

# 도로교통법 기반 자율주행차 운전능력 평가 항목 개발 연구

진태희<sup>1</sup> · 강윤원<sup>2\*</sup> · 한다정<sup>3</sup> · 배광수<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국도로교통공단 자율주행연구처 연구원, <sup>2</sup>한국도로교통공단 교통운영연구처 처장, <sup>3</sup>한국도로교통공단 자율주행연구처 책임연구원, <sup>4</sup>한국도로교통공단 자율주행연구처 처장

## A Study on the Development of Evaluation Items Driving Capability of Autonomous Vehicle Based on Traffic Act

JIN, Taehee<sup>1</sup> · KANG, Yunwon<sup>2\*</sup> · HAN, Dajeong<sup>3</sup> · BAE, Gwangsoo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Autonomous Driving Research, Korea Road Traffic Authority, Gangwon 26466, Korea

<sup>2</sup>Researcher Director, Dept. of Traffic Operation, Korea Road Traffic Authority, Gangwon 26466, Korea

<sup>3</sup>Senior Researcher, Autonomous Driving Research, Korea Road Traffic Authority, Gangwon 26466, Korea

<sup>4</sup>Researcher Director, Autonomous Driving Research, Korea Road Traffic Authority, Gangwon 26466, Korea

\*Corresponding author: ywkang@koroad.or.kr

### Abstract

Autonomous driving technology is being standardized internationally, primarily by Europe and the United States, and these international standards are being applied to the type approval of actual vehicles. ISO 34502:2022 classifies physical risk factors into three categories: perception, traffic, and vehicle control, and describes the safety evaluation content. However, there is a lack of detailed evaluation based on individual provisions of traffic acts. Since autonomous vehicles must also comply with traffic regulations, this study aims to structure evaluation items for assessing autonomous driving competency based on domestic traffic acts. A review of the latest preceding studies and international standards related to the evaluation of autonomous vehicles revealed that various methodologies from the field of artificial intelligence in computer science are being applied, such as representing the consensus concepts of the real world in a form understandable by computers. This indicates the necessity for systematic structuring of traffic regulations similar to physical risk factors. As a major result of this paper, we proposed an evaluation item classification system consisting of 6 major categories, 22 middle categories, and 84 subcategories, covering the entire current road traffic acts, through a comparative analysis of international road traffic acts agreements and the evaluation items of the Korean driver's license test. In the future, if additional detailed evaluation content for traffic regulation evaluation items and research on quantification used in knowledge representation understandable by computers are conducted based on the structured evaluation items proposed in this study, a sophisticated evaluation system for autonomous driving competency based on road traffic acts can be established.

**Keywords:** autonomous driving, driver's license, driving competency, evaluation items, international standard, traffic acts

J. Korean Soc. Transp.  
Vol. 42, No. 4, pp. 425-442, August 2024  
<https://doi.org/10.7470/jkst.2024.42.4.425>

pISSN : 1229-1366  
eISSN : 2234-4217

#### ARTICLE HISTORY

Received: 16 May 2024

Revised: 21 May 2024

Accepted: 24 July 2024

Copyright ©  
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 초록

자율주행 기술은 유럽과 미국을 중심으로 국제 표준이 수립되고 있으며, 이러한 국제 표준은 실제 자동차의 형식 승인에 적용되고 있다. 2022년 ISO 34502:2022는 물리적 위험 요인을 인지, 교통, 차량 제어의 세 가지로 분류하여 안전 평가 내용을 기술하고 있으나, 교통 법규에 대한 세부 평가는 부족하다. 자율주행자동차도 교통 법규를 준수해야 하기 때문에 본 연구는 국내 교통 법규를 기반으로 자율주행 운전 능력 평가를 위한 평가 항목을 구조화하는 것을 목적으로 한다. 자율주행 자동차 평가와 관련된 최신 선행연구와 국제 표준을 검토한 결과, 사람들이 현실 세계에 대한 합의된 개념을 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태의 지식으로 표현하는 등 컴퓨터 공학의 인공지능 분야의 다양한 방법론이 적용되고 있음을 발견하였다. 이는 향후 물리적 위험 요인과 같이 교통 법규에 대한 체계적인 구조화가 필요함을 시사한다. 본 연구에서는 도로교통법에 관한 국제협약과 우리나라 운전면허시험의 평가 항목을 비교 분석하여, 대분류 6개, 중분류 22개, 소분류 84개로 구성된 평가 항목 분류 체계를 제시하였다. 이 체계는 현행 도로교통법 전체를 포괄할 수 있다. 향후, 본 연구에서 제시된 구조화된 평가 항목을 바탕으로 ISO 34502의 물리적 위험 요인에 상세한 세부 내용이 제시된 것처럼, 교통 법규 평가 항목에 대한 추가적인 세부 평가 내용과 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태의 지식 표현에 관한 정량화 연구가 수행된다면, 도로교통법을 기반으로 하는 고도화된 자율주행차 운전 능력 평가 체계가 마련될 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어:** 자율주행, 운전면허, 운전능력, 평가기준, 국제기준, 도로교통법

## 서론

현재 자율주행 기술은 유럽과 미국이라는 두 개의 축을 중심으로 국제표준이 만들어지고 있으며, 이 중 유럽은 국제연합 경제사회이사회 산하 지역위원회 성격인 유럽경제위원회(ECE, Economic Commission for Europe) 작업 그룹(WP.29) 내의 GRVA(Automated/Autonomous and Connected Vehicles)를 중심으로 UNECE Regulation 157(2021)과 같은 국제표준들이 제정되어 실제 자동차의 형식승인에 적용되고 있다. 우리나라에서도 자동차관리법에서 자율주행자동차 종류를 A, B, C형으로 구분하여 임시운행 허가 시 차로유지, 차로변경, 교통정체, 충돌방지, 최고속도제한 등의 요건에 대해 확인하도록 규정하고 있고 이는 SAE(Society of Automotive Engineers) Level 2&3에 속하는 자율주행에 해당된다.

Christian et al.(2021)의 자율주행차 중요도 분석(Criticality Analysis) 및 검증에서는 자율주행이 SAE Lv.2&3의 비교적 단순한 고속도로 기능에서 Lv.4&5의 고도화된 도시 내 기능 단계로 발전하고 있으며 평가 시나리오 클래스를 정의하기 위해 개방형 컨텍스트를 체계적으로 구성해야 한다고 기술하고 있다.

또한, 시나리오 기반 안전 평가 프레임워크에 대한 국제표준인 ISO 34502(2022)에서는 물리적 위험 요인에 대한 시나리오 구조화를 위해 인지, 교통, 차량 제어 세 가지로 분류하여 각각의 평가내용에 상세하게 기술하고 있다. 반면 교통법규와 관련이 높은 동작안전평가에서는 일반적인 통행규칙에 해당하는 안전거리 유지, 충돌 회피, 충돌 완화를 준수하는지 여부로 국한하고 있어 법규 각각의 조항을 바탕으로 하는 세부 평가가 필요한 실정이다. 교통 법규는 국제연합(UN)에서 국가 간 도로교통의 통일성을 위해 1949년, 1968년 두 차례에 걸쳐 만들어진 “도로교통에 관한 국제협약”을 통해 대부분의 국가들이 준수하도록 요구하고 있어 자율주행이 점차 고도화됨에 따라 앞에서 살펴본 자율주행차량의 「위험 기반 안전 평가」와 더불어 「법규 기반 안전 평가」도 중요하게 요구될 수 있기 때문에 이를 위해 선제적으로 물리적 위험 요소와 같은 교통 법규의 준수 요소에 대한 평가항목을 구조화하여 제시하고자 한다.

## 연구 방법론

자율주행자동차의 교통 법규 준수에 대한 평가를 도입하기 위해 도로교통법에 대한 이해와 구조화를 통한 평가 항목 도출이 필요하다. 우선적으로 기존의 자율주행자동차에 대한 평가와 관련하여 독일의 Lv.3를 위한 PEGASUS 프로젝트의 후속 프로젝트인 Lv.4&5를 위한 VVM(Verification and Validation Methods) 연구 프로젝트 결과물인 Christian et al.(2021) 논문과 이를 바탕으로 제정된 ISO 34502의 방법론을 검토하였다. 또한 기존 위험 요인 중심의 평가와 달리 교통 법규에 대한 평가 방법에 대한 독일 PRORETA5 프로젝트 결과물인 Felix(2023)의 박사 학위 논문을 검토하였다.<sup>1)</sup>

기존 문헌고찰 결과 ISO 34502의 물리적 위험 요인에 대한 구조화가 안전 평가에 대한 전체적인 지침을 제공하는 것과 마찬가지로 교통 법규 준수를 위한 평가항목 구조화를 위해 도로교통법과 국제협약 조항을 분석하여 차이점을 제시하였고, 우리나라에서 시행되고 있는 운전면허시스템의 도로주행시험 평가항목이 직관적으로 이해하기 쉬운 출발, 주행, 종료와 같은 개념을 적용하고 있는 것을 착안하여 구조화를 도출하였다. 연구수행을 위한 방법론은 Figure 1과 같다.

