

2022 MathWorks 中国汽车年会

基于MATLAB/Simulink的智能网联汽车应用系统快速原型方案

以预测性GPF再生优化为例

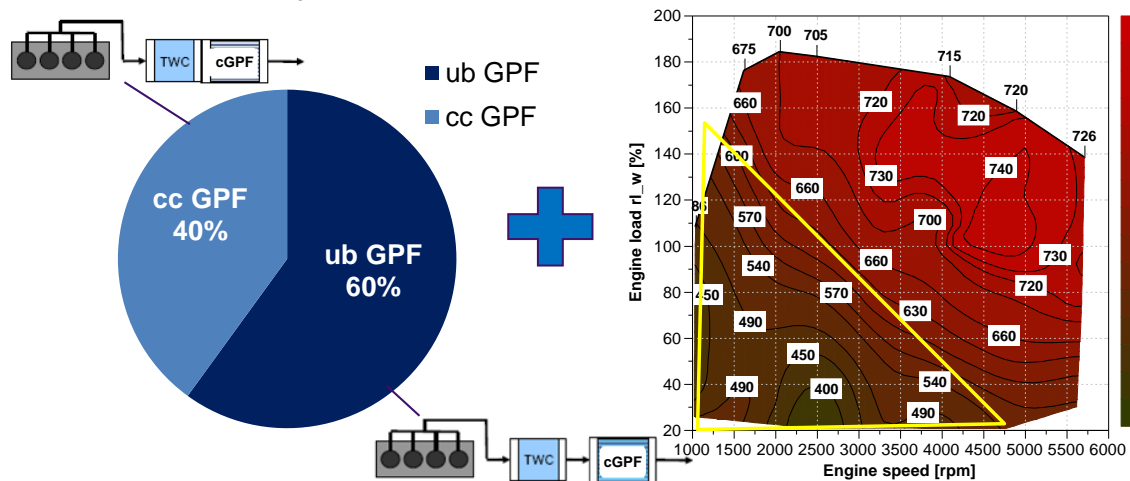
吕践, 联合汽车电子



1. 预测性GPF再生背景和原理介绍
2. 基于MATLAB/Simulink的快速原型构建
3. 项目总结&展望

背景: GPF再生问题说明

▶ 目前 Underbody GPF占比高达60%，ub GPF的GPF内部温度在低速下低于600°C。



Source: CSM Summary 2020_NE, UAES

Source: 某ub GPF项目 GPF内部排温分布

Ub* GPF车辆面临在低速/低温情况下再生困难的难题

▶ GPF对车辆性能影响

*ub: underbody ^ 😞 恶化

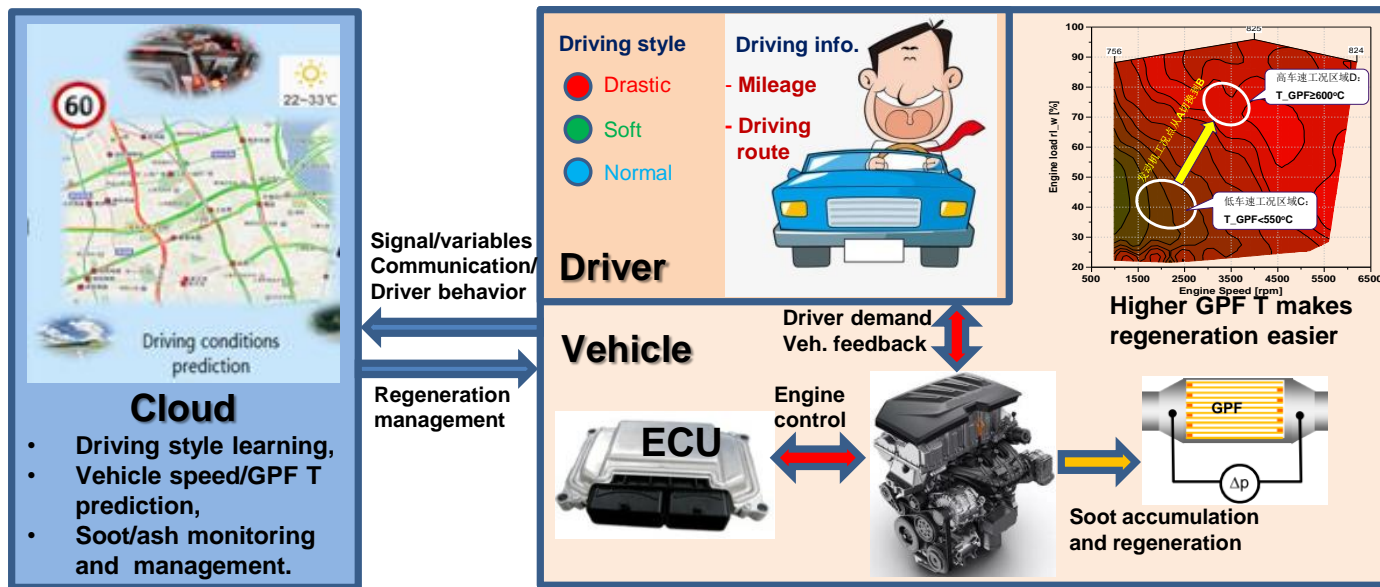
| GPF现有再生策略面临的问题 | 燃油经济性 | 驾驶性/用户体验 | 零部件安全 |
|------------------------|-------|----------|-------|
| 推点火角提高GPF入口温度带来油耗驾驶性恶化 | 😞 | 😞 | |
| 再生困难时累炭量大导致排气背压升高 | 😞 | | 😞 |
| 再生困难时GPF烧毁风险增加，服务站保养频繁 | | 😞 | 😞 |

对于ub GPF，现有GPF再生策略会带来燃油经济性、驾驶性以及零部件烧毁风险方面的负面影响。

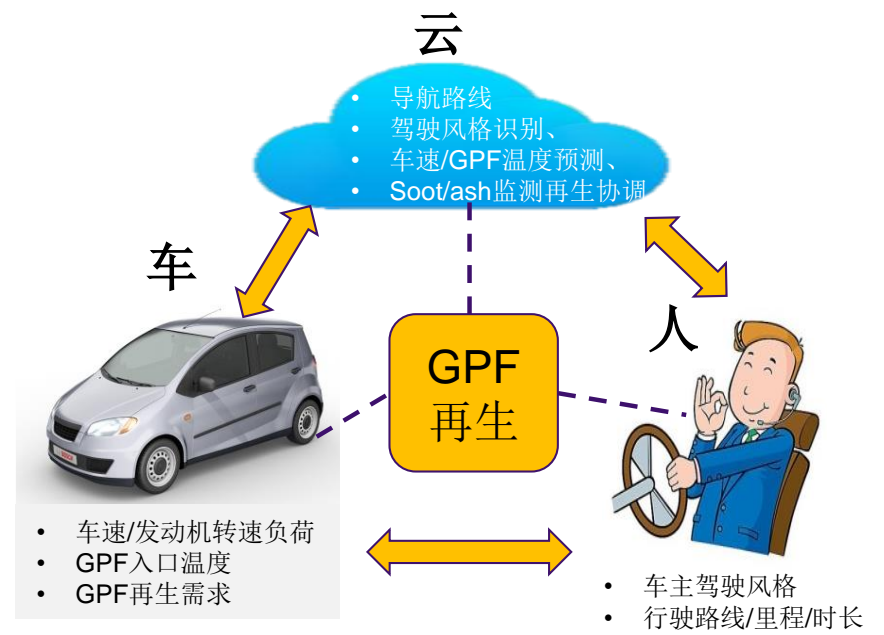
预测性GPF再生控制系统原理及概念[1/3]

| | GPF再生面临的问题 | 对策 |
|---|--------------------------|----------------|
| 1 | ub GPF温度低，再生困难，尤其低温下 | 采用紧耦合cc GPF。 |
| 2 | 通过推点火角提排温，但油耗、驾驶性恶化 | 减少或避免推点火角来提排温。 |
| 3 | 长时间无法再生，有烧毁GPF风险，服务站再生频繁 | 及时、高效地再生。 |

