

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.1.403

JCCT 2024-1-47

인공지능(AI) 기반 통합 공정안전관리 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of integrated Process Safety Management System based on Artificial Intelligence (AI)

이경현*, 백락준**, 김우수***, 최희정***

KyungHyun Lee*, RackJune Baek**, WooSu Kim***, HeeJeong Choi***

요약 본 논문에서는 산업안전보건법에 따라 유해·위험 설비 사업자가 제출하여 공정안전관리 전담기관으로부터 승인 받은 공정안전보고서의 데이터를 기반으로 사업장 안전성 향상을 위한 인공지능 통합 공정안전관리(PSM) 시스템 설계 위한 가이드라인을 제안하였다. 제안된 가이드라인으로 구성되는 시스템은 단일사업장 또는 다수의 사업장을 운영하는 사업자와 공정안전관리 전담기관에 각각 구축하며, 데이터 수집·전처리, 확장 및 분할, 레이블링, 학습 데이터 셋 구축 등의 주요 구성 요소와 단계로 구성하였다. 각 공정에서 발생하는 공정 운영 데이터 및 변경 허가 승인 데이터의 수집이 가능하며, 사업장 운영에서 발생하는 모든 데이터의 분석을 통해 잠재적인 고장 예측 및 유지보수 계획을 수립하여, 공정 운전 상황에서의 의사 결정 지원이 가능하다. 또한, 정확하고 신뢰할 수 있는 학습 데이터, 특화된 데이터 셋을 이용하여 시간 및 비용 절감, 인적 오류를 포함한 다양한 위험 요소 감지와 예측, 지속적인 모델 개선 등에 유용성과 효과를 갖으며, 이를 통해 작업장 안전성 향상 및 사고 예방이 가능하다.

주요어 : 공정안전보고서, 공정안전관리, 인공지능, 학습 데이터 셋

Abstract In this paper, the guidelines for the design of an Artificial Intelligence(AI) based Integrated Process Safety Management(PSM) system to enhance workplace safety using data from process safety reports submitted by hazardous and risky facility operators in accordance with the Occupational Safety and Health Act is proposed. The system composed of the proposed guidelines is to be implemented separately by individual facility operators and specialized process safety management agencies for single or multiple workplaces. It is structured with key components and stages, including data collection and preprocessing, expansion and segmentation, labeling, and the construction of training datasets. It enables the collection of process operation data and change approval data from various processes, allowing potential fault prediction and maintenance planning through the analysis of all data generated in workplace operations, thereby supporting decision-making during process operation. Moreover, it offers utility and effectiveness in time and cost savings, detection and prediction of various risk factors, including human errors, and continuous model improvement through the use of accurate and reliable training data and specialized datasets. Through this approach, it becomes possible to enhance workplace safety and prevent accidents.

Key words :Process Safety Report, Process Safety Management (PSM), Artificial Intelligence, Training Datasets

*정회원, 한국공학대학교 IT반도체융합공학과 박사과정 (제1저자)Received: October 15, 2023 / Revised: November 7, 2023

**정회원, 가톨릭관동대학교 책임연구원 (공동저자) Accepted: November 10, 2023

정회원, 한국공학대학교 융합기술에너지 대학원 교수 (교신저자)*Corresponding Author: kws@tukorea.ac.kr;

****정회원, 가톨릭관동대학교 바이오메디컬전공 교수 (교신저자) hjchoi@cku.ac.kr

접수일: 2023년 10월 15일, 수정완료일: 2023년 11월 7일

게재확정일: 2023년 11월 10일

Graduate school of Convergence Technology and Energy
Tech Univ of Korea
Department of Biomedical Science, Catholic Kwandong
University

1. 서론

1940년대 이후 중화학공업이 발전하면서 대형화학사고로 인한 인명 피해와 환경 파괴는 전 세계적으로 중대한 문제로 부상하였으며, 플릭스보로우(Flixborough), 세베소(Seveso), 보팔(Bhopal) 등의 사례로 인해 대형화학사고로 인한 위험성과 그로 인한 사회적 영향이 크게 나타나고 있다.

