

안전관리 자동화 시스템 적용을 위한 테스트베드 선정 방법론

Test-bed Selection for the Application of a Safety Management Automation System

이상재*, 김동현*[†], 안세영*, 김영진*, 김현구**

Sang-Jae Lee*, Dong-Hyun Kim*[†], Se-Young Ahn*, Young-Jin Kim*, Hyun-Goo Kim**

Abstract The main factors for a safety management automation system and their priorities were determined through the annual statistics reports of Korea Railroad and site verification in order to construct testbeds for express/regular railroads and unmanned stations that can evaluate and verify the system. Analytic hierarchy process (AHP), which can estimate the importance of the factors and promptly determine the balanced weights of those factors, was used for the selection of stations. The main factors included five quantitative ones including passenger casualty and two qualitative ones including station grade. As a result, the stations were classified into the first, second, and third grade and unmanned station, and the priorities were given for the application of the safety management automation system.

Keywords : Priority, Safety Management Automation System, AHP, Select Station, Statistics Yearbook

초 록 안전관리 자동화 시스템 기술의 성능을 평가하고 검증할 수 있는 실제 고속/일반 철도, 무인역 대상의 테스트베드 구축 및 실용화를 위하여 한국철도공사 내 연간 통계 연보 및 현장검증을 통한 주요 요소들을 도출하고 우선순위를 선정하였다. 본 연구에서는 역사 선정을 위하여 인자간의 중요도 파악이 가능하고 신속하게 균형 잡힌 가중치를 산정할 수 있는 계층적 분석법(AHP)을 사용하였으며 주요 요인으로는 여객사상사고 등 다섯 가지의 정량적 요인과 역사등급 등 두 가지의 정성적 요인으로 중요도를 산정하였다. 그 결과, 1급역사, 2급역사, 3급역사 그리고 무인역으로 분류하여 안전관리 자동화 시스템 적용이 필요한 역을 순차적으로 나열하여 선정하였다.

주요어 : 우선순위, 안전관리 자동화, 계층적 분석법, 역사선정, 통계연보

1. 서 론

최근 구로역 화재, 승강장 자살사고, 철도역사 내 에스컬레이터 전도사고 등 안전사고가 빈번하게 발생하고 있으며, 무인역에서 범죄발생 등의 치안문제로 인한 철도역사의 안전관리 자동화를 통한 국민안전서비스 향상이 대두되고 있다. 대한민국은 교통안전 부분에서 OECD 하위권으로 철도교통 사고로 인하여 많은 사회적 비용이 지출된다. 또한, 현재 철도역사의 안전관리는 역무원에 의존한 수동적 조치로 인한 인력부족 및 업무 과부하로 관리체계가 비효율적으로 운영되었다.

† 교신저자: 한국철도공사 연구원 경영연구처(dhkim@korail.com)

* 한국철도공사 연구원 경영연구처

** 한국철도공사 광주본부 목포역

일반적으로 도시철도의 경우는 스크린도어 설치의 의무화로 안전사고의 위험요소가 많이 줄어들겠지만 고속·일반 철도의 경우는 각 열차별 탑승구의 위치가 상이하기 때문에 스크린도어 설치에 대한 문제가 발생하게 된다.

본 연구에서는 최근 5년 동안의 철도역사 사고 데이터[5,6]와 현장 방문 및 인터뷰를 통한 주요 안전사고 유형을 도출하였고, 이에 실제로 철도역사 환경에서 발생할 수 있는 다양한 돌발상황에 대하여 실시간으로 선제적 안전관리가 가능한 시스템을 적용할 테스트베드 역사의 우선순위를 AHP분석을 통하여 도출하였다.

2. 본 론

2.1 서비스 수준 평가 지표 설정

테스트베드 유형선정을 위한 우선순위 요소를 도출하기 위하여 기존 선행연구 고찰 및 현장 조사를 실시하였다. 12개 역사의 현장조사를 통하여 역사의 위험도 및 불안 요소 등의 현황 파악 및 고속철도 역사의 혼잡도 및 한산도를 수집하였다. 또한 영업설치 관련 안전관리 실태 조사와 역사 규모 및 층별 시설 현황, 역사형태, 승강설비 등의 안전설비를 조사하였다. 이를 통해 수집된 변수들을 대상으로 토대로 역사 관계자 및 전문가 인터뷰를 통해 최종 서비스 수준 평가 지표를 도출하였다.

