

철도사고 위험도 산정 시스템 적용 효과에 대한 고찰

A Study on the Application Effect of Risk Assessment System for Rail Accidents

신형진† 한상복* 윤경철** 허남규*** 김찬수****
Shin, Hyoung Jin Han, Sang Bok Yun, Gyeong Cheol Heo, Nam Gyu Kim, Chan Soo

ABSTRACT

Railway passengers and public, workers typically have high potential on death and injury accidents, because they are to be frequently adjacent to train or train operation. In order to effectively reduce the risks associated with the passengers, the public, and the workers, a systematic risk assessment should be performed to evaluate the hazards that contribute to the accidents.

This paper describes the effect of risk assessment web base system and the extension need of the classification of "The regulation of railway accident report and information in Korea", application for national or railway safety operator, sharing railway safety information.

1. 서 론

철도여객과 공중, 직원은 열차 및 차량에 흔히 근접해 있기 때문에 전형적으로 높은 잠재적인 철도사상사고에 노출되어 있다. 이런 위험을 효과적으로 줄이기 위해, 사상사고의 위험요인, 위험사건의 체계적인 위험도평가가 이루어져야 한다. 위험도 평가 절차는 일반적으로 시스템의 정의, 위험요인/ 위험사건 관별 및 분류, 위험사건 발생확률 계산, 사고영향(피해도) 분석, 위험도평가, 안전대책수립, 비용-편익 계산, 위험도 재평가 과정이 반복적으로 이루어져 있으며, 위험도평가 대상은 시스템 변경/ 갱신에 따른 위험도 평가와 시스템운영에 따른 주기적 위험도평가로 구분 될 수 있다.

철도 위험도 평가는 방대한 사고 및 운행장애 정보의 처리와 철도사고 종류별 위험사건중심 시나리오 모델 개발에 많은 인력과 시간, 예산이 소요될 뿐만 아니라, 향후 철도안전법의 시행에 따른 주기적 철도 위험도 분석의 효율성을 고려할 때 철도 사고/장애 정보와 위험사건(위험요인) 정보 분류 등이 철도 사고 종류별 시나리오에 유기적으로 연계관리가 필요하며, 신속한 철도 위험도 정량 분석을 통한 의사결정 지원 등이 요구되므로 철도 위험도 평가에 특성화된 전문 소프트웨어의 개발 및 운영이 필수적이다.

현재 국내 철도운영자는 향후 철도안전법(개정예정)관련 국가 법령의 요구사항 등을 충족하기 위하여 철도안전관리(SMS)활동 기반의 철도시스템 운영, 관리관련 위험도평가를 하여야 한다. 이를 위해 국가는 철도안전 R&D 사업(철도종합안전기술개발사업)의 위험도평가관련 성과물을 철도운영기관에 보급하기 위해 노력하고 있으며, 교통안전공단에 철도안전법 제71조(철도안전정보종합관리 등)을 위하여 철도안전정보종합관리시스템 구축관련 위탁사업을 통해 '09~'10년도에 국가철도사고기반의 위험도평가 전문 소프트웨어 개발 및 시스템을 구축하였으며, '11년도에는 국가종합위험도(F-N커브) 및 년도별 이력위험도추이, 리스크매트릭스, 리스크프로파일 등의 기능을 확장할 예정이다. 국가에 공식적으로 집계되는 사고보고 정보에 등가사망 기준을 적용함으로써 국가 및 철도운영기관에 일원화된 위험도 산정 및 관리가 가능하고, 철도사고로 발전할 수 있는 운행장애에 대한 위험도산정이 가능하게 되어 사전에 예방 할 수 있게 되었다.