이에 따라 중대 산업안전사고의 예방이 중요한 과제로 부각되었으며, 이러한 필요성을 반영하여 여러 국가 및 국제기구에서 관련 규정을 마련하였다. 1982년 세베소 규정과 1993년 ILO(International Labour Organization)에서 제정한 C-174 중대 산업 사고 예방 규정은 이러한 노력의 일환으로, 다양한 국가에서 적용되고 있다.

국내에서도 1989년 여수산단 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) 압출기 폭발 사고, 1991년 군산 TDA(Toluenediamine) 누출 사고, 1994년 여천 독가스 누출 사고 등 많은 중대 산업 사고가 계속 발생하자 1996년 연구와 시범사업을 통해 공정안전관리(PSM, Process Safety Management)체도를 도입하여 안전관리의 체계화를 시도하였다.

현재 공정안전관리 제도는 산업안전보건법 시행령 제33조의 6(공정안전보고서의 제출 대상)에 해당하는 대상 업종 사업장 또는 동 시행령 [별표 10]에서 규정하고 있는 유해·위험물질 중 하나 이상을 규정량 이상 제조·취급·저장하는 사업장에서 공정안전보고서의 작성 및 제출을 규정 [1]하여, 유해·위험물질을 다루는 사업장의 안전을 강화하고자 하고 있다.

안전보건관리공단은 사업장에서 제출하는 공정안전보고서 심사·확인을 통해 공정안전관리를 하고 있지만 <표 1> 산업재해 사고·사망자 수 통계를 보면 2021년부터 다시 사고·사망 재해자 수는 증가하고 있다.

표 1. 산업재해 사고·사망자 수 [2]

Table 1. Occupational Accident Incidents and Fatalities

연도	사고 재해자 수 (명)	사고 재해율 (%)	사고 사망자 수 (명)	사고·사망 만인율 (‰)
2018	90,832	0.48	971	0.51
2019	94,047	0.5	855	0.46
2020	92,383	0.49	882	0.46
2021	102,278	0.53	828	0.43
2022	107,214	0.53	874	0.43

국가와 산업체에서 공정안전관리를 시행하고 있음에

도 불구하고 매년 수많은 산업재해가 발생하고 있는 상황에서, 공정안전관리 제도의 다음과 같은 문제점들이 드러나고 있다.

▶ 인간은 정보 처리와 분석에 제한이 있으며, 대규모 데이터를 신속하고 정확하게 분석하여 위험을 감지하고 예방하기는 어려울 수 있다. 인간의 주관적인 판단과 주의력 부족, 정보의 부족 등으로 인해 중대한 위험 요소를 놓치거나 신속한 대응이 어려울 수 있다.

▶ 인간의 판단은 주관적이며 일관성이 부족할 수 있다. 서로 다른 사람들이 같은 상황을 평가하더라도 결과는 달라질 수 있다. 또한, 인간은 오랜 시간 동안 높은 집중력을 유지하기 어렵고, 과정의 반복이나 장기적인 데이터 분석에 대한 효율성도 떨어질 수 있다.

▶ 유해 위험 공정안전은 다양한 데이터 소스와 복잡한 패턴을 포함하는 경우가 많다. 인간은 이러한 데이터를 분석하고 예측하는 능력이 제한되어 있다. 복잡한 데이터의 관계와 트렌드를 파악하고 효과적인 예측을 수행하는 데 제한이 있을 수 있다.

▶ 유해 위험 공정안전은 실시간 모니터링이 중요하지만, 인간이 모든 공정과 위험 요소를 실시간으로 모니터링하는 것은 어렵고 비효율적이다. 따라서 중대한 위험 상태가 발생하기 전까지 문제를 감지하기 어렵거나 대응이 늦어질 수 있다.

위에서 언급한 문제점들은 모두 공정안전관리 체도를 운용하는 데 의사 결정의 인적 오류와 관련이 있으며, 이를 극복하기 위해 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, 공정안전관리의 디지털 플랫폼화를 위한 연구가 많이 진행되었다.