Table 1 서비스 수준 평가 지표

정량적요인	연평균 철도이용객수, 연평균여객사상사고건수, 연평균공중사상사고건수, 연평균민원건수, 연면적
정성적요인	역사등급, 테스트베드 구축 실현 가능성

2.2 가중치 산정방법 선정

가중치를 산정하는 방법은 매우 다양하며, 조사목적, 항목의 중요도, 체계구성 그리고 설문 조사의 용이성 등에 따라 적용하는 방법이 다르다. 대표적인 가중치 산정방법으로는 척도표시법, 순위척도법, 전문가에 의한 점수할당법, 다중회귀분석법, 교환분석법, 통계적 방법, 개인 질문법, 집단설문법, 계층분석법, 컨조인트분석(Conjoint Analysis) 등이 있다.

대표적인 가중치 산정방법들의 장·단점 비교결과 본 연구의 목적을 고려할 때 인자간의 중요도를 파악하기 어려운 방법은 적용하기 곤란하다. 따라서 인자간의 중요도 파악이 가능하고, 작성자가 쉽게 작성할 수 있으며, 신속하게 균형 잡힌 가중치를 산정할 수 있는 “계층적 분석법”을 적용하고자 한다[1,2].

2.2.1 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법 개요

계층분석법 (Analytic Hierarchy Process: 이하 AHP)기법은 다목표 의사결정(Multi-Objectives Decision Making)을 위한 기법의 하나로 Thomas. L. Saaty[3]에 의해 제안되었으며, 목표와 관련 요소간의 유기적 관계를 계층적으로 파악하여 목표의 복잡성에 대한 유연성을 갖게 한다. 즉, AHP는 비구조적인 문제의 의사결정에 영향을 미치는 특성들을 선정하고, 이를 작은 특성들로 분화하여 계층을 구성한다. 그리고 이러한 속성들의 중요도를 이원 비교

하여 우선순위를 일관성 있게 결정한다. 이 기법은 정량적인 평가요인은 물론 정성적인 평가요인도 수용하는 매우 유연한 의사결정기법으로서 수학적 이론보다는 직관을 바탕으로 하기 때문에 그 논리가 매우 쉽다는 장점이 있으며, 주요 특징은 다음과 같다[4].

- (1) 정량적인 방법으로 문제를 해석하기 때문에 이해하기 쉬운 요인과 명확한 구조를 가진다.
- (2) 복잡하고 불분명한 문제에 대해서는 여러 계층으로 분리하여 부분적인 관계를 1:1 비교하여 중요도를 분석.
- (3) 시스템 접근을 통하여 주관적인 판단을 하고 이를 조합하여 결론을 내린다. 이러한 접근을 통하여 경험을 살린 의사결정을 할 수 있다.
- (4) 관계자간의 의사결정에 있어서 각각의 의사를 1:1 비교를 통하여 접근.

따라서 AHP기법은 경제학, 사회학, 경영학 분야의 비구조적인 문제를 모델링 함에 있어서 계통적 오류를 줄여갈 수 있는 기법이다. AHP기법으로 의사 결정 문제를 해결할 경우 다음과 같은 절차를 거친다.

- (1) 의사결정계층 확립: 의사결정자는 의사결정 문제를 의사결정요인과 관련 계층으로 분류.
- (2) 의사결정요인의 이원비교로 초기 데이터 수집: 각 요인들을 비교하여 요인비교 초기 행렬값(Matrix)을 구성.
- (3) 고유값(Eigen Vector)을 이용하여 의사결정요인의 상대적 가중치(Relative Weight) 측정.
- (4) 의사결정요인의 상대적 가중치를 총합한다.

