

AHP와 QFD를 이용한 철도기술 개선에 관한 실증적 연구

김현정* · 김수욱**†

* 상지영서대학교 콜매니저경영과

** 서울대학교 경영학과

An Empirical Study of Railroad Technology Improvement Using AHP and QFD

Hyun Jung Kim* · Soo Wook Kim**†

* Department of Call Manager Business Administration, Sangji Youngseo College

** College of Business Administration, Seoul National University

Abstract

Purpose: This study aims to determine the needs of customers who use railroads as a mode of transportation and propose customer-oriented improvements in railroad technology by making connections between customer needs and railroad technology.

Methods: We primarily used two methods for this study, AHP and QFD. First, AHP was used to evaluate the relative importance among the different components of railroad technology. Second, the QFD was applied to make a link between customer needs and railroad technology.

Results: Railroad technology is largely divided into development, maintenance, and support. Empirical results showed the following improvement priorities in development, vehicle, system, line, signal/communication, power, and structure, in maintenance, vehicle, signal/communication, line, process, power, and structure, and in support, safety/precaution, management, environmental energy, operations/logistics, and station.

Conclusion: Recognizing limitations in measuring the level of railroad technology when using the existing 'Technology Growth Model,' we used AHP and QFD to explore improvement directions for customer-oriented railroad technology. By offering customer-oriented services based on this study, railroad service providers will be able to acquire competitive advantage in the market.

Key Words : Railroad Technology, AHP(Analytic Hierarchy Process), QFD(Quality Function Deployment), Customer Satisfaction

• Received 10 April 2013, 1st revised 15 May 2013, 2nd revised 16 June 2013, accepted 17 June 2013

† Corresponding Author(kimsoo2@snu.ac.kr)

© 2013, The Korean Society for Quality Management

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.

1. 서론

최근 들어 저탄소 녹색성장 패러다임의 활성화, 에너지 위기의식 고조 등으로 철도 수요가 증가하고 있다. 전세계적인 경기침체에도 세계 철도시장은 매년 약 2.6%씩 성장 중이며, 2017년에는 약 250조 원의 규모가 될 것으로 예상되는데, 이는 지구온난화의 주요 원인인 탄소 배출에 대한 규제 움직임으로 철도가 저탄소 녹색성장의 수단으로서 부각되기 때문이다. 대표적으로 주요 선진국들을 중심으로 철도 교통에 대한 투자가 증가하고 있다. 미국은 그동안 장거리 교통수단으로 비행기를 선호했지만, 최근에는 캘리포니아와 플로리다 등 연방정부를 중심으로 고속철도 건설을 추진하고, 유럽은 기존의 고속철도망에 이어서 도시철도망과 트램 등 친환경 녹색철도를 개발하고 있다. 국내의 경우에도 철도 예산을 2004년 4조 3,000억 원에서 지난해 6조 1,141억 원, 올해 6조 8,951억 원으로 꾸준히 늘리면서 철도 투자를 확대하고 있다¹⁾.

이와 같이 철도산업이 발전하고 있지만, 한편으로는 한국철도공사의 운영 적자 누적, 각종 사고 발생으로 인해 민간에 철도서비스를 운영 위탁하거나, 제2철도공사를 설립하는 등 다양한 방안이 논의되고 있다²⁾. 최근에는 제2철도공사를 설립할 경우 한국철도공사의 고비용 구조와 비효율성 해결, KTX 운임 인하 등의 효과가 있다고 찬성하는 입장과 제2철도공사 설립 비용, 수서발 KTX 개통 지연 등을 근거로 반대하는 입장이 첨예하게 대립하고 있다. 그러나 무엇보다 중요한 것은 철도이용객 중심의 서비스 개선 등 한국철도공사 내부의 혁신이라고 볼 수 있다.

철도서비스 제공자인 한국철도공사는 철도안전 및 기술역량 확보를 통한 기술력 향상을 핵심 전략으로 추진해왔다. 2009년부터 녹색철도 성장전략을 위한 '철도발전 기술 로드맵'을 마련하여, 선진 기술그룹 진입을 위한 기술경영을 실시하고 있다. 이를 위해 한국철도공사는 철도기술 측정 시에 기술성장모형을 적용하여, 선진국의 철도기술 수준을 100으로 봤을 때 국내의 상대적 달성률을 살펴봤다. 이는 해당 기술이 철도이용객의 요구를 얼마나 충족하는지를 파악할 수 없으며, 어떤 세부적인 기술부터 우선적으로 개선해야 하는지를 제시하지 못하는 한계를 지닌다. 철도기술을 개발하거나 유지관리하기 위해서는 많은 비용이 필요하기 때문에, 만약 철도서비스 제공자가 고객 니즈(Needs)를 반영하지 않고 기술 개발 방향을 설정할 경우에는 기업의 한정된 자원을 낭비하는 결과를 초래한다. 예를 들면, 철도시설의 핵심인 궤도의 경우 해외에서 도입한 레일체결장치(Pandrol, Vossloh 등)를 사용하고 있는데 국외 전문가의 기술자문에 전문가 1인당 매월 3,500만원이 소요된다(Korea Railroad Research Institute, 2010).

철도기술 개발에 있어서 기술 요인뿐 아니라 고객의 품질 평가 요소도 중요하게 고려해야 하는 대표적인 예로 KTX 차량에 대한 기술 개발을 들 수 있다. 국내는 경부고속철도 사업으로 프랑스 알스톰(Alstom)사에서 제작되어진 KTX 차량에 대한 기술 이전에 관해 완전한 기술 자립을 목표로 최고속도 350km/h 고속열차 개발 사업을 진행하여 기술적인 이상이 없자 2004년 4월 상업운행을 시작하였다. 그러나 고객들이 차내의 소음 및 진동 과다 문제, 좌석역 방향 문제 등에 불만을 제기하였는데, 특히, 터널 통과 시 차내 소음문제와 더불어 정차 시 제동소음 과다 문제에 관한 민원이 급증하였다(Noh et al., 2013). KTX의 차내 소음이나 역사 정차 소음은 고속차량 운영기관이 여객서비스 차원에서 관리하고 있는 분야로 어떤 법적 기준이나 기술적인 기준에 의해서 관리되는 항목은 아니지만, 철도서비스 제공자가 이러한 소음 문제 등을 해결하지 않을 경우, 고객들이 KTX의 대체품인 비행기 등을 이용하여 결국에는 철도서비스 제공자의 매출 감소로 이어질 수밖에 없다.

또한 여러 철도기술 중에는 상충관계를 지니는 경우가 있는데, 대표적인 예로 차체의 경량화와 철도의 속도향상은 소음 및 진동의 급격한 증가를 유발한다. 그런데 철도서비스 제공자가 철도기술 전문가들의 의견을 바탕으로 차체의 경량화와 철도의 속도 향상을 중점적으로 추진한다면, 차량의 소음 및 진동 문제에 관한 고객들의 불만이 더욱 증가

1) 철도예산 6조 8951억 원 확정, 프라임경제, 2013.01.09.

2) '제2철도공사' 설립 필요인가, 한국경제, 2013.03.29.

할 것이다. 그러므로 고객의 니즈(Needs)를 반영하여 차량의 설계 초기 단계부터 유지보수에 이르기까지 상충되는 철도기술 간의 균형을 맞추어 개발해야 한다.

따라서 본 연구에서는 철도를 이용하는 고객요구사항을 측정하고 이를 철도기술 개선 시에 효과적으로 반영하기 위하여, 철도기술을 기술적인 측면에서만 살펴본 계층적 분석과정(AHP: Analytic Hierarchy Process)의 우선순위와 기술적인 측면뿐 아니라 고객요구사항까지 고려한 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment)의 우선순위를 비교하고 고객 지향적인 철도기술 개선 방안을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 철도서비스 품질 요소

서비스품질을 측정하는데 가장 광범위하게 사용되는 방법은 Parasuraman et al.(1988)의 SERVQUAL 모델인데, 이는 서비스 품질을 5개 차원, 22개 요소로 측정한 것이다. SERVQUAL 모델에 따르면, 고객은 서비스를 경험하기 전의 기대와 서비스를 이용한 후의 성과를 평가하며, 이 때 서비스 품질 평가 요소는 유형성(Tangible), 신뢰성(Reliability), 반응성(Responsiveness), 확신성(Assurance), 공감성(Empathy)으로 구분한다. 그러나 Cronin and Taylor(1992)는 소비자들이 사전 기대와 사후 성과를 구분하기 어렵다고 지적하면서, SERVQUAL 모델 중에서 사후 성과만을 측정하는 SERVPERF 모델을 주장하였다. 이들은 서비스 품질에 관한 고객의 인지는 성과가 가장 잘 반영한다고 주장하면서, 서비스산업인 은행, 해충퇴치, 패스트푸드, 세탁소에 적용하였다. 그 결과, SERVQUAL은 은행과 패스트푸드 산업에만 적합하였으나, SERVPERF는 모든 산업에 적합한 것으로 나타났다. 이 외에도 많은 학자들은 SERVQUAL 모델의 문제점을 비판하면서 서비스품질 측정 시에 성과만을 고려해야 한다고 주장하였다(Babakus and Boller, 1992; Teas, 1993; Lee, 2006).

