



민식이법 시행이 화물차 위험운전 행동에 미친 영향 분석 : 디지털운행기록장치(DTG) 데이터를 활용하여*

The Impact of Min-sik Law on Dangerous Driving Behaviors of Trucks Using DTG Data

이상완** · 임준혁*** · 김주애**** · 조국*****

Lee, Sangwan · Im, Junhyuck · Kim, Jooae · Cho, Kuk

Abstract

This research aimed to measure the impact of the "Min-sik Law," also known as the Act on the Aggravated Punishment of Specific Crimes, on the occurrence of dangerous driving behaviors among trucks in school zones. These behaviors include speeding, rapid acceleration, rapid deceleration, rapid lane changes, and rapid turns. The primary methodology adopted in this study involved the utilization of Digital Tacho Graph (DTG) data and the application of difference-in-differences with logistic regression models to establish causal correlations. The primary findings of this study are as follows. Following the implementation of the Min-sik Act, there was a notable reduction in the likelihood of engaging in speeding, rapid acceleration, rapid deceleration, and rapid turns within school zones, with a fall of approximately 5 to 10 percent. Furthermore, the reduction rates for speeding, rapid acceleration, rapid deceleration, and rapid turns rose with time following the implementation of enforcement measures. As an example, the rate of decrease in instances of speeding was 12.5% in the year 2020, which then increased to 27.4% in the year 2022. Furthermore, it is noteworthy that the implementation of the rule resulted in a significant rise in instances of rapid lane change behaviors. However, it is important to highlight the fact that this increase was seen to be 8.5% in 2020 and 6.3% in 2022. We believe that this study contributes to the literature by (1) conducting an empirical analysis of the effect of the enactment of the Min-sik Act, (2) increasing the understanding of dangerous driving issues, particularly in school zones, and (3) offering policy implications.

주제어 디지털운행기록장치, 어린이 보호구역, 위험운전 행동, 로지스틱 회귀모형과 이중차분법 혼합모델

Keywords Digital Tacho, Graph, School Zone, Dangerous Driving Behavior, Difference in Difference with Logistics Regression

1. 서론

1. 연구의 배경

도로 교통 안전은 현대 사회에서 중요한 이슈로 부각되고 있

다. 특히, 어린이들이 학교로 가는 동안 안전하게 이동할 수 있도록 하는 곳인 어린이 보호구역에서의 위험운전 행동과 교통사고는 심각한 사회문제로 인식된다. 최근 몇 년간 어린이 보호구역에서 발생한 사망사고로 인하여 어린이 교통안전에 대한 국민들의 관심이 높다(최지환·임성준, 2021). 특히, 2019년 어린이 보호

* 이 논문은 산업통상자원부의 지원을 받아 수행되었다(연구과제명: 새만금 자율운송 상용차 실증지원 인프라 조성, 연구개발과제번호: P0020670)

** Research Associate, LX Spatial Information Research Institute (First Author: esangwan@lx.or.kr)

*** Research Associate, LX Spatial Information Research Institute (junhyuck@lx.or.kr)

**** Research Associate, LX Spatial Information Research Institute (jaekim@lx.or.kr)

***** Senior Research Associate, LX Spatial Information Research Institute (Corresponding Author: kcho@lx.or.kr)

구역에서 故 김민식 군의 사망사고가 발생하였고, 도로교통법 및 특정범죄가중법의 개정법(일명 '민식이법')이 제정되어 교통사고 또는 위험운전 감소를 기대하고 있으나, 관련 실증 연구가 미흡한 실정이다. 또한, 화물차의 위험운전 행동은 어린이들의 보행 안전성을 심각하게 낮출 수 있어 민식이법과 같은 법적 규제가 화물차 위험운전 행동에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 관련 실증 연구가 필요한 상황이다.

이에, 본 연구는 어린이 보호구역에서의 민식이법 시행(2020년 3월 25일)이 어린이 보호구역 내의 과속, 급가속, 급감속, 급차로 변경, 급회전 등 5가지 화물차 위험운전 행동에 미친 영향(개입효과, Treatment Effect)에 대해 실증 분석을 하고자 한다. 본 연구에서 활용한 디지털운행기록장치(Digital Tacho Graph, DTG) 데이터는 한국교통안전공단(Korea Transportation Safety Authority, TSA)에서 협조 요청을 통해 취득하였으며, 그 외 데이터는 한국교통연구원 및 통계청에서 제공하는 데이터를 활용하였다. 본 연구는 2019년에서 2022년까지 전라북도를 대상으로 분석하였으며, 로지스틱 회귀모형(Logistics Regression)과 이중차분법(Difference-in-Difference) 혼합 모형을 활용하여 민식이법 시행과 어린이 보호구역 내 화물차 위험운전 행동 간의 인과관계(Causality)를 도출하였다.

본 연구의 기대효과는 아이들의 안전을 위해 지정된 어린이 보호구역 내 화물차 위험운전 행동을 실증 분석하여 이에 대한 규제 의 실효성과 개선방안을 제시하는 것이다. 연구 결과는 교통 관련 당국과 정부 기관, 운송 업계 및 사회 전반에 화물차 운전자들의 위험운전 문제에 대한 인식을 높이고 정책 개발에 활용될 것으로 기대된다. 마지막으로, 본 연구는 화물차 운전자들과 아이들의 안전을 중요하게 여기는 사회 전체에 대한 인식과 관심을 높이는 데 기여할 것이다.

II. 선행연구 고찰

본 장은 본 연구와 관련된 (1) 어린이 보호구역, (2) 민식이법, (3) DTG 데이터 세 가지 분야에 대한 선행연구를 고찰하였으며, 이를 통해 본 연구의 차별성을 도출하였다.

1. 어린이 보호구역 관련 연구 동향

어린이 보호구역 관련 선행연구는 다양한 방법으로 진행되고 있으며, 보행자 사고와 도로 안전성과 관련된 연구가 주를 이루었다. 그중, 도로 안전성 관련 연구는 교통안전시설 영향 분석 또는 정책적 제언이 주를 이루었다. 예를 들면, 박지수 외(2022)가 어린이 보호구역의 안전성과 쾌적성을 높이기 위한 보행환경 개선 방향을 3D 모델링을 통해 도출하였다. 최지환·임성준(2021)은 어린이 보호구역의 보행자에 교통안전 증진하기 위해 4가지

유형의 Gateway 설치를 제안하였고, 실험 결과 차량의 규정속도 준수율에 효과적인 것으로 나타났다. 김동식 외(2023)는 어린이 보호구역 주변 교통안전표지의 위치 및 높이와 교통사고와의 상관관계에 대해 분석하였으며, 교통안전시설 설치에 면밀한 검토가 이루어져야 한다고 제안하였다.

어린이 보호구역 내 교통사고 관련 연구로는 이수범 외(2008)가 어린이 보호구역 개선사업이 교통사고 감소 효과에 미친 영향에 대해 분석하였고, 사고 감소율은 약 39%인 것으로 나타났다. 신지희 외(2022)는 서울시에 어린이 보호구역이 적합하게 지정되었는지를 교통사고 다발 지역과 어린이 보호구역 간의 일치성을 분석으로 검토하였으며, 구역 지정의 적절성을 파악하였다. 정동훈·이수범(2021)은 서울특별시 어린이 보호구역 내 어린이 사고의 행동 특성을 분석하여 사고 유형을 도출하였으며, 차량에 Advanced Emergency Braking System(AEBS)이 장착하는 것이 보행자 사고 감소에 효과적인 것을 파악하였다. 고동원·박승훈(2019)은 교통사고분석시스템(TAAS)을 통해 확보된 데이터를 기반으로 공간계량모형을 구축하였다. 이를 통해, 어린이 보호구역 내 발생한 보행자 교통사고를 감소시키는 근린 환경 특성은 용도 혼합도인 것을 밝혔고, 부정적인 영향을 미치는 요소는 개발밀도, 도로요인, 대중교통 요인 등으로 파악하였다.

2. 민식이법 관련 연구 동향

2019년 9월 당시 9세인 故 김민식 군이 어린이 보호구역 내 횡단보도에서 사망하면서 도로교통법 및 특정범죄가중법의 개정법(일명 '민식이법') 논의가 시작되었다(박상민, 2021). 2019년 12월 일명 민식이법인 특정범죄가중법이 제정되었으며, 제5조의13은 교통안전에 취약한 어린이를 교통사고로부터 보호하자는 취지로, 어린이 안전을 위한 시설이나 장비 설치 의무와 규정 위반 또는 어린이에 대해 교통사고 범할 시 중한 가중처벌을 하는 규정이 주요 골자이다.

<그림 1>을 보면 법 제정 이전인 2019년에 어린이 보호구역 내 대략 560건의 교통사고가 발생하였으나, 법 제정 이후 소폭 감소하는 모습을 보인다. 하지만, 여전히 약 480건이 넘는 교통사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 사고로 인한 부상자수 또한 500여 명 이상이었다. 또한, 인천 중구의 어린이 보호구역에서 화물차 추돌사고로 11살 어린이가 사망하는 사고도 발생하였다.

민식이법과 관련된 연구는 법리적 검토가 주를 이루었고 이 법의 제정이 교통사고에 미친 영향에 대한 실증 연구는 두 편에 불과하였다. 예를 들면, 이병세(2021)는 민식이법 시행 전인 2019년과 후인 2020년을 비교 분석하였고, 통계적으로 유의미한 교통사고 감소를 확인하였다. 반면, 고승희(2021)는 이중차분법을 통해 민식이법이 도로 면적당 어린이 교통사고 감소에 유의미한 영향을 미치지 못한 것을 확인하였다.

