北）	3.48	5.08
6	西堤路	3.47	11.88
7	嘉禾路（南向北）	3.41	9.32
8	环岛干道（西向东）-大学路（西向东）	3.34	12.15
9	东港路	3.30	24.58
10	云顶中路（南向北）	2.97	19.16

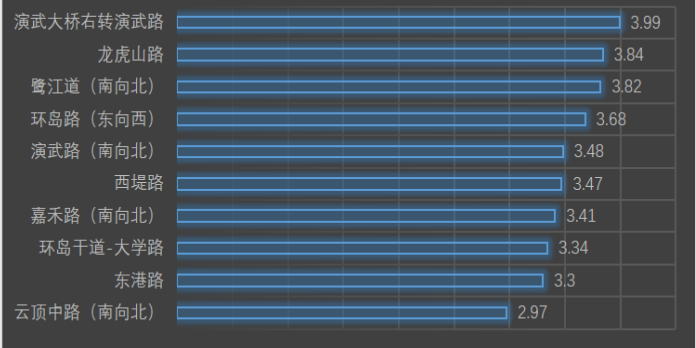
↑  
拥堵指数  
提升33.7%

↓  
平均车速  
下降7.1km/h

2019年端午节早高峰拥堵道路TOP10



2019年端午节晚高峰拥堵道路TOP10



- 2019年端午假期道路拥堵情况**早晚高峰差异明显**；
- 早高峰期间拥堵道路多出现在**重要交通枢纽站附近**，如火车北站附近的岩顺路、珩山街等；机场附近的枋钟路；
- 晚高峰时间出现的拥堵道路分布则主要在**景区，城市主干道上**；
- 热门道路的晚高峰道路拥堵指数较早高峰提高约33.7%，平均车速下降约7.1km/h。

# 结果及结果分析-2020年高峰拥堵分析



2020年端午节早高峰拥堵道路TOP10

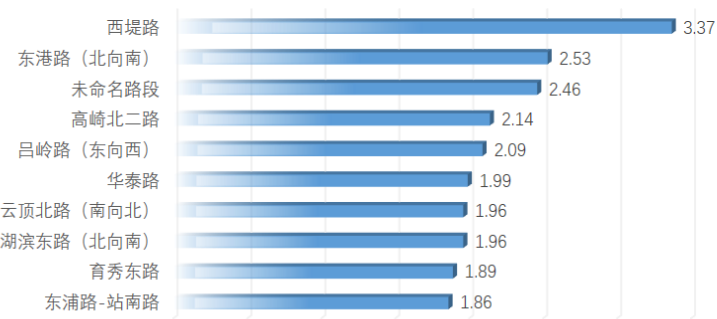
排名	路名	拥堵指数	平均车速
1	西堤路	3.37	14.92
2	东港路（北向南）	2.53	9.81
3	未命名路段	2.46	23.59
4	高崎北二路	2.14	17.40
5	吕岭路（东向西）	2.09	29.32
6	华泰路	1.99	27.08
7	湖滨东路（北向南）	1.96	17.22
8	云顶北路（南向北）	1.96	25.02
9	育秀东路	1.89	22.91
10	东浦路-站南路	1.86	25.57

2020年端午节早高峰拥堵道路TOP10

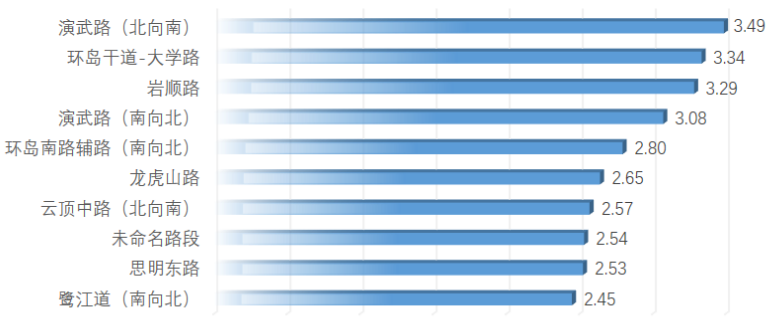
排名	路名	拥堵指数	平均车速
1	演武路（北向南）	3.49	8.91
2	环岛干道（西向东）-大学路（西向东）	3.34	13.23
3	岩顺路	3.29	6.79
4	演武路（南向北）	3.08	5.88
5	环岛南路辅路（南向北）	2.80	30.95
6	龙虎山路	2.65	11.42
7	云顶中路（北向南）	2.57	14.58
8	未命名路段	2.54	22.91
9	思明东路	2.53	13.87
10	鹭江道（南向北）	2.45	11.63