그런데 SERVPERF 모델은 대부분 서비스산업의 공통되는 서비스 품질 요소만을 다룰 뿐, 철도서비스의 독특한 특성을 반영하지 못 하는 한계를 지닌다. 따라서 본 연구에서는 철도서비스 품질 평가 시, SERVPERF 모델을 그대로 적용하지 않고, 기존의 연구자들이 철도서비스의 특성을 고려하여 제안한 철도서비스 평가 요소를 바탕으로 고객 요구사항을 파악하고자 한다.

철도서비스의 품질에 관한 대표적인 연구를 살펴보면 다음과 같다. Kim(2003)은 지역 간 여객철도 서비스 평가 항목을 크게 공급성, 신뢰성, 유형성, 안전성, 고객만족 등으로 구분하고, 각 항목별 평가지표와 산정 방법을 제시하였다. 이 중에서 고객만족의 세부항목으로는 매표용이, 정보제공, 대기시설 및 차량의 쾌적성 등이 있다고 주장하였다. Korea Transport Institute(2006)는 철도서비스 평가 항목으로 공급성, 신뢰성, 유형성, 안전성, 고객만족 외에도 환경성, 혼잡도 평가 항목 등을 주장하였다. Lee(2006)는 Parasuraman et al.(1988)이 제시한 5개의 품질 요소를 중심으로 Kim(2003)의 연구를 반영하여 고속철도 서비스 품질을 유형성, 쾌적성, 안전성을 다른 유형으로 분류하고 신뢰성, 확신성, 반응성을 정시대응성이라는 단일 유형으로 통합하였다. Kim and Kim(2006)은 기존의 경제적 효과를 우선시하는 교통시설에 대한 평가기법에서 벗어나 이동성, 편리성, 쾌적성, 안전성, 정보제공성 등 고객 만족도를 반영한 서비스품질 지표를 개발하였다. Jang and Jung(2007)은 철도서비스의 품질 요소로 신뢰성, 쾌적성, 편리성을 제시하면서, 차량 내 혼잡도, 소음, 온열 정도를 쾌적성으로 평가할 수 있다고 주장하였다.

국의 연구 중에서 대표적으로 Gleave(2000)는 철도역과 차량 내 서비스품질 평가 항목과 서비스품질의 개선 범위에 관한 연구를 실시하며, 역에 관한 정보 제공, 역의 안전성, 역의 시설 수준, 열차에 관한 정보 제공으로 철도

서비스 품질을 평가하였다. 또한 Litman(2009)은 기존의 철도서비스 평가에서는 쾌적성과 편리성의 영향력을 과소 평가하고 있다고 지적하면서, 고객이 열차에 승차할 때 느끼는 쾌적성과 편리성 등의 정량적 요소들에 대해 부여하는 가치를 정량화하였다.

이와 같이 철도서비스의 품질에 관한 국내외의 연구들을 종합하면, <Table 1>과 같이 6개의 공통되는 철도서비스 품질 요소를 도출할 수 있다.

Table 1. Quality Factors of Railway Services

Item	Definition	Researcher
Reliability	Does it deliver the promised train services accurately?	Kim(2003), Korea Transport Institute(2006), Jang and Jung(2007)
Tangible	Do the trains look attractive and clean?	Kim(2003), Korea Transport Institute(2006), Lee(2006), Litman(2009)
Comfort	Do the trains provide comfortable seating arrangements with views toward the windows?	Kim(2003), Kim and Kim(2006), Lee(2006), Jang and Jung(2007), Litman(2009)
Convenience	Do the facilities and the necessary information offer convenience?	Gleave(2000), Kim and Kim(2006), Jang and Jung(2007), Litman(2009)
Safety & Security	Are there safety facilities for the passengers and is it secure inside the train?	Gleave(2000), Kim(2003), Kim and Kim(2006), Lee(2006), Korea Transport Institute(2006)
Environment	Are the trains environment-friendly and what is the concentration level of fine dust in the train?	Korea Transport Institute(2006)

본 연구에서는 선행 연구들에서 제시한 철도서비스 품질 요소의 측정 항목들 중에서 공통되는 항목들을 도출하여, 6개 요소, 35개 항목을 적용하였다.

Table 2. Description of Quality Factors of Railway Services

Item	Component Detail
Reliability	Punctuality, Service cancellation frequency
Tangible	Train's outward appearance, Condition of train's internal facilities, Vehicle deterioration, Internal and external vehicle cleanliness
Comfort	Presence of armrest and handles, Seating arrangement, View from the seats, Ample seating space, Rotating seat availability, Percent of filled seats, Intensity of vehicular vibrations, Temperature control function, Light control function, In-train noise level, Ventilation capability, Pressure sealing system installation
Convenience	In-train information accuracy, Installation of an information monitors per seat, Easy access for the disabled and elderly, Presence of folding tables, Ample luggage space, Accommodations for the disabled and elderly, Wired and wireless internet access, Power outlet installation, Availability of breastfeeding rooms, Availability of diaper changing tables, Computers for internet access, Movie screen installation
Safety & Security	Availability of safety facilities, In-train security maintenance
Environment	Eco-friendly trains, Concentration level of fine dust in the train, In-train exposure level of endocrine disruptors

2.2 철도기술의 수준 평가

철도기술에 관한 기존 연구에서는 철도기술의 수준을 평가할 때 주로 최고 기술 보유국의 기술수준을 100%로 하여 국내의 기술수준을 상대평가하거나 기술혁신이론에 근거한 기술성장모형을 적용하였다. 먼저, 철도기술의 수준을 상대평가한 대표적인 연구를 살펴보면, Korea Railroad Research Institute(2001)은 350명의 전문가를 대상으로 조사하여 국내의 철도기술은 전반적으로 선진국에 비해 약 40% 정도의 수준을 보이고 있다고 분석하였다. <Table 3>에서 보는 것처럼, 선진국은 대부분의 철도기술이 이미 성숙기에 접어들고 있지만, 국내는 시스템 기술(39.2%)과 환경 기술(39.0%)이 40% 미만으로 도입기에 머물러 있으므로 기술력 향상을 위한 노력이 매우 필요하다고 분석하였다.

Table 3. Korea Railroad Research Institute's Railroad Technology Level Assessment

Category	Technology Development Stage		Technology level (%) in comparison to developed countries
	Developed Country	Domestic	
System technology	Growth	Introduction	39.2
Vehicle technology	Maturity	Growth	44.0
Electrical/Control technology	Maturity	Growth	41.2
Facilities/Structures technology	Maturity	Growth	46.7
Operations technology	Maturity	Growth	45.0
Safety technology	Maturity	Growth	43.2
Environmental technology	Growth	Introduction	39.0

Korea Rail Network Authority(2005)은 철도 관련 전문가 278명을 대상으로 설문조사를 실시하여 기술수준을 살펴봤는데, 그 결과 국내 철도기술은 전반적으로 선진국에 비해 56.4~73.5% 수준이라고 분석하였다. <Table 4>에 보듯이, 토목 분야의 기술(73.5%)은 상대적으로 높게 나타났고, 정책/계획(58.3%), 환경(56.6%), 안전/방재(56.4%) 분야의 기술수준은 낮게 나타나서, 이러한 분야의 철도기술 수준을 향상시켜야 한다고 주장하였다.

Table 4. Korea Railway Network Authority's Railroad Technology Level Assessment

Factor	Safety/Precaution	Environment	Policy/Plan	Interface	Signal	Track	Power	Construction	Civil engineering
Technology Level (%)	56.4	56.6	58.3	61.0	67.0	69.8	71.2	72.9	73.5

Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2007)은 미래철도기술개발 기획분과위원회가 완성한 철도기술 분류체계를 대상으로 기술 분류별 가중치와 일본, 프랑스, 독일과 국내의 기술수준 및 격차 등을 조사하였다. 산학연 전문가 480명을 대상으로 시행한 설문조사 결과, 국내 철도기술과 선진국의 기술 격차는 6.8년으로 분석되었고, 일본, 프랑스, 독일 등 철도기술 선진국을 100으로 보았을 때, 우리나라 철도기술은 궤도 및 토목 93.5, 차량 82.8, 전력 63.7, 안전/방재 63.8로 조사되었다.

Table 5. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning's Railroad Technology Level Assessment

Factor	Safety/Precaution	Power	Vehicle	Civil engineering	Track
Technology Level (%)	63.8	63.7	82.8	93.5	93.5

한편, 기술성장모형의 기본 가정은 기술 진화의 궤적이 존재하며, 나중에 개발된 기술이 이전에 개발된 기술보다 기술적 우위를 갖고 있으며, 최종 아웃풋 생산에 있어서 인간의 영향은 최소화된다는 것이다(Winner, 1977). 방법론적 관점에서 기술의 성장을 설명하는 방법에는 크게 실증자료를 기반으로 하는 곡선적합 방법과 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 방법으로 구분할 수 있다. 곡선적합 방법은 단일기술의 성장이 주어진 수리모형을 따른다고 가정하고 시계열 정보를 활용하여 기술 확산 속도를 추정하고, 시스템 다이내믹스 시뮬레이션 방법은 기술성장이 지니는 복잡성과 관련 요인 간의 상호작용을 시스템 모형으로 구조화한 후 시스템의 동적 변화를 시뮬레이션 기법을 통해 추정한다(Park, 2006). 이 중에서 <Figure 1>에 제시되어 있는 곡선적합 방법을 주로 사용하는데, 해당 기술이 달성할 수 있는 이론적 상한치를 100%로 하여 각국의 기술수준을 상대적인 백분율(%)로 평가하고, 향후 최상의 발전 상태까지 도달하는데 필요한 기간 등의 기술 격차를 판단하는데 사용된다.

