

소형 경유 트럭에 대한 친환경 트럭으로의 개조 기술 선택에 관한 연구

권영민¹ · 변지혜^{2*} · 강남우³

¹한국과학기술원(KAIST) 조천식녹색교통대학원 박사과정

²한국과학기술원(KAIST) 조천식녹색교통대학원 연구조교수, ³숙명여자대학교 기계시스템학부 조교수

A Study on the Alternative Selection of Eco-friendly Modification Techniques for Small Diesel Trucks

KWON, Yeongmin¹  · BYUN, Jihye^{2*}  · KANG, Namwoo³ 

¹Ph.D Course, The Cho Chun Shik Graduate School of Green Transportation, KAIST, Daejeon 34141, Korea

²Research Assistant Professor, Center for Eco-friendly and Smart Vehicles, KAIST, Daejeon 34141, Korea

³Assistant Professor, Department of Mechanical Systems Engineering, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

*Corresponding author: snowflower@kaist.ac.kr

Abstract

Light-duty trucks are a major means of transporting domestic short-haul road freight, and the importance of light-duty trucks is expected to increase with the expansion of electronic commerce. However, light-duty trucks are perceived as the main cause of fine dust in the city center due to vehicle deterioration, frequent driving and idling. This study aims to derive the technical factors and alternatives (electric, hybrid and DPF-equipped trucks) to convert light-duty trucks into eco-friendly trucks through an expert survey. To this end, the relative importance of the retrofit technology was evaluated using the analytic hierarchy process method. Results confirmed that the retrofit and maintenance costs should be considered as the first priority when evaluating alternative truck technology. In addition, the government needs to reduce the economic burden of truck owners through various subsidies to convert light-duty trucks into eco-friendly trucks. We hope that the results of this study can be used as a basic evaluation index in the development of eco-friendly truck conversion technology and design of policy for converting old trucks.

Keywords: analytic hierarchy process, delphi technique, eco-friendly truck, technological alternatives, truck

초록

소형 경유 트럭은 국내에서 발생하는 단거리 도로 화물을 운송하는 주요 수송 수단으로, 전자상거래의 발달로 그 중요성은 더욱 증가할 전망이다. 하지만 소형 경유 트럭은 노후화, 잦은 주차 및 공회전 증가 등으로 도심 미세먼지의 주범으로 인식되고 있다. 이에 본 연구는 전문가 설문조사를 통해 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 위한 기술요소 및 대안(전기트럭, 하이브리드트럭, DPF 장착 트럭)을 도출하였으며, 요인들에 대한 상대적 중요도를 계층분석법(AHP)을 활용하여 평가하였다. 분석 결과, 친환경 트럭 기술 대안들을 평가할 때 개조비용

J. Korean Soc. Transp.
Vol.37, No.2, pp.135-147, April 2019
<https://doi.org/10.7470/jkst.2019.37.2.135>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 8 January 2019

Revised: 12 March 2019

Accepted: 21 March 2019

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.

및 유지보수 비용을 가장 우선적으로 검토해야 하는 것으로 나타났다. 또한, 정부는 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조 시 다양한 지원 정책을 통해 차주들의 경제적 부담을 경감시킬 필요가 있는 것으로 조사되었다. 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조함에 있어 고려되어야 할 주요 요인들을 도출하고, 요인들 간의 상대적 중요도를 파악하여 최적의 기술 대안을 제시한 본 연구의 결과가 친환경 트럭 개조 기술 개발 및 노후트럭 지원 정책 설계 시 기초 평가 지표로 활용될 수 있기를 기대한다.

주요어: 계층분석법, 기술대안평가, 델파이 기법, 친환경 트럭, 트럭

서론

도로 화물은 국내 물류 수송의 주요 수단으로 전자상거래 활성화 및 온라인 쇼핑의 증가로 소형 화물 수송에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 1톤 미만의 소형 화물차량에 의해 주로 운송되는 택배산업 시장의 경우 2009년 기준 물동량이 1,080만 박스에 불과했지만, 2015년 1,816만 박스까지 증가하였으며, 2020년에는 약 3,000백만 박스까지 물동량이 매년 꾸준히 증가할 전망이다(Shin, 2018). 이에 우리나라에 등록된 전체 화물차량의 약 80% (약 283만대)를 차지하고 있는 최대적재량 1톤 미만의 소형 경유 트럭 또한 증가할 것으로 예상된다.

컨테이너, 양회, 정유, 철강 등의 장거리 운송을 담당하는 대형 화물차량들과 달리 단거리 도심지 운행을 담당하는 소형 경유 트럭들의 경우 잦은 주정차와 긴 공회전 시간으로 인해 높은 연비와 환경오염 배출량 감소에 대한 중요성이 상대적으로 강조된다. 하지만, 우리나라에서 운행 중인 소형 경유 트럭 중 45.0% (127만대)가 차량이 10년 이상 된 노후 경유 차량이며(2017년 기준), 이로 인한 환경오염 배출량 증가 및 평균 연비 감소 등의 사회적 문제가 끊임없이 제기되고 있다. 일반적으로 차량이 노후화될수록 연비는 감소하며 환경 오염물질 배출량은 증가하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2000).

노후 소형 경유 트럭들이 도심 미세먼지의 주범으로 인식되면서, 정부와 각 지자체는 수도권을 중심으로 노후 경유차의 운행제한 범위를 확대하고 있다. 또한, 노후 화물차에 대한 조기폐차 지원금을 확대하는 등 다양한 정책을 적극 활용해 노후 경유차 퇴출을 유도할 계획이다. 하지만, 생계형 영세운송사업자가 대다수인 소형 화물차 운전자들은 기존 트럭을 처분하고 신차를 구입하기에는 부담이 크며, 한정적인 보조금 예산으로 인해 폐차 보조금을 앞서 신청한 일부 운전자만 혜택을 보는 등의 문제점도 발생하고 있다. 향후 소형 경유 트럭들의 평균 연식이 꾸준히 증가할 것으로 예상되는 바, 소형 경유 트럭의 연비를 개선하며, CO₂, NO_x 등의 배출로 인한 환경오염을 최소화하기 위한 대비책 강구가 시급한 실정이다.