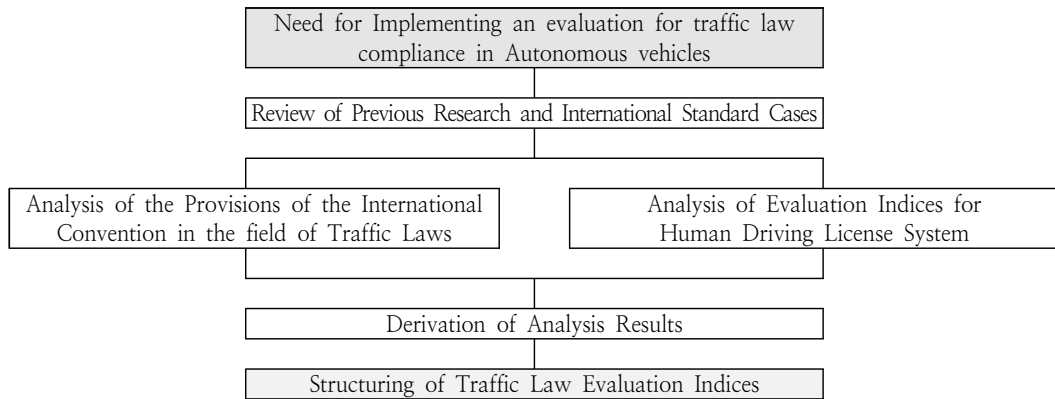


Figure 1. Procedure for conducting research

## 기존 연구 고찰

### 1. 자율주행 평가 관련 선행 연구

#### 1) Christian et al.(2021) : 중요도 분석(Criticality analysis)<sup>2)</sup>

중요도(Criticality)는 교통 상황이 계속될 때 관련 교통 참가자들의 결합된 위험으로 정의되며 중요도 분석에서 제안된 방법은 SAE Lv. 4&5에서 자율주행의 안전한 작동을 목표로 개방형 컨텍스트(open context)<sup>3)</sup>를 구성하기 위한 청사진을 제공한다. 중요도 분석은 Figure 2와 같이 방법, 정보, 시나리오 분기 등 세 가지 분기로 나뉘며 각 분기는 여러 프로세스 단계로 구성된다. 이 방법을 통해 분석가는 교통 시스템에서 중요도가 발생하는 경우를 식별한다. 이러한 경우에 대한 안전 원칙과 완화 매커니즘을 설정하기 위해 근본적인 설명을 제공할 수 있다고 기술하고 있다.

1) PRORETA5 : 독일 2002년부터 시작된 대학과 기업의 자율주행 방법을 개발하고 구현하기 위한 연구 협력으로, Felix 논문은 자율주행 가능 중 교통 법규 준수를 평가하기 위한 체계적이고 보편적인 방법론을 제시하고 있음  
 2) 중요도 분석 : 1940년대 미 국방성이 개발한 FMECA(Failure modes, effects, and criticality analysis) 위험 분석 기법의 하나로 각각의 고장 모드와 그에 따른 영향을 종합적으로 평가하여 전체적인 위험을 결정하는 단계에 해당함. 이 단계는 일반적으로 위험 매트릭스를 활용하여 시스템의 안전성을 경량화하고, 우선순위를 부여하는 과정을 포함함. 해당 논문에서는 중요도(Criticality)를 교통 상황이 계속될 때 관련된 행위자의 결합된 위험으로 정의하고 있음.  
 3) 개방형 컨텍스트 : 사전적 의미로 상황, 맥락, 문맥을 의미하나, 정보통신용어로 방대한 정보 네트워크에서 유용한 서비스 및 정보 검색을 위해 필요한 '상황 정보' 또는 '정보의 정보'라고 표현됨. 즉, 누가 무엇을 어떤 의도를 가지고 언제 행위를 하였는지에 대한 정보를 통칭하여 컨텍스트라고 함.

중요도 분석의 목표는 기본 구조를 분석하여 자율주행이 운영되는 무한한( $\infty$ ) 차원의 개방형 컨텍스트를 중요도 현상, 인과 관계, 시나리오 카탈로그 등과 같은 유한한( $n$ ) 아티팩트<sup>4)</sup> 집합에 맵핑하는 것이다.

또한, 이러한 중요도 분석은 국제 표준인 ISO 34502(2022) 시나리오 기반 안전 평가에 반영되어 물리적 원리에 따른 접근법과 더불어 자율주행과 관련된 위험 요소를 식별하는데 사용되고 있다.

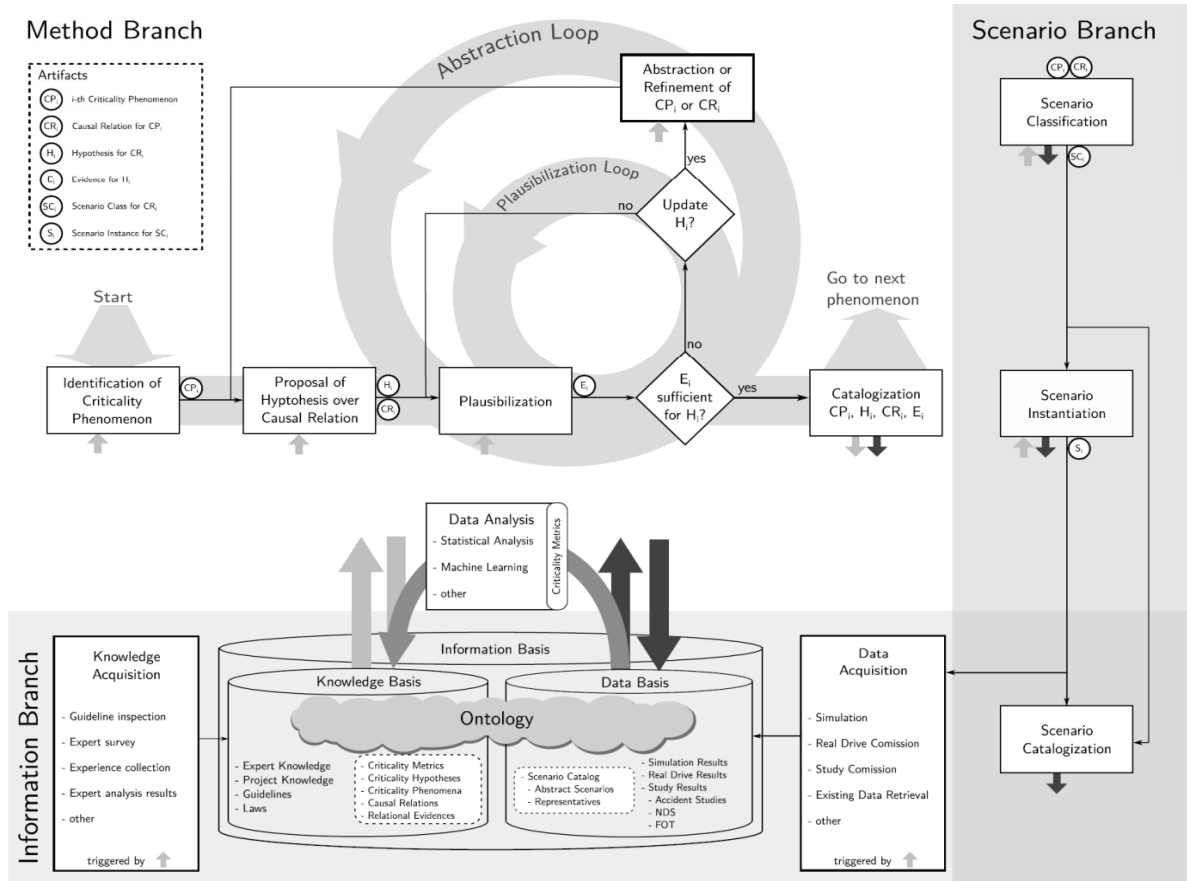


Figure 2. Overview of the criticality analysis procedure

## 2) Felix(2023) : 교통 법규 준수에 대한 시험 방법론

고도화된 자율주행 도입으로 안전성과 편의성이 향상될 것으로 전망되지만 안전 평가는 여전히 해결되지 않는 과제로 남아 있다. 자율주행자동차도 기존 교통 규칙을 준수해야 하며 교통 법규 준수 여부를 자동으로 테스트 할 수 있는 방법론을 제시하고 있다.

해당 학위 논문에서는 교통 법규 준수 보장하기 위한 행동 규칙 추상화 및 범용성을 다루고 있으며, 속도(A, speed limit), 경계(B, boundary), 예약(C, reservation), 추월(D, overtake) 등 4가지 행동 속성을 공식화하여 교통 환경과의 의미론적 설명이 가능하고, 이러한 행동 속성은 정밀지도(HD)에서 행동 요구사항에 대한 행동-의미론적 풍경 기술(BSSD, Behavior-Semantic Scenery Description)<sup>5)</sup>을 가능하게 하여 교통법규 준수를 자동 테스트 할 수 있으

4) 아티팩트 : 자연적으로 만들어진 피조물(creature)와 구별하여 인공적으로 만들어진 피조물(artifact)을 의미하며 해당 논문에서는 시나리오 카탈로그, 인과 관계, 중요도 현상 등을 아티팩트로 지칭하고 있음.

