한국철도학회논문집
제14권 제6호(2011년 12월) pp. 489-494

철도차량 경량화를 위한 효과도 평가 기법에 관한 연구

A Study on Evaluating System Performance for Light-Weight Rolling Stock

김희욱[1] · 김종운[†] · 정현승[2] · 박광복[3]
Hee Wook Kim · Jong Woon Kim · Hyun Seung Jung · Kwang Bok Park

Abstract In this paper, a method is proposed to evaluate a number of alternatives for light-weight rolling stock recommended from experts in rolling stock and to decide an optimal alternative. At first, many customer needs from various fields in railroad are drawn and weights of customer needs are decided by AHP. Secondly, technical requirements that should be real specifications for light-weight rolling stock are set and weights of technical requirements are decided by QFD. Finally, we evaluate some proposed alternatives and conclude an optimal alternative of light-weight rolling stock with TOPSIS.

Keywords : Rolling stock, Light-weight, AHP, QFD, TOPSIS

초 록 본 논문에서는 철도차량 전문가 집단으로부터 주어진 다수의 철도차량 경량화 설계대안의 효과도를 평가하고 최적 대안을 제시하는 기법을 제안한다. 먼저 철도차량 경량화에 대한 다양한 분야에서 고객의 요구사항을 파악하고 AHP를 이용하여 가중치를 산출한다. 그리고 차량 제작을 위한 실질적인 설계사양인 기술적 특성을 도출하고 QFD를 이용하여 각 특성에 대한 가중치를 산정한다. 마지막으로 제시된 다양한 경량화 철도차량의 대안은 TOPSIS를 이용하여 평가하고 최적의 대안을 결정한다.

주요어 : 철도차량, 경량화, AHP, QFD, TOPSIS

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

세계적으로 환경규제의 강화로 인해 공해물질 배출저감에 대한 요구가 급증하고 있으며, 유가상승으로 에너지 소비 절감을 위한 노력이 확산되고 있다. 이에 따라 친환경적이고 고효율적으로 에너지 절감이 가능한 철도산업에 대한 관심이 커지고 있다. 그리고 신기술을 이용한 초고속열차, 자기부상열차 등이 개발되면서 철도산업이 성장하고 있으며, 이와 더불어 국내외에서는 에너지 효율이 우수한 철도차량 개발에 대한 다각적인 연구가 진행 중이다. 이러한 연구의 일환으로, 철도차량을 경량화하기 위해 신소재 개발 및 철도차량의 주요 장치별 구조해석을 통한 경량화 설계연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 경량화는 부분적인 중량절감을 통한 경량화가 아닌 전체 시스템 차원에서 운영 및 제작 등의 다각적 관점을 고려하여 철도차량에 대한 설계가 이루어져야 한다.

시스템 차원에서 철도차량 경량화를 실현하기 위해서는 차량 설계단계에서부터 다양한 고객의 요구사항이 잘 반영되어야 하며, 이와 동시에 생산에 직접적인 영향을 주는 개발기술의 난이도를 고려한 설계가 이루어져야 한다. 또한 단순히 철도차량의 중량 절감효과만을 극대화할 것이 아니라 운행 중에 수반되는 안전 문제나 운영상의 효율성 등에 대한 부분도 간과해서는 안 된다.

본 논문에서는 철도차량 전문가 집단으로부터 주어진 다수의 철도차량 경량화 설계대안의 효과도를 평가하고, 그 중에서 최적의 대안을 제시하는 기법을 제시한다. 효과도 평가 지표인 다양한 요구사항의 가중치를 산정하기 위해 정량적 의사결정 방법인 AHP(Analytical Hierarchy Process), QFD(Quality Function Deployment)를 이용한다. 그리고 철도차량 경량화 설계대안을 평가하기 위해 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 방법을 적용한다. 이러한 일련의 철도차량 경량화에 대한 효과도 평가 절차 및 기법을 사례연구를 통하여 구체적으로 제시한다.