† 교신저자 : 교통안전공단 철도항공안전본부 철도안전처 과장
E-mail : shj@ts2020.kr TEL : (031)362-3625 FAX : (031)481-0488
* 교통안전공단 철도항공안전본부 철도안전처 과장
** 교통안전공단 철도항공안전본부 철도면허관리처 과장
*** 교통안전공단 철도항공안전본부 철도안전처장
**** 교통안전공단 철도항공안전본부장

본 논문은 위험도산정을 하기위해 기존 “철도사고등의 보고에 관한 지침”에 의한 사고보고정보 분류에 위험사건 및 위험요인, 위험영역등을 추가 분류하기 위한 방안과 위험도산정 기준, 운행장애 위험도산정을 위한 적용 방안을 제시하고 ‘05년~’09년 사이의 “철도안전정보종합관리시스템” 중 하나인 웹기반 사고보고통계시스템에 입력된 사고데이터(위험목록정보포함)을 기반으로 철도사고이력 위험도를 산정, 분석함으로써 철도사고 위험도산정 시스템 적용 효과에 대해 고찰하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 철도사고이력위험도 산정 기준 적용에 관한 방안을 제시하고, 제3장에서는 웹기반의 철도사고 위험도산정 정보관리시스템의 구성과 계층별 아키텍처(구축환경)를 소개한다. 제4장에서는 위험도산정 시스템을 통해 산정된 결과 및 적용효과에 대해 고찰하였다. 끝으로 제5장에서는 본 논문의 결론을 정리하였다.

2. 철도사고기반 위험도 산정 기준 적용에 관한 방안

2-1. 분류체계 적용을 통한 방안

사고의 순차적인 흐름은 간접위험요인(1차 방어벽 상실 포함), 직접위험요인(2차 방어벽 상실 포함), 위험사건, 완화조치 방어벽 상실, 사상자 발생 등으로 표현 할 수 있으며, 현재 관리 할 수 있는 사고중심의 사고 데이터 및 철도운영기관, 정책기관의 철도사고 관리업무 등을 고려해 볼 때 간접위험요인은 근본원인으로, 직접위험요인은 사고원인으로, 완화조치 방어벽 상실은 위험사건 발생 후 관리되는 사고현황 정보로 적용해 볼 수 있다.

위험사건의 효율적인 구성은 위험사건의 판별이 현업중심으로 현실성 있게 다루어지는 것이 가장 중요하며, 너무 이상적이거나 이론적인 경우 적용범위의 한계가 있어 활용성 측면에 문제가 생긴다. 이런 측면에서 국가 사고보고지침의 사고유형 및 사고원인, 기타 사고정보(개황 및 현황), 철도사고정보관리시스템의 데이터(사상자, 사고빈도, 비용 등)를 활용 할 수 있어야 하며, 현재의 사고유형과 사고원인 등의 분류체계 활용에 적합한 위험사건(위험사건의 속성), 위험요인(위험사건 세부)이 구성되어야 한다.

철도운영기관의 사고데이터 중 사고원인의 기타 부분(현 사고원인 데이터에 해당되지 않는 원인)을 상세화하여 사고원인을 추가하고, 추가 보완된 사고원인에 위험사건을 연결시켜 실제 사고정보와 최대한 밀접하게 연계하였다.

위험사건의 빈도 분석을 통해 위험사건의 속성(추락, 넘어짐, 충격, 치임, 끼임, 충돌, 탈선, 화재 등) 및 위험요인(상세) 과 기존 사고원인, 사고유형간 패턴 및 관계 분석에 효과적인 것이 검증 되었으며, 이 분류방안(표1, 2)을 적용하여 컴퓨터 기반의 모델구현이 가능하다.

표 1. 철도사고유형 및 위험사건 분류체계(예시)

철도사고유형(철도사고등의 분류기준)				위험사건(추가분류)		
철도사고	철도교통 사고	열차사고	열차충돌사고	위험사건속성	위험사건	상세위험사건
	열차화재사고					
	기타열차사고					
	건널목사고					
	철도교통사상사고		여객			
		공중				
		직원				
	철도안전 사고	철도화재사고				
		철도안전사상사고	여객			
			공중			
			직원			
		철도시설파손사고				
		기타철도안전사고				
운행장애	위험사건					
	자연운행					

표 2. 위험사건 분류체계(예시)