대형 경유 트럭의 연비 향상 및 환경배출 오염량 감소와 관련하여서는 Table 1과 같이 비교적 다양한 연구가 진행되었다. 지금까지 수행된 대부분의 연구들은 경량소재 활용, 구조 최적화, 회생제동 장치 장착 등을 통한 기계적인 개선 혹은 운전습관 교육을 통한 운전자 행태 개선에 초점을 맞춰 진행되었다.

하지만, 배터리 및 자동차 튜닝 기술이 발전함에 따라 소형 경유 트럭의 하이브리드 및 전기차로의 개조가 기술적으로 가능해졌음에도 불구하고 기존 화물차에 대한 친환경차로의 개조에 대한 타당성 연구는 저자가 조사한 범위 내에서는 아직 이루어지고 있지 않다. 또한, 대형 화물트럭들의 환경오염 배출량 감소 및 연비 향상을 위해서는 다수의 연구가 수행되었음에도 불구하고, 소형 경유 트럭을 대상으로 하는 연구는 극히 미미하게 수행되었다.

이에 본 연구는 소형 경유트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 위한 기술 대안들을 도출하고, 최적의 대안을 선택하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 공학분야의 다학제간 전문가 설문은 활용하여 친환경 트럭 개조 기술 의사 결정 모델링을 제공하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 하이브리드 트럭, 전기 트럭, 후처리장치 등의 친환경 트럭 개조 기술 대안들에 대해 살펴보았다. 3장에서는 친환경 트럭 개조 기술 선택을 위한 연구모형 및 방법론을 서술하였으며, 분석을 위한 설문 설계 및 표본특성은 4장에서 서술하였다. 계층분석법에 의한 친환경 트럭으로의 개조 기술 중요도 결과는

5장에서 제시하였으며, 마지막 6장 결론에서 본 연구의 주요 내용을 요약하고 시사점을 도출하였다.

Table 1. Summary of literature review

Author & Year	Research objectives	Target	Methodology
Ishida et al.(2001)	Exhaust emission reduction against base diesel engine	Medium-duty truck	Development of the ECOS-DDF natural gas engine
Ang-Olson et al.(2002)	Assessment of truck energy efficiency strategies	Freight truck	Eight trucking strategies are assessed, including technological innovations and human factor (operations) strategies
Strayer et al.(2003)	Improves driver efficiency	Commercial truck	Simulator Training
Wei et al.(2008)	Reducing the fuel consumption of heavy trucks	Heavy truck	3D road geometry based optimal power-train control system
Boretti Alberto(2010)	Improvements of truck fuel economy	Truck	Flywheel energy storage system concept / Mechanical regenerative braking
Roh et al.(2015)	Enhancement of fuel efficiency	Road freight vehicle	Lightweight Flat-Bed Trailers Made of High-Strength Steel Plates
Ryu et al.(2017)	NOx reduction in diesel engines	Marine diesel engines	Wet-type exhaust gas cleaning system

친환경 트럭 개조기술 대안

본 연구는 기존 소형 트럭을 친환경 차량으로 개조하는 기술들을 검토한 후 최적의 대안을 선정하는 것을 목표로 한다. 화석 연료 사용을 줄이며, 환경오염 배출량을 감축시킬 수 있는 친환경 트럭 개조 기술을 위한 대안으로는 하이브리드 자동차, 전기 자동차, 수소 자동차, LPG 자동차, 후처리장치 기술 등이 있다(국토교통부, 2017). 이 중 수소 자동차 기술은 기존의 소형 트럭을 개조하여 실용화하기에는 충전 인프라가 부족하고 개조 비용 및 기술의 복잡도가 높기 때문에 기술적 대안에서 배제하였다. 또한, 소형 트럭을 대상으로 하는 본 연구의 특성상 LPG 자동차로의 개조는 LPG 차량 연료탱크 붐배 장착으로 적재공간의 대폭적인 감소가 불가피해 기술적 대안에서 제외하였다. 그 결과 최종적인 친환경 트럭 개조 기술 대안으로 1) 하이브리드 트럭, 2) 전기 트럭, 3) 후처리장치 장착 등 3가지 대안이 선정되었다. 각 기술 대안들에 대한 정의 및 선정 이유는 다음과 같다.

1. 하이브리드 트럭으로의 개조

하이브리드 트럭으로의 개조라 함은 단일 동력원의 일반 트럭과 달리 두 개 이상의 동력원에 의해 차량이 구동되는 차량으로 내연 기관과 전기 모터를 주 동력원으로 사용되는 기술을 뜻한다. 일반적으로 모터와 엔진의 비율에 따라 풀 하이브리드, 마일드 하이브리드, 플러그인 하이브리드 등 3가지 종류로 구분되며, 본 연구에서 하이브리드 트럭이라 함은 엔진 동력을 기본으로 하며 모터는 보조 역할만 수행하는 마일드 하이브리드를 뜻한다. 하이브리드 트럭으로의 개조는 전기 트럭으로의 개조 기술에 비해 저비용으로 개조가 가능하며, 이로 인해 효율적인 연비향상 및 배출가스 저감이 가능하다는 장점이 있다.

2. 전기 트럭으로의 개조

전기 트럭으로의 개조라 함은 화석연료를 사용하는 내연기관을 사용하지 않고, 전기 배터리와 전기 모터를 사용하여 구동시키는 트럭으로 개조시키는 것을 뜻한다. 현재 국내에는 파워프라자, GCCC, 한국전기연구원 등 몇몇 기업이 상용차를 대상으로 순수 전기차로 개조한 사례가 존재하며, 전기자동차 보급 및 충전인프라 구축사업 보조금 업무처리지침에 따라 민간 보조금 자격을 획득한 업체에 한해 전기 트럭 개조 보조금을 지급하고 있다. 전기자동차

는 상대적으로 충전 인프라 구축이 빠르게 진행되고 있으며 기존 차량에 핵심 요소(모터, 배터리 등)를 추가하여 충분히 구현이 가능하므로 기술적 대안의 후보군으로 선정하였다.