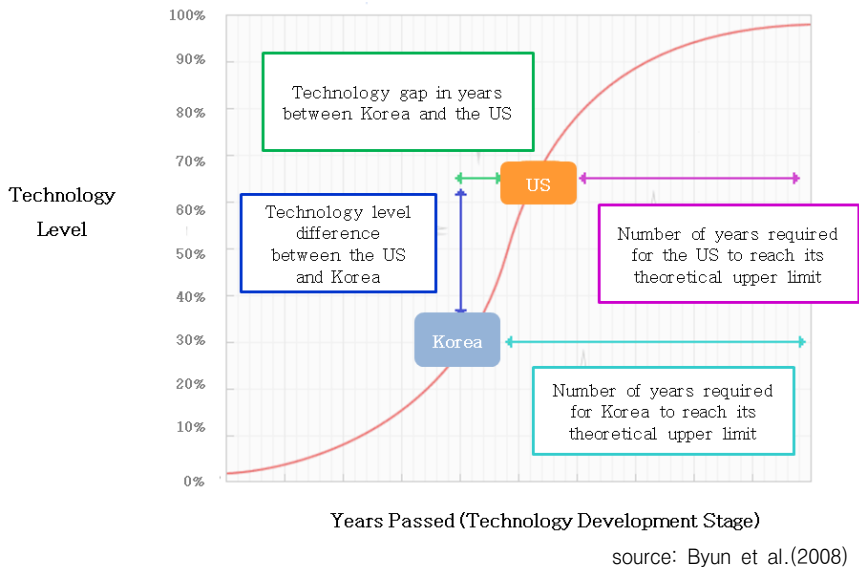


Figure 1. Technical Level Assessment Based on the Technology Growth Model

Byun et al.(2008)은 기술성장모형을 활용한 기술수준 평가 방법론을 개발하고 10대 기술 분야 90개 중점기술별 기술성장곡선을 도출하였다. 이를 철도가 속한 건설 및 교통 분야에 적용한 결과, 세계 최고기술 보유국인 미국이 이론적 상한치 대비 78.1%, 국내는 57.9%이었으며, 2013년에 세계 최고기술 보유국은 82.1%, 국내는 63.6%로 향상될 것으로 예측하였다.

기술성장모형을 이용한 기술수준 평가는 최고 기술 보유국의 기술수준을 100%로 하여 국내의 기술수준을 평가하는 기존의 상대평가에 비해 동태적인 분석을 가능하게 했다는 점에서 의의가 있다. 과학기술 수준은 항상 변하고 있으므로 이를 정확히 평가하기 위해서는 해당 기술의 이론적 상한치가 얼마인지, 세계 최고기술에 비해 국내 기술의

현재 위치는 어디이며, 그 격차가 어느 정도인지 등을 파악해야 하는데, 기술성장모형을 통해서 기술수준의 발전추세 비교분석, 기술의 추격 및 확보를 위한 개발 전략을 수립할 수 있게 되었다.

그러나 이러한 상대평가와 기술성장모형은 여전히 몇 가지 한계점을 지닌다. 첫째, 연구개발 투자 우선순위를 파악할 수 없다. 상대평가와 기술성장모형은 세계 최고 기술 보유국의 기술수준 또는 이론적 상향치 대비 국내의 기술수준 및 격차를 분석, 평가하는데 그쳐, 해당 기술수준의 향상을 위한 전략 수립에 한계가 있다. 철도기술 자체가 차량, 전력, 신호/통신, 건축 등 각기 상이한 기술들의 조합으로 구성되는 고도의 복합기술임을 고려할 때, 철도서비스 제공자가 보유한 한정된 자원으로 어떠한 기술부터 개발해야 할지는 민감한 문제인데 기존의 방법만으로는 철도기술별 연구개발 투자 우선순위를 도출할 수 없다. 둘째, 고객의 요구사항을 반영할 수 없다. 상대평가와 기술성장모형은 기술수준 평가 시, 기술 전문가들에게만 설문조사, 심층 인터뷰 등으로 조사하기 때문에 고객의 철도서비스 품질 평가요소를 반영하지 못한다.

따라서 본 연구에서는 계층적 분석과정(AHP)과 품질기능전개(QFD)를 이용하여, 철도기술별로 비교함으로써 연구개발 투자 우선순위를 파악하고, 이러한 기술에 고객들의 철도서비스 품질 평가요소를 반영하여 고객 지향적인 철도기술 개선 방향을 도출하고자 한다.

3. 연구방법

3.1 계층적 분석과정(AHP)

Saaty(1977)가 개발한 계층적 분석과정(AHP)은 평가 기준을 계층화하고 쌍대비교함으로써 복잡한 문제를 효과적으로 해결하는 다기준 의사결정기법이다. 즉, 여러 가지 대안 중에서 최적의 대안을 선택하기 위해서 대안들을 1:1로 비교함으로써 우선순위를 뽑아내는 방식이다. 쌍대비교 시에는 양쪽에 비교대상을 표기하고, 중요도가 같으면 가운데 칸에 1을 표기하고 더 중요한 항목이 있는 방향의 빈칸에 2(약간 중요하다)부터 9(절대적으로 중요하다)까지의 숫자를 표기하도록 한다(Kim, 2012). 이 기법은 정량적 요소뿐만 아니라 정성적 요소도 동시에 고려하여 의사결정 문제를 분석할 수 있기 때문에 매우 유용하다(Escobar et al., 2004). AHP 기법의 신뢰성을 분석하기 위해서는 대상자 개개인의 판단에서 오차 정도를 측정하는 방법인 일관성 지수(CI: Consistency Index)를 계산함으로써 분석 가능하다. 일반적으로 CI 값이 0.1 이상이면 일관성이 떨어져 신뢰도가 낮다고 판단한다(Prasanta et al., 2008).

3.2 품질기능전개(QFD)

품질기능전개(QFD)는 제품 생산 및 기술 개선과정의 각 단계에서 고객의 요구사항을 설계 특성으로 전환시키는 고객지향적인 품질경영 시스템이다(Hauser and Clausing, 1988). 이는 1972년 미쯔비시 중공업에서 처음 개발되었는데, 설계과정에서 엄격한 정부의 규제 조항과 소비자들의 요구사항을 동시에 고려하기 위해 사용했던 행렬 형태의 도표가 QFD의 시초가 되었다. 이 방법을 이용함으로써 얻게 되는 효과는 몇 가지가 있다. 첫째, QFD를 통해 전통적인 기술수준 개발 방식에서 탈피함으로써 향후 기술 변경을 감소시킬 수 있다. QFD에서는 모든 개발 활동이 소비자의 요구사항을 토대로 통합적으로 이루어지게 된다. 둘째, 개발 시에 이미 생산 단계에서 발생할 수 있는 상충 관계를 고려하므로, 문제가 발생할 가능성이 줄어들게 된다. 셋째, QFD는 고객의 요구사항을 기반으로 한 개발을 통해 고객 만족도를 크게 향상시킬 수 있다.

QFD는 고객요구사항(CA: Customer Attributes)을 우선 제품의 설계 특성(EC: Engineering Characteristics)으

로 변환하고, 이를 다시 공정 계획 및 생산 계획까지 순차적으로 전개해 나감으로써 고객의 요구가 충실히 구현되도록 한다. 이를 위해 ‘품질의 집(HOQ: House of Quality)’이라는 특수한 형태의 도표가 사용된다(Riew and Woo, 2002; Kim and Hwang, 2004).

4. 분석 및 결과

본 연구의 분석 대상인 철도기술은 Korea Railroad Corporation(2009)의 ‘철도 발전 기술 로드맵’을 바탕으로 <Figure 2>와 같이 1차 분류 3개, 2차 분류 17개, 3차 분류 61개로 분류하였다.

