SimPlatform

KOSDAQ
코스닥상장법인

데이터와 AI 사이의 의미적 연결 고리

The Semantic Bridge Between Data and AI

# Process Ontology

# 산업 현장이 직면한
# 두 가지 핵심 과제

서로 다른 문제처럼 보이지만, 근본 원인은 동일합니다.

**현업 관점**

## 도메인 지식이 사라진다

- 베테랑 엔지니어 퇴직 시 핵심 노하우 유실
- 문서화되어도 검색·재활용이 어려움
- 설비 변경 이력이 개인 경험에 의존
- 공장별 상이한 기준으로 통합 분석 한계
- 신규 인력의 현장 적응에 장기간 소요

**AI 관점**

## AI는 "왜"를 설명하지 못한다

- 학습 데이터 부족으로 정확도 확보 한계
- 블랙박스 모델로 결과 해석 및 검증 어려움
- 과도한 오탐(False Alarm)으로 현장 신뢰도 저하
- 환경 변화 시 모델 재학습 부담 발생
- 이상 발생 원인에 대한 설명 부족

**두 문제의 공통 뿌리**

**“도메인 지식이 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 존재하지 않는다”**

**해결 방안**

**Process Ontology는 도메인 지식을 구조화하여**
**현업과 AI가 함께 활용할 수 있는 디지털 자산으로 전환합니다.**

# 도메인 지식과
# AI를 연결하는 의미 계층

하나의 Ontology, 두 가지 가치
현업의 노하우를 디지털 자산으로 전환하고
이를 통해 AI의 정확도와 설명 가능성을 높입니다.

## 하나의 구조로 해결

도메인 지식을 체계화하여 현업과 AI가 함께 활용합니다.

**현업이 입력**

### 도메인 전문가의 지식을 구조화하여 입력

- 단계별 정상 운전 기준
- 발생 가능한 이상(Anomaly) 유형
- 설비-센서 간 관계 정보
- 원인-결과 관계(RCA)

### Process Ontology

도메인 지식을 실행 가능한
디지털 자산으로 전환

**AI가 활용**

### ML 모델의 정확도와 설명 가능성 향상

- 도메인 제약 기반 학습 고도화
- 불필요한 False Alarm 감소
- 자연어 기반 원인 설명 생성
- 신규 도메인 신속 확장 지원

**하나의 Ontology, 두 가지 혁신**

현업의 노하우를 디지털 자산으로 전환하고, 이를 통해 AI의 정확도와 설명 가능성을 높입니다.

## 데이터를 의미로, 의미를 AI 가치로 연결합니다

데이터와 AI 사이의 의미 계층(Semantic Layer)으로 현장의 지식을 AI가 이해할 수 있는 형태로 연결합니다.

기존 제품

### Datalake

**"무엇이 발생했는가"**

- 센서·영상·로그 등 원시 데이터
- 저장 · 검색 · 기록

신규 제품

### Process Ontology

**"무슨 의미 인가"**

- 도메인 지식과 운영 맥락
- 의미 부여 · 관계 정의 · 설명 가능성

기존 제품

### ML Platform

**"어떻게 대응할 것인가"**

- AI 모델 학습 · 배포
- 예측 · 추론 · 자동화

# 개인의 경험을
# 디지털 자산으로 전환

도메인 지식이 기업의 디지털 자산이 되는 순간
인력 의존은 줄고 표준화는 시작됩니다.