5) 행동-의미론적 풍경기술(BSSD) : 인공지능 분야에서 컴퓨터가 이해할 수 있도록 사물 및 관계를 표현한 '지식표현' 방법의 하나로, HD 지도상의 속도제한, 차선표시, 교차로, 횡단보도 등 풍경에서 요구되는 차량의 행동 의미(semantic)를 결합하여 기술하는 것으로, 속도제한 설치구간에서 그에 따른 감속 행동이 요구되는 것이 하나의 예가 될 수 있음

나, 속도 위반, 비신호 교차로 통행우선권, 횡단보도 정지 여부 등 부분적 교통 법규 사례 중심으로 제시되고 있어 향후 관련 연구의 확대가 필요하다고 생각된다.

Figure 3에서 보는 바와 같이 교통 법규 대부분이 4가지 행동속성으로 표현될 수 있다는 전제하에 인공지능에서 사용되는 지식 표현인 규칙, 논리식 등을 적용하여 공식화 하였고<sup>6)</sup>, 이러한 공식은 자율주행 지도에 4가지 행동속성 정보가 추가된 BSSD 맵을 바탕으로 적용되어 자율주행자동차가 교통 법규를 위반할 경우 자동으로 위반 여부를 판단할 수 있다. 이는 현재 운전면허 시험인 수동채점 방식의 도로주행시험이 자동채점 방식으로 전환될 수 있는 하나의 방법론으로도 제시될 수 있다.

$$P = \text{“The local traffic rules are violated.”} : P \leftrightarrow \text{Speed}(A) \vee \text{Boundary}(B) \vee \text{Reservation}(C) \vee \text{Overtake}(D)$$

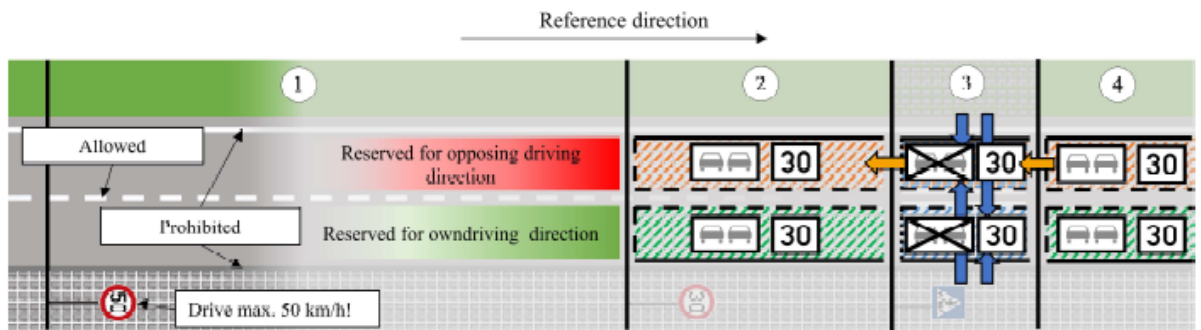


Figure 3. The example of formalizing traffic laws and BSSD map with behavioral attributes

### 3) Kim et al.(2024) : 자율주행 운전능력 평가를 위한 시뮬레이션 기반 ODD 및 평가지표 분석

현재 자율주행 운전능력 평가에 대한 연구는 특정 조건하에서 자율주행차의 성능의 초점에 맞춰 연구가 주로 수행되고 있으며, 다양한 조건하에서 ADS의 성능을 검증하는 것은 중요하나, 인지 및 성능에 따라 혼잡교통류에 미치는 영향을 분석하여 교통류 측면의 안전성을 검증하는 것은 매우 중요하다. 이에 Kim et al.(2024)은 특정 ODD를 구현한 교통 시뮬레이션 환경에서 자율주행의 운전능력을 검증하는 방법론을 개발하고, 이를 통해 ODD별 자율주행의 운전능력을 평가하는데 적합한 평가지표를 선정하였다. 도출된 평가지표를 기반으로 ODD간 위험성을 비교하여 자율주행의 운전능력을 평가함에 있어 새로운 접근 방식을 제시하였다. 다만 연구에서 활용된 ODD는 시범운행지구라는 특수한 교통상황에서 분석된 결과이며, 실제 자율주행에 영향을 미칠 수 있는 ODD는 일부 국한되어 있는 상황으로 운전능력의 평가기준의 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 2. 자율주행 평가 관련 국제표준

### 1) ISO 34502(2022) : 시나리오 기반 안전 평가 프레임워크

도로 상의 기존 자동차의 기능 안전은 잘 알려진 표준 ISO 26262에 의해 포괄적으로 다루어지며, 전기/전자(Electric/Electronic) 하드웨어 구성 요소의 고장 및 결함뿐만 아니라 위험에 대한 식별 및 정량화를 위한 위험 분석 및 위험 평가 방법에 중점을 두고 있으며, 물리적 원리에 따른 중요(critical) 시나리오 구조화는 Figure 4과 같다.

그리고 자율주행 SAE Lv.2에 해당하는 첨단운전자지원시스템(ADAS, Advanced Driver Assistance System)의 등장은 자동차 산업에서 의도된 기능 안전(SOTIF, Safety Of The Intended Functionality)에 대한 보완적 측면을

6) 속도에서는 제한속도 초과, 차선 경계에서는 금지, 허용, 조건부 위반 시, 교차로 등 예약에서는 외부, 자체 예약 권한 위반 시, 추월은 금지구간 등을 명제논리 및 술어논리로 공식화(정량화)하여 위반 여부를 자동으로 테스트 함

볼 수 있게 하였다. 개방형 컨텍스트에서 센서 입력에 대한 이러한 시스템 의존성은 고전적인 하드웨어 오류가 없는 경우에도 다양한 위험 상황에 대한 문을 열게 되었다. SOTIF 문제는 표준 ISO/PAS(Publicly Available Specification) 21448에서 다루어지지만 SAE Lv.2 까지만 해당된다.

기능 안전(ISO 26262 시리즈)과 SOTIF(ISO/PAS 21448)는 안전 측면에서 구별되고 필수적으로 상호 보완적이다. ISO 34502 표준은 의도된 기능에 영향을 미치는 위험 요소와 관련된 중요 시나리오를 식별하는 시나리오 기반 안전 평가 프로세스를 통합하고 이를 적용하여 자율주행에 불합리한 위험이 없는지 평가함으로써 SOTIF를 준수하고 그 내용에 특수성을 더한다(Table 1).

**Table 1.** ISO standards related to autonomous driving risk-based safety assessment

No	Standard number	Content
ISO 26262 (2018)	Functional safety	Functional safety refers to the absence of unreasonable risks resulting from malfunction of electrical/electronic (E/E) systems defined as. The part 1-12 series is a risk source analysis to determine vehicle level risk sources and risk assessment, which allows assessing potential risks from system malfunction behavior and defining top-level safety objectives needed to mitigate risks.
ISO/PAS 21448 (2019)	Functional safety as intended (SOTIF)	For some E/E systems that rely on environmental sensing for awareness, potentially hazardous behavior may occur due to or within the intended function. Examples of causes of these operational hazards include the inability of a function to properly determine the situation and operate safely or lack of robustness of a function, system, or algorithm. Safety Of The Intended Functionality (SOTIF) is defined as the case where there is no unreasonable risk due to dangerous movements related to functional insufficiency.
ISO 34502 (2022)	Scenario-based safety assessment framework	Autonomous driving systems can be used in critical situations such as safety goals, identification of critical* scenarios, derivation of test scenarios based on scenario space, derivation of concrete scenarios, and testing and evaluation structuring physical critical scenarios along with a Nario-based safety assessment framework, Methodologies such as road analysis are presented, but they are applied to highways with limited access it is limited to.

\*critical scenario : scenario containing one or more risk factors.

실제 교통에서 자율주행이 직면할 수 있는 안전 관련 위험 요소의 수는 일반적으로 무한한 것으로 거주된다. 이와 대조적으로 시나리오 기반 안전 평가에서 자율주행이 의존할 수 있는 물리적 원리의 수는 제한적이다. 자율주행의 동적주행작업(DDT, Dynamic Driving Task)을 인지, 판단, 제어로 세분화하여 각 하위 작업에서 하나 또는 여러 개의 특정 물리적 원리와 연관될 수 있다. 예를 들면, 인지와 관련하여 가시광선, 전파 및 레이저를 설명하는 물리적 원리에 의존하는 카메라, 레이더 및 라이다 기반 시스템에 의해 처리된다. 추가적으로 이러한 시스템에 특수 인지 센서로 간주 될 수 있는 V2X와 디지털 지도 또한 포함된다. 판단과 관련해서는 교통 참가자의 상대 운동학에 따른 경로 및 속도 계획에 의해 처리되며, 이는 운동의 원인을 참조하지 않고 점, 객체 및 객체 그룹 시스템의 운동을 설명하는 물리학의 한 분야이다. 마지막으로 제어와 관련하여 차량은 액츄에이션 명령에 의해 처리되므로 힘과 힘이 운동에 미치는 영향에 대한 연구와 관련된 물리학의 한 분야인 차량 동역학을 통해 목표 경로, 속도 및 안정성을 달성할 수 있다.