预测性GPF再生控制系统示意图

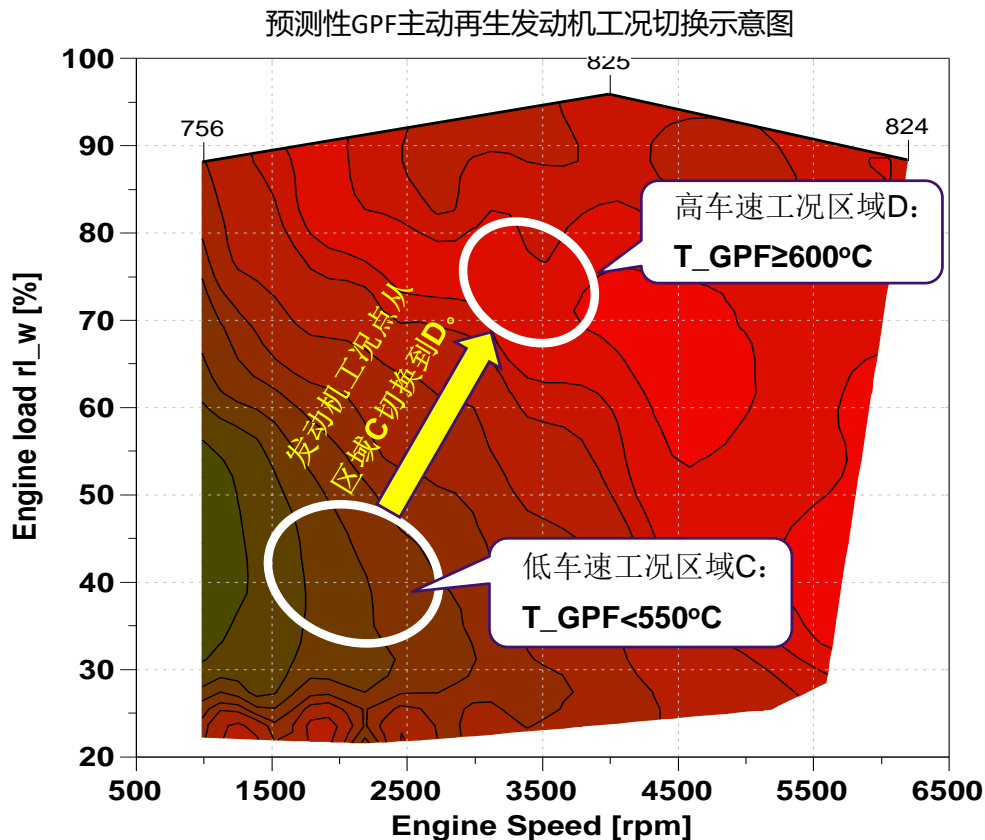
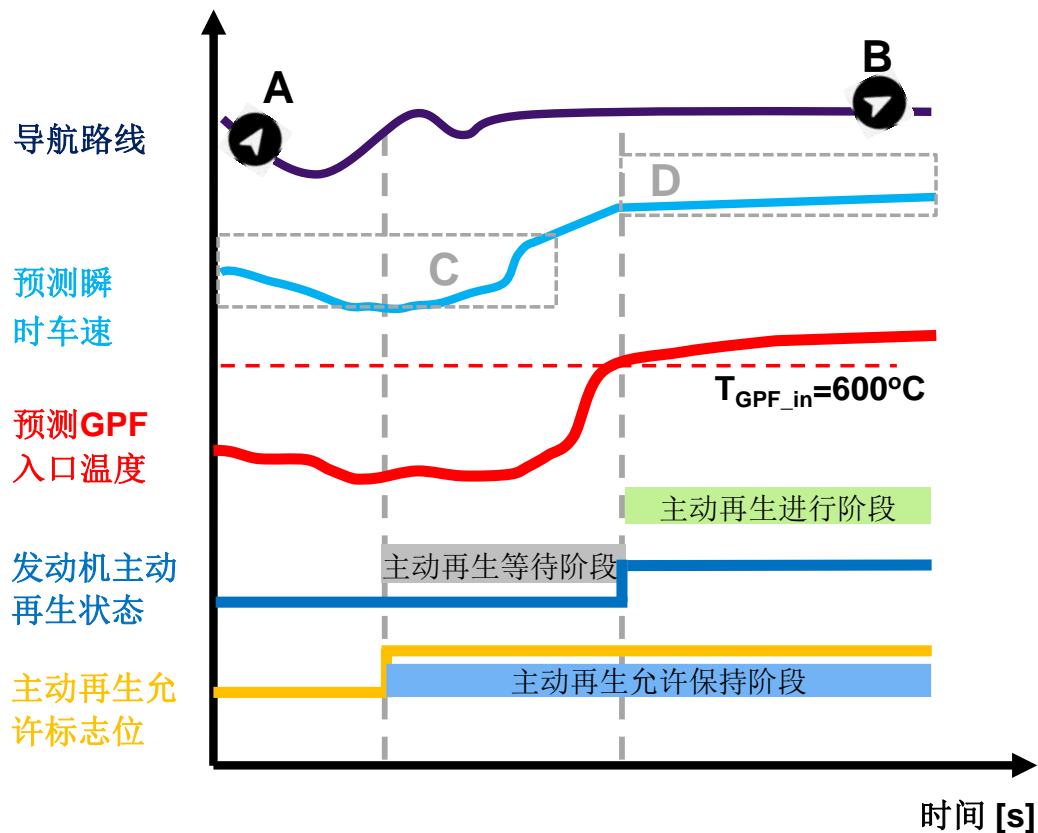


“人-车-云”协同



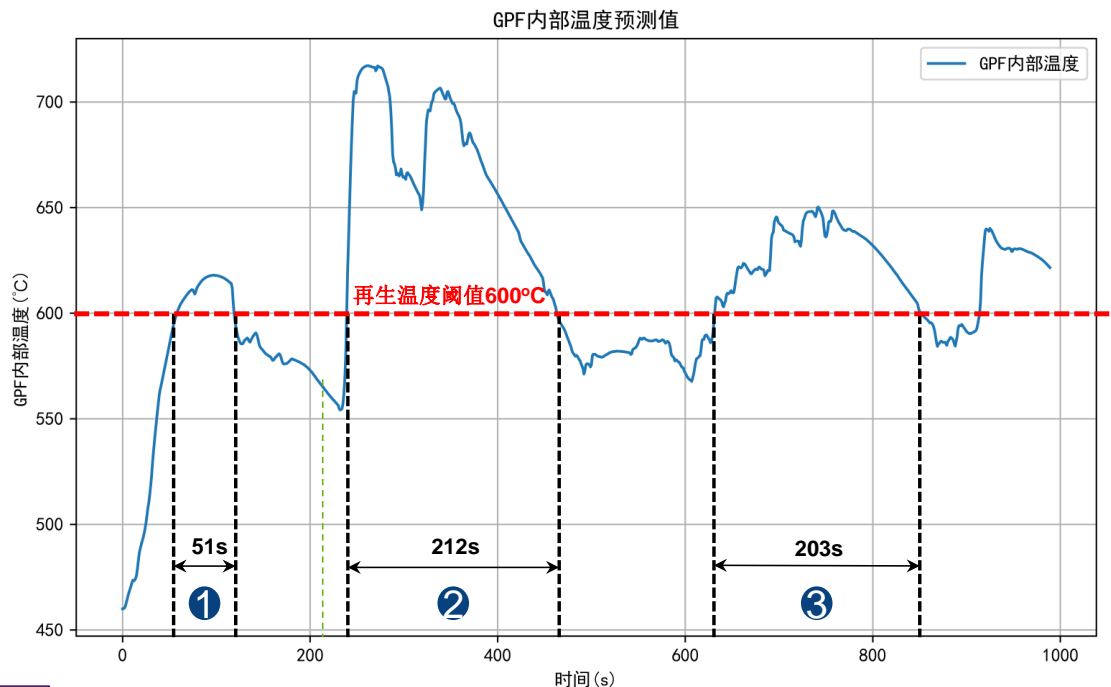
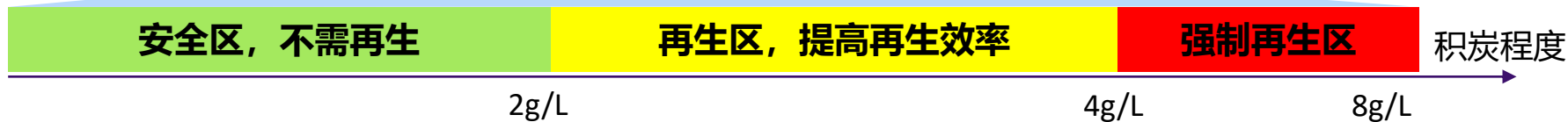
基于导航信息、车主驾驶风格等信息及时、高效地进行主动再生协调、控制，减少现有主动再生策略的负面影响。

预测性GPF再生控制系统原理及概念[2/3]



根据导航信息、车主驾驶风格等信息预测GPF内部温度，根据GPF预测温度大小、炭量大小来调节GPF主动再生时机，尽可能利用发动机工况负荷提升来提高GPF入口温度，减少因推点火角提高排温对油耗、驾驶性、再生次数多等负面影响。

预测性GPF再生控制系统原理及概念[3/3]