3. 후처리장치 장착 트럭으로의 개조

후처리장치라 함은 앞선 두 가지 대안과 달리 미세먼지, 질소산화물 등 배기가스 배출을 줄이기 위해 추가적인 장치를 부착하는 것을 말하며, 대표적으로 Diesel Particulate Filter (DPF), Diesel Oxidation Catalyst (DOC), Selective Catalytic Reduction (SCR) 등이 있다. 이 중 DPF 장치는 세라믹 필터나 Partial 필터 등을 통해 미세먼지를 포집하고 이를 고온의 배기가스나 연소되지 않은 연료를 내보내 포집된 미세먼지를 태운 후 배출하여 미세먼지를 저감하는 장치를 말한다. 기존 차량에 후처리장치를 장착하여 대기 오염물질인 배기가스의 배출을 직접적으로 줄이는 장치가 기존 디젤 트럭에 의무 장착 되어 있으나 일부 연식이 오래된 차종의 경우 매연저감장치의 장착이 의무사항이 아니다. 이에 DPF 장치의 장착 및 성능 개선을 통하여 배출가스를 추가적으로 줄이는 방안도 기술적 대안들의 후보군중 하나로 제시하였다.

연구모형 및 방법론

1. 델파이 기법(Delphi technique)

소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 위한 기술 대안들을 평가할 요인을 도출하기 위해 델파이 기법(Delphi technique)을 사용하였다. 델파이 기법이란 어떠한 문제에 관하여 전문가들의 경험적 지식을 바탕으로 의견수렴, 중재 및 타협의 방식을 반복적인 피드백을 통한 하향식 의견 도출의 정성적 분석기법이다.



Figure 1. Delphi method work-flow

델파이 기법을 활용함에 있어 연구 주제와 관련된 분야의 적절한 전문가 집단을 구성하는 일은 매우 중요하다. 전문가 집단을 선정하는 표준이 되는 기준은 아직 마련되어 있지 않으나(Lee, 2001; Kang, 2008), 일반적으로 참여자의 적절성, 성실성, 대표성 등이 고려되어야 하며, 응답하는 데 필요한 전문적 지식능력을 갖추고 있어야 한다(Kim, 1986). 델파이 기법에 참여하는 전문가 집단의 수는 최소 5명 이상을 활용할 것을 권장하고 있다(Rowe et al., 2001). 이에 본 연구에서는 2016년 11월 7일부터 약 1주일간 친환경 트럭 관련 과제 및 연구를 수행한 경험이 있는 7명의 전문가 패널을 구성한 후 델파이 기법을 활용하여 친환경 트럭 개조 기술 선정을 위한 기술 대안들의 선택속성들을 도출하였다. 전문가 패널은 기계·전자·교통 분야의 교수진, 연구원 및 관련 업체 기술자 등 산학연 전문가들로 구성되었으며, 총 3회에 걸친 의견수렴 과정이 온라인상으로 진행되었다. 그 결과 친환경 트럭 개발을 위한 대안 평가 항목으로 경제적 타당성(친환경 트럭 개조 기술을 개발하는데 필요한 R&D비용과 차량 개조 및 유지에 드는 비용), 기술적 타당성(친환경 트럭으로 개조 후 차량의 향상된 기술 수준 및 완성도), 정책적 타당성(친환경 트럭 개조를 위한 정부의 보조금 규모 및 노후 디젤트럭 규제 강도) 등 3가지 타당성 항목에 대한 총 10개의 평가 요소가 도출되었다. 각 평가요인 및 하위요소에 대한 정의는 Table 2와 같다.

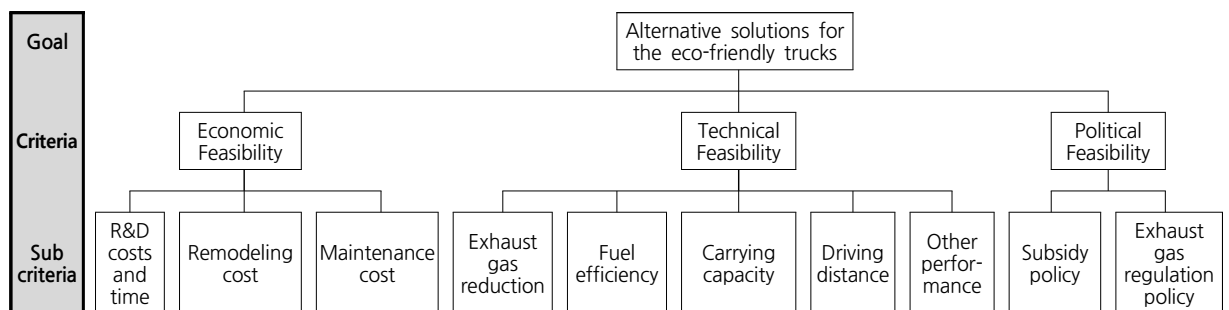
Table 2. Technological alternatives for criteria factors of eco-friendly trucks (EFTs)

	Rating factor	Definition
Economic feasibility	R&D costs and time	Cost and time required to develop a technology to convert an internal combustion engine truck into an EFT
	Remodeling cost	All costs involved in converting an internal combustion engine truck into an EFT
	Maintenance cost	Maintenance costs incurred by operating EFTs
Technical feasibility	Exhaust gas reduction	Environmental pollutants such as PM and NO _x that are reduced when operating EFTs compared to operating internal combustion engine trucks
	Fuel efficiency	Mileage per unit of fuel improved by the conversion of internal combustion trucks into EFTs
	Carrying capacity	Reduced load weight of modified EFTs compared to internal combustion trucks. (Because the total weight of trucks cannot be increased under the relevant laws, increasing the tolerance weight due to hybrid truck modifications requires a reduction of the load weight.)
	Driving distance	The driving distance that the EFT can travel when the fuel tank is filled to the maximum
	Other performance	The performance (such as speed, acceleration, torque, etc.) of a truck that has been converted into an EFT
Political feasibility	Subsidy policy	Government and municipal subsidies for costs incurred in converting internal combustion trucks to EFTs
	Exhaust gas regulation policy	Enforcement of emission control policies such as those prohibiting trucks with high pollutant emissions from entering large cities

