



2025학년도 1학기 SW 캡스톤디자인 경진대회

식품유통 품질/ 안전성 확보를 위한 미래 온도 예측 기법 개발

팀 명 수정과
지도교수 윤수경

팀 원 김새얀(it지능정보공학과, 4학년), 이효선(it지능정보공학과, 4학년),
임재현(화학과, 4학년), 최현수(it정보공학과, 4학년)
산업체 한국산업기술시험원, 한국식품연구원

개발 동기 및 목적

최근 콜드체인 시스템을 통한 식품 유통이 증가함에 따라, 식품의 품질과 안전성을 보장하기 위해 온도 관리가 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 그러나 현재의 온도 모니터링 시스템은 주로 사후 관리 중심으로 작동하고 있으며, 실시간으로 온도 변화를 예측하거나 대응하는 데에는 한계가 있다.

이에 따라, 식품 유통단계에서의 온도 예측을 위한 인공지능 알고리즘을 개발하여, 보다 정교하고 효율적인 온도 관리 시스템인 스마트 콜드체인 시스템을 구축하는 것이 목적이다. 이 시스템을 활용하면 식품 폐기율을 줄이고 신선도 보장 및 물류 효율성을 극대화할 수 있다

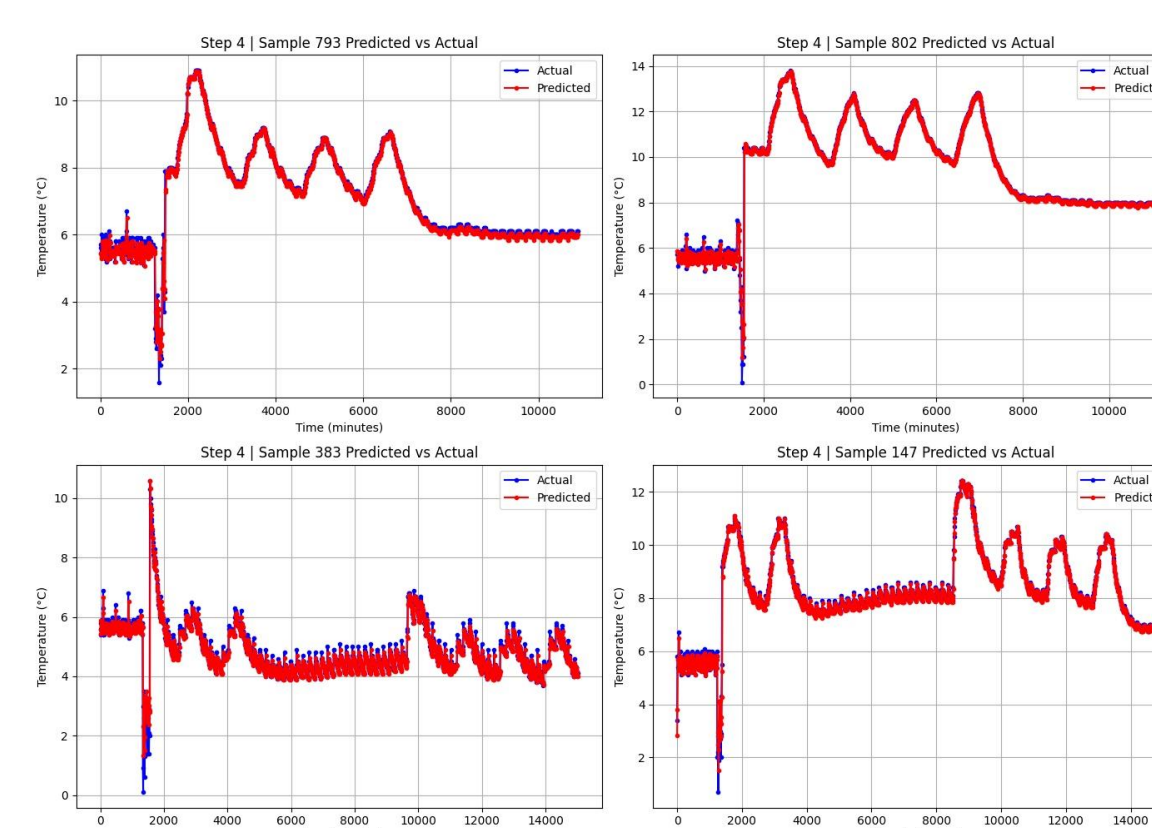
주요 기술

- 시계열 예측 모델(LSTM, BiLSTM, XGBoost)
 - 식품 유통 과정에서의 시간 순서 데이터를 분석하고, 미래 온도를 예측하기 위해 다양한 시계열 예측 모델을 구현
 - LSTM과 BiLSTM은 딥러닝 기반의 시계열 예측에 적합한 구조로, 장기 패턴 학습에 강점을 가짐
 - XGBoost는 빠르고 안정적인 머신러닝 모델로, 학습 시간 대비 높은 성능을 보임
- 데이터 전처리 및 이상값 대응
 - 정온 유통 과정의 온도 데이터를 정규화하고, 결측값이나 이상값을 처리
 - 푸리에 기반 보간(Fourier Transform)을 활용하여 부족한 데이터를 보완
- 실시간 대시보드 구현 (Streamlit)
 - 예측 결과를 시각적으로 확인할 수 있는 사용자 대시보드 구축
 - 예측 실행, 결과 확인, 구간 선택 등의 기능 제공
- 서비스 파이프라인 구성
 - 데이터 업로드 → 모델 선택 → 예측 수행 → 결과 시각화 → 대응 시나리오 도출까지 이어지는 전체 흐름을 자동화
 - Colab 학습 모델과 Streamlit 시각화를 연동하여 실시간 처리가 가능하도록 설계

개발 내용

- 식품 유통 단계별 온도 데이터를 수집하고, 정제 및 전처리 과정을 수행
- Fourier 보간 기법을 활용하여 이상치나 결측 데이터를 보완
- LSTM, BiLSTM, XGBoost, ARIMA 모델을 사용해 4단계별 시계열 예측 모델 구축
- 모델 학습을 위해 윈도우 슬라이싱 방식 적용, 정규화 및 역정규화 로직 설계
- 다양한 epoch 수에 따른 성능 실험 수행
- 학습된 모델을 기반으로 Streamlit 대시보드 구축하여 결과 실시간 시각화 및 사용자 인터페이스 구현

결과 및 분석



사용 모델	RMSE	MSE	R ²
XGBoost	0.31175	0.09714	0.99672
ARIMA	0.37018	0.13692	0.99543
LSTM(epoch 5)	0.31931	0.10193	0.99659
LSTM(epoch 10)	0.31823	0.10123	0.99661
LSTM(epoch 15)	0.31743	0.10073	0.99663
BiLSTM(epoch 5)	0.31841	0.10137	0.99661
BiLSTM(epoch 10)	0.31764	0.10092	0.99663

- 세 가지 모델(LSTM, BiLSTM, XGBoost) 중 XGBoost 모델이 가장 안정적이고 우수한 예측 성능(RMSE: 0.31175, R²: 0.99672) 을 보임
- BiLSTM은 정확도는 높았으나 학습 시간이 길고 구현 복잡도가 높음
- 시각화 결과를 통해 사용자에게 직관적인 피드백 제공 가능
- 최종적으로, 스마트 콜드체인 시스템의 기반이 될 수 있는 예측 기반 온도 관리 시스템 구현에 성공