

운수안전경영시스템을 위한 근무 및 생활환경 기반 택시 운수종사자 패턴 분류

이설영¹ · 조은솔² · 오철^{3*} · 강선화⁴ · 최병호⁵

¹한양대학교 교통·물류공학과 박사, ²한양대학교 교통·물류공학과 석사과정, ³한양대학교 교통·물류공학과 교수, ⁴한국교통안전공단 교통안전연구처 연구원, ⁵한국교통안전공단 교통안전연구처장

Pattern Classification of Taxi Drivers Based on Work and Living Conditions for Commercial Vehicle Safety Management System

LEE, Seolyoung¹ · CHO, Eunsol² · OH, Cheol^{3*} · KANG, Sunwha⁴ · CHOE, Byongho⁵

¹Ph.D., Transportation and Logistics Engineering, Hanyang University, Gyeonggi 15588, Korea
²Master Course, Transportation and Logistics Engineering, Hanyang University, Gyeonggi 15588, Korea
³Professor, Transportation and Logistics Engineering, Hanyang University, Gyeonggi 15588, Korea
⁴Associate, Transport Safety Research Office, Korea Transportation Safety Authority, Gimcheon 39660, Korea
⁵Head, Transport Safety Research Office, Korea Transportation Safety Authority, Gimcheon 39660, Korea

*Corresponding author: cheolo@hanyang.ac.kr

Abstract

The in-depth crash causes analysis for commercial vehicles is necessary to develop more effective safety countermeasures because the crash severity due to commercial vehicles is much higher than other vehicle types. A viable countermeasure to cope with commercial vehicle crashes is to conduct a traffic safety consulting for commercial vehicle drivers. The purpose of this study is to classify the pattern of taxi drivers, which is a fundamental to developing a customized consulting program. A two-stage clustering methodology is adopted to recognize the pattern of taxi drivers based on driver's intrinsic characteristics underlying the cause of the crash occurrence that include working, health, and living conditions. Results show that it is desirable to classify taxi drivers into four groups such as 'overworking', 'life-imbalanced', 'work and life-balanced', and 'unspecified-normal'. Discussions on how to use four driver patterns in conducting the safety consulting are presented. In addition, an example of consulting method is presented, which is expected to be used for developing effective consulting programs.

Keywords: driver's pattern, commercial vehicle safety management system, intrinsic characteristics, mixed clustering, survey, taxi

초록

사업용자동차 중 교통사고 발생 비율이 가장 높은 택시 교통사고의 예방을 위해서는 운수종사자를 대상으로 한 심층적인 원인조사를 통한 운수안전경영시스템이 필요하다. 현재의 교통사고 원인조사 체계에서 수집하는 자료는 사고 발생 현장의 도로교통시설결함과 운수종사자의 위험운전행동에 초점이 맞춰져 있어 택시사고에 가장 비중이 큰 운전자요인에 영향을 미치는 근무환경, 생활패턴, 건강특성과 같은 사고발생 기저에 있는 본질적인 요인과 관련된 자료의 수

J. Korean Soc. Transp.
 Vol.38, No.3, pp.218-231, June 2020
<https://doi.org/10.7470/jkst.2020.38.3.218>

pISSN : 1229-1366
 eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 23 April 2020

Revised: 12 May 2020

Accepted: 21 May 2020

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.

집에 한계가 있다. 본 연구의 목적은 택시 운수종사자의 근무 및 생활환경, 건강특성 등을 토대로 운수종사자의 유형을 진단하여 인적요인 기반 운수안전경영관리의 새로운 방향을 제시하는 것이다. 본 연구에서는 법인택시 운수종사자 993명을 대상으로 수행한 심층 면담조사를 통하여 본질적 기저요인 자료를 수집하였으며, 혼합 클러스터링 기법을 적용하여 법인택시 운수종사자의 유형을 분석하였다. 혼합 클러스터링 분석을 통하여 법인택시 운수종사자를 ‘근로과다형’, ‘생활불균형형’, ‘불특정다수형’, ‘위각밸지향형’ 4개의 패턴으로 분류 및 정의하였다. 또한 자료 수집 항목 중 첨단안전지원시스템 필요성, 일주일 근로시간, 직무스트레스 정도, 신체적 및 정신적 건강상태, 사고심각도 등 패턴의 특성을 파악할 수 있는 총 21개의 유의변수를 도출하였다. 본 연구에서는 운수종사자 안전경영시스템의 새로운 방향을 제시하였으며 연구결과를 활용하여 운수종사자 진단 및 관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 운수종사자 유형, 운수안전경영시스템, 본질적 기저요인, 혼합 클러스터링, 심층면담조사, 택시

서론

2018년에 발생한 교통사고 집계를 보면¹⁾, 가해자 차량을 기준으로 택시가 차지하는 비율이 45.4%로 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 교통사고 사망자수의 경우 사업용 자동차 중 택시 교통사고로 인한 사망자 수가 차지하는 비율이 약 25%로 가장 높은 것으로 나타나 사회적인 대책이 필요하다. 정부는 택시 교통사고의 감축을 위하여 제도를 개선하고 다양한 사고예방대책을 마련함으로써 다각적인 노력을 기울이고 있으나 사고 발생 현장의 물리적 요소에 주로 초점이 맞춰져 있다. 특히 교통사고 원인조사는 사고누적지점 및 구간에 대해서만 조사가 이루어져 택시 교통사고 발생의 주체인 운수종사자에 대한 심층적인 원인 파악에 한계가 있다. 또한 원인조사 중에 수집되는 자료와 교통사고 결과보고서의 조사 항목으로는 운수회사의 안전관리 및 운수종사자의 사고발생 기저요인을 나타내는 근무환경, 생활패턴, 건강특성 관련 자료 수집에 어려움이 있다. 따라서 택시 교통사고 발생을 예방하기 위해서 택시 운수종사자의 본질적 특성을 체계적으로 반영한 사회공학적 사고예방대책을 마련할 필요가 있다.

사업용 자동차의 교통안전 관련 기존 문헌을 검토한 결과, 근무환경, 성격, 피로도, 정신적 및 신체적 건강상태 등이 주요 영향요인인 것으로 확인되었다(La et al., 2013; Meng et al., 2019). 택시 교통사고의 감축을 위해서는 이와 같은 교통사고에 영향을 미치는 운수종사자의 특성을 분석하여 운수종사자의 유형을 기반으로 운수종사자의 직업·사회적 위험요인(근로시간, 여가시간, 만성질환, 주말근무횟수, 이직률 등)을 진단하고 교통안전담당자 및 운수종사자에게 제공함으로써 운수종사자별로 적용할 수 있는 구체적인 개선안 도출이 요구된다.

따라서 본 연구의 목적은 법인택시 운수종사자의 사고발생 기저요인을 조사 및 분석하여 운수종사자 유형을 분류하고 운수종사자 개별 맞춤형 컨설팅이 가능한 새로운 운수안전경영 패러다임을 제시함으로써 택시 교통사고를 예방하고자 하는 것이다. 운수종사자 본질적 특성을 파악하기 위하여 심층면담조사를 수행하였으며, 한국교통안전공단에서 운영하는 운수종사자 관리시스템에서 수집한 안전정보를 활용하여 분석을 수행하였다. 운수종사자의 패턴을 분석하기 위해서 계층적 군집분석과 비계층적 군집분석을 단계적으로 적용하는 혼합 클러스터링 기법을 활용하였다. 또한 혼합 클러스터링 기법으로 정립된 운수종사자의 패턴을 기반으로 맞춤형 교통안전 컨설팅 모델 적용 방안을 제시하였다. 본 연구는 운수종사자 개별 맞춤형 컨설팅에서 자료 수집 및 분석 과정을 통해 운수회사의 신뢰성 있는 운수종사자 안전관리대책의 마련을 지원하고 운수종사자의 자가진단과 피드백을 통하여 능동적인 교통안전의 증진을 유도할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 택시 운수종사의 교통안전 영향요인에 관련된 연구와 택시 운수종사자의 안전관리와 관련된 연구를 고찰하였다. 3장에서는 원인조사를 통해 수집한 법인택시 운수종사자의 사고발생 기저요인 자료를 활용하여 패턴을 분류하기 위한 혼합 클러스터링 기법을 포함한 방법론을 제시하였다. 4장에서는 법

1) 도로교통공단 교통사고분석시스템(TAAS)자료.

