

철도차량 경량화 개념설계를 위한 다속성 의사결정 시스템 설계

Development of Multi-Attribute Decision Making System for Conceptual Design of Light-Weight Rolling Stock

김희욱* 김종운† * 신성룡*** 정현승**
Hee-Wook Kim Jong-Woon Kim Sung-Ryoung Shin Gil-Dong Hong

ABSTRACT

In this paper, a system is developed to support multi-attribute decision making for designing light-weight of rolling stock. Conceptual design of light-weight of rolling stock does not only mean reducing weight. It should be considered about some attributes like safety and environment, technology, etc. So technical attributes and needs of customers, manufacturers and management companies, passengers, should be reflected and qualitative evaluation methods are required. AHP(Analytical Hierarchy Process) and QFD(Quality Function Deployment) are used to decide weighted values of technical attributes and needs from customers. Finally, Alternatives for light-weight of rolling stock that are composed of alternatives of equipment are evaluated by TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). A series of this process are made as a S/W. It could suggest a near-optimal alternative for light-weight of rolling stock.

1. 서론

세계적으로 환경규제의 강화로 인한 공해물질 배출저감 및 유가상승으로 인한 에너지 소비 절감을 위한 노력이 확산되면서, 비교적 친환경적이고 고효율적으로 에너지 절감이 가능한 철도산업에 대한 관심이 급격히 증가되고 있다. 이로 인하여, 신기술을 이용한 초고속열차, 자가부상열차 등이 개발되면서 철도산업이 성장하고 있으며, 이러한 흐름에 발맞추어 국내외에서는 철도시장의 경쟁력 확보를 위한 일환으로 철도차량을 경량화하기 위한 체계적인 연구가 진행 중이다.

단순히 철도차량의 경량화라고 하면 차량의 중량절감으로만 생각할 수 있다. 하지만 차량이 가벼워지면서 발생할 수 있는 탈선의 안전사고와 신소재 사용으로 인한 개발비용 및 정비비용 등의 상승으로 인한 다양한 문제점이 발생할 수 있다. 이러한 문제는 철도차량 경량화 개발과 관련된 제작사, 운영사, 승객 등의 다양한 이해관계자의 요구사항을 파악하고, 상호간의 Trade-off 관계를 고려하여 효과적인 철도차량을 개발할 필요가 있다.

본 논문에서는 철도차량 경량화 개념설계를 하기 위해 많은 이해관계자들이 요구사항을 파악하고, 최적의 설계 대안을 도출하기 위한 다속성 의사결정 문제를 지원할 수 있는 시스템을 설계한다. 철도차량 경량화 개념설계를 위해 초기단계에서부터 다양한 고객(제작사, 운영사, 승객 등)의 안전, 환경, 기술수준과 관련된 요구사항과 기술적 속성을 잘 반영하여 최적의 대안을 도출하고, 이미 알려진 정량적인 평가방법의 유기적인 관계를 이용한다. 철도차량 경량화에 대한 다양한 고객의 요구사항 및 제작을 위한 기술적 속성의 중요도를 결정하기 위해 AHP(Analytical Hierarchy Process)와 QFD(Quality Function Deployment)를 사용한다. 그리고 장치별 대안을 바탕으로 제시되는 경량화 철도차량 대안모델을 TOPSIS(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)를 이용하여 평가한다.