- 2020年端午假期道路拥堵情况较2019年发生了一定的变化，**早晚高峰同样差异明显**；
- 早高峰期间**西堤路**和**东港路**的拥堵情况明显，其中西堤路临近码头，是游客和市民集中出行的地点，车流量大且车速缓慢，易形成拥堵；
- 大型交通枢纽附近的道路拥堵情况不如去年严重**，或是受COVID-19疫情影响，公共交通出行比例减少；
- 晚高峰堵车主要出现在**演武路**和**环岛干道与大学路交叉口**处。热门道路的晚高峰道路拥堵指数较早高峰提高约29.3%，平均车速下降约7.3km/h。

2020年端午节早高峰拥堵道路TOP10



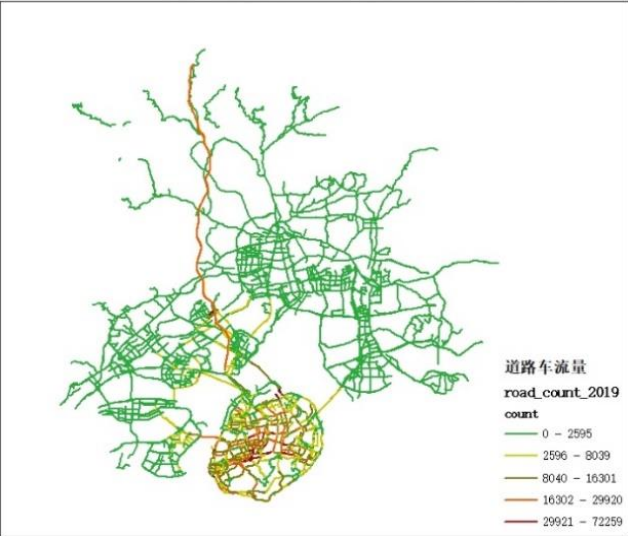
2020年端午节早高峰拥堵道路TOP10





