

운전 시뮬레이터 기반의 교통안전 평가기준 개선 연구

A Study on Improving Traffic Safety Evaluation Standard Based on Driving Simulators

- 이향숙** 홍익대학교 환경개발연구원 연구교수(제1저자)
Lee Hyangsook Research Prof., Environmental Development Institute,
 Hongik Univ.(Primary Author)
 (hslee3060@gmail.com)
- 주재홍** 교통안전공단 교통안전교육센터 연구원
Joo Jaehong Senior Researcher, Transportation Safety Training Center,
 Korea Transportation Safety Authority
 (jsy0915@ts.2020.kr)
- 추상호** 홍익대학교 도시공학과 부교수(교신저자)
Choo Sangho Associate Prof., Dept. of Urban Design and Planning,
 Hongik Univ.(Corresponding Author)
 (shchoo@hongik.ac.kr)

목 차

I. 서론

II. 선행연구 고찰

III. 연구의 범위 및 방법

IV. 분석 결과

1. 위험운전 유형 재분류 및 적용
2. 판단 알고리즘 설계
3. 논리적 임계값 및 인간공학적 임계값 개발
4. 평가기준 정립 및 평가 진단지 작성

V. 결론 및 향후 연구과제

www.kci.go.kr

I. 서론

현재 교통안전공단에서 운영 중인 운전 시뮬레이터의 안전 운전 평가기준은 승용차(승합차) 위주로 되어 있으며, 이를 사업용(버스, 트럭) 차량 운전자에게 동일하게 적용하고 있다. 이는 위험운전 유형에 따른 임계값이 수단별로 개발되지 않아 승용차의 평가기준을 타 수단에 그대로 이용하고 있기 때문이다. 더욱이 현재 사용하고 있는 승용차 평가기준은 외국의 사례를 그대로 적용하였기 때문에 국내 실정에 맞지 않고, 검증되지 않았다는 한계점을 지니고 있다.

또한 운전 시뮬레이터의 안전운전 진단은 매우 제한적인 항목만을 평가하고 있으며, 그 기준이 명확하지 않아 운전자의 운전 행태를 정확히 판단하기에는 어려움이 있다. 문제점을 단계별로 살펴보면, 우선 현재 운전 시뮬레이터의 진단항목은 교통사고 발생 여부, 주행속도 등 매우 제한적인 항목만을 평가하고 있다. 게다가 위험운전을 진단하기 위한 적정 판단 알고리즘 및 임계값 설정 방법의 부재로 정확한 평가가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 또한 평가 결과를 '상, 중, 하'로 구분하기 위한 범위 설정이 논리적이지 못하며, 참가자에게 제공하는 운전 어드바이스 역시 형식적으로 제공하는 수준에 그치고 있어 체험교육의 기능을 제대로 발휘하지 못하고 있다. 따라서 승객의 안전을 책임져야 하는 사업용 차량 운전자의 운전 행태를 정확하게 평가하기 위해서는 운전 시뮬레이터에 대한 전반적인 검증 및 개선이 필요하다.

본 논문은 운전 시뮬레이터의 문제점을 파악하고, 이를 개선하기 위한 다양한 방안을 제시하였다. 우선 관련 자료 및 선행연구의 검토를 통해 승용차의 위험운전 유형을 재분류하고, 이를 운전 시뮬레이터의 진단항목에 적용하였다. 재분류된 모든 위험운전 유형에 대해 판단 알고리즘을 설계한 후, 위험운전 판별을 위한 논리적 임계값과 인간공학적 임계값을 각

각 개발하여 비교·분석하였다. 이어서 위험운전 행태에 따른 판단기준을 새로이 정립하고, 평가 결과를 이용자에게 보다 효율적으로 제공하기 위한 방법을 논의하였다.

본 논문은 승용차를 기준으로 운전 시뮬레이터의 평가진단기준을 재설정함으로써 향후 버스, 트럭 등 타 차종에 적용하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 운전 시뮬레이터의 평가진단기준을 개선함으로써 안전 체험교육의 효율성 및 참여자 만족도를 향상시킬 수 있으며, 평가 결과를 분석하여 다양한 교통안전 관련 정책 수립에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 선행연구 고찰

국내외 관련 선행연구는 크게 위험운전 유형 정의, 판단 알고리즘 설계, 임계값 개발을 위한 연구로 분류할 수 있다. 먼저 위험운전 유형을 정의한 국내 연구를 살펴보면 주로 교통사고 및 법규위반 자료, 차량용 블랙박스에 저장된 주행 데이터, 시험차량 운행결과 등을 토대로 위험운전의 유형 및 분류기준을 제시하였다. 한편 국외의 경우 대규모 도로주행실험 데이터 분석, 운전 관련 범죄기록 조회, 위험운전 요인에 대한 설문조사 등을 수행하여 위험운전 유형을 분류하였다. 특히 위험운전 유형으로 RD(Risky Driving), AD(Aggressive Driving), NCED(Negative Cognitive / Emotional Driving), DD(Drunk Driving)를 포함하는 'Dula 위험운전지수(Dula Dangerous Driving Index)'를 적용하는 경우가 많았다. 위험운전 유형 관련 연구는 <표 1>에 요약되어 있다.

위험운전 유형에 대한 판단 알고리즘을 설계한 문헌으로는 한국교통연구원(2011)과 한인환·양경수(2007)가 대표적이다. 한국교통연구원(2011)은 위험운전 판단을 위한 기본변수로 속도, 요 각속도, 종방

표 1_ 위험운전 유형 분류 관련 선행연구

구분	저자	내용
국내	오주택 외 (2008)	위험운전의 원인을 중심으로 속도위반, 가속, 감속, 회전, 차선변경, 가속+회전, 감속+회전의 7개 대분류 및 16개 세부항목을 제시함
	한인환·양경수 (2007)	차량용 블랙박스에 저장된 주행 및 사고 데이터를 분석하여 위험운전 유형을 급제동, 급가속, 급선회, 급차로변경의 4개 항목으로 분류함
	조준희·이운성 (2007)	차량 운행상태의 실시간 모니터링을 통해 위험운전 유형을 급격한 핸들 조작 및 차선변경, 급추월 및 차선변경, 급출발 및 급가속, 급감속에 연이은 차선변경, 선회 중 급제동, 기타의 6개 항목으로 분류함
	장태연 외 (2005)	교통사고 경험자 및 교통법규 위반자를 대상으로 난폭운전의 유형 및 특성을 조사하고, 교통사고의 발생 원인을 규명함. 난폭운전 유형은 끼어드는 차량 추월, 잦은 차선 변경과 앞지르기 등 총 14개 항목으로 분류됨
국외	Shinar and Compton (2004)	이스라엘 텔 아비브 지역의 위험운전자들을 대상으로 대규모 도로주행 행태를 실험하여 위험운전 유형을 짧은 경적 올림, 긴 경적 올림, 끼어들기, 한 번에 여러 차선을 건너뛰어 끼어들기, 갓길을 이용한 끼어들기의 5개 항목으로 구분함
	Willemsen et al. (2008)	미국 대학생, 미국 커뮤니티, 벨기에 교통범죄자의 샘플을 비교분석하여 Dula 위험운전지수에 해당하는 위험운전 유형 4개 항목의 유효성과 신뢰성을 조사함
	Vanlaarn et al. (2008)	캐나다 온타리오 지역의 운전자들 임의로 추출하여 위험운전 요인에 대한 전화 설문조사를 실시함으로써 위험운전 유형을 음주운전, 과속, 핸드폰 사용, 부주의한 운전, 졸음운전, 운전 중 약물 사용의 7개 항목으로 분류함