따라서 위험 요소와 그에 해당하는 중요 시나리오가 자율주행자동차의 물리적 원리에 따라 분해되고 논리적으로 구조화되면 주어진 DDT 관련 모든 합리적으로 예측 가능한 위험 원인에 대해 제공할 수 있다고 가정한다고 기술하고 있다.

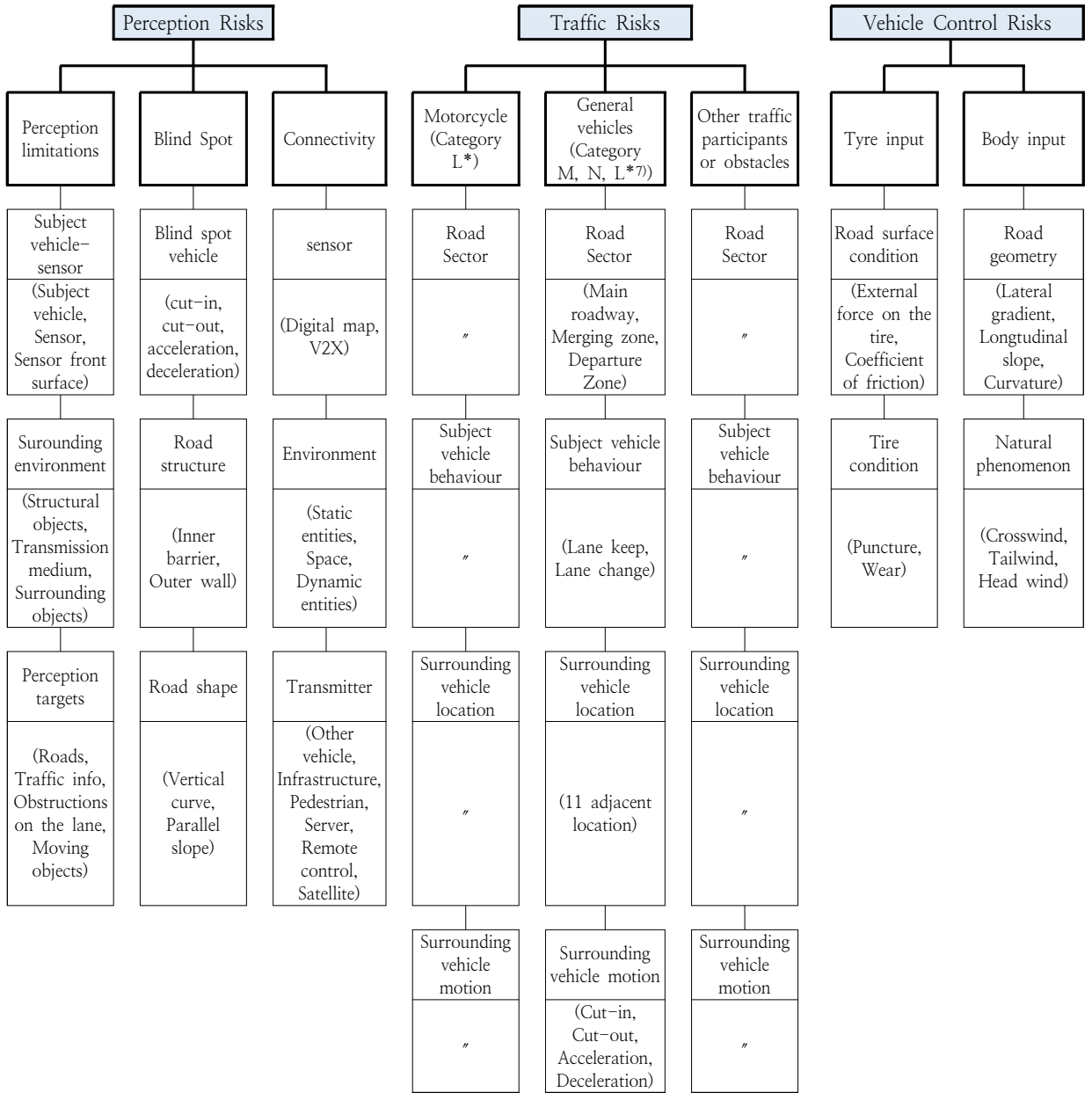


Figure 4. Structure of critical scenarios according to ISO 34502 physical principles

### 3. 기존 연구문헌과의 차별성

자율주행기술의 발전으로 인해 시나리오를 기반으로 한 연구가 점진적으로 수행되고 있는 상황에서 모든 교통 법규 조항에서 요구하는 행동 요구 사항에 대한 연구가 미흡한 상황이다. 먼저 Christian et al.(2021) 중요도 분석은 국제표준 ISO 34502 에서 반영되어 물리적 요인과 더불어 자율주행자동차의 위험 요소에 대한 안전 평가에 활용되고 있으나, 교통 법규 사항에 대해서는 중요도 분석의 정보 분기에서 온톨로지(Ontology)<sup>8)</sup> 지식 베이스의 “laws”

7) 유럽의 차량 범주 : M 카테고리 - 승용차, 승합차      N 카테고리 - 화물차(트럭, 밴)      L 카테고리 - 이륜차 등(원동기, 초소형 포함)

8) 온톨로지 : 컴퓨터 과학에서 인공지능을 위한 지식표현(Knowledge representation)의 일종으로 사람들이 세상에 대하여 보고 듣고 느끼고 생각하는 것에 대하여 서로 간의 토론을 통하여 합의를 이룬 바를 개념적이고 컴퓨터에서 다룰 수 있는 형태로 표현한 모델로, 개념의 유형이나 사용상의 제약조건들을 명시적으로 정의한 기술임. 컴퓨터는 온톨로지로 표현된 개념을 이해하고 지식처리를 할 수 있게 되며 프로그램과 인간이 지식을 공유하는데 도움을 줄 수 있다. 온톨로지는 정보시스템의 대상이 되는 자원의 개념을 명확하게 정의하고 상세하게 기술하여 보다 정확한 정보를 찾을 수 있도록 하는데 목적이 있음. 온톨로지는 시맨틱 웹

고려 요소로만 제시되어 있어 세부적인 평가 내용으로는 다루어지지 않고 있다. 또한, Felix(2023)는 교통 법규에 대한 자율주행자동차의 준수 여부를 테스트하기 위해 기존 위험 요소 중심의 시나리오 안전평가인 ISO 34502 방법론은 시간과 비용이 많이 소요되기 때문에 다른 새로운 접근 방식이 필요하다고 기술하였다. 관련 학위 논문에서는 모든 교통 법규 조항이 4가지 행동 속성으로 표현될 수 있다는 가정 하에 교통 법규 행동 요구사항에 대한 의미론적 정량화 가능성을 보여주고 있으나, 앞에서 언급된 바와 같이 교통 법규 일부 조항에 대한 사례만을 제시하고 있어 모든 교통 법규 조항에 대해 4가지 행동 속성으로 표현할 수 있다는 의미론적 정량화에 대한 연구 확대가 필요한 실정이다. 이에 모든 교통 법규 조항에 대한 정량화를 위해 각각의 조항에서 요구하는 행동 요구 사항 파악이 필요한 실정으로 본 연구에서는 ISO 34502의 모든 물리적 위험 요인에 대한 시나리오 구조화와 같이 도로교통법을 바탕으로 모든 교통 법규에 대한 행동 요구사항을 구조화하고, 이러한 요구 사항에 대한 구조화를 위해 우리나라 도로교통법을 바탕으로 국제협약과의 비교를 통해 구조화 연구를 수행하였으며, 또한 Korea National Police Agency(2022)의 자율주행자동차 통행규칙에 대한 가이드라인 연구에 국제협약 비교를 추가하여 일부 수정을 통한 업그레이드가 가능할 것으로 판단된다.

## 국제협약 및 운전면허시험

### 1. 도로교통에 관한 국제협약

국가 간 교통 규칙의 통일성을 확립하여 국제교통의 발전과 교통안전을 제고하고자 1949년 제네바에서 도로교통에 관한 국제협약이 제정되었고 1968년 비엔나에서 개정 발전되었으며, 이러한 두 가지 협약의 효력 여부는 최근 협약을 신규 가입할 경우 그 이전의 협약은 종료되고 새로운 협약으로 대체된다.

현재 우리나라는 「1. 도로교통에 관한 국제협약(1949, 제네바)」에 가입하여 그에 따른 통행규칙, 운전면허, 자동차 등에 관한 사항을 도로교통법과 자동차관리법에서 운영 중에 있으며 외교부의 다자간 협약 효력에 대한 해석을 볼 때 국회의 비준을 받은 조약은 국내 현행법과 동일한 효력을 지니는 것으로 해석되며 이에 대한 지속적인 준수가 필요하다고 할 수 있다.<sup>9)</sup>(Ministry of Foreign Affairs, 2006) 또한 두 번째 개정판인 「19.도로교통에 관한 국제협약(1968, 비엔나)」도 전쟁 후 제정된 첫 번째 협약을 발전시킨 내용으로 우리나라 교통체계 선진화를 위해 지속적인 개선 노력이 병행되어야 할 것으로 사료된다(Table 2).