# 结果及结果分析-车流量分析

2019A城市端午节假期道路网车流量分布

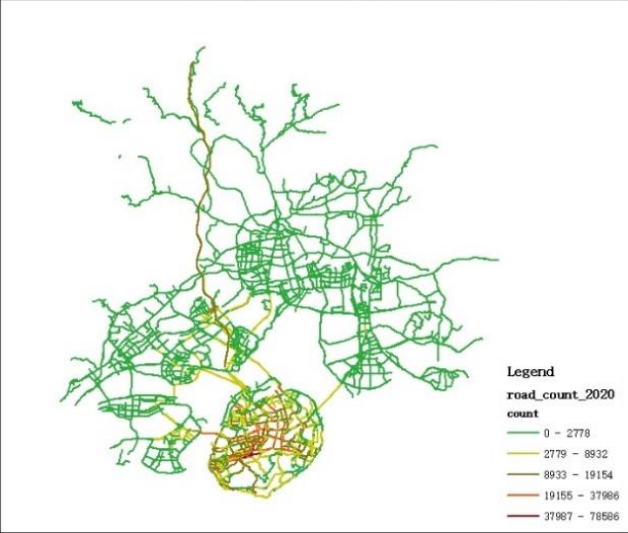


2019A城市岛内端午节假期道路网车流量分布



岛内流量明显高于岛外

2020A城市端午节假期道路网车流量分布

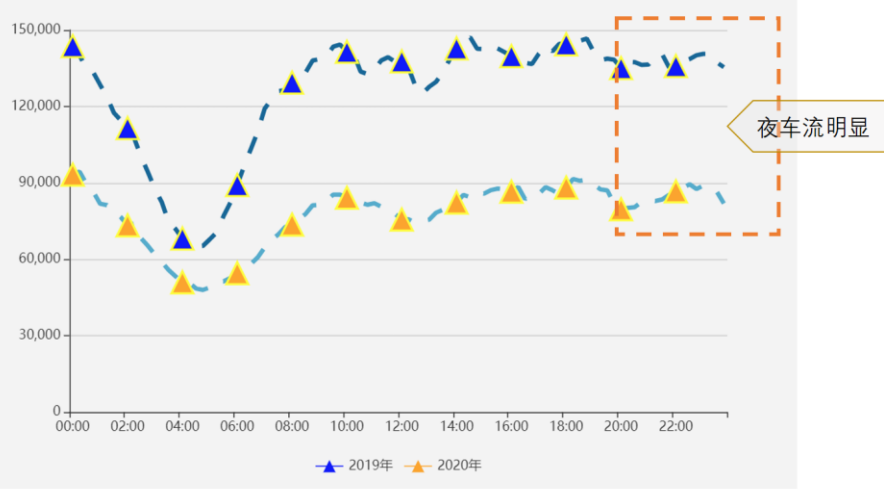


2020A城市岛内端午节假期道路网车流量分布

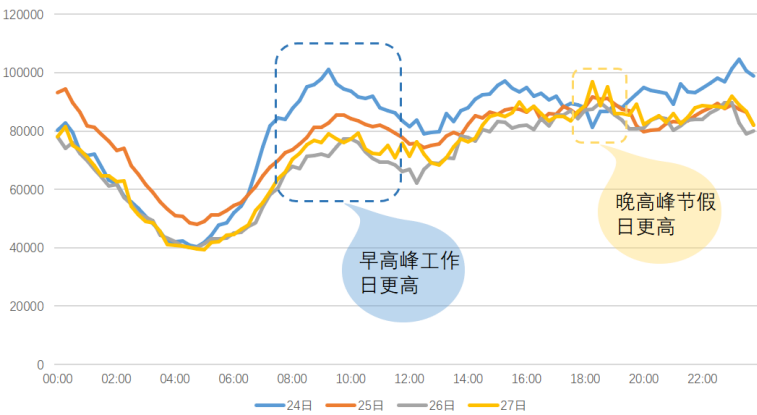


19年车流量高于20年

端午节当天车流量对比图

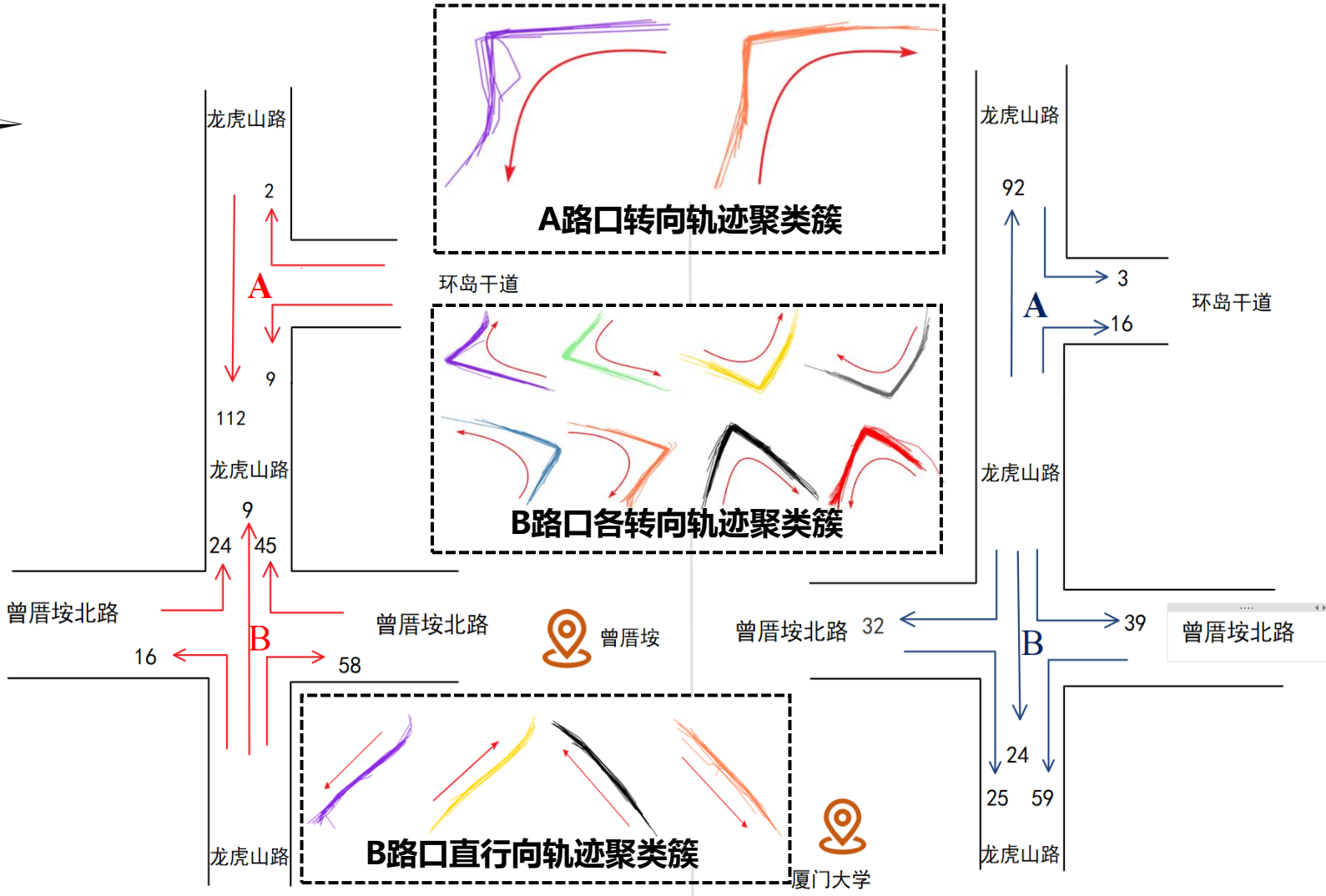


2020年端午假期车流量变化情况