1.2 기존 연구

이미 의사결정 및 대안 평가를 하기 위한 중요한 도구로써 AHP와 TOPSIS는 널리 사용되고 있다. AHP는 공공사업 타당성평가[1], 기업의 사회 공헌활동 우선순위 분석[2], 기업 정보화 투자타당성 분석[3], SCM(Supply Chain Management) 성공요인의 중요도 분석[4], 환경 친화적인 철도 노선선정[5] 등 사회, 경제 측면에서 정성적인 기준에 대한 평가와 관련해 많은 연구가 수행되었고, TOPSIS는 쾌속 조형 공정의 성능을 평가하고[6], MOMIP(Multi-Objective Mixed Integer

[†]교신저자 : 한국철도기술연구원 시스템안전연구실
E-mail : jong@krri.re.kr
[1]한국철도기술연구원 시스템안전연구실
[2]한국철도기술연구원 신교통연구실
[3]㈜ 이산

Programming) 방법을 동시에 고려한 다기준에서의 공급업체 선정에 관한 연구[7]에 사용되었다. TOPSIS의 경우 다른 방법론과 함께 연계되어 연구가 많이 이루어졌으며, 특히 도시 방재시설의 적정입지 평가에 관한 연구[8]를 보면 AHP의 가중치를 TOPSIS에 이용하여 적정입지를 평가하였다.

QFD는 IPTV 서비스 품질 핵심 요소 도출 및 분석, S/W 개발 초기 과정 등의 연구[9,10]에서 요구사항 및 설계사양을 도출하기 위해 많이 사용되었다. 실제로 QFD는 신제품 제작 시 고객의 요구사항을 분석하고 이에 상응하는 설계사양을 도출하기 위한 유용한 도구이다.

2. 효과도 평가 절차

2.1 고객 및 요구사항 정의

철도차량의 경량화 설계를 위한 첫 단계는 철도차량과 관련된 고객이 누구인가를 정의하고, 선정된 고객의 요구사항이 무엇인지를 파악하는 것이다. 고객은 실제로 철도차량과 직간접적으로 관련 있는 대상으로 차량을 운영할 국가나 운영사, 제작사, 철도차량을 탑승하고 이용할 승객 등이 될 수 있다. 철도차량에 대한 고객의 요구사항은 차량설계에 필요한 중요한 요소이며, 각 고객으로부터 다음과 같은 요구사항을 기대할 수 있다.

- 승객으로부터 안전성, 안락함 등에 대한 요구
- 국가나 운영업체로부터 운영비용 및 운임 등의 낮은 투자비용에 대한 설계 요구
- 제작사의 경제적인 원자재 사용 및 제작, 설계비용 등에 대한 요구

고객에 따라 요구사항이 다를 수 있지만, 결국 철도차량 설계사양에 영향을 주는 요구조건이기 때문에 상호 연관성을 고려하여 설계에 반영되어야 한다.

2.2 AHP를 이용한 고객의 요구사항 가중치 결정

다양한 고객으로부터 선정된 고객 요구사항은 모두 완벽하게 철도차량 설계에 반영될 수 없다. 따라서 각 요구사항의 우선순위를 결정하기 위한 정량적인 기준인 가중치를 제시할 필요가 있다. 이때 가중치는 각 요구사항들 간의 쌍대비교를 통해 주어진 범위 내의 값으로 정량화한다. 이러한 가중치 산정의 방법으로 AHP를 활용하였다. AHP 절차는 오상영과 하대용[3]의 연구에서 자세히 제시되어 있다. 절차를 다시 설명하면,

1단계: 고객의 요구사항은 Table 1의 척도를 이용하여 쌍대비교를 실시하고 비교행렬을 작성한다.

2단계: 정규화된 가중치를 계산한다. 먼저 식(1)을 이용하여 각 행렬(a_{ij})에 대한 상대비중(R_{ij})을 평가하고, 식(2)를 이용하여 각 요구사항에 대한 가중치(w_j)를 계산한다.