항가속도, 횡방향가속도 등을 정의하였으며, 판단변수의 수치 변화를 통해 위험운전을 진단하는 알고리즘을 개발하였다. 한인환·양경수(2007)는 위험운전 인지 알고리즘을 급제동, 급가속, 급선회, 급차로변경의 4개 유형으로 구분하여 개발하였으며, 각각 속도에 따른 센서 측정치의 변화량 및 도달시간을 기준으로 구성하였다.

임계값 개발을 위한 연구는 한국교통연구원(2011)과 오주택 외(2009)가 있다. 이들은 위험운전 유형 중 직진구간 과속, 선회구간 과속, 급격한 좌(우)회전, 급출발, 급가속, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 연속적인 급차선 변경 등 9개 항목에 대한 논리적 임계값을 개발하였다. 특히 오주택 외(2009)는 시험차량을 이용한 실차실험을 통해 인간공학적인 임계값을 산출한 후, 이를 논리적 임계값과 비교·분석하였다.

본 논문은 앞서 검토된 위험운전 유형 정의, 판단 알고리즘 설계, 임계값 개발 과정을 모두 포함하며, 이를 토대로 운전 시뮬레이터의 진단항목, 진단방법, 평가기준, 평가결과 표출 등에 대한 개선방안을 단계적으로 제시함으로써 궁극적으로 교통안전공단이

제공하는 안전 체험교육의 정확성 및 효율성을 향상시키는 데 그 목적이 있다.

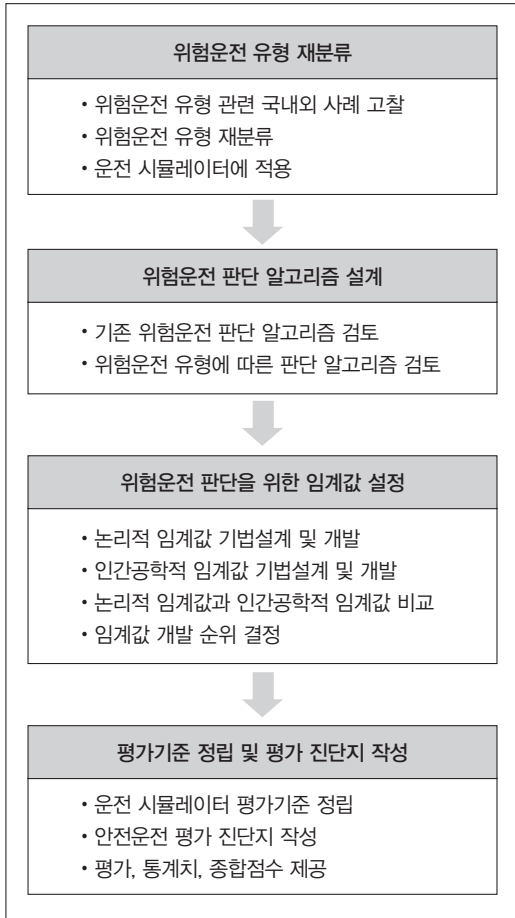
III. 연구의 범위 및 방법

본 논문은 위험운전 유형 재분류, 위험운전 판단 알고리즘 설계, 위험운전 판단을 위한 임계값 설정, 평가 기준 정립 및 평가 진단지 작성의 4개 단계로 나누어 수행되었으며, 세부 내용은 <그림 1>과 같다.

첫째, 위험운전 유형을 재분류하기 위해 관련 선행연구뿐만 아니라 교통사고 유형별 사고처리 현황, 교통법규 위반에 따른 사고처리 현황, 운전자 과실 유형, 난폭운전 유형 등 다양한 교통안전 관련 자료를 수집한 후, 각 자료 간의 상관관계를 상세 분석하였다. 이러한 과정을 통해 위험운전 유형을 재분류하고, 현재 운전 시뮬레이터가 포함하는 운전진단 및 평가프로그램의 3개 시나리오(도시부, 지방부, 고속도로)에 각각 적용했다.

둘째, 위험운전 유형별로 위험도를 판단하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 판단 알고리즘은 크게 단순,

그림 1 _ 연구의 수행과정



복합, 운전습관으로 나누어 설계되었다. 단순 위험운전 판단 알고리즘에는 속도위반, 가속, 감속, 회전, 차선변경의 5개 항목이 해당되며, 복합 위험운전 판단 알고리즘에는 가감속+회전 유형이 속한다. 위험운전 습관 판단 알고리즘에는 신호 위반, 전방주시 태만 등 6개 항목이 포함된다.

셋째, 위험운전의 판단기준인 논리적 임계값과 인간공학적 임계값을 설정하였다. 논리적 임계값은 주로 법, 지침서, 선행연구에 의해 규정된 값이며, 인간공학적 임계값은 실차실험을 통해 결정된 값이다. 논리적 임계값은 관련 자료 검토를 통해 인용되거나, 본 논문을 통해 새로이 정의되었다. 인간공학적 임

계값의 개발은 교통안전공단 자동차 주행성능 시험장에서 실시된 실차실험 결과에 대한 분석을 통해 이루어졌다.

마지막으로 평가기준을 정립하고, 평가 진단지의 구성 방안을 연구하였다. 평가기준은 돌발상황 대처 능력과 운전태도로 나누어 각각에 해당하는 진단항목에 대한 '상, 중, 하' 평가기준을 정의하였다. 또한 평가 진단지에 보다 구체적, 체계적, 종합적인 주행 정보를 표출하기 위한 방안을 제시하였다.

