

Fuzzy-AHP-TOPSIS를 활용한 자동차 공장의 조달물류 평가에 관한 연구

김영근, 오재균, 박성훈, 여기태*
인천대학교 동북이물류대학원

Evaluation on the Procurement Logistics of Automobile Factories Based on the Fuzzy-AHP-TOPSIS

Yeong-Geun Kim, Jae-Gyeun Oh, Sung-hoon Park, Gi-Tae Yeo*
Incheon National University, Graduate school of Logistics

요 약 자동차 산업은 국제유가 상승, 차량가격 상승 등 다양한 위기에 직면해 있다. 정부 규제완화와 더불어 생산 효율성 증가를 위한 경영개선 노력이 필요하다. 본 논문에서는 조달물류 개선을 목표로 실제 회사에서 사용 중인 요인들을 바탕으로 Fuzzy-AHP-TOPSIS를 활용하여 조달물류 평가모델을 구축하였다. G사 자동차 3개 공장을 평가대상으로 Fuzzy-AHP 분석한 결과, 장기 품질문제 해결, 자재결품 정지시간 최소화, 장비사고 방지, 단기 품질문제 해결이 가장 중요한 요인으로 파악되었다. TOPSIS 분석결과 B공장의 조달물류가 가장 잘 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 제시된 평가모델을 사용하여 향후 주기적인 조달물류 관련 평가가 가능하며, 이는 자동차 산업 효율화에 기여할 수 있다는 시사점을 갖는다.

주제어 : 자동차 산업, 조달물류, 평가모델, Fuzzy-AHP, TOPSIS

Abstract Automobile industry is facing a variety of risks, including the rise of international oil price and the increase of car prices. In addition to the government's deregulation, efforts should be made to improve management aiming at higher production efficiency. In this study, we established a model for evaluating the procurement logistics based on the Fuzzy-AHP-TOPSIS by using the factors that are actually used in real companies aimed at the improvement of procurement logistics. A total of three automobile factories of Company G were chosen as the evaluation subject. In the result of the Fuzzy-AHP analysis that was conducted on a sample of three car factories, solving the long-term quality problems, minimizing the stop time due to the shortage of materials, preventing the of equipment accident, and solving the short-term quality problems were proven to be the most important factors. TOPSIS analysis result indicated that Factory B had the best procurement logistics. Our study has significance that it can contribute to the improvement of efficiency in the automobile industry as the evaluation model suggested in this study can be used for regular evaluation related to the procurement logistics in the future.

Key Words : automotive industry, procurement logistics, evaluation model, Fuzzy-AHP, TOPSIS

1. 서론

자동차 산업은 소재, 부품, 서비스 등 다양한 산업과 연계된 산업으로서 국가경제에 중요한 역할을 한다[1].

우리나라의 경우 산업시장에서 자동차 산업이 차지하는 비율이 높으며 한 지역경제를 책임질 정도로 중요도가 매우 높다. 하지만 국내 자동차 산업은 대내외적으로 큰 타격을 받고 있다. 2018년 한미 FTA 재협상은 국내 산업

* Corresponding Author : Gi-Tae Yeo(ktyeo@inu.ac.kr)

Received May 2, 2018
Accepted July 20, 2018

Revised July 12, 2018
Published July 28, 2018

에 가장 큰 이슈로 급부상했는데, Choi[2]에 따르면 미국의 보호무역주의로 인한 국내 자동차 손실을 피할 수 없다고 지적하였다. Lee[3]는 2015년에 발생한 폭스바겐의 디젤가스 조작으로 발생한 사기소송 사례를 분석하고 기존 유로6 대응을 위한 환경기준 강화와 기업 범죄 예방을 위한 방안들을 제시하였는데, 이는 차량가격 상승으로 작용해 소비가 위축될 가능성이 크다. 뿐만 아니라 가계 부채 증가와 기준금리 인상으로 인한 소비심리 위축, 국제유가 상승으로 인한 유류비 상승 등으로 인한 자동차 산업의 부진이 예상된다.

또한 공장 내에서도 근로자의 인건비 상승과 자동차 생산 1대당 투입시간인 HPV (Hours Per Vehicle) 지수가 높아 생산효율이 떨어지는 문제점 등을 가지고 있다. 현재 국내 자동차 산업의 문제점을 해결하기 위하여 정부 규제완화와 같은 정책적 지원과 더불어 자동차 생산의 효율성 증가를 위한 회사의 경영개선 노력이 이루어져야 할 것이다. 특히 자동차 산업의 경우 자동차 1대당 생산하는데 필요한 부품이 2만여 개에 달할 정도로 많은 부품이 소요된다. 적시, 적당량의 부품공급은 HPV에 직접적인 영향을 끼칠 정도로 자동차 공장에서 필수요인 중 하나이다. HPV를 낮추기 위해서는 근로여건 개선, 공장라인 개선, 조달물류 개선 등 다양한 해결방안이 있다. 하지만 이중 조달물류 개선을 통해 생산효율을 높일게 될 경우 생산효율과 더불어 비용측면에서 회사에 이점을 줄 수 있어 조달물류 개선은 자동차 회사의 생산 프로세스 과정에서 필수적 항목이다.