김영진 등 (2021년)은 공정안전 관리체계를 디지털 플랫폼을 활용하여 개선하는 방안에 대해 다루며, 디지털화의 장점을 활용하여 안전성을 향상시키는 접근 방식을 제시하였고 [3], 고병석 등 (2022년)은 공정안전성과 지표를 활용하여, 공정 안정성을 평가하고 개선하는 방법을 다루며, 이를 통해 안정 성과를 정량화하는 접근 방식을 제시하고 있다. [4]

김영석 등 (2022년)은 중소기업 공정안전관리 사업장에서 웹 전산 시스템을 개발하여 안전관리를 향상하는 방법을 다루며, 디지털 기술을 활용한 안전성 증진의 접근 방식을 제시 [5], 손지은 등 (2023년)은 AHP (Analytic Hierarchy Process) 설문 분석을 통해 안전 경영 책임계획 상의 추진 전략 및 세부 과제 도출과 제

난안전관리 운영 목표 수립을 위한 합리적인 프로세스 및 결과를 제시하고 시사점으로 안전관리 체계구축과 ICT (Information and Communications Technology) 기반 안전 기술이 중요하다는 결론을 도출하였으며 [6], 양동현 등 (2023년)은 중소기업 화학공장에서 디지털 전환을 통해 공정안전관리 시스템을 개발하고 적용하는 방법을 다루며, 디지털화가 안전성과 효율성에 미치는 영향을 연구하였다. [7]

본 연구에서는 위의 선행연구와 같이 산업재해가 발생하고 있는 모든 업종에 적용할 수 있는 공정안전보고서에 기반하여 인공지능을 활용한 공정안전관리 학습 데이터셋 구축 시스템을 제안하고 이에 대한 시스템 개발을 가이드 라인을 작성하였다.

가이드라인을 활용한 시스템 설계를 통해 공정안전관리 제도의 문제점을 개선하고 인공지능 의사 결정 지원을 통한 안전성을 향상하는 데 기여하고자 한다.

II. 연구 개요

[그림 1]은 유해·위험 설비 사업자가 제출하는 공정안전보고서 12개 요소와 주요 항목을 작성 순서로 나타낸 것이다.

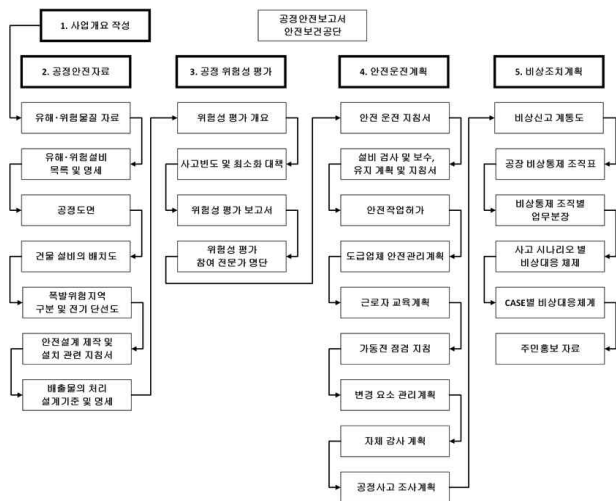


그림 1. 공정안전관리 보고서 작성 순서도
 Figure 1. Process Safety Management Report Flow Chart

「산업안전보건법」 제44조부터 제46조까지, 시행령 제43조부터 제45조까지, 시행규칙 제50조부터 제54조까지의 규정에 따른 공정안전보고서의 제출·심사·확인 및 이행상태평가 등에 필요한 사항을 규정하고 있으며, 일정량 이상의 위험물을 보유한 사

업장 등 중대 산업사고를 초래할 가능성이 높은 유해·위험 설비를 보유할 사업자에게 공정안전관리 대상 유해·위험 설비를 공사착공 30일 전까지 공정안전보고서를 작성, 안전보건공단에 제출하여 그 적합성에 대하여 심사 및 확인을 통해 이행토록 함으로써 중대 산업사고를 예방하기 위한 법정 제도이다.

본 연구는 [그림 1]에서 작성된 모든 항목을 자료화하고, 공정 운전 중에 발생한 변경 사항을 규정에 따라 요구되는 사항 중 해당 부분 작성하여 관리할 수 있도록 변경 관리 대상, 절차, 위험성 평가 해당 여부, 작업 지도서 등을 포함하여 변경 관리 보고서를 추가로 데이터화 하도록 시스템을 구성한다. 시스템은 단일사업장 또는 다수의 사업장을 운영하는 사업자와 공정안전관리 전담기관에 각각 구축하며, 데이터 수집·전처리, 확장 및 분할, 레이블링, 학습 데이터 셋 구축 등 주요 구성 요소와 단계로 구분된다. 또한, 각 공정에서 발생하는 공정 운영 데이터 및 변경 허가 승인 데이터를 수집 할 수 있고, 사업장 운영에서 발생하는 모든 데이터의 분석을 통해 잠재적인 고장 예측 및 유지보수 계획을 수립할 수 있다. 이를 위해 공정 운전 상황에서의 의사 결정 지원을 통한 올바른 조치로 사업장 시설이 안전하고 효율적으로 운영될 수 있도록 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 기반의 유해·위험 설비 통합 공정안전관리 시스템 개발을 위한 가이드라인을 제안하고자 한다.