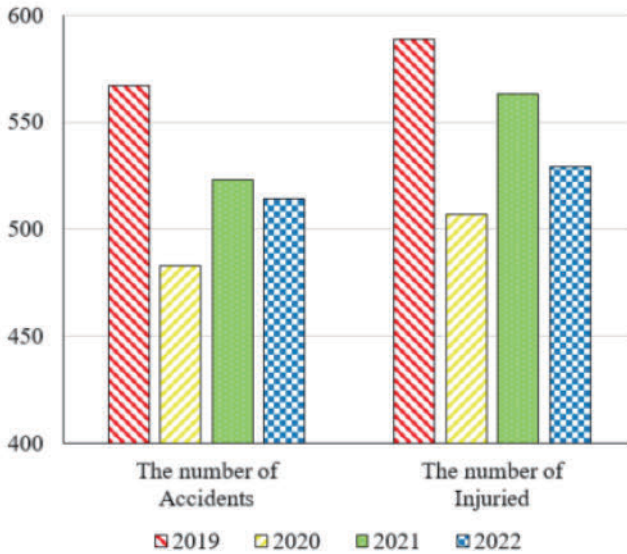


Figure 1. The number of accidents in school zones between 2019 and 2022

Source: TAAS

3. 디지털운행기록장치(DTG) 관련 연구 동향

DTG를 활용한 선행연구는 비교적 최근에 많이 진행되고 있으며, 크게 두 가지 분야로 나눌 수 있다. 첫째, 본 연구와 관련된 연구 분야는 위험운전 행동 패턴을 분석하는 것이다. 예를 들면, 조종석 외(2017)는 화물차 DTG 데이터를 활용하여 고속도로 졸음 운전 위험구간을 분석하였다. 졸음 운전사고는 급감속비율, 급차로변경 등 위험운전 행동이 늘어날수록 증가하는 것으로 나타났다. 김수재 외(2018)는 버스 DTG 데이터를 활용하여, 8가지 위험운전 행동을 구분하고 우선순위를 제시했고 요일별·시간대별·기상 상태별로 발생 현황을 분석했다. 또한, 자주 발생하는 유형인 급가속, 급감속, 급좌우회전에 대한 상관성을 분석하고 발생건수별 군집분석을 통해 고위험군, 중위험군, 저위험군 3가지로 구분하였다. 박은미 외(2020)는 세종시의 버스 DTG 데이터를 활용하여 위험운전 행동 유형을 분석하였으며, 이를 통해 위험운전 행동 유형이 반복적으로 발생하는 구간을 확인하고 민원과 비교하여 반복발생 구간을 파악하였다.

둘째, DTG 데이터를 활용한 다른 연구 분야는 차량 운행 기록이 다양한 목적으로 활용될 수 있는지를 검증하는 것이다. 예를 들면, 안상하·신용은(2018)은 부산시를 대상으로 택시 DTG 데이터를 활용하여 이용자들의 통행패턴을 분석하여, DTG 데이터를 활용한 OD 데이터 구축이 가능함을 시사하였다. 권민영·김영찬(2018)은 서울시 주요 간선도로 축을 중심으로 택시 DTG 기반 교통류 분석이 가능성을 검토하였다. 이 연구는 DTG 데이터가 차량의 운행 정보(위치, 속도 등)를 10초 단위로 수집하기 때문에 실시간 교통 소통정보로 활용될 수 있다고 주장하였다. 이민형·김영찬(2020)은 택시 DTG 데이터를 활용하여 신호 교차로

에서 대기행렬 길이 추정 알고리즘을 개발하였고, 정확성 검증 및 민감도 분석을 통해 활용 가능성을 확인하였다. 김범수(2019)는 화물 DTG 데이터를 통해 과적 차량 단속 가능 여부를 검증하였으며, 스파크(Spark)를 활용하여 단속 플랫폼을 구현하였다.

4. 본 연구의 차별성

선행연구 검토 결과, 본 연구는 다음과 같은 차별성을 가지는 것으로 판단된다. 첫째, 어린이 보호구역 관련 선행연구들은 주로 교통사고 또는 안전 관련 보호장치/도로환경에 대한 분석이 주를 이루며 위험운전 행동과 관련된 연구는 미흡한 실정이다. 화물차 운전자의 위험운전 행동은 사고로 연결되지 않더라도 어린이 보호구역 내 보행자들이 느끼는 안전성을 상당히 낮출 수 있는 점을 고려할 때, 이에 대한 연구를 진행한 본 연구는 그 차별성을 지닌다. 둘째, 사회적으로 큰 쟁점이 되었던 민식이법이 시행된 지 약 4년이 지난 시점에서 이 법의 효과에 대한 실증 연구가 거의 진행되지 않고 있으며, 본 연구는 인과관계를 도출함으로써 민식이법 시행의 효과를 분석하고자 한다. 셋째, 본 연구는 선행 연구를 통해 확인된 신뢰성 있는 약 8백만 개의 화물차 이동기록(화물차 DTG 빅데이터)을 활용하여 2019년부터 2022년까지의 화물차 위험운전 행동에 대해 실증 분석하고자 한다.

III. 분석 방법론

1. 디지털운행기록장치(DTG) 데이터

1) 데이터 개념

디지털운행기록장치(Digital Tacho Graph, DTG)는 자동차 운행과 관련된 정보인 차량 운행일시, 위치, 운행속도, 방위 각 등의 데이터를 수집·기록·저장하는 기기를 통해 획득한 데이터이다(박은미 외, 2020). DTG 데이터는 「교통안전법」 제55조에 따라 사업용 차량(버스, 택시, 화물차)에 운행기록장치 의무화 규정에 따라 획득된 데이터이다. 앞서 선행연구 고찰에서 보듯이, DTG 데이터는 차량별 운행경로, 위험운전 행동 다발지역, 운전 습관 분석, 교통사고와의 연관성 분석 등 다양하게 활용되고 있다.

2) 데이터 수집 및 구조

본 연구는 한국교통안전공단(TS)의 협조를 통해 2019년 1월부터 2022년 12월까지 전라북도를 대상으로 화물차 DTG 데이터를 취득하였다. <그림 2>에서 보듯이 DTG 데이터는 점(Point) 형태로 구성되어 있으며, Point마다 좌표, 차량 속도 등의 화물차 운행정보를 가지고 있다. 또한, 본 연구에서 활용한 데이터는 한국교통안전공단의 2022년 위험운전행동 판별 기준에 따라 11대

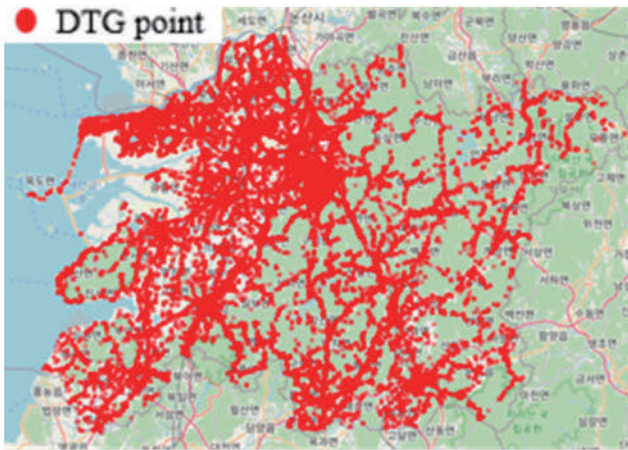


Figure 2. Spatial distribution of DTG data

위험운전 행동(과속, 장기과속, 급가속, 급출발, 급감속, 급정지, 급진로변경, 급앞지르기, 급좌우회전, 급유턴) 여부를 판별하여 가변수(Dummy variable) 형태로 저장하고 있다. 본 연구에서

활용한 표본수 (Sample size)는 약 8백만개이다.

2. 변수 설정

1) 종속변수: 화물차 위험운전 행동

본 연구에서 사용한 종속변수는 화물차 위험운전 행동 여부이다. 화물차 위험운전 행동은 과속(Speeding), 급가속 (Rapid Acceleration), 급감속(Rapid Deceleration), 급차로변경 (Rapid Lane Change), 급회전(Rapid Turn) 5가지로 분류하여 분석하였으며, 한국교통안전공단의 규정을 기준으로 분류하고 분석을 진행하였다(〈표 1〉 참조). 종속변수는 모두 가변수 (Dummy Variable) 형태이다. 예를 들면, 가속을 한 경우 해당 운행기록(Observation)은 “1”로 표시되고, 가속하지 않은 경우는 “0”으로 표시된다. 〈표 3〉의 기술통계를 보면, 과속은 전체 운전행동 중 약 27% 정도를 차지하여 가장 많은 빈도를 보였으며, 급차로변경과 급회전은 약 4% 정도로 낮은 빈도로 나타났다.