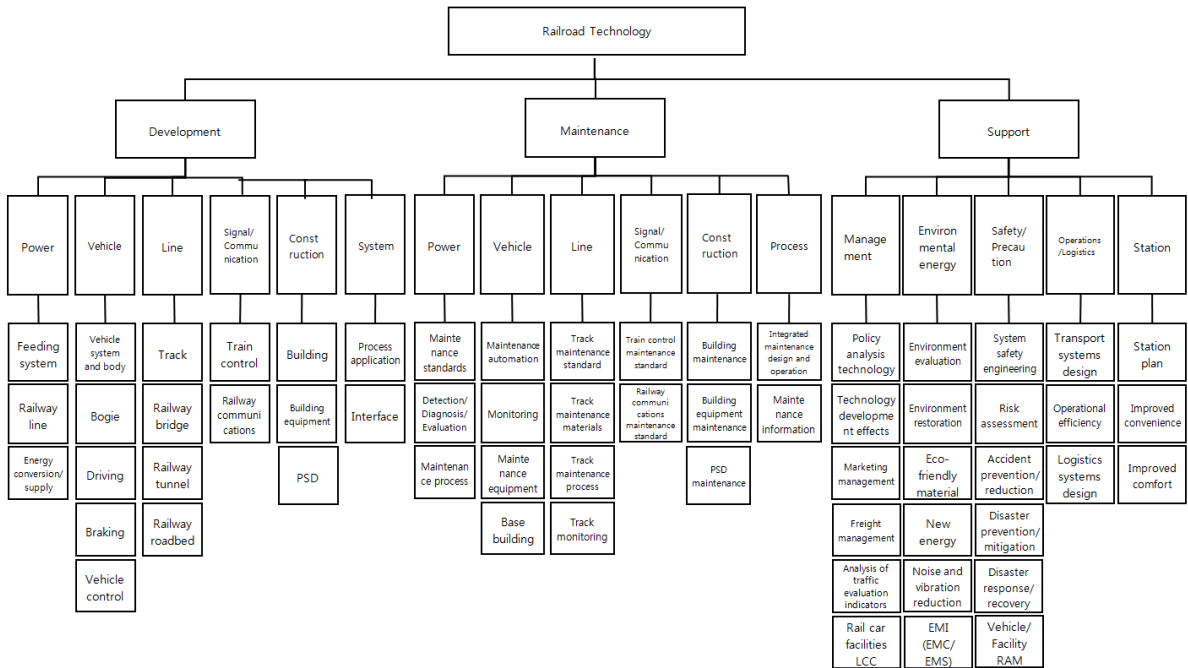


Figure 2. Technology Roadmap for Railway Development

분석 방법으로 철도기술만을 기준으로 우선순위를 측정하기 위한 AHP 기법과 고객요구사항까지 반영한 철도기술 개선 방안을 모색하기 위한 QFD 방법을 적용하므로, 설문조사를 총 3회 실시하였다. 철도이용객을 대상으로 철도서비스 품질 평가 요소를 탐색적으로 알아보는 설문조사를 실시하고, 철도기술 전문가들을 대상으로 AHP를 적용한 설문조사와 QFD를 적용한 설문조사를 각각 시행하였다. 설문조사는 한국철도공사와 한국철도공사 연구원의 협조를 받아 이루어졌으며, 2012년 9월 1일부터 30일까지 약 1개월에 걸쳐 철도이용객 530명, 철도기술 전문가 119명을 대상으로 실시하였다.

각 설문조사 대상자의 구성을 살펴보면, 철도이용객은 성별로는 남성 247명(46.6%), 여성 283명(53.4%)이며, 연령별로는 20대 156명(29.4%), 30대 147명(27.8%), 40대 182명(34.3%), 50대 이상 45명(8.5%)이었다. 또한 직업별로는 직장인 216명(40.8%), 학생 93명(17.5%), 주부 165명(31.1%), 자영업자 34명(6.4%), 전문직 22명(4.2%)으로 분포되어 있었다. 한편 철도기술 전문가는 산업계는 한국철도공사, 학계와 연구계는 한국철도공사 연구원 내부의

철도기술 전문가와 외부의 한국학술진흥재단, 한국과학재단 등에서 섭외하였다. 이들의 구성을 살펴보면, 성별로는 남성 83명(69.7%), 여성 36명(30.3%), 연령별로는 30대 48명(40.3%), 40대 56명(47.1%), 50대 이상 15명(12.6%), 학력별로는 학사 이하 20명(16.8%), 석사 34명(28.6%), 박사 이상 65명(54.6%), 경력기간별로는 3년 미만 8명(6.7%), 3년 이상~5년 미만 10명(8.4%), 5년 이상~10년 미만 29명(24.4%), 10년 이상 72명(60.5%)이었다. 이들의 전문기술분야별 분포를 살펴보면 다음과 같다.

Table 6. Distribution of Respondents' Expertise Area(Number of respondents(%))

Technology	Industry	Academic	Research	Total
Power	5	3	4	12
Vehicle	3	3	5	11
Line	1	2	6	9
Signal/Communication	2	3	4	9
Construction	3	1	5	9
System	4	5	3	12
Process	1	4	3	8
Management	3	4	2	9
Environmental energy	1	5	4	10
Safety/Precaution	1	3	5	9
Operations/Logistics	2	6	3	11
Station	3	3	4	10
Total	29(24.4)	42(35.3)	48(40.3)	119

4.1 기술수준의 상대적 중요도 분석

본 연구는 AHP 기법을 이용하여 철도기술 항목들 간의 상대적 중요도를 평가하였다. AHP 기법을 통한 상대적 중요도 계산은 개인별 판단을 종합한 것과 가중기하평균을 통해 전체 판단을 종합한 것으로 구분하는데(Saaty and Shang, 2007), 본 연구에서는 개인별 판단에 대해 일관성지수를 검증하여, 일관성 검증 기준으로 CI 값이 0.1 이상인 응답은 신뢰할 수 없는 것으로 판단하고(Prasanta et al., 2008) 분석 대상에서 제외하였다. 이들을 제외한 응답자들의 응답을 기하평균을 이용하여 살펴본 결과, 전체 CI 값이 0.1 이하로 나타났으므로 전체 응답결과는 일관성이 있으며 신뢰도가 높다고 볼 수 있다.

철도기술 전문가들에게 철도기술의 상대적 중요도를 조사한 결과는 다음 <Table 7>과 같다. 먼저 1차 분류 항목을 살펴보면, 유지관리의 가중치가 0.467로 가장 높고, 그 다음으로 개발이 0.277로 두 번째로 높았으며, 지원이 0.256으로 제일 낮았다. 일관성 지수인 CI 값은 0.1보다 작은 0.0001로 강한 일관성이 있다고 볼 수 있다.

Table 7. Analysis Result of the Primary Classification

Factor	Development	Maintenance	Support
Development	1.000	0.600	1.073
Maintenance	1.667	1.000	1.851
Support	0.932	0.540	1.000
Weighting	0.277	0.467	0.256
CI= 0.0001			

개발 분야인 2차 분류 항목을 살펴보면, 차량의 가중치가 0.236으로 가장 높고 그 다음으로 신호/통신(0.199)이 두 번째로 높았으며, 시스템(0.193), 선로(0.189), 전력(0.120), 건축(0.063)의 순이었다. 일관성 지수인 CI 값은 0.1보다 작은 0.0017로 강한 일관성이 있다고 볼 수 있다.

Table 8. Analysis Result of the Second Classification: Development Area

Factor	Power	Vehicle	Line	Signal/Communication	Structure	System
Power	1.000	0.476	0.627	0.583	2.095	0.651
Vehicle	2.101	1.000	1.328	1.235	3.386	1.138
Line	1.595	0.753	1.000	0.953	2.963	1.032
Signal/Communication	1.715	0.810	1.049	1.000	3.400	0.972
Construction	0.477	0.295	0.337	0.294	1.000	0.333
System	1.536	0.879	0.969	1.029	3.003	1.000
Weighting	0.120	0.236	0.189	0.199	0.063	0.193
CI= 0.0017						

유지관리 분야인 2차 분류 항목을 살펴보면, 유지관리 분야 역시 차량의 가중치가 0.255로 가장 높고 그 다음으로 선로(0.203)가 두 번째로 높았으며, 신호/통신(0.185), 전력(0.159), 프로세스(0.127), 건축(0.071) 순이었다. 일관성 지수인 CI 값은 0.1보다 작은 0.0018로 강한 일관성이 있다고 볼 수 있다.

Table 9. Analysis Result of the Second Classification: Maintenance Area

Factor	Power	Vehicle	Line	Signal/Communication	Structure	Process
Power	1.000	0.600	0.796	0.848	2.527	1.144
Vehicle	1.667	1.000	1.263	1.387	3.398	2.035
Line	1.256	0.792	1.000	1.065	3.180	1.503
Signal/Communication	1.179	0.721	0.939	1.000	2.505	1.491
Construction	0.396	0.294	0.314	0.399	1.000	0.615
Process	0.874	0.491	0.665	0.671	1.626	1.000
Weighting	0.159	0.255	0.203	0.185	0.071	0.127
CI=0.0018						

지원 분야인 2차 분류 항목을 살펴보면, 안전/방재의 가중치가 0.283으로 가장 높고 그 다음으로 운영/물류(0.234)가 두 번째로 높았으며, 경영(0.210), 환경에너지(0.148), 역사(0.125) 순이었다. 일관성 지수인 CI 값은 0.1보다 작은 0.0026으로 강한 일관성이 있다고 볼 수 있다.

Table 10. Analysis Result of the Second Classification: Support Area

Factor	Management	Environmental energy	Safety/Precaution	Operations/Logistics	Station
Management	1.000	1.777	0.716	0.754	1.916
Environmental energy	0.563	1.000	0.423	0.665	1.178
Safety/Precaution	1.397	2.364	1.000	1.347	2.796
Operations/Logistics	1.326	1.504	0.742	1.000	2.322
Station	0.522	0.849	0.358	0.431	1.000
Weighting	0.210	0.148	0.283	0.234	0.125
CI=0.0026					

AHP 기법을 통하여 철도기술의 중요도를 분석한 결과, 개발 분야에서는 우선순위가 차량, 신호/통신, 시스템, 선로, 전력, 건축 순으로 나타났는데, 개발에 있어 가장 시급한 차량 기술로는 차량시스템 및 차체, 대차, 제동, 추진, 차량 제어가 있다. 유지관리 분야에서는 우선순위가 차량, 선로, 신호/통신, 전력, 프로세스, 건축 순으로 파악되었으며, 유지관리에 있어 가장 시급한 차량 기술로는 유지관리 자동화, 모니터링, 유지관리 장비, 기지구축이 있다. 마지막으로 지원 분야에서는 안전/방재, 운영/물류, 경영, 환경에너지, 역사 순으로 기술 개선을 해야 하며, 지원에 있어 가장 시급한 안전/방재 기술로는 사고예방/저감, 재해예방/저감, 재해대응/복구, 시스템 안전 엔지니어링, 위험도 평가, 차량/시설물 RAM이 있다.

