

2020 MathWorks 中国汽车年会

基于V2X车辆防碰撞预警算法开发和仿真

杨波

广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院



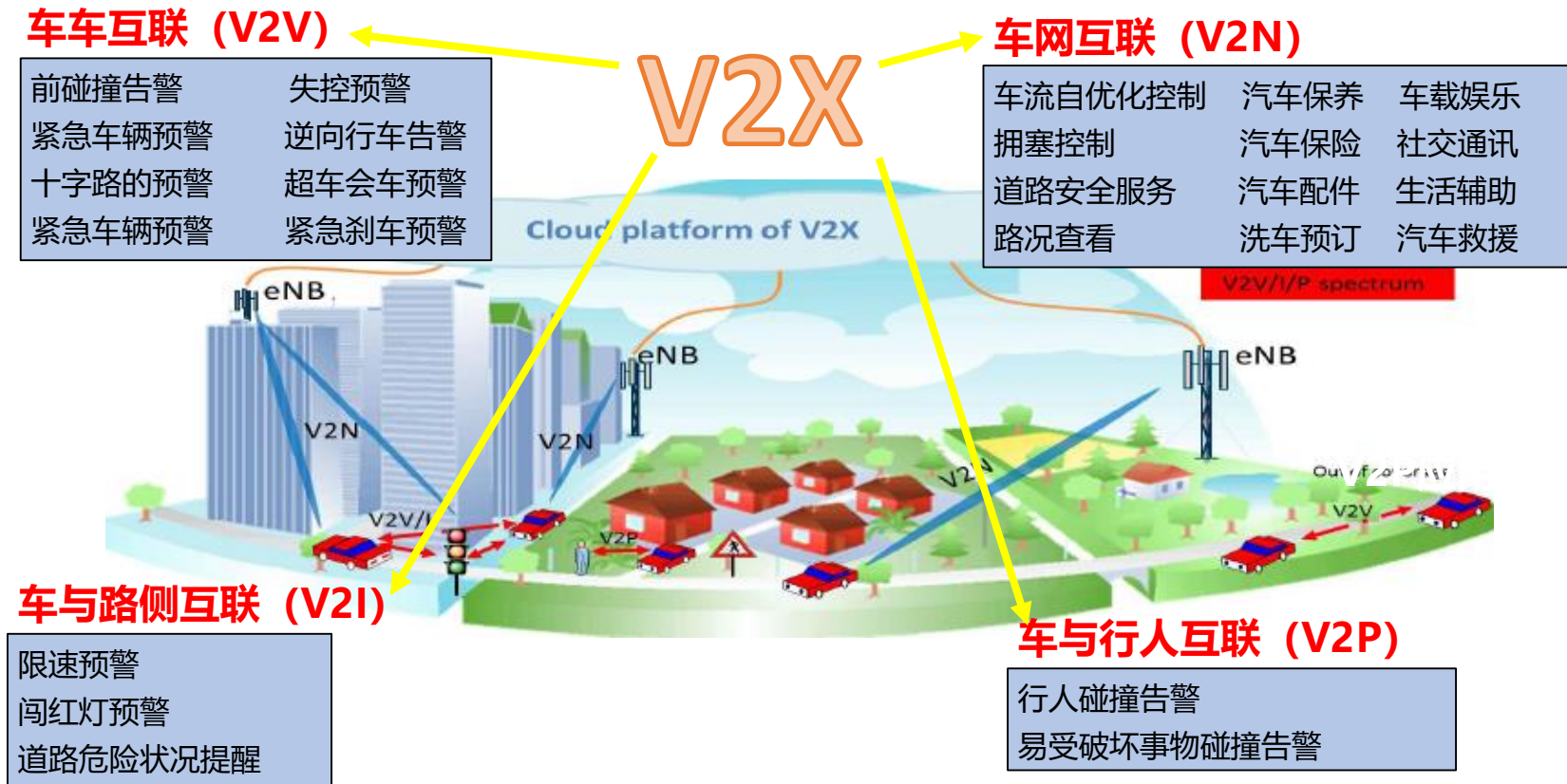
目录

CONTENTS

- 一、V2X介绍
- 二、V2X-ACC算法
- 三、V2X-ACC控制参数寻优
- 四、基于Simulink和PreScan的联合仿真
- 五、答疑讨论

一、V2X介绍

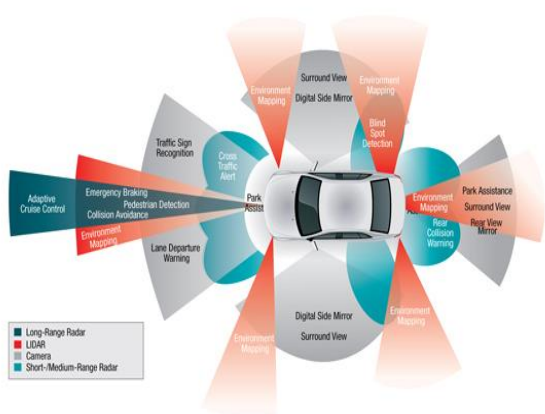
V2X (Vehicle to everything), 即车联网。通过无线通讯技术, 将**车-路-人-云**等智能终端形成联网, 使汽车具备复杂环境感知, 兼具智能决策、协同控制的能力, 为未来出行提供**安全**、便捷、舒适的服务。



一、V2X介绍

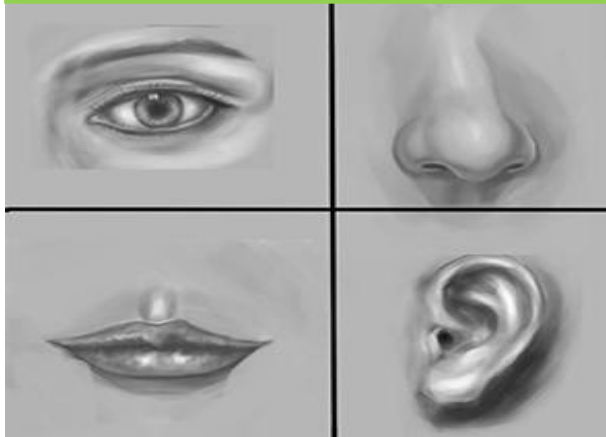
本课题研究领域行业内发展趋势

现状：“当前主流的自动驾驶完全依赖于传感器和摄像头”



- 传感器和摄像头受环境影响十分严重，风沙、雨雪等天气下传感器和摄像头的识别率大大降低。
- 摄像头和传感器仅能感知200米范围以内障碍物。**在急转弯路口、爬坡或其他视觉存在障碍时**无法快速判断出危险。

原因：“传感器和摄像头是车的眼睛和鼻子，却不能替代嘴巴和耳朵”



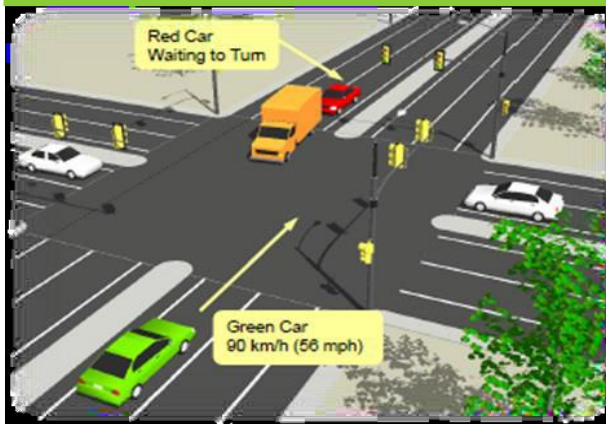
- 传感器和摄像头是眼睛和鼻子，为车感知周围的世界。
- V2X是嘴巴和耳朵，实现车与外界的交流。

问题：“传感器不能完全识别障碍物”



特斯拉自动驾驶酿成的车祸：
2016年1月20日14点整，高雅宁驾驶车辆从邯郸入口进入高速公路，并长时间沿着左侧第一车道行驶，14点08分，高雅宁还哼了几首歌，14点09分26秒，车辆径直撞上了前车的尾部并造成驾驶员死亡。

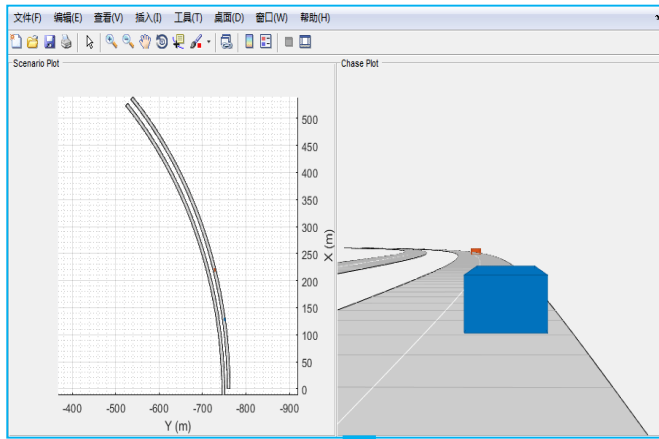
结论：“只有能通信的汽车才能实现完整的自动驾驶”