IV. 분석 결과

1. 위험운전 유형 재분류 및 적용

교통사고 유형별 사고처리 현황, 교통법규 위반에 따른 사고처리 현황, 운전자 과실유형, 난폭운전 유형 등의 자료에서 제시하는 교통안전 관련 항목들과 선행연구를 통해 정의된 위험운전 유형 간의 상관관계를 분석하고, 이를 토대로 위험운전 유형을 재분류하였다.

재분류된 위험운전 유형은 속도위반, 가속, 감속, 회전, 차선변경, 가감속+회전, 운전습관의 7개 대분류로 구성되며, 총 23개 세부항목을 포함한다.

이어서 <표 2>의 위험운전 유형을 운전 시뮬레이터의 운전진단 및 평가프로그램에 적용하는 방안을

표 2 _ 위험운전 유형 재분류

대분류	항목
속도위반	직진구간 과속, 선회구간 과속
가속	급출발, 급가속
감속	급정지, 급감속
회전	급격한 좌(우)회전
차선 변경	급차선 변경, 연속적인 급차선 변경, 중앙선 침범, 차로 이탈, 주행차선 위반
가감속+회전	급가속+급차선 변경, 급감속+급차선 변경, 급가속+연속적인 급차선 변경, 급감속+연속적인 급차선 변경, 급감속+급격한 좌(우)회전
운전습관	신호 위반, 정지선 위반, 전방주시 태만, 안전거리 미확보, 방향등 미점등, 한 손 운전

표 3_ 시나리오별 돌발상황 진단항목

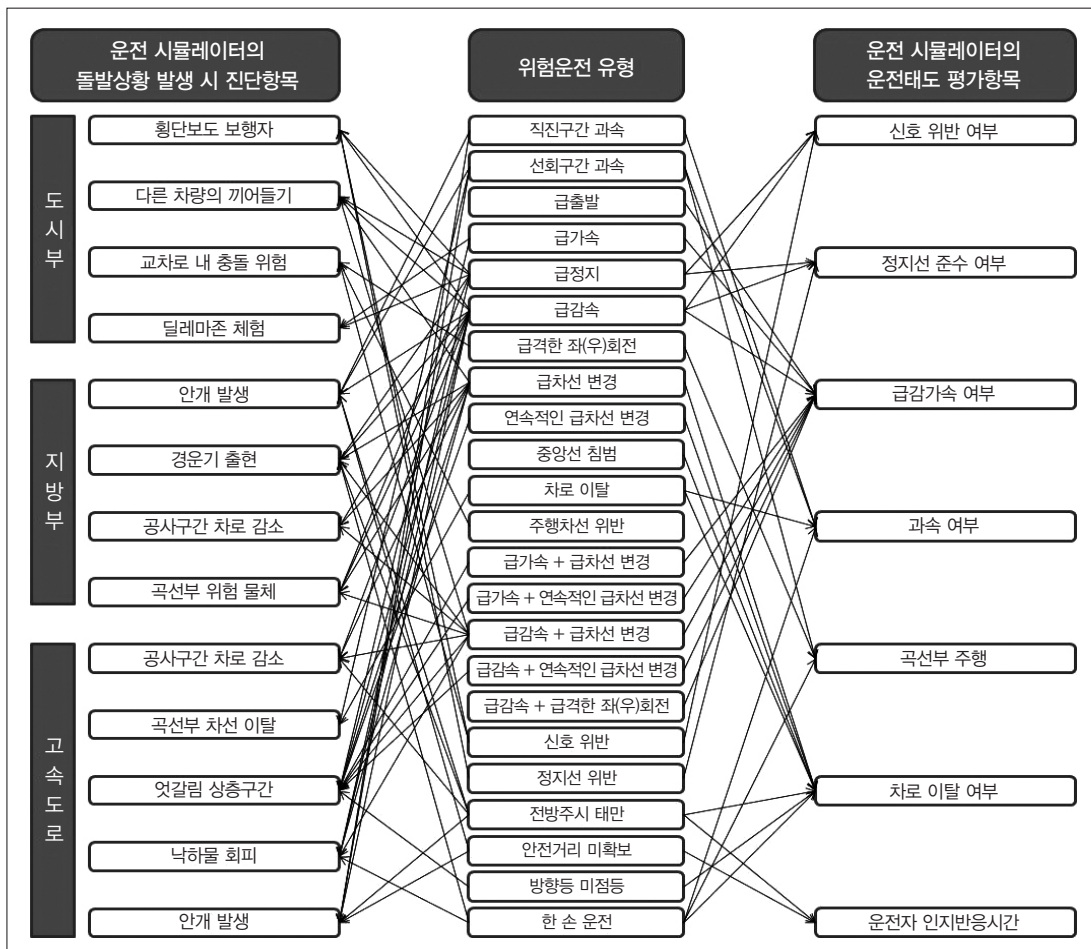
시나리오	돌발상황 진단항목
도시부	횡단보도 보행자, 다른 차량의 끼어들기, 교차로 내 충돌 위험, 딜레마존 체험
지방부	안개 발생, 경운기 출현, 공사구간 차로 감소, 곡선부 위험물체
고속도로	공사구간 차로 감소, 곡선부 차로 이탈, 엇갈림 상충구간, 낙하물 회피, 안개 발생

연구하였다. 현재 운전진단 및 평가프로그램은 도시부, 지방부, 고속도로의 3개 시나리오로 운영되고 있다. 시나리오별로 발생 가능한 돌발상황을 설정하여 이에 대한 대처능력을 평가하며, 전반적인 운전태도에 대해서도 진단하고 있다.

그러나 돌발상황 대처능력 평가 시 인지반응속도와 사고발생 여부에 따라 운전자의 위험도를 판단하고 있으며, 운전태도 평가 시 주행속도, 급가감속도, 신호, 정지선 준수 등 제한적 항목만을 고려하고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 앞서 재분류된 위험운전 유형을 운전진단 및 평가프로그램의 시나리오별 진단항목에 적용하였다. 진단항목별로 평가 가능한 모든 위험운전 유형을 매칭하여 포괄적인 진단이 이루어질 수 있도록 하였다.

각 돌발상황 대처능력 진단항목의 진단방법에 해당하는 위험운전 유형은 <표 4>와 같이 정의되었다. 운전태도 진단방법은 주행 시 운전자의 전반적인

그림 2_ 위험운전 유형 적용



운전행태를 평가하는 것으로 시나리오 구분 없이 적용되며 <표 5>와 같다.

