

# 철도안전관리시스템을 위한 데이터통합 연구

## A Study on Data Integration for Railway Safety Management System

홍순흠†                      노희민\*                      김영훈\*\*                      김경희\*\*  
Soon-Heum Hong            Heemin Noh                  Young-Hoon Kim              Kyung-Hee Kim

---

### ABSTRACT

Railway safety management information systems are now being developed by various railway related organizations. A large number of railway safety related data were gathered from railway operators, railway infrastructure manager and railway intendance, etc. The meaning of these data can easily be defined by each organization or developer with little regard for reusing of data by others.

Until the present, the main efforts for data management focused on classifying the railway safety data by subject for the developer's convenience and how to combine these data each other is not interested in. In this study, data integration is considered from the viewpoint of combining them semantically in order to get more useful information from partially informed data of multi agencies.

### 1. 서론

한국철도가 100년 이상을 운영되어 오면서 철도안전은 지속적으로 발전되어 왔다. 2004년 KTX의 도입으로 한국철도에는 큰 변화가 있었다. 철도산업구조개혁이 실시됨에 따라 철도시설관리자와 철도운영자가 분리되고 철도관리의 주체는 국가가 되었다. 이에 따라 철도안전관리의 주체도 국가, 철도시설관리자 및 철도운영자로 나누어지게 되어 변화에 적합한 새로운 안전관리체계가 수립되고 있으며, 안전과 관련된 연구와 안전관리를 지원하는 철도안전정보 종합시스템의 구축이 진행중에 있다.

철도안전관리체계연구와 철도안전정보시스템의 구축이 진행됨에 따라 철도운영자, 철도시설관리자 및 철도관리청 등으로부터 많은 데이터가 수집되고 있다. 그러나 이들 철도안전데이터는 시스템 개발자 또는 해당 기관에 의하여 데이터의 의미가 쉽게 정의되고 있으며 다른 관련 사용자의 데이터 재사용을 위한 고려는 부족한 것이 현실이다.

지금까지 철도안전관련 데이터의 관리에 대한 노력은 주로 개발자의 편의를 위하여 데이터를 어떻게 분류할 것인가에 집중되어 왔으며 이러한 데이터를 어떻게 연계하여 사용할 것인가에 대한 연구는 관심을 크게 받지 못하고 있다. 본 연구에서는 철도안전관리를 위한 데이터를 효과적으로, 특히 의미론적으로 결합한다는 관점에서 데이터를 어떻게 통합할 수 있을 것인가에 대한 기초적인 고려사항 제시한다.

### 2. 본론

#### 2.1 철도안전관리체계

우리나라의 철도안전관리체계는 철도안전법에 의하여 국토해양부장관이 철도안전종합계획수립 등을 통하여 총괄적인 안전관리를 수행하도록 되어 있다. 철도안전종합계획에 따라 철도운영자 등은 연차별 시행계획, 안전관리규정, 비상대응계획을 수립하고, 국토부는 종합안전심사, 종사자의 교육, 품질인증, 차량 및 시설의 안전관리, 철도안전정보의 종합관리 및 보급 등의 업무를 통하여 철도안전관리를 수행

---

† 정회원, 한국철도기술연구원, 철도운영, 책임연구원  
E-mail : shong@krri.re.kr  
TEL : (031)460-5481  
\* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도안전, 주임연구원  
\*\* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도안전, 선임연구원

한다. 철도안전관리체계와 관련된 법령 등은 표 1과 같다.[1]

표 1. 철도안전관련 법령

철도 안전 법	철도차량운전규칙		
	철도시설안전기준에관한규칙		철도시설안전세부기준
	철도차량안전기준에관한규칙		철도차량안전기준에관한지침
	철도안전법 시행령	철도안전법 시행규칙	철도용품품질인증시행지침
			철도차량성능시험시행지침
			철도차량운전면허응시자및철도종사자적성검사시행지침
			철도표준규격관리시행지침
			철도차량정밀진단시행지침
			철도비상대응계획수립에관한지침
			철도사고보고및조사에관한지침
			철도차량제작검사시행지침
			철도종합운행시행지침
			철도종사들에관한교육훈련시행지침
	철도종합안전심사및평가운영지침		
위험물철도운송규칙			

안전관리체계에 따라 교통안전공단은 국토부장관의 위임을 받아 철도안전종합심사, 철도종사자 안전 관리 업무를 수행하고 있으며, 국토해양부는 철도종합안전기술을 개발하고 있다.

