

First Project

DBL LCCA 기반 반도체 FAB Sub-component 운영 최적화



2023. 06. 19 ~ 2023. 09. 07
(4인 팀 프로젝트)

Allied SW Academy of Companies (ASAC)
SK하이닉스 기업 연계 팀 프로젝트 1위 [우수상]



기획의도

기존의 Life-Cycle Cost Analysis(LCCA) 연구는 활발히 진행되고 있지만, 반도체 설비 분야에서 Double Bottom Line(DBL) Cost를 고려한 LCCA는 연구가 부족하기에 이를 실제 업무 프로세스에 적용시켜 최적화를 이루기 위함

역할

데이터 전처리, EDA, 고장예측, 평가지표 개발

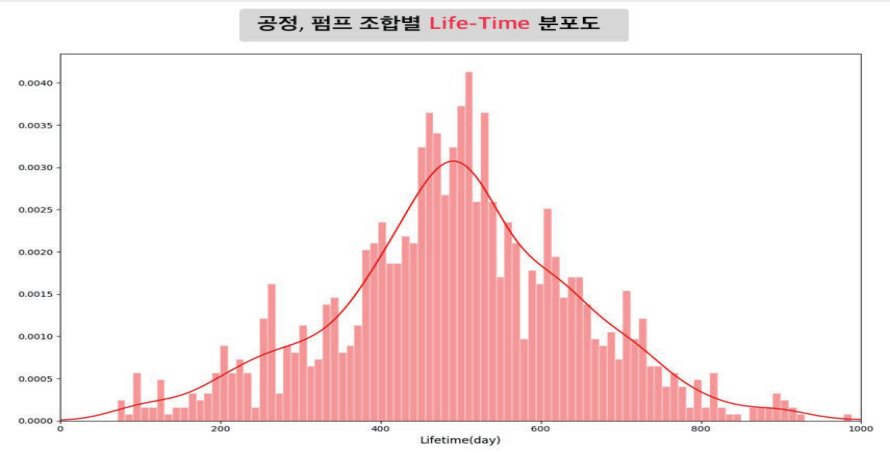
데이터셋

Pump History Data, Pump Life-Cycle Data, Pump Spec Data, Pump Utility Cost Data, Pump Repair Cost Data

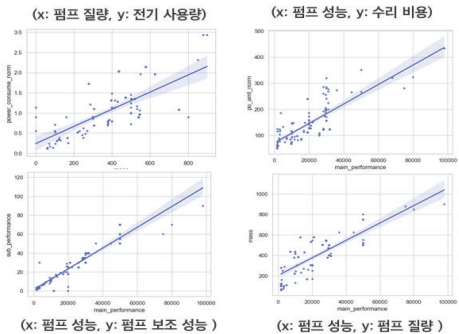
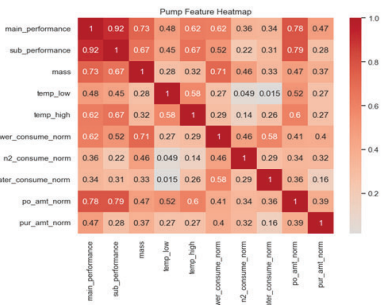
결과 및 리뷰

실제 고장 이력을 바탕으로 최적화를 진행한 경우와 고장예측 모델을 바탕으로 최적화를 진행한 경우 모두 유사한 경향을 보임에 따라 고장 예측 모델이 Trend를 예측하는 것으로 확인하였으며, 추후에 본 모델을 통해 업무 프로세스를 진행했을 때, 전체 운영 Cost가 감소하는 방향으로 최적화가 될 것임을 검증함

발표영상 : <https://www.youtube.com/watch?v=9SAdDsayPHQ>



2. 수리 비용, Utility 사용량의 결측치 처리



탐색적 분석을 통한 선형 회귀, 휴리스틱 기법을 통해 수리 비용, Utility 사용량의 결측치 처리

Utility: 펌프를 가동하는데 필요한 가스, 전기, 물과 같은 요소

전처리

모든 Pump의 고장, 수리, 장착 등의 이력이 포함된 ERP Data를 바탕으로 최적화 이론에 필요한 상태들을 정의하고 5가지 단계로 통합하여 분류