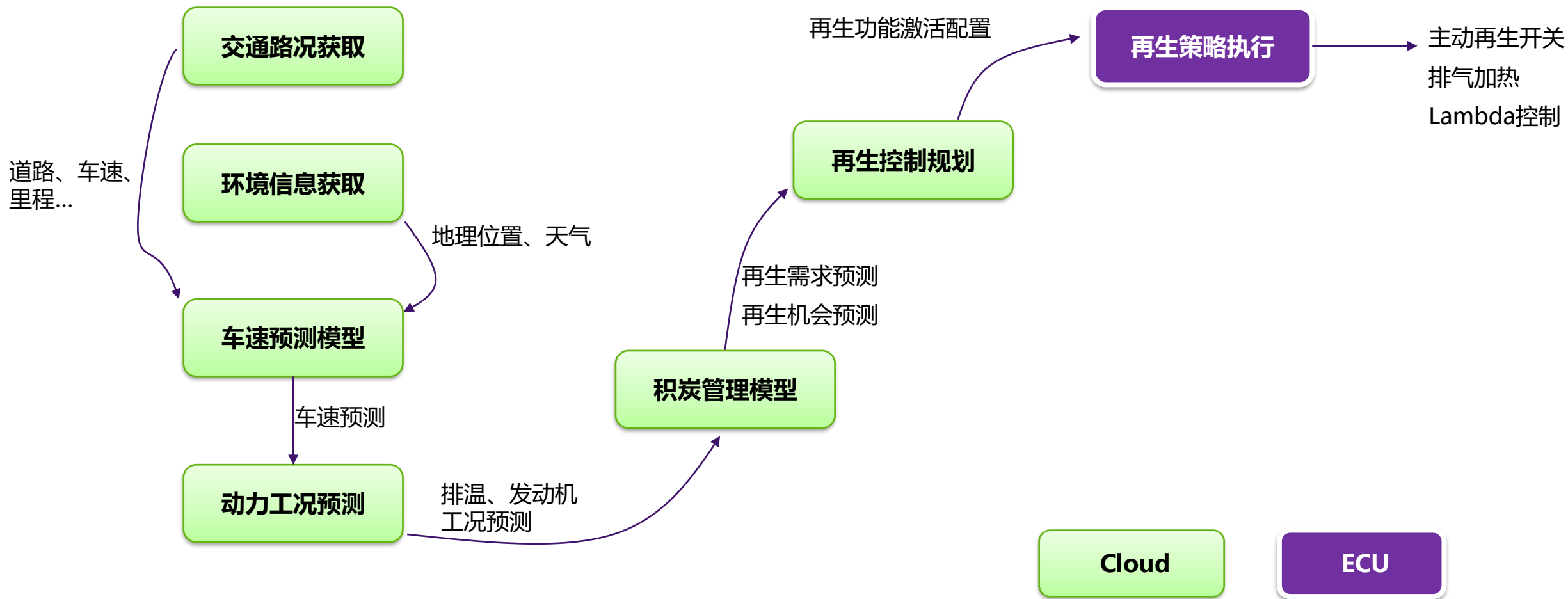
- ▶ **再生区 - 找好机会再生:**
当预测再生时间、GPF温度等指标可达到较大阈值再激活, 保证主动再生效果
- ▶ **强制再生区 - 有机会就再生:**
当预测再生时间、GPF温度等指标达到较小阈值就激活, 保证尽快除积炭。

- 根据炭量大小划分再生区与强制再生区;
- 再生区内找好的机会再生, 保证再生效果;
- 强制再生区内只要有机会就再生, 保证尽快再生。

目录

1. 预测性GPF再生背景和原理介绍
2. 基于MATLAB/Simulink的快速原型构建
3. 项目总结&展望

预测性GPF再生功能实现流程



Encoder-L x 知从Encoder x 知RNN Encos x 从RNN, L: x Seq2Seq: x Seq2Seq: x Neural On: x Linear dm: x 线性系统 x 现代控制 x MATLAB: x MATLAB: x GPFmappi x

不安全 | sha-haiwei.dhcp.mathworks.com:9988/webapps/home/session.html?app=GPFmappingv2

应用 study useful 百度 善学习 matlabresources workresource dailynotes aircondition

其他书签 阅读清单

清除

Our

Settings

0:02

Details:

ID: mps_2

Description: 本次旅程为无碳减排气 桥距0.62g, 耗油7.64g 放心驾驶

HTTP: 9910

HTTPS:

Created On: 2021-

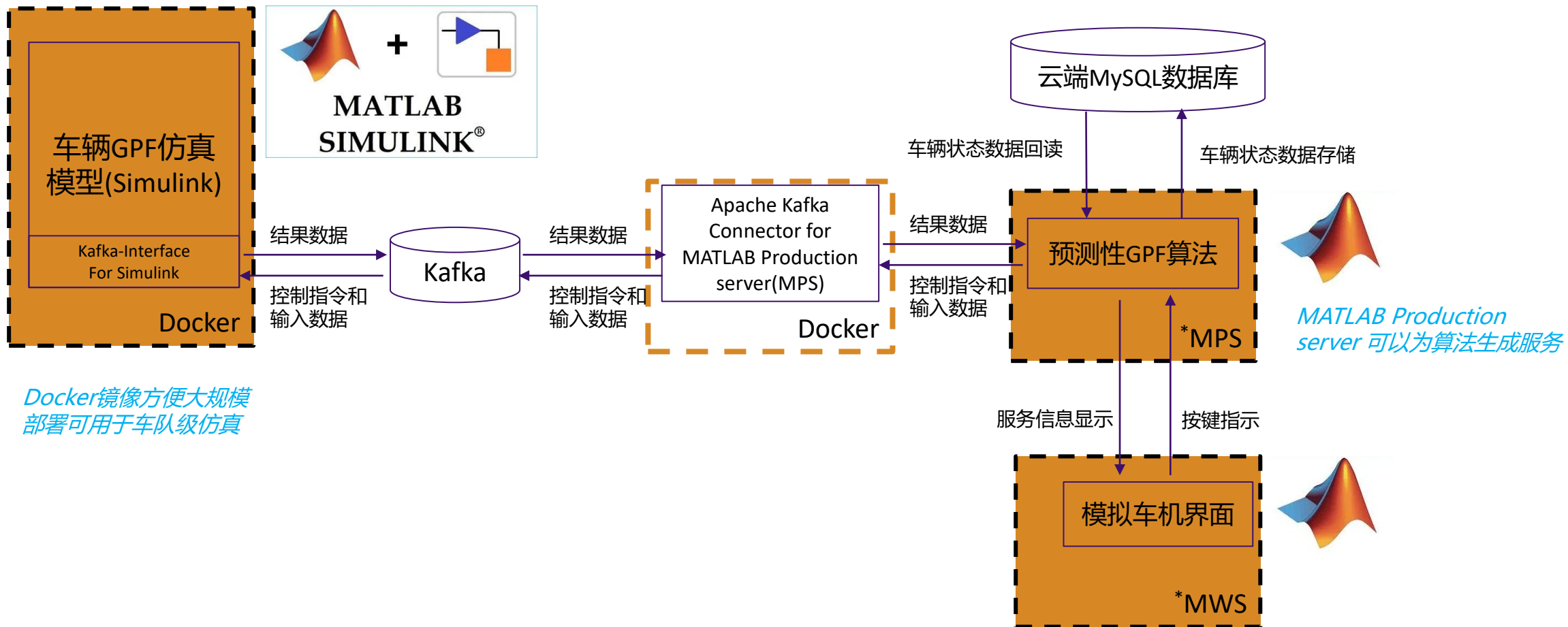
Modified: 2021-

1 km
0.5 mi

1x E

Show Log

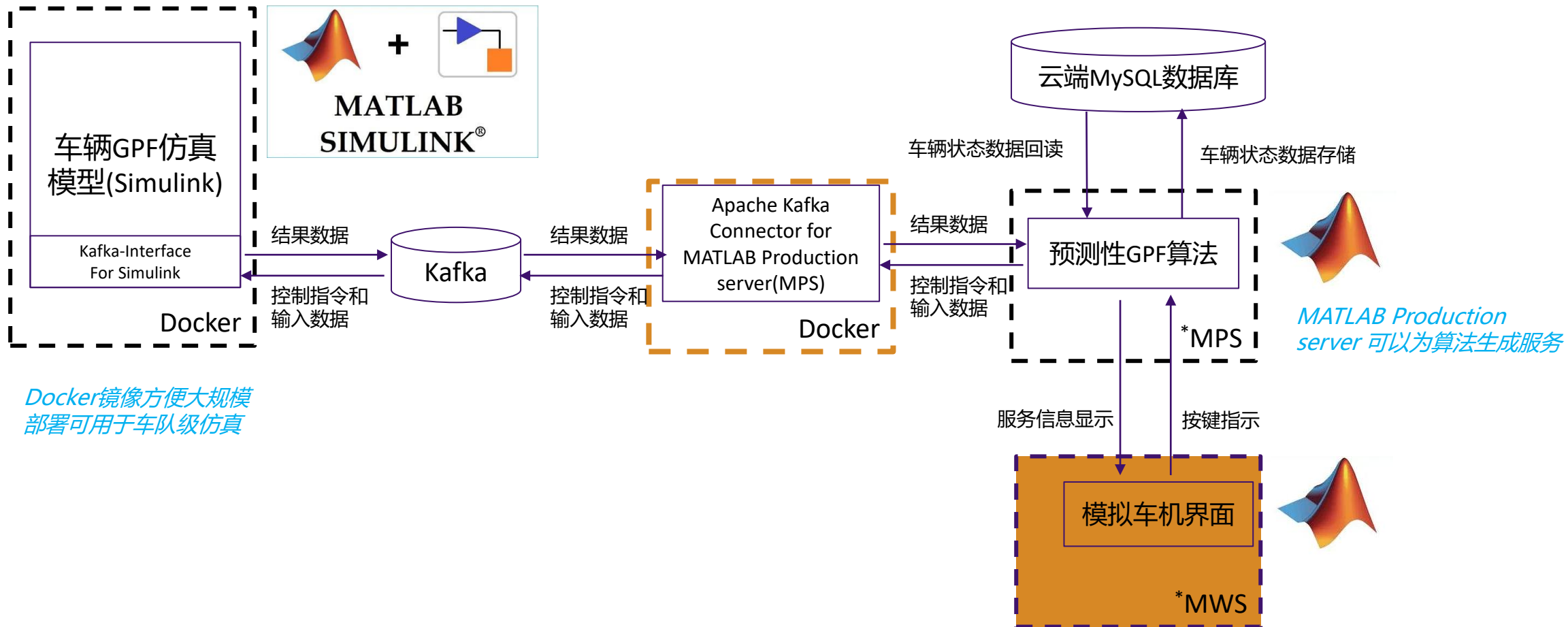
预测性GPF再生快速原型方案架构



*MPS: MATLAB Production Server

*MWS: MATLAB Web APP Server

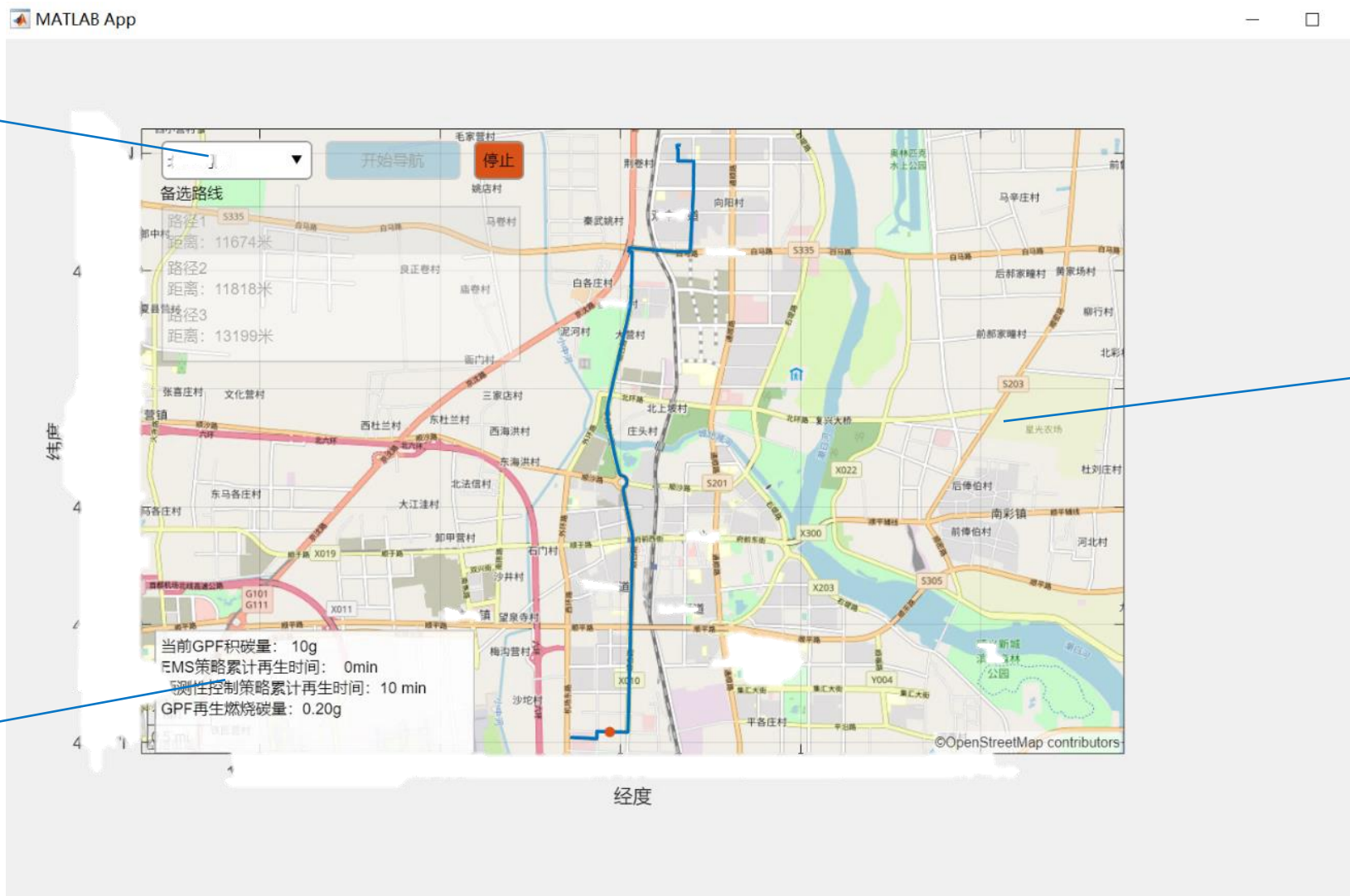
预测性GPF再生快速原型方案架构



*MPS: MATLAB Production Server

*MWS: MATLAB Web APP Server

预测性GPF再生快速原型-基于MWS构建模拟车机界面



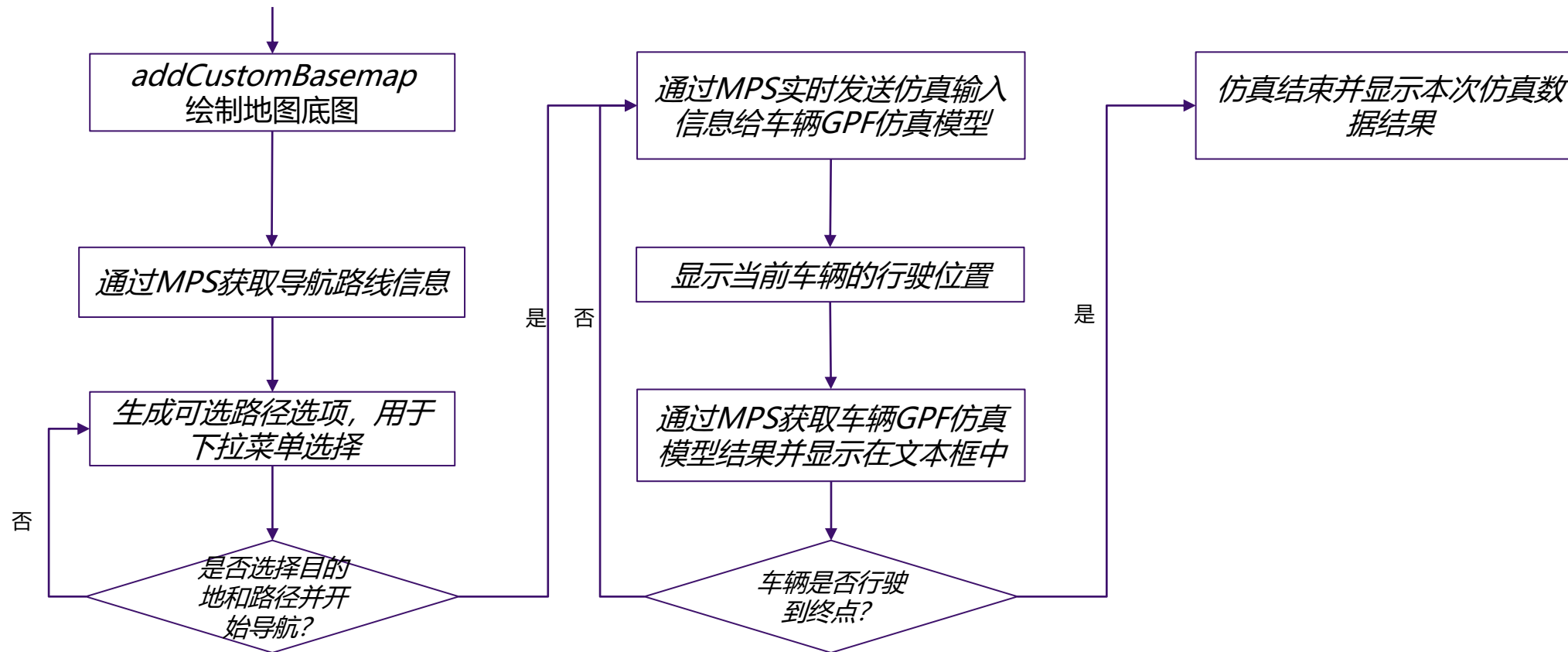
1. 在App Designer的设计视图使用下拉框和按钮等组件模拟导航路线选择和开始导航等功能