철도안전법에서 정의된 철도안전관리체계에서의 주요 이해당사자로는 관리청인 국토해양부, 교통안전공단, 철도시설관리자, 철도운영자, 철도시설 및 용품의 제작자, 연구기관 등이 있다.

### 2.1.1 철도안전관리체계 및 안전관리정보시스템 검토

현재 국내에서 운영 중이거나 구축중인 철도안전관리체계 및 정보시스템은 국토해양부의 철도안전정보포털<sup>1)</sup>, 교통안전공단의 철도안전정보 종합관리시스템<sup>2)</sup>, 철도사고 위험 표준분류 모델 개발, 철도 위험도평가 프로그램 개발, 철도 안전성평가 프로그램개발 등이 있다.

- 철도안전정보 종합관리시스템 개발
 

철도안전법시행령 제63조의 규정에 의하여 구축되는 정보시스템으로 철도안전정보의 종합관리를 통한 철도사고 예방 및 철도안전정책의 효율적 추진을 목표로 철도안전포털, 철도안전 업무관리시스템, 철도안전정책지원분석 시스템, 교육시스템 및 철도안전정보DB로 구성되어 있다.[2]
- 철도사고 위험 표준분류 모델 개발
- 철도 위험도평가 프로그램 개발 (Railway Risk Information Management System)
 

철도위험도 분석 및 평가체계 구축을 위한 핵심 전산지원도구로서 철도사고 위험원 목록의 생성 및 관리, 철도사고 유형별(충돌/탈선/화재/건널목) 위험도평가 및 안전관리지수 산정, 안전대책의 비용-효과 분석을 수행하는데 적용할 수 있는 철도의 고유특성을 감안한 위험도 평가용 전산모듈을 개발한다.[3]
- 철도 안전성평가 프로그램 개발
 

안전요구사항의 적합성을 확인 검증하는 방법으로서 전문가확인에 의한 방법론이 개발되어지고 있으며 이를 철도시스템 안전성 검증 및 인증 모델을 사용하여 평가프로그램을 개발한다.[4]

1) <http://www.railsafety.or.kr/>

2) <http://www.ts2020.kr/>

철도안전정보 종합관리시스템은 철도사고 등의 보고에 관한 지침(국토해양부 고시 제2009-637호)에 제시된 주요 목적을 달성하기 위한 철도사고통계분석시스템을 가지고 있다. 철도사고보고지침의 주요 목적은 다음과 같다.[5]

- 철도시스템의 위험요인(Hazard & Risk)을 정확하게 분석하여 정책에 반영하기 위한 사고분석 및 통계관리 기준을 마련한다.
- 현재 사고보고의 분류체계가 사고중심으로 구성되어 있어, 사고현황에 대한 분석은 용이하나 사고 원인에 대한 분석이 불가하여, 사고현황 뿐만 아니라 사고원인에 대한 분석이 가능한 분류체계로 재구성한다.
- 사고의 직간접적인 원인뿐만 아니라 사고발생 과정과 사고대상자의 행동패턴 등 철도시스템 전반적인 관점에서 사고를 이해하고 분석하여 예방대책을 수립한다.

이를 지원하기 위하여 철도사고통계분석시스템을 이용하여 사고현황 관리, 원인분석, 안전정책지원에 필요한 정확한 분석을 실시 할 수 있도록 하고 정확한 사고보고를 통해 정확한 분석을 실시하고 이 결과를 바탕으로 효율적인 사고예방 및 철도안전에 기여할 수 있도록 하고 있다.

사고통계분석시스템은 철도안전정보 종합관리시스템에 속해 있으며, 철도안전정보 종합관리시스템은 철도안전관리의 최상위 목표를 달성하는 것이 가장 중요하기 때문에 전체 철도안전체계를 볼 수 있는 정보들을 주로 다루고 있다. 따라서 사고통계분석시스템의 사용자별 활용방안을 보면 각 사용자별로 사고 자료를 사용하는 용도의 깊이와 영역에 차이가 큰 것을 알 수 있다.