사고유형		사고원인	위험사건 (추가항목)	위험요인(위험사건상세) (추가항목)
여객	교통사상-여객	출입문 등에 끼임	끼임	여객이 열차 출입문 등에 끼임
			끼임	여객이 열차와 스크린도어 사이에 끼임
			끼임	여객이 열차와 승강장 사이에 끼임
		시설/설비결함	감전	여객이 시설/ 설비 등으로 인해 열차에서 감전
		선로무단침입/통행	전도	여객이 열차를 피하려다 넘어져 부상
		승하차시 넘어짐	전도	여객이 승하차시 넘어짐
		열차등에서 넘어짐	전도	여객이 열차내에서 넘어짐
		열차에서 추락 (추가항목)	추락	여객이 달리는 열차에서 추락
			추락	여객이 열차와 승강장 사이에 떨어짐
			추락	여객이 열차에서 선로로 떨어짐
		비산/낙하물 충격	충격	여객이 승강장에서 날아온 물체에 부딪힘
			충격	여객이 열차 창문을 통해 날아온 물체에 부딪힘
		구조물 등에 충격 (추가항목)	충격	여객이 열차 바깥의 구조물(물체)와 부딪힘
		비산/낙하물 충격	충격	여객이 열차내에서 구조물이나 낙하(비산)하는 물체에 부딪힘
		선로근접통행	치임	여객이 선로근접통행하다 열차에 치이거나 접촉
		선로무단침입/통행	치임	여객이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임
		선로무단침입/통행	치임	여객이 선로내에 앉아 있다가 또는 누워 있다가 열차에 치임 (자살추정)
		열차에 치임 (추가항목)	치임	여객이 승강장에서 선로로 떨어져 열차에 치임
			치임	여객이 역에서 통행로(선로)를 건너다가 치임
		열차에 뛰어듦(자살추정)	치임	여객이 승강장 등에서 열차에 고의로 뛰어들어 치임(자살추정)
		기타	폭행	열차에서 여객간 폭행(폭언)
			폭행	열차에서 직원과 여객간 폭행(폭언)
		시설/ 설비결함	화상	여객이 시설/ 설비 등으로 인해 열차에서 화상
기타	교통_기타	교통사상-여객의 기타 위험사건		

개발된 위험사건은 철도운영현장에서 발생하는 철도사상사고에 대한 2001~2009년간 데이터 분석 및 영국 RSSB의 사례, 철도안전 R&D 사업 성과물, 국내 사고분류·정보 등을 통해 위험사건 및 상세위험사건의 구성요소 및 분류 기준, 국내 실정에 맞는 위험사건 및 세부위험사건 도출 하였으며, 위험사건 중심으로 열차사고 및 건널목사고의 위험사건 60개, 철도교통사상사고의 위험사건 80개, 철도화재사고, 철도안전사상사고, 철도시설파손사고, 기타철도안전사고의 위험사건 140개 등 총 280여건의 위험사건이 개발되었다.(상세 위험사건 별도)

2-2. 위험도산정 기준 및 방법

본 연구에서는 철도사고 사상자를 중심으로 열차사고, 건널목사고, 철도교통사상사고, 철도안전사상사고, 철도화재·시설파손·기타철도안전사고 등의 유형에 관한 사고빈도와 등가사망자 데이터를 처리하여, 일원화된 위험도 결과를 산정하기 위하여 등가사망기준(사망1=중상10=경상200)적용하였다. 철도교통사고와 철도안전사고, 운행장애 등의 위험도를 산정하였으며, 위험도는 연간 등가사망자수로 다음 식 (1)으로 표현된다.

$$\text{위험도(Risk)} = \text{발생빈도} \times \text{심각도} \quad (1)$$

발생빈도는 1년동안 발생한 위험사건수(위험사건수 / 년)를 의미하며, 심각도는 위험사건마다 발생한 등가사망자수(등가사망자수 / 위험사건수)를 의미한다.

또한 위험사건별 이력위험도에서는 열차사고 충돌, 탈선, 화재 등에 대해서는 운행장애 잠재적 사건이 반영된 5년 평균의 사고위험도 값이 산정되며, 그 식은 다음 식(2)으로 표현된다.

$$\text{이력위험도} = \text{이력사고위험도} + \text{운행장애위험도} \quad (2)$$

이력사고위험도 및 운행장애위험도의 용어설명은 다음 표에서 제시하였다.