표 4_ 돌발상황 대처능력 진단항목 및 진단방법

구분	진단항목	진단방법
도시부	횡단보도 보행자	인지반응시간, 급정지, 급감속, 급차선 변경
	다른 차량의 끼어들기	인지반응시간, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 급감속+급차선 변경
	교차로 내 충돌 위험	인지반응시간, 급격한 좌(우)회전, 급차선 변경, 주행차선 위반
	딜레마존 체험	인지반응시간, 급가속, 급정지
지방부	안개 발생	인지반응시간, 직진구간 과속, 선회구간 과속, 급감속
	경운기 출현	인지반응시간, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 급감속+급차선 변경
	공사구간 차로 감소	인지반응시간, 급감속, 급차선 변경, 급감속+급차선 변경
	곡선부 위험물체	인지반응시간, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 급감속+급차선 변경
고속도로	공사구간 차로 감소	인지반응시간, 급감속, 급차선 변경, 급감속+급차선 변경
	곡선부 차선이탈	인지반응시간, 선회구간 과속, 차로 이탈
	엇갈림 상충구간	인지반응시간, 급가속, 급감속, 급차선 변경, 연속적인 급차선 변경, 급가속+급차선 변경, 급감속+연속적인 급차선 변경, 급감속+급차선 변경, 급감속+연속적인 급차선 변경
	낙하물 회피	인지반응시간, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 급감속+급차선 변경
	안개 발생	인지반응시간, 직진구간 과속, 선회구간 과속, 급감속

표 5_ 운전태도 진단항목 및 진단방법

진단항목	진단방법
과속 여부	직진구간 과속, 선회구간 과속
중앙선 침범 여부	중앙선 침범 여부
차로이탈 여부	차로이탈 여부
주행차선 위반 여부	주행차선 위반 여부
신호 위반 여부	급감속, 급정지
정지선 준수	급감속, 급정지
전방주시 태만 여부	전방주시 태만 여부
방향등 점등 여부	방향등 점등 여부
안전거리 확보 여부	안전거리 확보 여부, 급정지, 급감속
한 손 운전 여부	한 손 운전 여부

2. 판단 알고리즘 설계

앞서 정의한 23개 위험운전 유형별로 판단 알고리즘을 설계하였다. 모든 알고리즘은 최대한 간결하면서 논리적으로 구성되도록 하였다. 기존 연구를 통해 제시된 바 있는 급제동, 급가속, 급선회, 급차선 변경의 알고리즘은 보완하였으며, 나머지 유형에 대해서는 모두 새롭게 설계하였다.

판단 알고리즘은 크게 단순, 복합 및 위험운전습관의 3개 유형으로 분류하였으며, 이들은 각각 세부적인 판단 알고리즘을 포함한다. 우선 단순 위험운전 판단 알고리즘은 직진구간 과속, 선회구간 과속, 급적

그림 3_ 선회구간 과속 알고리즘

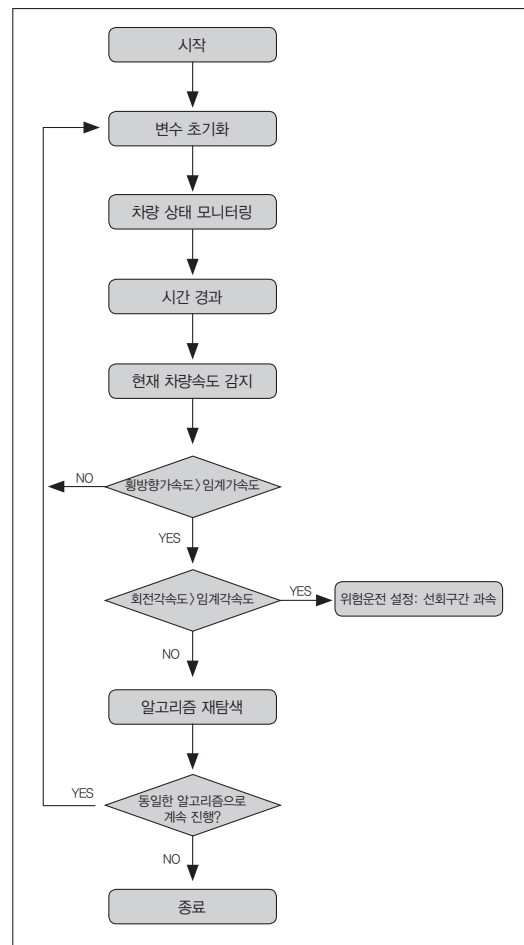


그림 4_ 급가속 + 급차선변경 알고리즘

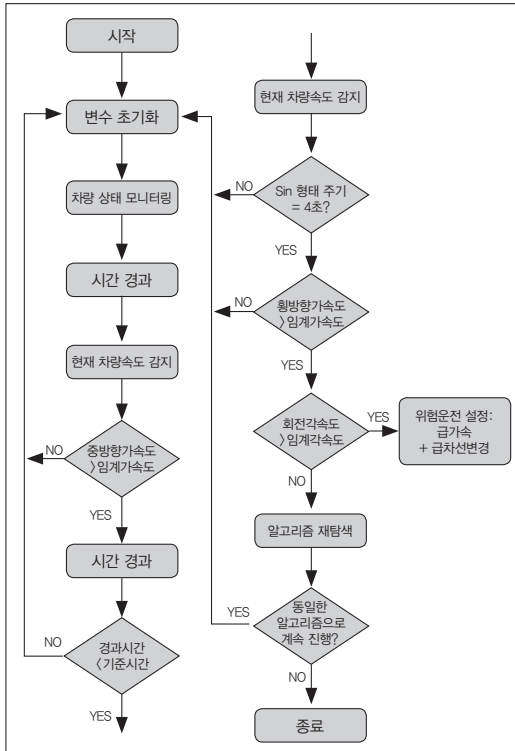
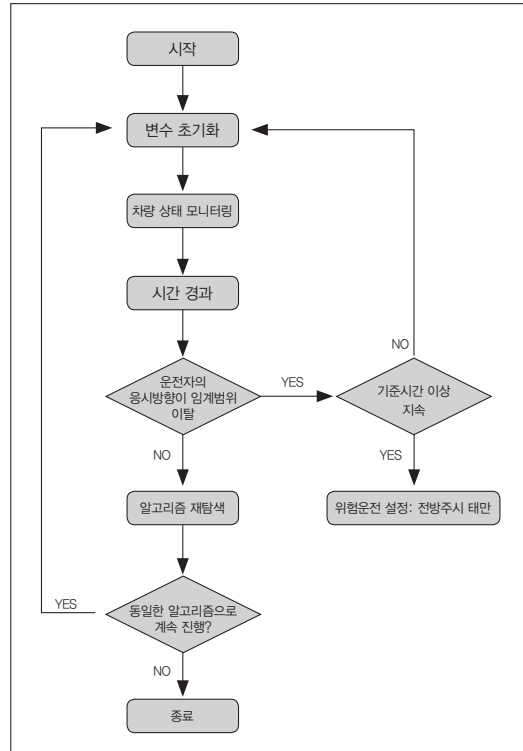


그림 5_ 전방주시 태만 알고리즘



한 좌(우)회전, 급출발 및 급가속, 급정지 및 급감속, 급차선 변경 및 연속적인 급차선 변경의 9개 위험운전 유형을 포함하며, 이중 선회구간 과속 알고리즘은 <그림 3>과 같다.