Table 1. Classification and description of dependent variables (i.e., dangerous driving behaviors)

Classification		Description
Category	Type	
Speeding	1	Driving 20 km/h over the road speed limit (도로 제한속도보다 20km/h 초과 운행)
	2	Driving 20 km/h over the road speed limit for more than 3 minutes (도로 제한속도보다 20km/h 초과해서 3분 이상 운행)
	3	Accelerating at more than 7 km/h per second at speeds above 6.0 km/h and below 10 km/h (6.0km/h 이상 10km/h 이하 속도에서 초당 7km/h 이상 가속 운행)
Rapid acceleration	4	Accelerating at more than 6 km/h per second at speeds between 10 km/h and 20 km/h (10km/h 이상 20km/h 이하 속도에서 초당 6km/h 이상 가속 운행)
	5	Accelerating more than 5 km/h per second at speeds exceeding 20 km/h (20km/h를 초과한 속도에서 초당 5km/h 이상 가속 운행)
	6	Starting at a speed of 5.0 km/h or less and accelerating at a speed of 6 km/h or more per second (5.0km/h 이하 속도에서 출발하여 초당 6km/h 이상 가속 운행)
Rapid deceleration	7	Driving at a slower speed of more than 8 km/h per second and a speed of more than 6.0 km/h (초당 8km/h 이상 감속 운행하고 속도가 6.0km/h 이상)
	8	Decelerates by more than 8 km/h per second and the speed is less than 5.0 km/h (초당 8km/h 이상 감속하여 속도가 5.0km/h 이하)
Rapid lane change	9	When the speed is over 30 km/h, the direction of travel is changed to left/right by more than 6°/sec, the cumulative angle for 5 seconds is less than ±2°/sec, and the acceleration and deceleration is less than ±2 km/h per second. (속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 6°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가속이 초당 ±2km/h 이하)
	10	When the speed is over 30 km/h, the direction of travel changes to left/right at over 6°/sec, the cumulative angle for 5 seconds is ±2°/sec or less, and the acceleration is over 3 km/h per second. (속도가 30km/h 이상에서 진행 방향이 좌/우측 6°/sec 이상으로 차로 변경하고, 5초 누적각도가 ±2°/sec 이하, 가속이 초당 3km/h 이상)
Rapid turn	11	Speed is over 20 km/h and makes a sharp turn left/right (cumulative turning angle less than 60~160°) within 3 seconds. (속도가 20km/h 이상이고, 3초 안에 좌/우측(누적회전각이 60~160° 미만 범위)로 급회전)
	12	Speed greater than 15 km/h and sharp turn to the left or right (range 160-180°) within 6 seconds (속도가 15km/h 이상이고, 6초 안에 좌측 또는 우측(160~180° 범위)로 급회전)

Source: 한국교통안전공단, 「2022년 위험운전행동 판별 기준」

Korea Transportation Safety Authority, 「Standards for determining dangerous driving behavior in 2022」

2) 독립변수

본 연구의 주요 독립변수는 <그림 2>에서의 DTG Point가 전라북도 초등학교 420여 개에 지정된 어린이 보호구역(스쿨존) 내에 위치하는지 여부이다. 전라북도 어린이 보호구역 지정 현황은 아래 <그림 3>과 같으며, 주로 전주시, 군산시, 익산시와 같은 전북 내 대도시에 집중되어 있다.

본 연구에서 사용된 통제 변수는 교통 접근성(학교, 대중교통, 상업시설), 교통량, 평균 속도이다(<표 2> 참조). 또한, 시·공간을 통제하기 위하여 본 연구는 14개 시군(City), 시간대(Time), 주중 여부(Weekday), 계절(Season), 년도(Year)를 통제하였다. 본 연구에서 활용한 각 변수들의 기초통계량(Descriptive Statistics)은 <표 3>과 같다.

독립변수 데이터 구축은 도시(City), 시간(Time), 주중(Weekday), 계절(Season), 연도(Year)는 DTG의 속성정보를 기반으로 만들었다. 또한, 교통 관련 요소들인 접근성, 교통량, 운행속도는 한국교통연구원의 데이터를 활용하였으며, 국가교통 데이터오픈마켓과 View-T에서 취득하였다. 또한, 스쿨존 데이터는 통합 데이터지도 홈페이지에서 취득하였다.

3. 모형 설정

본 연구는 이중 로지스틱 회귀모형에 이중차분법을 적용한 모형(Difference in Difference with Logistics Regression)을 활용하였으며, 해당 모형의 선정 이유는 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 종속변수가 가변수(Dummy Variable)임을 감안하여 이항 로지스틱 회귀모형(Logistics Regression)을 적용하였다. 둘째, 본 연구의 주요 목적은 민식이법 시행이 어린이 보호구역에서 화물차 위험운전 행동에 미친 영향을 측정하는 것이기 때문에 이중차분법 접목이 필요하였다. 이중차분법(Difference in Difference, DID)은 계량경제학 분야에서 유래되었지만, 이 기법의 기본 논리는 1850년대에 John Snow에 의해 사용되었으며 일부에

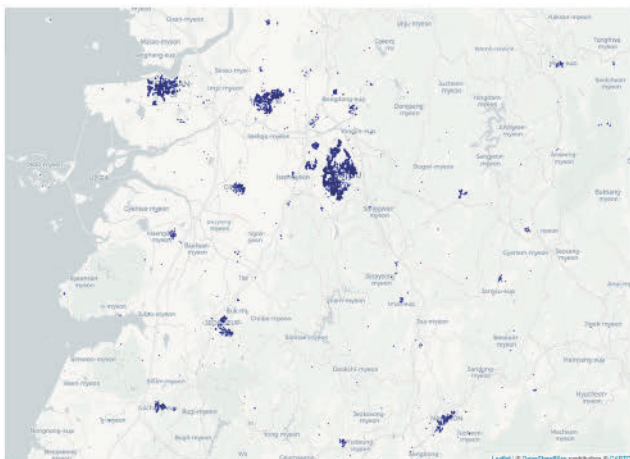


Figure 3. Spatial distribution of school zones

Table 2. Description of independent variables

Variable	Description
School zone	1 if DTG (Digital Tacho Graph) point was within school zone, 0 otherwise
Middle school	Log-transformed averaged travel time from centroid of Eup/Myeon/Dong (EMP) to the middle schools in minutes in 2019
Hgh school	Log-transformed averaged travel time from centroid of EMP to the high schools in minutes in 2019
Mart	Log-transformed averaged travel time from centroid of EMP to the marts in minutes in 2019
Market	Log-transformed averaged travel time from centroid of EMP to the markets in minutes in 2019
Bus stop	Log-transformed averaged travel time from centroid of EMP to the bus stops in minutes in 2019
Train station	Log-transformed averaged travel time from centroid of EMP to the train stations in minutes in 2019
Traffic	Log-transformed average traffic of automobiles, buses and trucks in EMP in 2019
Speed	Log-transformed average speed of vehicles in EMP in 2019
City	Categorical variable for the city In Jeollabuk-Do where DTG point was located (Jeonju; Gunsan; Iksan; Jeungeup; Namwon; Kimjae; Wanju; Jinan; Muju; Jangsu; Imsil; Sunchang; Gochang; Buan)
Time	Categorical variable for time when the DTG point was observed (Morning Peak, Daytime, Evening Peak, Night)
Weekday	1 if the DTG point was observed in weekday, 0 otherwise
Season	Categorical variable for the season when the DTG point was observed (Spring; Summer; Autumn; Winter)
Year	The year when DTG point was observed (2019; 2020; 2021; 2022)

서는 '제어된 전후 연구(Controlled before-and-after study)' 라고 한다(Caniglia and Murray, 2020). 이중차분법은 인과 효과(Causality)를 추정하기 위해 처치집단(Treatment Group)과 통제집단(Control) 간의 시간 경과에 따른 결과 변화를 비교하여 개입효과(Treatment Effect)를 도출하는 모형이다(곽기호, 2019). 즉, 이중차분법은 정책의 영향을 시행 전후의 처치집단과 통제집단 간의 비교를 통해 정책 시행의 순 효과를 수치화할 수 있는 유용한 방법론이다(조정환, 2022). 따라서, 본 연구의 주요 목적 달성을 위해 이중차분법을 활용하였다.

모형과 관련된 구체적인 내용은 다음과 같다. 첫째, 본 연구의 처치집단은 어린이 보호구역에 위치하는지 여부이며, 개입효과는 민식이법의 영향이다(<그림 4> 참조). 둘째, 민식이법은 2019