표 3. 이력위험도관련 용어설명

구분	용어설명
이력위험도 (위험사건별)	운행장애 잠재적 사건이 반영된 5년 평균의 사고위험도 값 [이력사고위험도 + 운행장애위험도]
이력사고 위험도	5년 평균의 사고위험도 값 [이력심각도 × 사고발생빈도]
이력 심각도	5년 평균의 피해심각도 값
사고발생빈도	5년 평균의 사고발생빈도 값
운행장애 위험도	운행장애 위험사건별 5년 평균 위험도 값 [이력심각도 × 사고진전빈도]
사고진전빈도	운행장애 위험사건별 5년 평균의 사고진전빈도 값 [사고진전을 × 5년 평균의 발생빈도 값]
사고진전률	5년 평균 운행장애 위험사건이 사고로 진전될 수 있는 확률 [사고발생빈도 / (사고발생빈도+운행장애발생빈도)]

본 논문의 제4장에서는 사고정보기반의 위험도산정을 위한 사고정보분류체계 개선 및 산정기준을 적용하여 실제 철도운영기관의 '05년~'09년 철도사고 및 위험사건 정보를 기반으로 철도사고 위험도를 산정하였다. 산정값은 수작업이 아닌 위험도산정 프로그램(S/W)에 의하여 산정된 실제 사고 위험도 값이다.

3. 웹기반의 철도사고 위험도산정 정보관리시스템의 구성과 계층별 아키텍처(구축환경)

3-1. 위험도산정 정보관리시스템의 구성

철도안전정보 종합관리시스템은 WAS서버, WEB서버, DB서버로 구성되어 있으며 네트워크망은 교통안전공단의 전산망과 인터넷망을 사용하고 있으며, 위험도 산정결과 및 평가결과 제공서비스 중, 철도운영기관/유관기관/대국민 사용자는 인터넷에 접속하여 웹서버, WAS서버를 통해 서비스를 제공 중이며, 교통안전공단의 관리자 및 사용자는 공단 내부 전산망에서 웹서버, WAS서버를 통해 서비스를 제공 중이다. WAS서버에서 서비스에 필요한 데이터(정보)는 DB서버에서 검색(Read)하여 제공하는 방식으로 시스템을 구성, 운영중이다.

위험도산정 정보관리시스템(철도안전정보 종합관리시스템)은 인터넷에서 웹기반으로 서비스를 제공하는 시스템으로 물리적으로는 Web서버, WAS서버, DB서버로 구성(Fig.3-1)되어 있으며, 각 서버 OS(Operation System)는 SUN Unix(Solaris)가 탑재되어 있으며, DB서버의 DBMS는 Oracle 10g가 탑재되어 있으며, 철도안전정보 제공서비스 개발을 위하여 J2EE 1.4 (Java 기술로 분산객체의 효율적 자원관리 및 컴포넌트 구성 지원)와 Jdk 1.4(Java Development Kit 1.4, 개발 Kit)로 기술을 적용하여 서비스를 개발하였다. 웹 기반의 철도안전정보 서비스 제공을 위하여 논리적으로 웹 데이터계층(DB 접속, 데이터조회/입력 등), 비즈니스 계층(위험도산정, 운행장애발생빈도산정 등), 프레젠테이션계층(위험도 현황 조회 및 출력) 등으로 구성(Fig.3-2)되어 있으며 서비스에 필요한 컴포넌트를 개발하였으며, 해당 계층에 탑재하여 사용자에게 철도안전정보 서비스를 제공하고 있다. 사용자 서비스통합계층, 내외부 사용자 보안계층에서는 사용자 로그인 서비스 및 권한관리(보안) 서비스를 지원한다. 위험도산정 정보관리 시스템 화면(Fig.3-3)은 실제 위험도 산정 조회화면이다.



