

Industrial manufacturing data

2023. 9.

가천대학교
스마트 팩토리 전공

정원종 교수

Manufacturing data?

Definition

- Digitalized data generated during the process of **a manufacturing planning, designing, production, and operating a factory**
- Manufacturing big data: Data of the actual industrial field is vast in scale

Manufacturing AI data set

- **A structured manufacturing data collection systematically collected and stored for AI analysis**

Example of manufacturing data (열처리 공정최적화 AI 데이터셋)

• 공정(설비)상의 문제 현황

- 숙련공들의 세대교체와 현장 작업자의 잦은 변경으로 최적의 생산조건으로 생산을 진행하지 못해 불량 발생하고 있다.
- 작업자의 현장 경험에 의존하여 생산성 및 품질관리가 취약하다.
- 외국인 작업자 및 신규 작업자가 Manual 및 SOP(Standard Operating Procedure, 표준운영절차)에 따라 생산을 하지만 품목에 따른 설비 세팅에 어려움이 있으며, 불량 등 제품에 문제 발생 시 정확한 원인 파악이 어렵다.

• 문제해결 장애요인

- 열처리 공정(뿌리산업)은 3D로 인식되는 열악한 생산 환경으로 인식되어 기피산업으로 분류되고, 신규인력의 유입이 어려워 악순환적 인력난이 발생하고 있다.
- 현장 관리자 과거의 경험과 지식을 통해 생산 및 개선활동을 하고 있으며, 숙련공이 아니면 파악할 수 없는 자신만의 노하우(Know-how)로 생산 활동을 진행하고 있다.
- 현장에서 오랫동안 생산을 해온 숙련공들의 생산지식 및 노하우를 데이터화하여 개인의 능력이 아닌 기업의 경쟁력을 높여줄 생산기술의 자산화가 이뤄지지 않고 있다.

• 극복 방안

- 생산 진행 중 실시간 품질을 예측하고 불량 발생 시 원인에 대한 개선조치를 실행할 수 있도록 AI 분석을 통해 도출한 공정 최적화 모델을 활용하여 외국인 작업자 및 신규 작업자들도 큰 노력과 많은 시간을 소요하지 않아도 양품을 생산할 수 있도록 최적의 Manual 및 SOP 제공을 통해 극복하고자 한다.

No	구 분		내 용
1	분석 목적 (현장 이슈, 목적)		<ul style="list-style-type: none"> - 외국인 작업자 및 신규 작업자가 Manual 및 SOP(Standard Operating Procedure, 표준운영절차)에 따라 생산을 하지만 품목에 따른 설비 세팅에 어려움이 있으며, 불량 등 제품에 문제 발생 시 정확한 원인 파악이 어렵다. - 현장 관리자 과거의 경험과 지식을 통해 생산 및 개선 활동을 하고 있으며, 숙련공이 아니면 파악할 수 없는 자신만의 노하우(Know-how)로 생산 활동을 진행하고 있다. - 열처리 공정에서 발생하는 품질문제와 공정 데이터들을 분석하여 데이터 간의 상관관계를 찾고 주요 문제별 원인 인자를 분석하여 공정 최적화 모델을 활용하여 해결하고자 한다.
2	데이터셋 형태 및 수집방법		1) 분석에 사용된 변수 : 건조 1~2존 OP, 건조로 온도 1~2존 외 16개 2) 데이터 수집 방법 : 열처리의 소입로, 건조로 등 주요 존의 데이터 확보 3) 데이터셋 파일 확장자 : CSV, xlsx
3	데이터 개수 데이터셋 총량		<ul style="list-style-type: none"> - 데이터 개수 : (raw_total_data) Row 수 2,939,722개*column 20개, 총 58,794,440개, (label) Row 수 136개*column 22개, 총 2,992개 - 데이터셋 총량 : (raw_total_data) 481MB, (label) 24KB
4	분석적용 알고리즘	알고리즘	선형 회귀(Linear Regression)
		알고리즘 간략소개	<ul style="list-style-type: none"> - 선형 회귀(Linear Regression)는 고전 통계학을 기반으로 한 기본적인 회귀 분석 모형으로, 독립변수와 종속변수 사이의 선형 관계를 수치화하여 제시할 수 있는 기본적인 모형이다. - 선형 회귀를 통해 배정번호 별 공정의 불량률을 예측할 수 있고, 이를 기반으로 각 센서 별 최적값을 도출해 낼 수 있다.
5	분석결과 및 시사점		<ul style="list-style-type: none"> - 분석결과 : 선형 회귀 모형을 통해 불량비율을 예측할 수 있음을 확인했고, 이를 기반으로 공정 최적화를 위한 각 센서 별 범위 값을 계산할 수 있음을 확인했다. 이를 기반으로 비용과 시간을 절감할 것으로 기대한다. - 시사점 : 데이터 가공 및 전처리, AI 모델 개발과 제조 공정의 적용 및 검증을 통해 열악한 중소기업에 빅데이터 및 AI 기술을 적용하여 실질적인 품질향상 및 비용절감을 기대한다.