## 디지털 자산으로 전환 | 도메인 전문가의 암묵지를 구성하는 5가지 핵심 지식 체계

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 결과 |
|---|---|---|---|---|---|
| **공정 흐름**<br>공정 단계별 순서<br>조건 및 운영 기준 | **정상 운전 기준**<br>공정 단계별 정상<br>운전 범위 정의 | **장비-센서 매핑**<br>장비, 센서 및 측정<br>대상 간 관계 정의 | **이상 카탈로그**<br>이상 유형과<br>발생 가능 조건 정의 | **인과 관계**<br>이상 현상과 원인 간<br>인과 관계 정의 | **형식화**<br>**검색 · 재사용** |
| [예시]<br>기동 → 정상 운전 →<br>부분 부하 → 정지<br>단계별 평균 지속시간<br>및 전이 조건 | [예시]<br>정상 운전 시 진동<br>0~2.5 mm/s, 기동 시<br>최대 4.5 mm/s 허용 | [예시]<br>펌프 1 모터 ↔<br>가속도 센서 3개<br>온도 센서 2개<br>전류 센서 1 | [예시]<br>베어링 마모는<br>정상 운전 단계에서만<br>관찰 가능 | [예시]<br>베어링 마모 →<br>진동 RMS 증가 →<br>외륜 결함(BPFO) | 도메인 지식이<br>Process Ontology로<br>자산화됩니다. |

## 현업이 체감하는 6가지 변화 | 노하우의 자산화가 실제로 만들어내는 변화

### 노하우 보존
베테랑 엔지니어의 노하우를
기업의 디지털 자산으로 보존

### Onboarding 가속
신규 직원 학습 6개월 → 6주로 단축
(공정 매뉴얼 즉시 검색 가능)

### 안전 인증 대응
변경 이력과 의사결정 근거를
자동 기록하여 감사 대응 지원

### Multi-Plant 표준화
공통 Ontology 기반으로 공장 간
표준화와 현장 특화를 동시에 지원

### 변경 추적 자동화
모든 변경 이력을 기록하여
원인 분석과 추적성 확보

### 암묵지 → 형식지
암묵지를 명시적 지식으로 전환하여
지속적으로 개선 가능한 자산화

# AI 모델의 정확도와 설명 가능성을 향상

하나의 Ontology가 학습과 추론 전 과정에서 AI 성능을 향상시킵니다.

## AI 모델을 어떻게 강화하는가

Process Ontology가 AI 모델의 성능을 높이는 3가지 메커니즘

### 학습 시점

**모델 정확도 향상**

```
L = WMSE + λ · P(violation)
```

도메인 위반 예측에 페널티 부과 →
모델이 처음부터 물리적으로
타당한 예측만 학습

F1 +21%p (NSF-MAP 검증)

### 추론 시점

**False Alarm 자동 차단**

```
if anomaly ∉ allowed[state]:bloc
```

Ontology가 이 단계에서
발생 불가능한 anomaly 예측을
자동으로 필터링

51/801 NoNose 오예측 차단

### 출력 시점

**설명 가능성 확보**

```
explain(pred,state,sensor) → text
```

예측 결과 + ontology 컨텍스트 →
자연어 설명 자동 생성
안전·인증 audit 대응

ROUGE-1 0.91 (전문가 합의)

## 검증된 정량적 가치

미국 USC Future Factories Lab의 로켓 조립 라인/4개 학술 논문으로 검증

### F1 Score 향상

+21%p

72% → 93%

Knowledge-Infused Loss 적용 시
anomaly 예측 정확도 대폭 상승

NSF-MAP (IJCAI 2025)

### RCA 정확도

94%

도메인 전문가 합의도 0.91

Root Cause Analysis 자동
사고 시 근본 원인 추적까지

CausalTrace (AAAI 2026)

### False Positive 자동 차단

51/801

NoNose 오예측 사례

단계상 발생 불가능한 anomaly 예측을
ontology가 자동 검증·차단

AssemAI (ICMLA 2024)

# 핵심가치 및 제품 시너지

Process Ontology는 AI의 정확도, 신뢰성, 확장성을 동시에 향상시킵니다.
또한 추가되는 순간 데이터는 지식이 되고 지식은 행동으로 이어집니다.