† 교신저자, 한국철도기술연구원, 시스템안전연구실
E-mail : *****@railway.or.kr

* 한국철도기술연구원, 시스템안전연구실

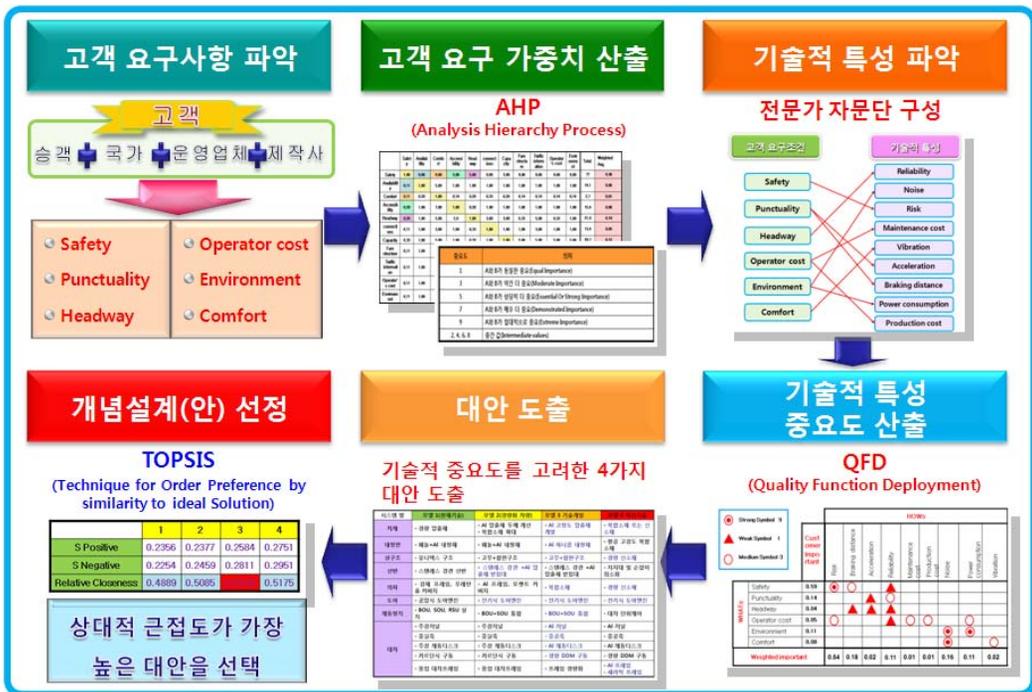
** 한국철도기술연구원, 신교통연구실

2. 본론

2.1 경량화 개념설계 절차

철도차량 경량화를 위한 개념설계 시스템은 승객, 제작사, 운영업체, 국가 등의 이해관계자 입장에서 원하는 요구사항 및 시스템 요구 특성을 만족시킬 수 있는 대안을 도출하고 중요도를 고려하여 최적의 대안을 결정할 수 있도록 지원하는 기능을 가진다.

그림 1에서와 같이 시스템은 고객 요구사항, 고객 요구 가중치 산출, 기술적 특성 파악, 기술적 특성 중요도 산출, 대안 도출, 개념설계(안) 설정의 6단계로 이루어져 있다.



2.1.1 고객 요구사항 및 가중치 결정

철도차량의 경량화 개념설계를 위한 첫 단계는 철도차량과 관련된 고객이 누구인가를 정의하고, 선정된 고객의 요구사항이 무엇인지를 파악하는 것에서부터 시작된다. 고객은 실제로 철도차량과 직간접적으로 관련 있는 대상으로 차량을 운영할 국가나 운영사, 제작사, 또는 철도차량을 탑승하고 이용할 승객 등이 철도차량 경량화 설계 시 고려할 수 있는 고객의 대상이 될 수 있다.

고객으로부터 도출된 요구사항은 AHP를 이용하여 가중치를 결정한다. AHP는 여러 속성을 두 개의 쌍으로 묶어 비교함으로써 의사결정 과정에 참여하는 여러 전문가들의 의사결정 판단자료를 일정한 논리에 의해서 보다 쉽고 체계적으로 분석할 수 있게 해주는 방법론이다. 또한, 의사결정과정과 관련된 평가기준들과 평가대안들을 계층적인 구조로 보여주기 때문에 복잡한 문제를 보다 쉽게 알기 쉽게 풀어준다[2].

2.1.2 기술적 특성 및 가중치 결정

철도차량 경량화를 위한 실질적인 차량의 품질특성이라 할 수 있는 기술적 요소를 정의한다. 고객의 요구사항을 만족하기 위해 필요한 기술적 특성은 철도차량에 대한 장치별 전문가 집단을 구성하여 도출할 수 있으며, 이것은 철도차량의 개발 시에 요구되는 설계사양이 된다. 모든 기술적 속성을 부각시키기에는 기술적으로나 비용적인 부분에서 한계가 있기 때문에 상호간 연관성을 파악하여 개발에 있어 우선순위를 두어야 한다.

기술적 속성의 가중치를 결정하기 위해 QFD를 이용한다. QFD는 고객의 요구사항을 제품의 설계 특

성으로 변환하고 이를 다시 부품 특성, 공정 계획 및 생산 계획까지 전개해 나감으로써 고객의 요구가 최종 제품에 충실히 구현되도록 한다.