Example of manufacturing data (열처리 공정최적화 AI 데이터셋)

AG_MIN	배정번호	건조 1온	건조 2온	건조로 온!	건조로 온!	세정기	소입1온	소입2온	소입3온	소입4온	소입로 CP	소입로 온!	소입로 온!	소입로 온!	소입로 온!	소입로 온!	소입로 온!	솔트 컨베!	솔트 컨베!	솔트조 온!	솔트조 온!
2022-01-03 11:22	102410	75.6648	30.0155			68.4386	72.8403	59.7862	51.7169	71.8405	0.450421		859.854								
2022-01-03 11:22	102410	75.6706	32.2732			68.4386	78.4415	61.6286	50.4453	70.5198	0.450356	860.338	859.78	860.044	859.786	294.658	272.538	328.734	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.6776	32.1592	98.8533	99.146	68.4386	78.1099	61.5414	52.0196	72.0384	0.450341	860.338	859.78	859.981	859.724	294.658	272.538	328.734	328.80		
2022-01-03 11:22	102410	75.8656	30.8312	98.7918	99.17675	68.4999	77.50725	60.6663	52.69425	73.4815	0.450202	860.338	859.842	859.95	859.599	294.719	272.538	328.674	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	73.6468	29.5274	98.7918	99.2075	68.4386	76.0262	61.1634	51.6915	71.6093	0.450235	860.351	859.791	859.991	859.731	294.721	272.599	328.74	328.80		
2022-01-03 11:22	102410	76.0051	29.5927	98.7918	99.146	68.4386	75.8826	61.1124	51.7122	71.5902	0.450448	860.351	859.791	859.991	859.731	294.721	272.599	328.74	328.80		
2022-01-03 11:22	102410	75.9804	29.5291	98.7918	99.2075	68.4386	75.7504	59.5448	51.7311	71.5729	0.450571	860.351	859.854	859.991	859.731	294.781	272.599	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.9607	29.5967	98.7825	99.2001	68.4275	75.6285	61.1314	51.8036	71.6125	0.450566	860.351	859.791	859.991	859.731	294.721	272.599	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.2665	32.1726	98.7825	99.2001	68.4889	70.9577	59.6177	51.8148	71.5936	0.450445	860.414	859.854	859.991	859.731	294.781	272.661	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.2216	29.828	98.7825	99.2001	68.4275	75.571	59.6774	51.8251	70.1123	0.450361	860.351	859.854	859.991	859.793	294.781	272.661	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.1841	29.8676	98.7918	99.146	68.4999	75.2962	61.1979	51.8345	70.1451	0.450424	860.351	859.791	859.991	859.793	294.781	272.722	328.74	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	76.1841	29.8676	98.7918	99.146	68.4999	75.2962	61.1979	51.8345	70.1451	0.450424	860.351	859.791	859.991	859.793	294.842	272.722	328.8	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	75.8357	30.62995	98.8533	99.2075	68.4386	72.89035	59.65355	51.08805	70.26955	0.450392	860.414	859.854	860.053	859.793	294.842	272.722	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.8357	30.62995	98.7918	99.2075	68.4386	72.89035	59.65355	51.08805	70.26955	0.450331	860.351	859.854	859.991	859.793	294.842	272.783	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.9706	31.7028	98.7918	99.2075	68.4386	75.3796	59.738	51.911	70.3805	0.450331	860.351	859.854	859.991	859.793	294.842	272.783	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.9653	31.6755	98.8533	99.146	68.4999	79.8466	58.2672	50.4503	72.0212	0.450093	860.289	859.885	859.991	859.731	294.842	272.783	328.8	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	75.9625	29.3941	98.8533	99.146	68.4999	79.5993	59.887	