자동차 제조업체 관련 기존 선행연구는 대부분이 사례연구를 통한 개선방안을 제시한 연구가 대부분이었다. 또한 자동차 제조업체 특성상 제조공장이 지역별로 특성이 다르고 타산업에 비해 제조하기 위한 부품이 많아 조달물류가 핵심파트입에도 불구하고 자동차산업에서 조달물류 관련 연구는 미진했다. 이러한 측면에서 본 연구는 자동차 공장의 효율성 향상을 위해 조달물류 평가모델을 구축하는 것을 목적으로 한다. 평가모델 구축을 위해 G사의 생산 효율성과 안전성을 높이기 위한 프로그램인 SPQRC를 기초로 In-depth 인터뷰를 통해 세부요인을 도출한다. 추출된 요인을 바탕으로 Fuzzy AHP TOPSIS(Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)를 이용하여 G사 3개 공장의 조달물류를 평가한다. 3개 공장간 비교를 통해 분석에서 제시되는 개선사항을 바탕으로 향후 생산전략을 도출한

다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 1장에서는 연구의 배경과 목적을 제시하고, 2장에서는 이론적 배경을 제시한다. 3장에서는 연구모형을 설명하고, 4장에서는 G사의 3개 공장별 조달물류를 평가한다. 마지막으로 5장 결론에서는 연구결과를 종합하고 시사점을 제시한다.

2. 이론적 배경

2.1 일반현황

Table 1은 국가별 자동차 생산량 순위를 나타낸 표이다. 중국의 경우 큰 내수시장과 저렴한 인건비를 바탕으로 2016년 기준 약 2,770만대를 생산하였는데, 동기간 2위인 미국의 생산량보다 2배 이상 높다.

Table 1. Volumes of production

Ra nk	2012	2013	2014	2015	2016
1	China	China	China	China	China
2	USA	USA	USA	USA	USA
3	Japan	Japan	Japan	Japan	Japan
4	Germany	Germany	Germany	Germany	Germany
5	Korea	Korea	Korea	Korea	India
6	India	India	India	India	Korea
7	Brazil	Brazil	Mexico	Mexico	Mexico
8	Mexico	Mexico	Brazil	Spain	Spain
9	Canada	Thailand	Spain	Indonesia	Canada
10	Thailand	Canada	Canada	Brazil	Brazil

Table 2는 국내 자동차 생산량과 내수 및 수출량을 나타낸다. 국내 자동차 산업은 2011년 465만대를 생산하여 최고치를 기록한 이래 수출량 감소로 인하여 매년 생산량이 감소하고 있다. 특히 2016년에는 수출량이 전년 대비 약 11.1% 감소하여 국내 자동차 생산량이 약 7.1% 감소하면서 큰 위기를 겪고 있다. 이러한 원인으로는 국내 소비자의 수입차 수요증가, 미국, 중국을 비롯한 주요 국가의 경제성장 둔화에 따른 수요 감소, 세계시장에서의 국내 자동차 경쟁력 약화 등이 있다.

Table 2. Car production and consumption status

Division	Production	Domestic demand	Export
2017	4,114,913	1,560,202	2,530,194
2016	4,228,509	1,600,154	2,621,715
2015	4,555,957	1,589,393	2,974,114
2014	4,524,932	1,589,393	3,063,204
2013	4,521,429	1,463,893	3,089,283

Table 3은 국내 수입차 신규등록 차량현황이다. 수입 승용차 신규등록 비중을 보면 15년에는 18.2%, 16년에는 16.8%, 17년에는 16.7%의 비중을 보였다. 2017년 수입량의 경우 소폭 감소세를 보이고 있다. 하지만 이는 독일의 B사와 M사, 일본의 T사 등 판매 증가에도 불구하고 미국 G사 수입차량 하락, 독일 V사의 판매중단 조치로 인한 것이다. 향후 미국과의 FTA 재협상으로 인한 미국 자동차의 수입량 증가, 독일 V사의 판매 재개로 인한 수입차 수요가 증가할 것으로 예측되어 국내 자동차 업체에 어려움이 예상된다.

Table 3. Imported car registration status
(Unit: Volume, %)

Division	2015	2016	2017	Rate of Change (2017 /2016)
Total	278,431	257,720	255,442	-0.9
Gasoline car	75,154	92,477	107,690	16.5
Diesel car	193,173	148,648	123,469	-16.9
Hybrid car	9,657	16,176	22,634	39.9
Electric car	442	417	1,647	295.0
Etc	5	2	2	0.0

Table 4는 자동차 부품산업현황을 나타낸 자료이다. 연도별 판매실적 및 증감률을 보면 2011년과 2012년에 각각 15.2%, 10.6%의 고성장세를 보였으나 2013년부터 실적은 소폭 증가하거나 감소하고 있는 상황이다. 이는 자동차산업이 처한 여러 위기로 인한 판매량 감소에 기인한다.

Table 4. Auto parts company sales performance

Division	Sales performance (100 million won)	A percentage change(%)
2011	678,183	15.2
2012	750,359	10.6
2013	748,303	-0.3
2014	767,050	2.5
2015	738,392	-3.7
2016	758,970	0.8

2.2 자동차 제조업체 경쟁력 강화 선행연구

Koh & Ha[4]은 자동차 제조업체의 경쟁력을 강화시키고자 포터의 다이아몬드모형을 통해 부품조달 경쟁력 결정요인의 중요도를 도출하였다. 분석결과 부품의 생산 규모, 수요의 양적 기반, 질적 수준, 부품의 품질수준 순으로 중요한 것으로 나타났다.

Kwon[5]는 도요타와 현대자동차의 사례를 통해 한국과 일본 자동차산업의 재고전략, 입지전략, 정보시스템, 생산-판매 연계, 운송전략 등과 같은 완성차 물류의 구조와 물류시스템을 비교 분석 하였다.

