### Rule\_E\_Score\_1：“驾驶机动车在高速公路上倒车、逆行、穿越中央分隔带掉头的”扣12分

#### 整体设计思路（简单说明，不强调格式）

#### (1)说明拆分交规的原则，(2)包括每个子交规是如何考虑的。起到一个总体说明的作用。

参考设计维度（拆分维度）：时间、空间、交通参与者

#### Rule\_E\_Score\_1\_1：自动驾驶系统在高速公路上不应倒车（模板）

##### 安全评估场景：高速公路-单车

###### 安全评估模型设计

形式化验证逻辑

倒车运行检测模型

**模型名称**：其他模型之倒车运行检测模型

**原理说明**：通过判断档位是否为倒挡、行驶方向是否和道路方向相反来判断是否是处于倒车运行状态。

模型参数说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 模型参数名称 | 模型参数说明 | 来源说明（carla） |
| Gear | 待评估车的当前档位 | Asg-p输入接口中新增字段，传入ego车的当前档位 |
| Velocity | 待评估车相对当前车道的速度 | 沿用现有object中的速度字段 |

模型说明

isReverse = （velocity < 0） && （gear == ‘Reverse’）

**说明：**

1. 如果速度小于0，则表示与当期车道的相反方向行驶，如果此时车的档位为Reverse，即倒车档，则可判断为处于倒车行驶状态。
2. 如果 isReverse为true表示处于倒车行驶状态，否则不是。

模型优缺点说明

**优点**：检测简单

**缺点**：无

###### 安全评估场景设计

**场景判断方法分析**：

1. 通过从高精地图中获取并判断EGO车运行区域，并构建单车scene（carla）

**关键实现说明**：

* 1. 在Carla中从高精地图获取EGO车运行区域方法说明：
     1. TBD
  2. 将上述得到的区域，填充到RoadAea中，新增字段ASGRoadAreaType，其中包含成员HighWay
  3. 构建单车的scene，其中SituationType中新增一种类型：OnlyEgo

1. Asg-p根据传入单车scene和RoadAreaType判断是否为高速区域（asg-p）

**场景假设说明：**

###### 安全状态设计

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 安全评估模型输出 | 内部安全状态 | 外部安全状态 | 备注 |
| isReverse为true | 逆行状态 | 危险状态 | 在高速场景，出现逆行为非常严重的行为，需扣12分，故直接映射到危险状态 |
| isReverse为false | 正常行驶状态 | 正常行驶 |  |

###### 安全控制场景设计

在此安全评估场景下，无需再细分安全控制场景，即遵循安全评估场景即可。

###### 安全控制动作设计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内部安全状态 | 外部安全状态 | 安全控制动作 | 安全模型关键参数输出 | 说明 |
| 逆行状态 | 危险状态 | 横向制动-舒适制动 | 制动加速度级别 |  |

#### Rule\_E\_Score\_1\_2：驾驶机动车在高速公路上不应逆行（模板）

##### 安全评估场景：高速公路-单车

###### 安全评估模型设计

形式化验证逻辑

主逻辑：

对于ego车在全部时间中对应的所有行为，速度小于零且不处于倒车状态则认为处于逆行状态

*driving-direction-compliance *= false

*driving-direction-compliance * ≡

(*ego-speed* ) < 0 ∧ (*ego-gear* ) {reverse}

涉及函数：

*ego-speed* :: R *⇒* R 函数描述了ego车随着时间变化的速度值

*ego-gear* :: R *⇒* S 函数返回ego车当前的档位

道路逆行检测模型

**模型名称**：其他模型-逆行检测模型

**原理说明**：通过判断行驶方向是否和道路方向相反且不处于倒车状态来判断是否是处于逆行状态。

模型参数说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 模型参数名称 | 模型参数说明 | 来源说明（carla） |
| gear | 待评估车的当前档位 | Asg-p中新增字段，传入当前档位，存到ego车Object中 |
| velocity | 待评估车相对当前车道的速度 | 沿用现有Object中的速度字段 |

模型说明

isWrongDirection = (gear != ‘Reverse’) && (velocity < 0)

**说明：**

1. 首先需要确认本车不处于倒车档位，而是出于正向行驶的状态，倒车有专门的倒车模型处理判断。
2. 如果速度小于0则意味着本车的行驶方向和道路规定的方向相反。
3. 如果 isWrongDirection为true表示处于逆向行驶状态（非倒车），默认值false。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 中间参数名称 | 中间参数说明 | 来源说明（carla） |
| isWrongDirection | 是否逆行 | Bool类型变量，判断是否逆行 |

