

团体标准

T/ITS 0293-XXXX

自主式交通系统 交通系统语义逻辑语言术语定义

Autonomous transportation system

Transportation system semantic logic language terms definition

(征求意见稿)

(本稿完成时间: 2025 年 3 月)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

| | |
|---------------------------------|----|
| 前 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 交通语义逻辑语言术语库总体架构 | 2 |
| 5 道路交通信息语义逻辑术语定义 | 4 |
| 6 轨道交通信息语义逻辑术语定义 | 6 |
| 7 水运交通信息语义逻辑术语定义 | 9 |
| 附录 A（规范性附录）道路交通场景逻辑语言知识表达 | 11 |
| 附录 B（规范性附录）轨道交通场景逻辑语言知识表达 | 13 |
| 附录 C（规范性附录）水运交通场景逻辑语言知识表达 | 15 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件主要起草单位：北京交通大学、北京邮电大学、交通运输部公路科学研究院、华路易云科技有限公司、联通智网科技股份有限公司、北京航空航天大学、株洲中车时代电气股份有限公司、交通运输部水运科学研究院。

本文件主要起草人：董宏辉、袁泉、李静林、任毅龙、李振华、余红艳、辛亮、于朝阳、王泉东、周昱诚、谌仪、王佳佳、欧帆、潘小熙、顾惠楠、马攀科、林军、洪奕鹏、刘俊兰、李巍、周伟杰、吴昊、江培源。

自主式交通系统 交通系统语义逻辑语言术语定义

1 范围

本文件规定了自主式交通系统所使用的交通系统语义逻辑语言的相关术语及其定义,包括但不限于对交通语义逻辑语言术语库的定义,以及道路、轨道、水运三种交通方式下交通信息的定义等。

本文件适用于不同自主化水平的交通主体,包括但不限于人、运载装备、基础设施以及交通管控等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 29100—2012 道路交通信息服务 交通事件分类与编码

GB/T 32590.1—2024 轨道交通 市域铁路和城轨交通运输管理和指令/控制系统 第1部分:系统原理和基本概念

GB/T 7727.1-2008 船舶通用术语 第一部分:综合

JTS 165-2013 海港总体设计规范

DB21/T 3915—2024 城市轨道交通运营管理技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自主式交通系统 autonomous transportation system

自主式交通系统是以自感知、自适应、自学习、自组织为特征的高度自治的交通系统。

3.2

交通知识 traffic knowledge

指关于交通使用、规则、标志、信号、行驶安全以及与交通相关的各种概念、法规和操作指南的综合体。它包括人们在行驶和互动时应该掌握的理论知识和实际知识，旨在保障交通的安全、有序和高效。

3.3

交通语义逻辑语言 traffic semantic logic language

交通语义逻辑语言是用于描述和定义自主式交通系统中交通行为、规则、状态及交互的规范化语言

3.4

术语库 terminology database

基于交通语义逻辑语言定义，用于存储、管理和检索交通领域专门术语及其相关信息的系统集合。

4 交通语义逻辑语言术语库总体架构

交通语义逻辑语言术语库是一个标准化的概念集合，包含一系列语义化的交通领域相关信息。交通语义逻辑语言术语库的总体架构见图1。



图1 交通语义逻辑语言术语库的总体架构

a) 规定使用关键字“module”定义交通语义逻辑语言术语库为“TrafficLib”，形式如下：

【代码】

```

module TrafficLib{
    .....
}
    
```

- b) 在TrafficLib术语库内部，使用关键字“category”定义“RoadSys”、“RailWaySys”、“WaterWaySys”三个类别，分别对应道路、轨道、水运三种不同的交通系统，形式如下：

【代码】

```

module TrafficLib{
    category RoadSys {
        .....
    }

    category RailWaySys {
        .....
    }

    category WaterWaySys {
        .....
    }
}

```

- c) 每一类交通系统中，使用关键字“class”定义该领域对应的交通实体，如在道路交通系统中定义道路、车辆，形式如下：

【代码】

```

category RoadSys {
    class Road {
        .....
    }

    class Vehicle {
        .....
    }

    class Pedestrian {
        .....
    }
}