더불어, 신호기, 안전표지, 노면표시, 도로 안내표지 등을 규정하고 있는 도로 표지 및 신호에 관한 국제협약은 제네바 및 비엔나 모두 미 가입된 상태이지만 모두 도로교통 안전을 위한 중요한 시설물로서 도로교통법(Ministry of Government Legislation, 2022)과 밀접한 관계가 있기 때문에 국제 기준에 부합되는 교통안전시설의 관리도 필요한 실정이다.

**Table 2. Status of international conventions related to road traffic**

Chapter XI	B	Year	Treaties	Member country <sup>2)</sup>	Koera membership
Transport and communications	Road traffic	1949 (Geneva)	1. Convention on road traffic <sup>3)</sup>	102	○
			3. Protocol on road signs and signals <sup>4)</sup>	46	×
		1968 (Vienna)	19. Convention on road traffic <sup>5)</sup>	84	×
			20. Convention on road signs and signals <sup>6)</sup>	68	×

1) UN(2023), "UN Treaty Collection", <https://treaties.un.org/> / 2023.04.28.

2) UNECE(2020), "UN Transport agreements / and conventions served by ECE".

3) United Nations(1949a), Convention on Road Traffic, Geneva, 19 September 1949.

4) United Nations(1949b), Protocol on Road Signs and Signals, Geneva, 19 September 1949.

5) United Nations(1968a), Convention on Road Signs and Signals, Vienna, 8 November 1968.

6) United Nations(1968b), Convention on Road Traffic, Vienna, 8 November 1968.

을 구현할 수 있는 도구로서 지식개념을 의미적으로 연결할 수 있는 도구로서 RDF, OWL, SWRL 등의 언어를 이용해 표현함. (위키백과)

9) 우리나라는 1970년 12월 22일 제75회 국회에서 비준하여 1971년 다자조약 제389호로 발효되었음.(Ministry of Foreign Affairs, 2023)



자율주행이 SAE Lv. 4&5로 고도화됨에 따라 교통 법규(통행규칙) 준수에 대한 요구가 대두될 것으로 전망되는 바 도로교통에 관한 국제협약을 우선적으로 검토하였다. 주요 내용으로는 Table 3과 같이 통행규칙이 5조-34조로 대부분을 차지하고 기타 조항으로 자동차에 대한 승인 규정, 운전면허(국제면허 포함)에 대한 사항이 명시되어 있다.

**Table 3. Contents of convention on road traffic(1968, Vienna)**

Chapter 2 Rules of the road	Other provisions
Article 5 Status of signs and signals	Chapter 1 General provisions
Article 6 Traffic control instructions by authorized police	Article 1 Definitions
Article 7 General rules	Article 2 Annex to the convention
Article 8 Drivers	Article 3 Obligations of states parties to the convention
Article 9 Sheep and cattle	Article 4 Signs and signals
Article 10 Position on the roadway	Chapter 3 Approval regulations for international traffic vehicles and trailers
Article 11 Overtaking and moving in lane	Article 35 Registration
Article 12 Passing oncoming vehicles (crossing the street)	Article 36 Registration number
Article 13 Speed and distance between vehicles	Article 37 Registration country marking
Article 14 General requirements for maneuver	Article 38 Vehicle identification number
Article 15 Special regulations for public transport service vehicles	Article 39 Technical requirements and vehicle inspection
Article 16 Turning	Article 40 Temporary regulations
Article 17 Slowing down	Chapter 4 Automobile drivers
Article 18 Intersections and obligation to yield	Article 41 Driver's license validity
Article 19 Crossing	Article 42 Driver's license validity extension
Article 20 Rules applicable to pedestrians	Article 43 Temporary provisions
Article 21 Driver behavior toward pedestrians	Chapter 5 International traffic bicycle and motorcycle approval regulations
Article 22 Traffic islands on roadways	Chapter 6 Final regulations (Articles 45-56)
Article 23 Stopping and parking	Appendix 1 International transportation vehicle and trailer approval and permit exceptions
Article 24 Opening car doors	Appendix 2 International transportation vehicle and trailer registration number
Article 25 Highways and similar roads	Appendix 3 International transportation vehicle and trailer country marking
Article 26 Special rules applicable to processions and the disabled	Appendix 4 International transportation vehicle and trailer vehicle identification number
Article 27 Special rules applicable to drivers of bicycles, motor vehicles, and two-wheeled vehicles	Appendix 5 Technical regulations for vehicles and trailers
Article 28 Sound and light warnings	Appendix 6 Domestic driver's license
Article 29 Track vehicles (streetcars)	
Article 30 Cargo loading	
Article 31 Actions in the event of an accident	
Article 32 Lights: general matters	
Article 33 Light use rules	
Article 34 Exceptions (emergency vehicles, construction zones)	

## 2. 운전면허시스템 도로주행 시험항목

우리나라 운전면허 취득을 위한 도로주행시험은 도로교통법 시행규칙<sup>10)</sup>에 따라 2012년 도입 되어 전자채점방식을 채택하고 있으나 아직 시험 감독관에 의한 수동 채점이 대부분을 차지하고 있으며 대분류 12개, 중분류 57개 항목으로 구성되어 각 평가항목은 해당 교통 법규를 바탕으로 하고 있다(Kang et al., 2022).

현재 도로주행시험은 Figure 5와 같이 기본적으로 출발, 주행, 종료와 같이 직관적으로 이해할 수 있는 구조를 가지고 있어 이를 반영할 필요가 있으나 대분류에 있어 추가적인 기타 항목들이 너무 많아 이에 대한 조정이 필요할 것으로 사료된다. 또한 사람 운전자를 대상으로 하고 있어 주차 브레이크 미해제 같은 사람이기 때문에 실수할 수 있는 항목들을 자율주행자동차에 적용하는 것은 다소 무리가 있다고 본다.

10) Ministry of Government Legislation(2023), Enforcement Regulation of Road Traffic Act [Appendix 26].

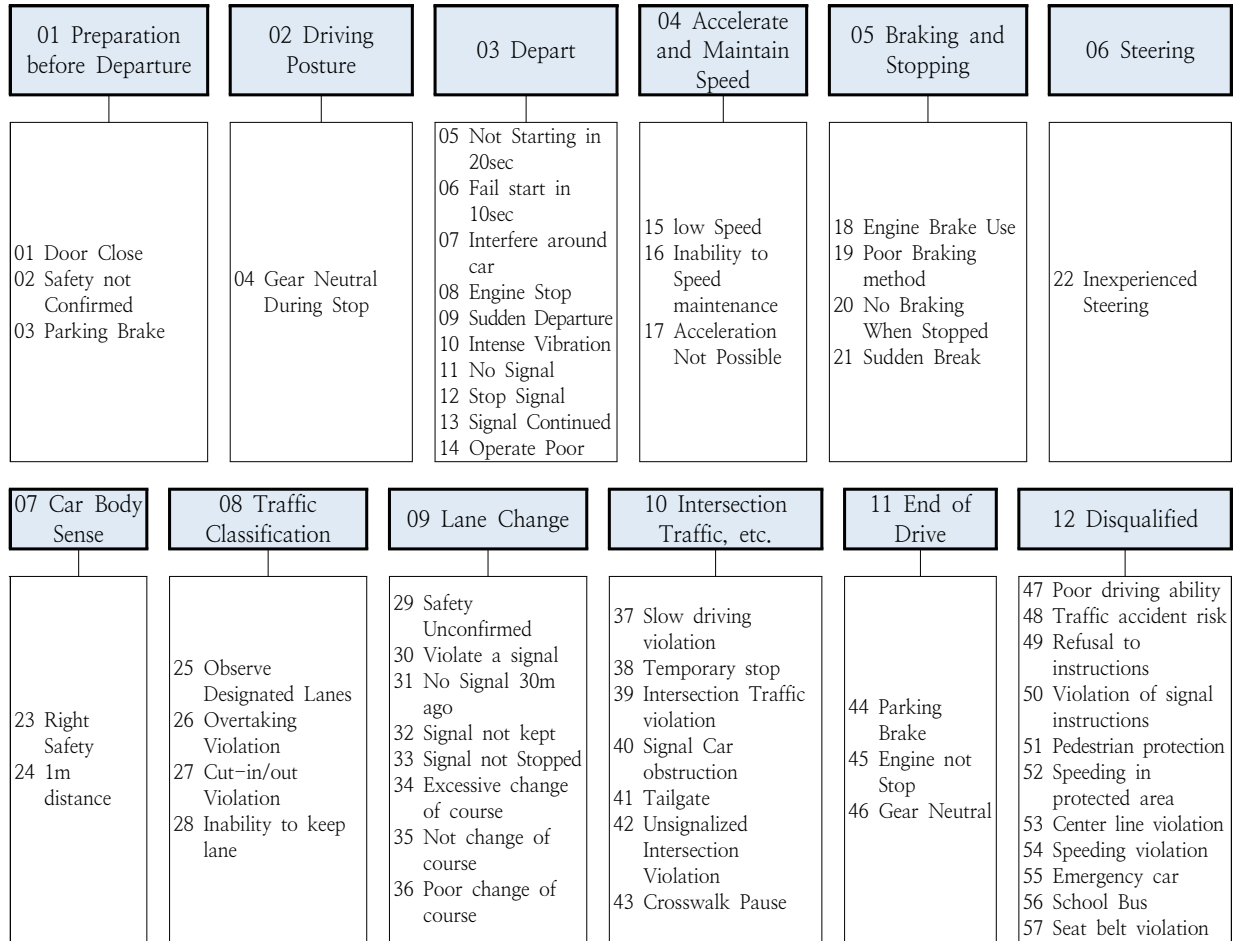


Figure 5. Driver's license road test evaluation indices (2021)

## 도로교통법 구조화를 통한 평가 항목 도출

자율주행자동차의 통행규칙과 관련하여 도로교통법 조항<sup>11)</sup>에 대한 체계적 분류가 필요하여 “Korea National Police Agency(2022), 자율주행자동차 통행규칙 가이드라인 연구”에서는 ① 통행규칙, ② 고속도로 통행규칙, ③ 사고발생시 조치와 같이 대분류하여 그 각각에서 세부조항들을 명시하고 있으나, 가이드라인 성격으로 다소 직관적이지 못한 사항이 있어, 도로교통법 시행규칙 [별표26] 운전면허 도로주행시험의 시험항목 채점기준 및 합격기준에서 명시하고 있는 출발전 준비, …, 진로변경, 교차로 통행, 종료 등 실제 도로에서 차량을 주행하는 것을 가정한 분류방법을 적용하고자 한다.