인택시 운수종사자의 본질적 특성 기반 패턴 분석 결과를 서술하였고 이를 기반으로 5장에서 결론과 향후 원인조사 개선방안에 대하여 기술하였다.

기존문헌고찰

본 연구의 문헌 검토는 택시 운수종사자의 교통사고 발생원인 기저에 있는 본질적 요인에 대한 개선의 필요성을 확인하고 원인조사를 통한 자료 수집을 위하여 교통사고 영향요인 관련 기존 연구를 고찰하였으며, 운수안전경영시스템의 새로운 방향 제시에 반영하고자 택시 운수종사자 교통안전 컨설팅 및 교통안전 대책 관련 연구를 고찰하였다. 고찰결과를 바탕으로 본 연구가 갖는 기존연구와의 차별성을 제시하였다.

1. 택시 운수종사자 교통안전 영향요인 관련 연구

다수의 연구들이 운수종사자의 위험운전행동과 교통사고와의 관계를 중점으로 분석하였다. 기존 연구에서 도출된 택시 교통사고 발생의 주요 요인으로는 근무형태, 차량유형, 운수종사자의 성격 및 피로도가 있는 것으로 나타났다(Dalziel et al., 1998). 운수종사자의 피로도 및 건강요인과 관련된 연구가 주로 수행되었으며 택시 운수종사자들을 대상으로 진행한 설문조사 결과, 건강에 관련된 조건에 대한 응답 중 스트레스, 신체적 통증에 대한 응답비율이 높은 것으로 도출되었다(Burgel et al., 2012). 운수종사자의 위험운전행동은 운수종사자의 피로도, 스트레스와 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Kwon, 2018). Bulduk et al.(2014)은 택시 운수종사자의 노출도가 높은 근골격계 질환에 대한 위험요인을 파악하기 위하여 Quick Exposure Check (QEC)분석을 수행하였으며 휴식의 부족, 연령, 경력을 위험요인으로 제시하였다. 또한 택시 운수종사자의 요통에 영향을 미치는 요인으로는 장시간 운전, 직무 스트레스, 직무 만족도, 제한된 작업 공간, 운행 중 전신 진동, 폭력 경험 및 휴식시간이 도출되었다(Chen et al., 2005; Raanaas and Anderson, 2008).

특히, 택시의 교통안전에 영향을 미치는 요인으로 빈번히 도출된 피로도에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다(Dalziel et al., 1998; Williamson et al., 2011; Government of Victoria, 2019). 택시 운수종사자는 자신의 피로도에 대하여 과소평가하는 경향이 있으며 피로도에는 수면시간과 휴식시간이 영향을 미치는 것으로 나타났다(Charlton et al., 2003). 또한 피로예측모델을 활용하여 피로스케일과 브레이크 사용강도에 대하여 분석한 결과 피로스케일이 증가함에 따라 강한 브레이크 사용빈도가 7.8% 증가하는 것으로 분석되었다. Mahajan et al.(2019)은 재정적 인센티브, 근무 형태 및 생활습관이 트럭운전자의 졸음운전에 미치는 영향을 파악하였다. 졸음운전 여부에 따라 운수종사자의 그룹을 나누어 분석한 결과, 졸음운전이 긴 주행시간, 휴식패턴, 수면시간과 큰 관련이 있음을 확인하였고 카페인과 흡연이 감소할수록 사고위험이 감소한 것으로 나타났다.

2. 택시 운수종사자 안전관리 관련 연구

고용노동부와 안전보건공단에서 발표한 ‘택시운전원의 직업건강 가이드라인’에서는 근무환경, 근무조건, 건강문제, 사고요인으로 구분하여 택시 운수종사자의 다양한 건강위험요인 관리대책을 제시하였다. 미국산업안전보건청(OSHA)은 물리적 조치(차내 보안카메라 장착, 알람장치 설치 등)와 관리적 조치(사업주와 경찰 간의 연결망 구축, 안전교육 실시 등)를 제안하였으며 일본에서는 사업용 자동차 운수종사자의 건강관리에 관한 매뉴얼을 보급하였다(Korea Occupational Safety & Health Agency, 2012). 택시 운수종사자의 건강에 대하여 설문조사를 진행한 결과, 대부분의 항목에서 불만족도가 높은 것으로 나타났으며 이에 따른 적절한 건강관리가 필요하다고 주장하였다. 택시 운수종사자는 피로도로 인하여 위험에 대한 노출도가 높으나 본인의 피로도를 등한시하는 경향이 있으므로 피로도 인식의 중요성 교육을 통한 택시 운수종사자의 피로도 관리의 필요성을 제시하였다(Meng et al., 2015; Government of Victoria, 2019).

운수종사자의 주행행태를 평가하여 위험운전행동의 유형을 파악하고 그에 따른 안전대책을 마련하고자 하는 연구가 수행되었다. Cho et al.(2015)은 운행기록분석시스템을 활용하여 사업용 자동차의 업종별 주요 위험운전행동을 제시하였다. Kwon et al.(2019)은 택시 DTG (Digital Tachograph, 디지털운행 기록계) 데이터로 수집되는 속도와 위치 정보를 바탕으로 위험운전 행태를 정의하고 사고다발지역 간의 관계를 파악하였으며, 체험교육 전과 후의 위험운전 행동률 변화를 분석하여 유의한 수준으로 감소한 것을 확인하였다. Kim and Kang(2015)은 DTG를 활용한 실시간 운수종사자의 안전운전 유도, 운전습관 개선 방안을 제안하였다.

기존에 수행된 운전자 유형 관련 연구에서는 클러스터링 기법을 활용하여 주행패턴 및 운수종사자의 유형을 분류하였다. Li et al.(2019)은 클러스터링 모델을 활용하여 전기자동차의 주행패턴을 분석하였다. 분류한 5가지 유형의 일일 주행패턴과 4가지 유형의 다면적 주행패턴의 특징을 추출하였으며 직업 활동으로 인한 통근 패턴, 가족단위 주행 패턴 등을 설명하였다. 화물운전자의 유형에 따른 교통안전 평가에 대한 연구가 진행된 바 있으며, Evers(2009)는 ‘안전의식지향형’, ‘자아비판형’, ‘불특정다수형’, ‘무관심형’, ‘스트레스민감형’, ‘공격성향’ 운수종사자로 분류하였다. 스트레스, 연령, 운전경력, 피로감, 공격운전 성향, 사고횟수 등의 변수를 기준으로 비교하여 유형을 분류하였다. 특히 피로도가 높고 난폭운전 확률이 높은 ‘공격성향’ 운수종사자와 피로감을 자주 호소하고 운전을 경멸하는 ‘스트레스민감형’ 운수종사자의 사고횟수가 높은 것으로 분석되었다.