2. 利用Mapping Toolbox中的addCustomBasemap引入openstreetmap或者国内地图厂商的地图数据

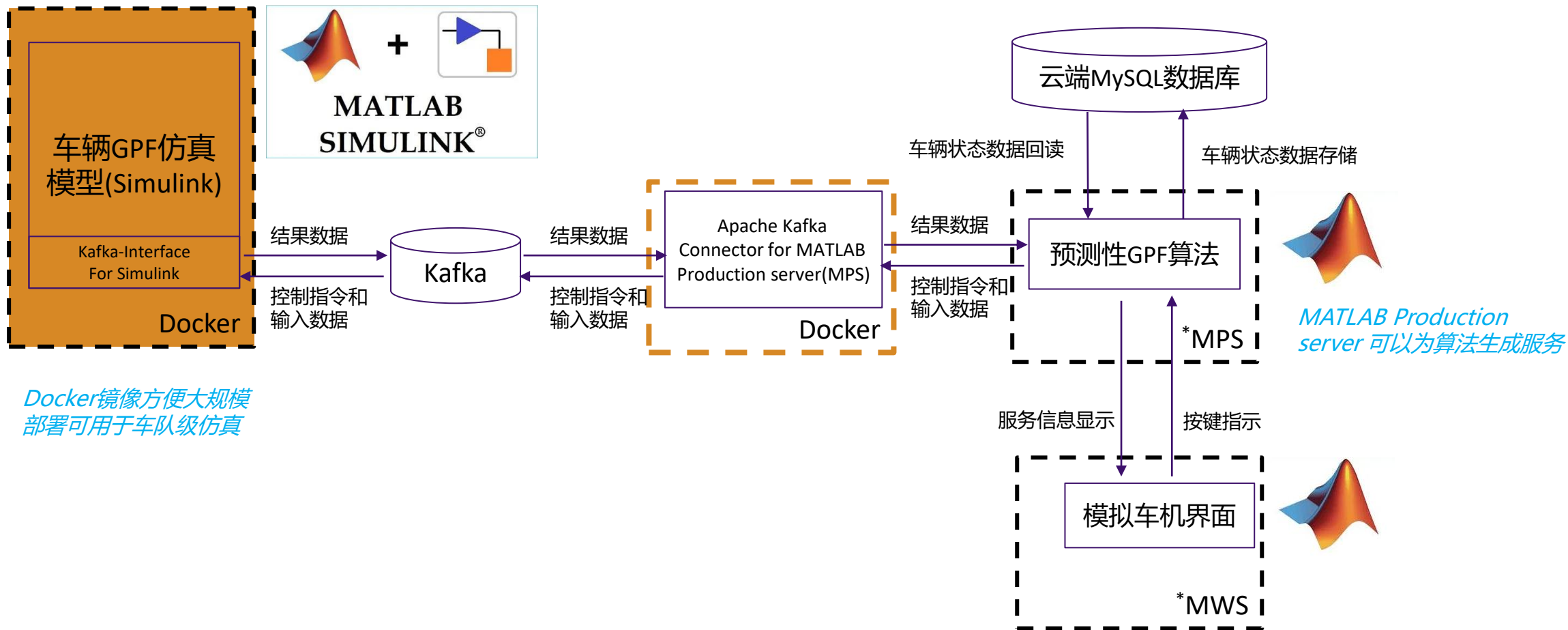
3. 在App Designer的设计视图使用文本框等组件模拟车机提示信息

预测性GPF再生快速原型-基于MWS构建模拟车机界面

界面逻辑设计



预测性GPF再生快速原型方案架构



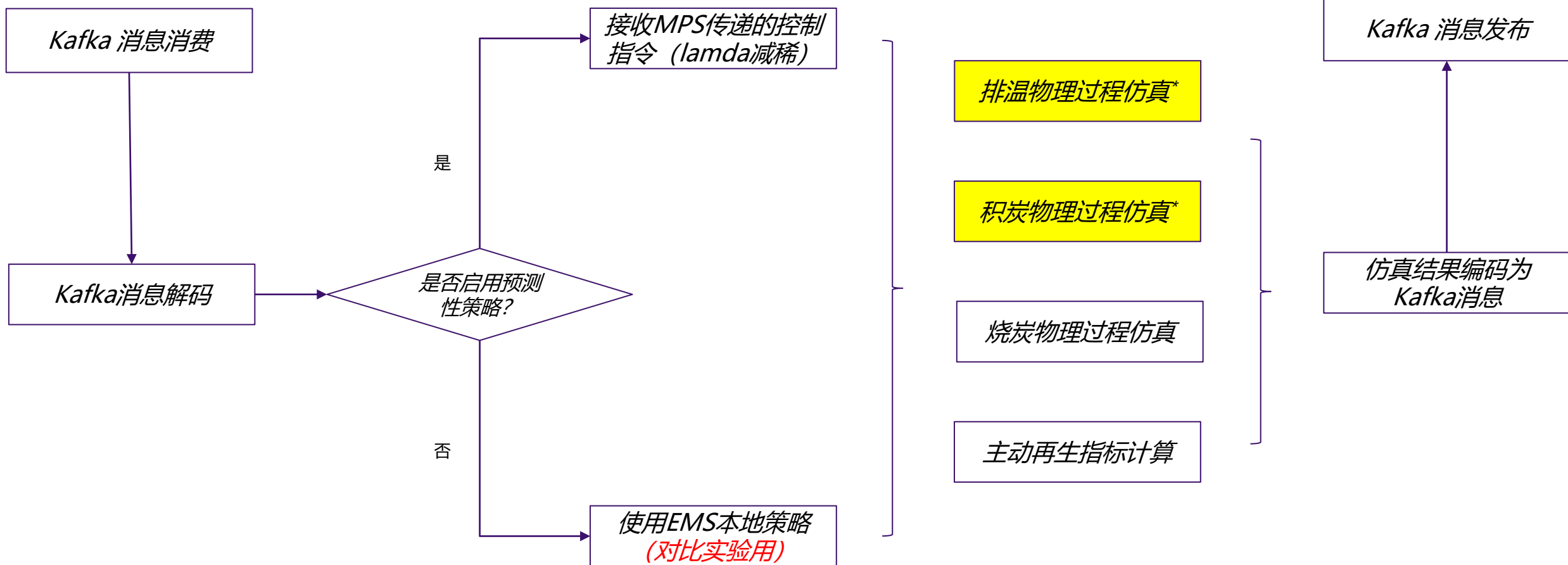
*MPS: MATLAB Production Server

*MWS: MATLAB Web APP Server

预测性GPF再生快速原型-车辆GPF仿真模型构建

*此处建立了数据驱动的等效模型

模型逻辑设计

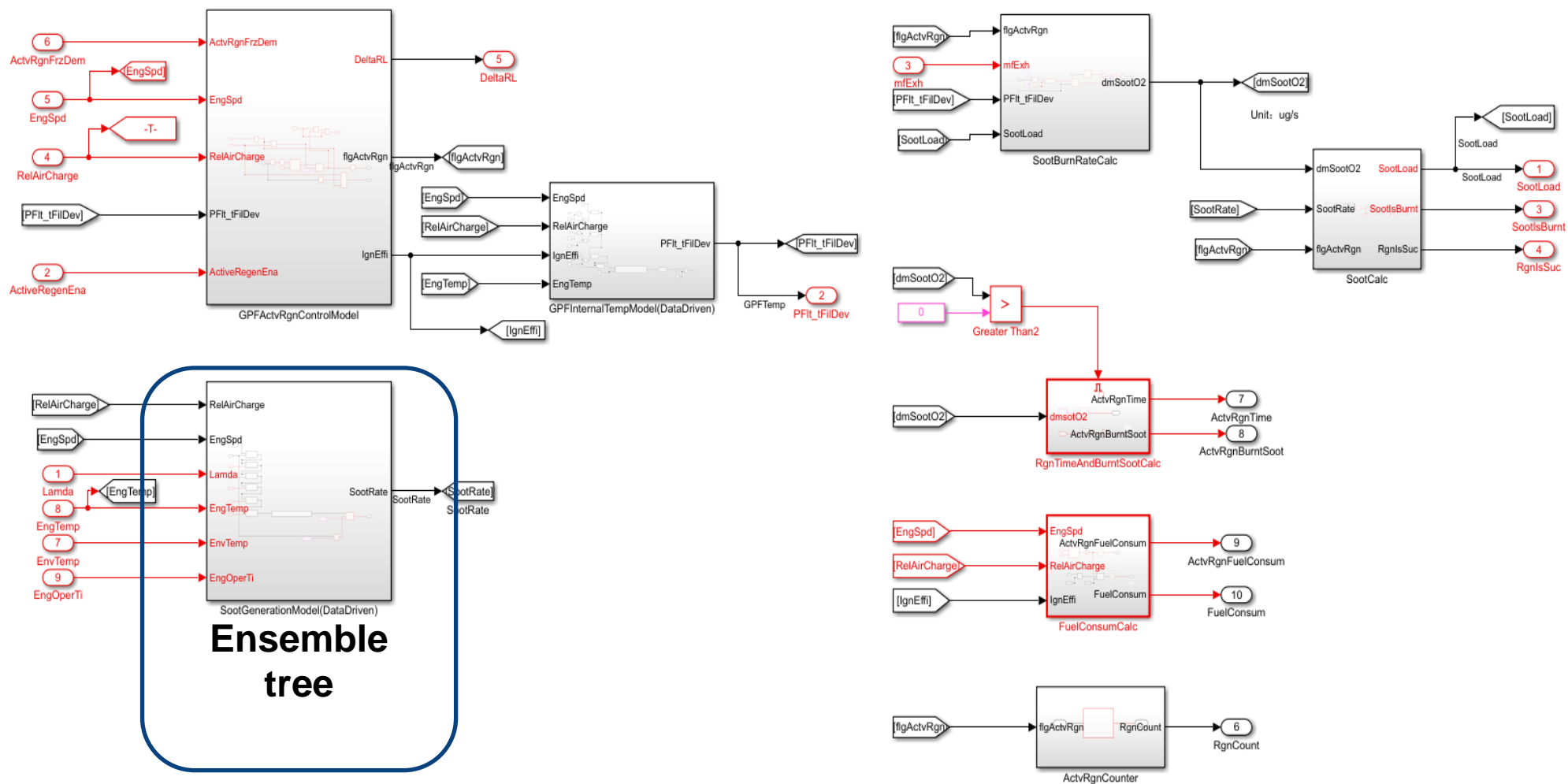


MATLAB Interface for Apache Kafka

<https://github.com/mathworks-ref-arch/matlab-apache-kafka>

预测性GPF再生快速原型-车辆GPF仿真模型构建

以积碳物理过程仿真为例

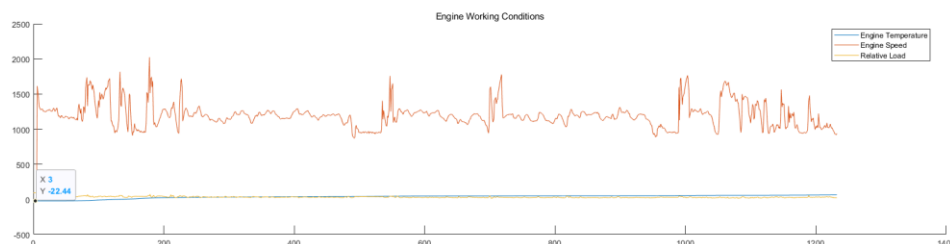
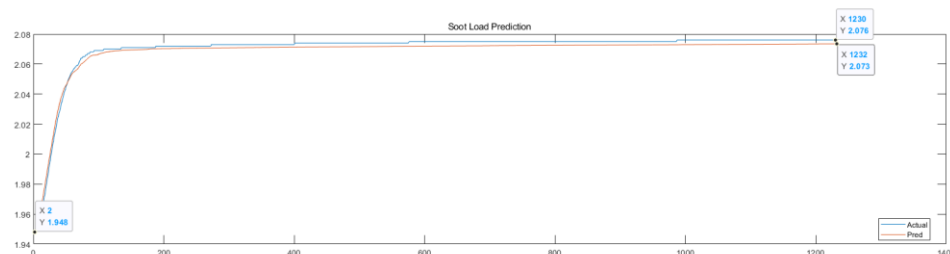
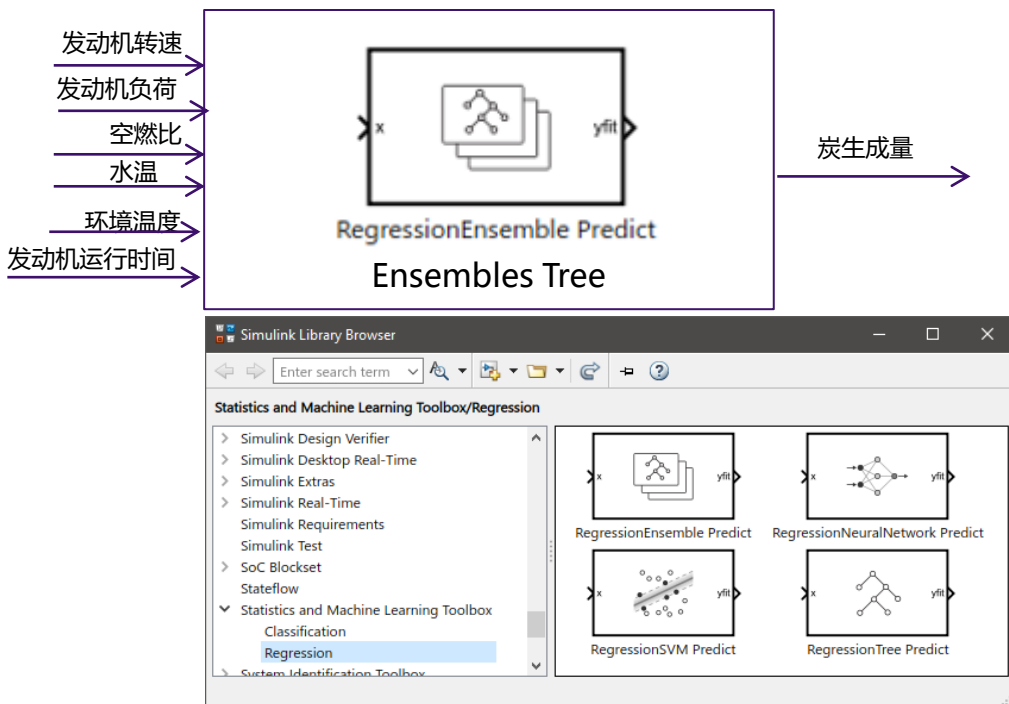