Fig. 3-1. 철도사고 위험도산정 시스템 구성도(물리구조)

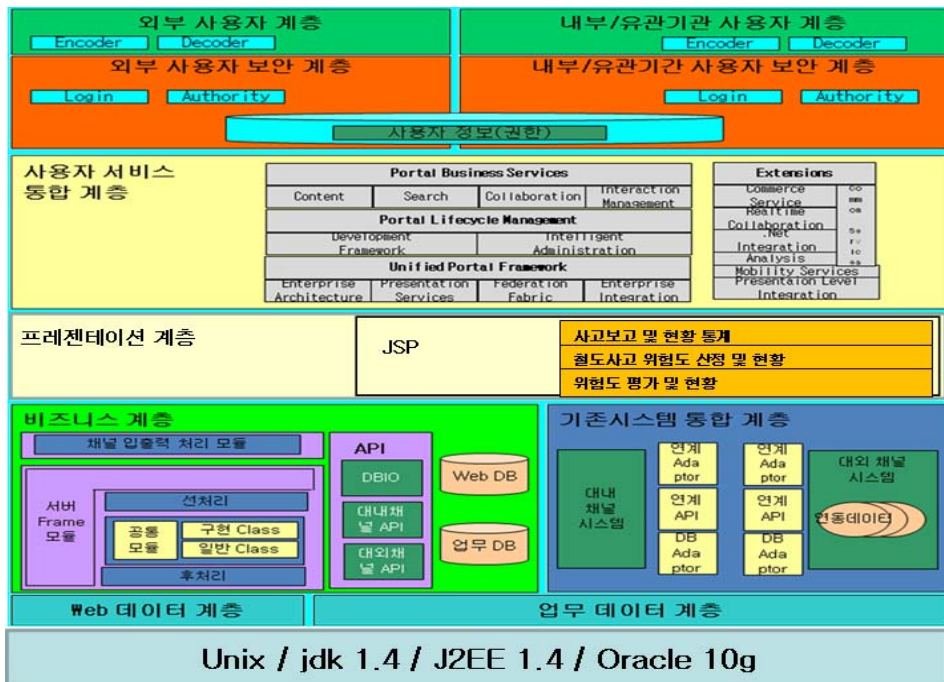


Fig. 3-2. 계층별 아키텍처(논리구조)

안전정책지원

- 안전지표
- 사고비용
- 실제위험도
 - 기본정보관리
 - 위험도산정관리
 - 위험도산정현황
 - 위험도총괄
 - 사고유형별심각도
 - 사고유형별위험도
 - 운행중에사고피해현황
 - 위험사건별심각도
 - 위험사건별위험도
 - 위험영역별심각도
 - 위험영역별위험도
- 이력위험도
 - 기본정보관리
 - 이력위험도산정관리
 - 이력위험도산정현황
 - 이력위험도총괄현황
 - 사고유형별이력위험도현황
 - 위험사건별이력심각도현황
 - 위험사건별이력위험도현황
 - 위험영역별이력위험도현황
 - 근본원인별이력위험도현황
 - 운행중에위험사건별발생빈도현황

일 위험사건별위험도

Home > 철도안전정책지원 > 실제위험도 > 위험도산정현황 > 위험사건별위험도

위험사건분류: 전체 | 철도구분: 전체 | 운영기관구분: 전체 | 결과표시기준: 위험도 0 이상 | 조회

조회기간: 2009년 1월 ~ 2009년 12월 (+조회기간 매년 1월 ~ 12월(1년)인 경우, 정규화 가능 가능)