2. AHP (Analytic Hierarchy Process)

델파이 기법을 통해 친환경 트럭 개조 기술을 평가할 요인들을 도출한 후 계층분석법(AHP)을 활용해 각 요인에 대한 상대적 중요도를 평가하였다. AHP 방법은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정을 지원하는 방법론으로(Saaty, 1988), 이론적 배경을 근거로 하여 실제로 의사결정과 관련된 문제를 해결하기 위해 주로 사용된다. 의학, 관광학, 마케팅, 경영학 등 다양한 학문 분야에서 적용되고 있으며(Lee, 2006; Kim et al., 2008; Hong, 2011), 다음의 4단계 작업을 통해 요인들에 대한 상대적 중요도 평가가 수행된다.

첫 번째 단계는 계층 구조화 과정이다. 의사결정 문제를 상호 관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층을 설정하는 단계이다. 계층의 최상층은 가장 포괄적인 의사결정 목적인 친환경 트럭 개조기술 선택으로 설정되며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 경제적, 기술적, 정책적 타당성 속성들로 구성된다. 한 계층 내의 각 요소들은 서로 비교 가능한 것이어야 하며, 계층의 최하층은 선택의 대상이 되는 개조비용, 연비, 보조금 정책 등 10가지 의사결정 대안들로 구성된다. 본 연구에서 제안한 2레벨 10개의 요인들로 구성된 계층구조모형은 Table 3과 같다.

**Figure 2. Hierarchical structure model for eco-friendly truck technologies**

두 번째 단계는 쌍별 판단을 근거로 행렬 A를 생성 하여 의사결정 요소들 간의 쌍대비교(pairwise comparison)로 판단자료를 수집하는 단계이다. 상위계층에 있는 목표를 달성하는데 공헌하는 직계 하위계층에 있는 요인들의 쌍별 판단을 근거로 행렬 A를 생성하며, 쌍대비교행렬은 Equation 1과 같이 행렬의 대각을 중심으로 역수의 형태를 취하게 된다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1, \forall i \tag{1}$$

평가지표를 2개씩 쌍대 비교하여 평가자들의 선호를 표현하며, AHP 방법론 제안자인 T.Saaty(1980)의 9점 척도 (1:비슷함, 3:약간 중요함, 5:중요함, 7:매우 중요함, 9:극히 중요함, 짝수:홀수 값들의 중간 값)를 사용하여 요인들에 대한 상대적 선호도를 평가한다.

세 번째 단계는 가중치 산정 과정으로, 고유치방법(eigenvalue method)을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정하는 단계이다. 한 계층 내에서 비교 대상이 되는 n개 요인의 상대적인 중요도를 $w_i (i = 1, \dots, n)$ 라 하면, 전술한 쌍대비교행렬에서의 a_{ij} 는 $w_i/w_j (i, j = 1, \dots, n)$ 로 추정할 수 있다. 행렬의 모든 요소는 Equation 2와 같이 나타낼 수 있으며, 해당 식은 선형대수이론의 고유치 문제로 요소 $a_{ij} (i, j = 1, \dots, n)$ 로 구성되는 행렬 A를 Equation 3 과 같이 생성할 수 있다.

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \quad (i, j = 1, \dots, n) \tag{2}$$

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \tag{3}$$

AHP 분석에서 평가자는 정확한 ω 를 모르며, 쌍대비교에 의하여 정확한 평가를 할 수 없는 것으로 가정하기 때문에 실제적으로는 ω 를 추정하게 된다. 쌍대비교행렬 A의 각 요소에 대한 가중치 ω 를 모른다고 했을 때, 이 행렬을 A'라 하고 이 행렬의 가중치 추정치 w'는 Equation 4를 이용하여 근사적으로 구할 수 있다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{\max} \cdot w' \tag{4}$$

여기서, λ_{\max} 는 행렬 A'의 가장 큰 고유치를 뜻한다. λ_{\max} 는 항상 n보다 크거나 같기 때문에 계산된 λ_{\max} 가 n에 근접하는 값일수록 쌍대비교행렬 A의 수치들이 일관성을 가진다고 말할 수 있다. 일관성의 정도는 일관성지수 (consistency index: CI)와 일관성비율(consistency ratio: CR)을 통해 구할 수 있으며, 이는 Equation 5와 같다.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{R.I.} \tag{5}$$

마지막 4번째 단계는 상대적인 가중치들의 종합으로, 친환경 트럭 개조 기술 선택을 위한 여러 대안들(전기차, 하이브리드, 후처리장치)에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 사항들의 상대적인 가중치를 종합하는 단계이다.

친환경 트럭 개조 기술 선택하기 위하여 최하위에 있는 대안들의 우선순위를 결정하는 복합중요도벡터를 산출하는데, 최상위 계층에 대하여 k번째 하위계층에 있는 대안들의 복합중요도는 Equation 6을 통해 도출된다.

$$C[1, k] = \prod_{i=2}^k B_i \tag{6}$$

여기서, $C[1, k]$ 는 첫 번째 계층에 대한 k번째 계층항목의 복합가중치, B_i 는 추정된 w 벡터를 구성하는 행을 포함하는 $n_{i-1} \times n_i$ 행렬, 그리고 n_i 는 i번째 계층의 항목 수를 뜻한다. 복합중요도는 궁극적으로 평가대상이 되는 대안들의 점수를 나타내며, 이를 통해 대안의 우선순위를 결정하게 된다.

설문 설계 및 표본 특성

1. AHP 설문 설계

본 연구의 목적은 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 위한 기술 대안들을 도출하고, 최적의 대안을 선정하는데 있다. 이를 위해 트럭 개조 기술과 관련된 과제 혹은 사업을 적어도 1회 이상 수행한 경험이 있는 산·학·연 전문가들을 대상으로 2016년 12월부터 2017년 1월까지 약 2달 동안 AHP 설문조사가 진행되었다.