III. 시스템 개발 가이드라인

본 연구는 단일사업장에서 사용할 수 있는 시스템과 다수의 사업장을 운영하는 사업자의 사업장 통합 공정안전관리 시스템 그리고 두 종류의 시스템으로부터 정보를 받아, 학습 데이터 셋을 구축하여 인공지능 기법으로 안전진단 의사 지원 모델을 수립한 후, 각 시스템에 관리·운영·예방 및 조치 의사 결정 지원 및 통제가 가능한 인공지능 기반 유해·위험 설비 통합 공정안전관리 시스템 개발을 위한 가이드라인이다.

[그림 2]는 단일사업장에 구축되어 운영하는 공정안전관리 시스템 구성도로 세부 구성은 IoT (Internet of Things) 단말장치 및 개인 휴대 단말장치를 통한 정보 송수신 부, 상황 모니터링 장치 및 관리단말장치,

데이터 저장 장치 및 데이터 백업 저장 장치, 공정 계측 및 제어 장치, 내부 소프트웨어 모듈들로 구성하며, 각각의 구성 요소의 기능 및 작동은 다음과 같다.

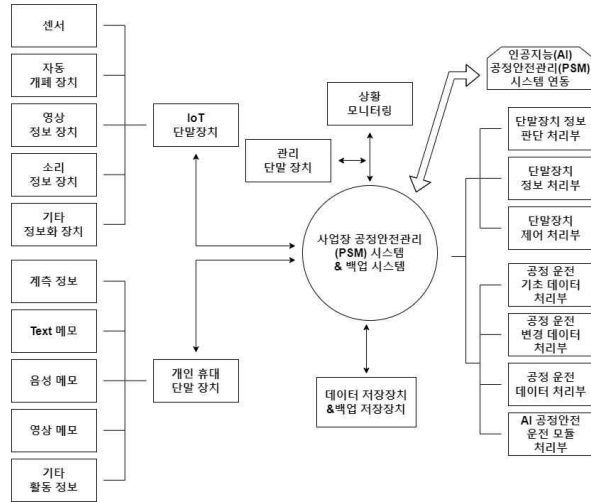


그림 2. 사업장 공정안전관리 시스템 구성도
Figure 2. Workplace Process Safety Management System Detailed Configuration Diagram

▶ 사업장 공정안전관리 시스템은 유해·위험 설비가 가동되는 모든 사업장에 설치되어 운영하는 시스템으로 소프트웨어 모듈 구성은 일반적인 관리 모듈 외에 단말장치 정보 판단처리부, 단말장치 정보처리부, 단말장치 제어처리부, 공정 운전 기초데이터처리부, 공정 운전 변경 데이터처리부, 공정 운전데이터처리부, AI 공정 안전운전 처리부로 구성된다. 단말장치처리부는 개인 휴대 단말장치와 IoT 단말장치를 시스템에 등록시키고, 각종 데이터를 수집하고 처리할 수 있는 기능을 한다.

공정 운전(기초, 변경) 데이터처리부는 작업자의 공정 안전 점검 결과를 리포팅하고, 분석하는 기능을 제공하며, 이를 통해 작업자는 점검 결과를 확인하고, 이를 기반으로 개선 및 조치 계획을 수립할 수 있으며, 통계 및 시각화 도구를 활용하여 데이터를 분석하고, 추세를 파악하는 기능을 한다.