복합 위험운전 판단 알고리즘은 단순 위험운전 행위가 복합적으로 나타나는 경우로 급가감속 행위에 급격한 차선 변경 또는 선회가 추가되는 형태를 말한다. 복합 위험운전 판단 알고리즘은 두 사건이 기준 시간 내에 연속적으로 일어난 경우에만 인지할 수 있도록 설계되었다. 급가속+급차선 변경 알고리즘은 <그림 4>와 같다.

마지막으로 위험운전 습관 판단 알고리즘에는 신호 위반, 정지선 위반, 전방주시 태만, 안전거리 미확보, 방향등 미점등, 한 손 운전이 포함된다. 이 중 신호 위반 및 정지선 위반의 경우 교차로 또는 횡단보도에서 신호나 정지선을 위반하는 것을 의미하므로 운전

자의 준수 여부에 따라 인지된다. 전방주시 태만 알고리즘은 <그림 5>와 같다.

3. 논리적 임계값 및 인간공학적 임계값 개발

오주택 외(2009)는 직진구간 과속, 선회구간 과속, 급격한 좌(우)회전, 급출발, 급가속, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 연속적인 급차선 변경의 9개 위험운전 유형에 대한 승용차 기준의 논리적 임계값을 <표 6>과 같이 제시하였다.

본 논문에서는 위험운전 유형이 복합적으로 적용되는 경우와 중앙선 침범 및 차로 이탈, 주행차선 위반, 전방주시 태만, 안전거리 미확보, 방향등 미점등, 한 손 운전의 7개 위험운전 유형에 대한 임계값 설정 방법을 논의하였다.

인간공학적 임계값은 시험차량을 이용한 실차실

표 6_ 위험운전 유형별 논리적 임계값

위험운전 유형	판단변수	논리적 임계값
직진구간 과속	속도	법규에 준함
선회구간 과속	횡방향가속도	0.2g
	요 각속도	8.6deg/sec
급격한 좌(우)회전	횡방향가속도	0.2g
	요 각속도	8.6deg/sec
급출발	종방향가속도	0.2g
급가속	종방향가속도	0.1g
급정지	종방향가속도	-0.4g
급감속	종방향가속도	-0.4g
급차선 변경	주기 및 주파수	4초
	횡방향가속도	0.2g
연속적인 급차선 변경	요 각속도	5.0deg/sec
	주기 및 주파수	8초
	횡방향가속도	0.2g

자료: 오주택 외(2009).

표 7_ 위험운전 유형별 논리적 임계값 설정 방법

구분	진단항목	진단방법
단순 위험 운전	중앙선 침범 및 차로 이탈	중앙선/차선에 센서를 부착하거나 차량에 부착된 차선이탈 경고장치를 이용함
	주행차선 위반	차선에 방향성을 부여하여 지정한 방향으로 진행하지 않는 경우 감지함
복합 위험운전	2개 위험운전 유형이 복합적으로 적용되는 경우로, 각각의 임계값을 이용함	
위험 운전 습관	전방주시 태만	faceLAB과 같은 프로그램을 이용하여 운전자의 응시방향을 감지함
	안전거리 미확보	차량에 부착된 전방 센서를 통해 앞차와의 간격을 파악하여 감지함
	방향등 미점등	차선변경, 좌(우)회전 시 방향등 점등 신호가 운행기록계로 미입력되면 감지함
	한손 운전	핸들에 센서를 부착하여 일정시간 이상 양손 모두 인식되지 않으면 감지함

험 결과를 토대로 산출되었다. 실험은 2008년에 교통안전공단 부설 자동차 주행성능 시험장에서 수행되었다. 실험 참가자는 총 12명으로 20대 남성 3명, 여성 4명, 30대 남성 3명, 여성 1명, 40대 남성 1명으로 구성되었으며, 운전자 외에 3명이 실험차량에 동승하여 위험운전 체험 시 불편감을 느끼는 순간 스위치를 누르는 방식으로 진행되었다. 실차실험은 선회

표 8_ 위험운전 유형별 인간공학적 임계값

위험운전 유형	판단변수	인간공학적 임계값
직진구간 과속	속도	-
선회구간 과속	횡방향 가속도	0.285g
	요 각속도	9.10deg/sec
급출발	종방향 가속도	0.25g
급가속	종방향 가속도	0.07g
급정지	종방향 가속도	-0.46g
급감속	종방향 가속도	-0.45g
급차선 변경	주기 및 주파수	3.3초
	횡방향 가속도	0.29g
	요 각속도	10.27deg/sec
연속적인 급차선 변경	주기 및 주파수	5.8초
	횡방향 가속도	0.24g
	요 각속도	4.58deg/sec

구간 과속, 급출발, 급가속, 급정지, 급감속, 급차선 변경, 연속적인 급차선 변경의 7개 위험운전 유형에 대해 각 5~6회 수행되었다. 실험 장소의 제약으로 직진구간 과속에 대한 실험은 제외되었다.

논리적 임계값과 인간공학적 임계값을 비교하여 두 값에 차이가 존재하는지 통계적으로 검증하였다. 위험운전 유형별로 비교한 결과는 <표 9>와 같다.

t-test 결과, 일부 위험운전 유형에서 논리적 임계값과 인간공학적 임계값의 차이가 있다는 결론이 도출되었다. 급출발, 급정지, 급감속의 경우 두 임계값의 차이가 없는 반면, 나머지 항목의 경우 차이가 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 임계값의 차이가 나타난 위험운전 유형에 대해 향후 보다 정교한 실차실험을 수행하여 인간공학적 임계값의 신뢰성을 확보하고, 이를 토대로 논리적 임계값을 재검증할 필요가 있음을 시사하고 있다. 또한 실차실험 결과 분석 시 연령, 성별, 운전경력 등 운전자의 개인속성에 따른 반응의 차이는 고려하지 않았으므로, 향후 운전자의 개인속성 및 차종, 날씨 등 외부요인을 고려한 인간공학적 임계값의

표 9_ 위험운전 유형별 임계값 비교

위험운전 유형	논리적 임계값	인간공학적 임계값	t-value	p-value
직진구간 과속	법규에 준함	-	-	-
선회구간 과속	0.2g	0.285g	4.6	0.000
	8.6deg/sec	9.10deg/sec	1.1	0.286
급출발	0.2g	0.25g	0.8	0.434
급가속	0.1g	0.07g	3.0	0.013
급정지	-0.4g	-0.46g	1.4	0.168
급감속	-0.4g	-0.45g	1.3	0.218
급차선 변경	4초	3.3초	2.5	0.026
	0.2g	0.29g	1.7	0.108
	5.0deg/sec	10.27deg/sec	2.0	0.060
연속적인 급차선 변경	8초	5.8초	5.9	0.000
	0.2g	0.24g	2.0	0.060
	7.0deg/sec	4.58deg/sec	6.1	0.000

주: 통계결과는 95% 신뢰수준에서 유의함.