3. 기존 연구와의 차별성

기존 택시 운수종사자의 교통안전 관련 연구를 통하여 운수종사자의 근무 및 생활환경과 건강특성이 위험운전행동에 영향을 미치며 그에 따른 안전대책의 마련이 필요한 것을 확인하였다. 클러스터링 기법을 활용하여 운전자의 유형 및 주행패턴을 분류하고 특성을 추출하는 연구에서는 위험운전행동을 분석하는 연구가 대부분이었다. 또한 Evers(2009)는 스트레스 경험 및 관리와 운전행태의 상관관계를 중점으로 운수종사자의 유형을 분류하는 연구를 수행하였으나 사고심각도와 운수종사자의 근무 및 생활환경을 포함한 운수종사자의 특성을 고려한 운수종사자의 유형 파악에서는 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 심층 면담조사를 통해 수집한 운수종사자의 근무환경, 생활패턴, 건강특성 자료를 활용하여 택시 운수종사자를 유형화하였다. 택시 교통사고 영향요인을 바탕으로 모든 택시 운수종사자를 대상으로 일반적으로 적용 가능한 안전대책을 마련하는 기존 연구와 달리 본 연구에서는 도출한 운수종사자의 패턴을 토대로 운수종사자 개별 맞춤형 컨설팅을 제공하는 운수안전경영시스템의 새로운 방향을 제시하는데 의의가 있다.

분석방법론

본 연구에서는 Figure 1에 제시한 바와 같이 3단계의 분석방법론을 통하여 택시 운수종사자의 패턴을 정의하였다. 1단계는 운수종사자 심층면담조사와 운수종사자 관리 시스템 조사를 통한 자료수집 단계이며, 2단계에서는 수집된 자료를 기반으로 유효 변수를 평가하였다. 3단계에서는 혼합 클러스터링 기법을 활용하여 운수종사자를 패턴화하고 유형별 특성을 파악하였으며, 분석결과를 기반으로 운수종사자 맞춤형 교통안전 컨설팅의 방향을 제시하였다.

Step 1. 자료수집

본 연구에서는 상담전문가 면담을 통해 수집한 심층면담조사 자료와 한국교통안전공단에서 운영하는 운수종사자 관리 시스템 자료를 매칭하여 법인택시 운수종사자 패턴 분석 자료를 구축하였다. 운수종사자의 본질적 특성과 관련된 교통사고 기저요인을 파악하기 위하여 택시 교통사고와 운수종사자 특성에 관한 문헌을 중심으로 국내·외 논문 및 연구보고서를 고찰하였다. 기존 문헌 조사를 통해 파악된 교통사고 영향요인을 기반으로 법인택시 운수종사자의 교통사고 영향요인을 건강특성, 근무환경, 생활패턴 3개 그룹으로 분류하여 조사항목을 도출하였다. 심층면

담조사는 2018년 3, 4분기와 2019년 1, 2분기 교통수단안전점검 대상 법인택시회사에 소속된 교통안전담당자와 운수종사자를 대상으로 진행되었다. 2019년 9-10월에 걸쳐 수행되었으며 89개 법인택시회사를 대상으로 993명의 운수종사자를 조사하여 운수종사자의 기본 특성, 건강 및 질환 관련 정보, 운수회사 근무환경, 생활만족도 및 여가 활동에 관련된 항목(165종)을 수집하였다. 그러나 운수종사자의 사고이력 정보의 공개 거부, 운수종사자 개인정보의 부정확한 입력으로 인해 공단 시스템 데이터와 매칭이 불가능한 212명의 표본이 제외된 781명의 표본자료를 분석에 활용하였다.

원인조사가 진행된 운수종사자를 기반으로 한국교통안전공단에서 운영하는 운수종사자 관리시스템의 안전정보(39종)를 수집하여 매칭하였다. 건강특성 17개, 근무환경 18개, 생활환경 4개의 항목을 법인택시 운수종사자 특성 항목으로 도출하였으며 사고특성 분석을 위해 운수종사자의 사고심각도를 정의하여 분석에 적용하였다.

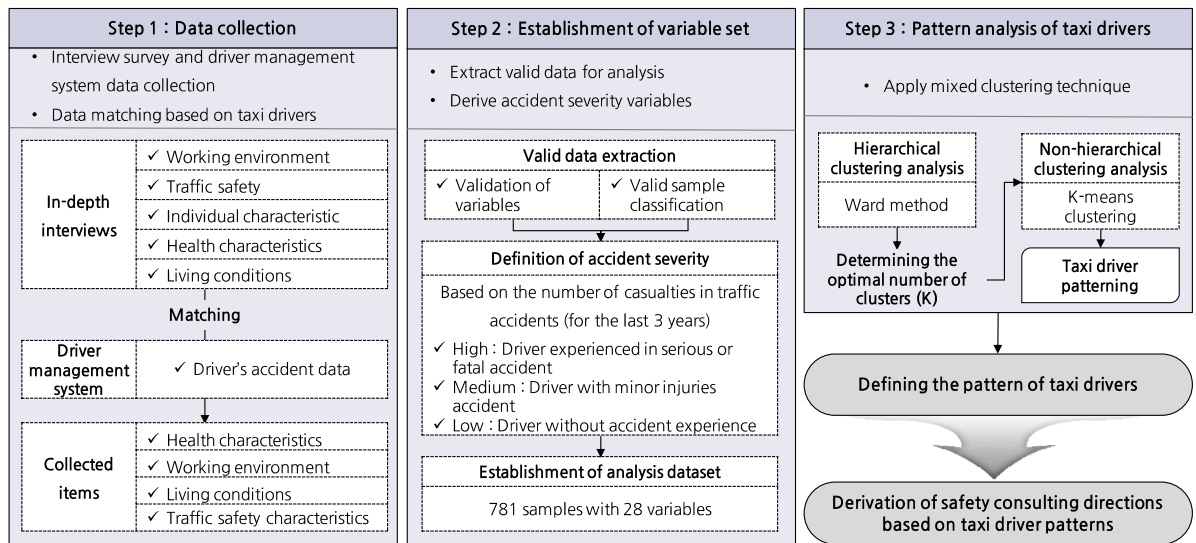


Figure 1. The overall framework

Step 2. 변수설정

본 연구에서는 법인택시 운수종사자 대상 원인조사와 한국교통안전공단에서 운영하는 운수종사자 관리 시스템을 통하여 자료를 수집한 후에 분석에 활용하기 위하여 유효 자료를 추출하였다. 첫 번째 단계에서 수집한 항목 중 동일 응답비율이 최대 90% 이상으로 응답이 편중된 항목과 결측치를 포함한 항목을 제외하여 군집분석에 활용할 수 있는 유효변수를 추출하였다. K-means 군집분석에서 군집화 과정은 거리계산을 통해 이루어지므로 범주형 항목을 제외한 연속형 변수만을 추출하여 유효 변수로서 활용하였다. 두 번째 단계에서 유효한 샘플 자료를 구분하기 위하여 사고자료의 수집이 불가능한 운수종사자를 제외하였으며 수집되지 않은 변수가 있는 운수종사자 또한 유효 샘플 자료에서 제외하고 남은 운수종사자 관련 자료를 유효 샘플 자료로 선정하였다.