2.1.3 경량화 차량 대안 생성 및 평가

철도차량을 구성하고 장치별 대안을 현재기술 수준을 비준하여 제시한다. 각 장치별 대안은 사용하는 소재 또는 기술수준, 설계구조 등에 따라 다양한 대안을 도출할 수 있다. 예를 들어, 차체는 스테인레스나 알루미늄 등이 경량화를 위한 대안이 될 수 있다. 이러한 대안을 바탕으로 철도차량 경량화를 위한 다양한 조합이 가능하며, 그 중에서 고객의 요구사항과 기술적 특성을 고려하여 가장 우수하다고 판단되는 조합이 최적의 대안으로 판단한다. 하지만 장치 간의 대안별 관계를 고려한 조합이 구성되어야 한다. 왜냐하면 두 가지 특정대안의 조합이 양 또는 음의 효과를 가져 올수 있기 때문이다.

제시된 대안을 평가하기 위해 앞서 AHP와 QFD를 통하여 도출된 가중치를 이용하여 TOPSIS에 적용한다. TOPSIS는 이상적인 해로부터 가장 가깝고 비이상적인 해로부터 가장 멀어야 한다는 개념에 근거한다. 각 요소는 단조증가(감소) 효용극수를 가진다고 가정하면 가장 좋은 요소치로 수성된 이상적 해와 가장 나쁜 요소치로 구성되는 비이상적 해를 쉽게 구할 수가 있다[1]. 여기서, 이상적 해는 고려하고 있는 기준이 가질 수 있는 값 중 가장 좋은 값으로 구성되며, 비이상적 해는 가장 나쁜 값으로 구성된다. TOPSIS는 AHP를 통한 가중치 선정 후에 적용하는 것이 가장 좋은 방법으로 알려져 있다.

2.2 다속성 의사결정 시스템 설계

철도차량 경량화 개념설계 시스템은 널리 사용되는 다속성 의사결정 방법인 AHP, QFD, TOPSIS를 주요 기능으로 하며, 시스템 데이터 베이스는 MS-SQL 데이터 베이스를 이용하여 많은 템플릿정보를 서버에 저장한다. 또한 사용자 데이터 베이스는 Microsoft Office Access를 이용하고 프로젝트, 사용자 요구사항, AHP 분석, 시스템특성, QFD 분석, TOPSIS 분석 등을 입력, 계산하는데 사용된다. 시스템은 Microsoft Visual Studio 2008 C#을 이용하여 구현하였다. 표 1은 시스템의 상세한 설계 사양을 보여준다.

표 1. 시스템 설계 사양

구분	Master DB	경량화 개념설계 지원 프로그램
설치 프로그램	SQL Server 2005 Express Edition	Install 프로그램
H/W 최소 요구사항	CPU : Intel 1GHz 이상 RAM : 512 MB 이상 Disk : 10GB 이상	CPU : Intel 1GHz 이상 RAM : 512 MB 이상 Disk : 10GB 이상
H/W 권장 요구사항	CPU : Intel Core2 2 GHz 이상 RAM : 2GB 이상 Disk : 60GB 이상	CPU : Intel Core2 2 GHz 이상 RAM : 1GB 이상 Disk : 40GB 이상
S/W 요구사항	Windows XP Service Pack 3 또는 Windows 7	Windows XP Service Pack 3 또는 Windows 7 Microsoft Excel 2003 이상 Microsoft .Net Framework4.0 이상

그림 2와 3은 시스템 및 사용자 데이터 베이스의 구성을 E-R 다이어그램을 통하여 보여준다. 시스템 데이터 베이스는 프로젝트 구조, 사용자 요구사항, 시스템 특성에 대한 정보를 관리한다. 그리고 사용자

데이터 베이스는 시스템 데이터를 포함하여 중요도, 가중치, 요구사항간의 관계에 대한 정보를 관리한다.

