

# 团体标准

T/ITS 0274-2026

## 有条件自动驾驶车辆驾驶员接管绩效测评方法

Driver take-over performance evaluation method for conditionally automated —  
Vehicles

2026-01-20 发布

2026-01-20 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 维度与指标 .....	3
5 评估要求 .....	4
6 测试方法 .....	9
附录（规范性）权重计算步骤 .....	12
参考文献 .....	14

中国智能交通产业联盟



## 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。

本文件起草单位：中国科学院软件研究所、重庆中科汽车软件创新中心、重庆赛力斯凤凰智创科技有限公司、清华大学、重庆大学、电子科技大学、交通运输部公路科学研究院、中国汽车工程研究院股份有限公司、中关村中交国通智能交通产业联盟、中公高远（北京）汽车检测技术有限公司、苏州未来智能交通产业研究院。

本文件主要起草人：李清坤，马翠霞，邓小明，王宏安，王建强，袁泉，李国法，焦伟贇，杨钦雯，黄泽远，李曙光，李楚照，陈浩，孙颖豪，唐秋阳，梁洲硕，郭燕，冯禹倩，张梓靖，王文军，王振远，刘伟旻，孙兆聪，陈诚，张云，于红超，李杨，许秋怡，冯金格，章程，姚羽，季心怡，钱公斌，苏静。



# 有条件自动驾驶车辆驾驶员接管绩效测评方法

## 1 范围

本文件规定了有条件自动驾驶车辆驾驶员接管绩效测评方法。

本文件适用于 GB/T 40429—2021 规定的具备 3 级驾驶自动化水平的 M 和 N 类车辆。

## 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 40429—2021 汽车驾驶自动化分级

GB/T 43267—2023 道路车辆 预期功能安全

GB/T 44373—2024 智能网联汽车 术语和定义

GB/T 45312—2025 智能网联汽车 自动驾驶系统设计运行条件

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**驾驶自动化 driving automation**

车辆以自动的方式持续地执行部分或全部动态驾驶任务的行为。

[来源：GB/T 40429—2021，2.1]

### 3.2

**自动驾驶系统 automated driving systems**

由实现自动驾驶功能的硬件和软件所共同组成的系统。

**注：**自动驾驶系统为GB/T 40429—2021规定的3级及以上驾驶自动化系统。

[来源：GB/T 44373—2024，5.3]

### 3.3

**驾驶员 driver**

对于某个具体的安装有系统的车辆，与系统共同执行全部动态驾驶任务，并监管系统的行为和执行适当的响应或操作的用户。

注：驾驶员是自动驾驶车辆的动态驾驶任务后援用户。

[来源：GB/T 40429—2021，2.17.1]

### 3.4

**误用 misuse**

以制造商或服务提供商不期望的方式使用。

[来源：GB/T 43267—2022，3.17]

### 3.5

**接管 take-over**

动态驾驶任务后援用户响应介入请求，从驾驶自动化系统获得车辆驾驶权的行为。

[来源：GB/T 40429—2021，2.14]