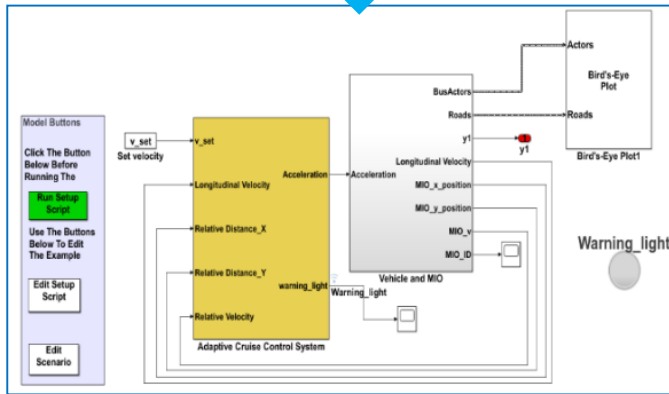
V2X不受外界环境影响，**传输距离更广，不受视觉缺陷影响**，可以弥补传感器和摄像头的缺陷。

二、V2X-ACC算法

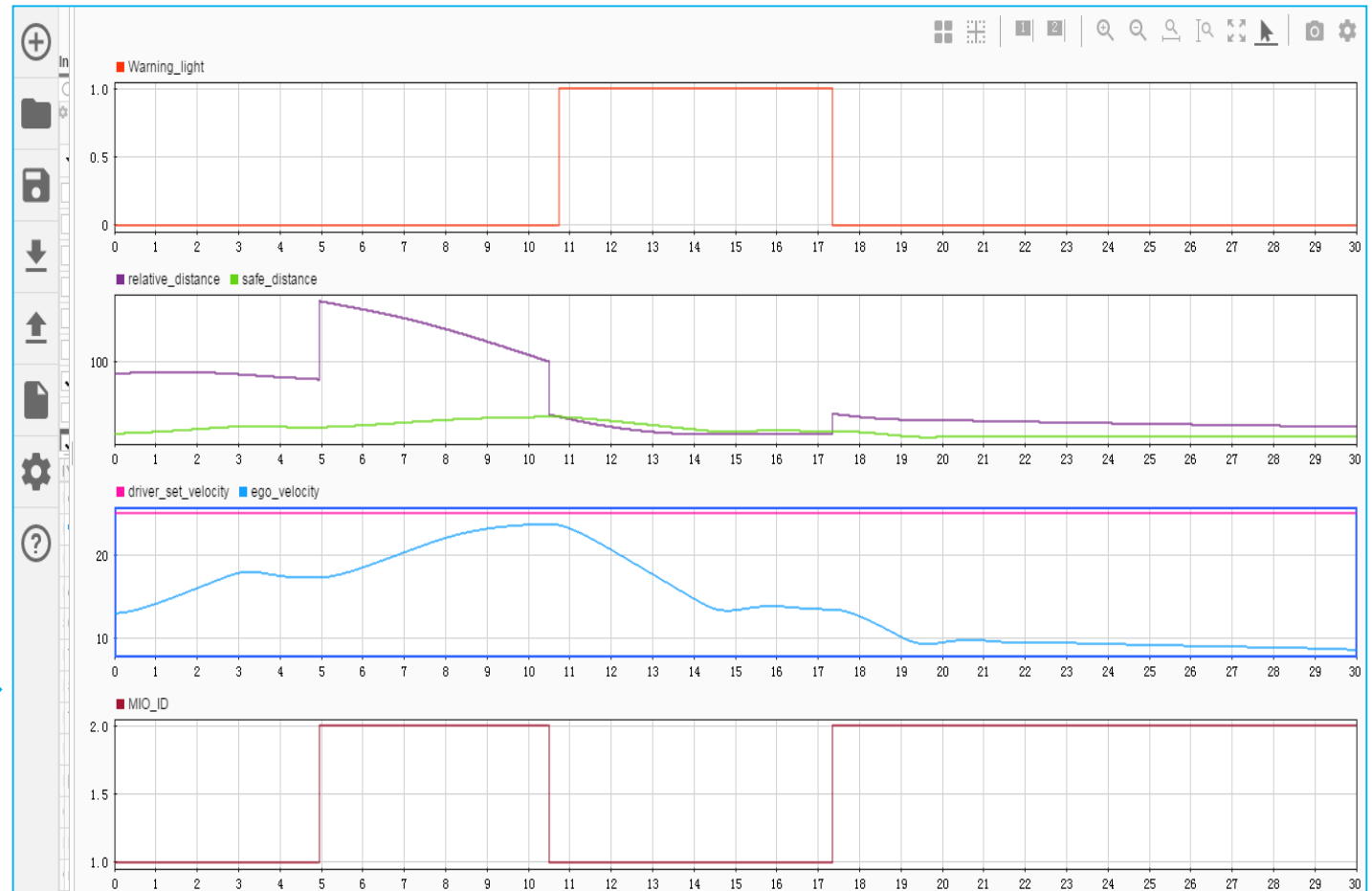
(1) 基于Simulink和Automated Driving Toolbox工具箱的ADAS算法开发流程



① 场景搭建



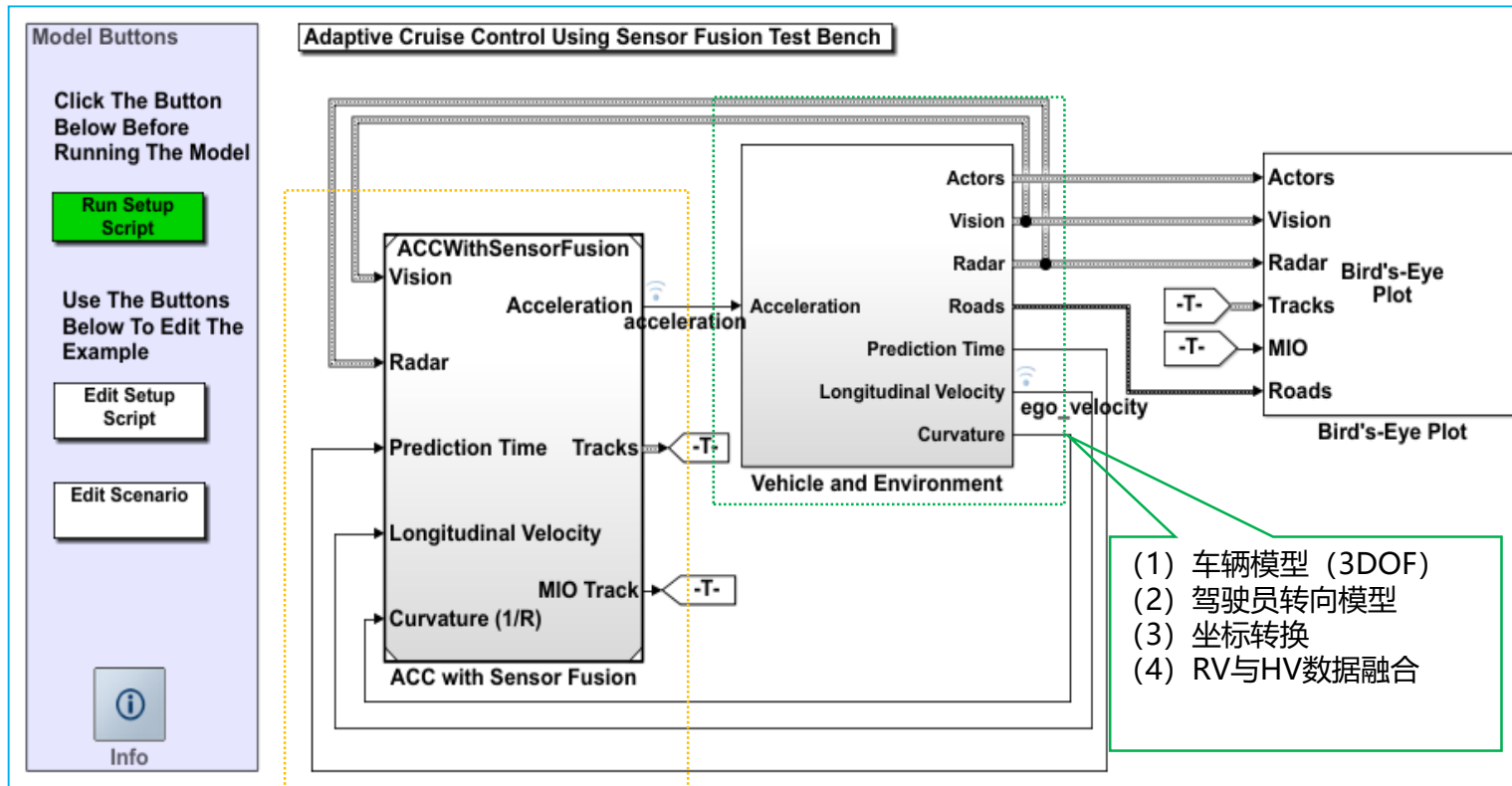
② 算法开发



③ 算法仿真与结果验证

二、V2X-ACC算法

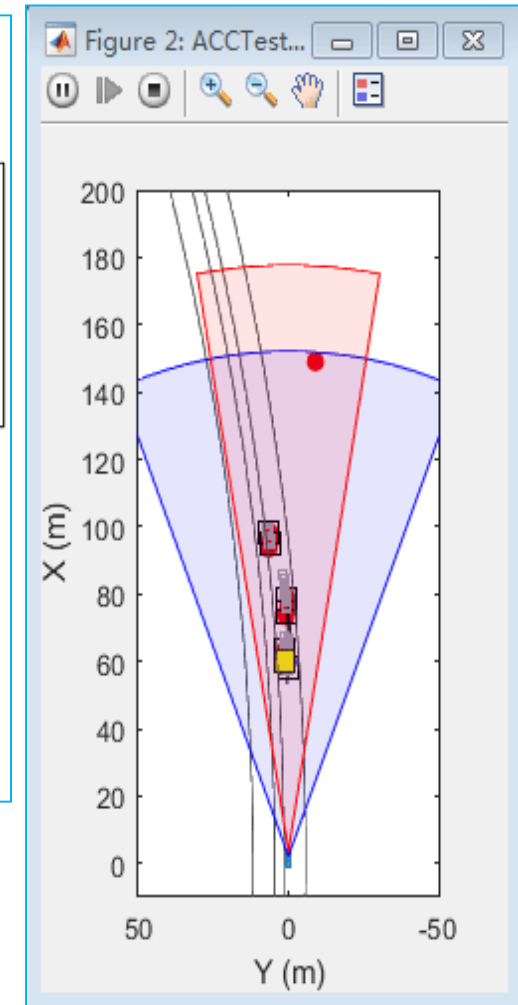
(2) 基于Simulink和Automated Driving Toolbox的V2X-ACC算法开发思路 (Simulink demo演示)