Table 3. Descriptive statistics of dependent and independent variables

Variable	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
Sample size	2,626,060	2,995,047	3,253,978
Dependent variables			
Speeding	True: 27.0% False: 73.0%	True: 28.0% False: 72.0%	True: 22.0% False: 78.0%
Rapid acceleration	True: 10.0% False: 90.0%	True: 8.8% False: 91.2%	True: 2.3% False: 97.7%
Rapid deceleration	True: 9.1% False: 90.9%	True: 6.7% False: 93.3%	True: 5.6% False: 94.4%
Rapid lane change	True: 4.2% False: 95.8%	True: 4.1% False: 95.9%	True: 2.3% False: 97.7%
Rapid turn	True: 4.5% False: 95.5%	True: 4.5% False: 95.5%	True: 5.1% False: 94.9%
Independent variables			
School zone	Mean: 0.110 St.Dev: 0.320	Mean: 0.120 St.Dev: 0.320	Mean: 0.120 St.Dev: 0.320
Middle school	Mean: 1.400 St.Dev: 0.420	Mean: 1.500 St.Dev: 0.420	Mean: 1.400 St.Dev: 0.410
High school	Mean: 1.800 St.Dev: 0.540	Mean: 1.900 St.Dev: 0.550	Mean: 1.800 St.Dev: 0.530
Mart	Mean: 2.300 St.Dev: 0.840	Mean: 2.300 St.Dev: 0.871	Mean: 2.200 St.Dev: 0.830
Market	Mean: 2.000 St.Dev: 0.660	Mean: 2.000 St.Dev: 0.690	Mean: 1.900 St.Dev: 0.650
Bus stop	Mean: 2.300 St.Dev: 0.540	Mean: 2.300 St.Dev: 0.550	Mean: 2.200 St.Dev: 0.540
Train station	Mean: 2.700 St.Dev: 0.540	Mean: 2.700 St.Dev: 0.550	Mean: 2.700 St.Dev: 0.520
Traffic	Mean: 8.100 St.Dev: 0.650	Mean: 8.100 St.Dev: 0.680	Mean: 8.100 St.Dev: 0.630
Speed	Mean: 3.400 St.Dev: 0.360	Mean: 3.500 St.Dev: 0.360	Mean: 3.400 St.Dev: 0.350
City	Jeonju: 48%	Jeonju: 41%	Jeonju: 45%
	Gunsan: 16%	Gunsan: 19%	Gunsan: 21%
	Iksan: 9%	Iksan: 8%	Iksan: 7%
	Jeongeup: 6%	Jeongeup: 6%	Jeongeup: 5%
	Namwon: 3%	Namwon: 3%	Namwon: 3%
	Kimjae: 4%	Kimjae: 5%	Kimjae: 5%
	Wanju: 6%	Wanju: 6%	Wanju: 5%
	Jinan: 1%	Jinan: 2%	Jinan: 1%
	Muju: 1%	Muju: 1%	Muju: 1%
	Jangsu: 1%	Jangsu: 1%	Jangsu: 1%
	Imsil: 2%	Imsil: 2%	Imsil: 1%
	Sunchang: 1%	Sunchang: 1%	Sunchang: 1%
	Gochang: 2%	Gochang: 3%	Gochang: 2%
Buan: 2%	Buan: 2%	Buan: 2%	
Time	Morning Peak: 9%	Morning Peak: 11%	Morning Peak: 9%
	Daytime: 44%	Daytime: 48%	Daytime: 47%
	Evening Peak: 10%	Evening Peak: 10%	Evening Peak: 10%
	Night: 36%	Night: 31%	Night: 33%
Weekday	True: 56% False: 44%	True: 58% False: 42%	True: 43% False: 57%
	Spring: 22%	Spring: 19%	Spring: 10%
Season	Summer: 21%	Summer: 30%	Summer: 15%
	Autumn: 34%	Autumn: 24%	Autumn: 38%
	Winter: 23%	Winter: 27%	Winter: 37%
Year	2019: 37%	2019: 32%	2019: 30%
	2020: 63%	2021: 68%	2022: 70%

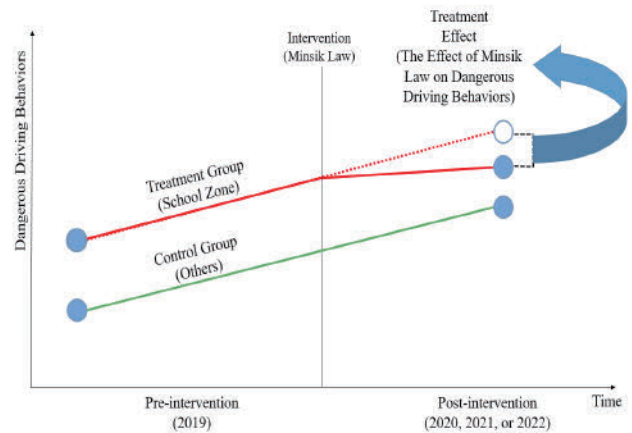


Figure 4. Diagram of treatment effect results

년 12월 24일에 제정되었고, 2020년 3월 25일에 시행되었다. 따라서, 시점을 민식이법 시행 전인 2019년 1월 1일부터 2020년 3월 25일까지를 “Before”로 설정하였고, 시행 후를 “After(2020)”, “After(2021)”, “After(2022)”로 구분하였다. After(2020)은 2020년 3월 26일부터 2020년 12월 31일을 의미하며, After(2021)과 After(2022)는 각각 2021년과 2022년 모두이다. 셋째, 민식이법 시행 전과 후에 대해 5가지 위험운전 행동에 대한 개입효과를 측정하였다(이병세, 2021). 따라서, 아래 <표 4>와 같이 15개 이중차분법 모형을 구축하였다. 넷째, 2019년 대비 세 년도 변화를 분석한 이유는 영향 정도가 시간이 지날수록 변하는지를 파악하기 위함이고, 코로나의 영향으로 연도별로 다른 영향 정도를 보일 수 있기 때문이다. 또한, 어린이보호구역은 기존에 지정되어 있던 지역이기 때문에 법의 강화 때문만이 아닌 시계열적 증가 또는 감소일 수도 있기 때문에 연도들을 분할하여 모델을 구축하였다. 다섯째, 민식이법 시행 전후는 코로나 시대 전후와 시기적으로 유사한 점을 가지고 있어 본 연구에서 도출한 개입효과가 코로나의 영향일 수도 있다. 하지만, 본 연구는 이중차분법을 활용하여 처치집단(어린이 보호구역)과 통제집단 간을 비교하였으며, 이 경우 두 집단 모두 코로나의 영향을 받았고 두 집단 간의 차이는 어린이 보호구역 여부이다. 따라서, 본 연구에서 도출한 개입효과

Table 4. 15 Difference in difference (DID) models

Category	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
Speeding	DID 1	DID 2	DID 3
Rapid acceleration	DID 4	DID 5	DID 6
Rapid deceleration	DID 7	DID 8	DID 9
Rapid lane change	DID 10	DID 11	DID 12

Before: 2019/01/01 ~ 2020/03/25
 After (2020): 2020/03/26 ~ 2020/12/31
 After (2021): 2021/01/01 ~ 2021/12/31
 After (2022): 2022/01/01 ~ 2022/12/31

는 코로나의 영향이 아닌 민식이법 시행으로 해석될 수 있다.

본 연구에서 구축된 모형의 회귀식은 다음과 같다.

$$LOGIT(prob(y = 1 | Time, Treat)) = \beta_0 + \beta_1 Time \cdot Treat + \dots + \beta_k X_k + \epsilon$$

위 식에서 종속변수인 y는 <표 1>의 5가지 위험운전 행동 중 하나를 의미하며, 로지스틱 회귀모형을 접목하였기 때문에 좌측 변은 Logit이 씌워진 모습을 볼 수 있다. Time은 본 연구에서 연도이며, Treat으로 표현된 처치집단은 어린이 보호구역에 DTG point가 위치하는지 여부를 나타낸다. 본 연구의 주요 관심사인 개입효과는 β_1 이며, 기타 통제변수는 X로 표시하였다.

IV. 연구 결과

본 장은 <표 4>에서 보여주는 15개 이중차분법 모형의 결과를 제시하고 이를 해석한다. 연구 결과 해석은 5가지 위험운전 행동 구분(과속, 급가속, 급감속, 급차로변경, 급회전)에 따라 진행하였다(<표 5-9> 참조). 연구 결과는 계수(Coefficient)를 제시하였으며, 연구 결과 해석의 용이성을 위해 승산비(Odd Ratio)를 추

Table 5. Model results for speeding

Variable	DID 1	DID 2	DID 3
	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Constant	2.909*** (18.338)	3.390*** (29.675)	2.239*** (9.392)
Treatment effect	-0.133*** (0.875)	-0.122*** (0.884)	-0.319*** (0.726)
School zone	0.157*** (1.170)	0.186*** (1.205)	0.350*** (1.419)
Year	0.221*** (1.247)	0.470*** (1.601)	-0.093*** (0.911)
Middle school	-0.117*** (0.890)	-0.146*** (0.864)	-0.125*** (0.881)
Hgh school	-0.019*** (0.981)	-0.170*** (0.982)	0.006* (1.006)
Mart	-0.168*** (0.845)	-0.212*** (0.808)	-0.139*** (0.870)
Market	-0.186*** (0.830)	-0.152*** (0.858)	-0.126*** (0.881)
Bus stop	0.053*** (1.054)	-0.010* (0.989)	0.037*** (1.038)
Train station	-0.137*** (0.872)	-0.060*** (0.941)	-0.055*** (0.946)
Traffic	0.032*** (1.033)	-0.021*** (0.978)	-0.088*** (0.915)

Variable	DID 1	DID 2	DID 3
	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Speed	-0.968*** (0.380)	-1.042*** (0.352)	-0.687*** (0.502)
City			
Gunsan (ref. Jeonju)	-0.056*** (0.946)	-0.387*** (0.678)	-0.332*** (0.717)
Iksan (ref. Jeonju)	-0.192*** (0.825)	-0.008 (0.991)	0.358*** (1.431)
Jeungeup (ref. Jeonju)	0.162*** (1.176)	0.035** (1.036)	0.435*** (1.545)
Namwon (ref. Jeonju)	0.489*** (1.631)	0.260*** (1.297)	0.312*** (1.367)
Kimjae (ref. Jeonju)	-0.537*** (0.584)	-0.411*** (0.662)	-0.344*** (0.708)
Wanju (ref. Jeonju)	-0.097*** (0.908)	-0.236*** (0.789)	-0.567*** (0.567)
Jinan (ref. Jeonju)	-0.299*** (0.742)	-0.032** (0.967)	-0.126*** (0.881)
Muju (ref. Jeonju)	-0.103*** (0.902)	0.192*** (1.212)	0.026 (1.026)
Jangsu (ref. Jeonju)	-0.227*** (0.797)	-0.034* (0.965)	-0.430*** (0.650)
Imsil (ref. Jeonju)	0.027 (1.027)	0.041** (1.042)	-0.241*** (0.785)
Sunchang (ref. Jeonju)	0.282*** (1.326)	0.546*** (1.727)	0.304*** (1.355)
Gochang (ref. Jeonju)	-0.280*** (0.756)	-0.251*** (0.777)	-0.159*** (0.852)
Buan (ref. Jeonju)	-0.020 (0.980)	-0.114*** (0.892)	-0.194*** (0.823)
Weekday	0.204*** (1.226)	0.200*** (1.221)	0.362*** (1.436)
Hour			
Morning peak (ref. Night)	0.317*** (1.373)	0.360*** (1.433)	0.230*** (1.258)
Daytime (ref. Night)	-0.240*** (0.787)	-0.218*** (0.804)	-0.185*** (0.830)
Evening peak (ref. Night)	0.147*** (1.158)	0.098*** (1.103)	0.127*** (1.135)
Season			
Summer (ref. Spring)	0.083*** (1.087)	0.099*** (1.103)	0.007*** (1.080)
Autumn (ref. Spring)	-0.028*** (0.972)	-0.004 (0.995)	0.270*** (1.310)
Winter (ref. Spring)	-0.076*** (0.927)	-0.073*** (0.929)	0.038*** (1.039)
Model performance			
Observation	2,626,060	2,995,047	3,253,978
AIC	2,834,839	3,253,884	3,270,156