첫 번째 부분은 3가지 타당성 항목 및 10개의 평가 요소들 간의 1:1 쌍대비교도표 질문으로 구성되었다. 총 17개 문항으로 구성되었으며, 9점 리커트 척도를 활용하여 측정하였다. 응답자들은 평가요소들 중 극단적으로 선호하는

Table 3. Summary of survey questions

Part	Detail items	Scale																						
[Part 1]	① Economic feasibility	Likert scale																						
Total 17 Items	The following items are questions about the relative importance of “economic feasibility” among the technological alternatives for eco-friendly truck development. The criteria for “economic feasibility” can be divided into ① R & D cost and time, ② remodeling cost, and ③ maintenance cost. Compare the relative importance of the three criteria and choose the number that best matches your thinking	1-9																						
	① R&D costs and time: Cost and time required to develop a technology to convert an internal combustion engine truck into an eco-friendly truck																							
	② Remodeling cost: All costs involved in converting an internal combustion engine truck into an eco-friendly truck																							
	③ Maintenance cost: Maintenance costs incurred by operating eco-friendly trucks																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Alternative</th> <th>Extreme ←</th> <th>Strong ←</th> <th>Equal importance</th> <th>→ Strong</th> <th>→ Extreme</th> <th>Alternative</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R&D cost</td> <td>9 8 7 6 5 4 3</td> <td>2 1 2</td> <td>3 4 5 6 7 8 9</td> <td>Remodeling</td> </tr> <tr> <td>R&D cost</td> <td>9 8 7 6 5 4 3</td> <td>2 1 2</td> <td>3 4 5 6 7 8 9</td> <td>Maintenance</td> </tr> <tr> <td>Remodeling</td> <td>9 8 7 6 5 4 3</td> <td>2 1 2</td> <td>3 4 5 6 7 8 9</td> <td>Maintenance</td> </tr> </tbody> </table>	Alternative	Extreme ←	Strong ←	Equal importance	→ Strong	→ Extreme	Alternative	R&D cost	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Remodeling	R&D cost	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Maintenance	Remodeling	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Maintenance	
Alternative	Extreme ←	Strong ←	Equal importance	→ Strong	→ Extreme	Alternative																		
R&D cost	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Remodeling																				
R&D cost	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Maintenance																				
Remodeling	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Maintenance																				
	⋮																							
[Part 2]	[Questions 1] With respect to R&D cost and time, which technology alternative (hybrid, electric or DPF) do you think would be more efficient or desirable to develop?																							
Total 30 items	R&D costs and time: Cost and time required to develop a technology to convert an internal combustion engine truck into an eco-friendly truck																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Alternative</th> <th>Extreme ←</th> <th>Strong ←</th> <th>Equal importance</th> <th>→ Strong</th> <th>→ Extreme</th> <th>Alternative</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hybrid</td> <td>9 8 7 6 5 4 3</td> <td>2 1 2</td> <td>3 4 5 6 7 8 9</td> <td>Electric</td> </tr> <tr> <td>Hybrid</td> <td>9 8 7 6 5 4 3</td> <td>2 1 2</td> <td>3 4 5 6 7 8 9</td> <td>DPF</td> </tr> <tr> <td>Electric</td> <td>9 8 7 6 5 4 3</td> <td>2 1 2</td> <td>3 4 5 6 7 8 9</td> <td>DPF</td> </tr> </tbody> </table>	Alternative	Extreme ←	Strong ←	Equal importance	→ Strong	→ Extreme	Alternative	Hybrid	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Electric	Hybrid	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	DPF	Electric	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	DPF	
Alternative	Extreme ←	Strong ←	Equal importance	→ Strong	→ Extreme	Alternative																		
Hybrid	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	Electric																				
Hybrid	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	DPF																				
Electric	9 8 7 6 5 4 3	2 1 2	3 4 5 6 7 8 9	DPF																				
	⋮																							

요소의 경우 해당 요소대안에 가까운 ⑨를, 매우 선호하면 ⑦을, 선호하면 ⑤를, 약간 선호하면 ③을 선택하게 되며, 비교되는 두 요소의 중요도가 동일하다 생각될 시 ①을 선택하게 된다. 두 번째 부분은 3가지 기술 대안들의 10개 평가 요소들에 대한 상대적 선호도 및 중요도 평가였다. 첫 번째 부분과 마찬가지로 리커트 척도를 활용하여 측정되었으며, 총 30개 문항으로 구성되었다. 설문조사의 대략적인 구성은 Table 3과 같다.

2. 표본 특성

친환경 트럭 개조 기술과 관련된 산·학·연 전문가들을 대상으로 설문지가 포함된 전자메일을 배포했으며, 총 16부의 설문지가 회수되었다. AHP 기법의 경우 전문가들을 대상으로 수행하는 설문조사로 표본크기에 대한 제약은 일반적으로 존재하지 않으며, 10명 이하의 소표본에 의한 분석 또한 허용된다(Peterson et al., 1994; RL Armacost et al., 1994; Al-Harbi et al., 2001)

모든 설문 응답자들은 최소한 학사 학위를 소지하고 있었으며, 특히 75% 이상이 석·박사 학위 소지자였다. 전문가 집단의 전공분야는 기계공학이 6명으로 가장 많았으며, 전자 전기공학 5명, 교통공학 3명, 건설 환경공학 2명 순으로 조사되었다. 직업별로 응답자를 살펴본 결과 연구원이 10명으로 가장 높았으며, 대학 교수 4명, 산업체 관계자 2명으로 구성되었다. 설문조사에 참여한 응답자들의 구체적인 특성은 Table 4와 같이 요약된다.