# 结果及结果分析-道路车辆流入流出比



**A路口，向南**流入龙虎山路车流量为**112条**，高于其**向北**和**向东**流出的总车流量**108条**;

**B路口，向南**（厦门大学方向）流入龙虎山路的车流量**108条**，向**其他方向**流出龙虎山路的车流量**83条**，流入车流量为流出车流量的**1.3倍**。

毗邻热门景区也是道路拥堵的一个重要原因



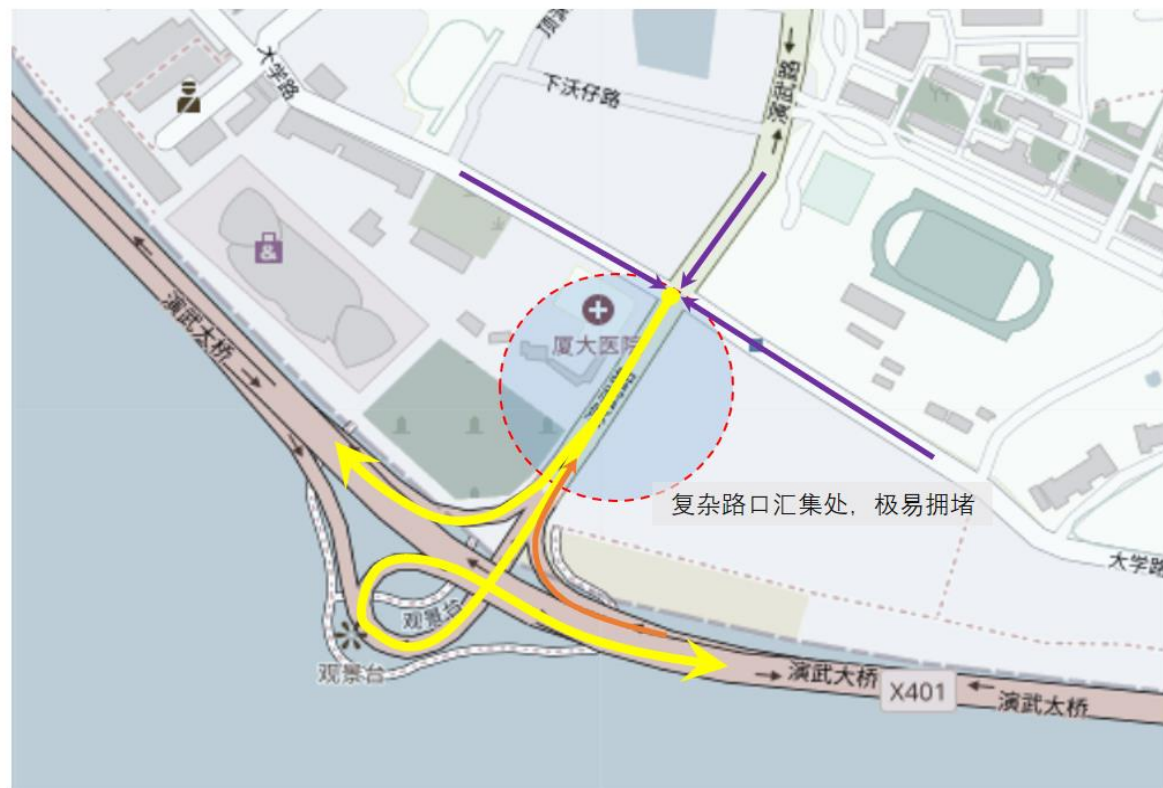
厦门大学

# 缓堵建议

依据《2019统计年鉴》，主干道路、次干道路、支路的级配关系

- A市为1:0.47:3.04,
- 国家标准为1:1.5:4