도로교통법은 제1장-제5장까지는 통행 규칙과 관련된 내용이며 제6장-제14장은 운전면허, 안전교육, 운전학원, 벌칙 등에 관한 사항으로 구성되어 있다. 제6장-제14장은 통행 규칙과 직접적인 관련이 없는 조항으로 제외하였고, 제1장-제5장까지 총 67개 조항 중 용어 정의 등을 제외한 자율주행 자동차 통행 규칙과 관련된 47개 조항(Tables 4-9)을 국제협약 조항과 비교하여 구조화하였다.

국제협약과 비교 분석한 결과 Figure 6과 같이 ① 출발, ② 주행, ③ 객체 대응, ④ 종료, ⑤ 고속도로, ⑥ 교통사고 등 6개 대분류(L)와 22개의 중분류(M)로 구분하였고, 그에 따른 각각 84개의 소분류(S) 평가 항목을 도출하였으며, 도출한 항목은 아래 표와 같다.

11) 도로교통법 55개 조항(Ministry of Government Legislation(2022), Road Traffic Act.), 도로교통에 관한 국제협약(1968) 30개 조항

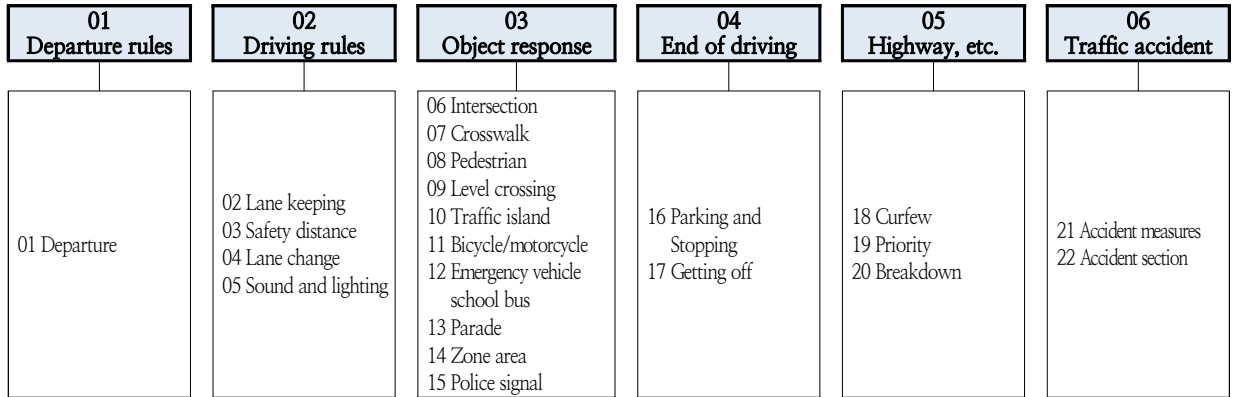


Figure 6. Structure of road traffic rules required for autonomous driving

### 1. 출발 규칙

본 연구를 통해 도출한 출발 규칙(L01)은 출발하기 전 모든 운전자에게 요구되는 준수사항에 대한 내용으로 출발 준수(M01)을 포함하고 있다. 출발준수는 사람 운전자의 준수사항을 명시한 것으로 승차 또는 적재, 좌석안전띠, 급출발 등의 준수에 대한 조항이나, 국제협약에서는 명시되지 않은 조항이 많다(Table 4).

Table 4. Compliance with autonomous driving traffic laws regarding departure rules

Category2	Category3	Convention or not	Road traffic act provisions	International convention provisions
M01 Departure	S01. Compliance with the number of passengers	×	Article 39 Methods and restrictions of riding or loading	Article 30 Cargo loading
	S02. Preventing passengers from falling	×	Article 49 Requirements for all drivers	
	S03. Preventing cargo from being dropped	○	Article 50 Requirements for specific drivers	
	S04. Prohibiting riding in cargo bins	×		
	S05. Compliance with visible light transmittance	×		
	S06. Prohibiting illegal attachment devices	×		
	S07. Compliance with seat belts	×		
	S08. Preventing noise such as sudden starts	×		
	S09. Preventing passenger disturbances			

convention or not : ○ - Applies to convention, △ - Partially applicable to convention, × - Not applicable to convention

### 2. 주행 규칙

대분류 주행 규칙(L02)은 차로유지, 차간거리, 차로변경, 조명 및 음향 등 기본적인 주행능력에 대한 내용으로 구성된다. 중분류 차로유지(M02)은 차량의 차로를 벗어나지 않고 주행할 것을 요구하며 그 외 우측통행, 교행, 지정차로, 전용도로 통행금지 조항 등이 있다. 차간거리(M03)은 차간 안전거리 확보 여부와 제한속도 준수, 장애물에 대한 대응 등에 대한 조항이고 차로변경(M04)은 방향전환을 위한 차로변경과 추월, 국제협약에서 없는 끼어들기에 대한 조항이 포함되어 있다. 조명 및 음향(M05)은 야간, 악천후, 교행 시에 전조등에 대한 등화 의무와 경음기 사용 금지에 해당되는 조항이다(Table 5).

**Table 5. Compliance with autonomous driving traffic laws regarding driving rules**

Category2	Category3	Convention or not	Road traffic act provisions	International convention provisions
M02 Lane keeping	S10. Observe right-side traffic	○	Article 13 Passage of vehicles and horses	Article 10 Position on the road
	S11. Observe vehicle crossing lanes	○	Article 20 Obligation to give way	Article 12 Crossing of oncoming vehicles
	S12. Maintain lanes in straight areas	○	Article 14 Installation of lanes	Article 13 Speed and distance between vehicles
	S13. Maintain lanes in curved areas	○	Article 15 Installation of exclusive lanes	Article 29 Streetcar lanes
	S14. Violation of passage in designated lanes	×	Article 16 Installation of exclusive streetcar lanes	Article 27 Protection of pedestrians
	S15. Violation of passage in exclusive lanes	△	Article 28 Installation of pedestrian-only roads	Article 13 Speed and distance between vehicles
	S16. Observe traffic ban on pedestrian -only roads	×	Article 17 Speed of automobiles and trams	Article 17 Slowing down
M03 Safety distance	S17. Follow vehicle ahead and ensure safe distance	○	Article 19 Securing safe distance, etc.	Article 34 Exceptions
	S18. Securing a cut-in safety distance	○	Article 14 Installation of lanes, etc.	
	S19. Securing a cut-out safety distance	○		
	S20. Securing a safety distance for acceleration and deceleration	○		
	S21. Obeying the speed limit	○		
	S22. Slowing down in bad weather	○		
	S23. Responding to obstacles such as road damage	○		
	S24. Responding to road construction sections	○		
M04 Lane change	S25. Secure a safe distance ahead when changing lanes	○	Article 19 Ensuring a safe distance, etc.	Article 11 Passing and moving within the lane
	S26. Secure a safe distance behind when changing lanes	○	Article 14 Installation of lanes, etc.	Article 14 Main maneuver general requirements
	S27. Secure a safe distance on the sides when changing lanes	○	Article 38 Car signals	
	S28. Perform lane changes as lanes disappear	○	Article 21 Methods of overtaking, etc.	
	S29. Observe lane change prohibited areas	○	Article 22 Time and place of prohibition on overtaking	
	S30. Obey lane change signals	○	Article 20 Obligation to give way	
	S31. Overtaking Observe the method	○	Article 23 Prohibition of cutting in	
	S32. Prohibition on overtaking Observe the time and place	○		
	S33. Prohibition on cutting in	×		
	S34. Yield the way to low-speed vehicles	○		
M05 Sound and lighting	S35. Turn on the car's lights at night, in bad weather, or in a tunnel	○	Article 37 Lighting of cars and streetcars	Article 28 Sound and light warning
	S36. Turn on the car's lights when crossing or following	○	Article 49 Matters to be observed by all drivers, etc.	Article 32 Lighting: general
	S37. Continuous and repeated use of the horn is prohibited	○		Article 33 Rules for using lights

