

## 별첨2

## AI솔루션 세부 설명자료\_5

<b>AI 솔루션명</b>	<b>실시간 공정 관리 솔루션</b>														
<b>AI 솔루션 종류</b>	<input type="checkbox"/> 설치형 AI 솔루션 <input type="checkbox"/> AI SaaS 솔루션 <input checked="" type="checkbox"/> 기타 (기업 자체 서비스 솔루션)														
<b>AI 솔루션 인증서류</b>	<input type="checkbox"/> 자체 테스트결과서 <input checked="" type="checkbox"/> KOLAS 시험결과서 <input type="checkbox"/> 기타														
<b>AI 솔루션 활용 분야</b>	⑤ 기타 솔루션(어떤 분야인지 구체적인 기술 필요) : 실시간 공정 현황 분석 및 시각화, 불량 원인 파악, 불량 발생 예측														
<b>데이터 보유·수집 현황</b>	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:33%;">데이터 종류</th> <th style="width:15%;">데이터 개수</th> <th style="width:52%;">데이터 상세 내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>제조데이터 - 공정데이터 (압사출 공정 데이터)</td> <td>3개월간 공정 데이터</td> <td>- 실린더/냉각수/재가열 공정 온도 - 실내 온도 및 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)</td> </tr> <tr> <td>제조데이터 - 공정데이터 (화장품 원료 제조 데이터)</td> <td>2개월간 공정 데이터</td> <td>- 습식반응기 온도 및 pH - 실내 온도 및 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)</td> </tr> <tr> <td>제조데이터 - 공정데이터 (도금 공정 데이터)</td> <td>2개월간 공정 데이터</td> <td>- 전해탈지반응기 온도 및 pH, 전류 데이터 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)</td> </tr> </tbody> </table>			데이터 종류	데이터 개수	데이터 상세 내용	제조데이터 - 공정데이터 (압사출 공정 데이터)	3개월간 공정 데이터	- 실린더/냉각수/재가열 공정 온도 - 실내 온도 및 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)	제조데이터 - 공정데이터 (화장품 원료 제조 데이터)	2개월간 공정 데이터	- 습식반응기 온도 및 pH - 실내 온도 및 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)	제조데이터 - 공정데이터 (도금 공정 데이터)	2개월간 공정 데이터	- 전해탈지반응기 온도 및 pH, 전류 데이터 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)
데이터 종류	데이터 개수	데이터 상세 내용													
제조데이터 - 공정데이터 (압사출 공정 데이터)	3개월간 공정 데이터	- 실린더/냉각수/재가열 공정 온도 - 실내 온도 및 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)													
제조데이터 - 공정데이터 (화장품 원료 제조 데이터)	2개월간 공정 데이터	- 습식반응기 온도 및 pH - 실내 온도 및 습도, 이산화탄소, VOC, 미세먼지 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)													
제조데이터 - 공정데이터 (도금 공정 데이터)	2개월간 공정 데이터	- 전해탈지반응기 온도 및 pH, 전류 데이터 - 불량 발생 데이터 (Lot별 에러리스트)													
<b>사용 프레임워크</b>	Tensorflow, Keras, Matplotlib (Python)														
<b>사용 아키텍처</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>- 분석모델 (LSTM-AE)</p> <pre> Model: "sequential" ----- Layer (type)                Output Shape         Param # ----- Istm (LSTM)                  (None, 23, 128)     67584 Istm_1 (LSTM)                (None, 64)          49408 repeat_vector (RepeatVecto  (None, 23, 64)      0 r) Istm_2 (LSTM)                (None, 23, 64)      33024 Istm_3 (LSTM)                (None, 23, 128)     98816 time_distributed (TimeDist  (None, 23, 3)       387 ributed) ----- Total params: 249219 (973.51 KB) Trainable params: 249219 (973.51 KB) Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)           </pre> </div> <div style="width: 35%;"> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:30%;">종류</th> <th style="width:70%;">LSTM-AE (Auto Encoder)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>활성함수(activation)</td> <td>Relu</td> </tr> <tr> <td>손실함수(loss)</td> <td>mse (mean square error)</td> </tr> <tr> <td>최적화(optimizer)</td> <td>Adam</td> </tr> <tr> <td>학습률</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <p>- LSTM 입력용 시퀀스 생성</p> <pre> TIME_STEP=23 def sequences(x,y,time_steps=TIME_STEP):     xs,ys=[],[]     for i in range(len(x)-time_steps):         xs.append(x.iloc[i:i+time_steps].values)         ys.append(y.iloc[i:i+time_steps].values)     return np.array(xs), np.array(ys)  X_train, Y_train = sequences(ok_train[['pH','Temp','Current']],ok_train[['pH','Temp','Current']]) X_train           </pre>			종류	LSTM-AE (Auto Encoder)	활성함수(activation)	Relu	손실함수(loss)	mse (mean square error)	최적화(optimizer)	Adam	학습률	0.01		
종류	LSTM-AE (Auto Encoder)														
활성함수(activation)	Relu														
손실함수(loss)	mse (mean square error)														
최적화(optimizer)	Adam														
학습률	0.01														