- (1) 场景搭建
- (2) 初始参数设置

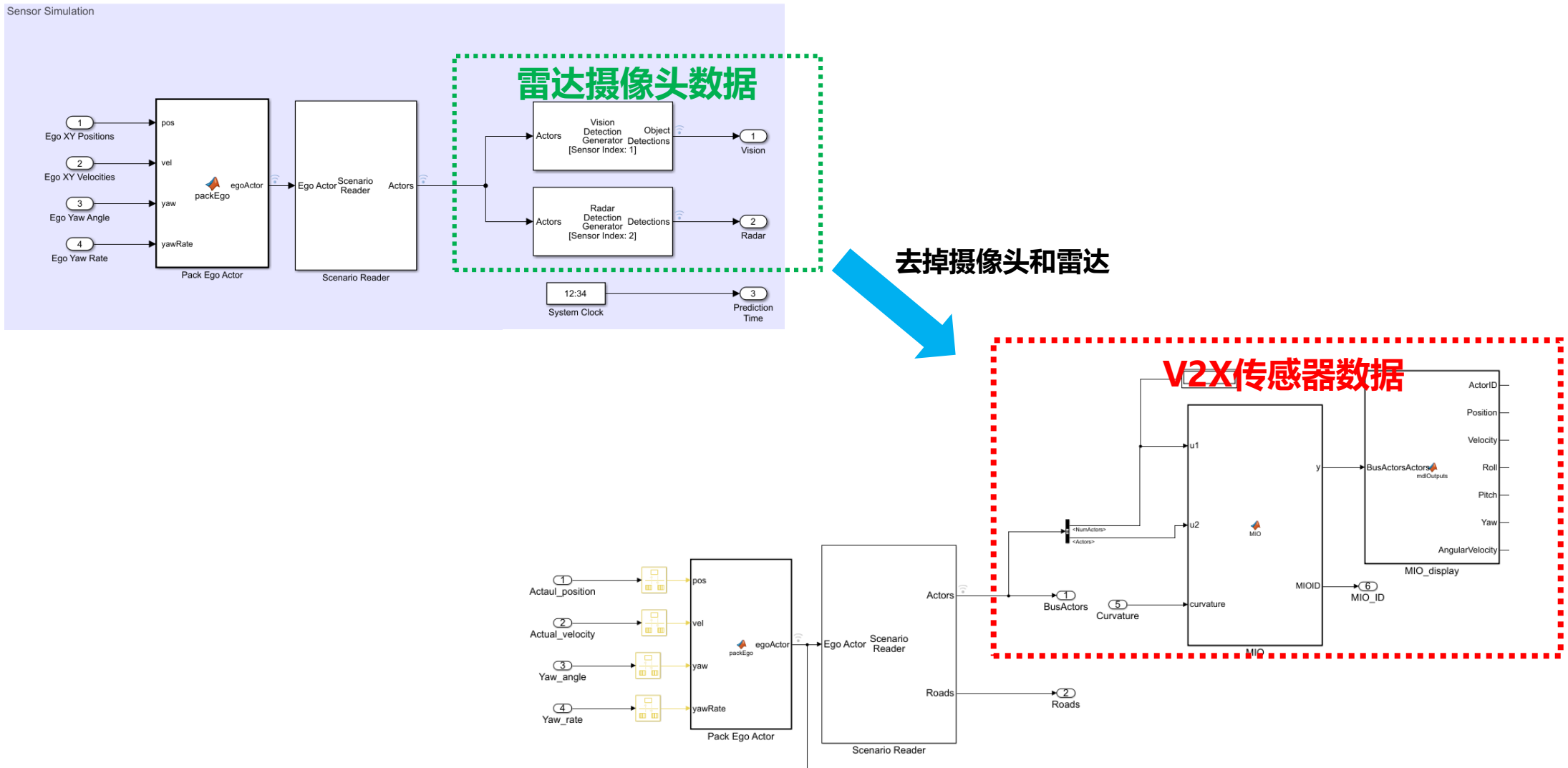
- (1) 传感器 (摄像头 + 雷达) 数据融合
- (2) ACC控制算法

通过将Matlab自带demo中的传感器替换为V2X传感器 (传输信号包含车辆坐标点、横摆角、车速等信息), 进行基于V2X的ACC算法开发



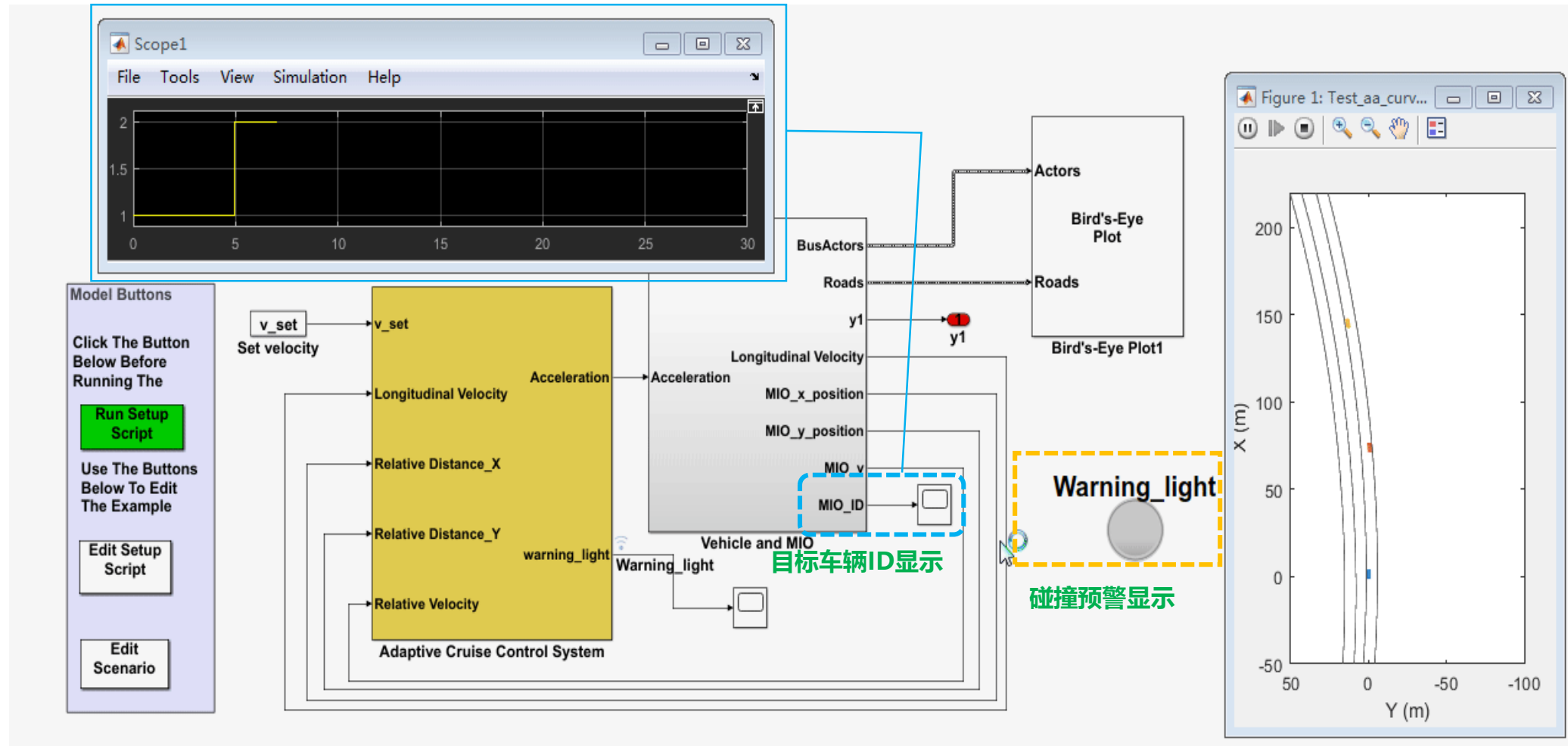
二、V2X-ACC算法

(3) 基于Simulink和Automated Driving Toolbox的V2X-ACC算法开发——替换摄像头、雷达为V2X（模拟）传感器数据



二、V2X-ACC算法

(4) 模拟V2X传感器，获得包含场景车车速、位置、角速度等信息的V2X信号，在Vehicle and MIO模块中进行车辆场景融合与最重要目标车辆(Most Important Object, MIO)的筛选和跟踪。