표 2. 사고통계분석시스템의 사용자별 활용방안

사용자	활용(운영)방안
국토해양부	월별/분기별/운영기관별 사고정보 통계현황 조회
	원인분석 등을 통한 안전증진을 위한 투자 및 개선방안 도출 시 적용
	철도사고, 장애 정보의 원인분석을 통한 안전대책 수립활용
	사고정보의 체계적 관리로 실효성 있는 안전정책 개발에 활용
철도운영기관	철도사고, 장애에 대한 월별/분기별 정보 등록 및 조회
	철도사고, 장애정보의 원인분석을 통한 안전계획 수립
	각 운영기관간 철도사고 내용 및 조치결과에 대한 정보공유
교통안전공단	사고 및 장애 통계정보의 자동관리
	통계분석 전문가를 통한 철도사고 원인분석, 추이분석, 위험요인분석 및 분석 정보 제공
연구기관	새로운 기법의 철도사고 원인분석 및 안정성 원가 등의 연구개발의 기초자료로 활용

[교통안전공단 철도사고통계분석시스템 사용자 매뉴얼, 2008]

철도사고 위험 표준분류 모델과 철도 위험도평가 프로그램은 이와는 대조적으로 철도시스템의 위험요인(Hazard & Risk)을 정확하게 분석하여 정책에 반영하기 위한 미시적 분석이 가능하도록 설계되어 있다. 철도 안전성평가 프로그램은 철도안전성 요구조건을 만족하는 지 전문가가 쉽게 평가할 수 있도록 지원할 수 있도록 철도안전규정 및 지식에 대한 정보제공 기능이 포함되어 있다.

### 2.1.2 철도안전관리체계의 특징 검토

표1의 철도안전과 관련된 법령을 통해서 유추할 수 있는 바와 같이 철도안전관리체계는 철도시스템, 안전대책, 종사원의 교육훈련, 비상대응체계 등과 같은 많은 세부시스템으로 구성되어 있으며, 여기에 관련된 이해관계자가 다양하다는 특징을 가지고 있다.

각 이해관계기관이 가진 정보시스템은 안전과 관련된 정보를 각각 정의하고 생산하며 유지보수를 하고 있다. 이러한 시스템들을 철도안전관리체계의 서브시스템으로 간주할 수 있으며 철도안전관리체계는 이러한 서브시스템들이 밀접한 관계를 가지고 서로 상호작용하는 체계로 볼 수 있다.

상호작용하는 서브시스템을 가진 체계는 많은 공통적인 특성을 가지게 되는데 철도안전관리체계 역시

체계를 구축하고 운영, 유지할 때 이러한 특성을 나타낸다. 이 경우 이를 잘 통제 조정하여 역동적인 변화에 대응할 수 있는 체계로 유지발전시켜나가야 한다.

첫째로 일반적으로 체계는 어느 정도의 성장과 발전을 위한 변화는 비교적 쉽게 수용하지만 일정수준의 안정성을 유지하려고 하기 때문에 갑작스런 변화는 거부하는 경향이 강하다. 새로운 기술을 도입하면 지금까지 기존의 조직에 효율적이던 기술이 비효율적이 된다. 이것은 체계가 기술적 체계와 상호작용하는 개인 또는 기술을 사용하는 사회적 체계로 보지 않고 기술적 체계와 사회적 체계가 동시에 존재하는 체계로 볼 수 있기 때문이다.[6]

현재 한국철도는 제도적, 기술적 면에서 급격한 변화를 경험하고 있다. 제도적으로는 철도산업구조개혁에 따른 철도시설관리와 철도운영의 분리가 가장 큰 변화로 인식되고 있다. 특히 열차운행분야의 안전에 큰 역할을 하는 관제체계의 변화에 따라 철도업무종사자의 안전인식에도 이에 상응하는 변화가 예상된다. 기술적인 면에서는 KTX의 도입과 같은 열차의 고속화를 들 수 있다.

무엇보다도 가장 큰 변화는 안전관리체계 자체의 변화이다. 국가, 철도시설관리자, 철도운영자 및 철도시설제작자 등으로 안전관리의 주체가 다양해지고 철도운영자의 입장에서는 수익과 안전을 동시에 추구해야 하는 상황이 되었다. 예상되는 변화로는 철도시설, 철도차량, 신호시스템 고장 등 하드웨어 중심의 안전관리에서 앞으로는 인적오류, 교육훈련 등 인간과 관련된 안전관리의 중요성이 더욱 커질 것이다.

둘째로 체계가 외부환경의 변화에 대응하여 긍정적인 방향으로 발전하기 위해서는 유연하게 그 구조를 변경할 수 있는 개방체계를 갖출 필요가 있다.