预测性GPF再生快速原型-车辆GPF仿真模型构建

基于数据驱动的物理过程仿真模型：炭量估计模型

由于在Simulink中利用物理方法搭建GPF物理模型耗费时间较长，因此在该仿真模型中，利用数据驱动的方法，构建了GPF物理模型的等效模型，降低了建模时间和对物理化学原理的依赖程度。

- 使用MATLAB的Regression Learner APP可以较为容易训练合适的模型
- 使用Simulink中的机器学习推断模块可以将模型集成到MBD



冬季实车累炭验证

起始水温: -22.44°C

预测相对最终误差: 2.3%

预测相对最大误差: 2.3%

(数据精度: 0.001g)

预测性GPF再生快速原型-车辆GPF仿真模型构建

Simulink模型部署: 利用Simulink Compiler可以把Simulink模型直接编译成对应操作系统平台可运行的独立程序（需要MATLAB Runtime）

① 建立如下m文件: gpfsim.m

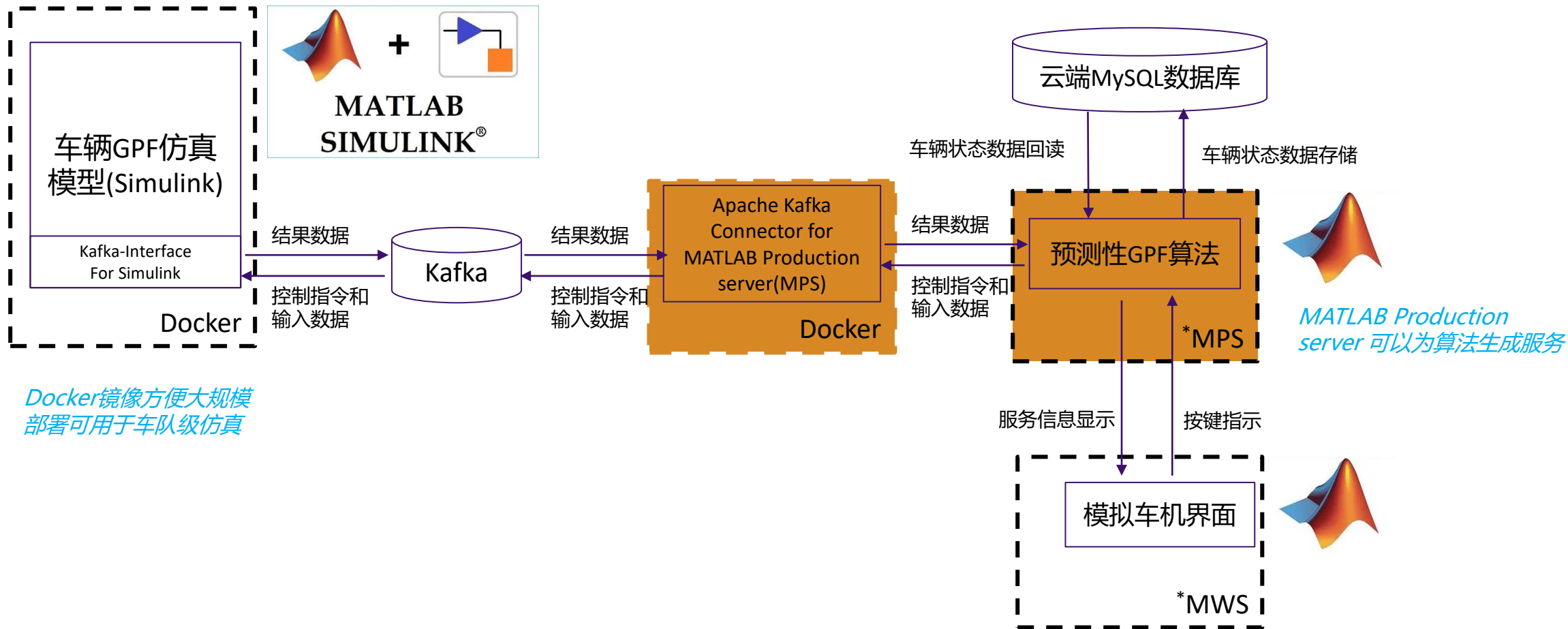
```
simInp = Simulink.SimulationInput('GPFsimModel'); % (模型名称)
% 模型设置
simInp= simulink.compiler.configureForDeployment(simInp);
simOut = sim(simInp);
```