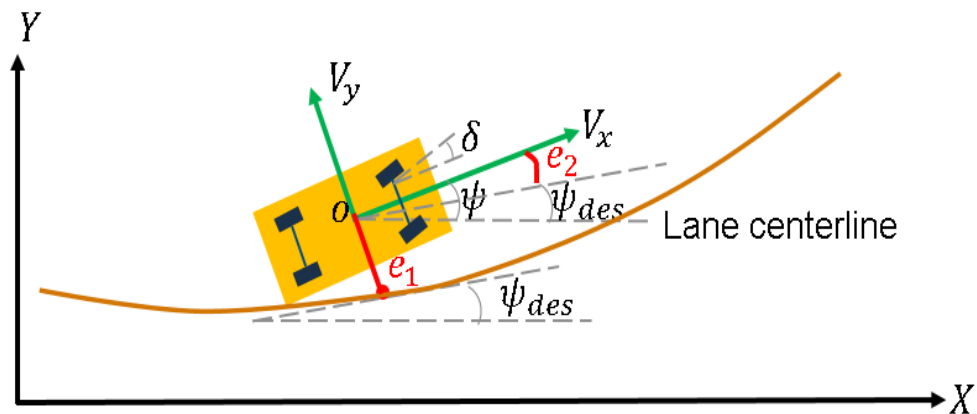
三、V2X-ACC控制参数寻优

(1) 基于PSO (Partical Swarm Optimization ,PSO) 寻优ACC控制参数

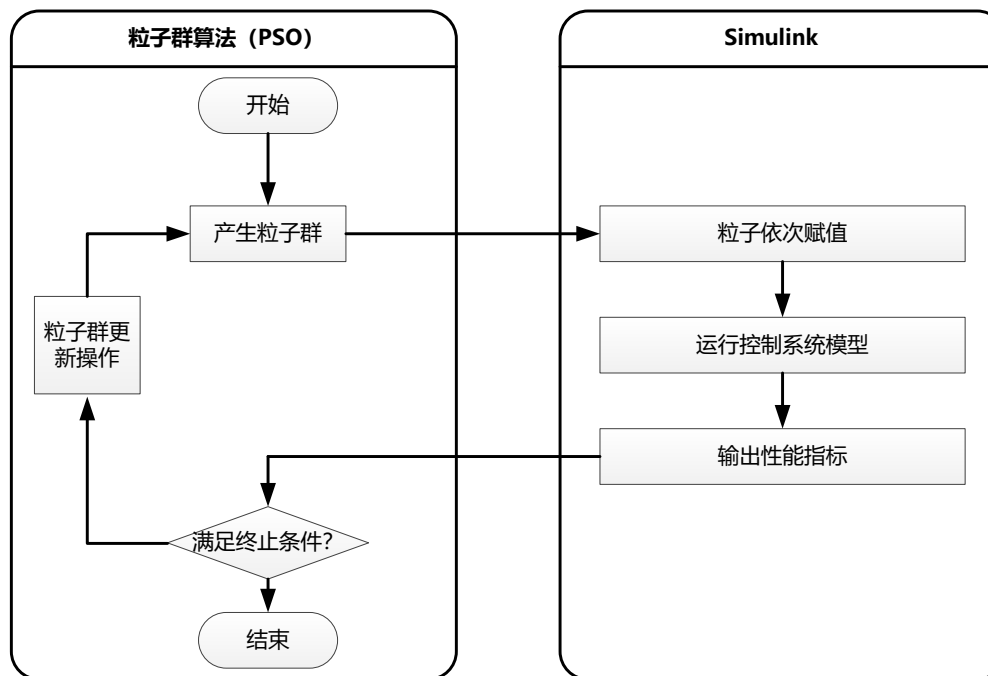
通过对设置的控制参数进行PSO优化, 可获得在ACC控制中提升驾驶的舒适性已经路径跟踪的准确性。

目标函数:

$$e_1 = \int (V_x(\psi - \psi_{des}) + V_y)$$



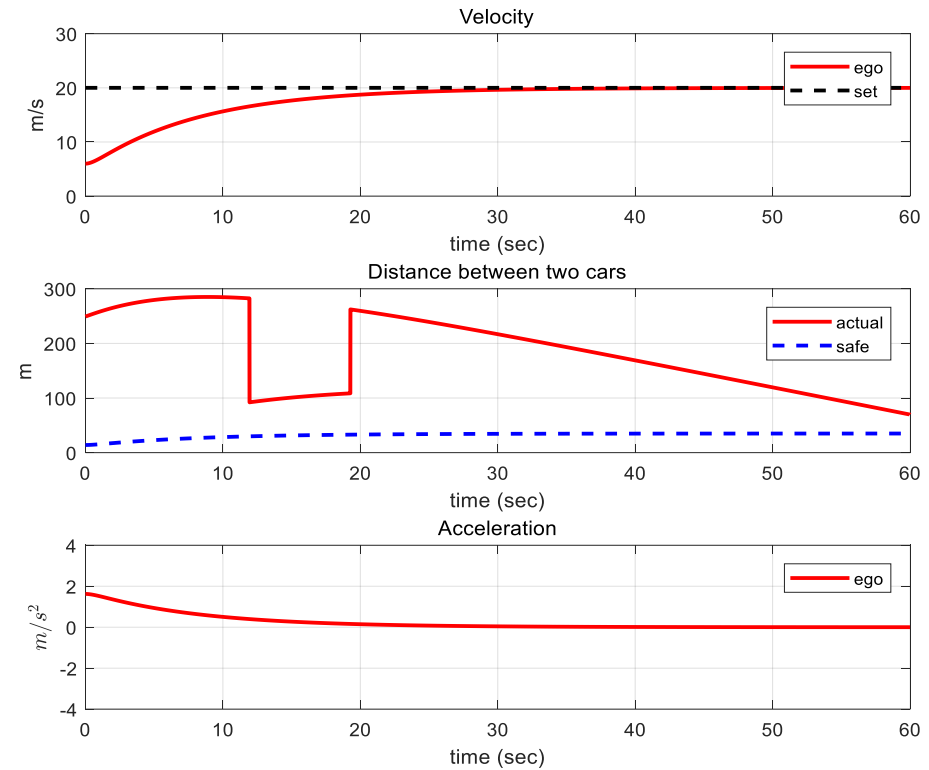
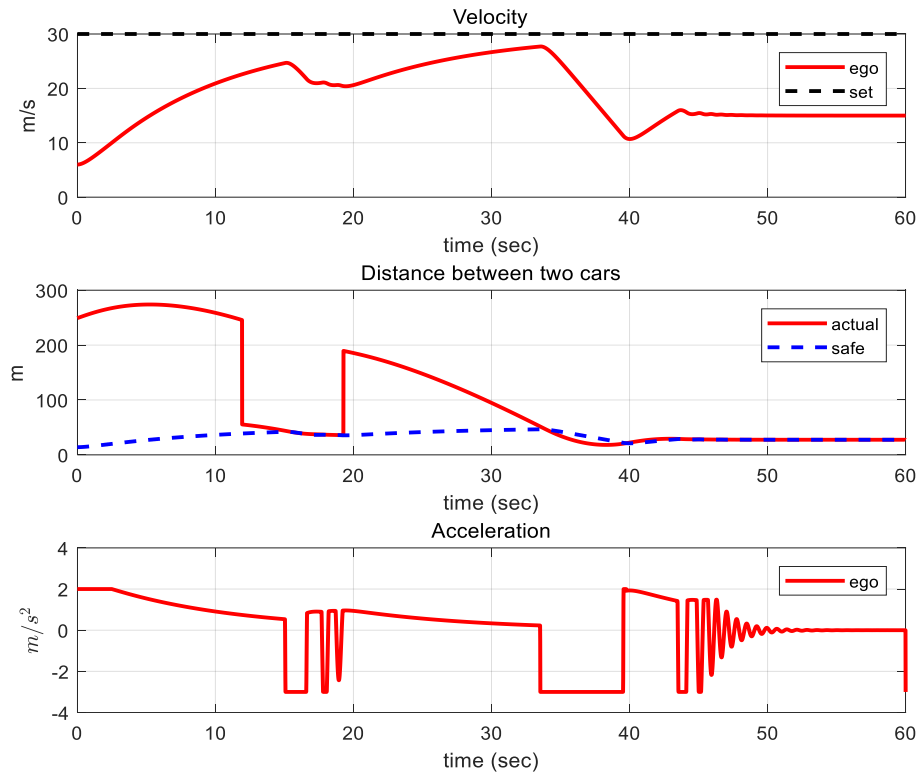
PSO寻优过程:



三、V2X-ACC控制参数寻优

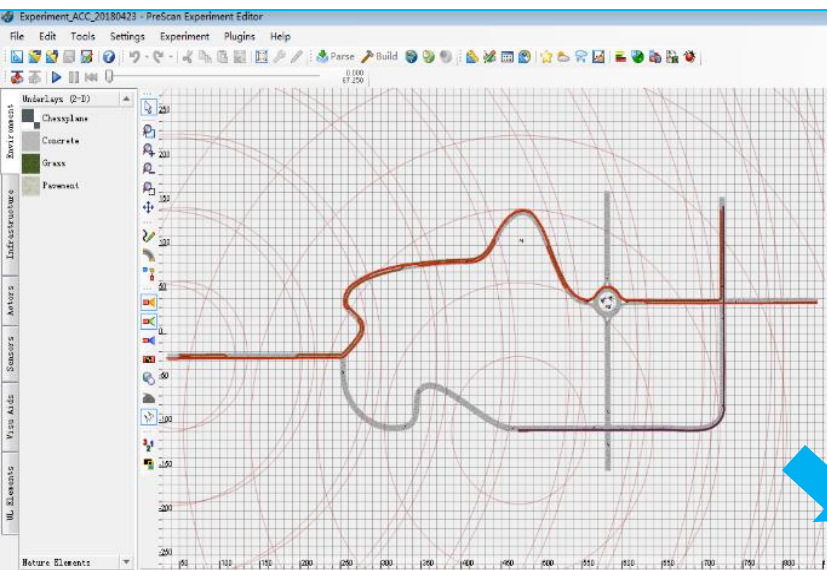
(2) 优化前后仿真数据对比

通过PSO优化前后数据对比，可以看出，优化后ACC控制中，Accelerate变化更加平滑，提升了ACC驾驶的舒适性，同时安全性也优于优化前。

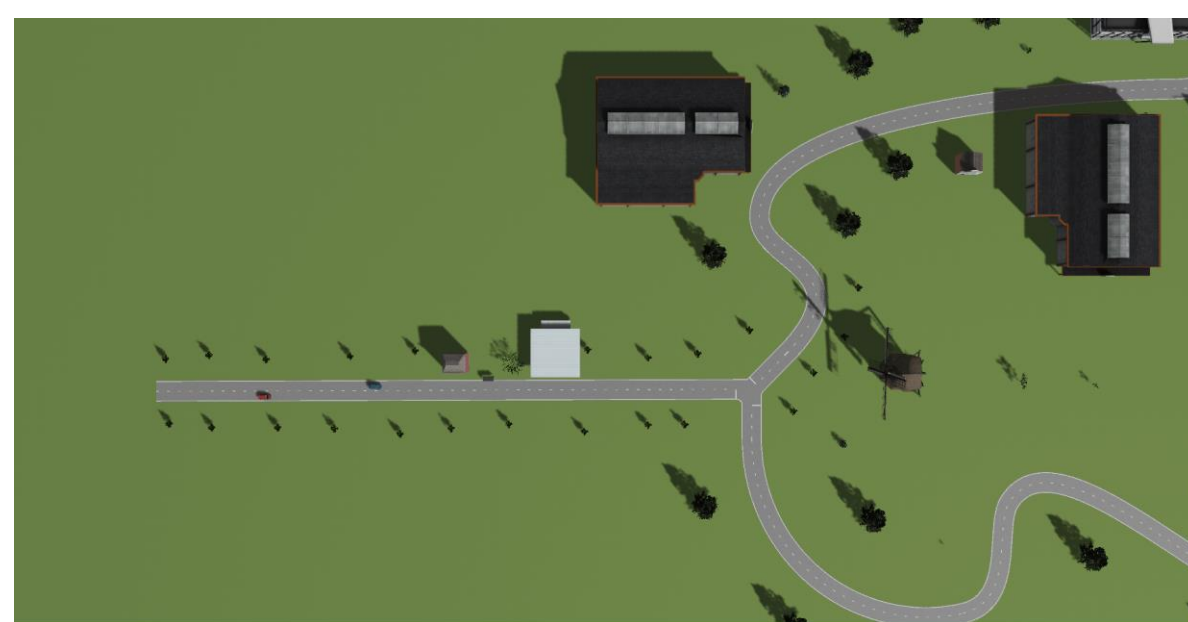


四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

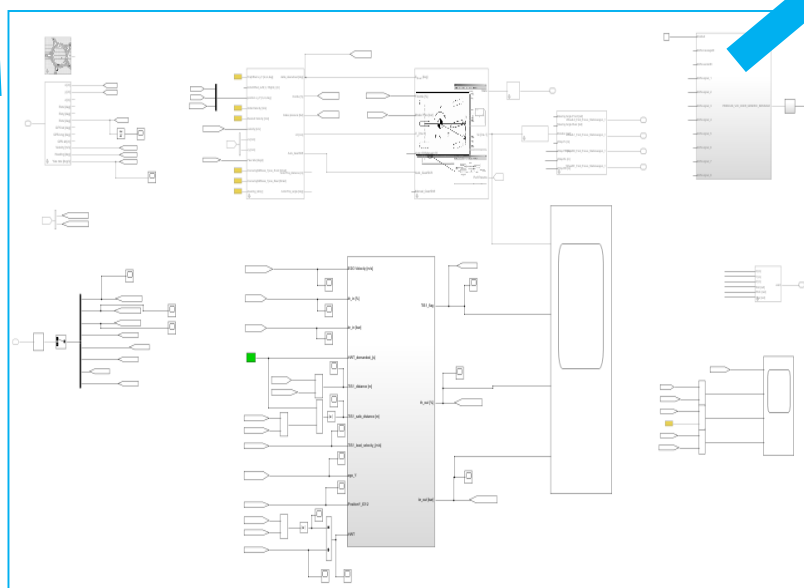
(1) 基于PreScan和Simulink的联合仿真流程



① 基于PreScan的场景建设



② 基于Simulink的算法建模

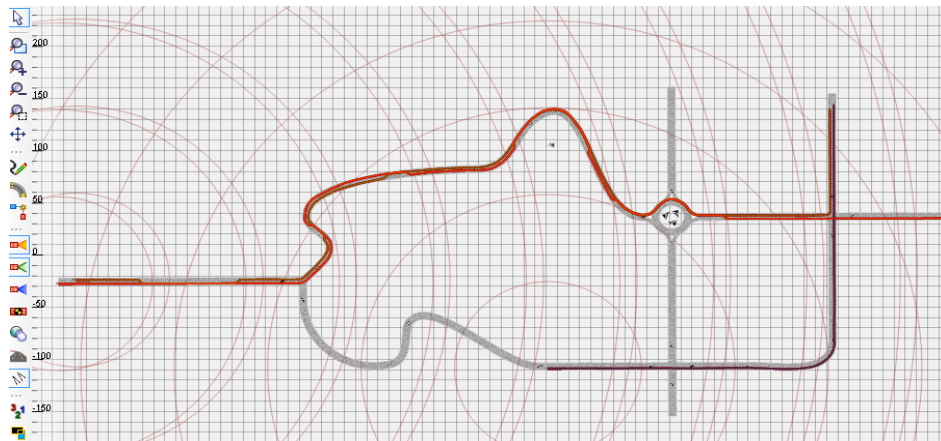


③ 基于PreScan的后处理观测

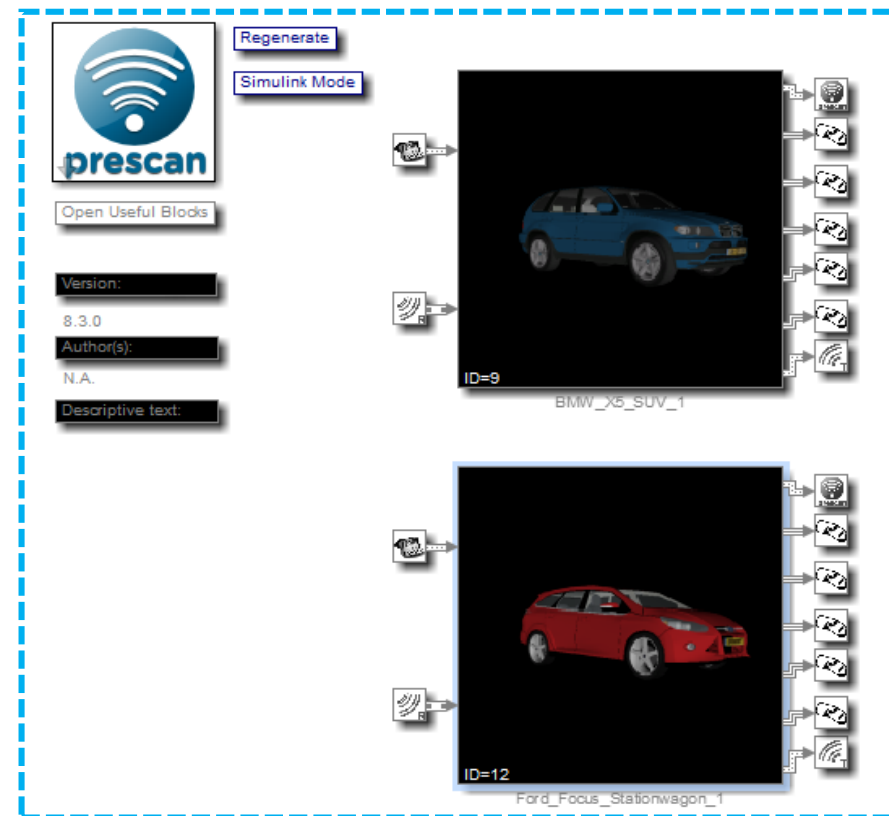
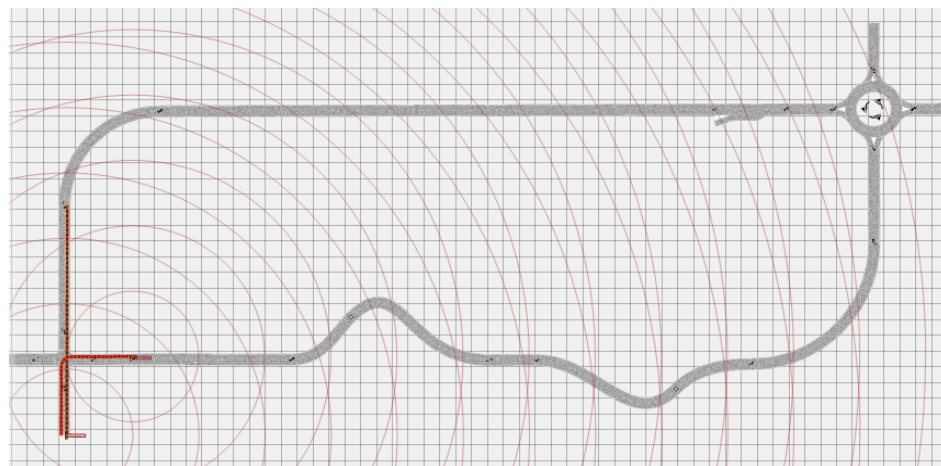
四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