Table 1 Rating scale

Importance	Definition
1	Equal importance
3	Somewhat more important
5	Much more important
7	Very much more important
9	Absolutely more important
2, 4, 6, 8	Intermediate values

$$R_{ij} = a_{ij} / \sum_{j=1}^{n} a_{ij}, \quad i = 1, 2, \ldots, m \tag{1}$$

$$w_j = \sum_{i=1}^{m} R_{ij} / i, \quad j = 1, 2, \ldots, n \tag{2}$$

3단계: 판단의 일관성 여부를 파악하기 위해 일치성 검사를 실시한다. 이것은 쌍대비교의 오류를 검사하고 주관적인 관점을 배제하는 것으로 상대적으로 중요도가 고르게 매겨졌다고 판단할 수 있는 근거가 된다.

3-1: 일치성지수 CI(Consistency Index)를 구한다. 일관성이 클수록 0에 가까운 값을 가지며, 식(3)을 이용하여 $\lambda_{\max}$을 구하고 식(4)를 통해 CI값을 얻는다.

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \frac{a_{j1} + w_1 + a_{j2} w_2 + \ldots + a_{jm} w_m}{w_j}}{n} \tag{3}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{4}$$

3-2: 일치성 비율 CR(Consistency Ratio)를 구하고 AHP 결과의 유효성을 판단한다. 식(5)와 같이 CR값을 구하고 0.1보다 작으면 일관성에 문제가 없다고 판단할 수 있다. RI (Random Index)는 Table 2와 같이 비교행렬(n)의 크기에 따라 다르며 Saaty의 시뮬레이션에 의해 도출된다.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{5}$$

2.3 기술적 특성 파악 및 가중치 결정

앞서 정의한 요구사항은 철도차량 경량화를 위한 추상적인 사항이기 때문에 차량의 품질특성이라 할 수 있는 기술적 특성을 정의해야 한다. 고객의 요구사항을 만족하기 위해 필요한 기술적 특성은 철도차량 장치별 전문 제작업체 및 분야 전문가로 구성된 워킹그룹을 구성하여 도출할 수 있으

Table 2 Average of consistency index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

며, 철도차량을 개발할 때 요구되는 설계사양이 된다. 이때 모든 기술적 특성을 부각시키기에는 기술적으로나 비용적으로 한계가 있기 때문에 상호간 연관성을 파악하여 우선순위를 두어야 한다. 따라서 정의된 기술적 특성의 개발 가능한 수준과 고객 요구사항의 우선순위를 고려하여 정량적인 가중치를 결정한다.

고객의 요구사항과 기술적 특성의 연관관계를 파악하기 위해 이미 널리 알려진 QFD를 이용하고 각 기술적 특성에 대한 가중치를 산정한다. QFD의 기본개념은 고객의 요구사항을 제품의 설계 특성으로 변환하고 이를 다시 부품 특성, 공정 계획 및 생산 계획까지 전개해 나감으로써 고객의 요구가 최종 제품에 충실히 구현되도록 하는데 있다[9]. 즉, 정의된 기술적 특성은 경량화 철도차량의 설계사양으로 볼 수 있다.

2.4 철도차량 경량화 대안 도출

철도차량을 구성하고 있는 장치별 대안을 바탕으로 한 경량화 대안모델은 현재기술 수준을 비준하여 전문가 집단으로부터 주어진다. 그리고 대안은 고객 요구사항과 기술적 특성의 가중치가 반영되어 평가된다. 각 장치별 대안은 사용되는 소재 또는 기술수준, 설계구조 등에 따라 다양한 대안이 도출될 수 있다. 예를 들어, 차체는 스테인레스나 알루미늄 등이 경량화를 위한 대안이 될 수 있다. 이러한 장치별 대안을 바탕으로 철도차량 경량화를 위한 다양한 조합이 가능하고, 그 중에서 고객의 요구사항과 기술적 특성을 고려하여 가장 우수하다고 판단되는 조합을 최적의 대안으로 판단한다. 하지만 장치 간의 대안별 관계를 고려한 조합이 구성되어야 한다. 왜냐하면 두 가지 특정대안의 조합이 양 또는 음의 효과를 가져올 수 있기 때문이다.