Table 4. Characteristics of the sample population

Sample attributes		Number
Sample size		16
Major	Mechanical engineering	6
	Transportation engineering	3
	Electrical engineering	5
	Civil and environmental engineering	2
Education	Bachelor	4
	Master	5
	Doctor	7
Job	Researcher (KAIST, KOTI, etc)	10
	Professor (SNU, KAIST, etc)	4
	Company	2

AHP 분석결과

친환경 트럭 개조기술 선택요인 제1계층에 대한 중요도를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 제1계층에 대한 일관성 비율을 측정한 결과, Saaty(1990)가 제시한 임계치 기준인 0.1 (10%) 이하인 0.061로 나타났으며, 이는 응답자들의 논리적 일관성이 충분히 확보되었음을 뜻한다. 그룹 일치도를 뜻하는 AHP group consensus 또한 65.4%로 비교적 높게 분석되었다.

Table 5. Relative importance and priority by factor of eco-friendly truck remodeling technology

Criteria	Weight	Rank
Economic feasibility	42.4%	1
Technical feasibility	31.7%	2
Political feasibility	26.0%	3
[Total]	100%	(CR=0.061)

친환경 트럭 개조기술 요인들에 대한 상대적 중요도를 평가한 결과 ‘경제적 타당성’이 42.4%로 가장 중요한 요인

으로 선정되었다. 이는 친환경 트럭 개조 기술 개발자들은 개조 기술을 개발하는데 필요한 R&D비용 및 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키는데 필요한 비용을 우선시 한다는 것을 뜻한다. 다음으로는 기술적 타당성이 31.7%로 조사되었으며, 정책적 타당성이 26.0%로 가장 낮은 순위를 보였다.

친환경 트럭 개조기술 선택 요인의 세부 요인인 제 2계층에 대한 평가요소 간 상대적 중요도를 평가하기 위하여 각 요인별 일관성 지수를 우선 검토하였다. 그 결과, 경제적 타당성(0.7%), 기술적 타당성(2.4%), 정책적 타당성(0.0%) 모두 CR 값이 0.1 이하로 나타나 일관성이 유지되는 것을 확인했으며, 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Weighting results by classification sub-criteria

Criteria	Sub-criteria	Local weight	Local rank
Economic feasibility	R&D costs and time	15.0%	3
	Remodeling cost	44.1%	1
	Maintenance cost	40.9%	2
	[Total]	100%	(CR=0.007)
Technical feasibility	Exhaust gas reduction	16.5%	4
	Fuel efficiency	38.7%	1
	Carrying capacity	18.4%	2
	Driving distance	17.5%	3
	Other performance	8.9%	5
	[Total]	100%	(CR=0.024%)
Political feasibility	Subsidy policy	62.6%	1
	Exhaust gas regulation policy	37.4%	2
	[Total]	100%	(CR=0.000%)

경제적 타당성의 평가요소 중 가장 중요한 요소는 개조비용(중요도=0.441)으로 나타났으며, 다음으로 유지보수 비용(중요도=.409), R&D 비용 및 시간(중요도=.150) 순으로 나타났다. 이를 통해 운수업체 및 트럭운전자가 합리적인 비용을 지불하고 친환경 트럭으로 개조할 수 있도록 개조비용을 줄이는 방향으로 목표를 설정해야 한다는 것을 알 수 있다. 또한, 개조 트럭의 내구성을 높여 유지보수 비용이 적게 들도록 하는 것이 중요하며, 친환경 트럭 개조기술을 받아들이는 운수업체 및 트럭운전자의 경제적 부담이 지나치게 가중되면 기술이 성공적으로 상용화되기 어렵다는 것을 나타낸다.

기술적 타당성의 평가요소 중에서는 연비(중요도=.387)가 가장 중요한 요소로 분석되었으며, 다음으로 적재량(중요도=.184), 운행가능 거리(중요도=.175), 배기가스 저감(.165), 기타성능(=.089) 순으로 전문가들은 평가하였다. 이는 친환경 트럭 개조 개발자들은 연료 당 주행거리 비율인 연비의 향상을 가장 염두에 두고 개조기술을 개발하여야 하며, 하이브리드 파워트레인을 장착하고 구동부 구조변경을 하는 등 친환경 트럭으로 개조함에 있어 공차중량이 지나치게 증가하는 것을 경계해야함을 시사한다. 소형 트럭의 특성 상 친환경 트럭 개조로 인한 적재량 감소는 실수요자에게 치명적인 단점으로 작용될 수 있다.

마지막 요소인 정책적 타당성의 평가요소 중에는 보조금 정책(중요도=.626)이 배기가스 규제정책(중요도=.374)보다 중요한 것으로 평가되었다. 친환경 트럭 개조기술 선택 계층1에서 경제적 타당성이 기술적, 정책적 타당성 보다 높은 중요도를 가진 것과 같이, 정책적 타당성 중 경제성과 관련된 보조금 정책이 배기가스 규제 정책보다 중요하다고 생각하는 것으로 분석되었다.

계층1과 2에서 도출된 지역(Local) 가중치를 종합하여 최종적으로 각 평가요소의 상대적 중요도 및 최종 우선순위를 도출하였다. 종합가중치(Global 중요도)의 Consistency Ratio CR값은 2.3%로 논리적 일관성이 확보되었다. 전체 10개의 평가요소 중 개조비용(중요도=.187)이 가장 중요한 요소로 평가되었다. 다음으로 유지보수 비용(중요도=.173), 보조금 정책(중요도=.162), 연비(중요도=.123) 등의 순으로 평가되었다. 평가요소에 대한 종합가중치 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. AHP results of technological alternatives for eco-friendly trucks

Goal	Level 1 Criteria	Level 2 Sub-criteria	Global weight	Rank
The alternative solutions for the eco-friendly trucks	Economic Feasibility	R&D costs and time	0.1495	6
		Remodeling cost	0.4413	1
		Maintenance cost	0.4091	2
Consistency Ratio CR: 2.3%	Technical Feasibility	Exhaust gas reduction	0.1647	9
		Fuel efficiency	0.3873	4
		Carrying capacity	0.1840	7
		Driving distance	0.1755	8
		Other performance	0.0886	10
Political Feasibility	0.2595	Subsidy policy	0.6258	3
		Exhaust gas regulation policy	0.3742	5