Table 11. Result of Railroad Technology Improvement Priorities: AHP Method

Priority Level	Development Areas	Maintenance Areas	Support Areas
1	Vehicle	Vehicle	Safety/Precaution
2	Signal/Communication	Line	Operations/Logistics
3	System	Signal/Communication	Management
4	Line	Power	Environmental energy
5	Power	Process	Station
6	Construction	Construction	

4.2 고객지향적 철도기술 분석

본 연구는 철도이용객의 철도서비스 품질 평가 요소를 규명하고, 철도기술을 개발, 유지관리, 지원 분야로 구분하여 고객요구사항을 반영한 철도기술 개선 방안을 모색하기 위하여 QFD를 실시하였다. QFD 분석 시 작성하는 ‘품질의 집(HOQ)’은 복잡한 프로세스를 통해 도출되므로 작업자의 세심하고 정확한 판단이 필요하지만, 고객요구사항을 기술 개선 방향과 직접적으로 연계하는 장점을 갖고 있다. 앞서 살펴봤던 코레일의 개발, 유지관리, 지원 분야의 품질의 집(HOQ)을 각각 살펴보면 <Figure 3>부터 <Figure 5>까지와 같다.

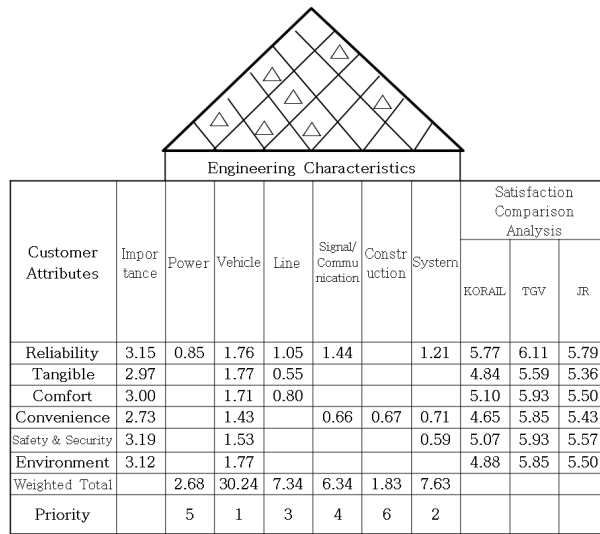


Figure 3. House of Quality (HOQ) for Development Areas

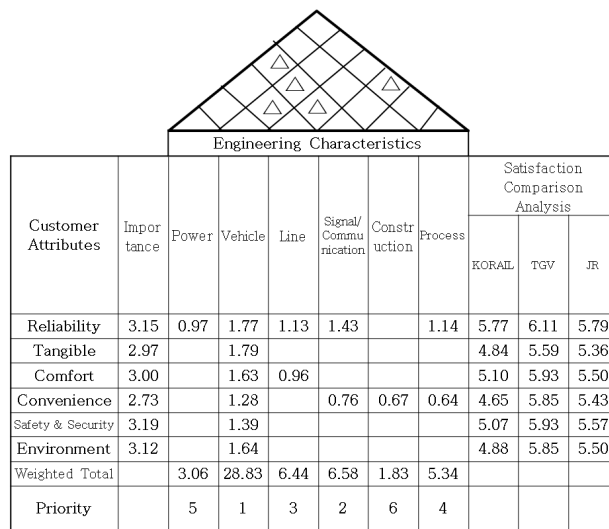


Figure 4. House of Quality (HOQ) for Maintenance Areas

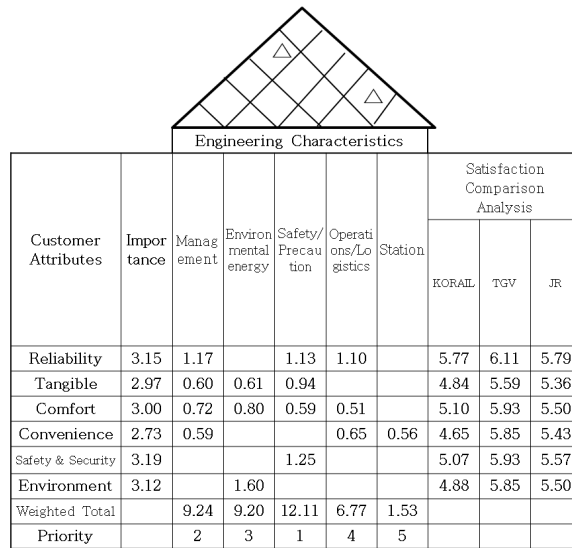


Figure 5. House of Quality (HOQ) for Support Areas

이러한 품질의 집(HOQ) 각 항목을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

4.2.1 고객요구사항(CA)

본 연구에서는 철도서비스 품질 요소를 살펴본 선행 연구들(Gleave, 2000; Kim, 2003; Kim and Kim, 2006; Korea Transport Institute, 2006; Lee, 2006; Litman, 2009; Jang and Jung, 2007)을 바탕으로 고객요구사항(CA)을 파악하였다. 그 결과, 고객요구사항인 철도서비스 품질 평가 요소로 신뢰성, 유형성, 쾌적성, 편리성, 안전성 및 보안성, 환경성을 도출하였다.

4.2.2 고객요구사항(CA)의 중요도

철도서비스에 대한 고객요구사항을 도출한 후, 각 요인의 중요도를 파악하기 위하여, 한국철도공사의 협조를 받아 철도이용객 530명을 대상으로 7점 리커트 척도로 설문조사를 실시하였다. 고객요구사항(CA)의 중요도를 정하는 대표적인 방법은 크게 2가지가 있는데, 고객에게 리커트 척도의 설문조사를 통해 중요도를 질문하는 방법과 AHP를 이용하는 방법이다(Lee and Shin, 2008). 본 연구에서는 전자의 방법을 활용하여 각 응답자에게 요구사항의 중요도를 파악한 후, 전체 응답자에 대해 평균을 구하였다. 중요도의 값이 클수록 고객의 요구사항이 큰 것을 나타내는데, 우선순위를 보면 안전성 및 보안성(3.19)이 다른 요인에 비해 가장 큰 중요도를 갖고, 다음으로 신뢰성(3.15), 환경성(3.12), 쾌적성(3.00), 유형성(2.97), 편리성(2.73) 순으로 중요한 것으로 나타났다.

4.2.3 제품 설계특성(EC)

철도기술을 기능, 시스템, 요소별 분류기준에 의해 1차 분류 3개, 2차 분류 17개, 3차 분류 61개로 구분한 Korea Railroad Corporation(2009)의 ‘철도 발전 기술 로드맵’은 <Figure 2>와 같다.

4.2.4 CA - EC 연관관계

철도서비스 품질 요소와 개발 분야 철도기술의 관계를 분석한 결과, 개발 분야의 철도기술 항목과 연관성이 가장 강한 철도서비스 품질 요소로는 정시성과 운행 취소율인 신뢰성으로 나타났다. 철도서비스 요소와 연관성이 가장 강한 개발 분야 철도기술 항목은 차량으로서 다른 항목들과 비교했을 때 매우 강하게 나타났다. 두 번째는 신호/통신, 세 번째는 시스템, 네 번째는 선로로 나타난 반면에 전력과 시스템은 거의 연관성이 없는 것으로 나타났다.

또한 철도서비스 품질 요소와 유지관리 분야 철도기술의 관계를 분석한 결과, 유지관리 분야 철도기술 항목과 연관성이 가장 강한 철도서비스 품질 요소도 개발 분야와 마찬가지로 정시성과 운행 취소율인 신뢰성으로 나타났다. 철도서비스 요소와 연관성이 가장 강한 유지관리 분야 철도기술 항목 역시 차량으로서 다른 항목들과 비교했을 때 매우 강하게 나타났다. 두 번째는 신호/통신, 세 번째는 선로와 프로세스, 다섯 번째는 전력으로 나타난 반면에 건축은 거의 연관성이 없는 것으로 나타났다.

마지막으로 철도서비스 품질 요소와 지원 분야 철도기술의 관계를 분석한 결과, 지원 분야 철도기술 항목과 연관성이 가장 강한 철도서비스 품질 요소로는 정시성과 운행 취소율인 신뢰성, 교통약자 편의시설인 편리성으로 나타났다. 철도서비스 요소와 연관성이 가장 강한 지원 분야의 철도기술 항목은 환경에너지이며, 두 번째는 경영, 세 번째는 운영/물류로 나타난 반면에 역사는 거의 연관성이 없는 것으로 나타났다.