2.5 TOPSIS를 이용한 최적 대안 평가

다수의 대안을 평가하고 최적의 대안을 결정하기 위해 TOPSIS를 이용한다. 이때 최종 대안은 고객 요구사항과 기술적 특성을 잘 반영되었다고 판단할 수 있다. TOPSIS는 이상적인 해로부터 가장 가깝고 비이상적인 해로부터 가장 멀어야 한다는 개념에 근거한다. 각 요소가 단조증가(감소) 효용극수를 가진다고 가정하면 가장 좋은 요소치로 구성된 이상적인 해와 가장 나쁜 요소치로 구성되는 비이상적인 해를 쉽게 구할 수가 있다[8]. 여기서, 이상적인 해는 고려하고 있는 기준이 가질 수 있는 값 중 가장 큰 값으로 구성되며, 비이상적인 해는 가장 작은 값으로 구성된다.

TOPSIS는 AHP를 통한 가중치 선정 후에 적용하는 것이 가장 좋은 것으로 알려져 있다. 따라서 AHP와 QFD에 의해 얻어진 가중치를 TOPSIS에 적용하여 철도차량 경량화를 위한 최적의 대안모델을 도출한다. TOPSIS 절차는 신행재 등[6]의 연구에서 자세히 설명되어 있다. 절차를 다시 설명하면,

1단계: 기술적 특성에 대한 제안된 대안모델의 중요도를 정의하고 행렬을 작성한다. 기술적 중요도의 부여 기준은 1부터 9의 범위 내에서 하나의 대안이 각 기술적 특성에 견주어 양의 효과를 많이 얻을수록 9에 가까운 값을 가지게 된다.

2단계: 식(6)을 이용하여 기술적 특성의 중요도를 정규화한다.

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2},\ j = 1, 2, \ldots, n \tag{6}$$

3단계: 기술적 특성이 반영된 새로운 가중치를 산출한다. 새로운 가중치는 식(7)과 같이 QFD에서 얻은 각 기술적 특성의 가중치와 행렬의 각 요소의 곱으로 산출한다.

$$v_{ij} = w_{ij} \cdot r_{ij} \tag{7}$$

4단계: 이상해와 비이상해를 결정한다. 각 행에서 가장 큰 값을 식(8)과 같이 이상해로, 가장 작은 값을 식(9)와 같이 비이상해로 구별한다.

$$A^+ = (v_1^+, \ldots, v_j^+, \ldots, v_n^+) \tag{8}$$

$$A^- = (v_1^-, \ldots, v_j^-, \ldots, v_n^-) \tag{9}$$

5단계: 이상해와 비이상해로부터 각 대안에 대한 구간척도를 구한다. 식(10), (11)을 이용해 대안에 대한 이상해와 비이상해로부터의 간격을 구하는 것이다.

$$S_j^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \tag{10}$$

$$S_j^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \tag{11}$$

6단계: 식(12)을 이용하여 이상해로부터의 상대적 근접도를 구한다. 상대적 근접도는 이상해를 가진 값에 가까이 있는 정도를 나타내는 정량적인 값으로 가장 큰 값을 가지는 대안이 최적의 대안으로 결정된다.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \tag{12}$$

3. 사례 연구

효과도 평가 절차의 이해를 돕기 위하여 전동차를 대상으로 장치별 경량화 대안을 제시하고 철도차량 경량화를 위한 다수의 대안모델을 설정하였다. 그리고 제시된 기법을 이용하여 효과도를 평가하고 최적의 대안을 결정해보았다.

3.1 고객 요구사항 및 가중치 결정

고객은 승객, 차량제작사, 운영업체로 구분하고 UNIFE에서 정의된 철도서비스에 대한 요구조건[11]을 바탕으로 각

Table 3 Importance of customer requirement for AHP

구분	안전성	정시성	시격	운영비용	환경성	안락성	가중치(w_i)
안전성	1.00	7.00	9.00	9.00	7.00	7.00	0.589
정시성	0.14	1.00	5.00	3.00	1.00	3.00	0.144
시격	0.11	0.20	1.00	1.00	0.33	0.33	0.037
운영비용	0.11	0.33	1.00	1.00	0.33	1.00	0.049
환경성	0.14	1.00	3.00	3.00	1.00	1.00	0.107
안락성	0.14	0.33	3.00	1.00	1.00	1.00	0.075
합계	1.65	9.86	22	18	10.66	13.33	1