전기차, 하이브리드차, 후처리장치 등 친환경 트럭 개조 기술 대안들에 대한 평가는 설문조사지의 2번째 부분을 활용하여 측정되었다. 10개의 평가요소에 대해 요소 당 3가지 문항으로 구성되었으며, 총 30개의 설문조사 결과를 종합하여 개조 기술들에 대한 상대적 평가를 실시하였다. 그 결과, 전체 가중치에 대한 합산을 기준으로 하이브리드 친환경 트럭 기술 개발이 41.6%로 가장 타당한 것으로 조사되었다. 다음으로, 후처리장치 도입이 2순위(29.6%), 전기차로의 개조 기술 대안이 3순위(28.8%)를 기록하였다. 이에 대한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. AHP results for alternatives to eco-friendly trucks

Goal	Level 1 Criteria	Level 2 Sub-criteria	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3	
			Hybrid	Electric	DPF	
The alternative solutions for the eco-friendly trucks	Economic feasibility	R&D cost and time	0.1495	0.0320	0.0233	
		Remodeling cost	0.4413	0.0783	0.0915	
		Maintenance cost	0.4091	0.0796	0.0560	
Group consensus (Shannon): 92.1%	Technical feasibility	Exhaust gas reduction	0.1647	0.0110	0.0058	
		Fuel efficiency	0.3873	0.0545	0.0115	
		Carrying capacity	0.1840	0.0165	0.0312	
		Driving range	0.1755	0.0289	0.0212	
		Other performance	0.0886	0.0161	0.0065	
Political feasibility	0.2595	Subsidy policy	0.6258	0.0676	0.0350	
		Exhaust gas regulation policy	0.3742	0.0317	0.0143	
Total			1.0000	41.6%	28.8%	29.6%

제 2계층의 세부 가중치 중 R&D 비용 및 시간, 유지보수 비용, 운행가능 거리, 기타성능, 보조금 정책 등 5개 분야에서 하이브리드 대안이 높게 평가되었다. 또한, 경제적, 기술적, 정책적 타당성 모든 분야에서 하이브리드 대안으로의 개발이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 특히 경제적 이점과 성능관련 분야(운행가능 거리 및 기타 성능 등)에서 다른 대안들 보다 높은 점수를 기록하였다.

후처리 장치의 경우 개조 비용, 적재량 등 2개 분야에서 높은 가중치를 기록하였다. 후처리 장치 개발의 경우 다른 개조 기술과 비교하였을 시 상대적으로 낮은 기술로도 개발이 가능하고, 장치가 간단하기 때문에 개조 비용 및 적재량에서 높은 점수를 받았으나, 배기가스 저감, 연비, 성능 등에서 저조한 평가를 받았다. 반면, 전기차로 개조하는 대안의 경우 환경오염물질 배출과 관련된 배기가스 저감, 연비, 배기가스 규제 정책 등 3개 분야에서 높은 점수를 얻었으나, 경제적 타당성 및 성능관련 분야(운행가능 거리, 기타성능 등)에서 낮은 평가를 받아 3가지 대안들 중 가장 낮은 순위를 기록하였다.

결론

1. 연구 결론

본 연구는 기존 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조하기 위한 기술적 대안들을 평가하고 최적 기술 대안을 선정하기 위해 진행되었다. 화석 연료 사용을 줄이고 온실가스 및 미세먼지 배출을 감소시킬 수 있는 대안 기술로는 하이브리드 자동차, 전기 자동차, 후처리장치 장착 등 3가지를 선정하여 분석하였다. 하이브리드 자동차와 배터리형 전기 자동차로의 개조는 기존 차량에 핵심요소(모터, 배터리)를 추가하여 구현가능하며, 충전인프라의 경우에도 보급률과 더불어 빠르게 확산되고 있기 때문에 기술적 실현 가능성이 높다고 판단되어 친환경 트럭 대안으로 선정하였다. 또한, 기존의 경유 트럭에 의무 장착 되어 대기 오염 물질을 포함하는 배기가스의 배출을 직접적으로 줄이는 후처리장치를 활용하는 방안도 기술적 대안으로 제시하였다.

트럭 개조 기술 대안들을 도출하기 위해 7명의 전문가 패널을 구성해 델파이 기법을 실시하였으며 3가지 타당성에 대한 10가지 평가 요소가 도출되었다. 도출된 요소 및 대안들에 대한 중요도 평가는 16명의 산·학·연 전문가가 참여한 계층분석법(AHP)이 사용되었다.

그 결과, 친환경 트럭 개조기술 요인 중 경제적 타당성(42.4%)이 가장 중요한 것으로 분석되었으며, 기술적 타당성(31.7%), 정책적 타당성(26.0%) 순으로 평가되었다. 평가요소를 세부적으로 분석한 결과 경제적 타당성에 포함된 개조비용(18.7%)과 유지보수 비용(17.3%) 및 보조금 정책(16.2%) 등의 평가요소가 상위에 포함되었다. 이를 바탕으로 하이브리드, 전기차, 후처리장치 등 3가지 친환경 트럭 개조 기술 대안 중 최적 대안을 평가한 결과, 하이브리드 트럭으로의 개조가 41.6%로 최적의 친환경 트럭 개조 기술로 평가되었으며, 후처리 장치 29.6%, 전기차 28.8% 순으로 분석되었다. 하이브리드 트럭으로의 개조는 R&D비용 및 시간, 개조 비용, 유지보수 비용 등에서 강점을 가지는 것으로 분석되었으며, 전기 트럭으로의 개조는 환경적 측면(배기가스 저감)에서 강점을 가지나 경제적 타당성이 확보되지 않아 효율성이 떨어지는 것으로 분석되었다. 후처리 장치의 경우 개조비용과 적재량 감소 항목에서 높게 평가되었으나, 기술적 타당성(연비, 기타성능 등)이 확보되지 않은 상태로 확인되었다.