(2) PreScan场景建模

场景一：
复杂弯道
车辆跟随



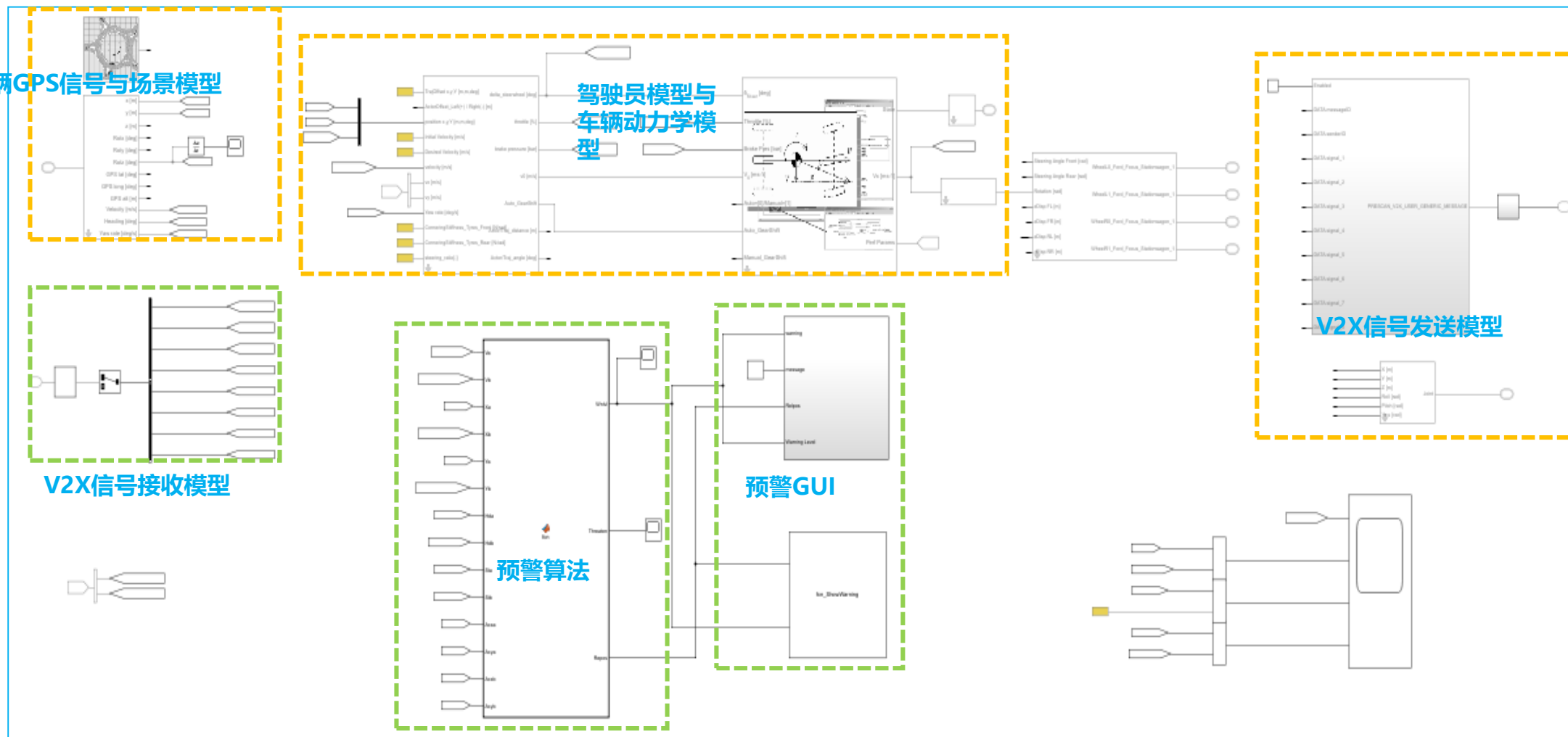
场景二：
十字交叉
路口碰撞



基于PreScan生成的Simulink 车辆模块，包含车辆自身参数、车辆预设行驶轨迹、道路信息、传感器信息、驾驶员模型和预警及控制算法等设定

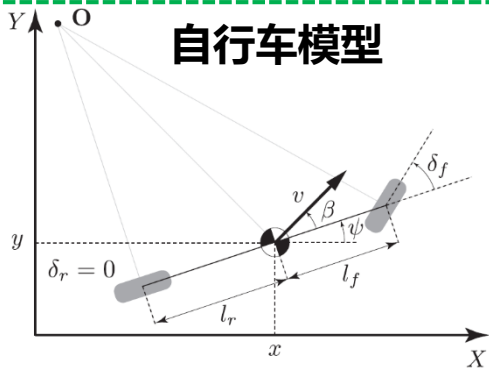
四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

(3) 基于PreScan的Simulink 预警算法开发



四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

(3) 基于PreScan的Simulink V2X算法模型开发



$$\dot{x} = v \cos(\psi + \beta)$$

$$\dot{y} = v \sin(\psi + \beta)$$

$$\dot{\psi} = \frac{v}{l} \sin(\beta)$$

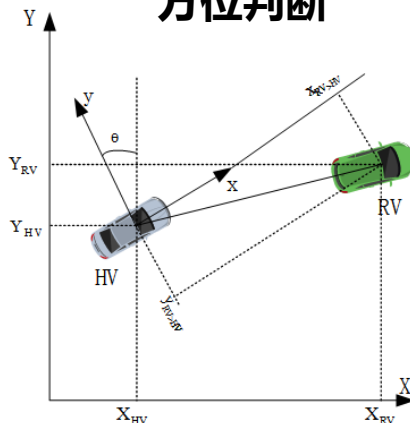
$$\dot{v} = a$$

$$\beta = \tan\left(\frac{l_r}{l_f + l_r} \tan(\delta_f)\right)$$

其中, x 和 y 表示车辆在 GPS 提供的惯性坐标下的质心坐标, v 代表车辆速度, a 表示车辆加速度, 注意在运动学自行车模型中车辆加速度一直与车辆速度保持相同的方向。

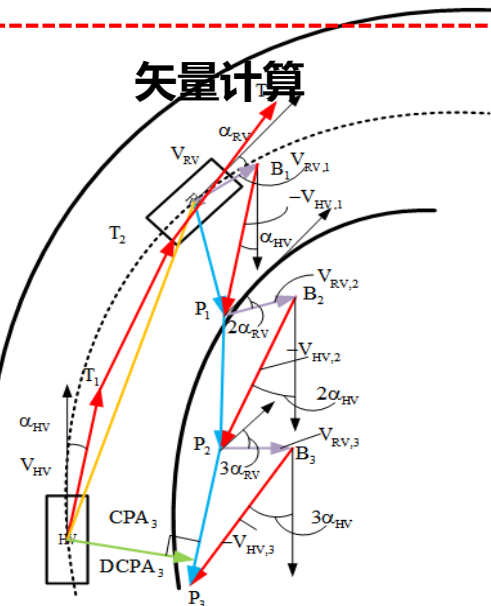
ψ 是车辆偏航角, β 车速方向角, l_r 和 l_f 分别表示车辆质心距离其后轮轴线和前轮轴线的距离。 δ_f 表示车辆前轮转角, 该角度可由方向盘转角乘以传动比计算得到, 由于大部分车辆的后轮都无法转向, 故假设 δ_r 为 0。

方位判断



判断条件	RV 相对 HV 的方位	方位编号
$-1 \leq y_{RV>HV} \leq 1 \ \&\& \ x_{RV>HV} \geq 0$	前方	5
$y_{RV>HV} > 1 \ \&\& \ x_{RV>HV} \geq 0$	右前方	1
$y_{RV>HV} < -1 \ \&\& \ x_{RV>HV} \geq 0$	左前方	2
$-1 \leq y_{RV>HV} \leq 1 \ \&\& \ x_{RV>HV} \leq 0$	后方	6
$y_{RV>HV} < -1 \ \&\& \ x_{RV>HV} \leq 0$	左后方	3
$y_{RV>HV} > 1 \ \&\& \ x_{RV>HV} \leq 0$	右后方	4
$y_{RV>HV} \leq -1 \ \&\& \ -1 \leq x_{RV>HV} \leq 1$	左边	8
$y_{RV>HV} \geq 1 \ \&\& \ -1 \leq x_{RV>HV} \leq 1$	右边	7