고객별 요구사항을 파악하였다. 승객의 입장에서는 탑승 시에 느낄 수 있는 안락함과 정시성 그리고 부담 없는 적정 수준의 운임 등의 요구사항이 파악되었다. 그리고 제작사 입장에서는 환경성이나 안전성 등을 요구하였으며, 운영업체는 효율적인 운영비용, 쉽게 이용할 수 있는 접근성, 수송능력 등을 강조하였다. Table 3에서는 철도차량 경량화에 대한 고객의 평가 지표로써 총 6가지의 주요 요구사항을 도출하고 AHP를 이용하여 가중치를 산정하였다. CR값은 0.048으로 계산되었으며 AHP 수행의 논리적인 모순은 없다고 판단할 수 있다.

3.2 기술적 특성 및 가중치 결정

철도차량 경량화를 위해 개발 시 고려되어야 할 설계사양인 기술적 특성은 철도차량 장치별 전문가에 의해 도출하여 Table 4에서 정의하였다.

고객 요구사항을 고려한 기술적 특성의 가중치는 QFD를 이용하여 Fig. 1과 같이 도출하였다. 고객의 요구사항과 기술적 특성의 상호간의 관계 정도에 따라 1(약한관계), 3(보통관계), 9(강한관계)의 값을 가지도록 설정하였다. 하지만 관계 정도는 실질적인 중요성을 가지기 보다는 기술적 특성의 우선순위를 판단하기 위한 역할을 하기 때문에 QFD를 수행하는 팀이나 담당자에 의해 보다 세분화할 수 있다. 최종적으로 각 기술적 특성의 가중치는 0.46(위험도), 0.16(제동거리), 0.01(가속도), 0.10(신뢰도), 0.01(정비비용), 0.01(생산비용), 0.14(소음), 0.09(소비전력), 0.02(진동)로 산출되었다. 정비비용과 진동, 생산비용을 제외한 나머지 기술적 특성은 다수의 고객 요구사항과 관련되어 철도차량을 제작하고 개발되어야 함을 알 수 있었다.

Table 4 Average of consistency index

구분	내용
신뢰성	차량의 신뢰도를 향상시켜 높은 수준의 가용성을 유지
소음	운행 시 발생되는 소음을 줄여 승객의 안락함의 만족도를 높이고 소음공해 절감
위험도	정비 시의 안전사고 또는 운행 상의 사고발생을 최소화
정비비용	과다한 정비비용이 소비되지 않도록 차량의 부품을 설계하여 운영비용 최소화
진동	운행 시 발생되는 진동을 줄여 승객의 안락함의 만족도 최대화
가속도	차량의 운행속도를 높여 고객이 만족하는 시간에 도착
제동거리	적정수준의 제동거리를 유지하여 정시도착
소비전력	환경을 고려하여 과다한 에너지를 소비하지 않는 효율적인 사용
생산비용	과다한 생산비용으로 인해 운영비용이 상승하고 이에 따른 적정 운임비용 결정

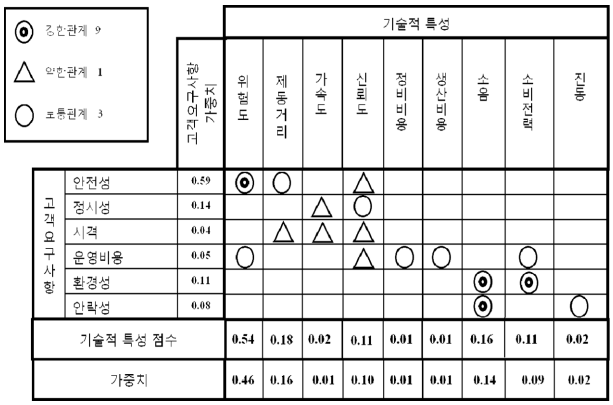

Fig. 1 Quality function deployment

3.3 대안 생성 및 평가

철도차량 경량화를 위한 장치별 대안을 바탕으로 전문가로부터 주어진 대안모델을 Table 5에 제시하였다. 우선 실용화 되었거나 연구 중인 기술을 모두 고려하여 장치별로 다수의 대안을 파악하고, 전문가의 협의를 통하여 철도차량의 대안을 구성하였다. 4가지 대안 이외 더 많은 조합으로 인한 대안 제시가 가능하지만 무작위의 조합이 아닌 현실성 있는 대안설정을 설정하고, 평가를 위한 복잡도를 낮추기 위해 현재 적용되고 있는 기술부터 연구개발 중인 신기술까지 고려하여 대안을 도출하였다.