Significance Level: *** p<0.001, **<p<0.01, *p<0.05

Table 6. Model results for rapid acceleration

Variable	DID 4	DID 5	DID 6
	Before	Before	Before
	-After (2020)	-After (2021)	-After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Constant	-0.760*** (0.468)	-1.602*** (0.201)	0.945*** (2.573)
Treatment effect	-0.049*** (0.952)	-0.189*** (0.826)	-0.423*** (0.655)
School zone	0.091*** (1.095)	0.129*** (1.138)	-0.205*** (0.814)
Year	-0.141*** (0.868)	-0.313*** (0.730)	1.117*** (3.057)
Middle school	0.022*** (1.022)	-0.002 (0.997)	-0.031*** (0.968)
Hgh school	0.010* (1.010)	0.015** (1.015)	-0.024*** (0.975)
Mart	-0.031*** (0.969)	-0.070*** (0.932)	-0.098*** (0.906)
Market	-0.111*** (0.895)	-0.078*** (0.924)	-0.114*** (0.891)
Bus stop	0.145*** (1.156)	0.156*** (1.169)	-0.023*** (0.977)
Train station	-0.060*** (0.942)	0.007 (1.007)	-0.062*** (0.939)
Traffic	-0.257*** (0.773)	-0.229*** (0.794)	-0.121*** (0.885)
Speed	0.108*** (1.114)	0.228*** (1.256)	-0.484*** (0.616)
City			
Gunsan (ref. Jeonju)	-0.070*** (0.932)	-0.268*** (0.764)	-0.197*** (0.820)
Iksan (ref. Jeonju)	0.410*** (1.507)	0.427*** (1.533)	0.769*** (2.159)
Jeungeup (ref. Jeonju)	0.182*** (1.200)	-0.036* (0.963)	0.085*** (1.089)
Namwon (ref. Jeonju)	0.534*** (1.706)	0.002 (1.002)	0.774*** (2.170)
Kimjae (ref. Jeonju)	-0.044*** (0.957)	-0.159*** (0.852)	-0.038* (0.962)
Wanju (ref. Jeonju)	-0.468*** (0.626)	-0.387*** (0.678)	-0.695*** (0.498)
Jinan (ref. Jeonju)	0.122*** (1.130)	0.296*** (1.344)	0.172*** (1.188)
Muju (ref. Jeonju)	0.077*** (1.080)	0.727*** (2.069)	0.257*** (1.293)
Jangsu (ref. Jeonju)	-0.548*** (0.578)	-0.445*** (0.640)	-0.388*** (0.677)
Imsil (ref. Jeonju)	0.150*** (1.162)	0.238*** (1.269)	0.088*** (1.092)
Sunchang (ref. Jeonju)	0.010 (1.010)	0.007 (1.007)	0.216*** (1.241)

Variable	DID 4	DID 5	DID 6
	Before	Before	Before
	-After (2020)	-After (2021)	-After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Gochang (ref. Jeonju)	-0.631*** (0.532)	-0.592*** (0.553)	-0.579*** (0.560)
Buan (ref. Jeonju)	-0.223*** (0.800)	-0.287*** (0.750)	-0.254*** (0.774)
Weekday	0.440*** (1.553)	0.337*** (1.401)	0.063*** (1.066)
Hour			
Morning peak (ref. Night)	0.266*** (1.305)	0.271*** (1.311)	0.426*** (1.531)
Daytime (ref. Night)	-0.380*** (0.684)	-0.256*** (0.773)	-0.295*** (0.744)
Evening peak (ref. Night)	0.095*** (1.100)	0.062*** (1.064)	0.072*** (1.075)
Season			
Summer (ref. Spring)	-0.236*** (0.790)	0.063*** (1.065)	-0.230*** (0.794)
Autumn (ref. Spring)	-0.178*** (0.837)	-0.075*** (0.926)	-0.319*** (0.726)
Winter (ref. Spring)	0.079*** (1.082)	-0.045*** (0.955)	0.019*** (1.019)
Model Performance			
Observation	2,626,060	2,995,047	3,253,978
AIC	1,692,068	1,741,216	3,235,628

Significance Level: *** p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

가하였다. 승산비의 경우 1 초과인 경우 양(+)의 영향, 1 미만인 경우 음(-) 영향을 미친다고 할 수 있다.

1. 과속(Speeding)

〈표 5〉는 민식이법 시행이 화물차 과속에 미친 영향에 대한 세 모델(DID 1, DID 2, DID 3)의 분석 결과를 보여준다. 연구 결과, 민식이법이 어린이 보호구역이 아닌 지역보다 어린이 보호구역 내 화물차 과속을 유의미하게 감소시킨 것으로 나타났다. 구체적으로, 민식이법 시행 전(Before) 대비 시행 후 2020년에 어린이 보호구역 내 과속을 할 가능성은 약 12.5% 감소하였으며, Before 대비 2021년에는 11.6% 감소하였고, Before 대비 2022년에는 27.4% 감소하였다. 또한, 영향 정도(Coefficient)는 DID 1에서 -0.133에서 DID 3에 -0.319로 나타나, 이 어린이 보호구역 내 과속에 미친 영향의 정도는 시간이 지날수록 더욱 강해진다고 볼 수 있는 것으로 나타났다.

통제 변수 관련해서는 읍면동의 평균 통행속도가 증가할수록 화물차 운전자가 과속할 가능성이 낮아지는 것으로 나타났다

Table 7. Model results for rapid deceleration

Variable	DID 7	DID 8	DID 9
	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Constant	3.145*** (23.220)	2.083*** (8.035)	1.654*** (5.230)
Treatment effect	-0.080*** (0.923)	-0.325*** (0.722)	-0.162*** (0.850)
School zone	0.140*** (1.150)	0.213*** (1.237)	0.149*** (1.160)
Year	-0.127*** (0.881)	-0.426*** (0.652)	-0.802*** (0.448)
Middle school	-0.045*** (0.956)	-0.046*** (0.955)	-0.084*** (0.919)
Hgh school	0.038*** (1.039)	0.049*** (1.051)	0.006 (1.006)
Mart	-0.233*** (0.792)	-0.222*** (0.800)	-0.166*** (0.846)
Market	-0.117*** (0.890)	-0.046*** (0.954)	-0.052*** (0.948)
Bus stop	-0.092*** (0.912)	-0.083*** (0.920)	-0.070*** (0.931)
Train station	0.035*** (1.036)	0.034*** (1.035)	-0.007 (0.992)
Traffic	-0.141*** (0.868)	-0.163*** (0.848)	-0.196*** (0.821)
Speed	-0.973*** (0.378)	-0.715*** (0.489)	-0.537*** (0.584)
City			
Gunsan (ref. Jeonju)	0.570*** (1.768)	0.456*** (1.578)	0.052* (1.053)
Iksan (ref. Jeonju)	0.093*** (1.097)	0.053* (1.055)	0.266*** (1.305)
Jeungeup (ref. Jeonju)	-1.068*** (0.344)	-1.063*** (0.345)	-0.957*** (0.383)
Namwon (ref. Jeonju)	-0.642*** (0.526)	-0.865*** (0.420)	-0.210*** (0.809)
Kimjae (ref. Jeonju)	0.377*** (1.458)	0.120*** (1.127)	0.016 (1.016)
Wanju (ref. Jeonju)	-0.301*** (0.740)	0.044* (1.045)	-0.030 (0.970)
Jinan (ref. Jeonju)	1.134*** (3.108)	0.982*** (2.670)	0.741*** (2.099)
Muju (ref. Jeonju)	0.384*** (1.468)	0.820*** (2.272)	0.449*** (1.567)
Jangsu (ref. Jeonju)	0.057** (1.059)	-0.086*** (0.917)	-0.143*** (0.866)
Imsil (ref. Jeonju)	0.344*** (1.411)	0.324*** (1.383)	0.255*** (1.290)
Sunchang (ref. Jeonju)	-0.163*** (0.850)	-0.083*** (0.919)	0.177*** (1.194)

Variable	DID 7	DID 8	DID 9
	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Gochang (ref. Jeonju)	-0.237*** (0.789)	-0.288*** (0.749)	-0.197*** (0.820)
Buan (ref. Jeonju)	-0.391*** (0.676)	-0.461*** (0.630)	-0.541*** (0.581)
Weekday	-0.180*** (0.835)	-0.074*** (0.928)	-0.045*** (0.955)
Hour			
Morning peak (ref. Night)	0.253*** (1.288)	0.219*** (1.245)	0.194*** (1.215)
Daytime (ref. Night)	0.058*** (1.060)	-0.004 (0.995)	0.050*** (1.052)
Evening peak (ref. Night)	-0.131*** (0.877)	-0.073*** (0.929)	-0.099*** (0.904)
Season			
Summer (ref. Spring)	-0.127*** (0.881)	-0.060*** (0.941)	-0.366*** (0.693)
Autumn (ref. Spring)	-0.071*** (0.931)	-0.190*** (0.926)	-0.174*** (0.839)
Winter (ref. Spring)	-0.003 (0.997)	-0.119*** (0.887)	0.144*** (1.121)
Model performance			
Observation	2,626,060	2,995,047	3,253,978
AIC	1,534,990	1,418,172	1,340,365

Significance Level: *** p<0.001, **<p<0.01, *p<0.05

(Coefficient of -0.968 -1.042, and -0.687). 또한, 승산비 (Odd Ratio)가 1보다 큰 점을 감안할 때, 평일, 오전/오후 침두 시간(Morning and Evening Peak)에 화물차가 과속할 가능성이 컸다. .