53.5931	72.0242	0.450359	860.289	859.885	859.991	859.731	294.842	272.783	328.8	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	77.14945	31.5583	98.78715	99.1386	68.43305	77.3147	60.0822	50.68125	71.3329	0.450023	860.338	859.842	860.0485	859.786	294.901	272.845	328.7675	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	77.14945	31.5583	98.78715	99.1386	68.43305	77.3147	60.0822	50.68125	71.3329	0.450023	860.338	859.842	860.0485	859.786	294.841	272.783	328.7675	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	77.33935	31.56435	98.78715	99.1386	68.4582	77.40935	60.25705	51.6618	70.6799	0.45024	860.307	859.842	859.981	859.786	294.901	272.906	328.734	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	73.8723	31.3882	98.78715	99.1386	68.4889	78.3007	59.9928	52.1605	72.0549	0.450129	860.289	859.854	859.991	859.731	294.903	272.845	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.2397	29.0334	98.78715	99.2001	68.6115	78.1798	59.9669	52.1415	72.0009	0.449746	860.289	859.854	859.991	859.731	294.903	272.906	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.2227	31.4442	98.721	99.2001	68.4889	77.9026	61.5196	50.6613	70.4874	0.449401	860.289	859.791	860.053	859.793	294.964	272.845	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.0877	31.4652	98.7825	99.1386	68.4275	77.814	59.9196	50.6935	70.5458	0.449263	860.289	859.854	860.053	859.793	294.903	272.906	328.8	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.7536	28.833	98.7918	99.146	68.4386	77.5663	59.9556	50.7782	70.5994	0.449188	860.289	859.854	860.053	859.793	294.964	272.906	328.8	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	75.7959	31.146	98.8533	99.146	68.4999	77.3389	59.9886	50.8556	70.6487	0.449211	860.289	859.854	860.053	859.793	294.964	272.967	328.8	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	73.6985	28.822	98.7918	99.2075	68.4999	77.1301	61.4847	50.9265	70.694	0.449044	860.289	859.791	860.053	859.793	294.964	272.906	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	73.8339	31.261	98.7247	99.2057	68.4907	72.541	59.9434	50.9913	70.7356	0.448848	860.351	859.854	860.053	859.793	295.025	272.967	328.74	328.92		
2022-01-03 11:22	102410	74.0248	29.1108	98.7862	99.1441	68.4907	77.0722	61.4435	52.5136	72.2933	0.448881	860.289	859.791	859.991	859.731	294.964	273.028	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	76.3859	29.1374	98.7247	99.1441	68.4294	76.8839	59.906	50.9466	70.7562	0.44864	860.289	859.854	860.053	859.793	295.025	273.028	328.74	328.86		
2022-01-03 11:22	102410	73.9833	31.421	98.7862	99.1441	68.4907	76.7108	59.8885	50.9546	70.7378	0.448764	860.289	859.854	860.053	859.793	295.025	273.028	328.74	328.86		

[그림 2] 열처리 공정 데이터

Classification of manufacturing data

Manufacturing data

① Facility(equipment) data (설비 데이터)

→ Facility status data, facility control data, and log data for connection between facilities generated from production facilities

Ex) PLC (Programmable logic controller, PLC)

② Factory operations data (공장운영 데이터)

→ Management data from manufacturing information system such as MES, ERP, SCM, etc.