4.2.5 EC - EC 상관관계

철도기술 간의 상관관계 분석 결과를 보면, 상당수의 철도기술 항목들이 서로 관계가 있는 것으로 나타났고 대부분이 양의 상관관계였다. 전체적으로 다른 철도기술 항목과 상관성이 큰 항목은 개발 분야의 차량, 전력, 선로와 유지관리 분야의 신호/통신, 차량으로 나타났으며, 그 중 개발 분야의 차량, 유지관리 분야의 신호/통신이 다른 철도기술 항목들과의 상관성이 제일 크게 나타났다.

4.2.6 CA 벤치마킹

한국철도공사는 프랑스의 떼제베(TGV), 일본의 신칸센(JR)을 주요 벤치마킹 대상으로 설정하고 있다(Korea Railroad Corporation, 2009). 따라서 철도서비스 품질을 비교 평가한 결과, 신뢰성부터 환경성까지 모든 항목에서 떼제베가 가장 우수하다고 평가된 반면, 떼제베와 신칸센 대비 코레일은 신뢰성, 쾌적성은 비슷하거나 약간 낮지만, 유형성, 편리성, 안전성 및 보안성, 환경성은 다소 부족한 것으로 나타났다. 이를 통해 떼제베 및 신칸센과 비교하여 코레일은 편리성, 환경성, 유형성 등을 중점적으로 개선해야 함을 알 수 있다.

4.2.7 EC 간의 우선순위

고객요구사항(CA)과 제품 설계특성(EC) 간의 관련성을 계산하여 제품 설계특성(EC) 개선 시의 우선순위를 파악하였다. 이러한 관련성 계산 방법으로는 크게 독립배점법과 비례배점법이 있는데, 독립배점법은 고객요구사항의 중요도와 CA - EC 연관관계를 수량화한 값의 곱을 각각 구해서 그 값을 열을 기준으로 합산하여 우선순위를 정한다. 비례배점법은 CA - EC 연관관계를 수량화한 값을 행을 기준으로 합산하여 각각의 합계를 구하고, 이 크기에 비례하여 고객요구사항의 중요도를 배분하여 그 값을 열을 기준으로 합산하여 우선순위를 정하는 방법이다. 이 중에서 대부분의 경우 독립배점법이 사용되므로(Lee and Shin, 2008), 본 연구에서도 이 방법을 적용하여 철도기술 개선 우선순위를 결정하였다.

먼저, 독립배점법을 적용하여 개발 분야 제품 설계특성(EC)의 우선순위를 정하였다. 예를 들면, 고객요구사항 중

의 ‘신뢰성’과 제품 설계특성 중의 ‘선로’의 상관관계는 1.05이고, ‘유형성’과 ‘선로’의 상관관계는 0.55, ‘쾌적성’과 ‘선로’의 상관관계는 0.80이다. 따라서 제품 설계특성 중, ‘선로’의 가중합계는 $7.34(= 3.15 \times 1.05 + 2.97 \times 0.55 + 3.00 \times 0.80)$ 로 계산되었다. 이와 같이 가중합계를 계산한 결과, 차량이 1위이고 시스템이 2위이며, 선로 3위, 신호/통신 4위, 전력 5위, 건축 6위로 나타났다.

Table 12. Priority of Development Areas

Factor	Importance	Power	Vehicle	Line	Signal/Communication	Construction	System
Reliability	3.15	0.85	1.76	1.05	1.44		1.21
Tangible	2.97		1.77	0.55			
Comfort	3.00		1.71	0.80			
Convenience	2.73		1.43		0.66	0.67	0.71
Safety & Security	3.19		1.53				0.59
Environment	3.12		1.77				
Weighted Total		2.68	30.24	7.34	6.34	1.83	7.63
Priority		5	1	3	4	6	2

유지관리 분야도 독립배점법을 적용하여 제품 설계특성(EC)의 우선순위를 정하였는데, 예를 들면, 고객요구사항 중의 ‘신뢰성’과 제품 설계특성 중의 ‘선로’의 상관관계는 1.13이고, ‘쾌적성’과 ‘선로’의 상관관계는 0.96이다. 따라서 제품 설계특성 중, ‘선로’의 가중합계는 $6.44(= 3.15 \times 1.13 + 3.00 \times 0.96)$ 로 계산되었다. 이와 같이 가중합계를 계산한 결과, 차량이 1위이고 신호/통신이 2위이며, 선로 3위, 프로세스 4위, 전력 5위, 건축 6위로 나타났다.

Table 13. Priority of Maintenance Areas

Factor	Importance	Power	Vehicle	Line	Signal/Communication	Construction	Process
Reliability	3.15	0.97	1.77	1.13	1.43		1.14
Tangible	2.97		1.79				
Comfort	3.00		1.63	0.96			
Convenience	2.73		1.28		0.76	0.67	0.64
Safety & Security	3.19		1.39				
Environment	3.12		1.64				
Weighted Total		3.06	28.83	6.44	6.58	1.83	5.34
Priority		5	1	3	2	6	4

마지막으로 독립배점법을 적용하여 지원 분야 제품 설계특성(EC)의 우선순위를 정하였는데, 예를 들면, 고객요구사항 중의 ‘유형성’과 제품 설계특성 중의 ‘환경에너지’의 상관관계는 0.61이고, ‘쾌적성’과 ‘환경에너지’의 상관관계

는 0.80, ‘환경성’과 ‘환경에너지’의 상관관계는 1.60이다. 따라서 제품 설계특성 중, ‘환경에너지’의 가중합계는 $9.20(= 2.97 \times 0.61 + 3.00 \times 0.80 + 3.12 \times 1.60)$ 으로 계산되었다. 이와 같이 가중합계를 계산한 결과, 안전/방재가 1위이고 경영이 2위이며, 환경에너지 3위, 운영/물류 4위, 역사 5위로 나타났다.

Table 14. Priority of Support Areas

Factor	Importance	Management	Environmental energy	Safety/Precaution	Operations/Logistics	Station
Reliability	3.15	1.17		1.13	1.10	
Tangible	2.97	0.60	0.61	0.94		
Comfort	3.00	0.72	0.80	0.59	0.51	
Convenience	2.73	0.59			0.65	0.56
Safety & Security	3.19			1.25		
Environment	3.12		1.60			
Weighted Total		9.24	9.20	12.11	6.77	1.53
Priority		2	3	1	4	5

<Table 15>는 <Table 12>부터 <Table 14>까지를 요약한 것으로 철도기술 개선 우선순위를 종합한 결과이다. 우선순위 결과를 보면 개발 분야에서는 차량, 시스템, 선로, 신호/통신, 전력, 건축 순이고, 개발 분야 중에서 가장 시급히 개선해야 하는 차량 부문은 차량시스템 및 차체, 대차, 제동과 관련된 기술을 중점적으로 개선해야 하는 것으로 나타났다. 유지관리 분야에서는 차량, 신호/통신, 선로, 프로세스, 전력, 건축 순으로 기술을 개선해야 한다. 유지관리 분야 중에서도 가장 시급한 부문은 차량이었고, 유지관리자동화, 모니터링, 유지관리 장비와 관련된 기술을 시급히 개선해야 한다. 지원 분야에서는 안전/방재, 경영, 환경에너지, 운영/물류, 역사 순으로 기술을 개선해야 한다. 지원 분야 중에서 가장 시급한 안전/방재 부문은 사고예방/저감, 재해예방/저감, 시스템 안전 엔지니어링, 재해대응/복구와 관련된 기술에 초점을 맞춰 개선해야 하는 것으로 나타났다. 이러한 QFD 분석 결과에 관해서는 한국철도공사 연구원에서 선정한 외부의 철도기술 전문가들로 구성된 자문 회의를 통해 검증받았다.

Table 15. Result of Railroad Technology Improvement Priorities: QFD Analysis

Priority Level	Development Areas	Maintenance Areas	Support Areas
1	Vehicle	Vehicle	Safety/Precaution
2	System	Signal/Communication	Management
3	Line	Line	Environmental energy
4	Signal/Communication	Process	Operations/Logistics
5	Power	Power	Station
6	Construction	Construction	

철도기술을 기술적인 측면에서만 살펴본 AHP 기법에서의 우선순위와 기술적인 측면뿐 아니라 고객요구사항까지

고려한 QFD 분석에서의 우선순위를 종합하면 다음과 같다. 각 분야에 있어 우선순위는 전반적으로 비슷하였고, 1순위로 개선해야 하는 기술은 개발과 유지관리 분야는 차량, 지원 분야는 안전방재로 모두 동일하였다. 그러나 기술적인 측면만 고려했을 때에 비해 고객요구사항까지 반영했을 때 우선순위가 다소 크게 달라지는 기술들을 살펴보면, 개발 분야에서 신호/통신 기술, 지원 분야에서 운영/물류 기술이 2위에서 4위로 변경되었다. 유지관리 분야에서는 선로와 신호/통신 기술, 전력과 프로세스 기술의 우선순위가 바뀌었다.