분석과정에서 운수종사자의 사고특성을 반영하기 위해 운수종사자 관리시스템을 통해 운수종사자별 사고 한 건 당 상해심각도 정보를 수집하여 활용하였다. 사고정보는 2016년 8월부터 2019년 7월까지 최근 3년간의 자료를 수집하였다. 수집한 사고자료를 기반으로 ‘상’, ‘중’, ‘하’로 구분하였으며 운수종사자를 기준으로 중상사고 이상의 사고를 경험한 경우를 ‘상’, 경상사고와 부상사고를 경험한 경우를 ‘중’, 사고 경험이 없는 경우를 ‘하’로 사고심각도 변수를 정의하여 변수를 추가하였다. 또한 본 연구에서는 ‘모든 변수는 교통사고와의 관계에 있어서 이론적인 해석에도 어긋남이 없다.’는 가설을 설정하여 사고심각도 그룹별 모든 변수의 평균을 비교하여 가설적합성을 평가하였다. 평가 결과, 유효변수 모두 가설과 적합한 것으로 나타났다. 위와 같은 자료수집 및 가공 과정을 수행하여 최종적으로

변수 28개, 샘플 781명의 분석자료를 구축하였다. 법인택시 운수종사자 수집 항목과 추출한 유효변수를 Table 1에 제시하였으며 원인조사 항목의 척도를 표시하였다.

Table 1. Investigation items and valid variables for taxi drivers

Division	Investigation items	Survey scale	Validity of variable
Health characteristics	Mental stress by passengers	5 points	○
	Drinking frequency	6 points	○
	Degree of health management	5 points	○
	Physical health condition	5 points	○
	Mental health condition	5 points	○
	Fatigue level	5 points	○
	The amount of sleeping time	Narrative	○
	Drowsiness effects by disease and drug use	4 points	-
	The effect of dizziness by disease and drug use	4 points	-
	Nausea effects by disease and drug use	4 points	-
	Road facility awareness impact by disease and drug use	4 points	-
	Impact of obstacle avoidance by disease and drug use	4 points	-
	Degree of smoking	3 points	-
	Intensity of emotional labor	5 points	-
	Average alcohol consumption	5 points	-
	The amount of drinking on the day off from work	6 points	-
	The amount of regular use of the drug	5 points	-
Working environment	Working hours per week	Narrative	○
	Continuous working period (year) at the current company	Narrative	○
	Degree of satisfaction with the wage system	5 points	○
	Loss wages for one year	Narrative	○
	Job stress level	5 points	○
	Needs for advanced driver assistance systems (ADAS)	5 points	○
	Waiting time for passengers	5 points	○
	Level of job satisfaction	5 points	○
	Comfort level of internal environment of the vehicle	5 points	○
	Frequency of weekend work per month	Narrative	○
	The degree of physical burden of taxi driving	5 points	○
	Frequency of night work per week	Narrative	○
	Frequency of workdays per week	Narrative	○
	Time duration for personal affairs	5 points	○
	The degree of safety education conducted by the company	5 points	○
	Average driving hours per day	Narrative	○
	Turnover rate	Narrative	○
Safety improvement degree by ADAS	5 points	-	
Living conditions	Average of living satisfaction	5 points	○
	Frequency of meals with family	5 points	○
	Age	Narrative	○
	The number of close acquaintances	Narrative	-
Traffic safety	Accident severity	3 categories	○

Step 3. 택시 운수종사자 패턴 분석

운수종사자 교통안전관리의 새로운 방향 제시를 위한 본질적 기저요인 기반의 운수종사자 패턴을 파악하기 위하여 군집분석을 분석 방법론으로 선정하였다. 군집분석은 개체 간 유사성을 기반으로 유형을 구분하기 위해 사용되는 가장 유용한 방법 중 하나이다(Halkidi et al., 2001). 또한 군집분석은 식별하기 어려운 데이터의 패턴을 파악하는데 의미가 있으므로 운수종사자의 근무 및 생활환경, 건강특성 기반의 패턴을 파악하기 위한 기법으로 활용하였다(Park and Kim, 2017). 군집분석은 이질적인 요소가 섞여있는 대상을 유사도를 기준으로 서로 닮은 것끼리 모아

몇 개의 군집으로 분류하는 방법으로 계층적 군집분석과 비계층적 군집분석으로 나뉜다(Shin, 2003). 본 연구에서는 신뢰성 있는 운수종사자 패턴 분석 결과를 얻기 위하여 적정 군집의 수를 결정하는 계층적 군집분석과 군집의 특성 파악에 용이한 K-means 군집분석이 결합된 혼합 클러스터링 기법을 활용하였다. K-means 군집분석 방법은 정해진 군집의 수가 없이 임의로 군집수를 추출하여 분석하므로 주어진 군집의 수가 원 데이터 구조에 적합하지 않거나, 초기 군집 중심의 위치가 적당하지 않은 경우 부적절한 군집화 결과가 도출된다. 따라서 운수종사자 내면적 특성을 고려한 패턴 분석을 위하여 군집 수 결정에 있어 다양한 기준 통계치 정보를 얻을 수 있는 계층적 군집분석 기법과 비계층적 군집분석인 K-means 군집분석을 함께 적용한 방법론인 혼합 클러스터링 기법을 적용하였다(Yi et al., 2006). 계층적 군집분석을 통하여 최적의 군집 수를 파악하고 비계층적 군집분석 중 K-means 군집분석을 통하여 운수종사자의 유형을 분류하고 정의하였다.

1) 계층적 군집분석

계층적 군집분석은 가장 유사도가 높은 개체들을 선택하여 병합해가는 분석 방법이다(Lee, 2009). 계층적 군집분석의 가장 큰 장점은 최적의 군집 수에 대한 정보를 얻을 수 있다는 것이며 단계별 군집 결과를 시각화한 트리형태의 덴드로그램을 분석하거나 통계지표의 값을 플랫폼하여 급격한 변화를 보이는 곳에 대응되는 군집의 개수를 결정하는 방법이 일반적으로 많이 쓰인다(Yi et al., 2006). 본 연구에서는 가장 보편적이면서 많이 사용되는 계층적 군집분석을 K-means 군집분석의 군집의 수(K)를 결정하기 위한 방법으로 적용하였으며 와드법을 이용하여 유클리드 거리를 계산하였다(Song and Chang, 2010). 기존 연구에서 최적 군집 수 판정 기준으로 사용되는 통계지표인 CCC (Cubic Clustering Criterion), PSF (Pseudo F Statics), PST2 (Pseudo t-Squared)의 정의와 판정 기준을 Table 2에 제시하였다. 적정 군집 수는 군집 수에 따른 통계지표의 추이를 분석하여 급격한 변화를 보이는 지점의 군집의 수이며, 이는 K-means 군집분석에 필요한 K의 값으로 사용한다.

Table 2. Statistical indicators for determining the optimal number of clusters

Statistical indicators	Description	Criteria
CCC (Cubic Clustering Criteria)	• This means the deviation between clusters and is calculated by comparing the observed R-square and the approximate expected R-square.	• Local maximum
PSF (Pseudo F Statics)	• This is the ratio of between-cluster variance to within-cluster variance.	• Local maximum
PST2 (Pseudo t-Squared)	• This is an index that quantifies the difference in the ratio of between-cluster variance to within-cluster variance when clusters are merged at a given step.	• Local minimum

2) 비계층적 군집분석

비계층적 군집분석 기법 중 하나인 K-means 군집분석은 MacQueen(1967)에 의해 제안된 방법으로 군집에 속한 개체와 군집의 중심과의 거리를 계산하고 거리의 합을 최소화하여 개체를 분류하는 분석방법이다(Cheong and Oh, 2014). 사전에 분류할 군집의 개수, K에 대한 정보가 주어져야 하고, K개 군집의 초기값 (seed)들이 군집의 형성에 상당한 영향을 주는 경향이 있다(Bae and Roh, 2005).