③ Energy and environment data (에너지·환경 데이터)

→ Energy input data to operated factory facilities and equipment


④ User experience data (사용자 경험 데이터)

→ User experience data for finished products generated from e-commerce platforms and social networking platforms

[Note] PLC (Programmable logic controller)

[공장의 지휘자, PLC 4분만에 완벽 이해하기 \(기초 개념, 사용처, 원리, 장점\) - YouTube](#)





LS ELECTRIC | PLC [국문]


LS ELECTRIC Automation Oasis

동영상 40개 조회수 134,113회 최종 업데이트: 2022. 7...

≡+ ↻ ⋮

▶ 모두 재생 >🔗 서플

1




LS ELECTRIC | PLC 1강 1. PLC 소개

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 11만회 · 3년 전

34:37

2




LS ELECTRIC | PLC 1강 2. CPU 외형

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 1.8만회 · 3년 전

10:41

3




LS ELECTRIC | PLC 1강 3. I/O 배선

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 4만회 · 3년 전

9:43

4




LS ELECTRIC | PLC 2강 1. 수치 체계

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 2.3만회 · 3년 전

20:19

5




LS ELECTRIC | PLC 2강 2. 메모리-XGK

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 3.1만회 · 3년 전

31:11

6




LS ELECTRIC | PLC 2강 3. 래치 설정

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 1만회 · 3년 전

5:51

7




LS ELECTRIC | PLC 3강 1. 수치 체계

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 1.2만회 · 3년 전

25:28

8



LS ELECTRIC | PLC 3강 2. 메모리-XGI

LS ELECTRIC Automation Oasis · 조회수 2.3만회 · 3년 전

50:05

Characteristics of manufacturing data

① Diversity (다양성)

- Manufacturing data can encompass various types of information.
- For example, it includes diverse information such as production volume, defect rates, process times, inventory levels, equipment status, raw material consumption, and more.

② Large volume (대용량)

- Manufacturing industries engage in large-scale production, leading to the generation of significant amounts of data. This is categorized as big data or large-scale data.

③ Real-time (실시간)

- Manufacturing data is generated in real-time and continuously updated during the production process.
- This data plays a crucial role in real-time monitoring and control.

④ Complexity (복잡성)

- Manufacturing data involves interactions among various variables related to processes, equipment, raw materials, products, and human resources.
- These intricate relationships can make data analysis and modeling challenging.

Characteristics of manufacturing data

⑤ Quality management (품질관리)

→ Manufacturing data plays a pivotal role in monitoring and managing product quality. Metrics such as defect rates and quality-related indicators are part of this data.

⑥ Prediction and optimization (예측 및 최적화)

→ Data analysis of manufacturing data enables prediction and optimization of production processes. For instance, it can be used for minimizing inventory, improving production line efficiency, and forecasting demand.

⑦ Security and confidentiality (보완과 기밀성)

→ Manufacturing data may contain sensitive and confidential information.

→ Data security is a crucial consideration.

⑧ Data quality (데이터 품질)

→ Accurate and reliable data are essential for prediction and optimization.

Characteristics of manufacturing data

특징	레벨	설명
다양성	높음	생산시 설비로부터 발생하는 다양한 종류의 데이터 Ex) 온도 센서로부터의 수치 데이터 비전 검사로부터의 영상 및 이미지 데이터 완제품 품질검사로부터의 진동 및 소리 데이터 * 기업별 설비환경의 차이로 데이터 포맷이 다양함
생산속도	빠름	전통 제조가 IT기술(센서)과 결합되면 생산데이터 정보가 초단위, ms 단위까지 빠르게 생산됨
크기	대용량	데이터가 빠르게 수집되는 만큼 축적되는 대용량의 제조데이터 셋이 만들어짐 Ex) (자동차 부품 제조업) 품질검사 머신비전 수행시 → 부품 용착 이미지 데이터 370 TB/yr (화학 제조업) 실시간 이상 탐지, 공정 데이터 수집: 100 GB/day (프레스 금형 제조업) 공정 데이터 수집: 100 GB/day
보안 이슈	높음	각 기업의 제조 노하우나 영업비밀이 집적되어 있음

Key AI technologies for industry 4.0

High performance computing tech.