[일차운행 거리 : 187,965 백만키로] | 환산안함 | 1백만키로당 환산 | 1억키로당 환산

분류	위험사건	사고 위험도	위험도 (5년평균)	사고발생 빈도	피해 심각도	등가사망	합계 사망	중상	경상
교통사상-여객	여객이 승강장 등에서 열차에 고의로 뛰어들어 치임(자살추정)	51.84	60.69	75	0.69	51.84	50	18	7
교통사상-공중	공중이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임	41.71	48.22	58	0.72	41.71	40	17	2
교통사상-공중	공중이 선로내에서 누움/서있음/앉음/열차에 뛰어들 등으로 열차에 치임(자살추정)	31	33.46	30	1.03	31	31	0	0
교통사상-여객	여객이 선로내에서 누움/서있음/앉음/열차에 뛰어들 등으로 열차에 치임(자살추정)	17.41	6.82	22	0.79	17.41	17	4	1
교통사상-공중	건널목에서 공중(통행자)이 여객 열차에 치임	3.2	2.54	5	0.64	3.2	3	2	0
건널목사고	위반진입에 의한 경보중 진입에 따른 건널목사고	3.12	1.57	13	0.24	3.12	3	1	4
교통사상-여객	여객이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임	3.1	6.44	4	0.78	3.1	3	1	0
안전사상-여객	여객이 역에서 넘어짐(승강장 제외)	2.52	1.04	28	0.09	2.52	1	14	23
안전사상-직원	직원이 낙하(비산)물에 충격	2.41	1.1	7	0.34	2.41	2	4	1
교통사상-여객	여객이 선로(차량)근접/통행하다 열차에 치이거나 접촉(승강장 안전지역 이탈)	2.3	4.65	5	0.46	2.3	2	3	0
교통사상-공중	공중이 승강장 등에서 열차에 고의로 뛰어들어 치임(자살추정)	2.1	0.82	3	0.7	2.1	2	1	0
교통사상-직원	직원이 작업중(통행 중)에 열차에 치임	2.1	3.48	3	0.7	2.1	2	1	0
안전사상-여객	여객이 승강장에서 넘어짐	1.21	0.26	5	0.24	1.21	1	2	2
건널목사고	위반진입에 의한 차단기 통과/우회 에 따른 건널목사고	1.11	2.67	3	0.37	1.11	1	1	2

Fig. 3-3. 위험도산정 정보관리시스템 화면

4. 철도사고 위험도산정 시스템 산정결과 및 적용효과 고찰

4-1. 위험도산정을 위한 효율적인 위험사건 구성 효과

'05년~'09년 사고위험도 총괄현황(표4) 및 철도사고유형별 빈도 산출(표5), 등가사망자 비율(Fig.4-1)을 통해 제시한 철도사고의 전체 위험도 산출을 보면 철도교통사상-공중의 사고위험도가 가장 높고, 그 다음은 철도교통사상-여객, 철도안전사상-직원 등의 순으로 구성되어 있다. 국내 철도사상사고의 대부분이 철도교통사고 및 철도안전사상사고 임을 알 수 있으며, '09년 기준 년 단위 주요 위험사건별 위험도산정(표6) 등을 참조하여 분석한 결과, 사고유형중 위험도가 가장 높은 철도교통사상-공중 및 철도교통사상-여객에서 실제로 위험도가 높은 위험사건이 철도교통사상(여객) 유형의 여객이 승강장 등에서 열차에 고의로 뛰어들어 치임(자살추정)임을 알 수 있다. 년 단위 및 년도별 추이를 확인함으로써 위험사건 중 우선 제어대상을 선정하는데 매우 효과적이라고 할 수 있다.

표 4. 사고위험도 총괄현황(철도구분 전체)

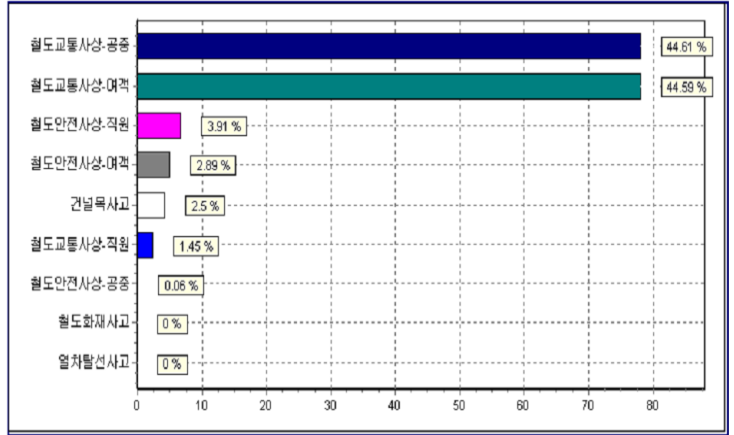
구분	평균	2009년도	2008년도	2007년도	2006년도	2005년도
사고위험도 (년 등가사망자)	199.57	174.9	176.12	206.97	205.8	234.06

제2장에서 소개된 위험사건 분류는 '09년도 사고유형별 위험도산정 값(표5) 과 '09년도 위험사건별 위험도산정 값(표6)을 비교하면 표6의 '09년도 위험사건별 위험도산정 값(생략된 위험사건을 포함하여 총 56개의 위험사건으로 제시된 위험도 산정된 값)이 정의되지 않은 기타위험사건에 위험도가 할당됨 없이 표5와 표6의 위험도 합계 값이 동일하게 산출된다는 것은 위험사건 분류가 효율적으로 구성되었다는 것을 검증한다고 할 수 있다.