Table 16. Overall Results for Railway Technology Improvement Priorities: AHP Method and QFD Analysis

Priority Level	Development Areas		Maintenance Areas		Support Areas	
	AHP	QFD	AHP	QFD	AHP	QFD
1	Vehicle	Vehicle	Vehicle	Vehicle	Safety/ Pre caution	Safety/ Pre caution
2	Signal/ Communication	System	Line	Signal/ Communi cation	Operations/ Logistics	Management
3	System	Line	Signal/ Communi cation	Line	Management	Environmental energy
4	Line	Signal/ Communication	Power	Process	Environmental energy	Operations/ Logistics
5	Power	Power	Process	Power	Station	Station
6	Construction	Construction	Construction	Construction		

이러한 결과를 통해서 철도서비스 제공자인 한국철도공사가 철도이용객에 대한 철도서비스 품질을 향상시키기 위해 고객요구사항을 반영하여 전략적 차원에서 철도기술을 개선할 경우, 단순히 철도기술만을 고려한 경우와 그 우선순위가 다르다는 것을 파악할 수 있었다. 전체 고객 만족도에 큰 영향을 미치는 기술은 개발 분야에서는 차량, 시스템, 선로 등이었고, 유지관리 분야에서는 차량, 신호/통신, 선로 등, 지원 분야에서는 안전/방재, 경영, 환경에너지 등이었으므로, 한국철도공사는 이러한 기술들을 중점적으로 개선해야 한다. 특히, 차량 기술이 개발과 유지관리 분야에서 우선순위 1순위로 뽑힌 것으로 볼 때, 가장 시급히 향상시켜야 하는 철도 기술은 고객과의 접점인 차량임을 알 수 있다. 즉, 고객과의 접점인 차량 관련된 기술을 개발하고 유지하는 것은 결국 한국철도공사의 전체 고객만족도를 향상시킬 수 있는 가장 효율적인 기술개선 방안으로 볼 수 있다.

또한 지원 분야에서 안전/방재가 우선순위 1순위로 뽑힌 것은 철도사고 규모의 증대에 따라 철도 안전성에 관한 철도이용객의 요구가 높기 때문으로 볼 수 있다. 국내의 경우 철도사고는 2003년 710건에서 2006년 314건, 2009년 380건, 2012년 247건으로 점차 감소하고 있고³⁾ 정부가 2005년에 철도안전법을 제정하는 등 일련의 노력이 있음에도 불구하고 철도안전법 시행을 기술적으로 뒷받침할 만한 투자가 미흡한 상황이다. 선진국의 경우 국가 주도로 철도안전기술개발에 집중적으로 투자하는데, 미국은 1980년 이후 지속적인 안전연구를 실시하여 1981년 대비 사고 빈도를 65% 감소시켰고, 영국은 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)를 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행하면서 5년 동안 7개 연구 분야, 24개 연구 주제에 7,500만 파운드를 투자했다(Ministry of

3) e-나라지표, 철도사고 현황(<http://www.index.go.kr>)

Land, Infrastructure and Transport, 2007). 사회공공시설인 철도의 안전성이 국민생활 및 국가경제의 안정과 직결되는 점을 고려할 때 안전/방재 부문의 기술 개선이 시급히 필요하다.

각 분야에 있어서 1순위로 개선해야 하는 기술 이외에도 기술적인 측면만 고려했을 때에 비해 고객요구사항까지 반영했을 때 우선순위가 바뀐 기술들을 살펴보면, 개발 분야에서는 신호/통신 기술이 2위에서 4위로 변경되었다. 개발 분야의 신호/통신 기술은 크게 열차제어기술과 철도통신기술로 구분되는데, 열차제어기술로는 차량을 주어진 환경 조건 내에서 규정된 방법에 의해 안전하게 운행할 수 있도록 제어하는 기술인 열차운행제어기술, 차량의 수송 능력 향상을 위해 신호시스템을 구현하기 위해 설치한 장치에 대한 제어 기술인 신호설비제어기술, 신호시스템을 최적으로 구현하기 위한 신호설비의 구성 및 배치 관련 설계 기술인 신호시스템설계기술이 있다. 철도통신기술로는 철도운용을 위해 필요한 정보를 전송하고 처리하는 정보통신설비기술, 이동 중인 열차와 고정된 지상설비 간의 정보 전송을 위해 필요한 열차무선통신기술, 위성항법시스템을 열차제어 분야에 적용하기 위해 필요한 시스템 통합 기술인 위성항법기반 철도핵심기술이 있다. 이러한 신호/통신 기술은 고객의 요구사항인 신뢰성, 편리성과 상관관계가 있는데 시스템 기술은 신뢰성, 편리성, 안전성 및 보안성, 선로 기술은 신뢰성, 유형성, 쾌적성과 상관관계가 있으므로, 기술적인 측면만 고려한 AHP 기법을 적용했을 때에 비해 고객요구사항까지 반영한 QFD 분석에서 신호/통신 기술의 우선순위가 낮아진 것을 확인할 수 있었다.

또한 유지관리 분야에서는 선로와 신호/통신 기술, 전력과 프로세스 기술의 우선순위가 바뀌었다. 유지관리 분야의 신호/통신 기술은 신호/통신 시스템의 기능을 정상으로 유지하거나 이상 발생 시 신속, 정확하고 안전하게 복구하여 관련 장치의 기능을 향상시키는 기술을 의미하며, 열차제어시스템 유지관리 기준기술과 철도통신시스템 유지관리 기준기술로 구분된다. 유지관리 분야의 신호/통신 기술도 고객의 요구사항인 신뢰성, 편리성과 상관관계가 있는데 선로 기술은 신뢰성, 쾌적성과 상관관계가 있고 신호/통신 기술이 고객의 중요도가 높은 신뢰성과의 연관성이 더 높으므로, 기술적인 측면만 고려한 AHP 기법을 적용했을 때는 선로 기술, 고객요구사항까지 반영한 QFD 분석에서는 신호/통신 기술이 우선순위가 높게 나타났다.

유지관리 분야의 전력 기술은 철도를 운영하는 과정에서 전력 공급을 담당하는 급전 계통 및 전차선로 설비가 건전한 상태로 유지 관리되도록 하기 위해 필요한 보수에 관한 기술을 의미하며, 이에는 전력 유지관리 기준기술, 전력 검측/진단/평가 기술, 전력 유지관리 공법 기술이 해당된다. 이러한 유지관리 분야의 전력 기술은 고객의 요구사항인 신뢰성과 상관관계가 있는데 프로세스 기술은 신뢰성 및 편리성과 상관관계가 있으므로, 기술적인 측면만 고려한 AHP 기법을 적용했을 때는 전력 기술, 고객요구사항까지 반영한 QFD 분석에서는 프로세스 기술이 우선순위가 높게 나타났다.

마지막으로 지원 분야에서는 운영/물류 기술이 2위에서 4위로 변경되었다. 지원 분야의 운영/물류 기술은 제한된 자원 제약 하에서 최대의 운영수익을 달성하기 위한 차량, 검수, 승무원 계획 등의 최적화 기술인 철도서비스 계획 기술과 열차의 정시성 확보를 위한 최적 간격 제어, 시설 최적화 등의 기술인 철도 교통관제 기술, 철도 네트워크 활용 효율 최대화를 위한 네트워크 운영 전략, 선로 배분 등의 기술인 열차 네트워크 운영계획 기술이 있다. 이러한 운영/물류 기술은 고객의 요구사항인 신뢰성, 쾌적성, 편리성과 상관관계가 있는데 경영 기술은 신뢰성, 유형성, 쾌적성, 편리성, 환경에너지 기술은 유형성, 쾌적성, 환경성과 상관관계가 있고 경영 기술과 환경에너지 기술이 각각 고객의 중요도가 높은 신뢰성, 환경성과의 연관성이 더 높으므로, 기술적인 측면만 고려한 AHP 기법을 적용했을 때에 비해 고객요구사항까지 반영한 QFD 분석에서 운영/물류 기술의 우선순위가 낮아진 것을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

전세계적으로 철도는 도로와 함께 국가 전체의 물류 운송을 담당하는 측면에서 핵심 국가기간시설로 분류되고 있다. 이에 따라 국내 철도기술은 철도건설을 담당하고 있는 한국철도시설공단, 운영 및 유지관리를 담당하고 있는 한국철도공사, 제반 철도기술의 연구개발을 담당하고 있는 한국철도기술연구원 및 주요 연구기관, 철도건설의 실무를 담당하고 있는 주요 산업체를 중심으로 발전하고 있다. 그러나 철도 선진국으로 분류되고 있는 프랑스, 일본 등의 철도기술에 비해 부족한 상황이므로 철도기술의 종합적이면서 체계적인 발전이 시급하게 요구된다.

이러한 기술적 격차를 극복하기 위해 철도서비스 제공자인 한국철도공사는 2009년부터 ‘녹색철도 성장전략을 위한 철도발전 기술 로드맵’을 마련하여, 선진 기술그룹 진입을 위한 기술경영을 실시하며 철도기술의 수준을 측정할 때에는 주로 기술성장모형을 적용해왔다. 그런데 이는 해당 기술이 철도이용객의 요구를 얼마나 충족하는지를 파악할 수 없으며, 어떤 세부적인 기술부터 우선적으로 개선해야 하는지를 제시하지 못하는 한계를 지닌다. 따라서 본 연구에서는 철도서비스를 이용하는 고객들을 대상으로 품질 요소의 중요도를 살펴보고, 이러한 고객의 요구사항을 충족하기 위해서는 어떠한 철도기술을 시급히 개선해야 하는지 파악하였다.