본 연구결과를 통하여 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 기술 대안들에 대한 평가 및 우선순위를 도출할 수 있었다. 노후 경유 트럭으로 인한 사회적·환경적 문제가 심해지고 있는 상태에서, 이에 대한 해결방안을 국내 전문가 집단들을 통해 도출 및 평가해냈다는데 의의를 둘 수 있다. 본 연구의 결과가 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 위한 기초 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

2. 한계점 및 향후 연구


본 연구는 소형 경유 트럭을 친환경 트럭으로 개조시키기 위한 기술 대안들을 도출하기 위해 델파이 기법을 활용하였으며, AHP 분석을 통해 최적의 개조 기술 대안을 선택하였다. 델파이 기법과 AHP 분석 모두 전문가 집단 설문을 통한 분석방법론으로 전문가 대상에 따라 결과가 달라질 가능성이 존재한다. 이를 방지하고자 델파이 기법의 경우 전문가 집단을 대상으로 3회에 걸친 의견수렴 과정을 거쳤으며, AHP 분석의 경우 친환경 트럭 관련된 관련 과제 및 연구 경험이 있는 산·학·연 전문가로 패널을 구성하였다. 하지만, 해당 분야의 전문가 충분히 존재하지 않아 패널 구성원이 16명에 불과했다는 한계가 존재한다. 참여 전문가 수가 많아질수록 연구의 신뢰도가 증가하는 바(Dalkey et al., 1970), 향후 다양한 분야에서 더 많은 전문가 패널을 확보하여 연구를 수행할 필요가 있다.


Funding


This research was also supported by a grant (17TLRP-C135446-01, Development of Hybrid Electric Vehicle Conversion Kit for Diesel Delivery Trucks and its Commercialization for Parcel Services) from Transportation & Logistics Research

Program (TLRP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean Government.

ORCID

KWON, Yeongmin  <http://orcid.org/0000-0002-1094-2451>

BYUN, Jihye  <http://orcid.org/0000-0001-7004-025X>

KANG, Namwoo  <http://orcid.org/0000-0003-3475-7477>

References

- Al-Harbi K. M. A. S. (2001), Application of the AHP in Project Management, *International Journal of Project Management*, 19(1), 19-27.
- Ang-Olson J., Schroeer W. (2002), Energy Efficiency Strategies for Freight Trucking: Potential Impact on Fuel Use and Greenhouse Gas Emissions, *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, (1815), 11-18.
- Armocost R. L., Componation P. J., Mullens M. A., Swart W. W. (1994), An AHP Framework for Prioritizing Customer Requirements in QFD: An Industrialized Housing Application, *IIE Transactions*, 26(4), 72-79.
- Boretti Alberto (2010), Improvements of Truck Fuel Economy Using Mechanical Regenerative Braking, No.2010-01-1980, SAE Technical Paper.
- Dalkey N., Brown B., Cochran S. (1970), Use of Self-ratings to Improve Group Estimates: Experimental Evaluation of Delphi procedures, *Technological Forecasting*, 1(3), 283-291.
- Hong J. M. (2011), An AHP Approach for the Importance Weight of Renewable Energy Investment Criterion in the Private Sector, *Korean Energy Economic Review*, 10(1), 115-142.
- Huang W., Bevly D.M., Schnick S., Li X. (2008, October), Using 3D road geometry to optimize heavy truck fuel efficiency, In *Intelligent Transportation Systems, ITSC 2008, 11th International IEEE Conference on* (334-339), IEEE.
- Ishida A., Nishimura A., Uranishi M., Kihara R., Nakamura A., Newman P. (2001), The Development of the ECOS-DDF Natural Gas Engine for Medium-duty Trucks: Exhaust Emission Reduction against Base Diesel Engine, *JSAE Review*, 22(2), 237-243.
- KAIST(2017), Feasibility Study on Eco-friendly Hybrid Diesel-electric Trucks for Parcel Delivery Service, Funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean Government.
- Kang Y. J. (2008), Understanding and Application of Delphi Technique, *Employment Development Institute Report*, 1-17.
- Kim B. S. (1996) *Education Research Methods*, Hakjisa.
- Kim M. C., Moon S. J. Bu C. S. (2008), A study on the Priority Analysis using the AHP in the section of Health tourism Focused on Jeju area, *Korean Journal of Tourism Research*, 22(4), 281-300.
- Kim W. S., Jang J. H., Jeong J. Y. (2000), A Study on Implementing Accelerated Retirement of Excessive Polluting Old-Vehicles in Seoul, *Seoul Studies* 1, 1, 19-36.
- Lee J. S. (2001), Delphi method (study method 21), *Kyoyookbook*.

- Lee. J. S. (2006), Research Articles : An Analysis on Priority of Hotel Restaurants' Selection Attributes using AHP, Korean Journal of Tourism Research, 21(3), 81-95.
- Peterson D. L., Silsbee D. G., Schmoldt D. L. (1994), A case study of resources management planning with multiple objectives and projects, Environmental Management, 18(5), 729.
- Roh S. H., Jeong B. I., Min Y. J., Hur S. H., Shin S. J., Yu B. J., Jang S. Y. (2015), Enhancement of Road Freight Vehicle Fuel Efficiency Using Lightweight Flat-Bed Trailers Made of High-Strength Steel Plates, Journal of Transport Research, 22(2), 65-82.
- Rowe G., Wright G. (2001), Expert Opinions in Forecasting: the Role of the Delphi technique, In Principles of forecasting (125-144), Springer, Boston, MA.
- Ryu Y.H., Kim Y. W., Kim J. S., Nam J. G. (2017), Experimental Study of NOx Reduction in Marine Diesel Engines by Using Wet-type Exhaust Gas Cleaning System, Journal of the Korean Society of Marine Engineering, 41(3), 216-221.
- Saaty T. L. (1988), What is the Analytic Hierarchy Process? In Mathematical Models for Decision Support (109-121), Springer, Berlin, Heidelberg.
- Saaty T. L. (1990), How to Make a Decision: the Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, 48(1), 9-26.
- Saaty T. L. (1980), The Analytical Hierarchy Process, And William Rees, 41(11), 1073-1076.
- Shin M. S. (2018), The Rising Expectation of Parcel-delivery Price, CAPE House Book.
- Strayer D. L., Drews F. A. (2003), Simulator Training Improves Driver Efficiency: Transfer from the Simulator to the Real World.