```

注：在实体内部，规定使用对应的关键字定义实体属性、关系、动作、规则等信息，如下：

- 1) 属性：规定使用“fact”关键字，后跟属性名称和类型；
- 2) 关系：规定使用“relation”关键字，表示实体间的关联；
- 3) 动作：规定使用“action”关键字，表示实体可以执行的操作；
- 4) 规则：规定使用“rule”关键字，用于描述必须遵守的逻辑约束。

5 道路交通信息语义逻辑术语定义

本章规定了对道路交通信息语义的逻辑术语定义，道路交通信息参照GB/T 29100-2012的相关规定进行分类定义。

5.1 道路交通参与者信息

针对道路交通参与者，即参与道路交通活动的人员，主要包括行人、直接操作载运装备的人员等信息，交通语义逻辑语言表示如下：

- a) IsPedestrian(x)，表示个体x是行人；
- b) HasPedestrianPosition(x, position)，表示行人x的位置是position；
- c) HasPedestrianSpeed(x, speed)，表示行人x的速度是speed；
- d) HasPedestrianAcceleration(x, acceleration)，表示行人x的加速度是acceleration；
- e) HasPedestrianStatus(x, status)，表示行人x的状态是status；
- f) IsDriver(x)，表示个体x是驾驶员；
- g) IsCyclist(x)，表示个体 x 是自行车骑手；
- h) HasCyclistPosition(x, position)，表示自行车骑手 x的位置是position；
- i) HasCyclistSpeed(x, speed)，表示自行车骑手x的速度是speed；
- j) HasCyclistAcceleration(x, acceleration)，表示自行车骑手x的加速度是acceleration；
- k) HasCyclistStatus(x, status)，表示自行车骑手x的状态是status；
- l) IsTrafficManager(x)，表示个体 x 是交通管理者。

5.2 道路交通载运体信息

针对道路交通各种交通载运体，即用于承载人员或货物并在道路上移动的交通工具等信息，交通语义逻辑语言表示如下：

- a) IsCar(x)，表示个体x是汽车；
- b) HasCarPosition(x, position)，表示汽车x的位置是position；

- c) HasCarSpeed(x, speed), 表示汽车x的速度是speed;
- d) HasCarAcceleration(x, acceleration), 表示汽车x的加速度是acceleration;
- e) IsBus(x), 表示个体x是公交车;
- f) HasBusPosition(x, position), 表示公交车x的位置是position;
- g) HasBusSpeed(x, speed), 表示公交车x的速度是speed;
- h) HasBusAcceleration(x, acceleration), 表示公交车x的加速度是acceleration;
- i) HasBusCapacity(x, c), 指公交车x的容量是c;
- j) IsMotorcycle(x), 表示个体x是摩托车;
- k) HasMotorcyclePosition(x, position), 表示摩托车x的位置是position;
- l) HasMotorcycleSpeed(x, speed), 表示摩托车x的速度是speed;
- m) HasMotorcycleAcceleration(x, acceleration), 表示摩托车x的加速度是acceleration;
- n) IsTruck(x), 表示个体x是货车;
- o) HasTruckPosition(x, position), 表示货车x的位置是position;
- p) HasTruckSpeed(x, speed), 表示货车x的速度是speed;
- q) HasTruckAcceleration(x, acceleration), 表示货车x的加速度是acceleration;
- r) HasTruckCapacity(x, c), 指货车x的容量是c。

5.3 道路交通基础设施信息

针对道路交通基础设施,包括道路网络、交通设施及其拓扑结构等信息,交通语义逻辑语言表示如下:

- a) IsTrafficSignal(x), 表示x是交通信号灯;
- b) IsTrafficSign(x), 表示x是交通标志;
- c) IsParkingFacility(x), 表示x是停车设施;
- d) IsTrafficCamera(x), 表示x是交通摄像头;
- e) IsBusStop(x), 表示x是公交车站;
- f) IsPedestrianCrossing(x), 表示x是人行横道;
- g) IsRoad(x), 表示x是道路;
- h) IsIntersection(x), 表示x是路口;
- i) Connect(x, y), 表示道路x和y相连;
- j) HasRoadType(x, type), 表示道路x的类型为type;