개발이 요구된다.

4. 평가기준 정립 및 평가 진단지 작성

돌발상황 대처능력 및 운전태도에 대한 평가기준을 정립하였다. 평가기준은 ‘상, 중, 하’의 3개 카테고리 로 구분하였으며, 카테고리별 평가기준을 제시하였다. 우선 돌발상황 대처능력의 평가기준은 <표 10>과 같다.

이어서 안전운전 평가 진단지에 보다 구체적이고 체계적인 평가 결과와 주행기록 정보를 표출하고, 종합적 평가를 제공하기 위한 방안을 연구하였다. 돌발 상황 대처능력과 운전태도로 나누어 체험운전 참여자의 운전 행태를 진단하고, 향후 안전운전을 도모하기 위한 어드바이스 제공을 제안하였다. 안전운전에 해당되면 ‘상’, 보통이면 ‘중’, 위험운전에 해당되면 ‘하’로 평가하고, 주행 데이터 또는 위반 비율을 함께 기록하였다. 어드바이스는 진단항목별로 제공하며, 운전자의 문제점 및 개선방안은 간결하고 전달력

표 10_ 돌발상황 대처능력 평가기준

진단항목	상	중	하
인지반응 시간	0.00초 이상	0.00 ~ 0.00초	0.00 초 이하
직진구간 과속	제한속도 준수	제한속도 10km/h 이내 초과	제한속도 10km/h 이상 초과
곡선구간 과속	제한속도 준수	제한속도 10km/h 이내 초과	제한속도 10km/h 이상 초과
급출발	가속도 0g 이하	가속도 0~0g	가속도 0g 이상
급가속	가속도 0g 이하	가속도 0~0g	가속도 0g 이상
급정지	감속도 0g 이하	감속도 0~0g	감속도 0g 이상
급감속	감속도 0g 이하	감속도 0~0g	감속도 0g 이상
급격한 좌(우) 회전	횡방향 가속도 0g 이하	횡방향 가속도 0~0g	횡방향 가속도 0g 이상
	요 각속도 0deg/s 이하	요 각속도 0~0deg/sec	요 각속도 0deg/sec 이상
급차선 변경	횡방향 가속도 0g 이하	횡방향 가속도 0~0g	횡방향 가속도 0g 이상
	요 각속도 0deg/s 이하	요 각속도 0~0deg/sec	요 각속도 0deg/sec 이상
	주기 0초 이하	주기 0초 이하	주기 0초 이하

있는 문장으로 구성하였다.

시나리오별로 돌발상황 대처능력 평가 진단지가 다르게 구성되며, 이 중 도시부 교차로 내 충돌위험에 대한 평가 진단지는 <표 12>와 같다. 운전태도 평가 진단지는 모든 시나리오에 동일하게 적용되며 <표 13>과 같다.

평가 진단지에 안전운전 평가 결과와 함께 각종 통계자료를 표출하기 위한 방법을 제시하였다. 교육생 본인의 기록뿐만 아니라 임계값, 전년도 전체 참여자의 평균값 등을 함께 제공하여 비교해볼 수 있도록 하였다.

돌발상황 대처능력 평가에서는 인지반응시간, 주행속도, 급감속도, 급정지 여부, 급차선 변경 여부 등, 운전태도 평가에서는 거리별 주행속도, 가감속도, 안전거리 확보 여부, 전방주시 및 한 손 운전 여부, 기타 위반 여부 등에 대한 통계치를 그래프를 통해 제공하

표 11_운전태도 평가기준

진단항목	상	중	하
과속 여부	전체 주행거리 중 과속거리 비율 0% 이하	전체 주행거리 중 과속거리 비율 0~0%	전체 주행거리 중 과속거리 비율 0% 이상
급가속	가속도 0g 이하	가속도 0~0g	가속도 0g 이상
급감속	감속도 0g 이하	감속도 0~0g	감속도 0g 이상
급격한 좌(우)회전	횡방향 가속도 0g 이하	횡방향 가속도 0~0g	횡방향 가속도 0g 이상
	요 각속도 0deg/s 이하	요 각속도 0~0deg/s	요 각속도 0deg/s 이상
급차선 변경	횡방향 가속도 0g 이하	횡방향 가속도 0~0g	횡방향 가속도 0g 이상
	요 각속도 0deg/s 이하	요 각속도 0~0deg/s	요 각속도 0deg/s 이상
	주기 0초 이하	주기 0초 이하	주기 0초 이하
연속적인 급차선 변경	횡방향 가속도 0g 이하	횡방향 가속도 0~0g	횡방향 가속도 0g 이상
	요 각속도 0deg/s 이하	요 각속도 0~0deg/s	요 각속도 0deg/s 이상
	주기 0초 이하	주기 0초 이하	주기 0초 이하
	주기 0초 이하	주기 0초 이하	주기 0초 이하
중앙선 침범 여부	침범횟수 0회 이하	침범횟수 0~0회	침범횟수 0회 이상
차로 이탈 여부	이탈횟수 0회 이하	이탈횟수 0~0회	이탈횟수 0회 이상
주행차선 위반 여부	위반횟수 0회 이하	위반횟수 0~0회	위반횟수 0회 이상
신호 위반 여부	위반횟수 0회 이하	위반횟수 0~0회	위반횟수 0회 이상
정지선 위반 여부	위반횟수 0회 이하	위반횟수 0~0회	위반횟수 0회 이상
전방주시 태만 여부	전방주시 태만 거리 비율 0% 이하	전방주시 태만 거리 비율 0~0%	전방주시 태만 거리 비율 0% 이상
안전거리 확보 여부	전체 주행거리 중 미확보 거리 비율 0% 이하	전체 주행거리 중 미확보 거리 비율 0~0%	전체 주행거리 중 미확보 거리 비율 0% 이상
방향등 점등 여부	미점등횟수 0회 이하	미점등횟수 0~0회	미점등횟수 0회 이상
한 손 운전 여부	전체 주행거리 중 한 손 운전 거리 비율 0% 이하	전체 주행거리 중 한 손 운전 거리 비율 0~0%	전체 주행거리 중 한 손 운전 거리 비율 0% 이상