2.2.2 AHP(Analytic Hierarchy Process) 수행결과

본 연구에서는 철도역사의 서비스질과 연관성이 있는 요소의 중요도를 산출하기 위해 AHP의 그룹의사결정에서 일반적으로 사용하고 있는 수치통합방법을 사용하였다. 수치통합방법은 평가자가 작성한 쌍대비교행렬의 각 원소에 대하여 전체 평가자의 평가치들을 기하평균하여 통합하고, 이를 원소로 하는 단일 쌍대비교행렬을 구성하는 방법이다. 이때 유의할 사항은 각 행렬의 일관성 지수가 0.1을 초과하는 행렬은 제거하고 나머지 것들만 통합한다. 다음은 본 연구에서 수행한 AHP의 수행과정 및 결과를 나타낸 것이다.

$$\text{기하평균} = (1 * 0.581)^{(1/2)} = 0.762 \tag{1}$$

$$\text{중요도} = 0.762 / 2.073 = 0.368 \tag{2}$$

Table 2 One-to-one comparison and importance estimation results of all evaluators using the numerical integration method

Category	Quantitative factor	Qualitative factor	Geometric mean	Importance
Quantitative factor	1.000	0.581	0.762	0.368
Qualitative factor	1.720	1.000	1.311	0.632
	-	-	2.073	1.00

위 항에서 얻어진 값의 평균을 구한 후 일관성 지수를 산출하였다.

Table 3 Consistency index estimation results of all evaluators

Category	Quantitative factor	Qualitative factor	Total	Total/importance
Quantitative factor	2/4	1/4	0.75	2.038
Qualitative factor	5/9	1/2	1.06	1.677
				3.715

$$\text{평균} = 3.715 / 2 = 1.723 \quad (3)$$

$$\text{정합도} = (\text{평균} - \text{항목수}) / (\text{항목수} - 1) = 0.277 \quad (4)$$

$$\text{일관성지수} = \text{정합도} / \text{무작위지수} = 0.00 \quad (5)$$

일관성 지수가 0.00으로 0.1보다 작으므로 의사결정과정은 일관성이 있는 것으로 판단된다. 고속도로의 서비스 수준 평가기준 가중치를 정량적 요인과 정성적 요인을 대상으로 한 AHP기법 결과를 활용한다. 본 연구에서는 연평균 철도이용객수[5], 여객사상사고건수[6], 공중사상사고건수[6], 민원건수[6], 연면적[5], 역사등급[5], 테스트베드 구축 실현 가능성을 대상으로 역사별로 각각 설문조사를 실시하였으며 그 결과 다음과 같은 중요도를 산출하였다.

Table 4 AHP importance estimation results by railroad service level evaluation index

Category	Average annual railroad users	Average annual passenger casualty accidents	Average annual non-passenger casualty accidents	Average annual civil complaints	Gross area (m ²)	Total
Quantitative factor	0.07	0.33	0.27	0.21	0.07	1.00
Category	Station grade		Testbed construction possibility			Total
Qualitative factor	0.21		0.79			1.00

2.3 테스트베드 우선순위 분석결과

2.3.1 평가지표별 범주에 따른 등급화 점수

각 평가지표별 범주에 따라 등급화 점수를 설정하였다.

Table 5 Grading by evaluation index

Grading point	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Evaluation index										
Average annual railroad users (thousand users)	10,000 or more	5,000 or more	3,000 or more	1,000 or more	500 or more	100 or more	10 or more	5 or more	1 or more	Below 1
Average annual passenger casualty accidents (cases)						10 or more	3 or more	Over 1	1 case	0 case
Average annual non-passenger casualty accidents (cases)						10 or more	3 or more	Over 1	1 case	0 case
Average annual civil complaints (cases)						10 or more	5 or more	Over 1	1 case	0 case
Gross area (m ²)	100,000 or more	50,000 or more	10,000 or more	5,000 or more	3,000 or more	1,000 or more	600 or more	400 or more	200 or more	Below 200

2.3.2 정량적 요인을 반영한 역사 등급별 테스트베드 우선순위

Table 6 Testbed selection by station grade reflecting quantitative factor (1st grade station)

	Quantitative factor rank	User weight× grading point	Passenger weight× grading point	Non-passenger weight× grading point	Civil complaint weight× grading point	Gross area weight× grading point
Seoul	1	0.70	1.08	1.65	1.05	0.63
Busan	2	0.70	0.81	1.32	1.05	0.63
Daejeon	3	0.70	0.81	1.32	1.05	0.56
Cheonan	4	0.63	0.81	1.32	1.05	0.49
Cheongnyangni	6	0.56	0.27	1.32	0.84	0.70
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Table 7 Testbed selection by station grade reflecting quantitative factor (2nd grade station)