Kim & Jo[6]은 국내 완성차 물류 네트워크 합리화 방안을 제안하였다. 저자는 물류 거점의 통합, Hub-and-spoke 시스템 도입, 주차 빌딩/자동창고의 도입 등과 같은 해결책을 제시했다. 더불어 효과가 가장 클 것으로 예상되는 현실적용 가능한 3가지 시나리오를 제안하였다.

Lee et al[7]은 인천항 자동차의 수출입 물동량 예측과 시설 현황, 장치능력 과부족 분석을 실시하고, 울산, 평택, 군산항과 물류경쟁력 비교를 통해 경쟁력 제고 방안을 제시했다.

2.3 조달물류 관련 선행연구

Park & Lee[8]은 여러 기준으로 인해 물류비를 계산하는 방법에 차이가 있다는 점을 지적했다. 특히 저자는 물류비 중 조달물류 활동의 구조분석과 조달물류비를 계산하고 활용하는 방법을 통하여 조달물류비 절감을 위한 방안을 제시하였다.

Chung[9]은 포터의 단일 기업 가치사슬에서 경쟁우위에 있는 구매자의 II 활동과 경쟁우위의 관계 규명을 위해 한국 중소기업을 대상으로 연구를 진행하였다. 분석 결과 중소기업의 경우 II활동과 경쟁우위가 정(+)

관계에 있음을 파악하였으며, II 활동을 지속적으로 유지되고 개선하여 효율적으로 실행, 통제되어야 한다고 제안했다.

Choi & Lim[10]은 커튼월 공사에 주목하였다. 커튼월 공사는 총공사비의 10~15%를 조달물류가 차지한다. 현장에서 조달물류를 담당하는 실무자들을 대상으로 물류 관리의 효율성 제고를 위한 요소를 도출하고 개선을 위한 중요도 평가를 수행하였다.

Veselko et al[11]은 비즈니스 운영에서 가장 중요한 개념이며 생산비용을 줄이기 위한 역할을 하고 있는 Just In Time(JIT)의 개념과 영향을 제시했다. 저자는 품질대비 가격, 재고 자산, 유연성, 운반성, 구매자/운반자, 구매자와의 의사소통 등의 요인을 활용하여 기존 작업과 JIT 시스템을 평가하였다. JIT시스템이 기업의 이익측면에서 효율적이며, QR 및 Kanban과 함께 사업운영에 중요한 시스템이라고 주장했다.

Valery Lukinskiy et. al[12]은 물품 공급 계획과 도심에서의 안전 문제에 대한 상관관계 모델을 제시했다.

Schulz & Müller[13]은 자동차 산업의 리소스를 효율적으로 사용하여 제품 개발의 효율성 증대하기 위한 연구를 수행했다. 저자는 개발, 판매뿐만 아니라 조달과정의 혁신을 실현하여 최대한의 가치를 창출하여 제품의 복잡성의 확산을 파악하기 위한 노력을 기울여야 한다고 제안했다.

Hur et al[14]은 수출입 기업들이 3차 물류를 위한 전략적 제휴를 하는데 있어 필요한 의사결정의 중요도를 파악하기 위한 연구를 수행했다. 분석결과 3PL 서비스를 이용하는 수출입 규모가 큰 국내 수출입 기업의 대부분이 3PL 활용 폭이 넓다는 것을 밝혔다.

Lee et al[15]은 개념이 모호한 3PL를 정의하고, 국내 3PL 업체들이 갖춰야 할 CSF(Critical Success Factors) 제시를 목적으로 연구를 수행하였다. 또한 CSF가 실제 화주가 느끼는 3PL 만족도에 어떤 영향을 주는지를 제시하였다.

Chun & Han[16]은 3차 물류기업이 아웃소싱 관계에서 지속성과 확장성을 하는데 있어 어떤 역할을 하는지 알기 위해 연구를 했다. 연구결과 부가서비스, 의사소통, 정보보안의 역량만을 갖추는 것이 아닌 투자를 강화하여 고객에게 신뢰성을 확보해야 선 순환적 구조로 변환한다고 제안했다.

Horenberg[17]은 3PL업체가 4차 산업 환경에서 어떤

변화가 일어났는지 연구했다. 3PL업체는 3D프린팅을 사용하여 인근 지역 생산 및 생산공정을 변경하였고, 드론을 통한 효율화, 자율 주행차량, 블록체인과 관련한 정보를 통해 산업변화를 거친 것으로 확인했다.

2.4 Fuzzy-AHP, TOPSIS 방법론 선행연구

Kim et al[18]은 인천항 중고자동차 물류단지의 운영요인을 도출하고, 각 요인의 가중치 및 우선순위를 도출하였다. 이를 통하여 물류단지의 최적 운영방안을 제시하고자 했다. 분석결과 물류단지 운영요인 중 비용요인이 가장 높은 중요도를 차지하는 것으로 분석되었다.

Jang[19]은 IMO 정보관리시스템의 예비과제 우선순위를 평가하기 위해 Fuzzy-TOPSIS와 AHP를 사용하였다. 분석결과 경제적 타당성과 전략적 부합성, 운영 적용성, 기술적 구현성 순위로 경제성 타당성이 가장 중요한 요인임을 제시하였다.

Ryu[20]은 공급자 선정문제를 해결하기 위해 Fuzzy-AHP와 TOPSIS분석 절차를 혼합하는 방식을 적용했다. 저자는 향후 이론적 틀을 보강해야 하고, 두 가지 방법론 간의 행렬의 역수성 유지, 순위 역전현상에 대한 심층분석과 파레토최적에 위배되지 않는 분석이 필요하다고 제안했다.