표 12_도시부 교차로 내 충돌위험 평가 진단지(예시)

교차로 내 충돌위험	인지반응 시간	급격한 좌(우)회전	급차선 변경	주행차선 위반	종합평가
	0.85초	0.03g 2deg/sec	0.2g 5deg/s 3.5초	유	
	하	상	하	하	
평가내용	<ul style="list-style-type: none"> 충돌사고가 발생하였습니다. → 항상 운전에 집중하고 주의운전하십시오. 급차선 변경하였습니다. → 사고의 위험이 있으므로 반드시 좌우를 충분히 살핀 후 천천히 차선을 변경하십시오. 주행차선을 위반하였습니다. → 사고의 위험이 있으므로 반드시 주행차선을 확인하고 지키십시오. 				

표 13_운전태도 평가 진단지

진단항목	비율 (%)	평가 결과	평가 내용
속도위반	23	중	• 정지선 위반 비율이 매우 높습니다. → 사고의 위험성이 높으므로 반드시 정지선을 준수하십시오.
급급가속	28	중	
급격한 좌(우)회전	10	상	
급차선 변경	15	중	• 안전거리 미확보 비율이 매우 높습니다. → 사고의 위험성이 높으므로 반드시 앞차와의 적정 안전거리를 유지하십시오. • 한 손 운전 비율이 매우 높습니다. → 사고의 위험성이 높으므로 반드시 항상 두 손으로 핸들을 잡고 운전하십시오.
연속적인 급차선 변경	0	상	
중앙선 침범	0	상	
차로 이탈	8	상	
주행차선 위반	10	상	
신호 위반	20	중	
정지선 위반	70	하	
전방주시 태만	22	중	
안전거리 미확보	40	하	
방향등 미점등	15	상	
한 손 운전	45	하	

며 <그림 6, 7>은 그 중 일부를 예시로 보여주고 있다.

마지막으로 모든 진단항목의 연관성을 고려하여 하나의 점수를 산정함으로써 참여자들에게 종합적인 평가를 제공하기 위한 방안을 제시하였다. <그림 8>과 같이 구조방정식 모형의 경로계수를 추정함으로써 종합안전평가 지표를 산출하게 된다. 이를 위해서는 기존 참가자들의 평가진단 결과를 광범위하게 수집하고 분석하는 과정이 필요하다.

그림 6_ 돌발상황 시 인지반응시간

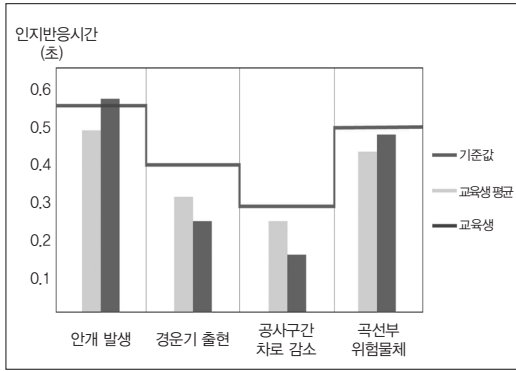


그림 7_ 거리별 주행속도

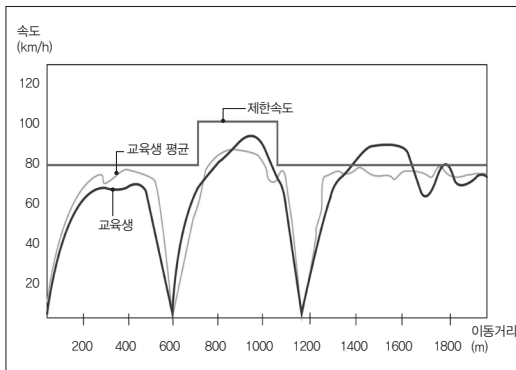
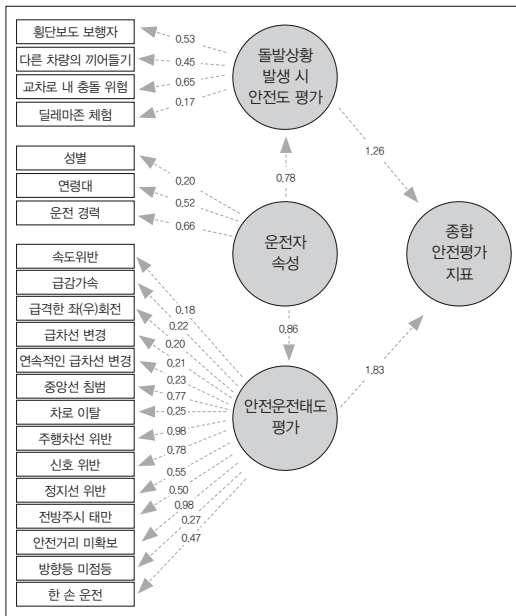


그림 8_ 종합 안전평가 지표 산출 과정



V. 결론 및 향후 연구과제

운전 시뮬레이터는 승용차의 위험운전 유형과 임계값을 버스과 트럭에 그대로 적용하고 있으며, 승용차의 평가기준 역시 외국의 자료를 그대로 적용하고 있어 국내 실정에 맞지 않는다는 근본적인 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 승용차를 기준으로 하여 위험운전 유형 재분류, 판단 알고리즘 설계, 논리적 및 인간공학적 임계값 개발, 평가결과 표출 방법에 대한 연구를 단계적으로 수행함으로써, 향후 버스 및 트럭의 평가진단기준 설정을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

본 논문은 우선 위험운전 유형을 재분류하고, 이를 운전진단 및 평가프로그램의 각 진단항목에 적용함으로써 운전자에 대한 평가가 보다 정밀하고 정확하게 이루어질 수 있도록 하였다. 수집된 기초자료와 선행연구에서 규정한 위험운전 유형 간의 상관관계를 분석하여 총 23개 항목으로 구성된 위험운전 유형을 정의하였다. 이렇게 재분류된 위험운전 유형을 운전 시뮬레이터가 규정하는 안전진단(위험요소대응, 운전태도 등)의 각 평가항목에 적용하는 방안을 제시하였다. 또한 재분류된 위험운전 유형의 위험도를 판단하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 23개 위험운전 유형에 대한 판단 알고리즘을 크게 단순 위험운전 판단 알고리즘, 복합 위험운전 판단 알고리즘, 위험운전 습관 판단 알고리즘으로 분류하여 설계하였다. 이어 위험운전 유형별 논리적 임계값 및 인간공학적 임계값을 개발하여 판단 알고리즘에 적용할 수 있도록 하였다. 위험운전 유형에 따른 논리적 임계값과 인간공학적 임계값을 개발하고, 두 값에 차이가 있는지 통계적으로 검증하였다. 그 결과, 선회구간 과속, 급가속, 급차선 변경, 연속적인 급차선 변경의 경우 차이가 존재한다는 것을 입증하였다.