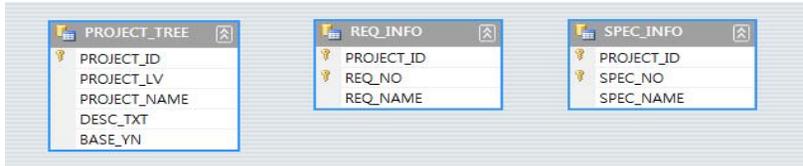


그림 2. 시스템 데이터 베이스 E-R 다이어그램

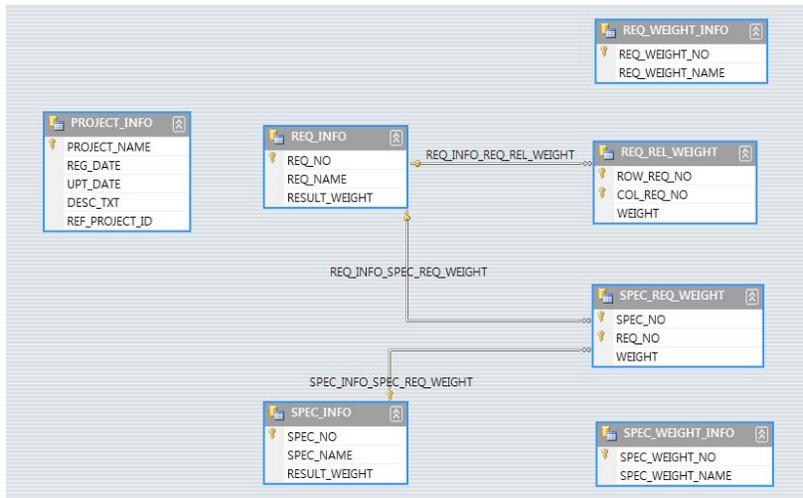


그림 3. 사용자 데이터 베이스 E-R 다이어그램

시스템의 메인화면은 철도차량 경량화 개념설계를 위한 전체적인 절차를 가시화한다. 그림 4에서와 같이 총 6단계(고객요구사항 및 중요도 도출-AHP-기술적 특성 도출-QFD-대안도출-대상선택)의 세부적인 절차를 거쳐 최적의 경량화 설계 대안을 제시한다. 사용자가 처음 프로젝트를 생성한 경우 1단계부터 시작되며 선행단계의 입력이 완료되지 않으면 다음단계로 진행될 수 없다.



그림 4. 시스템 메인화면

그림 5는 시스템의 주요 기능에 대한 화면을 보여주고 있다. 시스템 데이터 베이스를 이용하기 위해 서버에 접속하고 사용자가 저장하고자 하는 정보는 각 템플릿에 저장한다. AHP, QFD, TOPSIS의 중요

도 척도는 사용자의 편의에 따라 기준치의 변경이 가능하며, 고객의 요구사항 및 기술적 속성은 이미 서버에 저장된 데이터를 불러오거나 사용자가 새로운 데이터를 생성하여 저장할 수 있다.