- k) HasRoadStatus(x, status), 表示道路x的状态为status (如正常、拥堵、封闭等);
- l) HasRoadWidth(x, width), 表示道路x的宽度为width;
- m) HasRoadDirection(x, direction), 表示道路x的方向为direction (单向或双向);
- n) HasIntersectionType(x, type), 表示路口x的类型为type (十字路口、环形交叉口等);
- o) HasSpeedLimit(x, limitspeed), 表示道路x的道路速度限制为limitspeed。

5.4 道路交通管控信息

针对道路交通管控信息,即用于管理和控制交通运行的规则、设备及系统,交通语义逻辑语言表示包括:

- a) IsTrafficControlDevice(x), 表示x是交通管控设备;
- b) IsTrafficSensor(x), 表示x是交通传感器;
- c) IsElectronicDisplay(x), 表示x是电子显示屏;
- d) HasTrafficRule(x, rule), 表示x遵循的交通规则为rule;
- e) NoEntrySign(x), 表示在位置x有禁止通行标志;
- f) HasSpeedLimit(x, Limit), 表示在位置x的限速规则为Limit;
- g) RightTurnOnRed(x), 表示在位置x允许右转红灯;
- h) HasTrafficControlDecision(x, Decision), 表示在位置x的交通管制决策为Decision (如实施交通管制、限行措施等);
- i) HasRouteChoiceDecision(x, Decision), 表示在位置x的路线选择决策为Decision (如选择最短路径、最快路径等);
- j) HasPriorityRule(x, Rule), 表示在位置x的交通优先权规则为Rule (如优先级道路、让行规则等);
- k) IsAlertTrigger(x), 表示x为警示触发信息;
- l) HasAlertType(x, Alert), 表示x警示的类型为Alert;
- m) IsActionRecommendation(x), 表示x为行动建议;
- n) HasRouteRecommendation(x, Recommendation), 表示在位置x有路线建议Recommendation;
- o) HasPedestrianCrossingAdvice(x, Advice), 表示在位置x有行人过马路建议Advice。

6 轨道交通信息语义逻辑术语定义

本章规定了对轨道交通信息语义的逻辑术语定义，术语定义参照GB/T 32590.1-2024和DB21/T 3915-2024相关规定。

6.1 轨道交通参与者信息

针对轨道交通参与者信息，即参与轨道交通活动的人员，主要包括行人、直接操作载运装备的人员等信息，交通语义逻辑语言表示如下：

- a) IsPassenger(x)，表示个体x是乘客；
- b) HasPassengerPosition(x, position)，表示乘客x的位置是position；
- c) HasPassengerDeparture(x, departure)，表示乘客x的目的地是departure；
- d) HasPassengerDestination(x, destination)，表示乘客x的目的地是destination；
- e) IsOperationControlCentre(x)表示个体x是运营控制中心；
- f) IsOperationStaff(x)，表示个体x是轨道运营人员；
- g) IsStationAttendant(x)，表示个体x是站务人员；
- h) IsTrainOperator(x)，表示个体x是列车驾驶员；
- i) IsMaintenanceWorker(x)，表示个体x是维护工人；
- j) HasMaintenanceWorkerTask(x, task)，表示维护工人x的任务是task。

6.2 轨道交通载运体信息

针对轨道交通载运体信息，即用于承载人员或货物并在道路上移动的交通工具等信息，交通语义逻辑语言表示如下：

- a) IsTrain(x)，表示个体x是列车；
- b) HasTrainPosition(x, position)，表示列车x的位置是position；
- a) HasTrainMission(x, mission)，表示列车x的车次是mission；
- c) HasTrainSpeed(x, speed)，表示列车x的速度是speed；
- d) HasTrainAcceleration(x, acceleration)，表示列车x的加速度是acceleration；
- e) HasTrainCapacity(x, capacity)，表示列车x的容量是capacity；
- f) IsMetro(x)，表示个体x是地铁列车；
- g) IsHighSpeedTrain(x)，表示个体x是高速列车；
- h) IsLightRail(x)，表示个体x是轻轨列车；
- i) IsTram(x)，表示个体x是有轨电车。