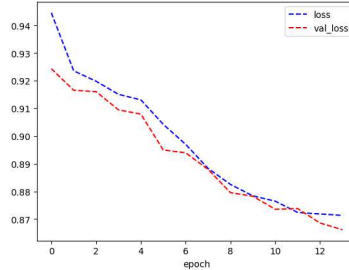
학습데이터  
결과서/  
테스트데이터  
결과서

- AI 모델 학습 (학습 데이터)

```
Epoch 1/15
1021/1021 [=====] - 42s 36ms/step - loss: 7.6957 - val_loss: 0.8902
Epoch 2/15
1021/1021 [=====] - 35s 35ms/step - loss: 0.8709 - val_loss: 0.8466
Epoch 3/15
1021/1021 [=====] - 36s 35ms/step - loss: 0.8505 - val_loss: 0.8534
```

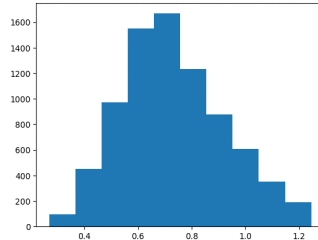
Epoch(반복횟수)	15
Batch (입력데이터 개수)	32
검증 데이터 비율	0.2(20%)

- 손실함수 (loss Function)



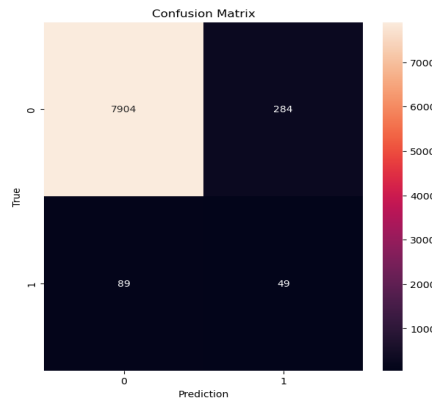
- Reconstruction Error 분포 (테스트 데이터)

	pH_error	Temp_error	Current_error	reconstruction_error	NG
count	8.326000e+03	8.326000e+03	8.326000e+03	8.326000e+03	8326.000000
mean	2.471758e+07	2.418723e+07	1.784361e+07	2.471758e+07	0.016575
std	5.181502e+08	5.919675e+08	4.409666e+08	5.181502e+08	0.127679
min	7.229659e-01	6.121820e-01	4.118836e-01	7.229659e-01	0.000000
25%	2.120431e+00	2.059377e+00	1.008042e+00	2.120431e+00	0.000000
50%	2.696764e+00	2.545516e+00	1.262730e+00	2.696764e+00	0.000000
75%	3.819999e+00	3.593484e+00	2.110160e+00	3.819999e+00	0.000000
max	2.349589e+10	3.634321e+10	3.209977e+10	2.349589e+10	1.000000



\*\*threshold(임계값) 설정 : 실제 테스트용 데이터의 불량 분포가 2%이므로, 임계값(thr)을 상위 96%으로 설정함

- 오차 행렬 (테스트 데이터)



TN(True Negative)	7904
FN(False Negative)	284
TP(True Positive)	49
FP(False Positive)	89

- 성능평가 (공정 데이터를 활용한 불량 발생 예측)

```
Recall=TP/(TP+FN)
Precision = TP/(TP+FP)
Accuracy=(TP+TN)/(TP+FP+FN+TN)
F1_Score=2*(Recall*Precision)/(Recall+Precision)
Accuracy, Recall, Precision, F1_Score
```

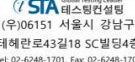

```
(0.9552005765073265,
0.9653150952613581,
0.9888652570999624,
0.9769482726654718)
```

정확도(accuracy)	예측률(Precision)	재현율(Recall)	F1 score
0.955	0.988	0.965	0.976

- 공인 시험 성적서 (KOLAS 공인시험기관)

※ '공정 데이터를 활용한 불량 발생 예측 시스템'에 대한 공인 시험을 진행하였으며, 불량 예측 AI 모델에 대한 성능은 시험 결과 중 3번 항목을 참조