특히, AI 공정 안전운전 처리부는 인공지능 통합 공정안전관리 시스템의 의사결정지원과 인공지능 안전관리 모델을 지원받아, 작업자가 현장 작업을 수행할 수 있는 기능을 제공하며, 이는 표준화된 체크리스트나 양식을 사용하여 사용자가 공정 안전 요건을 확인하고 기록할 수 있도록 하는 그것뿐만 아니라, 작업자는 점검 항목을 선택하고 결과를 입력하여 공정 안전 상태를 점검할 수 있다. 또한, 작업자의 휴대 단말

장치로 알림과 경고를 제공, 공정 안전과 관련된 이슈나 점검 일정, 이상 발견 시 경고 등 중요한 사항을 푸시 알림, 이메일(E-Mail), SMS (Short Message Service), LMS (Long Message Service), MMS (Multimedia Messaging Service) 등의 방식으로 전달할 수 있다.

▶ 관리 단말장치 및 상황 모니터링은 관리자를 위한 시스템으로 사용자 관리, 데이터 분석, 보고서 생성 등을 관리하고, 통계, 그래프, 관리 기능 등을 제공하여 관리자가 시스템의 상태와 성능을 모니터링하고 관리할 수 있다.

▶ IoT 단말장치는 센서(온도 센서, 압력 센서, 유량 센서 등), 개폐 제어(가스등의 흐름을 제어하는 밸브 제어, 장비나 기계의 동작을 조절), 영상제어(CCTV) 장치 등, 공정안전관리 보고서에 사업자가 제시한 공정관리 장치가 등록되는 장치들로, IoT 단말장치를 통해 수집된 데이터는 작업장 내의 공정안전관리 시스템에 연결되어 분석, 모니터링, 예측 분석, 제어, 경고 등 다양한 용도로 활용되어 진다.

▶ 개인 휴대 단말장치는 작업자가 시스템에 접속하고 기능을 이용할 수 있는 일반적으로 웹 또는 모바일 애플리케이션 형태의 화면을 제공하고, 작업자가 작업하는 모든 행위 즉, 점검 수동제어, 작업 훈련, 결과 보고와 위치정보 등을 전달하고 업무에 대한 제반 사항에 대하여 전달받는다.

▶ 데이터 저장 장치는 공정 안전과 관련된 데이터 및 사용자 정보, 공정 안전 점검 결과, 이력 등을 저장하고 관리하기 위한 DB 저장 장치를 사용하며, 유사시를 대비하여 백업 저장 장치를 설치 운영한다. 공정안전관리 시스템은 연속적으로 운영되어야 하므로 저장 장치는 고가용성을 제공하는 가용성, 보안, 수직 및 수평적으로 확장할 수 있는 아키텍처를 가진 저장 장치를 선택하여 시스템의 성장에 대응할 수 있는 확장성, 호환성 등을 시스템의 운영 요구 사항과 데이터 관리 정책을 고려하여 결정할 수 있도록 한다.

[그림 3]은 다수의 사업장을 운영하는 사업자가 이용하는 사업자 통합 공정안전관리 시스템 및 인공지능 공정안전관리 시스템을 나타낸 구성도로 사업장 통합 시스템은 각 사업장 공정안전관리 시스템으로부터 전달받은 운영 정보를 인공지능 공정안전관리 시스템으로 전달하는 역할을 수행하며, 다음의 기능을 갖추어 다수

의 사업장을 효율적으로 관리하고, 안정성을 향상시킬 수 있는 기능을 갖는다.

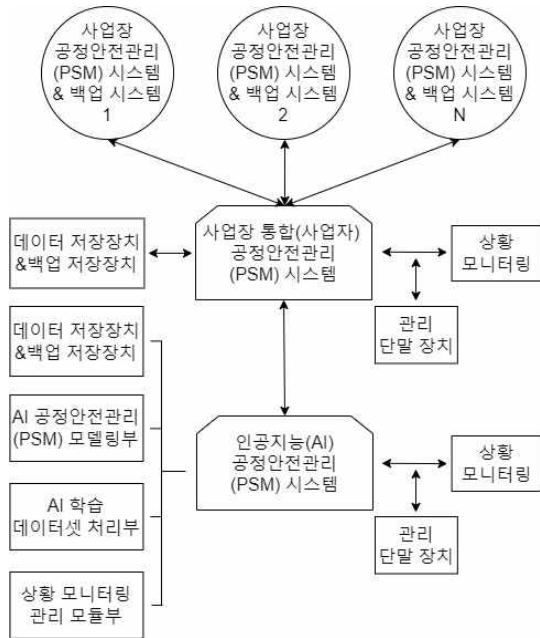


그림 3. 사업자 통합 공정안전관리 시스템 및 인공지능 공정안전관리 시스템 구성도

Figure 3. Enterprise Integrated Process Safety Management System and Artificial Intelligence Safety Management System Diagram

▶ 각 사업장의 시스템으로부터 전달받은 데이터를 수집하고, 필요한 데이터의 형식을 표준화하여, 노이즈를 제거하고, 일관된 형태로 변환하는 등의 전처리 작업을 수행한다.