Cost Function Modeling

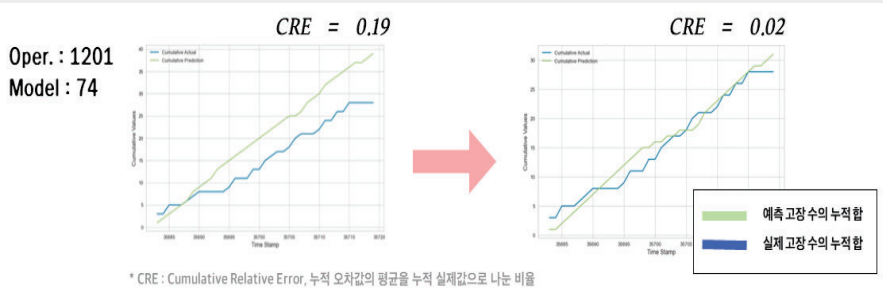
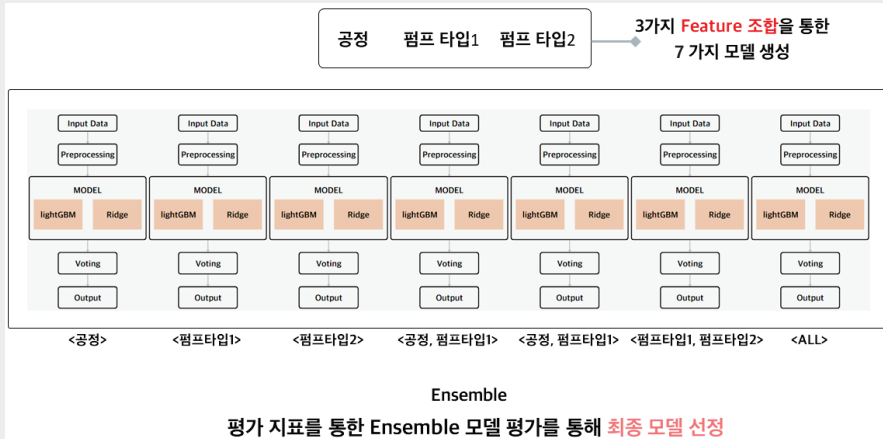
비용 Table과 Utility의 사용량, 수리비용, Lifetime 등을 합쳐서 EV¹⁾와 SV²⁾의 Cost Function을 산출하고, 두 가지 비용을 합친 DBL Cost 산출식을 이용해서 ‘공정~펌프모델’ 조합의 DBL Cost Table을 형성

1) EV : Economic Value 2) SV : Social Value

Pump Mix Function

Pump Spec. Data를 바탕으로 각 모델별 펌프의 메인 퍼포먼스와 옵션 등을 고려하여 호환 가능한 펌프들을 분류하고 공정별 고장 수와 펌프 모델별 재고 수에 따른 제약 식을 만들고, 고장이 발생한 펌프들을 대체할 펌프들의 Cost Minimization 수식을 만들어서 DBL Cost를 최적화

First Project DBL LCCA 기반 반도체 FAB Sub-component 운영 최적화



$$CRE = \frac{1}{T} \cdot \frac{\sum_t \sum_t^T |F_a(t) - F_p(t)|}{\sum_t F_a(t)}$$