K-means 군집분석의 알고리즘은 다음과 같다. 희망하는 군집 수(K)를 초기값으로 지정하고, 각 개체를 가까운 초기값에 할당하여 군집을 형성한 뒤 각 군집의 평균을 재계산하여 초기값을 갱신한다. 갱신된 값에 대해 앞의 할당 과정을 반복하여 K개의 최종 군집을 형성한다. 군집의 중심점(평균) 으로부터의 잔차제곱합이 최소가 되도록 반복한다. K-means 군집분석은 알고리즘이 단순하며 계층적 군집보다 많은 양의 자료를 다룰 수 있으며, 거리 기반으로 계산되기 때문에 모든 변수가 연속적이어야 한다(Lee and An, 2003). 따라서 본 연구에서는 연속형 변수만을 활용하였으며 계층적 군집분석을 통해 도출한 군집수 K를 K-means 군집분석에 적용하였다.

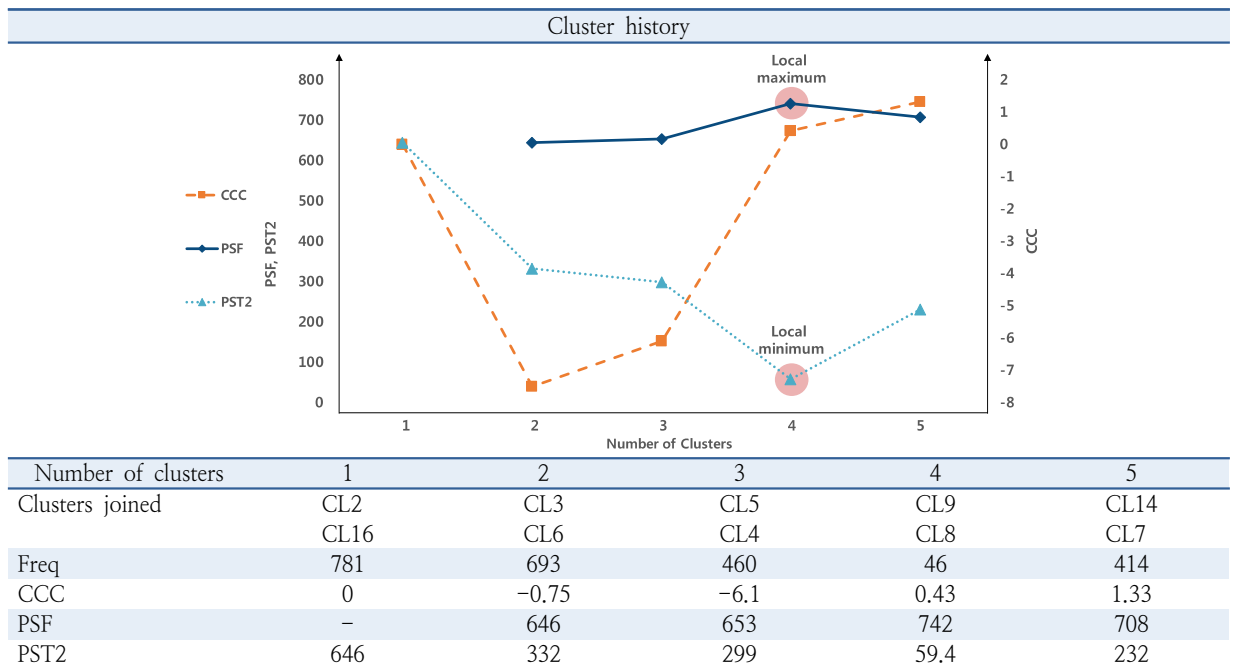
분석결과

본 연구에서는 법인택시 운수종사자 781명을 대상으로 수집한 근무환경, 생활패턴, 건강특성 자료를 활용하여 운수종사자의 패턴 분류를 수행하였다. 계층적 군집분석에서 통계 지표의 도출 결과를 바탕으로 운수종사자 패턴의 적정 수를 제시하였다. 도출한 적정 군집 수를 기반으로 K-means 군집분석을 수행하여 법인택시 운수종사자의 패턴을 파악하고 유형을 정의하여 운수종사자 유형별 맞춤형 안전컨설팅의 방안을 제시하였다.

1. 택시 운수종사자 적정 패턴 수 산정

택시 운수종사자의 적정 패턴 수를 산정하기 위한 계층적 군집분석 결과는 Table 3에 제시하였다. 본 연구에서는 조사된 표본 수를 고려할 때 운수종사자 유형을 다섯 가지 이하의 유형으로 구분하는 것이 적절한 것으로 판단하였다. 이에 따라 Table 3에서는 군집 수 5개 이하의 결과만을 제시하였으며, 통계지표의 변동이 유의한 지점을 찾아 최적의 군집 수를 판정하였다. Table 3에서 Clusters Joined는 군집이 나뉘진 후 생성된 새로운 군집을 의미하며, Freq는 현재 군집의 관측치 수를 의미한다(SAS Institute, 2016). 예를 들어 군집 수(Number of Clusters) 1에서의 Clusters Joined CL2와 CL16은 군집이 분할된 후 새로운 군집의 명칭을 의미하며, 군집의 수가 하나이기 때문에 전체 표본 수인 781이 관측치로 제시되었다. 이 때 CL2는 해당 군집이 군집수 2일 때 해당 군집이 재분할되는 것을 의미한다. 통계지표 분석 결과 CCC의 경우 국부 최고점을 찾을 수 없었다. 그러나 군집 수가 4개인 경우 값이 크면 더 이상 군집을 합하는 것이 의미가 없음을 의미하는 PSF (Caliński and Harabasz, 1974)가 국부 최고점으로 분석되었으며, PST2가 최소점을 가지는 것으로 도출되었다. 따라서 택시 운수종사자의 최적 패턴의 수를 4개로 산정하였다.

Table 3. Results of statistical indicators according to the number of clusters



2. 택시 운수종사자 패턴 분석 결과

택시 운수종사자의 패턴을 분석하기 위해 계층적 군집분석을 수행하여 도출한 적정 군집 수인 4를 K-means 군집분석의 군집수로 지정하였다. K-means 군집분석 결과 신뢰수준 95%에서 21개의 변수가 유의한 것으로 분석되

었으며, 패턴별 운수종사자 수는 각각 285명, 129명, 168명, 199명으로 도출되었다. 4개의 택시 운수종사자 패턴에서 유의한 변수들의 평균값을 비교하여 패턴의 특성을 추출한 결과를 Table 4에 제시하였다. 운수종사자 패턴별 변수 평균값이 근무환경, 생활패턴, 건강특성 측면에서 가장 긍정적인 경우 (P)로 표시하고 음영처리하였으며 가장 부정적인 경우 (N)으로 표시하고 빗금처리하였다. 예를 들어 일주일 근로시간의 경우 가장 짧은 시간인 53.96시간을 근무환경 측면에서 긍정적인 영향을 미치므로 (P)로 표시하였으며 가장 긴 시간인 59.35시간을 근무환경 측면에서 부정적인 영향을 미치는 (N)으로 표시하였다. 유의변수 중 긍정 및 부정 여부를 구분할 수 없는 연령과 ADAS 필요성에 대해서는 P/N 표기를 제외하였다.