Zhu et al[21]은 E-Commerce 애플리케이션 중 상당수가 고객의 니즈를 파악하지 못하고 있는 점에 주목하여 연구를 수행하였다. 전자 상거래 회사의 경영 시사점을 제시하기 위하여 중국의 17개 노트북 브랜드를 대상으로 AHP와 TOPSIS를 활용한 분석을 진행하였다.

2.5 연구 차별성

자동차 제조업체 관련 기존 선행연구의 경우 요인별 중요도 도출을 통한 전략을 제시하거나 단순 사례연구를 통한 개선방안을 제시한 논문이 대부분이다. 특히 사례연구 경우 각 회사의 특성을 단순 비교하여 벤치마킹 전략을 제시하는데 그치고 있다.

하지만 자동차 제조업체의 경우 제조공장이 지역별로 다르고, 타 산업에 비하여 많은 부품이 필요한 조달물류가 핵심적인 영역을 차지한다. 이러한 중요성에도 불구하고 자동차공장의 조달물류 개선을 위한 논문연구는 미진한 실정이다. 특히 선행연구에서 제시된 개선요인을 살펴보면 조달물류시스템의 비용을 감소시키기 위한 단순 비용계산 연구가 대부분이었고 공장별 특성을 고려한

전략방안을 제시한 논문이 없었다.

이러한 측면에서 실제 회사에서 사용 중인 요인들을 바탕으로 조달물류 평가모형을 구축할 필요가 있다. 본 연구는 G사의 생산 효율성과 안전성을 높이기 위한 프로그램인 SPQRC를 바탕으로 G사의 3개 공장에 대한 조달물류 평가를 실시한다.

3. 연구모형

3.1 Fuzzy-AHP 개요

Saaty[22]가 고안한 AHP 방법론은 전문가의 주관적인 의견을 객관화시키기 위해 쌍대비교를 통해 중요도를 산출하는 방법론이다. 하지만 AHP 방법론의 경우 인간의 애매모호한 의사를 모형에 반영하는데 한계를 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 Zadeh[23]에 의해 제시된 Fuzzy이론과 AHP 분석방법론을 결합한 것이 Fuzzy-AHP 방법론이다. 즉 Fuzzy-AHP 방법론은 퍼지이론에서 제시하는 삼각퍼지수를 활용하여 전문가의 불확실하고 애매모호한 의사를 모형에 반영할 수 있다.

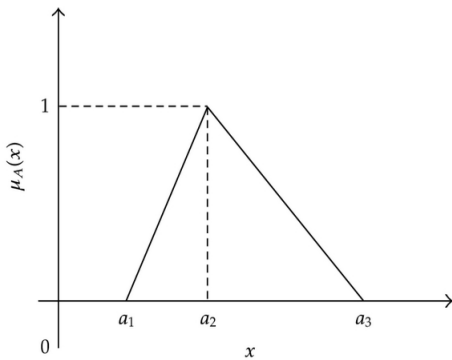


Fig. 1. A triangular fuzzy numbers

위 Fig.1 과 같이 삼각퍼지수는 (a1, a2, a3)로 구성된다. 설문 응답 분석 시에 각각 하한, 중앙, 상한의 범위로 포함된다. 이러한 수치를 언어적인 수치로 변환하는 것이 어렵기 때문에 대표값으로 전환하는 과정인 비퍼지화(Defuzzification)단계를 사용한다.

Fuzzy-AHP 방법론을 구성하는 식은 다음과 같다. 먼저 삼각퍼지수인 M_2 가 다른 k의 Fuzzy number인 M_1

보다 클 경우의 정도를 나타내는 식은 식(1)과 같다.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } b_2 \geq b_1 \\ 0, & \text{if } a_1 \geq c_2 \\ \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

식(1)

식(1)에서 d의 경우 μ_{M_1} 와 μ_{M_2} 중에서 가장 높은 교차점(y좌표) 값이다. M_2 와 M_1 를 비교하기 위해서는 $V(M_1 \geq M_2)$ 와 $V(M_2 \geq M_1)$ 의 값이 필요하다.

Fuzzy number k가 $M_i (i=1,2,3,\dots,k)$ 의 값보다 클 경우 확률계산식은 식(2)와 같다.

$$V(M \geq M_1, M_2, M_3, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } (M \geq M_3) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i=1,2,3,\dots,k$$

식(2)

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ 을 가정을 하고 $k = 1,2,3,\dots, n; k \neq i$ 중 가중치 벡터 값은 식(3)과 같다.

$$W = (d'(A_1), d'(A_2), d'(A_3), \dots, d'(A_n))^T$$

식(3)

3.2 Fuzzy-TOPSIS 개요

TOPSIS 방법은 Hwang & Yoon(1981)에 의해 제시된 다기준 의사결정 분석방법이다. TOPSIS는 가장 긍정적인 해결책(PIS : Positive Ideal Solution)에 가깝고, 반대인 부정적인 해결책(NIS :Negative Ideal Solution)과는 가장 거리가 먼 대안을 선택하는 개념이다[24]. 각 기준에 대한 가중치를 식별하고, 점수를 정규화 하여 대안 사이의 기하학적 거리를 계산하여 대안 세트를 비교하는 보완적 집계방법이다. Fuzzy TOPSIS의 계산절차는 다음과 같다.