### 3.6

**接管绩效 take-over performance**

驾驶员在接管过程中驾驶操作的综合表现。

注：接管绩效主要受驾驶员接管能力、接管情境、自动驾驶系统交互方式等因素的影响。

### 3.7

**最小碰撞时间 minimum time-to-collision**

在不采取任何规避措施的情况下，按照当前速度与行驶状态，车辆与前方风险事件发生碰撞所需的最短时间。

### 3.8

**接管时边界时距 take-over boundary headway**

系统发出接管请求时，车辆与前方障碍物之间的时距。

### 3.9

**紧急减速碰撞指数 potential index for collision with urgent deceleration**

在接管过程中，假设自车与前方车辆同时从当前速度状态下开始紧急制动至完全停止，最终形成的停车间距。

### 3.10

**最大方向盘转角 maximum steering wheel angle**

在接管过程中，驾驶员转动的方向盘角度相对中位的绝对值峰值。

### 3.11

**平均横向加速度 average lateral acceleration**

在接管过程中，车辆横向加速度绝对值的平均值。

### 3.12

**最大横摆角速率 maximum yaw rate**

接管过程中车辆绕垂直于地面的z轴的角速度的绝对值峰值。

## 3.13

**最大纵向加速度 maximum longitudinal acceleration**

在接管过程中，车辆纵向加速度的绝对值峰值。

## 3.14

**平均制动百分比 average brake percentage**

在接管过程中，驾驶员踩下制动踏板行程占踏板满行程的比例的时间平均值。

## 3.15

**首次注视时间 first glance time**

从接管请求发出到驾驶员视线首次落入接管事件相关区域并形成有效注视的时间间隔。

## 3.16

**转向反应时间 steering reaction time**

从接管请求发出至驾驶员首次有效转动方向盘之间的时间间隔。

## 3.17

**变速反应时间 velocity-variation reaction time**

从接管请求发出至驾驶员首次有效踩下油门踏板时刻（加速反应时间）或首次有效踩下制动踏板时刻（制动反应时间）的最小值。

## 3.18

**压力感 perceived stress**

驾驶员在接管过程中紧张与失控体验的主观感受强度。

注：通常采用知觉压力量表（perceived stress scale）测量。

## 3.19

**愉悦感 sense of delight**

驾驶员在接管过程中所具有的积极情绪效价。

注：通常采用情绪体验自我评估量表（self-assessment manikin）测量。

## 3.20

**疲劳感 sense of fatigue**

驾驶员在接管过程中对自身疲劳状态的主观感受强度。

注：通常采用卡罗林斯卡嗜睡量表（karolinska sleepiness scale）测量。

## 4 维度与指标

自动驾驶车辆驾驶员接管绩效评价体系共分为两级，包括2个评价维度、6个一级指标、14个二级指标。各评价维度及各指标之间的关系见表1。

表 1 自动驾驶车辆驾驶员接管绩效评价维度及指标

评价维度	一级指标	二级指标
客观评价维度	安全裕度	最小碰撞时间
		接管时边界时距
		紧急减速碰撞指数
	横向控制稳定性	最大方向盘转角
		平均横向加速度
		最大横摆角速率
	纵向控制稳定性	最大纵向加速度
		平均制动百分比
	反应及时性	首次注视时间
		转向反应时间
变速反应时间		
主观评价维度	舒适性	压力感
		愉悦感
		疲劳感
	情境意识	——

## 5 评估要求

### 5.1 评分方法

采用多指标综合评价方法对自动驾驶车辆驾驶员接管绩效进行评价，具体计算方法如下，详细内容参见5.3章节。

- a) 整体得分，由评价维度得分加权平均得出，用S表示；
- b) 评价维度得分，由所属的一级指标得分加权平均得出，用 $A_x$ 表示；
- c) 一级指标得分，由所属的二级指标得分加权平均得出，或一级指标为单向指标时，依据其具体的指标值转换成指标得分，用 $B_{xx}$ 表示；
- d) 二级指标为单向指标，根据其具体的指标值转换成指标得分，用 $C_{xxx}$ 表示。

### 5.2 评价权重

#### 5.2.1 权重设置要求

同维度、同级指标计算时，权重相加须等于100%，具体如下：

- a) 评价维度权重：客观评价维度、主观评价维度两个维度的权重值相加必须等于100%。

b) 一级指标权重：评价维度下对应的一级指标的权重值相加必须等于100%。例如，客观评价维度下的安全裕度、横向控制稳定性、纵向控制稳定性和反应及时性四个一级指标的权重值相加必须等于100%。