각 대안은 TOPSIS를 이용하여 효과도를 평가하고 최적의 대안을 결정하였다. 철도차량 장치별 전문가들을 통하여 Table 6과 같이 중요도를 결정하고 기술적 특성의 가중치를 이용하여 TOPSIS 과정을 수행하였다.

TOPSIS 수행결과 Table 7과 같이 각 대안의 상대적 근접

Table 5 Alternatives for light-weight rolling stock

장치	모델 1	모델 2	모델 3	모델 4
차체	- 경량 압출재	- Al 압출재 두께 개선	- Al 고장도 압출재 개발	- 복합소재 또는 신소재
내장판	- 페놀+Al 내장재	- 페놀+Al 내장재	- Al 하니콤 내장재	- 항공 고강도 복합소재
상구조	- 유니텍스 구조	- 고무+합판구조	- 고무+합판구조	- 경량 신소재
선반	- 스텐레스 강관 선반	- 스텐레스 강관 +Al 압출재 받침대	- 스텐레스 강관 +Al 압출재 받침대	- 지지대 및 손잡이 최소화
의자	- 강재 프레임, 우레탄 폼 커버지	- Al 프레임, 모켓트 커버지	- 복합소재	- 경량 신소재
도어	- 공압식 도아엔진	- 전기식 도아엔진	- 전기식 도아엔진	- 전기식도아엔진
제동장치	- BOU, SOU, RSU 설치	- BOU+SOU 통합	- BOU+SOU 통합	- 대차 단위제어
대차	- 주강저널	- 주강저	- Al 저널	- Al 저널
	- 중실축	- 중실축	- 중공축	- 중공축
	- 주강 제동디스크	- 주강 제동디스크	- Al 제동디스크	- Al 제동디스크
	- 카르단식 구동	- 카르단식 구동	- 경량 DDM 구동	- 경량 DDM 구동
	- 용접 대차프레임	- 용접 대차프레임	- 프레임 경량화	- Al 프레임 - 세라믹 프레임
냉방장치	- 강재 프레임	- 스텐레스 강 또는 고강도 프레임 적용	- 스텐레스 강 또는 고강도 프레임 적용	- 스텐레스 강 또는 고강도 프레임 적용
추진/보조전원 장치	- 용접 전동기 하우징	- 용접 전동기 하우징	- Al 전동기 하우징	- Al 전동기 하우징
	- 전자석전동기	- 전자석전동기	- 전자석전동기	- 영구자석전동기
	- IGBT- Si-diode	- IGBT- Si-diode	- Al 프레임 경량화	- Silicon Carbide
	- Heat 수냉각	- Heat 수냉각	- Draft Cooling	- Draft Cooling
	- SIV PWM- IGBT	- SIV PWM- IGBT	- Al 프레임 경량화	- 공진형 PWM 스위칭
	- Ni-Cd축전지	- Ni-Cd 축전지	- Ni-Cd축전지	- Li-ion 방식
판토그래프	- 교차형판토그래프	- 경량화 프레임	- 싱글형판토그래프	- 싱글형판토그래프
열차제어 시스템	- 광통신/시리얼 제어	- PCB 네트워크 제어	- PCB 네트워크 제어	- PCB 네트워크 제어
	- 시리얼 제어	- 제어선 소형화	- 광통신 네트워크 제어	- 광통신 네트워크 제어
배관류	- 강관	- 강관	- 동관 배관	- 동관/신소재 배관

Table 6 Importance for TOPSIS

구분	대안모델				가중치(w_i)
	1	2	3	4	
위험도	5	6	7	7	0.46
제동거리	5	6	8	9	0.16
가속도	5	6	8	9	0.01
신뢰도	5	5	4	2	0.10
정비비용	5	5	4	4	0.01
생산비용	5	4	3	1	0.01
소음	5	5	4	4	0.14
소비전력	5	6	8	9	0.09
진동	5	5	4	4	0.02

도를 얻을 수 있었으며, 대안모델 3이 가장 큰 근접도를 가졌다. 따라서 제시된 경량화 철도차량의 4가지 대안 중 고객의 요구사항과 개발상의 기술적 특성이 잘 반영된 가장 이상적인 대안으로 모델 3을 제시할 수 있었다.