첫째 Table 5와 같은 Fuzzy TOPSIS 척도를 활용하여 $\bar{x} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ 와 같은 언어적 변수를 선택한다.

Table 5. Fuzzy TOPSIS scale

VL (Very Low)	(0, 0, 0.2)
L (Low)	(0, 0.2, 0.4)
M (Medium)	(0.2, 0.4, 0.6)
H (High)	(0.4, 0.6, 0.8)
VH (Very high)	(0.6, 0.8, 1)
E (Excellent)	(0.8, 1, 1)

그 후 Fuzzy 의사결정 행렬 구성과 함께 정규화 의사결정 행렬인 \tilde{R} 의 값을 계산한다.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad \text{식(4)}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{e_j^*}, \frac{b_{ij}}{e_j^*}, \frac{c_{ij}}{e_j^*} \right), i = 1, \dots, m; j = k, \dots, n$$

식 중에서 $e_j^* = \sqrt{\sum_{i=2}^m c_{ij}^2}$

세 번째 단계에서는 Fuzzy 의사결정 행렬을 계산하기 위해 Fuzzy 행렬에 대한 가중치를 적용 후, 각 평가별 가중치를 곱한다. 이때 도출된 최적 대안의 가중치(A^*)를 식(5)와 부정적인 대안의 가중치(A^-)를 식(6)과 같이 도출한다.

$$A^* = v_1^*, \dots, v_i^* = (\max_j v_{ij}, i \in \Omega_b), (\min_j v_{ij}, i \in \Omega_c) \quad \text{식(5)}$$

$$A^- = v_1^-, \dots, v_i^- = (\min_j v_{ij}, i \in \Omega_b), (\max_j v_{ij}, i \in \Omega_c) \quad \text{식(6)}$$

다음으로 위 단계에서 획득한 A^* 와 A^- 의 값으로부터 각 대안의 구간척도를 도출한다. 이때 이상적인 값(d_i^*)과 비이상적인 값(d_i^-)은 Vertex방법을 사용하여 아래 식(7)과 식(8)과 같이 계산한다.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_j^*), i = 1, 2 \dots, m \quad \text{식(7)}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_{ij}, \tilde{V}_j^-), i = 1, 2 \dots, m \quad \text{식(8)}$$

마지막으로 최적의 근접계수를 구하여 각 대안들의

우선순위를 도출한다.

$$CC_i = D_i^- / (D_i^* + D_i^-), i = 1, 2, \dots, n \quad \text{식(9)}$$

4. 실증분석

조달물류 평가요인을 도출하기 위해 G사에서 생산 효율성과 안정성을 위한 프로그램인 SPQRC와 선행연구를 바탕으로 현재 G사 자동차 공장에서 20년 이상 근무 중인 책임급 직원 2명과 심층인터뷰를 통해 14개의 세부요인을 도출하였다.

한편 Fuzzy-AHP-TOPSIS 분석을 위하여 G사 및 G사의 협력업체를 대상으로 전문가 설문을 실시하였다. 국내 조달물류팀에서 근무중인 전문가를 대상으로 총 60부의 설문을 회수하여 Fuzzy-AHP-TOPSIS 분석을 실시하였다. 결측치를 포함한 사용할 수 없는 전문가 설문을 배제하고, 총 46명 전문가 의견을 분석에 사용하였다. Table 6은 응답에 사용한 전문가의 기초통계이다.

Table 6. Respondents' Specification

	Divisions	Respondents
Organization	A Factory	5
	B Factory	37
	C Factory	4
Work experience	5 years under	17
	5-10 years	13
	15 years over	16

4.1 Fuzzy-AHP 결과

Table 7은 Fuzzy-AHP 분석결과 확인된 평가요인의 중요도 값이다. 장기품질문제 해결이 0.1245로 가장 높은 값을 획득하였다. 이는 품질문제로 인하여 대규모 리콜이 발생할 경우 생산지연을 포함한 커다란 피해가 발생하기 때문이다. 두 번째로 가장 높게 나타난 자체결품 정지시간 최소화(0.1203)의 경우 자체 결품발생으로 인해 공정라인이 정지하게 되면 자재가 납품될 때까지 지연될 뿐만 아니라 생산라인의 재가동으로 인한 비용발생 등 다양한 문제점으로 연결된다. 세 번째로 장비사고 방지(0.1137)로 나타났다. 장비사고로 인한 작업자들의 인명 손실이 발생할 경우, 공장의 라인을 멈추고 사후 사고발

생가능성에 대한 전수조사가 이루어진 후 공장라인이 재개된다. 한편 생산성 향상(0,0187), 적재율 향상(0,0184), 원가절감액(0,0166), 차량회전율(0,0149) 등 비용적 측면 요소는 다소 낮은 중요도 값을 보였다. 이는 자동차 회사 차원의 원가관리체계 반영되어 이미 비용을 최소화하면서 생산라인이 가동되고 있고, 자동차 공장에 관련된 전문가의 경우 안전과 품질문제를 가장 중요하게 고려한 결과에서 기인한다.

Table 7. Fuzzy-AHP result

Factors	Value	Rank
Troubleshooting Long-Term Quality	0.1245	1
Minimize Material Outlet Time	0.1203	2
Equipment Accident Prevention	0.1137	3
Short Term Quality Troubleshooting	0.1089	4
Payment anomaly	0.1058	5
Transportation Accident Prevention	0.0965	6
Accident occurred	0.0885	7
Risky extraction	0.0878	8
Emergency response	0.0493	9
Payment date compliance	0.0361	10
Productivity Improvement	0.0187	11
Increased load carrying rate	0.0184	12
Cost savings	0.0166	13
Vehicle rolling rate	0.0149	14

4.2 G사의 공장별 조달물류 평가 분석결과

G사는 현재 국내에 3개 공장을 가동 중이며, 먼저 A공장의 조달물류를 평가하면 다음과 같다. 조달물류 평가 결과, 장비사고 방지, 사고 발생, 자재결품 정지시간 최소화가 가장 높은 중요요인으로 평가되었다.