철도안전관리체계에 속한 서브시스템들은 관련된 기관 또는 체계에 의하여 각각의 특징을 가지게 되며 추구하는 목적에 따라 이 관행적으로 결정된 많은 고정적인 방식이 존재한다. 많은 체계에서 이를 해결하기 위한 방법으로 중앙집중화와 표준화에 의하여 체계를 강제하게 된다. 이 경우 중심이 되는 서브시스템과 연계되는 시스템간의 위계, 정보교환체계 등이 경직되어 유연한 구조를 가지기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위한 최근의 경향중의 하나는 각 서브시스템간의 주종관계가 없는 자율분산체계를 취하는 것이다.

셋째로 체계를 구성하고 있는 요소간의 상호작용이 매우 복잡하여 특정 구성요소만의 문제와 체계전체의 문제가 서로 다를 수가 있으며 특정 상태에서는 구성요소의 특징과 전혀 다른 현상을 보일 수 있다.

철도안전체계를 구성하는 요소로는 철도시스템, 복수의 운영자, 자동화시스템의 등장 등으로 다양한 특성을 가진 서브시스템으로 구성되어 있다. 특히 위험원, 위험사건, 안전대책, 사고유형 등 복잡한 요소를 동반하게 되어 전체시스템 성능을 파악하기 어렵다. 현재까지는 복잡한 모델을 피하기 위하여 위험원과 위험사건 그리고 사건과의 관계를 통하여 그 인과를 분석하는 방법을 주로 사용함으로써 분석대상을 단순화하여 결정적인 해를 구하는데 노력하였다.

이러한 방법은 반드시 해를 구하는 장점은 있지만 지금까지 일어나지 않았던 사고를 예측할 수 있는 모델이 되기는 어렵다. 그러므로 철도안전법에서 추구하는 목적을 달성하기 위해서는 철도시스템 또는 제도의 변화가 사고에 어떤 영향을 미치고 사소한 변화가 큰 사고로 이어지는 메커니즘을 밝힐 수 있는 모델을 필요로 하게 된다.

## 2.2 철도안전데이터 연계방안

위에서 제시한 특성검토를 통하여 효율적인 철도안전관리체계를 구축하기 위해서는 이러한 서브시스템들을 유기적으로 엮을 방안이 필요하다. 그 방안의 하나로서 공동으로 사용하는 데이터간의 연계를 통하여 여러 철도안전관리체계를 구성하는 서브시스템들간의 인터페이스를 구성하는 것이다. 여기서는 현재의 철도안전데이터의 구성체계를 검토하고 데이터 연계를 위한 요구사항 및 사례를 통하여 연계방안에 대한 고려사항을 제시한다.

### 2.2.1 현재 철도안전데이터의 구성(체계)

철도안전관련데이터는 국가철도안전정책에 사용을 주목적으로 하는 데이터와 철도안전성 평가 및 인증, 연구 등에 필요한 데이터로 구분할 수 있다. 현재의 철도안전관리 데이터는 현재 진행 중인 두 가지 큰 프로젝트에서는 각각 비교적 체계적으로 구축되어 있다.

우선 철도안전법과 관련된 법령 또는 지침에서는 주로 철도안전관리의 지표설정, 철도사고보고체계, 철도사고 추이분석 등의 업무에 필요한 데이터를 규정하고 있다. 이들은 주로 거시적인 목적의 데이터로 철도안전법 등에서 정의되어 있다. 예를 들면 철도사고 등의 보고에 관한 지침(국토해양부 고시 제2009-637호)에 의하면 철도사고(열차사고, 철도교통사고)를 7가지로 구분하여 정의하고, 철도사고에 해당하지 않는 운행 장애를 위험사건과 지연운행으로 구분하여 정의하고 있다. 이 외에 사고현장상황, 사고발생원, 철도사고분류기준 등을 구체적으로 정의하고 있으며 철도사고통계보고를 위한 사고분류도 정의하고 있다.

일례로 사고통계분석시스템의 분석프로세스 단계별 주요 처리내용을 보면 표 3과 같다.

표 3. 철도사고통계분석 프로세스의 단계별 주요내용

분석 프로세스	분석 단계별 주요내용
사고장애정보등록	철도사고에 대한 사고정보 및 장애정보를 등록
보고서 생성	등록된 사고장애정보를 활용하여 월/분기/연간 등 정기적으로 보고하는 정형화된 통계보고서 생성을 통한 보고서 다운로드, 조회 및 출력
사고현황통계	각 분류별 사고 및 원인의 발생 현황 분석을 실시 분류 : 총괄, 기간, 사고유형, 사고원인, 철도구분, 운영기관, 물적/인적피해 등
철도사고 추이분석	각 분류별 사고발생 추이분석을 실시 분류 : 사고원인, 사고유형, 운영기관, 사고장애, 물적/인적 피해 등 현황분석과 추이분석의 결과를 활용하여 사고에 영향을 주는 주원인 및 근본원인 팩터 탐색

철도사고의 원인분석, 위험도 평가, 안전대책 수립 등을 위한 미시적인 철도안전데이터는 주로 철도사고 위험 표준분류 모델 및 철도 위험도평가 체계개발에 정의된 것으로 아직 표준화 등의 절차에 의한 것은 아니다.