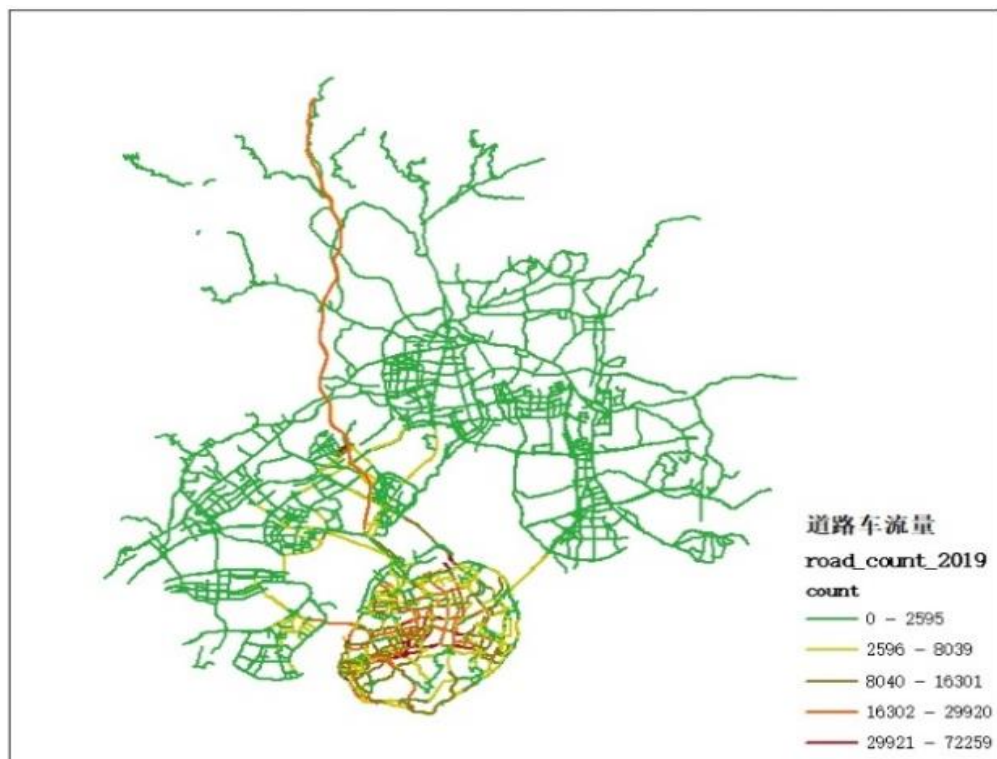
## 增加支路数量优化路网结构



## 主要交通拥堵路段实施单双号限行



## 增加连接岛内外的轨道交通路线



## 热门景点实时预约分流

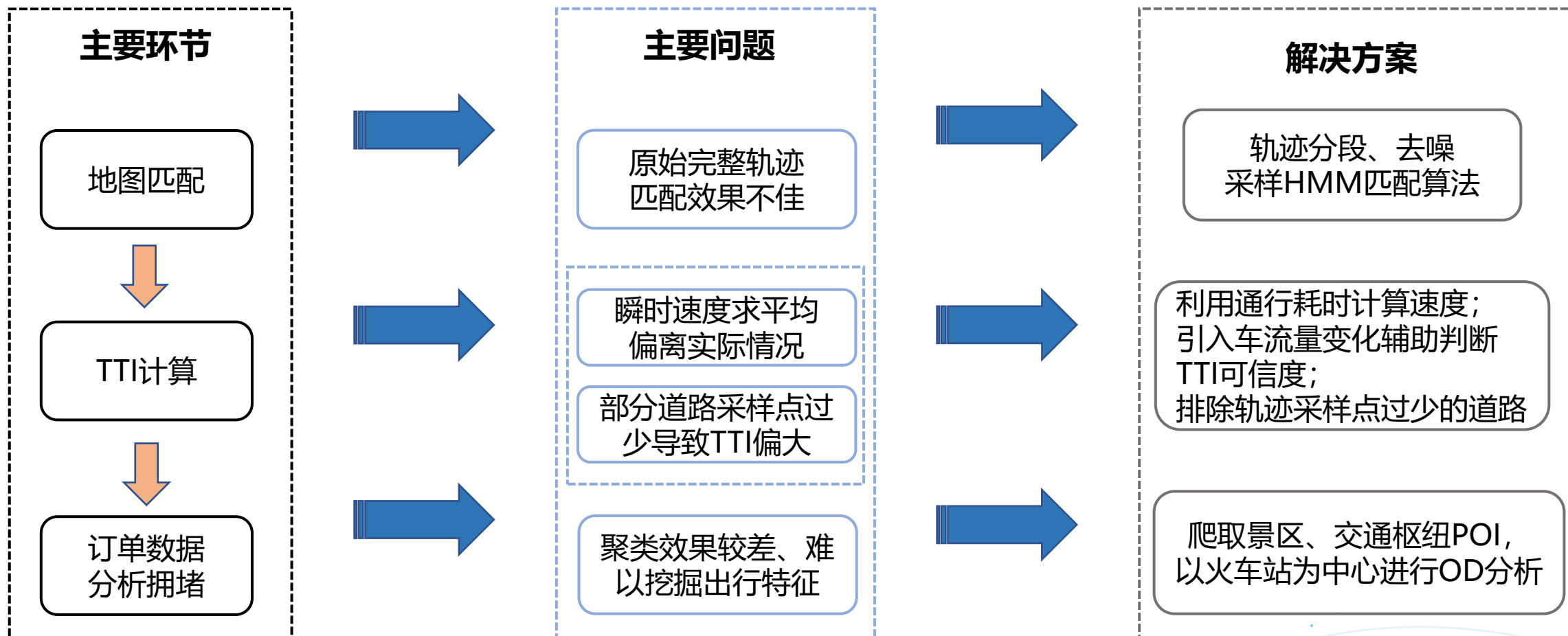


- 建立智能泊车平台
- 热门景区人车分离
- 热门拥堵道路分流
- ...

## 四、总结思考



# 算法确立与改进过程



## 方案亮点

### 道路尺度TTI计算

基于通行时间的TTI计算方法能够准确反映道路的拥堵状况

### 聚焦拥堵路口

对路口位置轨迹聚类 识别拥堵时期各车道的通行压力

### POI+OD分析

以各类热门地点作为始终点 进行OD分析 发现群众的共同需求

## 综合效益

实时发现拥堵  
总结拥堵规律  
定制疏导措施

提升旅游体验

缩短通勤时间

产业间良性循环  
促进城市发展



培育数字经济新动能 助推数字中国新发展  
**2020数字中国创新大赛—大数据赛道**  
Digital China Innovation Contest, DCIC 2020

**指导单位：**数字中国建设峰会组委会

**主办单位：**福建省数字福建建设领导小组办公室  
厦门市人民政府  
数字中国研究院（福建）

**承办单位：**厦门市工业和信息化局  
厦门市交通运输局

**执行单位：**厦门信息产业和信息化研究院（厦门大学）  
厦门市信息中心（厦门市大数据中心）  
厦门市交通运行监测指挥中心