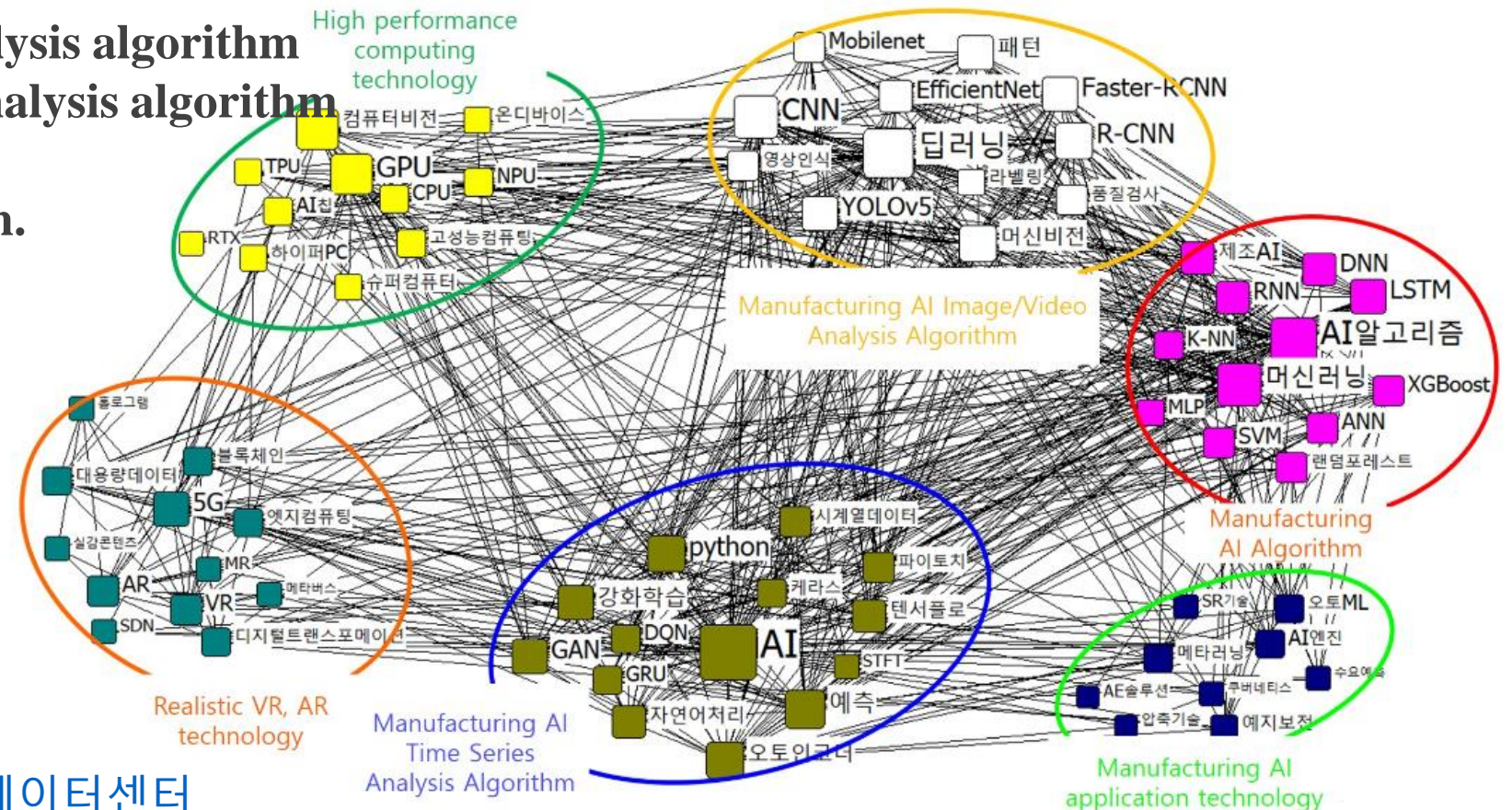
Realistic VR, AR tech. → metaverse, digital twin