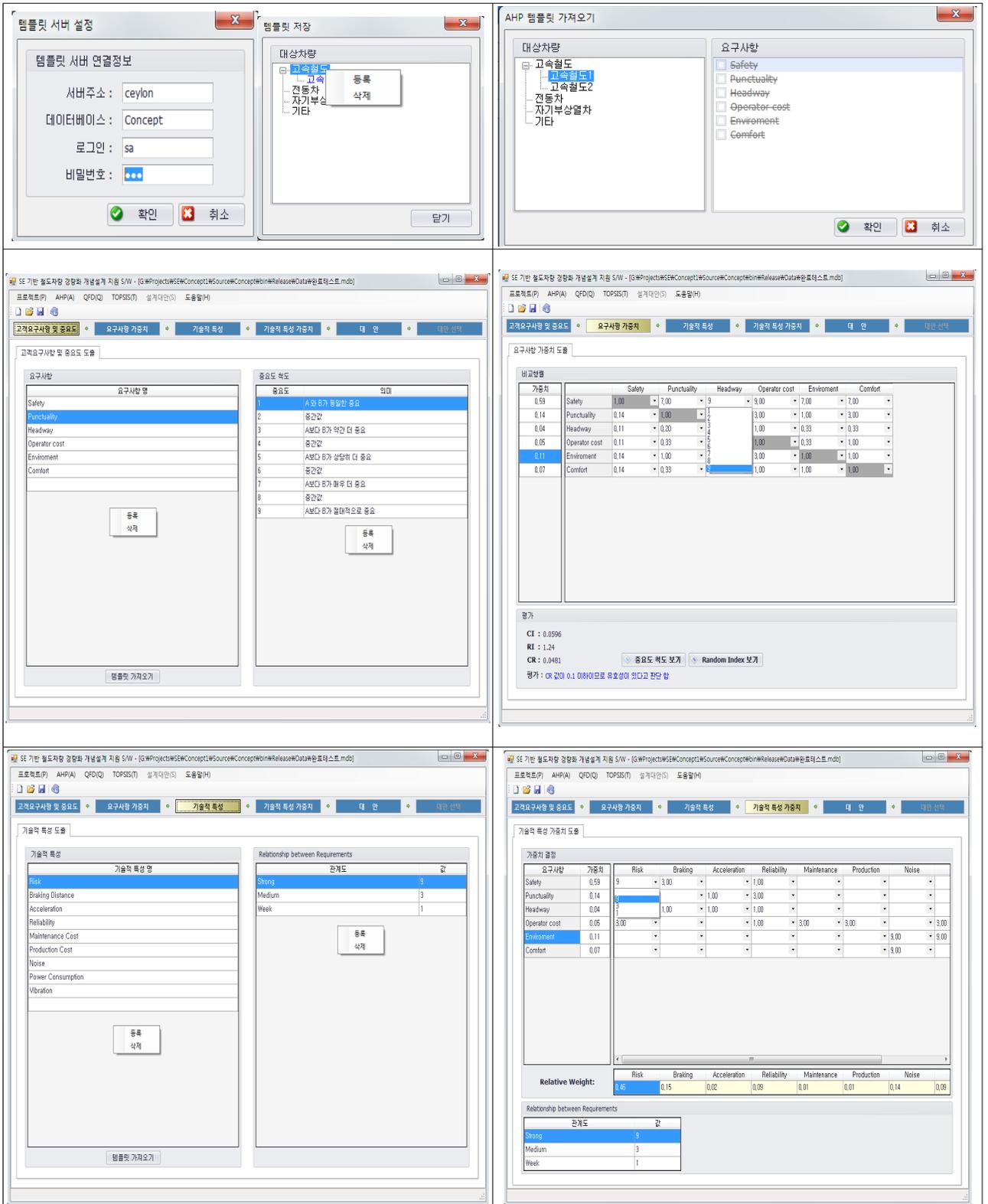


그림 5. 시스템 기능별 전개 화면

3. 결론

본 논문에서는 철도차량 경량화를 위한 개념설계를 지원하기 위한 시스템을 설계하였다. 다속성 의사결정 방법인 AHP, QFD, TOPSIS의 관계를 통합적인 시스템으로 구현함으로써 철도차량 경량화의 최적 대안을 도출할 수 있다. 고객의 요구사항을 AHP 방법을 활용하여 개발 시 고려해야 할 우선순위를 결정하였으며, QFD 방법을 이용하여 경량화 철도차량의 설계사양을 결정하였다. 그리고 철도차량의 장치별 제시된 경량화 대안은 TOPSIS 방법으로 평가하고 최적의 대안을 제시하였다.

본 논문에서 제시하는 시스템을 이용하여 정성적인 요구사항 및 의사결정이 이미 검증된 방법론을 이용함으로써 철도차량 경량화를 위한 효과도를 정량적으로 평가할 수 있었다. 향후 개발될 철도차량을 개발하기 위해 이 시스템을 활용한다면 사전에 대안 평가가 이루어질 수 있기 때문에 설계 단계에서부터 생산, 출하에 이르기까지 발생하는 이해관계에 관한 문제를 줄일 수 있고, 생산시간을 단축시켜 비용 절감의 효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

1. 김영, 류태창, 안정근, "다속성 의사결정 기법(MADM)을 이용한 도시 방재시설의 적정입지 평가에 관한 연구: 진주·사천 지역 소방서를 중심으로", 국토연구원, 국토연구, 43권, pp.37-51, 2004.
2. 김태성, 전효정, "AHP 방법론을 이용한 정보보호인력 양성 정책 분석", 한국통신학회논문지, 31권, 5B호, pp.365-498, 2006.
3. 임현민, 김광재, 유재형, "QFD 방법론에 의한 IPTV 서비스 품질 핵심 요소 도출 및 분석", KNOM Review, 11권, 1호, pp.56-74, 2008.