c) 二级指标权重：一级指标下的二级指标的权重值相加必须等于100%。例如，一级指标舒适性下的压力感、疲劳感与愉悦感三个二级指标的权重值相加必须等于100%。

d) 二级指标为单向指标，根据其具体的指标值转换成指标得分见表2。

表2 自动驾驶车辆驾驶员接管绩效评价体系得分和权重表

整体得分	评价维度	得分/权重(参考示例)	一级指标	得分/权重(参考示例)	二级指标	得分/权重(参考示例)
S	客观评价维度	$A_1/W_1$ (75%)	安全裕度	$B_{11}/W_{11}$ (40%)	最小碰撞时间	$C_{111}/W_{111}$ (40%)
					接管时边界时距	$C_{112}/W_{112}$ (30%)
					紧急减速碰撞指数	$C_{113}/W_{113}$ (30%)
			横向控制稳定性	$B_{12}/W_{12}$ (25%)	最大方向盘转角	$C_{121}/W_{121}$ (35%)
					平均横向加速度	$C_{122}/W_{122}$ (40%)
					最大横摆角速率	$C_{123}/W_{123}$ (25%)
			纵向控制稳定性	$B_{13}/W_{13}$ (15%)	最大纵向加速度	$C_{131}/W_{131}$ (60%)
					平均制动百分比	$C_{132}/W_{132}$ (40%)
			反应及时性	$B_{14}/W_{14}$ (20%)	首次注视时间	$C_{141}/W_{141}$ (40%)
					转向反应时间	$C_{142}/W_{142}$ (35%)
	变速反应时间	$C_{143}/W_{143}$ (25%)				
	主观评价维度	$A_2/W_2$ (25%)	舒适性	$B_{21}/W_{21}$ (70%)	压力感	$C_{211}/W_{211}$ (40%)
					愉悦感	$C_{212}/W_{212}$ (25%)
					疲劳感	$C_{213}/W_{213}$ (35%)
情境意识		$B_{22}/W_{22}$ (30%)	——	$C_{221}/100\%$ (100%)		

## 5.2.2 权重设置方法

通过专家打分法确定各维度、指标的权重值设定。具体步骤如下：

- a) 在企业内部选择对应的专家，选取的专家应当从事自动驾驶、智能座舱和人机交互相关技术研究或开发工作；
- b) 按照评价体系的结构，设计评分表获取专家比较判断两维度重要性的结果，以及对自身打分的自信度；
- c) 对专家意见进行分类汇总，使用群策三角模糊层次分析法，根据专家评分计算获得各维度的权重值，该方法具体的计算步骤见附录，并将统计结果反馈给专家；
- d) 专家根据反馈结果修正自己的意见；
- e) 经过多轮匿名征询和意见反馈，形成最终分析结论。

## 5.3 得分计算方法

### 5.3.1 整体得分计算公式

评价体系整体得分由两个评价维度得分加权平均得出。计算方法见公式（1）：

$$S = (A_1 \times W_1 + A_2 \times W_2) / (W_1 + W_2) \quad (1)$$

式中：

S 为自动驾驶车辆驾驶员接管绩效的得分；

A<sub>1</sub> 为客观评价维度的得分；

W<sub>1</sub> 为客观评价维度的权重；

A<sub>2</sub> 为主观评价维度的得分；

W<sub>2</sub> 为主观评价维度的权重。

### 5.3.2 评价维度得分计算公式

#### 5.3.2.1 客观评价维度

客观评价维度得分由安全裕度、横向控制稳定性、纵向控制稳定性、反应及时性4个一级指标加权平均得出。计算方法见公式（2）：

$$A_1 = (B_{11} \times W_{11} + B_{12} \times W_{12} + B_{13} \times W_{13} + B_{14} \times W_{14}) / (W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14}) \quad (2)$$

式中：

A<sub>1</sub> 为客观评价维度的得分；

B<sub>11</sub> 为一级指标安全裕度的得分；

W<sub>11</sub> 为一级指标安全裕度的权重；

B<sub>12</sub> 为一级指标横向控制稳定性的得分；

W<sub>12</sub> 为一级指标横向控制稳定性的权重；

B<sub>13</sub> 为一级指标纵向控制稳定性的得分；

$W_{13}$  为一级指标纵向控制稳定性的权重；

$B_{14}$  为一级指标反应及时性的得分；

$W_{14}$  为一级指标反应及时性的权重。

### 5.3.2.2 主观评价维度

主观评价维度由舒适性、情境意识2个一级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（3）：

$$A_2 = (B_{21} \times W_{21} + B_{22} \times W_{22}) / (W_{21} + W_{22}) \quad (3)$$

式中：

$A_2$  为主观评价维度的得分；

$B_{21}$  为一级指标舒适性的得分；

$W_{21}$  为一级指标舒适性的权重；

$B_{22}$  为一级指标情境意识的得分；

$W_{22}$  为一级指标情境意识的权重。

### 5.3.3 一级指标得分计算方式

#### 5.3.3.1 安全裕度

安全裕度由最小碰撞时间、接管时边界时距、紧急减速碰撞指数3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（4）：

$$B_{11} = (C_{111} \times W_{111} + C_{112} \times W_{112} + C_{113} \times W_{113}) / (W_{111} + W_{112} + W_{113}) \quad (4)$$