矢量计算



P_n 点基于 GPS 坐标系 (全局坐标系) 的坐标:

$$P_{n,x} = B_{x,n} - \sqrt{V_{HV,n}^2} \sin(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n})\Delta t + \frac{1}{2} a_{HV,n} \sin(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n})\Delta t^2$$

$$P_{n,y} = B_{y,n} - \sqrt{V_{HV,n}^2} \sin(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n})\Delta t + \frac{1}{2} a_{HV,n} \sin(-H_{HV,n} + \alpha_{HV,n})\Delta t^2$$

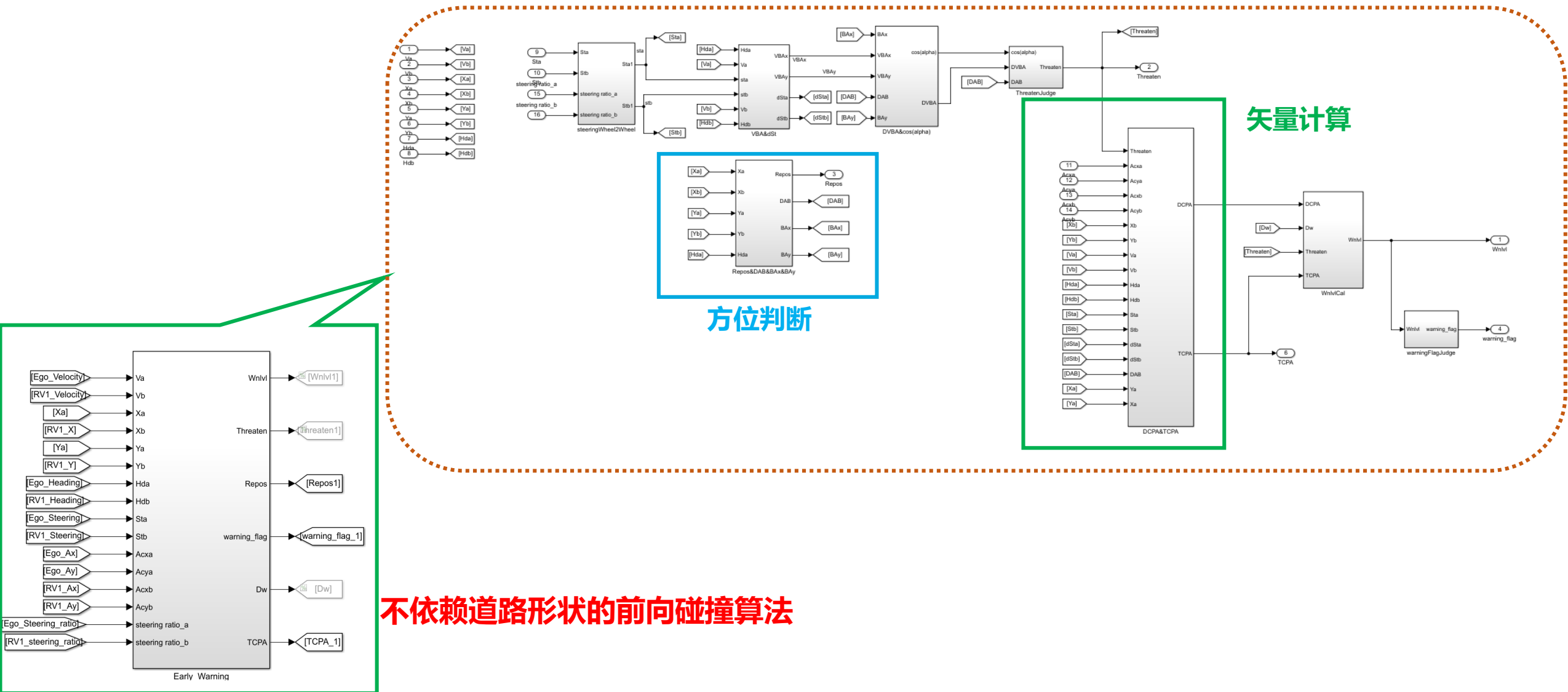
B_n 点基于 GPS 坐标系 (全局坐标系) 的坐标:

$$B_{x,n} = X_{RV} + \sqrt{V_{RV,n}^2} \sin(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n})\Delta t + \frac{1}{2} a_{RV,n} \sin(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n})\Delta t^2$$

$$B_{y,n} = Y_{RV} + \sqrt{V_{RV,n}^2} \cos(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n})\Delta t + \frac{1}{2} a_{RV,n} \cos(H_{RV,n} + \alpha_{RV,n})\Delta t^2$$

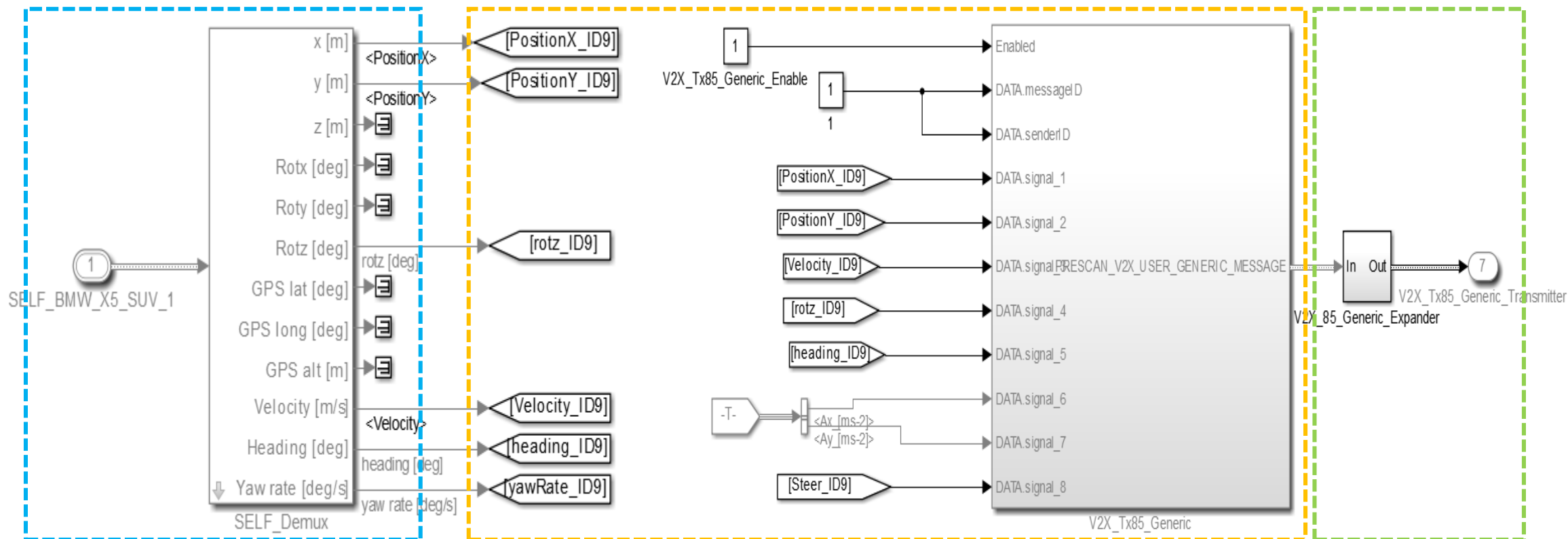
四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