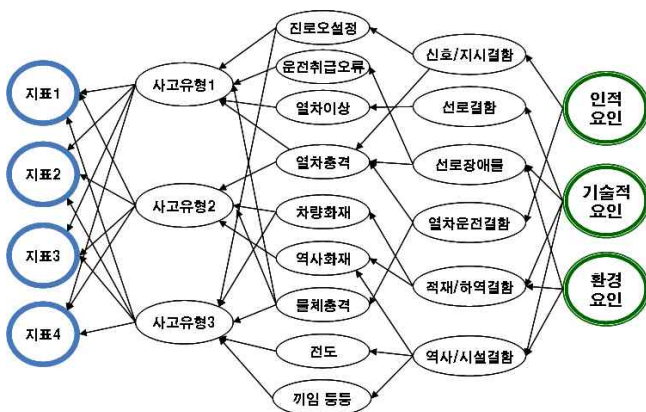


그림 2. 철도사고와 원인과의 관계 [박영수, 2008]

이러한 데이터는 철도안전과 관련하여 가장 기본적인 데이터로 그림X는 철도사고의 위험원, 위험사건과 관련된 용어의 정의 및 인과관계의 사례이다.

### 2.2.2 데이터 연계를 위한 요구사항

여러 철도안전관련기관에서 생산하는 데이터는 다음의 요구사항이 만족할 수 있도록 연계 전략이 수립되어야 한다.

- 철도사고는 개별적인 철도하부시스템의 고장 뿐만 아니라 하부시스템간 상호작용에 의하여 예측하기 어려운 사고가 발생한다. 데이터 연계 방향은 관련서브시스템의 정보를 연계

하여 이러한 사고의 발생을 예측할 수 있는 가능성을 가져야 한다.

- 철도안전관리체계의 각 서브시스템 및 구성요소간 상태변화를 수용할 수 있는 데이터 체계로 전

체 시스템의 상태를 예측할 수 있어야 한다. 각 서브시스템간, 구성요소간의 관계뿐만 아니라 데이터간의 의미적인 연결이 가능해야 한다. 점진적으로 발견된 안전지식을 축적하고 이들로부터 새로운 안전지식을 추론할 수 있어야 한다.

- 안전체계의 변화에 따르는 제도적 변화를 수용할 수 있어야 한다. 철도안전관리업무는 일시에 모든 시스템을 정의함으로써 완벽하게 문제를 해결하는 방법은 어렵다. 또한 철도안전과 관련된 기술, 제도 및 사례 등 안전체계가 외부가 지속적으로 변하므로 철도안전관리체계를 운용하면서 지속적으로 안전관련 사례를 통하여 관련지식을 제거하거나 편입할 수 있어야 한다.
- 중앙집중화 및 과도한 표준화를 지양하고 각 서브시스템의 자율성을 최대한 보장하면서도 전체적인 효율을 가질 수 있어야 한다. 철도안전과 관련된 데이터는 집중적으로 관리되어야 할 필요가 있으나 실제 데이터의 생산은 시간적 공간적으로 분산되어 생산된다. 흔히 이를 해결하는 방안으로 데이터 표준화으로써 데이터의 연계를 강제하고 있으나 표준화가 과도하면 유용한 정보의 생산이 생산단계에서부터 차단될 우려가 많이 발생한다. 데이터연계방안은 이를 해결할 수 있어야 한다.
- 최근의 정보처리기술을 활용하여 원천자료(사고조사보고서 등)로부터 새로운 형태의 철도안전지식을 자동으로 축적할 수 있는데 용이한 방향을 제시해야 한다.

데이터연계의 사례로 여기서는 철도안전성 인증 및 검증에서 평가자(주로 독립안전성 평가자)의 평가를 지원하기 위한 기능을 구현하기 위한 사례를 보인다. 종합안전심사에서와 마찬가지로 평가자는 수많은 거시적/미시적 수준의 체크리스트를 통하여 요구조건을 만족하는가를 판단하게 된다. 이 경우 평가자는 철도시스템, 철도안전과 관련된 많은 지식을 필요로 하기 때문에 정보시스템에 체계적으로 정리된 DB나 문서를 이용하여 지식을 검색하게 되고 이 때 만족할 만한 지식데이터가 준비되어 있어야 한다.