2. 급가속(Rapid Acceleration)

〈표 6〉의 DID 4, 5, 6은 민식이법 시행이 화물차 급가속에 미친 영향(개입효과, Treatment Effect)에 대한 분석 결과를 보여 준다. 개입효과는 음(-)의 영향 관계가 나타났으며, 이는 민식이 법 시행이 어린이 보호구역에서 급가속을 감소시킨 것을 알 수 있다. 구체적으로, 어린이 보호구역 내 급가속을 할 가능성은 시행 전(Before) 대비 2020년에 4.8% 감소하였으며, 2021년에는 약 17.4% 감소하였으며, 2022년에는 34.5% 감소하였다.

주요 통제변수 관련 연구 결과로는 화물차 운전자가 급가속할 가능성을 높이는 요인으로 시장(Market)과 마트(Mart)로의 접근성 향상과 교통량(Traffic) 증가가 있었다. 또한, 전주보다 전라 북도의 주요 교통 요충지인 익산(Iksan)에서 급가속할 확률이 높

Table 8. Model results for rapid lane change

Variable	DID 10	DID 11	DID 12
	Before	Before	Before
	-After (2020)	-After (2021)	-After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Constant	-1.752*** (0.173)	-1.972*** (0.139)	-1.154*** (0.315)
Treatment effect	0.082*** (1.085)	0.106*** (1.111)	0.061** (1.063)
School zone	0.420*** (1.522)	0.425*** (1.531)	0.446*** (1.562)
Year	-0.169*** (0.845)	-0.137*** (0.871)	-1.214*** (0.296)
Middle School	-0.085*** (0.919)	-0.055*** (0.945)	-0.045*** (0.955)
Hgh School	-0.109*** (0.897)	-0.138*** (0.870)	-0.082*** (0.921)
Mart	0.037*** (1.038)	0.060*** (1.062)	0.006 (1.006)
Market	-0.062*** (0.940)	-0.242*** (0.784)	-0.144*** (0.865)
Bus stop	0.082*** (1.085)	0.137*** (1.147)	0.041*** (1.042)
Train station	-0.078*** (0.925)	0.006*** (1.006)	0.052*** (1.053)
Traffic	0.080*** (1.083)	-0.033 (0.966)	-0.102*** (0.902)
Speed	-0.432*** (0.649)	-0.194*** (0.823)	-0.241*** (0.785)
City			
Gunsan (ref. Jeonju)	0.262*** (1.300)	-0.079** (0.923)	0.192*** (1.211)
Iksan (ref. Jeonju)	-0.211*** (0.810)	-0.383*** (0.681)	-0.286*** (0.750)
Jeungeup (ref. Jeonju)	0.224*** (1.251)	-0.256*** (0.773)	0.076** (1.079)
Namwon (ref. Jeonju)	-0.888*** (0.411)	-0.909*** (0.402)	-0.655*** (0.518)
Kimjae (ref. Jeonju)	0.078*** (1.081)	-0.051* (0.950)	-0.249*** (0.779)
Wanju (ref. Jeonju)	0.030 (1.030)	0.310*** (1.363)	0.333*** (1.396)
Jinan (ref. Jeonju)	0.428*** (1.534)	0.534*** (1.706)	0.256*** (1.292)
Muju (ref. Jeonju)	0.390*** (1.477)	0.964*** (2.622)	0.173*** (1.189)
Jangsu (ref. Jeonju)	0.377*** (1.458)	0.036 (1.036)	0.286*** (1.331)
Imsil (ref. Jeonju)	0.649*** (1.914)	0.647*** (1.910)	0.568*** (1.764)
Sunchang (ref. Jeonju)	-0.100*** (0.905)	-0.017 (0.982)	-0.006*** (0.993)

Variable	DID 10	DID 11	DID 12
	Before	Before	Before
	-After (2020)	-After (2021)	-After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Gochang (ref. Jeonju)	-0.176*** (0.839)	-0.337*** (0.713)	-0.290 (0.748)
Buan (ref. Jeonju)	-0.006 (0.994)	-0.219*** (0.803)	-0.194*** (0.823)
Weekday	0.181*** (1.198)	0.254*** (1.289)	0.066*** (1.068)
Hour			
Morning peak (ref. Night)	0.255*** (1.290)	0.210*** (1.234)	0.259*** (1.296)
Daytime (ref. Night)	-0.217*** (0.805)	-0.092*** (0.911)	-0.160*** (0.851)
Evening peak (ref. Night)	0.078*** (1.081)	0.006 (1.006)	0.033*** (1.034)
Season			
Summer (ref. Spring)	-0.297*** (0.743)	-0.029*** (0.970)	0.354*** (1.424)
Autumn (ref. Spring)	-0.234*** (0.791)	-0.324*** (0.722)	-0.316*** (0.728)
Winter (ref. Spring)	0.093*** (1.097)	0.053*** (1.055)	0.077*** (1.080)
Model performance			
Observation	2,626,060	2,995,047	3,253,978
AIC	880,261	986,412	677,901
Significance Level: ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05			

았으며(Odd Ratio of 1.507, 1.533, and 2.159). 또한, 급가속은 오전 첨두시간에 Before 대비 2020년에 30.5%, 2021년에 31.1%, 2022년에 53.1% 증가하였다. 상관계수가 양(+)인 것을 감안할 때, 오후 첨두시간 또한 급가속할 확률을 높인 것으로 나타났다.

3. 급감속(Rapid Deceleration)

〈표 7〉은 급감속 관련 연구 결과를 보여주며, 개입효과는 모두 음(-)의 상관관계이며 P value가 0.001 미만으로 통계적으로 유의하였다. 이는 민식이법 시행으로 어린이 보호구역 내 화물차의 급감속 발생 확률이 낮아지는 것을 의미한다. 구체적으로, 민식이법 시행 이후 어린이 보호구역의 급감속을 할 가능성은 2020년에 약 7.7%, 2021년에 약 27.8%, 2022년에 약 15.0% 감소한 것을 확인하였다.

버스 정류장(Bus Stop)으로의 접근성이 좋아질수록 급감속을 할 확률이 높아졌으나(Coefficient of -0.092, -0.083, -0.070), 기차역(Train Station)으로의 접근성이 좋아질수록 급감속할 확률은 낮아졌다(Coefficient of 0.035 and 0.034). 평균 통행속도

Table 9. Model results for rapid turn

Variable	DID 13	DID 14	DID 15
	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Constant	1.016*** (2.762)	0.227** (1.255)	-0.562*** (0.570)
Treatment effect	-0.097*** (0.908)	-0.087*** (0.916)	-0.634*** (0.530)
School zone	0.284*** (1.328)	0.305*** (1.357)	0.397*** (1.487)
Year	-0.070*** (0.932)	0.059*** (1.061)	0.279*** (1.322)
Middle school	0.054*** (1.055)	-0.001 (0.998)	-0.127*** (0.880)
High school	-0.139*** (0.870)	-0.088*** (0.915)	-0.092*** (0.911)
Mart	-0.044*** (0.957)	-0.004 (0.995)	-0.109*** (0.896)
Market	0.060*** (1.062)	-0.034*** (0.965)	-0.015* (0.984)
Bus stop	0.074*** (1.077)	-0.027*** (0.972)	-0.045*** (0.955)
Train station	-0.110*** (0.896)	0.030*** (1.031)	-0.089*** (0.914)
Traffic	-0.172*** (0.842)	-0.179*** (0.935)	-0.214*** (0.806)
Speed	-0.617*** (0.540)	-0.485*** (0.615)	0.076*** (1.079)
City			
Gunsan (ref. Jeonju)	0.627*** (1.872)	0.129*** (1.138)	0.349*** (1.417)
Iksan (ref. Jeonju)	-0.207*** (0.813)	-0.346*** (0.706)	-0.308*** (0.734)
Jeongeup (ref. Jeonju)	-0.287*** (0.751)	-0.636*** (0.529)	-0.193*** (0.824)
Namwon (ref. Jeonju)	-0.531*** (0.588)	-0.902*** (0.405)	-0.682*** (0.505)
Kimjae (ref. Jeonju)	0.104*** (1.110)	-0.070*** (0.931)	0.015 (1.015)
Wanju (ref. Jeonju)	0.432*** (1.540)	0.578*** (1.783)	0.149*** (1.160)
Jinan (ref. Jeonju)	0.557*** (1.745)	0.658*** (1.932)	0.019 (1.019)
Muju (ref. Jeonju)	0.599*** (1.820)	1.009*** (2.744)	0.171*** (1.187)
Jangsu (ref. Jeonju)	0.075*** (1.078)	-0.093*** (0.910)	0.042* (1.043)
Imsil (ref. Jeonju)	0.257*** (1.293)	0.271*** (1.312)	0.146*** (1.157)
Sunchang (ref. Jeonju)	-0.259*** (0.772)	-0.120** (0.886)	-0.081*** (0.921)