(3) 基于PreScan的Simulink V2X算法模型开发



四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

(4) V2X信号的组装与广播传输



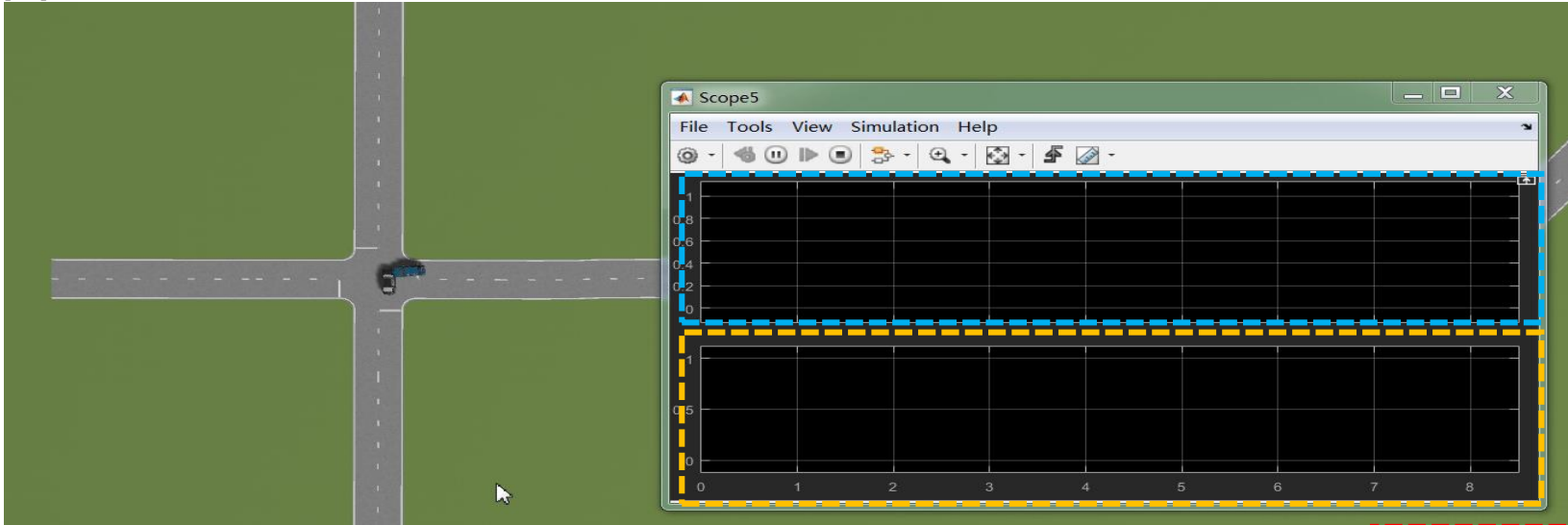
获取车辆自身GPS
信号及动力学参数

根据国标，组装所
需广播的V2X信号

模拟V2X信
号的广播

四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

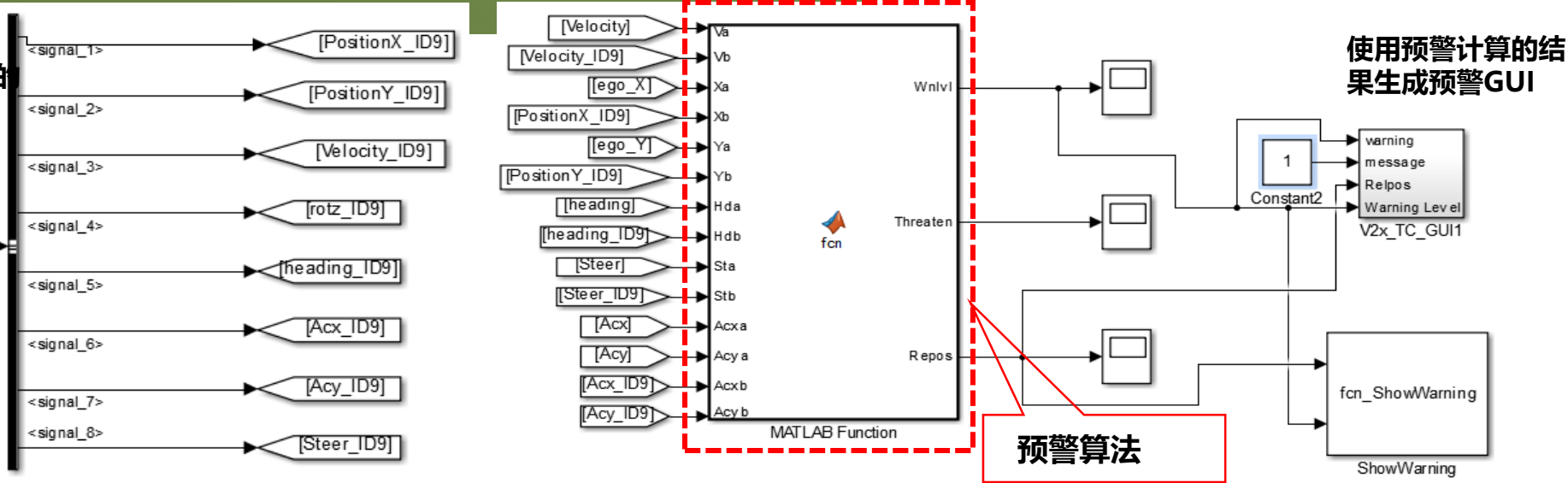
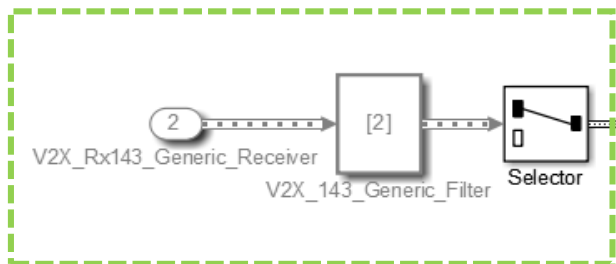
(5) V2X信号接收与算法结果展示



Wnlvl: 预警等级, 对有潜在威胁的车辆进行预警计算, 并判断预警等级

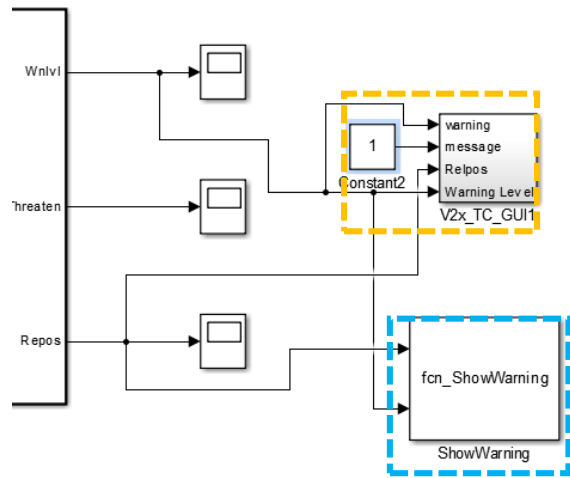
Threaten: 判断观测到的远车是否有潜在威胁, 如果没有则不进行预警计算

模拟V2X信号接收与解析, 并对收到的每辆车的V2X信号分别进行威胁判断以及预警计算

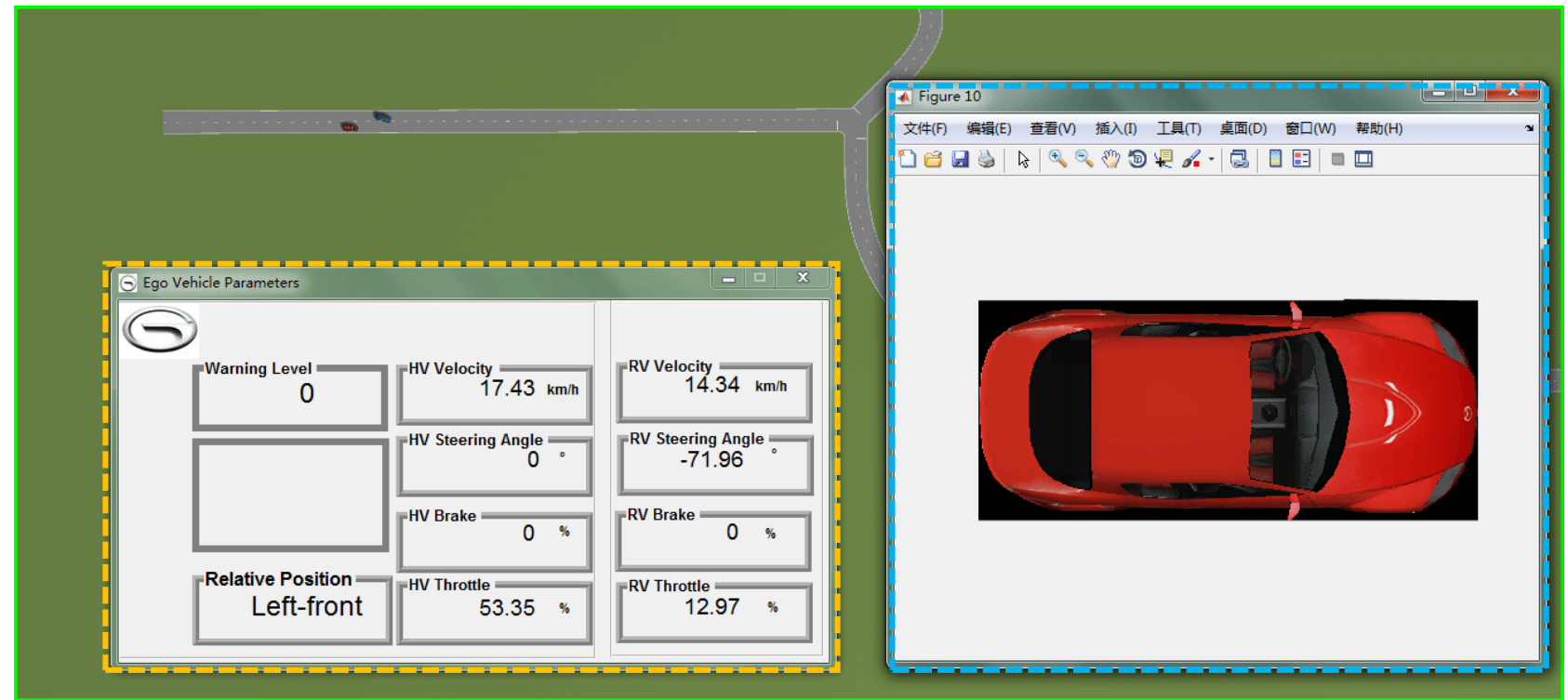


四、基于Simulink和PreScan的联合仿真

(6) V2X预警GUI显示



基于Simulink的GUI模块



实时显示预警等级，预警信号及危险车辆相对主车的方位

检测到预警信号时，根据危险车辆相对主车方位实时显示预警图例

五、答疑讨论

总结

1. 完成基于Simulink和Automated Driving Toolbox的V2X-ACC建模仿真，适用于直道及定曲率弯道，并通过PSO算法优化模型，自动选出最优调整PID控制参数，成功减少控制后的动力学参数波动。
2. 完成基于PreScan和Simulink联合仿真的V2X碰撞预警模型，适用于任意曲率弯道和交汇道路，根据预警结果及远车向对主车方位显示预警GUI。