式中：

$B_{11}$  为一级指标安全裕度的得分；

$C_{111}$  为二级指标最小碰撞时间的得分；

$W_{111}$  为二级指标最小碰撞时间的权重；

$C_{112}$  为二级指标接管时边界时距的得分；

$W_{112}$  为二级指标接管时边界时距的权重；

$C_{113}$  为二级指标紧急减速碰撞指数的得分；

$W_{113}$  为二级指标紧急减速碰撞指数的权重。

#### 5.3.3.2 横向控制稳定性

横向控制稳定性由最大方向盘转角、平均横向加速度、最大横摆角速率3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（5）：

$$B_{12} = (C_{121} \times W_{121} + C_{122} \times W_{122} + C_{123} \times W_{123}) / (W_{121} + W_{122} + W_{123}) \quad (5)$$

式中：

$B_{12}$  为一级指标横向控制稳定性的得分；

$C_{121}$  为二级指标最大方向盘转角的得分；

$W_{121}$  为二级指标最大方向盘转角的权重；

$C_{122}$  为二级指标平均横向加速度的得分；

$W_{122}$  为二级指标平均横向加速度的权重；

$C_{123}$  为二级指标最大横摆角速率的得分；

$W_{123}$  为二级指标最大横摆角速率的权重。

### 5.3.3.3 纵向控制稳定性

纵向控制稳定性由最大纵向加速度、平均制动百分比2个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（6）：

$$B_{13} = (C_{131} \times W_{131} + C_{132} \times W_{132}) / (W_{131} + W_{132}) \quad (6)$$

式中：

$B_{13}$  为一级指标纵向控制稳定性的得分；

$C_{131}$  为二级指标最大纵向加速度的得分；

$W_{131}$  为二级指标最大纵向加速度的权重；

$C_{132}$  为二级指标平均制动百分比的得分；

$W_{132}$  为二级指标平均制动百分比的权重。

### 5.3.3.4 反应及时性

反应及时性由首次注视时间、转向反应时间、变速反应时间3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（7）：

$$B_{14} = (C_{141} \times W_{141} + C_{142} \times W_{142} + C_{143} \times W_{143}) / (W_{141} + W_{142} + W_{143}) \quad (7)$$

式中：

$B_{14}$  为一级指标反应及时性的得分；

$C_{141}$  为二级指标首次注视时间的得分；

$W_{141}$  为二级指标首次注视时间的权重；

$C_{142}$  为二级指标转向反应时间的得分；

$W_{142}$  为二级指标转向反应时间的权重；

$C_{143}$  为二级指标变速反应时间的得分；

$W_{143}$  为二级指标变速反应时间的权重。

### 5.3.3.5 舒适性

舒适性由压力感、愉悦感、疲劳感3个二级指标得分加权平均得出。计算方法见公式（8）：

$$B_{21} = (C_{211} \times W_{211} + C_{212} \times W_{212} + C_{213} \times W_{213}) / (W_{211} + W_{212} + W_{213}) \quad (8)$$