표 5. '09년도 사고유형별 위험도 산정(전체)

사고유형별	사고위험도 (년간 등가사망자)	사고 발생빈도
철도교통사상-공중	78.02	97
철도교통사상-여객	77.99	128
철도안전사상-직원	6.84	75
철도안전사상-여객	5.05	42
건널목사고	4.37	20
철도교통사상-직원	2.54	13
철도안전사상-공중	0.11	2
열차탈선사고	0	3
철도화재사고	0	2
합계	174.9	382

Fig. 4-1. '09년도 사고유형별 위험도 산정(전체)



4-2. 사고이력데이터를 활용한 이력위험도 산정 효과

사상사고로 발생되지 않은 열차충돌, 탈선, 화재 등의 사고 및 사건의 위험도를 열차충돌, 탈선, 화재 사고 및 열차사고(충돌, 탈선, 화재사고 등) 시나리오와 연계된 위험사건의 이력데이터를 통해 운행장애 위험사건의 확률적인 사고진전빈도와 이력심각도를 구할 수 있다. 아래 '09년도 열차충돌 위험사건별 이력위험도 산정(표7)을 통해 이력위험도의 필요성 및 효과를 확인할 수 있다. '09년도 기준 운행장애의 해당 위험사건의 사고진전빈도를 구하여 운행장애 위험도를 산정하고, 기존의 5년평균의 이력위험도 값을 합산함으로써 당해연도에 발생하지 않은 빈도가 낮은 충돌, 탈선, 화재 등의 열차사고의 위험사건에 대해 사전에 제어 대책을 수립 할 수 있게 되었다.

표 6. '09년도 위험사건별 위험도 산정화면

분류	위험사건별 위험사건	사고 위험도	위험도 (5년평균)	사고발생 빈도	피해 심각도	합계			
						등가사망	사망	중상	경상
교통사상-여객	여객이 승강장 등에서 열차에 고의로 뛰어들어 치임(자살추정)	51.84	60.69	75	0.69	51.84	50	18	7
교통사상-공중	공중이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임	41.71	48.22	58	0.72	41.71	40	17	2
교통사상-공중	공중이 선로내에서 누움/서있음/앉음/열차에 뛰어넘 등으로 열차에 치임(자살추정)	31	33.46	30	1.03	31	31	0	0
교통사상-여객	여객이 선로내에서 누움/서있음/앉음/열차에 뛰어넘 등으로 열차에 치임(자살추정)	17.41	6.82	22	0.79	17.41	17	4	1
교통사상-공중	건널목에서 공중(통행자)이 여객 열차에 치임.	3.2	2.54	5	0.64	3.2	3	2	0
건널목사고	위반침입에 의한 경보종 진입에 따른 건널목사고	3.12	1.57	13	0.24	3.12	3	1	4
교통사상-여객	여객이 선로무단침입(통행)하여 열차에 치임	3.1	6.44	4	0.78	3.1	3	1	0
안전사상-여객	여객이 역에서 넘어짐(승강장 제외)	2.52	1.04	28	0.09	2.52	1	14	23
안전사상-직원	직원이 낙하(비산)물에 충격	2.41	1.1	7	0.34	2.41	2	4	1
교통사상-여객	위험사건 중략 /통행하다 승강장 안	2.3	4.65	5	0.46	2.3	2	3	0
안전사상-공중	공중이 역사 외부 시설물/장소 등에서 추락(뛰어내림)	0.01	0.22	1	0.01	0.01	0	0	2
열차탈선사고	열차분리의 원인으로 열차이상이 발생하여 열차탈선	0	0	1	0	0	0	0	0
열차탈선사고	차량-궤도 인터페이스 부적합 등 하중분포에 따른 열차탈선	0	0	2	0	0	0	0	0
건널목사고	보판이탈로 건널목 감힘에 따른 건널목사고	0	0.24	1	0	0	0	0	0
화재사고	역사, 기계실, 터널 등의 철도시설 화재	0	0	2	0	0	0	0	0
합계		174.9	193.12	382	0.46	174.9	161	134	100