Table 4. The result of the average of significance variable by K-means cluster analysis

Variables	Pattern 1 (285)	Pattern 2 (129)	Pattern 3 (168)	Pattern 4 (199)
Age	57.06	57.88	55.98	60.32
Needs for ADAS	3.91	3.70	4.10	3.97
Working hours per week	53.96 (P)	55.52	58.49	59.35 (N)
Waiting time for passengers	2.38	1.78 (P)	2.20	2.80 (N)
Loss wages for one year	10.14	8.39 (P)	19.22 (N)	21.26 (N)
Job stress level	3.35	2.55 (P)	4.23 (N)	3.72
Mental stress by passengers	3.21	2.63 (P)	3.91 (N)	3.71
Time duration for personal affairs	85.00	90.35 (P)	71.25 (N)	77.26
The degree of safety education conducted by the company	4.02	4.40 (P)	3.57 (N)	4.32
Degree of satisfaction with the wage system	3.08	3.88 (P)	2.47 (N)	2.82
Comfort level of internal environment of the vehicle	3.23	3.80 (P)	2.99 (N)	3.57
Level of job satisfaction	3.17	3.77 (P)	2.65 (N)	3.23
The amount of sleeping time	7.14	7.59 (P)	6.58 (N)	6.89
Degree of health management	2.95	3.60 (P)	2.62 (N)	3.56
Fatigue level	3.40	2.88 (P)	4.49 (N)	3.57
The degree of physical burden of taxi driving	3.38	2.84 (P)	4.24 (N)	3.63
Drinking frequency	3.40	3.35 (P)	4.33 (N)	3.93
Physical health condition	2.93	3.82	2.75 (N)	3.87 (P)
Mental health condition	3.13	3.99	2.98 (N)	4.06 (P)
Average of living satisfaction	2.65	3.05	2.34 (N)	3.18 (P)
Accident severity	1.32	1.29 (P)	1.43	1.48 (N)
	(P)	Positive	(N)	Negative

본 연구에서는 Table 4에서 제시된 패턴별 특징을 파악하여 운수종사자를 네 가지 유형으로 구분하였다. 네 유형의 특징을 명확하게 구분하고자 패턴 간 차이가 두드러지는 건강특성, 근무환경, 생활환경, 사고특성별 주요 요인을 선정하였다. 또한 운수종사자 패턴별 특징을 명확하게 파악하기 위하여 선정된 주요 요인에 대해서 상대적 순위를 비교하여 Figure 2에 제시하였다. 패턴 1의 경우 일주일 근로시간이 가장 적은 것으로 나타났으나 대부분의 지표에서 특이사항이 도출되지 않았으므로 ‘불특정다수형(Unspecified-normal)’ 운수종사자로 정의하였다. 패턴 2는 공차대기시간, 직무 스트레스 정도, 개인용무 사용시간, 건강관리정도, 사고심각도 등 15개의 변수에서 다른 패턴들에 비해 교통안전에 긍정적인 특성을 지니므로 ‘워라밸지향형(Work and life-balanced)’ 운수종사자로 정의하였으며 사고심각도가 가장 낮은 유형이다. 패턴 3은 패턴 2와는 반대로 전반적인 근로, 생활, 건강 특성이 불균형적이므로 ‘생활불균형형(Life-imbanced)’ 운수종사자로 정의하였으며 연령이 낮고 ADAS 필요성이 높은 것으로 나타났다. 마지막으로 패턴 4의 경우 다른 패턴에 비하여 근로시간이 가장 많은 것으로 분석되어 ‘근로과다형(Overworking)’ 운수종사자로 정의하였으며 건강상태 및 생활만족도에서 교통안전에 긍정적인 특성을 지니고 있으나 연령이 높고 사고심각도가 가장 높은 운수종사자 유형이다.



Figure 2. The analysis results of taxi driver pattern

3. 활용방안

운수종사자의 근무환경, 생활패턴, 건강특성에 대한 능동적 관리, 운수업체의 운수종사자 관리에 대한 관심정도가 복합적으로 개선될 때 효과적인 교통사고 예방이 가능하다. 본 연구의 결과는 운수회사의 교통안전담당자 및 운수종사자에게 사고발생 기저요인을 고려한 운수안전경영시스템으로의 패러다임 변화 필요성을 강조하여 사업용자동차 교통사고예방 효과를 향상시킬 수 있는 기초자료로 활용될 것으로 기대된다. 운수종사자의 유형 분석에서 유의한 변수로 도출된 기저요인 항목에 대하여 조사한 자료를 기반으로 운수종사자의 패턴을 파악하여 운수종사자 유형별 맞춤형 교통안전 컨설팅의 수행이 가능하다. 운수종사자 유형 진단을 통해서 개선할 항목을 확인할 수 있으며 운수회사 또한 운수종사자별 맞춤형 안전보건 대책 마련이 가능하다. 패턴별 운수종사자 및 운수회사 컨설팅 예시를 Table 5에 제시하였으며, 운수종사자 교통안전 컨설팅 진단표 예시를 Figure 3에 제시하였다. ‘근로과다형’ 운전자는 다른 운전자들에 비하여 일주일 근로시간이 많고 개인용무 사용시간이 적은 것으로 나타났다. 따라서 교통안전 증진을 위하여 근로시간 및 개인용무 사용시간의 조정을 통한 근무환경 개선이 필요함을 확인할 수 있다. 또한 ‘근로과다형’ 운전자가 많은 운수회사의 경우 근로시간을 제한하는 정책을 마련할 수 있으며, 고령운전자 운전 능력 평가하여 고령운전자 교통안전 체계를 구축할 수 있다. ‘생활불균형형’ 운전자의 경우 건강상태를 나타내는 대부분의 지표에서 건강상태에 대한 부정적인 결과가 도출되었으므로 해당 운수회사는 생활패턴을 개선하기 위한 건강교육을 수행하여 교통사고 발생의 예방을 위한 대책을 마련할 필요성이 있다. 회사 차원의 컨설팅 방안은 공동섭터를 마련하고 정밀 건강검지 지원을 통해 운수종사자 건강보호 체계를 마련하는 것이다. 마지막으로 ‘위라벨지향형’ 운전자는 근무환경 및 건강상태를 나타내는 대부분의 지표에서 교통안전에 긍정적인 결과가 도출되었으므로 운수회사는 해당 운전자를 모범운전자로 선정하고 적절한 보상을 제공하여 학습모델의 효과를 기대할 수 있다.

Table 5. The consulting examples of taxi drivers and taxi companies for driver patterns

Pattern	Consulting example for taxi drivers	Consulting example for taxi drivers company
Overworking	<ul style="list-style-type: none"> To propose a management plan for working hours and personal use hours 	<ul style="list-style-type: none"> Restrict overtime work for taxi drivers Establish a driving capability evaluation system for elderly drivers
Life-imbalanced	<ul style="list-style-type: none"> To offer mental and physical health management program for taxi drivers 	<ul style="list-style-type: none"> Support the improvement of rest facility Support the health medical examination Improve the driver's wage system
Work and life-balance	<ul style="list-style-type: none"> To diagnose improvement factors compared to drivers in the same pattern 	<ul style="list-style-type: none"> Select exemplary drivers and provide incentives Provide incentives to traffic safety officers of taxi company