▶ 데이터를 안전하게 저장하고 관리하며, 효율적인 데이터 구조를 구성하여 검색과 분석이 용이하도록 한다.

▶ 데이터를 요약하고 패턴을 탐색하며, 시각화 도구를 활용하여 데이터의 특성을 시각적으로 이해하기 쉽게 한다.

▶ 일부 사업장은 자체적으로 수집된 데이터를 기반으로 인공지능 공정안전관리 모델을 개발하고 학습시키기 위해 적합한 알고리즘과 기계학습 기법을 선택하고, 모델의 아키텍처를 설계하며, 학습 데이터를 모델에 제공하며 최적화된 가중치와 매개변수를 학습시키는 시스템을 구축할 수 있다.

▶ 사업장에서 발생하는 이상 상황이나 위험을 신속하게 감지하고, 관련 담당자에게 알림 및 경고를 제공하기 위해 모니터링 기능과 이벤트 감지 알고리즘을 구현하여 실시간 알림 시스템을 구축한다.

▶ 배포된 모델의 성능을 지속적으로 모니터링하고, 모델의 예측 성능 평가, 데이터 품질 모니터링, 모델의 적응력 유지 등을 포함, 필요할 경우 모델을 업데이트하고 유지보수한다.

인공지능 공정안전관리 시스템은 안전관리 전담기관에 구축하는 시스템으로 각 사업자 시스템으로부터 정보를 전달받아 학습데이터 셋을 구축하고 인공지능 공정안전관리 예측 모델을 제공하며, 다음과 같은 기능적 구성 요소를 포함한다.

▶ 인공지능 공정안전관리 모델링부는 안전 예측 모델 개발 모듈, 모델 배포 및 운영 모듈, 모델 모니터링 및 유지보수 모듈 등으로 구성되며, 인공지능 안전 예측 모델 개발 모듈은 구축된 학습 데이터 셋을 기반으로 인공지능 공정안전관리 모델을 개발하는 모듈이다. 이 모듈은 딥러닝, 머신러닝 등의 알고리즘과 모델 아키텍처를 선택하고, 학습 및 검증을 수행하여 모델의 성능을 최적화한다. 또한, 각 사업장과 사업자의 공정안전관리 시스템에 의사 결정 지원과 예측 모델을 공급한다.

▶ AI 학습 데이터셋 처리부는 데이터 수집 및 전처리 모듈과 학습 데이터 구축 모듈로 구성되어 있으며, 데이터 수집 및 전처리 모듈은 사업장 시스템으로부터 데이터를 수집하고, 데이터의 정제, 변환, 노이즈 제거 등의 전처리 작업을 수행, 데이터의 신뢰성과 일관성을 확보하는 역할을 담당한다.

학습 데이터 구축 모듈은 전처리된 데이터를 활용하여 학습 데이터 셋을 구축하는 모듈이며, 데이터의 특성에 따라 분류, 회귀, 시계열 등의 학습 데이터 형식으로 변환하며, 데이터 증강 기법을 활용하여 데이터셋의 다양성을 높일 수 있다.

▶ 상황 모니터링 관리 모듈부는 알림 및 경고 시스템 모듈부와 보안 및 데이터 개인정보 보호 모듈부, 사업장 작업 확인 모듈부로 구성되며, 사업장의 이상 상황이나 위험을 감지했을 때나, 사업장의 작업 계획 요구에 대하여 사업장 시스템과 관리자에게 알림 및 경고를 전달하는 시스템이다. 이를 통해 신속하고 안전한 조치를 취할 수 있으며, 사업장의 공정 안전을 보호할 수 있다. 보안 및 데이터 개인정보 보호 모듈은 시스템 내의 데이터와 정보를 보호하기 위한 보안 및 개인정보 보호 기능을 제공하며, 데이터의 암호화, 접근 제어, 사용자 인증 등을 구현하여 무단 접근과

데이터 유출을 방지한다.