- j) HasLightRailStop($x, stop$), 表示轻轨列车 x 的停靠站是 $stop$;
- k) IsART(x), 表示个体 x 是智轨列车。

6.3 轨道交通基础设施信息

针对轨道交通基础设施信息, 包括道路网络、交通设施及其拓扑结构等信息, 交通语义逻辑语言表示如下:

- a) IsSignal(x), 表示个体 x 是信号设备;
- b) IsWaysideEquipment(x), 表示个体 x 是轨旁设备;
- c) IsStation(x), 表示个体 x 是车站;
- d) HasStationName($x, name$), 表示车站 x 的名称是 $name$;
- e) HasStationPosition($x, position$), 表示车站 x 的位置是 $position$;
- f) IsLineSegment(y), 表示个体 y 是线路段;
- g) HasLineSegmentLength($y, length$), 表示线路段 y 的长度是 $length$;
- h) IsTrack(z), 表示个体 z 是轨道;
- i) HasTrackType($z, type$), 表示轨道 z 的类型是 $type$ (例如, 单轨、双轨等);
- j) IsCrossing(w), 表示个体 w 是轨道交叉口;
- k) HasCrossingType($w, type$), 表示交叉口 w 的类型是 $type$ (例如, 平交、立体等);
- l) IsTurnout(v), 表示个体 v 是道岔;
- m) HasTurnout($v, type$), 表示道岔 w 的类型是 $type$ (例如, 单开道岔、双开道岔等)。

6.4 轨道交通管控信息

针对轨道交通管控信息, 即用于管理和控制交通运行的规则、设备及系统, 交通语义逻辑语言表示包括:

- a) IsRailTrafficControlCenter(x), 表示 x 是轨道交通控制中心;
- b) IsRailEmergencyResponseUnit(x), 表示 x 是轨道交通应急响应单元;
- c) HasTrainSchedule($x, schedule$), 表示位置 x 的列车运行计划为 $schedule$;
- d) IsRailTrafficIncidentArea(x), 表示位置 x 是轨道交通的事故区域;
- e) HasEmergencyResponsePlan($x, plan$), 表示位置 x 的应急预案为 $plan$;
- f) HasRailTrafficRestriction($x, restriction$), 表示在位置 x 存在的交通限制为 $restriction$;
- g) HasRailNavigationSystem($x, system$), 表示位置 x 使用的轨道交通导航系统为 $system$;

h) RailMaintenanceSchedule(x, schedule), 表示位置x的轨道维护计划为schedule。

7 水运交通信息语义逻辑术语定义

本章规定了对水运交通信息的逻辑术语定义, 术语定义参照GB/T 7727.1-2008和JTS 165-2013相关规定。

7.1 水运交通参与者信息

针对水运交通参与者信息, 即参与水运交通活动的人员, 主要包括行人、直接操作载运装备的人员等信息, 交通语义逻辑语言表示如下:

- a) IsMariner(m), 表示个体m是船员;
- b) HasMarinerRole(m, role), 表示船员m的角色是role (如船长、大副、水手等);
- c) IsPassenger(p), 表示个体p是乘客;
- d) IsPortWorker(x), 表示个体x是港口工作人员;
- e) IsCustomsOfficer(c), 表示个体c是海关官员;
- f) IsPilot(p) 表示个体p是引航员;
- g) IsDispatcher(d) 表示个体d是港口调度员;
- h) HasOfficerDuty(co, duty), 表示海关官员co的职责是duty (如货物检查、船舶调度等)。

7.2 水运交通载运体信息

针对水运交通载运体信息, 即用于承载人员或货物并在道路上移动的交通工具等信息, 交通语义逻辑语言表示如下:

- a) IsVessel(v), 表示个体v是船舶;
- b) HasVesselType(v, type), 表示船舶v的类型是type (如集装箱船、客船、油轮、散货船、滚装船、冷藏船等);
- c) HasVesselCapacity(v, capacity), 表示船舶v的载货或载客能力是capacity;
- d) HasVesselPosition(v, position), 表示船舶v的位置是position;
- e) HasVesselSpeed(v, speed), 表示船舶v的速度是speed;
- f) HasVesselCourse(v, course), 表示船舶v的航向是course。