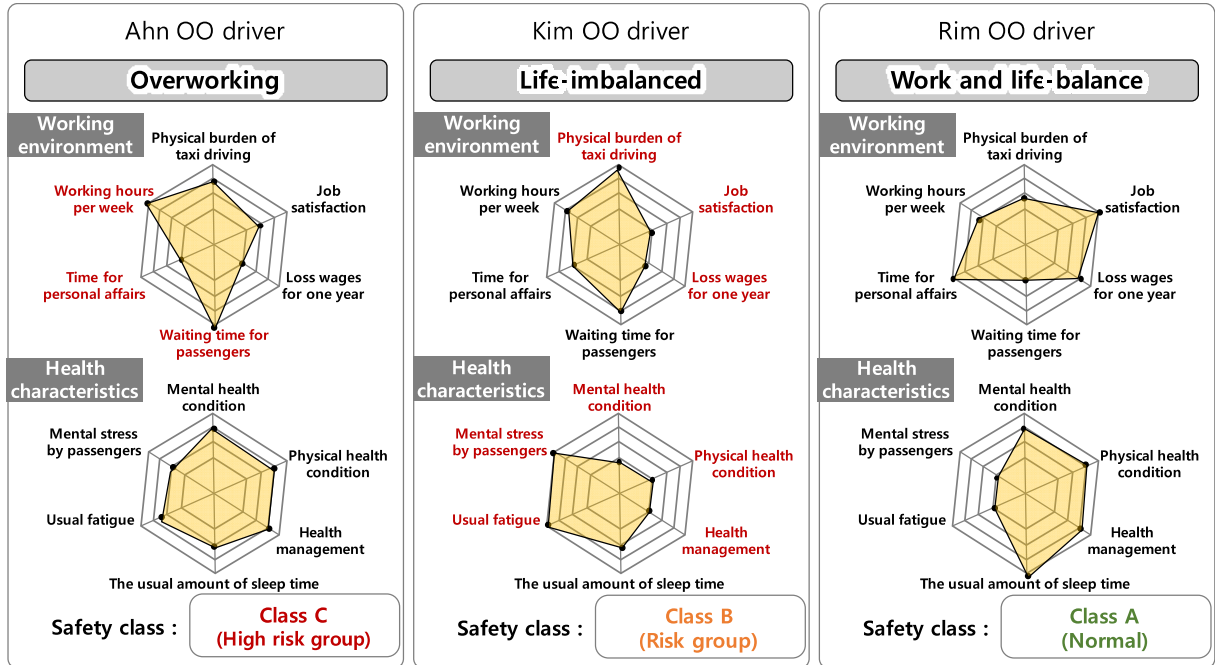


Figure 3. An example of customized safety consulting approaches for taxi driver patterns

본 연구에서 제시한 운수종사자 심층면담조사 데이터 기반 운수종사자별 패턴결과를 이용하여 맞춤형 진단표를 제공하고 조화가 가능한 운수안전컨설팅 체계를 마련할 수 있다. 정기적인 운수안전컨설팅 및 진단표를 제공을 통하여 생활패턴 및 근무환경의 개선에 효과가 있을 것으로 기대된다. 또한 운수회사별로 각 회사에 소속된 운수종사자 유형의 분포정도를 확인하고 평균적으로 위험성이 높은 운수종사자 유형의 비율을 줄이기 위한 구체적인 안전보건 대책을 마련할 수 있을 것으로 판단된다. 예를 들어 다른 유형보다 비교적 안전한 유형에 해당하는 운수종사자의 경우 적절한 보상을 제공하여 운수종사자들의 안전의식을 함양하고 교통안전 활동을 격려할 수 있도록 평가 및 보상체계 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

결론

교통사고 발생원인의 90% 이상이 인적요인인 것으로 알려져 있으나, 현재 교통사고 원인조사 체계에서는 도로 교통시설결함과 차량결함 등의 요인을 중심으로 원인조사를 수행하여 운전자의 본질적 요인 파악에는 한계가 있다. 특히 사업용 자동차 업종 중에서 교통사고 발생건수의 비율이 가장 높은 택시의 교통안전 증진을 위하여 사고발생 기저요인을 기반으로 기존의 방식과는 차별화된 운수안전관리가 필요하다. 본 연구에서는 법인택시 운수종사자를 대상으로 원인조사를 수행하여 사고발생 원인의 기저에 있는 본질적 특성인 근무환경, 생활패턴, 건강특성을 수집하고 운수종사자 유형을 분석하여 맞춤형 안전 컨설팅 모델 방안을 제시하였다.

기존에 교통수단안전점검 대상이었던 법인택시 운수회사들을 원인조사대상으로 선정하였으며 운수종사자의 심층면담을 통해 사고발생 기저요인 자료를 수집하였다. 한국교통안전공단에서 운영하는 운수종사자 관리시스템을 활용하여 운수종사자의 사고정보를 수집하였고 사고심각도 변수로 분석에 활용하였다. 운수종사자의 패턴을 분석하고자 하였으며 계층적 군집분석과 비계층적 군집분석을 단계적으로 적용하는 혼합 클러스터링 기법을 분석 방법론으로 선정하였다. 혼합 클러스터링은 계층적 군집분석을 통해 얻은 군집의 수를 비계층적 군집분석에 활용하는 방법으로 본 연구에서는 781명의 법인택시 운수종사자를 4개의 패턴으로 분류하였다.

도출한 4개의 법인택시 운수종사자 패턴은 ‘근로과다형’, ‘생활불균형형’, ‘불특정다수형’, ‘위라벨 지향형’으로 정의하였다. ‘근로과다형’ 운수종사자는 사고심각도가 가장 높은 운수종사자 유형으로 분석되었는데 건강상태와 만족도는 높고 연령이 높은 유형이다. ‘생활불균형형’ 운수종사자는 전반적인 근무환경과 건강특성, 생활환경이 불균형적이고 연령이 낮으며 ADAS의 필요성이 높은 것으로 나타난 유형이다. ‘위라벨지향형’ 운수종사자는 평소 피로감이 가장 낮고 건강상태와 만족도가 우수하며 사고심각도가 가장 낮은 유형이다. 그 외의 운수종사자들은 일주일 근로시간이 가장 적으나, 대부분의 변수에서 특이사항이 없어 ‘불특정다수형’으로 분류되었다. 법인택시 운수종사자 패턴 분류 결과를 기반으로 운수안전의 효과적인 증진을 위해서 운수종사자 기반의 사고발생 기저요인의 특성을 진단하여 안전대책을 제시하는 운수안전경영시스템의 새로운 프레임워크를 제시하였다. 운수종사자의 유형 분석에 유의한 변수를 기반으로 지속적인 자료조사를 통하여 운수종사자별 유형 진단 모델을 고도화할 수 있을 것이며 운수회사가 운수종사자를 관리하기 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 운수회사는 운수종사자 유형 결과를 바탕으로 운수종사자 삶의 질을 개선하는 근무환경 및 운영체계를 구축할 수 있으며, 이를 통해 운수종사자 교통안전성 증진에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 제시한 새로운 방식의 운수안전경영시스템의 제도화를 위해서는 다음과 같은 추가적인 연구가 필요하다. 첫째, 심층면담조사를 통해 운수종사자 기반 사고발생 기저요인 자료를 수집하여 운수종사자 패턴의 분류를 진행하였다. 그러나 법인택시의 경우 2인1차제를 시행하는 경우가 다수임에 따라 DTG데이터의 활용을 통한 운수종사자 개별 주행특성 분석에 한계를 가지고 있다. DTG데이터를 활용할 경우 운수종사자의 개별 주행행태까지 고려한 유형 진단모델이 가능할 것이며 그에 따른 운수종사자의 운전습관 개선과 사고예방대책의 마련이 가능할 것이다. 둘째, 기존문헌고찰에 따르면 폭력성 및 공격성 등 운수종사자의 성격 또한 교통안전에 영향을 미치는 요소이다. 그러나 본 연구에서 수집한 사고발생 기저요인 자료는 근무환경, 생활패턴 및 건강특성을 포함하고 있어 운수종사자의 정서적인 요소의 파악에 한계가 있다. 따라서 운수종사자의 감각 추구 성향, 폭력성, 불안 정도와 같은 정서적인 요소를 파악할 수 있는 평가지표를 비롯하여 운수종사자 패턴을 구분할 수 있는 항목을 추가적으로 개발해야한다. 이를 통해 불특정다수형을 세분화할 수 있는 운수종사자 특성을 파악할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 택시뿐만 아니라 버스, 화물차 등 사업용 자동차 업종을 확대하여 업종별 진단모델 및 운수안전경영시스템을 구축할 필요가 있다. 마지막으로 운수종사자의 유형 진단 모델의 타당성 검증 및 고도화가 필요하다. 예를 들어, 심층면담조사 응답자 답변의 일관성을 검토하여 패턴화 모형의 설명력을 높일 수 있다. 또한 본 연구에서는 통계적 기법인 혼합 클러스터링을 통하여 패턴화를 하였으나 추후 인공지능 기법을 통한 모형 고도화가 가능할 것으로 판단된다.