평가자가 어떤 안전대책에 문제가 있는 경우 그 영향 또는 역으로 그 안전대책이 필요한 이유 등을 검색할 필요가 있다. 예를 들면 “탈선방지 가이드 레일이 설치되어야 한다.” 라는 안전대책이 어떤 위험원을 방지하기 위한 것이며 또 어떤 그 효과가 어떠한 것인지에 대한 질문이 필요한 경우가 발생한다.

철도안전성 평가 프로그램 개발연구에서는 가장 기본이 되는 데이터로 그림 2와 같이 이미 도출된 인과관계를 지식화하여 이러한 질문에 답할 수 있는 지원시스템을 연구하고 있다. 여기서 사용한 방식은 데이터들을 의미론적으로 연결될 수 있도록 구성하는 것으로 철도안전과 관련된 지식을 룰로 연결하여 필요한 새로운 지식을 추론하는 방식을 사용한다.

간단한 예로 위험원(“선로전환취급오류”)은 위험사건(“진로오설정”)의 원인이 되고 이는 다시 철도사고(“열차충돌”)를 야기한다는 사전 입력된 지식과 사례로부터 “열차충돌”을 야기하는 위험원을 추론할 수 있다. 여기에 안전대책(“대피측선설치” 또는 “자동정지기능”)이 위험사건(“진로오설정”)의 진행을 막을 수 있다는 지식이 추가되면 “대피측선설치”가 “열차충돌”의 방지책의 하나가 될 수 있음을 추론할 수 있다.

### 3. 결론 및 향후 연구방향

철도안전관리와 관련된 여러 이해당사자 또는 정보시스템 간을 연결하는 것은 안전관리에 사용되는 안전데이터이다. 여러 이해당사자는 각각 다른 용도, 다른 깊이로 정보를 제공하고 요구하기 때문에 사용자간, 시스템간 용어의 의미와 역할에 대하여 사전에 충분히 통일을 할 필요가 있다.

현재 철도안전과 관련된 모든 시스템을 전산화할 수가 없으며 최근의 경향을 따르자면 과도한 표준화는 각 사용자의 입장에서 보면 불필요한 업무를 유발하게 될 가능성이 높다. 특히 정보의 생산자와 수익자가 다른 경우 정보의 질을 보장하기 어려운 점이 발생한다.

흔히 체계 또는 시스템은 “공통의 목표나 기능을 달성하기 위하여 상호작용하는 요소 또는 실체들로 구성된 집합체”로 정의된다. 철도안전관리체계도 철도관리청, 철도운영자만 관여된 것이 아니라 철도시설제작자, 운영자, 철도업무종사자, 고객 및 공중이 참여하는 복합적인 체계로 볼 수 있다.

철도안전관리체계를 상호작용하는 구성요소의 총체로 봄으로써 개별 구성요소의 성질뿐만 아니라 전

체로서의 특징을 쉽게 파악할 수 있다. 그 결과 철도안전체계의 구성요소가 각각 자신만의 문제를 보고 있더라도 전체적인 조화를 이루어나갈 수 체계가 구축될 수 있다.

이러한 연구향후 연구는 완벽한 안전방벽하에서 발생하는 철도사고를 여러기관 및 시스템이 어우러진 철도안전관리체계의 복잡성으로 인하여 발생하는 창발현상으로 해석할 수 있는 방안을 DUSR지 않을까?

철도사고방지 또는 안전관리활동에 대하여 통계적인 수치를 집계하고 정해진 분류대로 원인을 분류하는 것은 현재 국가에서 개발중인 시스템으로 훌륭히 일을 처리할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 교통공단, 철도안전종합심사가이드, 2010
2. 국토해양부, 철도안전정보 종합관리시스템 구축사업 3차 중간보고회 발표자료, 2009
3. 한국철도기술연구원, 철도사고 위험도분석 및 평가체계 구축 (Part. 1), 2009
4. 한국철도기술연구원, 철도사고 위험도분석 및 평가체계 구축 (Part. 2), 2009
5. 교통안전공단, 사고통계분석시스템 입력 매뉴얼, 2008
6. <http://www.dln.org.uk/implcons.html>