먼저, 한국철도공사의 ‘철도 발전 기술 로드맵’에 제시된 철도기술별로 개선 우선순위를 파악하기 위해 전문가들을 대상으로 설문조사를 하여 AHP 기법을 실시한 결과, 유지관리, 개발, 지원 순으로 나타났다. 이는 코레일의 철도 기술 중에서 유지관리 분야의 기술 수준을 우선적으로 향상시켜야 함을 의미한다. 개발 분야의 기술들 중에서는 차량, 신호/통신, 시스템, 선로, 전력, 건축, 유지관리 분야의 기술들 중에서는 차량, 선로, 신호/통신, 전력, 프로세스, 건축, 지원 분야의 기술들 중에서는 안전/방재, 운영/물류, 경영, 환경에너지, 역사 순이었다.

또한 QFD 분석을 적용하여, 철도서비스 이용자가 중요시 여기는 품질요소와 철도서비스 제공자인 한국철도공사의 ‘철도 발전 기술 로드맵’에 따른 세부적인 기술별 수준을 연결함으로써, 철도기술 수준의 향상 방향을 살펴보았다. 그 결과, 개발 분야는 차량, 시스템, 선로, 신호/통신, 전력, 건축, 유지관리 분야는 차량, 신호/통신, 선로, 프로세스, 전력, 건축, 지원 분야는 안전/방재, 경영, 환경에너지, 운영/물류, 역사 순으로 나타났다. 이러한 결과를 기술적인 측면만 고려한 AHP 기법의 우선순위와 비교하면, 개발 분야의 신호/통신 기술, 지원 분야의 운영/물류 기술이 각각 2위에서 4위로 변경되고, 유지관리 분야에서는 선로와 신호/통신 기술, 전력과 프로세스 기술의 우선순위가 바뀐 것을 알 수 있다. 그러나 차량 기술은 개발과 유지관리 분야에서 항상 우선순위 1위로 동일했으므로, 고객과의 직접인 차량 기술의 수준 향상이 시급히 필요하며, 지원 분야에서 안전/방재 부문의 기술 역시 중요함을 알 수 있다. 이는 철도서비스 품질 요소라는 고객요구사항을 반영한 결과이며, 특정 철도기술이 얼마나 많은 고객요구사항과 상관관계를 지니고 있는지, 그리고 고객요구사항의 중요도와 상관관계의 크기에 따라 철도기술 개선 우선순위가 달라지는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 실무적인 측면에서 다음과 같은 의미를 지닌다. 첫째, 철도기술이 차량, 전력, 신호/통신, 건축 등 상이한 요소들의 조합으로 구성되는 복합기술이므로, 철도기술을 종합적이고 체계적으로 개선하는 것은 매우 중요하다. 그런데 기존에는 철도기술의 수준을 파악할 때 기술별로 최고 기술 보유국의 기술수준을 100%로 설정하고 국내의 기술수준을 상대적으로 평가하거나, 이론적 상한치를 설정하고 그에 대한 기술수준을 평가하였다. 그러나 이러한 상대평가와 기술성장모형은 각 기술별로 수준을 파악할 뿐, 철도기술 전체에 있어서 어떤 기술부터 시급히 개선해야 하는지를 파악할 수 없다. 따라서 본 연구는 계층적 분석과정(AHP)과 품질기능전개(QFD)를 이용하여 철도기술별로 비교함으로써 연구개발 투자 우선순위를 파악하였다는 점에서 의미를 찾을 수 있다.

둘째, 철도기술에 관한 선행연구들은 철도서비스 제공자의 입장에서 기술 전문가들에게 설문조사, 심층 인터뷰 등을 통해 철도기술의 수준을 평가하였다. 그러나 이러한 서비스 제공자의 시각은 운영 적자 누적으로 이어지면서 최

근에는 제2철도공사 설립 등이 논의되고 있다. 특히, 철도서비스의 경우 코레일이 독점으로 운영하고 있기 때문에 고객의 니즈(Needs)를 간과할 수 있으므로, 철도기술을 개발하거나 유지할 때 고객요구사항을 반영하는 것이 더욱 중요하다. 이에 본 연구는 품질기능전개(QFD)를 이용하여 고객의 철도서비스 품질 평가요소와 철도기술 간의 연관성을 파악하고, 고객요구사항에 따른 철도기술 개선 방향을 제시하였다는 점에서 큰 시사점을 지닌다. 한국철도공사가 고객 지향적으로 철도기술을 개선하면 경영상의 내실을 다지고 경쟁우위를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 연구는 고객요구사항(CA)와 제품 설계특성(EC)이 많아지면 품질의 집(HOQ)이 기하급수적으로 복잡해지고, 그로 인해 분석이 적절히 실시되지 못하는 품질기능전개(QFD) 자체의 단점(Lee and Shin, 2008)으로 인해 코레일의 '철도발전 기술 로드맵' 중, 연구대상을 철도기술 1차 분류 3개와 2차 분류 17개로 제한하였고, 3차 분류 61개는 고려하지 못했다는 한계점을 지니고 있다. 향후 이러한 한계점을 보완하여 모든 철도기술을 대상으로 고객의 품질 평가요소와 연계하는 분석을 실시할 필요가 있다.

REFERENCES

- Babakus, E., and Boller, G. W. 1992. "An Empirical Assessment of the SERVQUAL Scale." *Journal of Business Research* 24(3):253-268.
- Byun, Sunchun, Yoo, Jiyeon, and Son, Sukho. 2008. *A Dynamic Technology Level Evaluation Method Based on Technology Model*. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning.
- Cronin Jr, J. J., and Taylor, S. A. 1992. "Measuring Service Quality: A Reexamination and Extension." *Journal of Marketing* 56(3):55-68.
- Escobar, M. T., Aguarón, J., and Moreno-Jiménez, J. M. 2004. "A Note on AHP Group Consistency for the Row Geometric Mean Prioritization Procedure." *European Journal of Operational Research* 153(2):318-322.
- Gleave, S. D. 2000. *Rail Passenger Quality of Service Valuation*. Shadow Strategic Rail Authority.
- Hauser, J. R., and Clausing, D. 1988. "The House of Quality." *Harvard Business Review* 66(May-June):63-73.
- Jang, Sueun, and Jung, Kyuhwa. 2007. "An Improved Methodology for Estimating Traffic Accident Cost Savings in the (Preliminary) Assessment of Railway Projects." *Journal of Korean Society of Transportation* 25(5):15-21.
- Kim, Hojung, and Kim, Jonghak. 2006. *A Study on the Development and Application of Transportation Services Index*. Korea Transport Institute.
- Kim, Jinho, and Hwang, Inkeuk. 2004. "Development of Customer-Oriented Quality Design Elements of Shoes Based on QFD." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 32(1):130-143.
- Kim, Sunghong. 2012. "A Study on the Priorities of Quality Dimensions for the Quality Competitive Advantage." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 40(2):156-165.
- Kim, Yeonkyu. 2003. "The Development of Performance Measures in Railway Services." *Korean Society for Railway Spring Conference*.
- Korea Transport Institute. 2006. *Collection of KOTI Study Results*.
- Korea Rail Network Authority. 2005. *R&D Planning and Technical Skills Improvement of Korea Rail Network Authority*.
- Korea Railroad Corporation. 2009. *Technology Roadmap for Railway Development*.
- Korea Railroad Research Institute. 2001. *Railway Technology System Establishment through Railway Technology Research and Development*.
- Korea Railroad Research Institute. 2010. *4th Year Report on the Establishment of Research and Testing Facility for the Advancement of Railway Technology*.
- Lee, Hyungseok. 2006. "A Study on the Service Quality of Korean Train." *Journal of Service Management Society* 7(1):125-145.

- Lee, Sangbok, and Shin, Dongsul. 2008. *Quality Function Deployment Theory and Application*. Eretec Press.
- Litman, T. A. 2009. *Transportation Cost and Benefit Analysis*. Victoria Transport Policy Institute. 2nd ed. 1-19.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2007. *Planning Report on Railway Safety Technology Development Project*.
- Noh, Heemin, Choi, Sunghoon, Kim, Seogwon, and Hong, Sukyoon. 2013. "A Study on Interior Noise Characteristics of High-speed Trains." *Journal of the Korean Society for Railway* 16(1):14-19.
- Prasanta, K. D., Hariharan, S., and Despic, O. 2008. "Managing Healthcare Performance in Analytical Framework." *Benchmarking: An International Journal* 15(4):444-468.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., and Berry, L. L. 1988. "SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Customer Perceptions of Service Quality." *Journal of Retailing* 64(Spring):12-40.
- Park, Yongtae. 2006. *Management of Technological Knowledge for Next Generation Innovation*. Life & Power Press.
- Riew, Mooncharn, and Woo, Sungkwon. 2002. "Constructing a Performance Evaluation Model of an R&D Module in Quality Management System Using QFD." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 30(2):1-10.
- Saaty, T. L. 1977. "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures." *Journal of Mathematical Psychology* 15(3):234-281.
- Saaty, T. L., and Shang, J. S. 2007. "Group Decision-making: Head-count versus Intensity of Preference." *Socio-Economic Planning Sciences* 41(1):22-37.
- Teas, R. K. 1993. "Expectations, Performance Evaluation, and Consumers' Perceptions of Quality." *Journal of Marketing* 57(October):18-34.
- Winner, L. 1977. *Autonomous Technology: Technics-out-of-Control as a Theme in Political Thought*. Boston: MIT Press. Chapter 2.