- CRE : Cumulative Relative Error
- T : 시간
- F_a : 실제 고장난 펌프 수
- F_p : 고장 예측 값

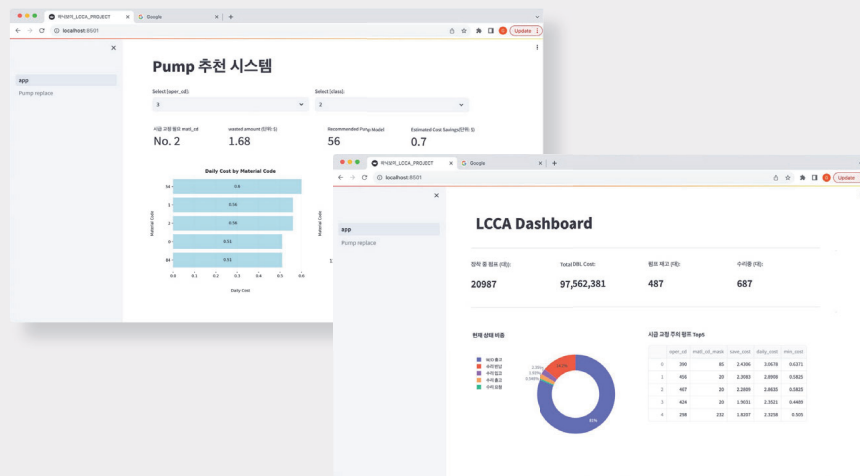
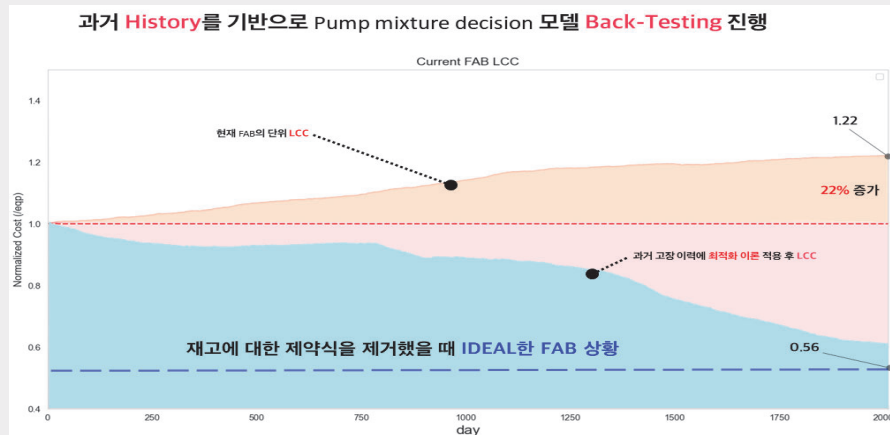
고장 예측 모델

Column이 많은 비선형 데이터에 적합한 Tree 기반의 모델 중, 대규모 데이터 처리에 적합한 Light GBM 모델을 사용하고 Overfitting을 방지하기 위해서 Ridge Regression 모델을 Voting한 뒤, 이력이 적은 특정 공정 및 장비 데이터의 불균형을 해소하기 위해서 '공정/펌프타입1/펌프타입2'를 조합하여 총 7개의 모델을 앙상블 하고 평가지표를 통해 모델 평가 과정을 거쳐서 최종 모델 선정

평가 지표 개발

공정별 고장 스케일이 다르고 실제 고장 수가 0으로 나오는 데이터가 많은 특성상 기존의 회귀 모델 성능을 측정하기 위한 RMSE, MAPE 등의 지표로는 모델의 성능을 측정할 수 없다고 판단하여, 고장 개수에 대한 Trend를 따라가는 것이 모델 정합도의 평가 기준이 되도록 '누적 상대 오차 (Cumulative Relative Error, CRE)'를 정의하고 평가 지표로 선정

First Project DBL LCCA 기반 반도체 FAB Sub-component 운영 최적화



최적화 이론 적용

‘선형 계획법(Linear Programming, LP)’을 사용하여 LCCA를 고려하지 않고 설계한 Cost Function을 기반으로 Back Testing을 진행할 경우, DBL Cost가 5년간 약 20% 증가하였고, LCCA를 고려한 Pump Decision Model을 적용할 경우, 기존대비 DBL Cost가 5년간 약 30% 감소하는 것을 확인함

대시보드 제작

SK하이닉스 현업자가 업무에 적용할 수 있도록 고장 예측을 통해서 공정별로 특정 펌프가 총 몇 대 고장이 발생할 것인지 예측하여 비용절감이 큰 펌프 리스트 Top 5를 표시하고 재고를 확보해 놓아야 하는 펌프들의 정보를 대시보드 형태로 구현