Manufacturing AI time series analysis algorithm

Manufacturing AI image/video analysis algorithm

Manufacturing AI algorithm

Manufacturing AI application tech.



Manufacturing AI applications



Technical perspective

- AI Predictive Maintenance (예지보전)
- AI Quality Control (품질검사)
- Manufacturing AI dataset management (제조AI 데이터셋 관리)
- ManufacturingAI Metaverse Factory (제조AI메타버스 팩토리)



Business perspective

- Cost optimization (비용최적화)
- Demand forecast (수요예측)
- Cyber Physical Production System (사이버 물리 생산 시스템)
- Supply Chain Optimization (공급사슬 최적화)

Manufacturing AI solution and infra

To offer manufacturing AI technology in a service platform that can be practically utilized in manufacturing environments, such as factories.

→ Manufacturing AI solution and infra !!

Problem		Solution
정보 과잉 문제 (대규모 제조데이터 획득) Information fatigue syndrome	→	AI 솔루션(Software)이 해결
인프라 문제	→	HPC, GPU, Storage (Cloud)

Advanced manufacturing country-Germany

HLRS (The High Performance Computing Center Stuttgart)

- A supercomputing center specialized in manufacturing
- Stuttgart : Automotive manufacturing hub in Germany
- ‘HAWK’ : national-level supercomputer system
 - Ex) PORSCHE: modeling & simulation for aero-dynamics



[HLRS High Performance Computing Center Stuttgart: Simple Language](#)

Purposes of manufacturing AI

Manufacturing AI : A type of software that can make autonomous decisions within a factory.

Purpose:

→ **Technical perspective (기술 관점 제조 AI 적용 목적)**

- **Early detection of equipment abnormalities (장비 이상 조기탐지)**
- **Real-time quality process control (실시간 품질 공정 제어)**
- **Detection/diagnosis of quality abnormalities (품질 이상 탐지/진단)**
- **Optimization of equipment operation (장비운영 최적화)**

→ **Business perspective (경영 관점 제조 AI 적용 목적)**

- **Demand prediction and inventory management (수요예측 및 재고관리)**
- **Price optimization (가격 최적화)**
- **Product development (제품개발)**
- **Supply chain optimization (공급망 최적화)**

[Tech.] Early detection of equipment abnormality

1. 사람이 진단하듯이 AI가 기계를 진단하여 고장, 장애를 선제적으로 예측하는 것
 - 설비에서 발생하는 진동, 전류, 속도, 초음파, 윤활, 열화상, 전기 분석 등 AI 분석 목적에 맞게 다양한 제조 데이터 활용
2. 설비 예지보전 (PDM, Predictive Maintenance)
 - 회전 기계의 진동 데이터를 수집하고 분석을 통해 병든 기계를 진단, 사전 모니터링을 수행하고, 이상을 조기에 탐지하여 공장의 손실을 사전에 예방
3. 실제 국내 중소 제조업 적용 사례 (고원금속)
 - 무선진동센서를 통해 단조프레스 설비의 공정데이터를 수집하여 주파수 대역별 설비 진동 특성을 분석
 - AI 적용을 통해 단조 프레스의 고장 징후를 예측하여 장비 이상 조기탐지를 이끌어냄