Funding


This work was funded by the Korea Transportation Safety Authority.

알림


본 논문은 2019년 한국교통안전공단 연구과제 중 ‘사업용자동차 교통사고 원인조사 연구-법인택시’ 보고서(2019-09)의 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.


ORCID

LEE, Seolyoung  <http://orcid.org/0000-0002-4822-8739>

CHO, Eunsol  <http://orcid.org/0000-0002-4354-4820>

OH, Cheol  <http://orcid.org/0000-0002-1431-9480>

KANG, Sunwha  <http://orcid.org/0000-0002-5238-9033>

CHOE, Byongho  <http://orcid.org/0000-0003-3214-1345>

References

- Bae W. S., Roh S. W. (2005), A Study on K-means Clustering, *Commun. Stat. Appl. Methods*, 12(2), The Korean Statistical Society, 497-508.
- Bulduk E. Ö., Bulduk S., Süren T., Ovalı F. (2014), Assessing Exposure to Risk Factors for Work-related Musculoskeletal Disorders Using Quick Exposure Check (QEC) in Taxi Drivers, *Int. J. Ind. Ergon.*, 44(6), Elsevier, 817-820.
- Burgel B. J., Gillen M., White M. C. (2012), Health and Safety Strategies of Urban Taxi Drivers, *J. Urban Health*, 89(4), Springer, 717-722.
- Caliński T., Harabasz J. (1974), A Dendrite Method for Cluster Analysis, *Commun. Stat. Theory Methods*, 3(1), Taylor & Francis, 1-27.
- Charlton S. G., Baas P. H., Alley B. D., Luther R. E. (2003), Analysis of Fatigue Levels in New Zealand Taxi and local-route truck drivers, *TERNZ*, 22-32.
- Chen J. C., Chang W. R., Chang W., Christiani D. (2005), Occupational Factors Associated with Low Back Pain in Urban Taxi Drivers, *Occup. Med.*, 55(7), Oxford University Press, 535-540.
- Cheong D. H., Oh K. J. (2014), Using Cluster Analysis and Genetic Algorithm to Develop Portfolio Investment Strategy Based on Investor Information, *Journal of the Korean Data And Information Science Society (KDISS)*, 25(1), The Korean Data and Information Science Society, 107-117.
- Cho J. H., Jang K. T., Shim J. S., Oh C. S. (2015), An Analysis of Dangerous Driving Behaviors in Commercial Vehicles using eTAS, *J. Korean Soc. Transp.*, 72, Korean Society of Transportation, 158-163.
- Evers C. (2009), Effects of Loads and Stress on the Traffic Behavior of Truck Drivers (Doctoral Dissertation), Rheinische Friedrich-Wilhelms-University, Germany.
- Government of Victoria (2019), Fatigue Management Guidelines, Commercial Passenger Vehicles Victoria (CPVV), 1-7.
- Halkidi M., Batistakis Y., Vazirgiannis M. (2001), On Clustering Validation Techniques, *J. Intell. Inf. Syst.*, 17(2-3), Kluwer Academic Publishers, 107-145.
- Kim Y. W., Kang J. G. (2015), Implementation of Real-time Dangerous Driving Behavior Analysis Utilizing the Digital Tachograph, *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 20(2), The Korean Society of Computer and Information, 55-62.
- Korea Occupational Safety & Health Agency (2012), Taxi Driver's Occupational Health Guideline, 88.
- Kwon O. H., Park S. H., Kim D. W. (2019), Case Studies Using Taxi DTG Data: Analysis of Relationship between Traffic Crashes and Risky Driving Behavior & Effect Analysis of Safe Driving Training Programs, 2019 Korea ITS Society Spring Conference, The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 32.
- Kwon S. Y. (2018), Risk Factors Associated with Traffic Accidents among Occupational Drivers Based on Fatigue and Sleep Assessment (Doctoral Dissertation), Yonsei University, Korea.
- La Q. N., Lee A. H., Meuleners L. B., Van Duong D. (2013), Prevalence and Factors Associated with Road Traffic Crash among Taxi Drivers in Hanoi, Vietnam, *Accid. Anal. Prev.*, 50, Elsevier, 452-455.

- Lee H. J. (2009), A Study on the Relation between Perceived Social Support and Career Attitude Maturity with Career Preparation Behavior of an Undergraduate (Masters dissertation), Ewha Womans University, Seoul.
- Lee Y. S., An M. Y. (2003), A Comparison of Clustering Algorithm in Data Mining, Journal of the Korean Data And Information Science Society (KDISS), 14(2), The Korean Data and Information Science Society, 19-25.
- Li X., Zhang Q., Peng Z., Wang A., Wang W. (2019), A Data-driven Two-level Clustering Model for Driving Pattern Analysis of Electric Vehicles and a Case Study, J. Clean Prod., 206, Elsevier, 827-837.
- MacQueen J. (1967), Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations, In Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(14), 281-297.
- Mahajan K., Velaga N. R., Kumar A., Choudhary A., Choudhary P. (2019), Effects of Driver Work-rest Patterns, Lifestyle and Payment Incentives on Long-haul Truck Driver Sleepiness, Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav., 60, Elsevier, 366-382.
- Meng F., Li S., Cao L., Li M., Peng Q., Wang C. et al. (2015), Driving Fatigue in Professional Drivers: A Survey of Truck and Taxi Drivers. Traffic inj. prev., 16(5), Taylor & Francis, 474-483.
- Meng F., Wong S. C., Yan W., Li Y. C., Yang L. (2019), Temporal Patterns of Driving Fatigue and Driving Performance among Male Taxi Drivers in Hong Kong: A Driving Simulator Approach, Accid. Anal. Prev., 125, Elsevier, 7-13.
- Park J. W., Kim E. (2017), Runtime Prediction of Parallel Applications with Workload-aware Clustering, J. Supercomput., 73(11), Kluwer Academic Publishers, 4635-4651.
- Raanaas R. K., Anderson D. (2008), A Questionnaire Survey of Norwegian Taxi Drivers' Musculoskeletal Health, and Work-related Risk Factors, Int. J. Ind. Ergon., 38(3-4), Elsevier, 280-290.
- SAS Institute (2016), SAS/STAT® 14.2 User's Guide.
- Shin Y. C. (2003), A Study on the Method of Measurement and Application of the Inter-regional Linkage and Urbanization Level for Delimiting the Regional Territory (Masters Dissertation), Dankook University, Yongin.
- Song M. K., Chang H. (2010), Charaterization of Cities in Seoul Metropolitan Area by Cluster Analysis, Journal of Korean Society for Geospatial Information System, 18(1), Korea Spatial Information Society, 83-88.
- The Australian Federal Office of Road Safety(1998), Taxi Drivers and Road Safety, 34-120.
- Williamson A., Lombardi D. A., Folkard S., Stutts J., Courtney T. K., Connor J. L. (2011), The Link between Fatigue and Safety, Accid. Anal. Prev., 43(2), Elsevier, 498-515.
- Yi S. K., Hong S. E., Park S. H. (2006), A Similar Price Zone Determination of Public Land Price Using a Hybrid Clustering Technique, Journal of the Korean Geographical Society, 41(1), The Korean Geographical Society, 121-135.