시험 성적서

 STA 테스팅컨설팅 (우)06151 서울시 강남구 테헤란로43길18 SC빌딩4층 Tel: 02-6248-1701, Fax: 02-6248-1702		접수번호 : 23-#01-C047 성적서번호: 23-C047-01 페이지: ( 4 ) / 총 ( 17 )	 STA STA ICT 시험인증 연구소 STA ICT Testing & Certification Lab
<h3>시험 결과 요약</h3>			
No.	시험항목	신청기관 기준	시험결과
1	(*)PH/온도 측정 정확도	PH측정 오차 ±0.25이내 온도측정 오차 ±2.25이내	적합 (오차 범위내 만족 PH4.0 평균 3.94 PH10 평균 10.01 온도100°C 평균99.4°C)
2	(*)PH/온도 측정 속도 (응답시간)	1초이내	적합 (평균 0.12초)
3	(*)빅데이터 분석 알고리즘 정확도(AI 예측 정확도)	Accuracy: 95% 이상 F1-Score : 95% 이상	적합 (Accuracy: 95.5% F1-Score 97.7%)
※ 본 성적서에 명시된 시험 결과는 신청기관이 제시한 시험 대상, 시험 환경 및 시험 방법에 국한된 결과입니다.			



KOLAS 공인시험기관 인정서

에스티에이테스팅컨설팅



인정번호: KT937  
 법인등록번호: 110111-3843920  
 (또는 고유번호)  
 사업장소재지: (소재지)서울특별시 강남구 테헤란로43길 18  
 최초인정일자: 2021년 04월 01일  
 인정유효기간: 2021년 04월 01일 ~ 2025년 03월 31일  
 인정분야 및 범위: 별첨  
 발행일: 2022년 06월 02일

상기 기관을 국가표준기본법 제23조, 적합성평가 관리 등에 관한 법률 제8조 및 KS Q ISO/IEC 17025:2017에 의거하여 KOLAS 공인시험기관으로 인정합니다. 또한 ISO-ILAC-IAF 공동성명에 언급된 바와 같이 인정된 분야 및 범위에 대한 기술적 능력과 시험기관의 품질경영 시스템이 적절함을 인정합니다.



한국인정기구(KOLAS)는 국제시험기관인정협력체(ILAC)의 상호인정협정(MRA) 서명기관입니다.

시험 결과

 STA 테스팅컨설팅 (우)06151 서울시 강남구 테헤란로43길18 SC빌딩4층 Tel: 02-6248-1701, Fax: 02-6248-1702		접수번호 : 23-#01-C047 성적서번호: 23-C047-01 페이지: ( 11 ) / 총 ( 17 )	 STA STA ICT 시험인증 연구소 STA ICT Testing & Certification Lab
<h4>5.3 시험항목 (*)</h4>			
시험목적	빅데이터 분석 알고리즘 정확도 ( AI 예측 정확도)		
시험도구	Anaconda Python3.11	시험 반복 수	1회
시험절차	1) 데이터셋 분할 준비된 데이터 셋을 훈련데이터와 테스트 데이터로 나눈다 (훈련데이터 80%, 테스트 데이터 20%) 검증데이터는 Cross Validation 2) 훈련 데이터를 활용한 분석 모델 학습 훈련데이터로 AI 분석 모델(인공신경망 모델)을 학습시킨다 3) 테스트 데이터를 활용한 분석 모델 예측 정확도 평가 -테스트 데이터를 학습된 분석 모델에 입력하여 결과를 예측 예측한 결과과 실제 결과를 비교하기 위해 오차 행렬을 만들어 시각화 한다 -오차행렬을 기반으로 정확도(Accuracy)와 조화 평균 (F-1 Score)을 계산하여 예측정확도를 확인한다.		
시험결과 데이터	$TP = \text{conf\_matrix}[0][0]$ $FN = \text{conf\_matrix}[0][1]$ $FP = \text{conf\_matrix}[1][0]$ $TN = \text{conf\_matrix}[1][1]$ $\text{Recall} = TP / (TP + FN)$ $\text{Precision} = TP / (TP + FP)$ $\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)$ $F1\_Score = 2 * (\text{Recall} * \text{Precision}) / (\text{Recall} + \text{Precision})$ $\text{Accuracy, Recall, Precision, F1\_Score}$ (0.9552006765073265, 0.9653150952613581, 0.9888652570899624, 0.9769482726654718)		
시험기준	Accuracy 95% 이상 , F1-Score 95% 이상		
시험결과	Accuracy 95.5% , F1-Score 97.7%		

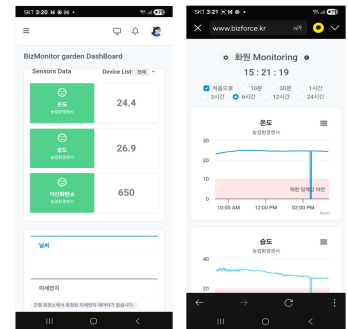
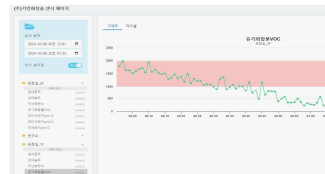
※ 해당 솔루션은 수요기업의 필요에 따라 기초적인 데이터 수집부터 클라우드 기반 실시간 현황 모니터링, 불량 원인 분석 및 예측 등을 One-Package로 제공할 수 있음