[Tech.] Real-time quality process control

1. 공정에서 주어진 목적함수를 최적화하기 위한 매개변수를 물리적 모델이나 기훈련된 AI머신러닝 모델 등을 활용하여 탐색
2. 데이터가 더 많이 축적될 수록 주어진 제한 조건하에서 최적의 공정조건 탐색이 가능
 - 장비운용 조건과 원재료의 물성을 입력치로 하여, 생산되는 제품의 품질을 머신러닝을 통한 공정 최적화로 최적화
3. 실제 국내 중소 제조업 적용 사례 ((주)캠프)
 - 도금공정 데이터 (전류, 시간, 두께 등)를 수집하여 최적화 작업을 수행
 - 작업자의 감에 의존하는 생산방식이 아닌 AI기반 최적생산 도금공정 조건을 분석
 - 불량율을 32% → 5% 로 감소

[Tech.] Detection/diagnosis of quality abnormality

1. 생산된 제품의 품질을 영상, 진동, 소리 등의 제조데이터로 AI 분석, 정상범위에서 벗어난 것을 예측
2. 머신러닝 방법론은 물론 전통적 통계학 방법론에 기반하여 정상범위를 벗어난 이상 탐지를 통해 불량 검출
 - 다양한 센서에서 오는 진동데이터의 공분산 및 상관관계, 회귀분석, AI분석 등을 적용하여 품질 이상을 검출
3. 실제 국내 중소 제조업 적용 사례 (조선내화(주))
 - 내화물의 X-ray 검사 동영상을 이미지로 분할 수집하여 불량 검출을 위한 이미지 객체 인식 AI방법론을 도입
 - 기존의 작업자의 육안 검사 방식에서 AI 기반 자동 품질 이상 탐지/진단 방식 도입하여 검사 시간을 획기적으로 줄임

[Tech.] Optimization of equipment operation

1. 제조 공정에 활용되는 다양한 장비들을 모니터링 및 AI 분석을 수행 → 가동 시간 증가, 유지보수 비용 절감, 가동 중단 시간 발생 최소화 등의 작업을 최적화 하는 것
2. 장비 활용 간의 병목현상이 존재하는 지를 분석하고 개선할 방법을 찾는 데 활용
 - 다양한 공정과 장비를 활용하는 제조현장에서의 장비운영 효율 증대로 생산성을 높이고, 비용을 절감
3. 실제 국내 중소 제조업 적용 사례 (대명씨엔에스(주))
 - 내프레스서 설비에 대한 정확한 금형 교체 주기를 예측하기 위해 청진기 센서를 활용하여 소리데이터를 수집하고 소리 주파수 특성을 나타내는 스펙트럼을 분석
 - AI금형수명예측 모델 개발을 통해 프레스 설비 비가동 시간 최소화로 생산성 10% 향상 달성

Business perspective

1. Demand prediction and inventory management (수요예측 및 재고관리)
 - 계절적 수요패턴 분석을 통한 수요예측 모델을 구축하여 다품종 소량생산 체제에 마즈너 최적 주문량 도출 및 재고 부족 위험을 예방
 - 도넛 제조공장에서 기온, 습도, 냉음료 판매량 등의 빅데이터를 활용, 도넛 소비량을 예측할 수 있는 AI 분석 툴 개발
2. Price optimization (가격 최적화)
 - 실제적인 제약조건(가격 변동 횟수, 가격 변동의 최소양)에 AI 알고리즘을 적용하여 소매점 가격을 최적화
3. Product development (제품개발)
 - 원액기의 제품 개발 과정에서 스크류 압력 해석을 통해 최적 형상을 도출하여 착즙률 향상을 달성
4. Supply chain optimization (공급망 최적화)
 - 주문량 정보, 리드타임 정보를 활용하여 AI분석을 통해 총 재고 비용과 주문 만족율의 최적화 조건을 도출

실사례

(주)KEMP

[인공지능 중소벤처 제조 플랫폼 \(kamp-ai.kr\)](http://kamp-ai.kr)

조선내화(주)

[인공지능 중소벤처 제조 플랫폼 \(kamp-ai.kr\)](http://kamp-ai.kr)