7.3 水运交通基础设施信息

针对水运交通基础设施信息，包括道路网络、交通设施及其拓扑结构等信息，交通语义逻辑语言表示如下：

- a) IsPort(x)，表示x是港口；
- b) IsDock(x)，表示x是码头；
- c) IsNavigationMark(x)，表示x是航标；
- d) IsLock(x)，表示x是船闸；
- e) IsBreakwater(x)，表示x是防波堤；
- f) IsAnchorage(x)，表示x是锚地；
- g) IsWaterwaySegment(w)，表示个体w是水道段；
- h) HasSegmentDepth(w, depth) 表示水道段w的水深为depth；
- i) IsWaterwayNode(w)，表示个体w是水道节点；
- j) HasTidalImpact(w, impact) 表示水道段w受潮汐影响程度为impact；
- k) HasSegmentType(w, type)，表示水道段w的类型是type（如河流、运河、海峡等）；
- l) HasSegmentNavigability(w, navigability)，表示水道段w的通航性是navigability（如全年通航、季节性通航等）。

7.4 水运交通管控信息

针对水运交通管控信息，即用于管理和控制交通运行的规则、设备及系统，交通语义逻辑语言表示包括：

- a) IsWaterTrafficControlDevice(x)，表示x是水运交通管控设备；
- b) HasWaterTrafficRule(x, rule)，表示x遵循的水运交通规则为rule；
- c) NoEntryZone(x)，表示在位置x有禁止通行区域；
- d) HasSpeedLimit(x, limit)，表示在位置x的限速规则为limit；
- e) HasTrafficControlDecision(x, decision)，表示在位置x的交通管制决策为decision；
- f) HasRouteChoiceDecision(x, decision)，表示在位置x的航线选择决策为decision；
- g) IsEmergencyManagementCenter(x)，表示x是水运交通的应急管理中心；
- h) HasNavigationAdvice(x, advice)，表示在位置x提供的导航建议为advice；
- i) HasWeatherWarning(x, warning)，表示在位置x发布的天气预警为warning；
- j) IsTrafficCongestionArea(x)，表示位置x是水运交通的拥堵区域。

附录 A

(规范性附录)

道路交通场景逻辑语言知识表达

A.1 道路交通场景描述

选取高速公路上的车辆变道情况。

在高速公路上行驶的车辆，可能需要进行车道变换以适应不同的行驶需求，比如超车、驶出高速公路或避让慢速行驶的车辆等。车辆变道时需要考虑周围车辆的位置和速度，以确保变道过程中的安全通行。此外，车辆变道可能受到最低限速、最大限速和道路出口位置等因素的影响，因此需要根据具体情况采取适当的行驶策略。在这个场景中，车辆驾驶员需要遵守交通规则，并根据交通情况和道路条件做出正确的决策，以确保高速公路上的安全通行。

A.2 道路交通场景信息定义

a) 谓词

IsVehicle(x): 表示车辆。

IsLane(x): 表示车道。

IsHighway(x): 表示高速公路。

IsHighwayExit(x): 表示高速公路出口。

LetLaneChange(vehicle, t): 表示车辆在时间点t进行了车道变换。

MaintainSafeDistance(vehicle, t): 表示车辆在时间点t是否保持了安全距离。

AdjustSpeed(vehicle, t): 表示车辆在时间点t是否调整了速度。

b) 函词

HasSpeed(vehicle, t): 表示车辆当前的速度。

OnLane(vehicle, t): 表示车辆当前所在的车道。

HasDistanceToExit(vehicle, l): 表示车辆距离高速公路出口的距离。

通过以上常量和谓词的定义，可以描述高速公路上车辆变道的情况，并编写相应的安全通行规则的知识表示。

A.3 道路交通场景知识表达

a) 车辆状态知识

$\forall t \quad [\text{HasSpeed}(\text{vehicle}, t) > \text{ThresholdSpeed}(\text{OnLane}(\text{vehicle}, t), t) \wedge \text{LetLaneChange}(\text{vehicle}, t) \rightarrow \text{MaintainSafeDistance}(\text{vehicle}, t)]$: 当车辆的速度超过阈值且进行车道变换时, 必须保持与周围车辆的安全距离以确保通行安全。