마지막으로 돌발상황 대처능력 및 운전태도의 평

가기준을 설정하였으며, 평가 진단지에 보다 구체적, 체계적, 종합적인 정보를 표출하기 위한 방안을 제시하였다. 특히, 모든 진단항목의 연관성을 고려하여 종합지표를 산출함으로써 종합적인 평가가 가능하도록 하였다.

본 논문의 연구 결과를 토대로 운전 시뮬레이터 평가진단기준을 재설정함으로써 안전 체험교육의 효율성 및 참여자 만족도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 정확하고 세밀하게 평가된 운전 행태 자료를 분석하여 다양한 교통안전 관련 정책 수립에 활용할 수 있을 것이다. 단, 운전 행태는 개인속성과 외부요인에 따라 달라지므로 향후 성별, 연령대, 운전 경력 등에 따라 다양한 그룹을 만들고, 각 그룹의 특성에 따라 차별화된 인간공학 적 임계값을 산정하기 위한 연구가 필요하다. 또한 현재의 승용차 평가진단 기준을 버스, 트럭 등 사업용 차량 운전자에게 그대로 적용하기에는 무리가 있으므로, 향후 타 차종의 평가 진단기준을 설정하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이다. 매년 다수의 사업용 차량 운전자를 대상으로 안전운전 체험교육이 수행되어 방대한 양의 데이터가 결과물로 축적되고 있으나, 이에 대한 활용이 미흡한 실정이다. 따라서 빅데이터의 분석 항목과 방법을 개발하여 위험운전 발생빈도, 교통사고 원인, 운전자속성과 운전 행태의 연계성 등 안전운전과 관련된 다양한 분석을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌 •••••

오주택 · 조준희 · 이상용 · 김영삼. 2008. “위험운전 유형 분류 및 데이터 로거 개발”. 한국ITS학회 논문지 제7권 제3호. pp15-28
 _____. 2009. “위험운전 유형에 따른 임계값 개발”. 한국도로학회 논문집 제11권 제1호. pp69-83.

장태연 · 유창남 · 김진석. 2005. “교통사고자 및 범규위반자를 대상으로 한 운전행태 영향요인 분석”. 한국지역개발학회 지 제17권 제3호. pp83-94.
 조준희 · 이운성. 2007. “안전운전 관리 시스템 개발”. 한국자동차 공학회 논문집 제15권 제1호. pp71-77.
 한국교통연구원. 2011. 실시간 운전행태 분석 및 안전운전관리시스템 기술개발. 경기 : 한국교통연구원.
 한인환 · 양경수. 2007. “차량용 블랙박스를 활용한 위험 운전 인지”. 대한교통학회지 제25권 제5호. pp149-160.
 홍익대학교. 2013. 운전 시뮬레이터 평가진단기준 재설정. 경기 : 교통안전공단.
 Shinar, D. and Compton, R. 2004. “Aggressive Driving: An Observational Study of Driver, Vehicle, and Situational Variables”. *Accident Analysis & Prevention* vol.36, no.3. pp429-439.
 Vanlaar, W., Simpson, H. and Robertson, R. 2008. “A Perceptual Map for Understanding Concern about Unsafe Driving Behaviours”. *Accident Analysis & Prevention* vol.40, no.5. pp1667-1673.
 Willemsen, J., Dula, C. S., Declercq, F. and Verhaeghe, P. 2008. “The Dula Dangerous Driving Index: An Investigation of Reliability and Validity Across Cultures”. *Accident Analysis & Prevention* vol.40, no.2. pp798-806.

- 논문 접수일: 2014. 1. 10
- 심사 시작일: 2014. 1. 17
- 심사 완료일: 2014. 2. 3

A Study on Improving Traffic Safety Evaluation Standard Based on Driving Simulators

Keywords: Driving Simulator, Evaluation Standard, Judgement Algorithm, Logical Threshold Value, Human Threshold Value

This study analyzed various methods to improve the evaluation standard of driving simulator operated by Korea Transportation safety Authority. First, we reclassified 23 dangerous driving types by considering related data and research, and applied them to the judgement method of driving simulator. Then, developed algorithms for deciding the level of danger of each dangerous driving type. As standard of dangerous driving, logical threshold value and human threshold value were established and compared. The comparison result indicated that difference between the two values occurs in some dangerous driving types, suggesting a reverification in the future through more elaborate field experiment. Finally, the research proposed a new evaluation standard and discussed how driving simulation results are provided to users effectively. This study can be utilized to establish the judgement method of other vehicles like buses, trucks.

운전 시뮬레이터 기반의 교통안전 평가기준 개선 연구

주제어: 운전 시뮬레이터, 평가진단기준, 판단 알고리즘, 논리적 임계값, 인간공학적 임계값

본 논문에서는 현재 교통안전공단에서 운영 중인 운전 시뮬레이터의 평가진단기준을 개선하기 위한 방안을 연구하였다. 우선 관련 자료 및 선행연구의 검토를 통해 승용차의 위험운전 유형을 23개 항목으로 재분류하고, 이를 운전 시뮬레이터의 시나리오별 진단방법에 적용하였다. 이어서 재분류된 각 위험운전 유형별로 위험도를 판단하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 위험운전의 판단기준인 논리적 임계값과 인간공학적 임계값을 설정하고 이를 비교한 결과, 일부 위험운전 유형에서 두 값의 차이가 발생하여 향후 보다 정교한 실차실험을 통해 인간공학적 임계값의 신뢰성을 확보한 후 논리적 임계값을 재검증할 필요가 있음을 시사하였다. 마지막으로 위험운전 유형에 따른 판단기준을 새로이 정립하고, 평가 결과를 이용자에게 보다 효율적으로 제공하기 위한 방법을 논의하였다. 본 논문은 승용차 기준의 시뮬레이터의 평가진단기준을 재설정한 것으로 향후 버스, 트럭 등 타 차종에 적용하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 운전 시뮬레이터의 평가진단기준을 개선함으로써 안전 체험교육의 효율성 및 참여자 만족도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.