② 用命令行生成可用于部署的Simulink模型

```
mcc -m gpfsim.m
```

③ 把上述部署的模型和MATLAB Runtime组成Docker镜像即可部署在kubernetes集群上

预测性GPF再生快速原型方案架构

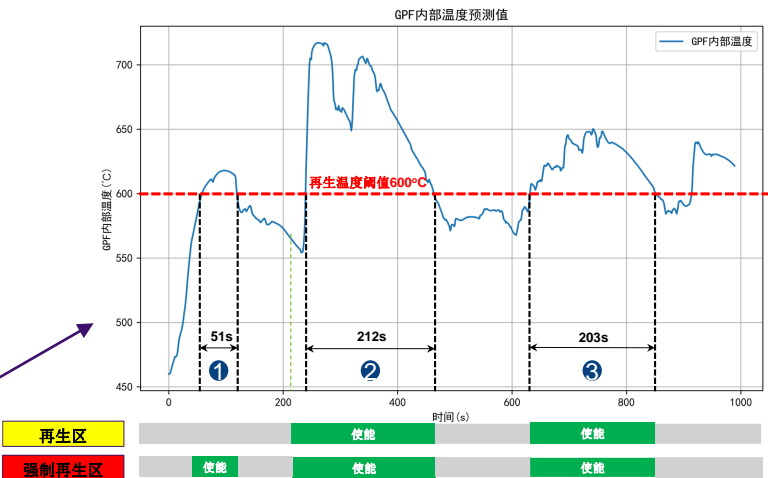
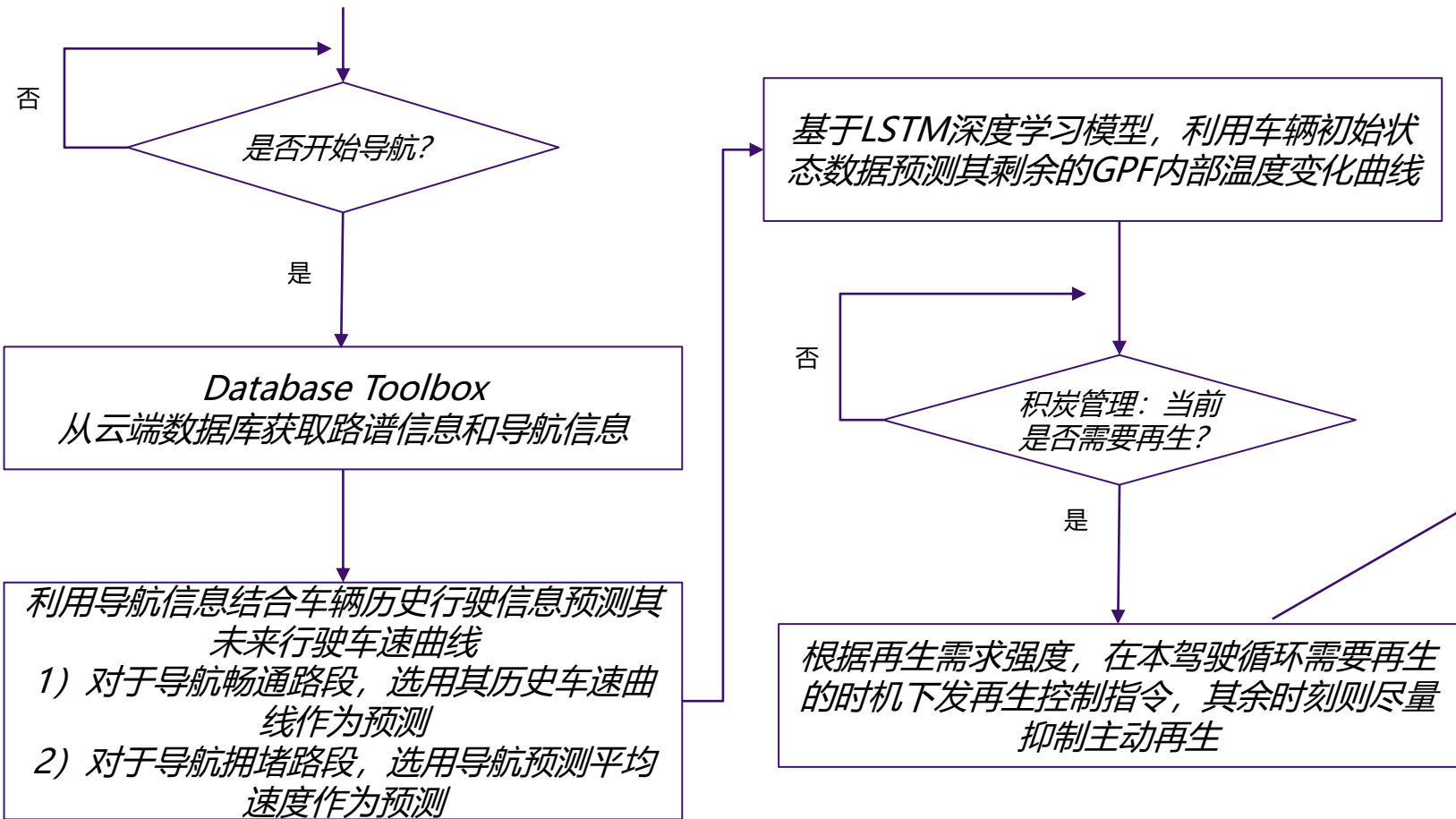


*MPS: MATLAB Production Server

*MWS: MATLAB Web APP Server

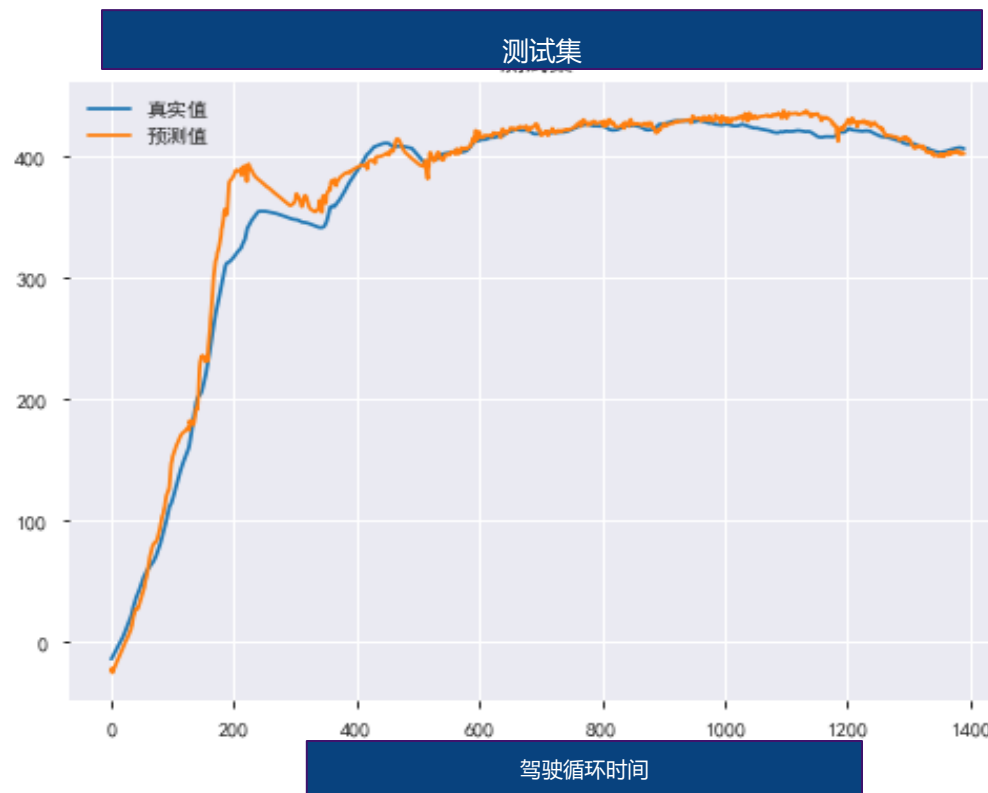
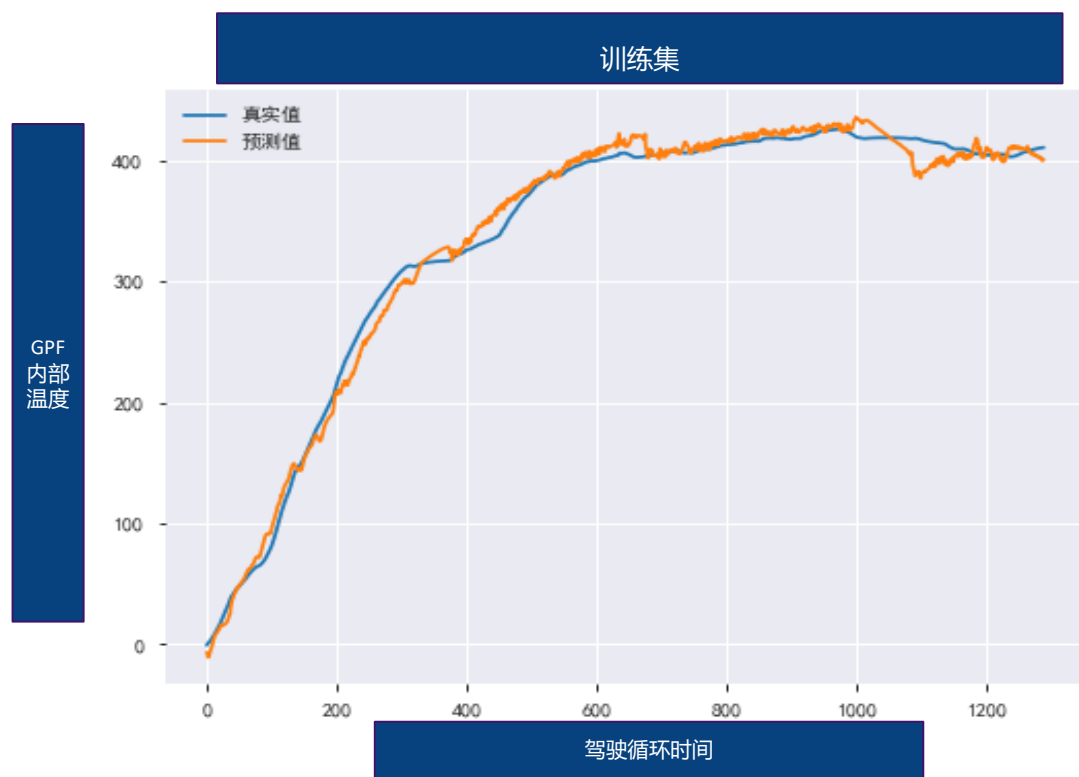
预测性GPF再生快速原型-预测性GPF算法设计和实现