### 3. 객체 대응

대분류 객체대응(L03)은 주행 시 만나는 객체에 대한 인식과 대응에 대한 내용을 포함하고 있다. 중분류 교차로(M06)은 신호, 비신호, 회전교차로 통행방법에 대한 항목으로 구분될 수 있으며, 횡단보도(M07)은 보행자 보호를 위한 횡단보도 접근 서행과 일시정지에 대한 내용이다. 보행자(M08)은 무단 횡단 보행자, 보도 횡단 보행자, 좁은 도로에서의 보행자 보호에 대한 조항을 포함하고 있으며, 건널목(M09)은 철도와 교차되는 건널목의 통행 방법에 대한 조항이다. 교통섬(M10)은 교통류 흐름을 유도하는 교통섬에서 통행방법으로 우리나라에서는 없는 조항이다. 자전거 및 이륜차(M11)은 자전거 등의 지날 때 안전거리 1미터 확보에 대한 조항이고, 긴급차량 및 통학버스(M12)은 국제협약에서는 긴급차량 양보는 있으나 통학버스에 대한 조항은 없는 것이 차이점이다. 행렬(M13)은 차로를 이용하는 행렬이 있을 경우 1미터 간격 유지 등 보행자 보호에 대한 조항에 해당한다고 할 수 있다. 보호구역(M14)은 어린이, 장애인, 노인 보호구역에 대한 내용으로 국제협약에는 장애인에 대한 조항만 있다. 경찰수신호(M15)은 경찰, 헌병, 소방공무원, 모범운전자 등의 교통정리 수신호에 대한 준수 의무 조항이다(Table 6).

**Table 6. Compliance with autonomous driving traffic laws regarding object response rules**

Category 2	Category3	Convention or not	Road traffic act provisions	International convention provisions
M06 Inter-section	S38. Observe general rules for passing at intersections	○	Article 5 Obligation to follow signals or instructions	Article 16 Change of direction
	S39. Observe traffic signals at signalized intersections	○	Article 25 How to travel at intersections	Article 18 Intersection and duty to yield
	S40. Observe route change signals at signalized intersections	○	Article 25-2 How to travel at roundabouts	
	S41. Do not interfere with signalized vehicles at signalized intersections	○	Article 26 Yield driving at intersections without traffic control	
	S42. Prohibit tailgating at signalized intersections	○	Article 31 Places to slow down or stop temporarily	
	S43. Observe critical intervals at non-signalized intersections	○	Article 38 Traffic signals	
	S44. Non-signalized intersections Yield the right of way at intersections	○		
	S45. Observe route change signals at non-signalized intersections	○		
	S46. Obey counterclockwise direction at roundabouts	×		
	S47. Yield to vehicles on the left side of roundabouts	×		
M07 Cross-walk	49. Whether to temporarily stop at the crosswalk	○	Article 13 Passage of vehicles and horses	Article 21 Driver behavior towards pedestrians
	50. Whether to slow down when approaching the crosswalk	○	Article 18 Protection of pedestrians	
M08 Pedestrian	51. Protection of pedestrians crossing without permission	×	Article 13 Passage of vehicles and horses	Article 21 Driver behavior towards pedestrians
	52. Protection of pedestrians crossing the sidewalk	○	Article 18 Protection of pedestrians Article 28-2 Pedestrian priority	
	53. Protection of pedestrians in safety zones	×	roads	
	54. Protection of pedestrians on narrow roads	×		
	55. Passing next to pedestrians	×		

**Table 6. Compliance with autonomous driving traffic laws regarding object response rules (continued)**

Category 2	Category3	Convention or not	Road traffic act provisions	International convention provisions
M09 Crossing	56. Safety check after temporary stop 57. Compliance with signals, barriers, and alarms 58. Response to vehicle breakdown at level crossing	○ ○ ○	Article 24 Passage of railroad crossings	Article 19 Crossing
M10 Traffic island	59. Passing on the left or right, such as traffic islands	○	Article 2 Definition 13-2 Traffic island at roundabout	Article 22 Traffic island on roadway
M11 Bicycle/moto-cycle	60. Observe the temporary stop on crosswalks for bicycles, etc. 61. Ensure a safe distance for bicycles, etc.	○ ○	Article 13-2 Special provisions on passage methods for bicycles, etc. Article 15-2 Installation of bicycle crossing roads, etc. Article 19 Securing safe distances, etc.	Article 27 Special rules applicable to drivers of bicycles, motorized bicycles and two wheeled vehicles
M12 Emergency vehicle/school bus	62. Compliance with emergency vehicle route rules 63. Compliance with school bus protection obligations	○ ×	Article 29 Priority passage for emergency vehicles Article 51 Special protection for children's school buses	Article 15 Special provisions for public transportation Article 34 Exceptions
M13 Parade	64. Compliance with procession(pedestrian) protection obligations	○	Article 9: Passage of processions, etc.	Article 26 Special rules applicable to processions and persons with disabilities
M14 Zone area	65. Compliance with protection of children, the disabled, and the elderly 66. Compliance with protection areas for children 67. Compliance with protection areas for the elderly and the disabled	△ × ×	Article 11 Protection of children, etc. Article 12 Designation and management of child protection zones Article 12-2 Designation and management of protection zones for the elderly and the disabled Article 49 Matters to be observed by all drivers, etc.	Article 26 Special rules applicable to processions and persons with disabilities
M15 Police signal	68. Obey police and auxiliary traffic control instructions	○	Article 5 Obligation to follow signals or instructions	Article 6 Traffic control instructions by lawful police

#### 4. 종료 규칙

대분류 종료 규칙(L04)은 주행 종료 후 주정차와 하차 안전에 대한 조항을 포함하고 있다. 중분류 주정차(M16)은 주정차 금지 장소, 방법, 시간 제한 및 고임목 등 미끄럼 방지 의무에 대한 준수 조항이고 하차안전(M17)은 차량을 떠날 때 준수 사항 및 문열기 하차 시 위험 야기 방지 조치 준수 조항이다(Table 7).

**Table 7. Compliance with autonomous driving traffic laws regarding driving end rules**

Category2	Category3	Convention or not	Road traffic act provisions	International convention provisions
M16 Parking and stopping	S69. Observe no stopping or parking areas.	○	Article 34 Restrictions on method and time of stopping or parking	Article 23 Stopping and parking
	S70. Observe no parking areas			
	S71. Perform perpendicular, parallel, and diagonal parking		Article 34-3 Method of stopping or parking on a slope	
	S72. Compliance with parking time restrictions, etc.		Article 32 Prohibition of stopping and parking	
	S73. Anti-slip (braking and steering)		Article 34-2 Special provisions for places where stopping or parking is prohibited Article 33 Places where parking is prohibited	
M17 Getting off	S74. Compliance with obligations when leaving the vehicle	○	Article 49 All drivers must comply	Article 24 Opening the door
	S75. Prevent the risk of opening doors and getting off	○		

### 5. 고속도로 등에서 특별 규칙

대분류 고속도로등(L05)은 보행자 통행이 금지되는 고속도로 등에서의 특별 요구사항을 포함하고 있다. 중분류 통행금지(M18)은 갓길, 버스전용차로, 다인승전용차로, 횡단, 정차 및 주차 금지에 대한 조항이고 우선순위(M19)은 고속도로 등 램프 진입 시 양보 의무에 대한 조항이며, 고장조치(M20)은 도로 가장자리 이동과, 안전삼각대, 불꽃신호에 대한 고속도로 고장조치에 대한 내용이다(Table 8).

**Table 8. Compliance with autonomous driving traffic laws regarding highway, etc. rules**

Category2	Category3	Convention or not	Road Traffic Act Provisions	International convention provisions
M18 Curfew	S77. Compliance with exclusive highway lanes	×	Article 61 Implementation of exclusive highway lanes	Article 25 Expressways and similar roads
	S79. No stopping or parking on the highway	×	Article 59 Prohibition on passing on the shoulder	
	S76. Observe the highway shoulder traffic ban	○	Article 62 Prohibition of crossing, etc.	
	S78. Observe the ban on crossing highways, etc.	○	Article 67 Matters to be observed by drivers on highways, etc. Article 64 Prohibition of stopping and parking on highways, etc.	
M19 Priority	S80. Observe priorities when entering the highway	○	Article 65 Priorities when entering highways	"
M20 Breakdown	S81. Measures for highway breakdowns, etc.	×	Article 67 Measures for breakdown, etc.	"

### 6. 교통사고 조치에 대한 규칙

대분류 교통사고(L06)은 교통사고 발생 시 조치와 조치 방해 금지에 대한 내용이다. 중분류 사고조치(M21)은 교통사고 발생 시 조치와 경찰 신호 의무 준수에 대한 조항이고, 사고구간(M22)은 교통사고 구간에서의 조치 방해 금지와 차로변경 등 대응에 대한 조항을 포함하고 있다(Table 9).