Table 8. Weighting Results of A factory based on Fuzzy-AHP TOPSIS

Factors	A Factory			Rank
Equipment Accident Prevention	4.955	6.795	8.273	1
Accident occurred	4.909	6.773	8.273	2
Minimize Material Outlet Time	4.864	6.705	8.182	3
Emergency response	4.864	6.727	8.227	4
Risky extraction	4.773	6.614	8.159	5
Transportation Accident Prevention	4.773	6.727	8.341	6

Payment date compliance	4.682	6.568	8.159	7
Increased load carrying rate	4.205	6.045	7.773	8
Troubleshooting Long-Term Quality	4.136	6.136	7.955	9
Productivity Improvement	4.023	5.841	7.568	10
Short Term Quality Troubleshooting	4.000	6.000	7.886	11
Cost savings	3.864	5.864	7.727	12
Payment anomaly	3.682	5.682	7.591	13
Vehicle rolling rate	3.636	5.545	7.432	14

B공장의 조달물류 평가 분석결과 긴급대응, 적재율 향상, 사고 발생, 납입일 준수가 가장 높은 중요요인으로 평가되었다.

Table 9. Weighting Results of B factory based on Fuzzy-AHP TOPSIS

Factors	B factory			Rank
Emergency response	7.182	8.886	9.795	1
Increased load carrying rate	7.091	8.75	9.705	2
Accident occurred	7.091	8.795	9.75	3
Payment date compliance	6.955	8.705	9.727	4
Minimize Material Outlet Time	6.909	8.659	9.705	5
Equipment Accident Prevention	6.864	8.636	9.659	6
Risky extraction	6.773	8.5	9.568	7
Transportation Accident Prevention	6.727	8.5	9.568	8
Payment anomaly	6.318	8.227	9.568	9
Cost savings	5.955	7.864	9.295	10
Vehicle rolling rate	5.909	7.886	9.318	11
Productivity Improvement	5.909	7.773	9.114	12
Troubleshooting Long-Term Quality	5.182	7.114	8.727	13
Short Term Quality Troubleshooting	5.114	7.023	8.591	14

C공장의 조달물류 평가 분석결과 장비사고방지와 자재결품 정지시간 최소화, 사고방지가 높은 평가를 받았다.

Table 10. Weighting Results of C factory based on Fuzzy-AHP TOPSIS

Factors	C Factory			Rank
	Min	Mid	Max	
Minimize Material Outlet Time	5.000	6.841	8.273	1
Equipment Accident Prevention	5.000	6.841	8.295	2
Emergency response	4.909	6.773	8.273	3
Accident occurred	4.909	6.750	8.227	4
Risky extraction	4.773	6.614	8.159	5
Payment date compliance	4.682	6.568	8.182	6
Transportation Accident Prevention	4.682	6.636	8.250	7
Increased load carrying rate	4.409	6.273	7.977	8
Productivity Improvement	4.25	6.091	7.75	9
Troubleshooting Long-Term Quality	4.182	6.182	8.000	10
Short Term Quality Troubleshooting	4.045	6.045	7.932	11
Cost savings	4.000	6.000	7.886	12
Vehicle rolling rate	3.864	5.864	7.75	13
Payment anomaly	3.773	5.773	7.659	14

이를 통해 각 공장의 최적의 값(A+)과 최악의 값(A-) 값을 통해 각 대안들의 구간 척도를 구할 수 있다. 최적의 값인 Table 11과 최악의 값인 Table 12를 통해 각 대안의 구간 척도를 구할 수 있다. 구간 척도는 Vertex 기법을 통해 도출할 수 있다. 각 대안의 최적, 최악의 가중치 근접도를 도출하여 최종적으로 조달물류를 평가하기 위한 요인의 값을 도출할 수 있다.

Table 11. Fuzzy Optimal Weight Extraction Results

Factors	A+		
	Min	Mid	Max
Payment anomaly	2.359	3.211	4.363
Short Term Quality Troubleshooting	0.894	1.217	1.653
Troubleshooting Long-Term Quality	1.335	2.508	4.137
Minimize Material Outlet Time	1.066	2.163	3.770
Payment date compliance	2.056	2.744	3.754
Emergency response	2.043	2.727	3.731
Vehicle rolling rate	1.737	2.319	3.119
Cost savings	1.517	2.025	2.723
Productivity Improvement	1.135	2.042	3.272
Increased load carrying rate	0.772	1.535	2.717
Accident occurred	1.362	2.124	2.982
Risky extraction	0.943	1.630	2.516
Transportation Accident Prevention	1.349	2.130	2.984
Equipment Accident Prevention	0.938	1.663	2.573