Variable	DID 13	DID 14	DID 15
	Before -After (2020)	Before -After (2021)	Before -After (2022)
	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)	Coefficient (Odd Ratio)
Gochang (ref. Jeonju)	0.080*** (1.083)	-0.118*** (0.887)	-0.019 (0.984)
Buan (ref. Jeonju)	-0.265*** (0.767)	-0.475*** (0.621)	0.004 (1.004)
Weekday	-0.061*** (0.941)	0.008 (1.008)	-0.102*** (0.902)
Hour			
Morning peak (ref. Night)	0.089*** (1.093)	0.110*** (1.116)	0.022*** (1.022)
Daytime (ref. Night)	-0.086*** (0.918)	-0.081*** (0.921)	0.019** (1.019)
Evening peak (ref. Night)	0.010 (1.010)	-0.032*** (0.968)	-0.020** (0.979)
Season			
Summer (ref. Spring)	-0.272*** (0.762)	-0.110*** (0.895)	0.316*** (1.372)
Autumn (ref. Spring)	-0.095*** (0.909)	-0.196*** (0.821)	-0.109*** (0.896)
Winter (ref. Spring)	0.062*** (1.064)	0.001 (1.001)	-0.372*** (0.689)
Model performance			
Observation	2,626,060	2,995,047	3,253,978
AIC	949,265	1,072,854	1,291,967

Significance Level: *** p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

(Speed)의 증가는 화물차 운전자가 급감속할 확률을 낮추는 것으로 나타났다(Odd Ratio of 0.378, 0.489 and 0.584). 과속과 급가속과 유사하게 급감속은 오전 첨두시간에 약 20%가량 증가하였으나, 오후 첨두시간에는 약 10%가량 감소하였다.

4. 급차로변경(Rapid Lane Change)

앞의 연구결과와 달리, 민식이법 시행은 오히려 어린이 보호구역에서 급차로변경할 확률을 높이는 것으로 나타났다(표 8) 참조). 구체적으로 민식이법 시행 이후 어린이 보호구역 내 급차로변경을 할 가능성은 2020년, 2021년, 2022년에 각각 8.5%, 11.1%, 6.3% 소폭 상승하였다.

중학교(Middle School)와 고등학교(High School)로의 접근성이 좋아질수록 급차로변경할 확률 또한 높아졌다(Coefficient of -0.085, -0.055, -0.045). 그리고, 급차로변경할 확률을 높이는 요인으로는 교통량(Traffic) 증가와 버스 정류장(Bus Stop)로의 접근성 등이 있었다. 앞선 화물차 위험운전 행동과 마찬가지로, 오전/오후 첨두시간에 화물차 운전자는 급차로변경을 더욱

많이 하는 것으로 나타났다.

5. 급회전(Rapid Turn)

〈표 9〉의 개입효과는 음(-)의 상관관계로, 민식이법 시행이 어린이 보호구역 내의 급회전할 확률을 유의미하게 감소시키는 것으로 나타났으며, 그 영향 정도가 2022년에 대폭 확대되었다. 구체적으로 어린이 보호구역 내 급회전을 할 가능성은 Before(민식이법 시행 이전) 대비 2020년과 2021년에는 약 10% 감소하였으며, 2022년에는 감소 폭이 47%로 더욱 컸다.

또한, 마트(Mart)로의 접근성이 좋아질수록 급회전할 확률은 높아졌으며(Coefficient of -0.044, -0.004, and -0.109), 오전 첨두시간에서 화물차 운전자는 급회전을 더 많이 하는 것으로 나타났다(Odd Ratio of 1.093, 1.116, and 1.022). 또한, 도시별로 급회전이 발생할 확률은 다른 것으로 나타났는데, 예를 들면 군산(Gunsan)의 경우 전주(Jeonju)에 비해 2019년 대비 2020년, 2021년, 2022년에 급회전이 87.2%, 13.8%, 41.7% 증가하였다.

V. 결론

1. 연구 요약

본 연구는 민식이법의 시행 후 어린이 보호구역 내 화물차 위험운전 행동(과속, 급가속, 급감속, 급차로변경, 급회전)의 변화를 분석하고 이에 대한 효과를 평가하기 위해 수행되었다. 화물차 DTG 빅데이터를 기반으로 이중 로지스틱 회귀모형에 이중차분법을 적용한 모형(Difference in Difference with Logistics Regression)을 활용하여 민식이법의 시행 이전과 이후의 화물차 위험운전 행동을 비교하고 분석함으로써 결론을 도출하였다. 본 연구의 기대효과는 민식이법 시행의 효과를 실증 분석하였으며 위험운전 문제에 대한 이해를 높이는 데 기여할 것으로 예상된다. 또한, 민식이법의 보완이나 추가적인 법적 조치의 필요성을 도출하여 도로 교통 안전을 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2. 주요 연구 결과 및 해석

본 연구의 개입효과(민식이법 시행이 어린이 보호구역 내 화물차 위험운전에 미친 영향)에 대한 주요 결과는 다음과 같다(〈그림 5〉 참조). 첫째, 본 연구는 민식이법의 시행 이후 어린이 보호구역 내에서 4가지 화물차 위험운전 행동(과속, 급가속, 급감속, 급회전)할 가능성이 유의미하게 감소하였다. 둘째, 과속, 급가속, 급회전의 경우 민식이법 시행 이후 시간이 지날수록 감소 폭이 더욱 커지는 것을 확인하였다. 셋째, 급차선변경은 법 시행 이후 증가하였으나, 그 증가 폭이 약 10% 정도 수준인 것으로 나타났다.

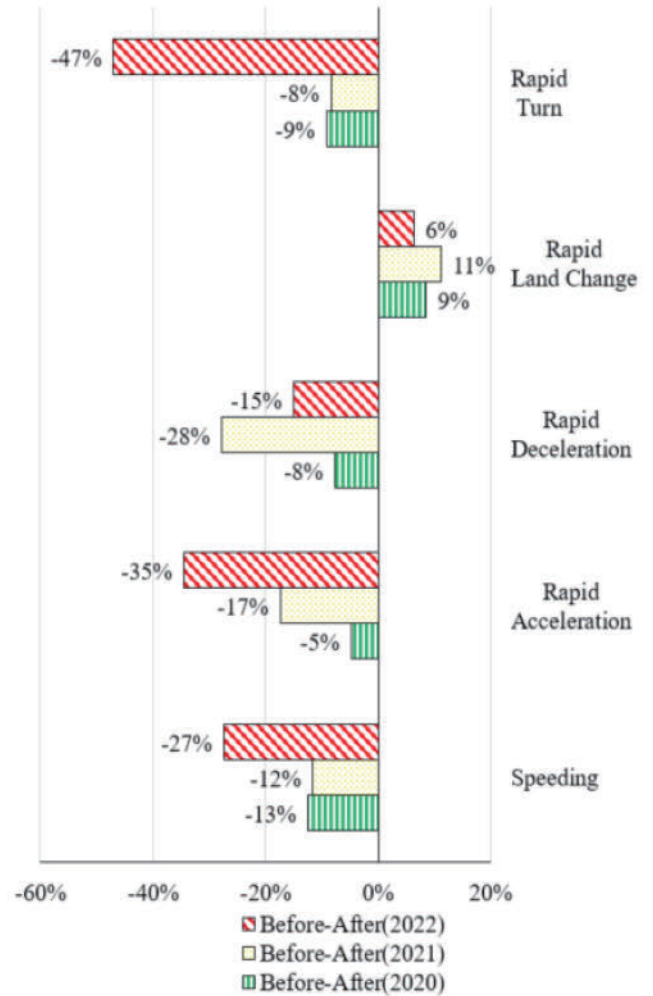


Figure 5. The treatment effects in the 15 models

본 연구의 결과로 민식이법 시행이 화물차 운전자들의 운전행동에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단된다. 즉, 엄격한 단속, 벌금 부과 등의 조치가 어린이 보호구역에서 어린이들의 안전을 보호하는 데 효과적으로 기여한 것으로 해석될 수 있다. 하지만, 본 연구는 민식이법 시행에도 불구하고 모든 위험운전 행동을 감소시키는 데는 부족한 것으로 파악하였으며, 이를 해결하기 위한 다양한 정책이 필요할 것으로 보인다. 예를 들면, 본 연구에서 사용한 DTG 데이터를 활용한다면 화물차 운전자가 위험운전 행동하였는지 여부를 파악할 수 있기 때문에 이러한 교통 빅데이터를 통한 단속 방법을 검토해 볼 필요가 있다.

3. 한계점

본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구는 전라북도를 대상으로 분석을 진행하였기 때문에, 연구 결과를 우리나라 전체로 일반화하는 데 한계가 있다. 둘째, 화물차 위험운전 행동에는 다양한 요소들 특히 화물차 운전자에 관한 변수들에 영향을 받을 수 있으나, 본 연구에서는 데이터의 한계점으로 이

요인들을 통제하지 못하였다. 셋째, 민식이법 시행이 모든 화물차 위험운전 행동을 감소시키지는 못한 것으로 나타났다. 본 연구는 이 결과에 대해 좀 더 세밀한 연구를 진행하지 못하였다. 이러한 한계점들을 고려하여 연구 결과를 해석할 필요가 있으며, 향후 연구에서는 이를 보완할 수 있는 방향을 제시하는 것이 중요하다.