模型优缺点说明

**优点**：检测简单

**缺点**：无

###### 安全评估场景设计

[**部分参考2.2.1.1.1.1**](#_安全评估场景设计)

1、通过从高精地图中获取并判断EGO车运行区域，并构建单车scene（carla）

**关键实现说明**：

* 1. 在Carla中从高精地图获取EGO车运行区域
  2. 将上述得到的区域，填充到RoadArea中，新增字段ASGRoadAreaType，其中包含成员Highway
  3. 构建单车的scene，其中SituationType中新增一种类型：OnlyEgoMotorway
  4. Situation结构体也要相应重新设计（当前是包含其他车state以及相对位置的）

2、Asg-p根据传入单车scene和RoadAreaType判断是否为高速区域（asg-p）

###### 安全状态设计

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 安全评估模型输出 | 内部安全状态 | 外部安全状态 | 备注 |
| isWrongDirection为true | 危险状态 | 危险状态 | 在高速场景，出现逆行为非常严重的行为，即需扣12分，故直接映射到危险状态 |
| isWrongDirection为false | 正常行驶状态 | 正常行驶 |  |

###### 安全控制场景设计

在此安全评估场景下，无需再细分安全控制场景，即遵循安全评估场景即可。

###### 安全控制动作设计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内部安全状态 | 外部安全状态 | 安全控制策略 | 安全模型关键参数输出 | 说明 |
| 危险状态 | 危险状态 | 车内预警，提示驾驶员逆行状态需要接管车辆控制 | 无 | 1. Asg目标针对L3/L4系统，当前处理方案为提醒驾驶员逆行，并要求驾驶员接管  2. 此场景下建议ADS系统控制车辆靠边停车，降低碰撞风险 |

外部安全状态分为：正常行驶、轻微风险、中度风险、严重风险、危险状态（临界态）、极限状态、碰撞无法避免状态、碰撞发生状态等八级。

#### Rule\_E\_Score\_1\_3：驾驶机动车在高速公路上不应穿越中央分隔带掉头（模板）

##### 安全评估场景：高速公路-单车

###### 安全评估模型设计

形式化验证逻辑

对于ego车占据的区域的，存在某点离当前车道边缘的距离最小值比安全距离小

(x,y) (*ego-occupied*) *→* *min dis* (*lane-occupied*) (x,y) < safe-line-distance

道路掉头检测模型

**模型名称**：其他模型-压线防护模型

**原理说明**：在高速公路穿越分隔带掉头的时候，汽车会先穿越道路边线（实线），继而驶入逆向车道。无论汽车是否从靠近分隔带的车道开始进行掉头，最终只要存在穿越分隔带的行为，一定会首先压到为实线的道路边线。因此，为了简化模型，可以通过压线防护来实现检测高速公路穿越分隔带掉头的功能。

行驶过程中实时判断本车与两侧道路边线的距离（当需要进行变更车道时，本功能不生效），根据本车当前行驶状态，判断按照规定的制动模板能否在横向速度降为零时与道路边线保持距离，不能的话需要进行相应的横向制动。

同样的，在穿越分隔带进行逆向行驶的车道时，考虑到汽车无法进行90度急转，所以总会有一个时刻，汽车会处于逆行状态，所以也可以将逆行检测模型作为备选模型（本章节不讨论）。

|  |
| --- |
|  |
| 高速公路穿越分隔带掉头示意图 |

模型参数说明

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 模型参数名称 | 模型参数说明 | 来源说明（carla） |
| laneChangePlan | 待评估车是否有变更车道意图 | Asg-p中新增字段，与全局规划系统进行交互，取出变更车道意图（包括变道、掉头等），存到ego车VehicleState::RssDynamics中 |
| latRange | 待评估车占当前车道的相对比例 | 沿用现有OccupiedRegion中的字段 |
| roadLineType | 当前车道边线的类型 | Asg-p中新增字段，读取道路左右边线的类型（solidSolid, solid, broken等），存到LaneSegment中 |
| speedLat | 待评估车的横向速度 | 沿用现有Velocity中的字段 |
| accelLatReal | 待评估车的实时横向速度 | Asg-p中新增字段，读取ego车的实时横向加速度，存到VehicleState::RssDynamics::LateralRss  AccelerationValues中 |
| responseTime | 待评估车的响应时间 | 沿用现有RssDynamics中的字段 |
| brakeMin | 待评估车最小合适横向制动加速度 | 沿用现有LateralRssAccelerationValues中的字段 |
| brakeSlope | 待评估车制动加速度的斜率 | Asg-p中新增字段，设置好默认值后，存到VehicleState::RssDynamics::LateralRssAccelerationValues中 |
| lateralFluctuationMargin | 横向波动距离 | 沿用现有RssDynamics中的字段 |
| safeDistance | 距离边线的安全距离 | 根据公式计算得出 |