Table 12. Fuzzy Worst Weight Extraction Result

Factors	A-		
	Min	Mid	Max
Payment anomaly	1.256	2.290	3.796
Short Term Quality Troubleshooting	0.982	1.957	3.485
Troubleshooting Long-Term Quality	2.131	3.728	5.711
Minimize Material Outlet Time	1.500	2.887	4.815
Payment date compliance	1.561	2.621	3.946
Emergency response	1.057	1.984	3.314
Vehicle rolling rate	1.827	2.451	3.302
Cost savings	0.504	0.676	0.910
Productivity Improvement	1.934	2.600	3.463
Increased load carrying rate	1.902	2.558	3.406
Accident occurred	1.854	2.392	3.103
Risky extraction	0.981	1.266	1.642
Transportation Accident Prevention	1.446	2.320	3.279
Equipment Accident Prevention	1.043	1.825	2.808

Table 13은 Fuzzy-TOPSIS 방법론을 적용하여 두 가지의 상대적인 근접도를 통해 나타난 조달물류 평가결과이다. 3개 공장을 종합적으로 평가한 결과, B공장이 Fci값이 0.577로 가장 높아 조달물류 효율성이 가장 높다고 분석되었으며, 다음으로 A, C 공장 순 각각 효율성이 높은 것으로 나타났다.

Table 13. TOPSIS result

Factories	D+	D-	Fci	Rank
B	3.978	5.433741	0.577336	1
A	5.896	3.51834	0.373727	2
C	6.989	2.424109	0.257533	3

5. 결론

자동차산업은 국가 경제에 큰 영향을 끼치고 있다. 하지만 국제정세와 국내 내수시장 부진 등으로 인해 자동차산업은 큰 위기를 겪고 있고 근로자의 인건비 상승, 생산성 저하 등 자동차업체의 체질개선이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 Fuzzy-AHP-TOPSIS를 이용하여 전문가를 대상으로 G사의 3개 공장에 대한 조달물류 평가요인의 중요도 산출 및 3개 공장의 조달물류 평가를 실시했다.

Fuzzy-AHP분석결과 장기품질문제 해결, 자재 결품정지시간 최소화, 장비사고 방지, 단기품질문제 해결 순

으로 중요도가 높게 나타났다. 또한 전문가의 조달물류 평가 결과, A공장의 경우 장비사고 방지, 사고발생, 긴급 대응, 자재 결품 정지시간 최소화가 높게 평가됐다. 하지만 장기품질문제 해결과 단기품질문제 해결은 낮은 평가를 받았다. B공장의 경우 긴급대응 사고발생과 적재율 향상, 납입일 준수, 자재 결품 정지시간 최소화 순으로 높게 평가받았고, B공장 역시 장기품질문제 해결과 단기품질문제 해결 부분은 낮은 평가를 받았다. C공장의 경우 자재 결품 정지시간 최소화, 장비사고 방지, 긴급대응, 사고발생 등은 높게 평가되었지만, 장기품질문제 해결과 단기품질문제 해결에 대해선 낮은 평가를 받았다. 모든 자동차 회사와 마찬가지로 G사의 생산전략은 소비자들이 충족을 위한 품질향상이 궁극적인 목표다. 하지만 설문결과 품질문제 해결 부분이 저조한 것으로 나타났다. 향후 R&D구축을 통하여 안전을 도모하면서 품질을 향상시키고, 불량률 최소화를 위한 공정 효율성 증대노력이 필요하며, 자재 결품 최소화를 위한 대책이 필요하다.

한편 Fuzzy-TOPSIS 방법론을 적용하여 국내에 운영 중인 G사의 3개 공장을 평가한 결과 B공장이 Fci값이 0.577로 가장 높아 조달물류 효율성이 가장 높은 것으로 평가되었고, A, C 공장 순으로 우수한 것으로 나타났다.

본 연구의 학술적 시사점을 살펴보면 자동차산업에서 조달물류는 회사운영 측면에서 중요한 역할을 수행하는 데도 불구하고 연구가 미흡한 현실이다. 이러한 측면에서 자동차 공장의 조달물류를 평가했다는 점에서 학술적 시사점을 가진다. 산업적 측면에서 시사점을 보면 전문가 의사를 추출할 수 있는 Fuzzy-AHP-TOPSIS을 도입하여, 자동차 조달물류를 구성하는 평가요인을 도출하고 이를 활용하여 현재 운영 중인 자동차 공장의 평가모델을 제시한 점에 있다. 또한 제시된 평가모델을 사용하여 향후 주기적인 조달물류 관련 평가가 가능하며, 이는 자동차 산업 효율화에 기여할 수 있다.

연구의 한계점으로 전문가 설문은 전국적인 범위에서 이루어지고 있는 조달물류의 특성상 공장과 협력업체를 구분하지 않고 이루어졌다. 향후연구에서는 국내 공장별 전문가의 인식 차이분석을 실시할 필요가 있다. 또한 본 연구에서 고려하지 않았던 다양한 변수, 분석 방법론(델파이법, 인식 차이 등의 검정 방법)에 대한 분석이 필요하다.