① 실시간 공정 현황 분석 및 시각화



[터치화면을 포함한 온도 및 pH 로거]

[온도 데이터 로거 설치]



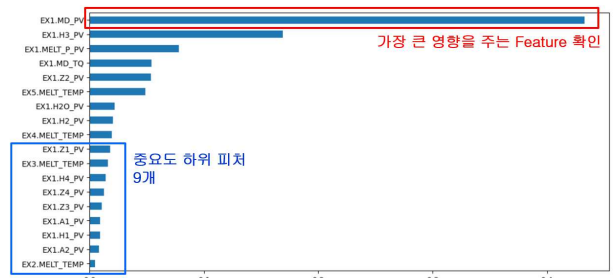
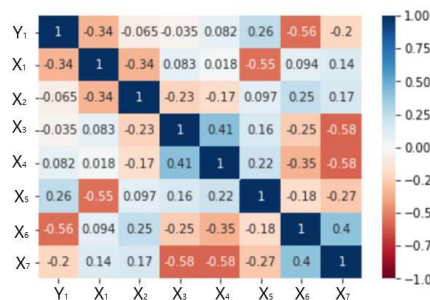
[모바일 모니터링]

[실시간 모니터링 현황 PC 화면]

: 제조 현장에서 각종 센서와 무선 전송장치, 생산관리 프로그램 등으로 다양한 공정 데이터들을 수집하고, 다양한 방법으로 이를 분석 및 시각화하여 실시간으로 공정 현황을 모니터링

② 불량 원인 분석

: 제품의 생산에 영향을 주는 다양한 공정 데이터들을 장기적으로 수집하여 저장하고, 이를 대규모로 분석하여(빅데이터 분석) 불량 발생에 영향을 주는 주요 요인들을 찾아내도록 함



[상관성 분석(왼쪽) 및 특성 중요도 파악(오른쪽)을 활용한 불량 원인 분석]

AI 솔루션  
세부 설명

## 빅데이터 분석

### 일반 통계 분석

상관분석, 회귀분석,  
z-분포, t-분포, ....

### 머신러닝 분석

NBC, HMM, K-Maens,  
k-NN, SVM, ...

### 딥러닝 분석

DNN, CNN, RNN,  
LSTM, AE, .....

[다양한 불량 원인 분석 방법]

### ③ 불량 발생 예측

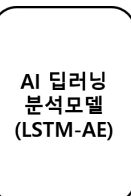
: 수집된 공정데이터 및 품질 데이터(불량 발생 데이터)를 바탕으로 분석 모델을 학습하고, 학습된 모델을 바탕으로 새로운 데이터가 입력되었을 때, 해당 공정에서 불량이 발생할지를 예측하여 관리자가 이를 사전에 인지하고 대응할 수 있도록 함

자동 수집된 공정 데이터

- 날짜/시간  
- 공정 pH  
- 공정 온도  
- 실내 환경  
온도, 습도,  
미세먼지 등

시스템 입력 데이터

- 불량 데이터  
불량 발생 LOT



데이터 학습

과거의 공정 데이터들로  
분석 모델을 학습 후,  
어떤 데이터가 불량 발생에  
영향을 주는 요인인지 탐색

→ 해당 요인들을 제어하여  
불량 발생을 낮추도록 함

[분석 모델 학습 예시]

자동 수집된 공정 데이터

- 날짜/시간  
- 공정 pH  
- 공정 온도  
- 실내 환경  
온도, 습도,  
미세먼지 등



학습된 분석 모델

학습된 분석 모델이  
현재의 공정 데이터를 분석하여,  
불량 발생을 예측

→ 불량 발생 예측 시,  
관리자가 이를 사전에 인지하고 대응

[학습된 분석 모델을 바탕으로 한 불량 발생 예측 예시]

첨부

시솔루션 추가 설명자료

지식재산권 등록 및 인증 현황

① 특허 출원 및 저작권 등록 현황

- 관련 특허 1건 등록 : 스마트 공장용 모니터링 시스템 및 이를 이용한 모니터링 방법
- 관련 저작권 4건 등록 : 제조 공정 및 환경 모니터링 프로그램 / 진동 모니터링 시스템 / 멀티 게더링장치 수신모듈 / 실시간 모니터링 기반 자동 온오프 모듈 / Unity(유니티) 개발환경에서 디지털 트윈 모니터링 시스템을 위한 실시간 시각화



[스마트 공장용 모니터링 시스템 및 이를 이용한 모니터링 방법]





## ② 대외 인증 현황

- 2021년, 2022년, 2023년, 2024년 우수기술기업 인증  
(머신러닝 기법을 적용한 자동화라인 분석 및 오류검출 시스템 구축 기술)