模型说明

laneChangePlan = true 🡪

isTouchLine = (safeDistance < distanceToline)

laneChangePlan = false 🡪

isTouchLine = (safeDistance < distanceToLine)

**计算公式：**

+

**说明：**

1、首先需要确认本车是否有变换车道的意图，包含正常变道、超车、掉头等。

2、如果本车需要变道，当行驶方向侧的道路边线为实线，且本车保持当前运动状态时按照最小合适制动加速度（4m/s2）减速直至横向速度为零时所行驶的距离时比当前离边线的距离小时，则存在压线风险（需判断是否向变至应急车道）。

3、如果本车不需要变道，无论行驶方向侧的道路边线是否为实线，均需要判断一次压线风险，并作出不同响应。

4、道路标线中实线主要包括：双实线、实线、内实线外虚线。虚线包括：双虚线、虚线、内虚线外实线。

5、isTouchLine默认值false。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 中间参数名称 | 中间参数说明 | 来源说明（carla） |
| targetLaneType | 待评估车目的变更车道的类型 | 从LaneSegmen中读取目标车道类型，包含多个枚举值 |
| isTouchLine | 是否压线 | Bool类型变量，判断是否有压线风险 |

模型优缺点说明

**优点**：计算逻辑清晰

**缺点**：需要新增道路边线类型，每次需要转换得出EGO车bounding box上参考点离道路边线（行驶方向一侧）距离

###### 安全评估场景设计

[**部分参考2.2.1.1.1.1**](#_安全评估场景设计)

1、通过从高精地图中获取并判断EGO车运行区域，并构建单车scene（carla）

**关键实现说明**：

* 1. 在Carla中从高精地图获取EGO车运行区域
  2. 将上述得到的区域，填充到RoadArea中，新增字段ASGRoadAreaType，其中包含成员Motorway
  3. 构建单车的scene，其中SituationType中新增一种类型：OnlyEgoMotorway
  4. 从地图中获取道路标线类型，新增字段roadLineType：实线包括solidSolid, solid, solidBroken，虚线包括broken, brokenBroken, brokenSolid
  5. Situation结构体也要相应重新设计（当前是包含其他车state以及相对位置的）

2、Asg-p根据传入单车scene和RoadAreaType判断是否为高速区域（asg-p）

###### 安全状态设计

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 安全评估模型输出 | 内部安全状态 | 外部安全状态 | 备注 |
| isTouchLine为true  行驶方向侧边线为实线  laneChangePlan为true  目标车道非应急车道 | 危险压线状态 | 中度风险 | 汽车存在变道意图，出现了压道路分界线（实线）的风险，且目标车道非应急车道 |
| isTouchLine为true  行驶方向侧边线为实线  laneChangePlan为true  目标车道为应急车道 | 正常行驶状态 | 正常行驶 | 汽车有意图变道至应急车道，此时认为是正常行驶状态 |
| isTouchLine为true  行驶方向侧边线为实线  laneChangePlan为false | 危险压线状态 | 中度风险 | 汽车在没有变道意图的时候，出现了压道路分界线（实线）的风险，此为非常严重的违章行为 |
| isTouchLine为true  行驶方向侧边线为虚线  laneChangePlan为false | 偏离正常行驶状态 | 轻微风险 | 汽车在没有变道意图的时候，出现了压道路分界线（非实线）的风险 |
| isTouchLine为true  行驶方向侧边线为虚线  laneChangePlan为true | 正常行驶状态 | 正常行驶 |  |
| isTouchLine为false | 正常行驶状态 | 正常行驶 |  |

###### 安全控制场景设计

在此安全评估场景下，无需再细分安全控制场景，即遵循安全评估场景即可。

###### 安全控制动作设计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 内部安全状态 | 外部安全状态 | 安全控制动作 | 安全模型关键参数输出 | 说明 |
| 危险压线状态 | 中度风险 | 横向制动-舒适制动 | 制动加速度级别 | 制动加速度至少为brakeMin |
| 偏离正常行驶状态 | 轻微风险 | 横向制动-舒适制动 | 制动加速度级别 | 危险级别较小，仅需辅助保持车道，制动加速度至多为brakeMin |