**Table 9. Compliance with Autonomous Driving Traffic Laws Regarding Traffic Accident Rules**

Category2	Category3	Convention or not	Road traffic act provisions	International convention provisions
M21 Accident measures	S82. Measures in case of traffic accident	○	Article 54 Measures in case of accident	Article 31 Action in case of accident
M22 Accident section	S84. Observe the prohibition on interfering with traffic accident measures S83. Traffic accident zone response	○ ○	Article 55 Prohibition of interference with measures taken in case of accident	"

## 결론 및 향후 연구과제

앞에서 살펴본 자율주행 위험 기반 안전 평가와 관련된 국제표준들은 전제를 SAE Lv. 2&3 이하에서 적용하는 것을 명시하고 있으며, 최근 2022년에 제정된 ISO 34502에서도 서두 부분에서 접근이 제한된 고속도로에서 적용하는 것으로 규정하고 있다.<sup>12)</sup>

자율주행이 아직 SAE Lv. 2&3의 고속도로 기능 위주에서 Lv. 4&5의 도시 내 기능으로 전환이 요구되는 시점에서 기존의 위험 기반 안전 평가 부문에서 중요도 분석(Criticality Analysis), ISO 26262 기기(E/E) 오류, ISO/PAS 21448 SOTIF(기능 한계), ISO 34502 시나리오 기반 안전평가 프레임워크(물리적 요인) 등을 검토하였다.

본 연구에서는 자율주행의 위험 기반 안전 평가와 더불어 자율주행자동차도 교통 법규를 준수하여야 하기 때문에 법규 기반의 안전 평가 도입을 위한 기초 단계로 ISO 34502에서 제시된 물리적 요인에 따른 위험 시나리오 구조화 사례와 같은 방식으로 도로교통법을 국제협약과 비교하여 직관적 이해를 위해 ① 출발 규칙, ② 주행 규칙, ③ 객체 대응 규칙, ④ 종료 규칙 등 4가지 대분류와 기타 ⑤ 고속도로 등, ⑥ 교통사고 처리 등 2가지 대분류로 구조화하여 각각의 하위 항목으로 중분류 총 22개, 소분류 총 84개의 통행 규칙에 대한 평가 항목으로 구성하였다. 또한 도로교통에 관한 국제협약(1968, 비엔나)과 비교하여 해당 있음(○), 일부 해당(△), 해당 없음(×)으로 구분하여 제시하였다.

본 연구 결과는 자율주행 개발 시 고려되어야 할 모든 교통 법규 조항에 대한 시나리오 구조화에 대한 연구로 ISO 34502 물리적 위험 요인에 대한 구조화를 제시한 것처럼 우리나라 도로교통법을 분해하고 논리적으로 구조화하여 자율주행자동차가 준수하여야 교통 법규에 대한 전체 커버리지를 제공할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 이러한 구조화가 교통 법규에 대한 컴퓨터 인공지능을 위한 학습, 추론, 인지 등의 온톨로지 방식 등의 지식 표현으로 역할하기 위한 기초 연구로도 활용될 수 있을 것으로 볼 수 있다.

향후 자율주행의 법규 기반 안전 평가를 위해서 보완되어야 할 추가적으로 필요한 연구 2가지를 제시하고자 한다. 첫 번째는 우리나라 도로교통법을 국제협약과 비교하여 세부 평가 항목을 제시하였지만 이러한 세부 평가 항목들에 대한 세부 평가 내용과 정량화에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 교통 법규에 대한 세부 평가 내용과 정량화에 대한 연구는 아직 초기 단계이지만 앞에서 살펴본 ISO 34502 물리적 위험 요인과 Felix(2023) 교통법규 준수에 대한 시험방법론은 좋은 예가 될 수 있으리라고 본다.

추가적으로, 도로교통법상 통행규칙이 모호한 부분과<sup>13)</sup> 자율주행 평가에 적합한지 여부는 Felix(2023)은 연구범위에서 제외하고 있어 세부 평가내용에 대한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 사료되며, 구체적인 평가기준에 대해서는 해당 논문에서 제시된 4가지 행동 속성 위반 관련 정량화(공식화)에 모든 교통 법규 적용이 가능한지에 대한 연구가 필요하다. 또한 사람 운전자 중심의 도로교통법에 근거한 평가방법을 자율주행 AI평가에 적용하는데 있어서는 몇 가지 문제점이 있다고 보는데, 이는 미국 도로교통안전국(NHTSA, National Highway Traffic Safety

12) ISO 34502에서 고속도로로 제한하고 있지만 Christian et al.(2021)은 해당 표준에서 적용되고 있는 중요도 분석 등 방법론은 독일에서 수행된 VVM (Verification and Validation Methods) 프로젝트의 결과물로 Lv.4&5를 위해 개발된 것으로 기술하고 있음.

13) Kang and Kim(2023)에서는 7개의 도로주행시험 측정항목에 대해 검토한 결과 국제기준과 다른 항목은 도로교통법 논의를 통해 반영이 필요하고, 신호지시 위반과 우회전 신호체계 확립에 대해 추가적인 연구가 필요하다고 제시하고 있음.



Administration)의 자율주행에 대한 가이드라인 중 하나인 HMI(Human Machine Interface)와도 관련이 있다. 본 연구의 평가 항목으로 제시된 S09 승객 소란행위 방지, S73 미끄럼 방지(고임목 및 조향 조치), S81 고속도로 고장 등의 조치(삼각대 및 불꽃신호), S82 교통사고 발생 시 조치(사상자 구호) 등은 사람 운전자 중심의 조항으로 AI 평가에서는 다른 방식으로 고려되어야 할 것으로 사료된다.


두 번째는 우리나라와 국제협약과의 교통 법규 차이점에 대한 연구가 필요하다. 글로벌 자동차 시장이 전 세계를 대상으로 하고 있어 우리나라에서 만들어진 자율주행자동차가 국제적으로 통일된 교통 법규와 다른 사항이 적용되었을 때 다른 국가에서는 사고 위험 요인으로 작용할 수 있다. 예를 들면 우리나라의 적색신호 시 우회전, 비보호 좌회전, 비신호 교차로에서의 통행 우선권 등은 국제협약에서 규정하고 있는 교통 법규와 다르기 때문에 다른 국가에서 사고를 유발할 수 있어 사전에 운전면허시험과 같이 이를 확인하는 과정이 필요하고, 이와 같은 이유로 국제협약을 바탕으로 교통 법규 차이점에 대한 연구가 수행될 필요가 있다고 사료된다.


## Funding


This work was supported by Korea Institute of Police Technology (KIPoT) grant funded by the Korea government (KNPA) (No.092021D75000000, AI Driving Ability Test Standardization and Evaluation Process Development).

## ORCID

JIN, Taehee  <http://orcid.org/0009-0002-4153-8969>

KANG, Yunwon  <http://orcid.org/0009-0002-7622-0387>

HAN, Dajeong  <http://orcid.org/0000-0003-3879-0952>

BAE, Gwangsoo  <http://orcid.org/0009-0005-8996-4432>

## REFERENCES

- Christian Neurohr, Lukas Westhofen, Martin Butz, Martin Herbert Bollmann, Ulrich Eberle, Roland Galbas (2021), Criticality Analysis for Verification and Validation of Automated Vehicles, IEEE Access.
- Felix Fabian Glatzki (2023), Methodology for Specifying and Testing Traffic Rule Compliance for Automated Driving, PhD Dissertation, Darmstadt Technical University.
- ISO 26262-3 (2018), Road Vehicles -Functional Safety- Part 3 : Concept Phase.
- ISO 34502 (2022), Road Vehicles -Test Scenarios for Automated Driving Systems- Scenario Based Safety Evaluation Framework.
- ISO/PAS 21448 (2019), Road Vehicles: Safety Of The Intended Functionality.
- Kang Yunwon, Kim Inseok (2023), Study on Driving License Soring Criteria Considering International Standards, The Journal of Police Policies, 37(3), 270.
- Kang Yunwon, Park Sungjun, Kim Taegeun (2022), Research on Automated Vehicle Sensor-based Driver's License Test Scoring Automation, KOROAD, 3.
- Kim Hoseon, Ko Jieun, Kim Minkyung, Oh Cheol (2024), Analysis of ODD and Evaluation Indicators for Autonomous Vehicle Driving Performance Based on Traffic Simulation in Mixed Traffic Environments, J. Korean Soc. Transp., 42(2) Korean Society of Transportation, 196-211.

- Korea National Police Agency (2022), Research on Autonomous Vehicle Traffic Rule Guidelines.
- Ministry of Foreign Affairs (2006), Easy to Understand Treaty Work, 18.
- Ministry of Foreign Affairs (2023), Multilateral Treaty, <http://overseas.mofa.go.kr/2023.04.28>
- Ministry of Government Legislation (2022), Road Traffic Act.
- Ministry of Government Legislation (2023), Enforcement Regulation of Road Traffic Act [Appendix 26].
- United Nations (1949a), Convention on Road Traffic, Geneva, 19 September 1949.
- United Nations (1949b), Protocol on Road Signs and Signals, Geneva, 19 September 1949.
- United Nations (1968a), Convention on Road Signs and Signals, Vienna, 8 November 1968.
- United Nations (1968b), Convention on Road Traffic, Vienna, 8 November 1968.
- United Nations (UN) (2023), UN Treaty Collection, <https://treaties.un.org/> / 2023.04.28.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2020), UN Transport Agreements / and Conventions Served by ECE.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Regulation 157 (2021), Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to Automated Lane Keeping Systems
- Wikipedia Ontology (2024.05.28.), <https://ko.wikipedia.org/wiki>