인용문헌
References

- 고동원·박승훈, 2019. “어린이 보호구역 내 발생한 보행자 교통사고에 영향을 미치는 근린환경특성”, 「한국컨텐츠학회논문지」, 19(10): 179-189.
Ko, D.W. and Park, S.H., 2019. “Neighborhood Environmental Characteristics Affection Pedestrian-Vehicle Crashes in School Zones”, *Journal of The Korea Contents Association*, 19(10): 179-189.
- 고승희, 2021. “어린이 보호구역 내 법규위반 가중처벌 정책이 어린이 교통사고에 미치는 영향”, 중앙대학교 석사학위논문.
Ko, S.H., 2021. “The Effects of the Additional Punishment Policy for Traffic Tickets in School Zones on the Traffic Accidents of Children”, Master’s Thesis, Chung-Ang University.
- 곽기호, 2019. “중소기업적합업종제도 도입이 산업재 중소기업의 성과에 미친 영향에 대한 연구: 이중차분법의 적용”, 「산업경제연구」, 32(2): 745-776.
Kwak, K.H., 2019. “A Study on the Effect of Designation of SMEs-suitable Sectors on Industrial SMEs’ Performance: Application of Difference in Differences Method”, *Journal of Korean Industrial Economic and Business*, 32(2): 745-776.
- 권민영·김영찬, 2018. “택시 DTG 빅데이터를 활용한 교통류 특성 분석: 서울시 주요 간선 도로 축 사례를 중심으로”, 「대한교통학회지」, 36(6): 415-428.
Kwon, M.Y. and Kim, Y.C., 2018. “Analysis of Traffix Flow Characteristics Using Taxi DTG Big Data”, *Journal of Korean Society of Transportation*, 36(6): 415-428.
- 김동식·권예진·박현우, 2023. “어린이 보호구역 내 교통안전시설의 구간별 위치 및 높이에 따른 특성에 관한 연구 - 서울특별시에 위치한 어린이 보호구역 사고다발지를 중심으로”, 「한국실내디자인학회 논문집」, 32(1): 171-184.
Kim, D.S., Kwon, Y.J., and Park, H.W., 2023. “A Study of the Characteristics of Traffic Safety Facilities in School Zone by Location and Height-Focusing on the Accident Site of the School Zone located in Seoul Metropolitan Government”, *Korean Institute of Interior Design Journal*, 32(1): 171-184.
- 김범수, 2019. “과적화물차량 단속을 위한 화물 DTG 데이터 기반의 빅데이터 분석 프레임워크 설계 및 구현”, 「한국컴퓨터정보학회논문지」, 24(12): 67-74.
Kim, B.S., 2019. “Design and Implementation of a Big Data Analytics Framework based on Cargo DTG Data for Crack-down on Overloaded Trucked”, *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 24(12): 67-74.
- 김수재·주재홍·추상호·이향숙, 2018. “고속버스 DTG 자료를 활용한 버스 위험운전 행태 분석”, 「한국ITS학회논문지」, 17(2): 87-97.
Kim, S.J., Joo, J.H., Choo, S.H., and Lee, H.S., 2018. “Analysis of Dangerous Bus Driving Behavior Using Express Bus Digital Tacho Graph Data”, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 17(2): 87-97.
- 박상민, 2021. “특정범죄 가중처벌 등에 관한 법률 제5조의13 (일명 ‘민식이법’)에 대한 형법이론적 검토”, 「법학연구」, 21(1): 151-72.
Park, S.M., 2021. “Criminal Law Theoretical Review of the Act on Aggravated Punishment for a Crime of Professional Negligence Resulting in Injury or Death in the Children Protection Zone”, *Law Review*, 21(1): 151-72.
- 박은미·강정현·빌랄 무하메드·이상화, 2020. “디지털운행기록장치 데이터를 활용한 세종시 버스유형별 위험운전 행동 분석”, 「대한교통학회지」, 38(6): 462-472.
Park, E.M., Kang, J.H., Bila, M., and Lee, S.H., 2020. “Analysis of Dangerous Driving Behavior by Bus Type Using Digital Tacho Graph in Sejong City”, *Journal of Korean Society of Transportation*, 38(6): 462-472.
- 박지수·안제인·권영상·김성태, 2022. “인공지능 학습용 데이터 분석을 통한 어린이 보호구역 개선방안 설계 - 충남 아산시의 초등학교를 중심으로”, 「한국도시계획학회지 도시설계」, 23(1): 35-52.
Park, J.S., Ahn, J.I., Kwon, Y.S., and Kim, S.T., 2022. “Urban Design Suggestions for School Zone based on the Big Data Analysis for Artificial Intelligence Learning - Focusing on Elementary Schools in Asan, Chungnam”, *Journal of Urban Design Institute of Korea Urban Design*, 23(1): 35-52.
- 신지희·이다영·김은혜·홍명기·장현석, 2022. “GIS를 활용한 노인 및 어린이 교통사고 다발지역과 노인 및 어린이 보호구역 지정에 대한 적합성 검증: 서울특별시를 중심으로”, 「한국셉테드학회지」, 13(1): 7-46.
Shin, J.H., Lee, D.Y., Kim, E.H., Hong, M.G., and Jang, H.S., 2022. “Conformance Verification on Designation of Senior and Children Protection Zone Using GIS: Focusing on Seoul”, *Journal of Community Safety and Security by Environmental Design*, 13(1): 7-46.
- 안상하·신용은, 2018. “DTG 자료 기반 택시 이용자 통행패턴 분석: 부산시 택시 사례”, 「대한토목학회논문집」, 38(6): 907-916.
Ahn, S.H. and Shin, Y.E., 2018. “Analysis of Tax Passenger Travel Patterns based on Busan DTG Data”, *Journal of the Korean Society of Civil and Environmental Engineering Research*, 38(6): 907-916.
- 이민형·김영찬, 2020. “신호교차로에서 택시 DTG 자료를 활용한 대기행렬 길이 추정 알고리즘 개발”, 「대한교통학회지」, 38(1): 68-83.
Lee, M.H. and Kim Y.C., 2020. “Queue Length Estimation Algorithm for Signalized Intersections Using Taxi DTG Data”, *Journal of Korean Society of Transportation*, 38(1): 68-83.
- 이병세, 2021. “어린이 보호구역 내 어린이 교통사고 가중처벌의 효과 분석 -민식이법을 중심으로-”, 배제대학교 석사학위논문.
Lee, B.S., 2021. “Analysis of the Effects of Aggravated Punishment for Child Traffic Accidents in the Children Protection

- Zones - Focused on the Min-Sik Law -", Master's Thesis, Pai Chai University.
15. 이수범·정도영·김도경, 2008. "토지이용 특성별 어린이 보호구역 개선사업의 교통사고 감소효과 분석", 「대한교통학회지」, 26(3): 109-117.
Lee, S.B., Jung, D.Y., and Kim, D.K., 2008. "The Effects of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics", *Journal of Korean Society of Transportation*, 26(3): 109-117.
 16. 정동훈·이수범, 2021. "어린이 보호구역 어린이 사고 특성에 따른 AEBS 장착 차량의 사고감소 효과에 대한 연구", 대한교통학회 제84회 학술대회, 서울특별시: SETEC 컨벤션센터.
Jeong, D.H. and Lee, S.B., 2021. "A Study on the Accident Reduction Effect of AEBS-equipped Vehicles According to the Characteristics of Children's Accidents in School Zones", The 84th Conference of Korean Society of Transportation, Seoul: SETEC Convention Center.
 17. 조정환, 2022. "이중차분법(Difference in Difference)을 활용한 4차 산업혁명의 고용 영향 연구", 「산업경제연구」, 35(5): 913-930.
Cho, J.H., 2022. "A Study on the Impact of the 4th Industrial Revolution on Employment Using the Difference-in-Differences Analysis", *Journal of Korean Industrial Economic Economics and Business*, 35(5): 913-930.
 18. 조종석·이현석·이재영·김덕녕, 2017. "화물차 DTG 데이터를 활용한 고속도로 졸음운전 위험구간 분석", 「대한교통학회지」, 35(2): 160-168.
Cho, J.S., Lee, H.S., Lee, J.Y., and Kim, D.N., 2017. "The Hazardous Expressway Sections for Drowsy Driving Using Digital Tachograph in Truck", *Journal of Korean Society of Transportation*, 35(2): 160-168.
 19. 최지환·임성준, 2021. "어린이 보호구역 횡단보도에서 운전자의 감속 행동에 대한 Gateway 유형별 효과 비교", 대한교통학회 제 85회 학술대회, 제주특별자치도: 제주혁신성장센터.
Choi, J.H. and Im, S.J., 2021. "Effects of Gateway on Reducing Vehicle Speeds in School Zone", The 85th Conference of Korean Society of Transportation, Jeju Island: Jeju JDC Innovation Growth Center.
 20. Caniglia, E.C. and Murray, E.J., 2020. "Difference-in-Difference in the Time of Cholera: A Gentle Introduction for Epidemiologists", *Current Epidemiology Reports*, 7: 203-211.

Date Received	2023-07-14
Date Reviewed	2023-09-08
Date Accepted	2023-09-08
Date Revised	2023-09-08
Final Received	2023-09-25