式中：

$B_{21}$  为一级指标舒适性的得分；

$C_{211}$  为二级指标压力感的得分；

$W_{211}$  为二级指标压力感的权重；

$C_{212}$  为二级指标愉悦感的得分；

$W_{212}$  为二级指标愉悦感的权重；

$C_{213}$  为二级指标疲劳感的得分；

$W_{213}$  为二级指标疲劳感的权重。

### 5.3.3.6 情境意识

情境意识由单一的二级指标情境意识构成，其得分即为驾驶员基于SART量表评价的结果。

## 6 测试方法

### 6.1 测试车辆与被测驾驶员

#### 6.1.1 测试车辆

a) 测试车辆应为符合 GB/T 40429—2021 所规定的、具备 3 级驾驶自动化水平的车辆，并保证车辆已通过相关功能验证及道路适应性测试；

b) 测试前需对车辆进行手动驾驶性能标定与自动驾驶系统功能校验，确保其在接管场景中的响应特性稳定；

c) 车辆应配备标准化的数据采集接口，可同步输出车速、加速度、方向盘转角、制动与油门踏板行程等动力学参数；

d) 车辆应具备在安全可控的封闭场地或开放道路试验条件下运行的能力，并配备必要的安全保障装置（如双向制动装置、测试员紧急停止按钮等）。

#### 6.1.2 被测驾驶员

a) 被测驾驶员应取得符合要求的机动车驾驶证；

b) 驾驶员应在近 3 个记分周期内无记满 12 分记录，且最近 1 年内无严重交通违法行为；

c) 驾驶员近 3 年内无重大责任交通事故记录，且无酒驾、毒驾等违法行为记录；

d) 驾驶员应具备自动驾驶系统操作经验，并能够理解和执行接管测试相关操作要求；

e) 被测驾驶员应在测试前签署知情同意书，保证在身体健康、精神状态良好的情况下参与实验；

f) 测试开始前，应确认驾驶员视力、反应能力及注意力状态正常，无严重疲劳或药物影响；

g) 驾驶员应具备紧急状态下的应急处置能力；

h) 符合法律、行政法规、规章规定的其他条件。

### 6.2 测试设备

### 6.2.1 眼动仪

- a) 眼动仪应采用非侵入式采集方式，在自动驾驶和接管过程中均不干扰驾驶员正常驾驶操作；
- b) 设备应能够稳定捕捉驾驶员注视点、凝视时间和首次注视时间等关键参数，数据采集频率不低于60Hz，记录需连续、无中断；
- c) 若设备包含摄像头，其应固定安装于驾驶舱内合适位置，保证镜头正对驾驶员面部区域，并具备抗环境光干扰能力；
- d) 测试开始前，驾驶员每次就座后需完成视线校准，以确保数据采集精度；
- e) 需确保眼动仪数据与车辆动力学数据时间戳同步，同步误差应不超过 $\pm 20\text{ms}$ ；
- f) 采集的眼动数据主要用于反应及时性等接管绩效指标的计算与分析。

### 6.2.2 平板电脑

- a) 平板电脑用于采集驾驶员主观评价数据，包括压力感、愉悦感、疲劳感及情境意识等指标；
- b) 平板应预装标准化的量表填写界面，支持知觉压力量表、卡罗林斯卡嗜睡量表等常用量表的输入与存储；
- c) 测试过程中，驾驶员在完成一次接管操作后，由测试员引导其使用平板填写主观评价问卷，数据应能即时存储并导出，确保与车辆动力学数据及眼动仪数据时间戳同步；
- d) 平板屏幕尺寸应不小于10英寸，显示清晰，操作简便，能够在车载环境下稳定运行；
- e) 平板应具备网络或数据线接口，以便测试数据及时传输至后台数据库。

## 6.3 测试场景

### 6.3.1 场景设计原则

- a) 测试场景应覆盖典型的接管触发情境，能够全面考察驾驶员在不同复杂度下的接管反应、操作精度和控制稳定性；
- b) 场景设置应具有可重复性和可控性，确保多轮测试中条件一致，便于结果对比；
- c) 场景应在安全前提下执行，可在封闭试验场或开放道路的可控条件下实施，并需设置必要的安全保障措施（如安全员、远程监控系统等）。

### 6.3.2 典型接管场景

- a) 前方障碍接管：自动驾驶系统识别到前方静止或低速障碍物（如故障车辆、交通锥桶），触发接管请求，驾驶员需及时采取制动或转向操作；
- b) 车道功能边界接管：车辆进入自动驾驶系统功能边界区域（如施工路段），系统发出接管提示，驾驶员需接管并保持稳定行驶；
- c) 紧急突发接管：模拟前方车辆急减速、行人突然横穿、邻车紧急并线等场景，驾驶员需快速反应并采取相应操作。