REFERENCES

- [1] S. C. Kim. (2009). An Empirical Analysis on the Export Competitiveness and Intra-industry trade of Korean Automobile Industry. *Journal of Industrial Economics and Business*, 22(3), 1241-1259.
- [2] N. S. Choi. (2017). The Impact of Korea-U.S. FTA Renegotiation on Korean Domestic Industries - Evidence from 7 Major Manufacturing Industries. *The Korean Academy for Trade Credit Insurance*, 18(4), 231-255.
- [3] J. G. Lee. (2016). Volkswagen's Diesel Emission Cheating Litigation in the US and its Implication. *Business Law Review*, 30(3), 249-269.
- [4] J. H. Koh. & H. K. Ha. (2015). Determination Factor Analysis of Parts Procurement Competitiveness in Automobile Manufacturing Companies with AHP (Analytic Hierarchy Process). *Korean Journal of Logistics*, 23(2), 99-111.
- [5] H. K. Kwon. (2006). A Comparative Study on the Logistics System Between Korean and Japanese Automobile Industry. *The Korean-Japanese Journal of Economics & Management Studies*, 33, 139-157.
- [6] D. K. Kim. & H. H. Jo. (2002). A Study on the Outbound Logistics Network Rationalization of Domestic Automobile Industry. *Journal of Channel and Retailing*, 7(1), 1-20.
- [7] K. H. Lee, T. W. Chung & S. L. Choi (2006). A Strategy to Enhance Logistics Competitiveness of Export and Import Automobile in Incheon Port. *Journal of Distribution and Management Research*, 9(2), 59-81.
- [8] S. H. Park & B. S. Lee (2007). A study on the Managerial Method and calculation method of Procurement Logistics Cost for Manufacturing Firms in Korea. *Korean Journal of Logistics*, 15(1), 97-110.
- [9] C. K. Chung. (2004). A Correlation Analysis Between Competitive Advantage and Buyers' Inbound Logistics Activities. *Korea trade review*, 29(1), 85-109.
- [10] K. A. Choi & H. C. Lim (2012). Fundamental research on the impact of Curtain Wall construction supply chain management. *The Relative Priority of Improving Procurement Process with Supply Chain of Off-Site Manufacturing*, 16(3), 197-204.
- [11] G. Veselko, I. Jakomin (2006). Just in time as a logistical supply concept, *Traffic & Transportation*, 18(4), pp.279-283.
- [12] Valery Lukinskiy, Natalia Pletneva, Victor Gorshkov & Pyotr Druzhinin (2017), Application of the Logistics "Just in Time" Concept to Improve the Road Safety,

Transportation Research Procedia, 20, 418-424.

- [13] Schulz & M. Müller (2016), Procurement Strategy – Levers for Increasing Efficiency in Product Development in the Automobile Industry, *Supply Management Research*, 239-274
- [14] M. K. Hur, T. W. Lee & S. S. Kwan (2001). An Empirical Analysis on the Utilization of 3PL from the Perspective of Strategic Alliance. *Korea Logistics Review*, 11(1), 23-44.
- [15] J. Y. Lee, Y. J. Park, C. I. Park & J. W. Lee (2009). The Effects of Critical Success Factors on Customer Satisfaction in 3PL Business. *Korea Logistics Review*, 17(4), 29-49.
- [16] B. R. Chun & M. S. Han. (2016), A Study on the Roles of Factors Promoting Trust in Maintaining and Enhancing Relationships of Third-Party Logistics Company, *Global Business Administration Review*, 2016(5), 139-165
- [17] D. Horenberg (2016), Applications within Logistics 4.0 A research conducted on the visions of 3PL service providers, University of Twente, The Netherlands
- [18] B. H. Kim, S. H. Park, J. M. Gong & G. T. Yeo (2017). A Study on the Safety Factor Analysis of Bulk Cargo Handling Using Fuzzy-AHP : Focused on steel cargo. *Journal of Digital Convergence*, 16(2), 179-188.
- [19] W. J. Jang. (2013). Priority Evaluation of Preliminary Cases for IMO Information Management System using Fuzzy TOPSIS and AHP. *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 37(5), 493-498.
- [20] S. W. Ryu. (2012). Integration of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS and Its Application to Supplier Selection Problem. *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 17(3), 35-44.
- [21] X. Zhu, Q. Zhang, J. Yang & L. Zhang (2013), E-Commerce Websites Promotion of Laptops based on AHP and Fuzzy TOPSIS, *International Journal of u-and e- Service, Science and Technology*, 6(4), 51-68.
- [22] T.L. Saaty (1994). Highlights and critical points in the theory and application of the analytic hierarchy Process, *Journal of Operation Research*, Vol.74, 426-447.
- [23] L.A. Zadeh (1965). Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338 - 353.
- [24] K. Y. Kim & D. H. Kim (2012). Disaster Recovery Priority Decision of Total Information System for Port Logistics: Fuzzy TOPSIS Approach. *Journal of Information Technology Services*, 11(3), 1-16.

김 영 근(Kim Young guen)

[정회원]



- 2016년 2월 : 경기과학기술대학교 기계자동차공학(학사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 동북아 물류대학원 석사과정
- Logisway 물류그룹 대표이사/CEO
- 관심분야 : 조달물류, 항만물류, SCM

▪ E-Mail : youngkeonkim@naver.com

오 재 균(OH, Jae-gyun)

[정회원]



- 2016년 8월 : 강원대학교 지역경제학(학사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 동북아 물류대학원 석사과정
- 관심분야 : 항만물류, Fuzzy methodology

▪ E-Mail : dhworbs13@gmail.com

박 성 훈(Park, Sung Hoon)

[정회원]



- 2016년 2월 : 강릉원주대학교 국제통상학과(국제통상학사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 동북아물류대학원 석사과정
- 관심분야 : 해운물류, 항만물류, Fuzzy methodology

▪ E-Mail : psh5512@gmail.com

여 기 태(Yeo, Gi Tae)

[정회원]



- 2007년 2월 : University of Plymouth (경영학 석사, 경영학 박사)
- 2008년 9월 ~ 현재 : 인천대학교 교수
- 관심분야 : 해운물류, 항만물류, System Dynamics, Fuzzy methodology

▪ E-Mail : ktyeo@incheon.ac.kr