算法逻辑设计



预测性GPF再生快速原型-预测性GPF算法设计和实现

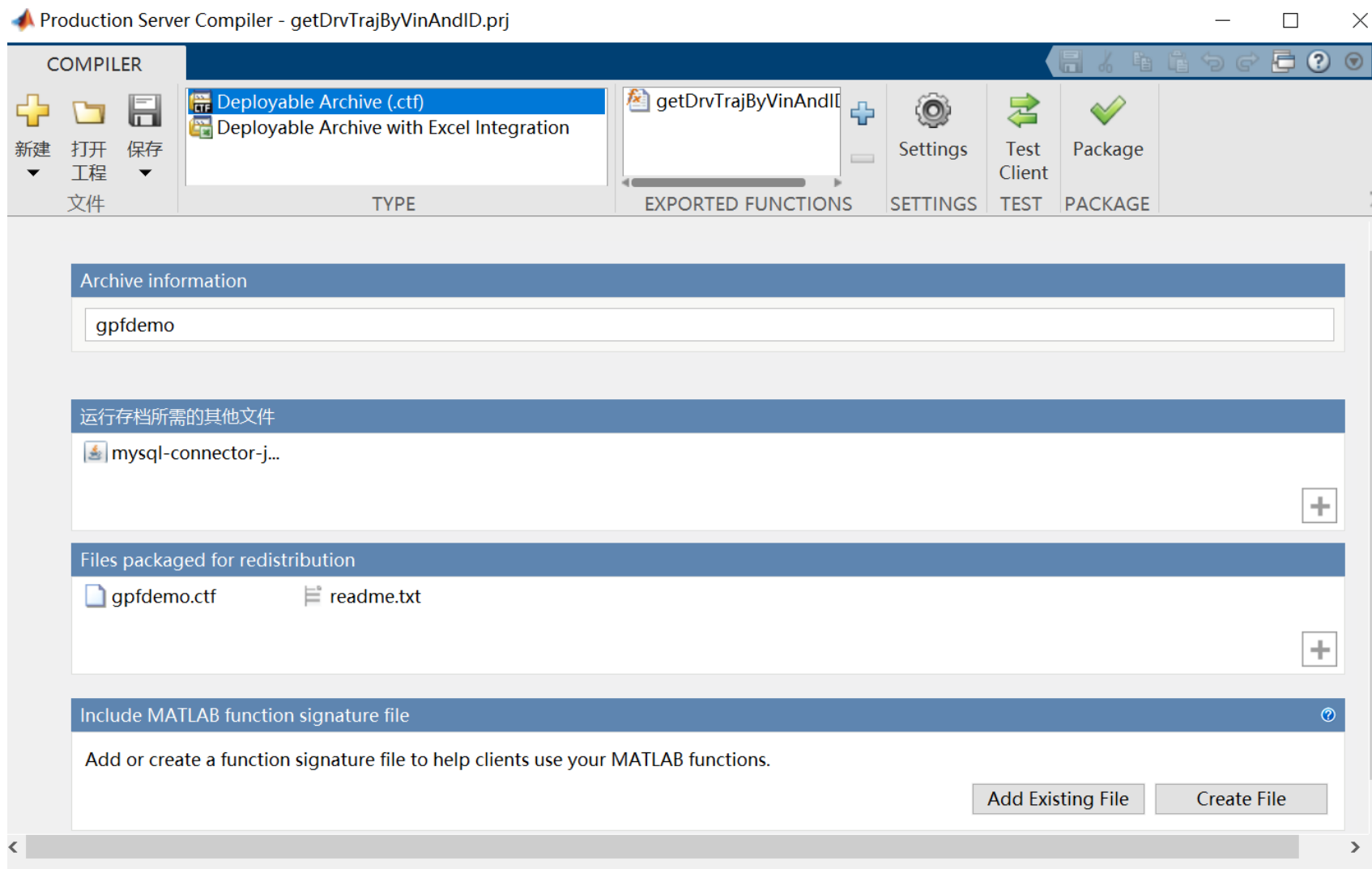
AI模型：排温预测模型效果



- Python中训练Pytorch的LSTM模型
- 在MATLAB/Simulink中通过MATLAB Function调用Python进程实现LSTM模型的调用
- 集成到MBD模型进行仿真

预测性GPF再生快速原型-预测性GPF算法生成REST API

MPS打包

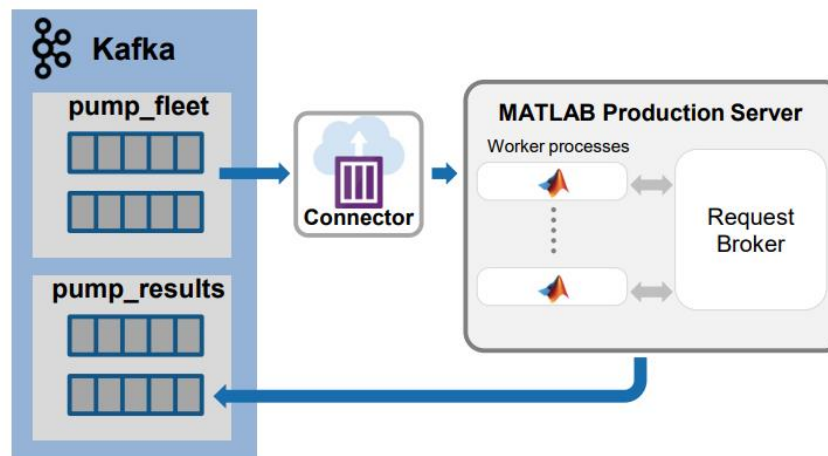


上述算法只要使用m语言实现
MATLAB函数即可利用
Production Server Compiler
进行打包并部署到MPS上，提
供服务接口

预测性GPF再生快速原型-Kafka和Kafka Connector for MPS

Connector Features:

- 利用Docker以微服务的形式部署Deploy as a micro-service with Docker
- 可配置Drive everything through config
- 基于时间将数据组织成时间表数据（timetable）并发送给MATLAB函数

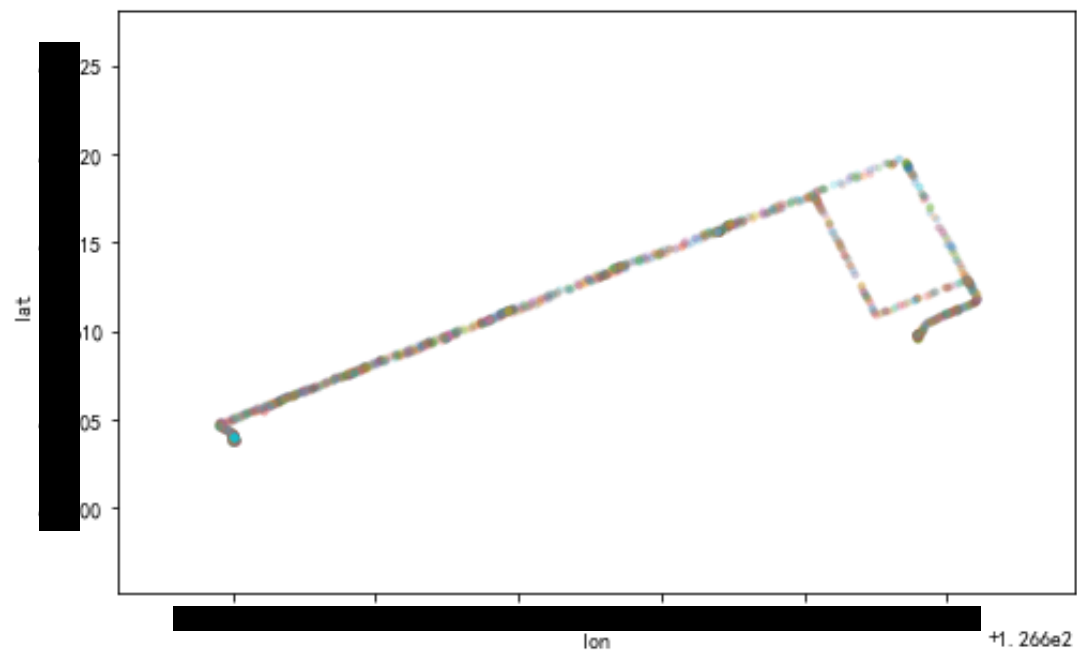


Kafka配合Apache Kafka Connector for MPS使用可实现MPS部署的算法自动消费Kafka消息并把算法结果传回Kafka的机制。

目录

1. 预测性GPF再生背景和原理介绍
2. 基于MATLAB/Simulink的快速原型构建
3. 项目总结&展望

预测性GPF再生收益-真实北方车辆数据选取



某车辆出行常见GPS轨迹

- ▶ 坐标 - 哈尔滨
- ▶ 日均出行13.5km

预测性GPF再生收益-仿真效果对比

某北方车辆

传统策略结果

预测性策略结果

| 最终炭载量 | 烧炭量 | 烧炭持续时间 | 再生激活次数 | 油耗 | 主动再生油耗 | 累计总里程 |
|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| 3.823g | 2.707g | 8524s | 138次 | 552.6L | 13.1L | 4529km |
| 3.315g | 3.265g | 12566s | 71次 | 548.3L | 8.8L | |
| -13.3% | +20.6% | +47.4% | -48.6% | 主动再生油耗 -32.8% | | |

综合节油
率约1%

- ▶ 仿真基于真实车辆单年驾驶数据，假定起始状态无GPF积炭；若起始车辆有积炭，则对比效果更加明显。
- ▶ 基于网联信息的预测性GPF再生服务可以改进再生效果，优化油耗、驾驶性等性能指标。

MATLAB/Simulink使用心得

1. MATLAB /Simulink做数据科学项目，可快速上手，易于学习
2. 利用MATLAB /Simulink的工具箱和部署工具相比手工代码可以较为容易的进行仿真度较高的快速原型构建，快速准确的验证智能网联服务的性能
3. 云端部署工具MATLAB Web app server, MPS或者微服务的Docker创建对内存和存储资源需求较高（包含MCR)
4. Simulink Compiler工具允许领域工程师独立完成MBD模型发布
5. 在仿真建模中利用机器学习模型等效替代，并集成到MBD, 可有效平衡仿真建模的准确度和效率

2022 MathWorks 中国汽车年会

Thank you