## 6.4 测试流程

### 6.4.1 检测前准备

a) 测试开始前，驾驶员需完成书面知情同意，测试员应向其说明实验目的、流程、风险控制措施和退出机制；

b) 驾驶员需保证身体健康和精神状态良好，近 24h 内保持规律作息，禁止饮酒、摄入咖啡因或使用影响中枢神经系统功能的药物。

#### 6.4.2 设备部署与校准

a) 车辆进入测试区域后，应完成动力学数据接口、眼动仪和平板电脑等采集设备的联调；

b) 驾驶员就座后，测试员需安装并校准眼动仪，确保注视点、凝视时间和首次注视时间采集精度；

c) 平板端需提前加载标准化问卷，并与车辆数据采集系统完成时间戳同步；

d) 所有设备需在测试前进行功能校验，确认数据记录连续无中断。

#### 6.4.3 正式测试执行

a) 驾驶员进入测试场景后，自动驾驶系统根据设定条件触发接管请求；

b) 驾驶员根据情境及时采取操作，包括转向、制动或加速干预，直至车辆恢复至安全、稳定的运行状态；

c) 接管过程中的车辆动力学数据（车速、加速度、方向盘转角、制动/油门踏板行程等）、眼动数据（注视点、首次注视时间）、反应时间均需全程记录。

#### 6.4.4 主观评价与量表填写

a) 每次接管任务结束后的90秒内，驾驶员需在测试员引导下使用平板完成量表填写和主观评价；

b) 主观量表包括：知觉压力量表，评价压力感；卡罗林斯卡嗜睡量表，评价疲劳感；情绪体验自我评估量表，评价愉悦感；情境意识评定技术，评价情境意识；

c) 填写过程应在接管完成并且车辆停止或安全状态下进行，测试员需确保驾驶员独立作答，并即时存储问卷结果；

d) 所有主观量表数据需与接管事件时间戳和车辆动力学数据同步。

#### 6.4.5 数据导出与校验

a) 测试结束后，所有采集数据应统一导入后台数据库，包括车辆动力学、眼动、反应时和主观量表数据；

b) 测试员需检查数据完整性与有效性，若存在缺失或异常，应标注原因，并在条件允许时补测；

c) 原始数据与处理数据需双份保存，以备后续分析与溯源。

#### 6.4.6 测试得分计算

根据 5.2 和 5.3 节的方法依次计算二级指标、一级指标、评价维度与整体得分。

## 附录

## (规范性)

## 权重计算步骤

(1) 通过群策三角模糊层次分析法确定各维度的权重值设定。

(2) 按照评价体系的结构，设计评分表获取专家比较判断两维度重要性的结果，以及对自身打分的自信度；利用三角模糊数  $(l, m, u)$  定量表示专家比较判断时两维度重要性的结果，中值  $m$  的取值依据层次分析法的 1~9 标度法确定，如表 A-1 所示；三角模糊数的下界  $l$  和上界  $u$  可根据打分自信度加以确定，如表 A-2 所示，打分自信度越低， $u-l$  越大，表示判断越模糊；打分自信度越高， $u-l$  越小，表示判断越清楚。

表 A-1 三角模糊数中值 1~9 的含义

三角模糊数中值	含义
1	表示两指标相比同样重要
3	表示两指标相比，前者比后者稍微重要
5	表示两指标相比，前者比后者明显重要
7	表示两指标相比，前者比后者强烈重要
9	表示两指标相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值

表 A-2 三角模糊数上下界取值依据

分值自信度	$u-l$ 取值	$(l, m, u)$ 取值	分值含义
高	1	$(\max(m-1/2, 1), m, \min(m+1/2, 9))$	专家打分分值不模糊
一般	2	$(\max(m-1, 1), m, \min(m+1, 9))$	专家打分分值较模糊
低	3	$(\max(m-3/2, 1), m, \min(m+3/2, 9))$	专家打分分值很模糊

(3) 根据步骤 (2) 所得评分，针对每一个专家构造三角模糊判断矩阵  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ，其中  $a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ ，这里  $a_{ij}$  是一个以  $m_{ij}$  作为中值的闭区间。

(4) 对所有专家的三角模糊判断矩阵每个位置的数求几何平均，计算方法见式 (A.1)。

$$(\bar{l}_{ij}, \bar{m}_{ij}, \bar{u}_{ij}) = \left( \sqrt[n]{l_{ij}^1 l_{ij}^2 \cdots l_{ij}^n}, \sqrt[n]{m_{ij}^1 m_{ij}^2 \cdots m_{ij}^n}, \sqrt[n]{u_{ij}^1 u_{ij}^2 \cdots u_{ij}^n} \right) \quad (\text{A.1})$$