	Quantitative factor rank	User weight× grading point	Passenger weight× grading point	Non-passenger weight× grading point	Civil complaint weight× grading point	Gross area weight× grading point
Gwangjusongjeong	8	0.49	0.81	0.99	0.84	0.49
Jochiwon	9	0.56	0.54	1.32	0.84	0.35
Iksan	11	0.56	0.54	1.32	0.63	0.49
Seodaejeon	12	0.56	1.08	0.33	1.05	0.49
Bujeon	14	0.49	1.35	0.66	0.63	0.35
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Table 8 Testbed selection by station grade reflecting quantitative factor (3rd grade station)

	Quantitative factor rank	User weight× grading point	Passenger weight× grading point	Non-passenger weight× grading point	Civil complaint weight× grading point	Gross area weight× grading point
Kimcheon	5	0.49	1.35	0.99	0.63	0.35
Samrangjin	23	0.35	0.54	1.32	0.42	0.28
Sintanjin	29	0.49	0.54	0.66	0.63	0.35
Changwon	29	0.42	0.54	0.66	0.63	0.42
Onyangoncheon	32	0.49	0.54	0.33	0.84	0.42
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Table 9 Testbed selection by station grade reflecting quantitative factor (unmanned station)

	Quantitative factor rank	User weight× grading point	Passenger weight× grading point	Non-passenger weight× grading point	Civil complaint weight× grading point	Gross area weight× grading point
Iyang	209	0.07	0.27	0.33	0.21	0.07
Seokbul	226	0.07	0.27	0.33	0.21	0.07
Cheong-ri	226	0.07	0.27	0.33	0.21	0.07
Hamchang	226	0.07	0.27	0.33	0.21	0.07
Sagok	247	0.07	0.27	0.33	0.21	0.07
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

3. 결론

본 연구를 통하여 서비스 수준 평가 지표 선정 및 계층적 분석법을 이용하여 안전관리 자동화 테스트베드 운영을 위한 철도역사 우선순위를 선정하였다. 평가 지표로는 연평균 철도이용객수, 연평균 여객사상 사고 건 수, 연평균 공중사상 사고 건 수, 연평균 민원 건 수, 연면적의 다섯 가지 정량적 요인과 역사등급, 테스트베드 구축 실현 가능성의 두 가지 정성적 요인

으로 중요도를 산정하였다. 그 결과, 1급역사는 서울역, 부산역, 대전역 순으로 나타났고, 2급역사는 광주송정역, 조치원역, 익산역 순으로 나타났다. 그리고 3급역사는 김천역, 삼랑진역, 신탄진역 순으로 나타났으며, 무인역 대표역사로는 이양역, 석불역, 청리역 순으로 안전관리 자동화 시스템 적용이 필요한 역을 순차적으로 나열하여 선정하였다.

향후 본 연구를 통해 도출된 우선순위 역사를 방문하여 현장조사 및 역사 관계자 협의를 실시하고자 한다. 카메라 및 서버, 관리시스템 등의 실질적 시공가능성을 조사하고 안전관리 자동화 시스템 운영에 관한 관계자 의견수렴과 협조 등 테스트베드 구축 실현 가능성을 판단하여 최종 역사를 선정하고자 한다.

후 기

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받는 국가 R&D 연구과제 15RTRP-B091404-02에 의해서 수행되었음.

참고문헌

- [1] M.K. Park, C.S. Kim, Y.K. Choi, Y.S. Jang, et al. (2012) A Study on the Priority Making of Railway Safety Business using AHP, *2012 Spring Conference of the Korean Society for Railway*, pp. 155-163.
- [2] B.J. Hwang, M.K. Park, S.G. Jeong, H.J. Kim. (2015) A Study on the Functional Requirements for Decision-Making of Railway Safety Control System thought the AHP, *2015 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, pp. 1286-1291.
- [3] Thomas L. Saaty. (2001) *Decision Marking with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process*, RWS Publications
- [4] J.W. Kim. (2008), *Development of Evaluation Criteria for Service Quality in Expressway*, PhD Thesis, University of Seoul.
- [5] Korea Railroad Corp. (2010-2015) *Statistics Yearbook for Railway*, Daejeon, Korea
- [6] Passenger Business headquarter in Korea Railroad Corp. (2010-2015) *Statistics Yearbook of Accident*, Daejeon, Korea