## 향상되는 6가지 핵심 가치 | 모델 성능 향상을 넘어 AI 운영 역량을 강화합니다.

### 정확도 직접 향상
KIL로 F1 +21%p 검증 학습 데이터
부족도 도메인 지식으로 보완

### False Alarm 차단
도메인 위반 예측을 ontology가
자동 필터링 → 작업자 신뢰 회복

### 설명 가능성
모든 예측에 "왜"의 답변 자동 첨부
→ 안전·인증 통과

### 도메인 적응 즉시
신규 공장은 ontology plugin 교체로
모델 재학습 거의 불필요

### 데이터 효율성
정상 운전 데이터만으로도 운영
labeled anomaly 부족 문제 해결

### 엣지 효율
단계별 게이팅으로 비싼 분석은
후보 구간만 GPU 75% 절감

## 3개 제품의 시너지 | 데이터 → 지식 → 행동의 완전한 AI 사이클

**Datalake** WHAT happened?
센서·영상·로그를 시간 순서대로 보존

**Process Ontology** WHY did it happen?
데이터에 도메인 의미·정상 기준·인과 부여

**ML Platform** HOW should we respond?
Ontology 강화된 모델로 예측·분류·자동화

### 통합 사이클

1. Datalake가 신규 데이터 수신
2. Ontology가 단계·센서 의미 부여
3. ML 모델이 ontology 컨텍스트로 예측
4. 예측에 ontology 설명 자동 첨부
5. 결과·피드백이 Datalake로 환류

# 도입 효과·산업 적용 사례
# 단계별 확산 전략

지식 자산화와 AI 고도화를 통해 비용, 정확도, 운영 효율을 동시에 개선합니다.

| F1+21%p | 50% ↓ | 75% ↓ | 85% ↓ | 6주 |
|---|---|---|---|---|
| **AI 탐지 정확도** | **False Alarm** | **GPU 사용량** | **신규 라인 적용 공수** | **Onboarding 기간** |
| 72% → 93% | 작업자 신뢰 회복 | 단계별 게이팅 효과 | Plugin 즉시 교체 | 6개월 → 6주 |

## 산업 도메인별 적용 시나리오

동일한 플랫폼에서 Ontology만 교체하여 다양한 산업에 즉시 적용

### 회전기계 진단
모터·펌프·압축기·터빈

**현업**
ISO 10816 기준의 회사 노하우 자산화

**AI**
베어링 결함 주파수 기반 RCA 자동화

예지 정비 효율 30-50%↑
Catastrophic failure 70%↓

### 조립 라인 품질
자동차·전자·정밀기계

**현업**
21개 cycle state별 정상 패턴 형식화

**AI**
단계별 게이팅으로 GPU 75%절감+F1+21%p

신규 라인 적용 6개월→1개월
False alarm 60%↓

### 공정 산업
발전·화학·제약·식품

**현업**
Recipe·열역학 기준의 공장 표준화

**AI**
Mass·Energy 보존 검증/Digital Twin 연동

Catastrophic failure 회피
안전·인증 audit 자동화

## 도입 로드맵

단계별 가치를 확보하며 점진적으로 확장하는 저위험 도입 전략

| Phase 1 \| 3개월 | Phase 2 \| 3~6개월 | Phase 3 \| 6~12개월 | Phase 4 \| 6~12개월 |
|---|---|---|---|
| PoC 도메인 1개<br>minimal ontology + explanation API | Validation 활성화<br>변경 추적 + 미스분류 자동 차단 | KIL 학습 통합 모델 재학습 시<br>도메인 제약 강제 | 다공장 확장 + LLM 기반<br>ontology 자동 생성 |
| **현업** 지식 첫 자산화 | **현업** Audit log 운영 | **현업** 표준화 완료 | **현업** Multi-Plant 공유 |
| **AI** 설명 자동 생성 | **AI** False alarm 50%↓ | **AI** F1 +15-20%p | **AI** RCA 자동화 |

SimPlatform
www.simplatform.com

**(주)심플랫폼**

(본사) 서울시 금천구 가산디지털1로 226 에이스하이엔드타워5차 2003호
(AX본부) 서울시 강남구 삼성로 555 알앤텍빌딩 4층
Tel. **02-6405-4338** | email **ax@simplatform.com**