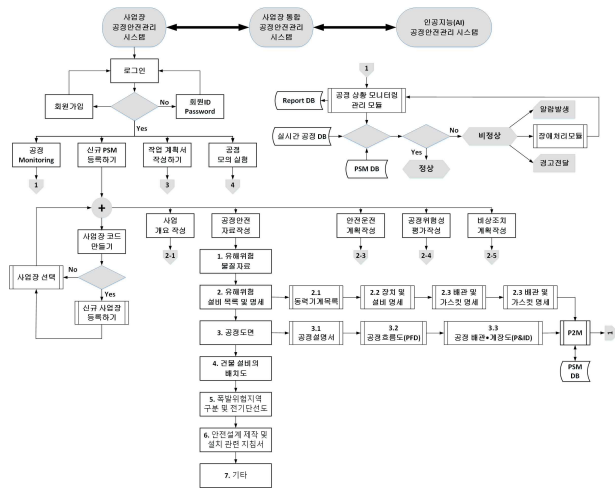


그림 4. 사업장 통합 공정안전관리 시스템 DB 구축 및 공정 모니터링 자동 생성 순서도
 Figure 4. Establishment of Integrated Workplace Process Safety Management System Database and Automatic Generation of Process Monitoring Flowchart

[그림 4]는 인공지능(AI) 기반 통합 공정안전관리 시스템 개발에 대한 사업장 통합 공정안전관리 시스템 DB 구축 및 공정 모니터링 자동 생성 순서도를 나타낸 것으로 Python, Flask, Sqlite3, HTML, CSS, JSP 등을 이용하여 웹 지원 형태로 공정안전관리 알고리즘을 프로그래밍하여 서비스 서버는 Ubuntu Server 22.04.3 LTS OS로 구축하여 실행하였다.

공정안전관리보고서의 공정안전자료 중 유해·위험 설비 목록 및 명세에 적용되는 동력기계목록, 장치 및 설비 명세, 배관 및 가스켓 명세, 안전밸브 및 파열판 명세에 특정된 데이터와와 공정도면 항목의 공정설명서, 공정흐름도, 공정 배관 계장도 등에서 오차범위내에서 설정된 이상발생시 인터록 작동조건 및 가동중지 범위 입력값과 공정을 기준으로 상황 모니터링 관리(공정 모니터링) 모듈부의 기준 데이터가 되는 값들을 공정 생성 P2M 서버 프로그램을 통하여 자동 생성하게 하고, 사업장의 감지 값의 변화에 따른 이상 상황이나 위험을 감지하도록 하여 사업장 시스템에서 알람 및 경고를 발생하도록 알고리즘화하고, 장애 처리 모듈을 통하여 장애 제어가 센서들의 허용오차 범위를 넘어서는 특정 상황에 대하여 정상적으로 이루어지는지를 검증하였다.

검증은 LH2 저장탱크를 기준으로 탱크의 용량, 압력, 온도, 액면계, 밸브, 가스누출 경보장치, 디스펜서, 긴급 밸브, 저장탱크의 LH2의 시간에 따른 기체화 누

출 손실 등에 대하여 기준값을 설정하고 실시간 공정 데이터로 탱크의 온도 변화와 기체 수소 누출 시간 및 양 등을 변화시켜 설정된 임계값에서의 동작과 긴급 상황에 대한 처리 및 알람 발생 표시등이 정상 동작되는 것과 장애처리 알고리즘에 따라 저장탱크의 이상발생이 안정되는 것에 대하여 확인하였다.

또한 이상 발생된 데이터 값과 장애처리된 귀환 추적 데이터 값들은 Report DB에 저장되도록하여 공정 안전관리 인공지능 학습데이터로 확보되는 것에 대하여 확인하였다.

IV. 시스템 특성

제안된 시스템을 활용하여 유해·위험 설비 사업장에 안전 관리체계 시스템 및 실시간 통합 안전 체계 구축이 가능하며 다음과 같은 특성이 있다.