其中， $(l_{ij}^k, m_{ij}^k, u_{ij}^k)$  为第  $k$  个专家对指标  $i$  相对指标  $j$  的重要程度评分的三角模糊数， $n$  为专家个数。得到最终的几何平均三角模糊判断矩阵。

(5) 抽取几何平均三角模糊判断矩阵中的中值  $m$ ，构建中值矩阵  $M$  并进行一致性检验，计算中值矩阵  $M$  的最大特征值  $\lambda_{\max}$ ，并将  $\lambda_{\max}$  代入以下公式计算  $CI$ ，计算方法见式 (A.2)。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (\text{A.2})$$

查对应阶次的 $RI$ 表, 得到 $RI$ 值, 然后计算 $CR = CI/RI$ , 如果 $CR < 0.1$ , 则一致性检验通过。

(6) 由几何平均三角模糊判断矩阵中的下界  $l$  和上界  $u$ , 构造模糊评判因子矩阵  $E$ , 计算方法见式 (A.3)。

$$E = (e_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & 1 - \frac{u_{12}-l_{12}}{2m_{12}} & \cdots & 1 - \frac{u_{1n}-l_{1n}}{2m_{1n}} \\ 1 - \frac{u_{21}-l_{21}}{2m_{21}} & 1 & \cdots & 1 - \frac{u_{2n}-l_{2n}}{2m_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 - \frac{u_{n1}-l_{n1}}{2m_{n1}} & 1 - \frac{u_{n2}-l_{n2}}{2m_{n2}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{A.3})$$

其中,  $e_{ij} = \frac{u_{ij}-l_{ij}}{2m_{ij}}$  是标准离差率。

(7) 计算调整判断矩阵  $Q$ , 计算方法见式 (A.4)。

$$Q = M \times E = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{22} & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & m_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 - \frac{u_{12}-l_{12}}{2m_{12}} & \cdots & 1 - \frac{u_{1n}-l_{1n}}{2m_{1n}} \\ 1 - \frac{u_{21}-l_{21}}{2m_{21}} & 1 & \cdots & 1 - \frac{u_{2n}-l_{2n}}{2m_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 - \frac{u_{n1}-l_{n1}}{2m_{n1}} & 1 - \frac{u_{n2}-l_{n2}}{2m_{n2}} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{A.4})$$

(8) 调整判断矩阵  $Q$  按列转换为对角线为 1 的判断矩阵  $Q'$ 。

(9) 用方根法计算各项指标的权重, 首先计算每行所有元素的  $n$  次方根, 计算方法见式 (A.5) ;

$$\bar{\omega}_i = \left( \prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{A.5})$$

然后对  $\bar{\omega}_i$  进行归一化处理, 计算方法见式 (A.6) ;

$$\omega_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{\omega}_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{A.6})$$

最终得到最终权重  $W = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$ 。

参 考 文 献

- [1] ISO 34501:2022 Road vehicles-Test scenarios for automated driving systems-Vocabulary.
- [2] SAE J 2944:2023 Operational definitions of driving performance measures and statistics.
- [3] Li Q, Wang Z, Wang W, et al. A human-centered comprehensive measure of take-over performance based on multiple objective metrics[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2023, 24(4): 4235-4250.
- [4] Bradley M M, Lang P J. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential[J]. Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, 1994, 25(1): 49-59.
- [5] Åkerstedt T, Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual[J]. International journal of neuroscience, 1990, 52(1-2): 29-37.
- [6] Taylor R M. Situational awareness rating technique (SART): The development of a tool for aircrew systems design[M]//Situational awareness. Routledge, 2017: 111-128.
- [7] Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R. A global measure of perceived stress[J]. Journal of health and social behavior, 1983: 385-396.
-

T/ITS 0274-2026

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

标准

**有条件自动驾驶车辆驾驶员接管绩效测评方法**

T/ITS 0274-2026

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>

2026 年 1 月第一版 2026 年 1 月第一次印刷