Table 7 Results of relative closeness

Type	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Closeness	0.3076	0.5100	0.7840	0.6928

4. 결 론

본 논문에서는 철도차량의 경량화에 대한 고객의 요구사항과 개발상의 기술적 특성을 제시하고, 전문가 집단으로부터 제시된 각 대안의 효과를 평가하고 최적의 대안을 결정하였다. 먼저 경량화 철도차량 개발을 위해 승객, 제작사, 운영사로부터 다양한 요구사항과 개발과정에서 요구되는 기술적 특성을 전문가로부터 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 AHP를 활용하여 고객 요구사항의 가중치를 산정하였으며, QFD를 이용하여 경량화 철도차량의 설계사양을 결정하였다. 그리고 철도차량의 장치별로 제시된 경량화 대안은 TOPSIS 방법으로 평가하고 최적의 대안을 제시하였다. 본 연구를 통하여 정성적인 요구사항에 대한 의사결정을 검증된 방법론

으로 이용함으로써 철도차량 경량화 설계를 위한 효과도를 정량적으로 평가할 수 있었다.

향후 철도차량을 개발할 때 제시된 방법을 활용한다면 사전에 대안 평가가 이루어질 수 있기 때문에 설계 단계에서부터 생산, 출하에 이르기까지 발생하는 이해관계에 관한 문제를 줄일 수 있고, 생산시간을 단축시켜 비용절감의 효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

[1] T.H. Kwon (2008) Critical issues in applying multi-criteria analysis into feasibility studies of public projects, *Korean Association for Public management*, 22(3), pp. 31-51.

[2] B.C. Kim (2006) A priority analysis on corporate social contribution programs through analytical hierarchy process (AHP), *KOBACO*, 71(summer), pp. 131-151.

[3] S.Y. Oh, D.Y. Ha (2006) A case study on feasibility analysis of business information systems investment using AHP, *Journal of information technology applications & management,* 13(4), pp. 303-319.

[4] E.C. Lee, M.S Chae. (2009) A study on key success factors of SCM applying AHP, *Logistics study*, 17(1), pp. 53-78.

[5] D.K. Kim (2009) Study on the development of quantitative assessment computer system to select environment friendly railway, *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(1), pp. 144-150.

[6] H.J. Shin, H.S. Byun, K.H. Lee (2001) A study on capability evaluation and machine selection in RP processes, *Proceedings of KSPE Spring Conference*, pp. 37-40.

[7] J.S. Kim (2008) Vendor selection by multiple-criteria decision making, *Proceedings of KSIE Autumn Conference*, pp. 173-182.

[8] Y. Kim, T.C. Ryu, J.G. Ahn (2004) Location analysis and evaluation of public facilities for disaster prevention and public safety using MADM method : A case study of fire station location in Jinju and Sacheon, *The Korea Spatial Planning Review*, 43, pp. 37-51.

[9] H.M. Lim, K.J. Kim, J.H. Yoo (2008) Analysis of IPTV Key Service Quality Indicators based on QFD methodology, *KNOM Review*, 11(1), pp. 56-74.

[10] M.I. Elboushi, J.S. Sherif (1997) Object-oriented software design utilizing quality function deployment, *Journal of systems and software*, 38(2), pp. 133-143.

[11] P. Dersin, D. Dupre, L.W. Schiwek, H. Ludwig, J.P. Gosnet, M. Schneider (2001) Guidelines for life cycle cost, UNIFE, Terms and definitions for total railway systems.

접수일(2011년 9월 8일), 수정일(2011년 10월 15일),
게재확정일(2011년 11월 4일)