- ▶ 설비나 공정에서 발생할 수 있는 위험 요소를 예측하고 모니터링할 수 있다. 예를 들어, 센서 데이터와 실시간 알고리즘을 사용하여 화학 물질의 농도, 압력, 온도 등을 모니터링하고 이상 상태를 감지하여 위험을 사전에 예측할 수 있다.
- ▶ 인공지능은 설비나 공정의 위험을 평가하고 분석하며, 기존의 위험 평가 방법에 인공지능 기술을 적용하여 더 정확하고 효율적인 평가를 수행할 수 있다. 이를 통해 특정 상황에서의 위험성을 예측하고 위험 등급을 할당할 수 있다.
- ▶ 인공지능은 자동화된 위험 대응 시스템을 개발하는 데 활용될 수 있다. 예를 들어, 사고 발생 시 인공지능 알고리즘을 사용하여 신속하게 상황을 분석하고 적절한 대응 조치를 취할 수 있다.
- ▶ 설비의 상태를 모니터링하고 데이터를 분석하여 잠재적인 고장이나 결함을 예측하고, 이를 통해 예방적인 유지보수 계획을 수립하고, 장비의 안전성을 유지하는 데 도움을 준다.
- ▶ 인공지능을 활용한 가상훈련 시스템을 개발하여 작업자들에게 실제 상황에서의 위험에 대한 훈련을 제공, 가상 시나리오를 통해 위험 상황에서의 적절한 대응 방법을 학습하고 훈련할 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 유해·위험 설비를 효율적으로 관리

하고 중대 산업사고를 예방하는 목표를 달성하기 위한 일부 시스템 구성과 이상 발생 시 장애 처리 기능을 소프트웨어로 구현하여 LH2 저장탱크를 기준으로 검증하였고, 유해·위험물질 공정안전관리를 인공지능 기반으로 통합 관리하기 위한 공정안전관리시스템의 가이드라인을 제시하였다. 공정안전보고서 작성과 공정안전관리 시스템의 구성 및 다수의 통합하는 사업장 통합 공정안전관리 시스템의 구성을 제시하였다.

본 시스템을 통해 인공지능 학습을 위한 데이터 수집이 가능하고, 이를 통한 인공지능 의사 결정 지원 모델이 제공되어 공정안전관리에 대한 효율성을 향상시키고 중대 산업사고 예방에 기여할 것으로 기대하며, 이 시스템은 국가 안전 관리체계와 유해·위험 설비 사업장에서 활용될 수 있으며, 인공지능 기반의 안전한 작업 환경을 유지하고 시키는 데 중요한 역할을 할 것이다.

향후 본 인공지능에 기반한 통합 공정안전관리 시스템이 공정안전관리 체계에 효과적으로 정착될 수 있도록 현장에서의 적용 및 심화 연구가 지속해서 필요할 것으로 판단된다.

Strategies for Public Enterprises for the Urban Development,” *The journal of the convergence on culture technology*, Vol. 9, No. 4, pp. 467 - 472, 2023.

- [7] D.H. Yang, B.C. Ma. “Development of Process Safety Management System for Digital Transformation of Small- and Medium-Sized Chemical Factories.” *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 24, No. 4, pp. 797-804, 2023.

※ This work was supported by Regional Innovation Strategy (RIS) through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (MOE) (2023RIS-005).

References

- [1] Article 33-6 of the Enforcement Decree of the Occupational Safety and Health Act (submission of process safety report)
- [2] KOREA Occupational Safety & Health Agency, Occupational Injury Statistics, 2018-2022.
- [3] Y.J. Kim, W.K. Seo, and T.J. Kim, “A Study on Improvement through Digital Platform Establishment of Process Safety Management,” *Korean Management Consulting Review*, Vol. 21, No. 4, pp. 421-429, 2021.
- [4] B.S. Ko, D.H. Lim, M.S. Kim, J.W. Seol, B.T. Yoo, J.W. Ko. “A Study on Process Safety System Analysis for Application Process Safety Performance Indicators.” *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol. 26 No. 2, pp. 27-38, 2022.
- [5] D.J. Park, Y.S. Kim. “A Development of Facility Web Program for Small and Medium-Sized PSM Workplaces.” *Korean Chemical Eng.*, Vol. 60, No. 3 pp. 334-346, 2022.
- [6] J. Son, Y. Yoon, J. Lee, and T. Oh, “A Study on the Establishment of Safety Management