$\forall t \quad [\text{HasSpeed}(\text{vehicle}, t) > \text{MaxSpeed}(\text{lane}, t) \wedge \text{LetLaneChange}(\text{vehicle}, t) \rightarrow \text{AdjustSpeed}(\text{vehicle}, t)]$: 当车辆的速度超过最大限速且进行车道变换时, 必须调整速度以适应道路条件和其他车辆的行驶速度。

b) 车辆变道规则

$\forall t \quad [\text{HasSpeed}(\text{vehicle}, t) > \text{MinSpeed}(\text{lane}, t) \wedge \text{DistanceToExit}(\text{vehicle}, t) < \text{ThresholdDistance}(\text{lane}, t) \rightarrow \text{LetLaneChange}(\text{vehicle}, t)]$: 当车辆的速度超过最低限速且距离出口不足时, 可以考虑进行车道变换以准备驶出高速公路。

通过以上知识表示, 我们确保了在高速公路上, 车辆变道时采取了必要的安全措施, 以减少交通事故的发生风险, 并保障交通的安全和流畅。

附录 B

(规范性附录)

轨道交通场景逻辑语言知识表达

B.1 轨道交通场景描述

在一个城市的轨道交通系统中，有一条主要的铁路线路，沿途设有多个交叉口，列车需要通过这些交叉口来到达不同的目的地。交叉口处配备了信号灯和道口闸门，用于管理列车的通行。在一个特定的交叉口，考虑两辆列车同时接近并试图通过这个交叉口。

列车A：一辆载客列车，即将到达交叉口，准备向右转进入下一段轨道。

列车B：一辆货运列车，正在从另一条轨道上接近同一交叉口，打算直行穿过。

场景中的主要元素包括：

列车A的状态：位置、速度、加速度等信息。

列车B的状态：位置、速度、加速度等信息。

交叉口的状态：信号灯的颜色、道口闸门的开合状态等。

列车与交叉口的关系：列车A是否已获得通过交叉口的权限，列车B是否需要等待信号变绿等。

在这个场景中，需要考虑列车的安全通行以及交叉口的交通管理。例如，当列车A接近交叉口时，交叉口的信号系统应该控制列车B的通行，以确保两辆列车之间不会发生碰撞。此外，列车A的驾驶员也需要根据信号灯的颜色和交通规则来控制列车的行驶，以确保安全通过交叉口。

B.2 轨道交通场景信息定义

a) 谓词

$IsTrain(x)$ ：表示 x 为列车。

$IsIntersection(x)$ ：表示 x 为交叉口。

b) 函词

$HasPosition(IsTrain(x), t)$ ：表示列车 x 在 t 时刻的位置；

$HasSpeed(IsTrain(x), t)$ ：表示列车 x 当前的速度。

$HasAcceleration(IsTrain(x), t)$ ：表示列车 x 当前的加速度。

$HasSignalState(IsIntersection(x), t)$ ：表示交叉口的信号灯状态。

$HasBarrierState(IsIntersection(x), t)$ ：表示交叉口的道口闸门状态，包括开和闭。

HasTrainType(IsTrain(x)): 表示列车的类型, 如载客列车或货运列车。

B.3 轨道交通场景知识表达

a) 列车状态知识:

$\forall t$ [HasPosition(IsTrain(x), t) \rightarrow (HasSpeed(IsTrain(x), t) $>$ 0 \wedge HasAcceleration(IsTrain(x), t) = 0)]: 列车x在接近交叉口时速度大于0且加速度为0。

b) 交叉口状态知识:

$\forall t$ [HasSignalState(IsIntersection(x), t) = green \rightarrow HasBarrierState(Intersection, open)]: 当交叉口信号灯为绿色时, 道口闸门为开放状态。

$\forall t$ [HasSignalState(IsIntersection(x), t) = red \rightarrow HasBarrierState(Intersection, closed)]: 当交叉口信号灯为红色时, 道口闸门为关闭状态。

c) 安全通行规则:

$\forall t$ [HasPosition(IsTrain(A), t) \wedge HasPosition(IsTrain(B), t) \wedge HasSignalState(IsIntersection(x), t) = red \rightarrow \neg (Canpass(IsTrain(A), t) \wedge Canpass(IsTrain(B)))]: 当交叉口信号灯为红色时, 列车A和列车B不可同时通过交叉口。

$\forall t$ [HasPosition(IsTrain(A), t) \wedge HasSignalState(IsIntersection(x), t) = green \rightarrow (HasPosition(IsTrain(A), t) \rightarrow (HasSpeed(IsTrain(A), t) $>$ 0))]: 当交叉口信号灯为绿色时, 列车A应该保持前进状态。

附录 C

(规范性附录)

水运交通场景逻辑语言知识表达

C.1 水运交通场景描述

选取水运交通场景，考虑两艘船在航道上相遇的情况。航道可以是海洋、河流或其他水域中的指定航行通道。船舶A和船舶B在航道上沿着各自的航线航行，这导致它们在某一刻会在航道上相遇或交叉。由于航道空间有限，这种相遇可能会带来潜在的碰撞风险。因此，在船舶相遇时，必须采取适当的航行规则和安全措施，以确保船舶之间的安全通行。在这一过程中，船舶的速度、航向和位置都是动态变化的，船舶之间的距离也会随着时间变化而变化。船舶相遇时的航行决策需要考虑诸多因素，包括航行规则、船舶动态特性以及海上交通情况，以最大程度地降低碰撞风险，并保障水运交通的安全和效率。

C.2 水运交通场景信息定义

a) 谓词:

$IsVessel(x)$ ，表示个体 x 是船舶。

$IsChannel(x)$ ：表示 x 为航道。

$Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B))$ ：表示船舶 A 和船舶 B 是否相遇在航道上。

b) 函词:

$Position(IsVessel(x), t)$ ：表示船舶当前所处的位置。

$Speed(IsVessel(x), t)$ ：表示船舶当前的速度。

C.3 水运交通场景知识表达

a) 船舶状态知识:

$$\forall t \quad [Position(IsVessel(A), t) \wedge Position(IsVessel(B), t) \wedge Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B)) \rightarrow (Speed(IsVessel(A), t) > 0 \wedge Speed(IsVessel(B), t) > 0)]$$

：如果船舶A和船舶B在航道上相遇，则船舶A和船舶B的速度大于0。

b) 相遇情况知识:

$\forall t$ [Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B)) \rightarrow (Position(IsVessel(A), t) \wedge Position(IsVessel(B), t))]: 如果船舶A和船舶B在航道上相遇, 则船舶A和船舶B在相遇时均位于航道上。

c) 安全通行规则:

$\forall t$ [Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B)) \rightarrow (Speed(IsVessel(A), t) $>$ 0 \wedge Speed(IsVessel(B), t) $>$ 0)]: 当船舶A和船舶B在航道上相遇时, 它们的速度必须大于零, 以确保航行的连续性。

$\forall t$ [Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B)) \rightarrow (Distance(IsVessel(A), IsVessel(B), t) $>$ SafetyDistance)]: 当船舶A和船舶B在航道上相遇时, 它们之间的距离必须大于安全距离, 以减少碰撞风险。其中SafetyDistance是一个事先确定的安全距离值, 根据船舶类型和尺寸动态定义安全距离, 即SafetyDistance = f(VesselType(A), VesselType(B), Speed(A), Speed(B))。

$\forall t$ [Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B)) \rightarrow (AdjustCourse(IsVessel(A), IsVessel(B), t))]: 当船舶A和船舶B在航道上相遇时, 必须根据航行规则调整航向, 避免碰撞。AdjustCourse(IsVessel(A), IsVessel(B), t)表示在时间t时船舶A需要调整航向以确保安全通行。

$\forall t$ [Encounter(IsVessel(A), IsVessel(B)) \rightarrow FollowCOLREGs(A, B, t)]: 如果船舶A和船舶B在航道上相遇, 其通行需要遵循国际海上避碰规则(COLREGs)。

T/ITS 0293-XXXX

中国智能交通产业联盟

标准

自主式交通系统 交通系统语义逻辑语义术语定义

T/ITS 0293-XXXX

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org.cn>

2025 年 X 月第一版 2025 年 X 月第一次印刷