[등가사망 기준 : 1사망 = 10중상, 1사망 = 200경상]

표 7. '09년도 열차충돌 위험사건별 이력위험도 산정

위험사건 분류	위험사건명	이력위험도	5년평균 사고위험도	운행장애 이력위험도	이력사고 발생빈도	사고진전 빈도	이력 심각도	등가사망 합계
열차충돌	신호/지시취급 결함의 원인으로 운전취급결함이 발생하여 열차충돌	0.0323	0.02	0.0123	0.6	0.37	0.0333	0.02
열차충돌	외부장애물(차량부품/시설 제외) 등 선로상의 장애물에 따른 열차충돌	0.0114	0.006	0.0054	0.8	0.72	0.0075	0.006
열차충돌	폐색(궤도회로)결함의 원인으로 진로구성결함이 발생하여 열차충돌	0.0074	0.004	0.0034	0.2	0.17	0.02	0.004
합계		0.0511	0.03	0.0211	1.6	1.26	0.0187	0.03

5. 결론

본 연구에서는 철도운영현장에서 발생하는 철도사상사고에 대한 2001~2009년간 데이터(약 9000건) 분석 및 영국 RSSB의 사례, 철도안전 R&D 사업 성과물, 국내 사고분류·정보 등을 통해 위험사건 등의 위험목록 분류 방안 및 위험도산정 기준을 제시하였으며, 기준을 통해 산정된 위험도의 효과성 및 활용성을 검증하기 위해 2005~2009년 사고 데이터를 활용하여 사고유형별 및 위험사건별 등의 당해연도 및 이력위험도를 산정하고 분석하여 적용된 위험사건 등이 효율적으로 구성되어 사고예방 조치 및 제어 우선순위 선정에 효과적임과 사고이력정보를 통해 운행장애 위험도가 이력위험도 값에 포함되어 당해연도에 발생하지 않은 빈도가 낮은 충돌, 탈선, 화재 등의 열차사고에 대한 이력위험도가 산정되어 해당 위험도를 낮추기 위한 철도사고 안전활동 및 대책 강구의 당위성을 제공하게 되었다.

철도안전법 제71조(철도안전정보종합관리 등)을 근거로 '09년~'11년도에 수행중인 철도안전정보종합관리시스템 구축관련 위탁사업이 성공적으로 진행되고 있으며, 위험도산정 전산 시스템 구축사업으로 '09~'10년도에 국가철도사고기반의 위험도평가 전문 소프트웨어 개발 및 시스템이 구축완료 되어, 국가에 공식적으로 집계되는 사고보고 정보에 등가사망 기준을 적용함으로써 국가 및 철도운영기관에 일원화된 위험도 산정 및 관리를 가능케 하였으며, 철도사고로 발전할 수 있는 운행장애에 대한 위험도산정이 가능하게 되어 사전에 예방 할 수 있게 되었다. '11년도에는 국가종합위험도(F-N커브) 및 년도별 이력위험도추이, 리스크매트릭스, 리스크프로파일 등의 기능을 확장할 예정이다.

향후, 본 논문의 “철도종합안전관리시스템의 위험도산정 소프트웨어 및 시스템”관련 위험목록 및 위험도 산정기준, 개발 소프트웨어, 개발환경 등은 철도운영기관의 운영기관레벨의 위험도산정 시스템 구축 시 많은 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Risk Profile Bulletin(Issue5.5) of safety risk on UK Mainline
2. Engineering Safety Management(The Yellow Book) Fundamental and Guidance(Issue 4), published by Rail Safety and Standards Board on behalf of the UK rail industry
3. Lloyd's Register (2008), Engineering Safety Management Engineer's Overview
4. 왕종배 외 11인 (2009), “철도사고 위험도분석 및 평가체계구축 보고서”
5. 박찬우 (2006), “철도 위험도평가 전산시스템(RAIMS)의 설계 및 개발에 관한 연구”
6. 박찬우 (2006), “웹기반 철도 위험도평가 사고분석 프로그램 개발에 관한 연구”