

시 기반 물공급 시스템내 동파위험 조기경보를 위한 AI모델 개발 연구

(Development of an AI-based Early Warning System for Water Meter Freeze-Burst Detection Using AI Models)

이소령, 장현준, 이진욱, 김성훈(K-water)



1. 연구배경 및 목적

연구배경

- ① 동파로 인한 계량기 교체 비용, 누수, 단수 등 사회적 문제
- ② 기존 동파 방지 노력 및 한계
 - 구조적·비구조적 대책
(구조적) 동파방지형 계량기 설치 → 비용발생
(비구조적) 기상청의 동파지도알림서비스 → 변수활용 한계
 - IoT온도센서 시범설치
'22.01부터 IoT온도센서 설치 및 동파 위험 알림 지도 제공 중
→ 22개 지역(110개)에 한정, 전국 서비스로서 한계

동파 예보 기준

구분	관심	주의	경계	심각
온도	-5℃ 초과	-5℃ ~ -10℃	-10℃ ~ -15℃	-15℃ 미만

연구목적

- (가상센서) IoT온도센서 기반의 가상센서 개념 도입
- (AI모델개발) IoT온도센서와 가상센서를 혼합한 하이브리드형 방식의 동파위험 조기경보 AI모델 개발

2. 모델 개발 프로세스

① 데이터 선정

구분	독립 변수(X _n)										종속 변수(Y)
	기본 특성 자료 (*시간변동 없음)					기상청 자료 (*시계열 자료)					환경부(자체)
	위/경도	고도	음/양지	보온재	외기	부온	강수	량	풍속	습도	계량기온도

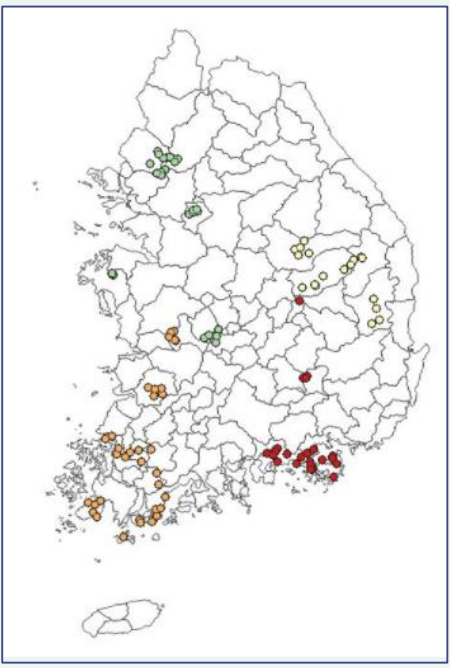
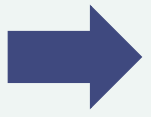
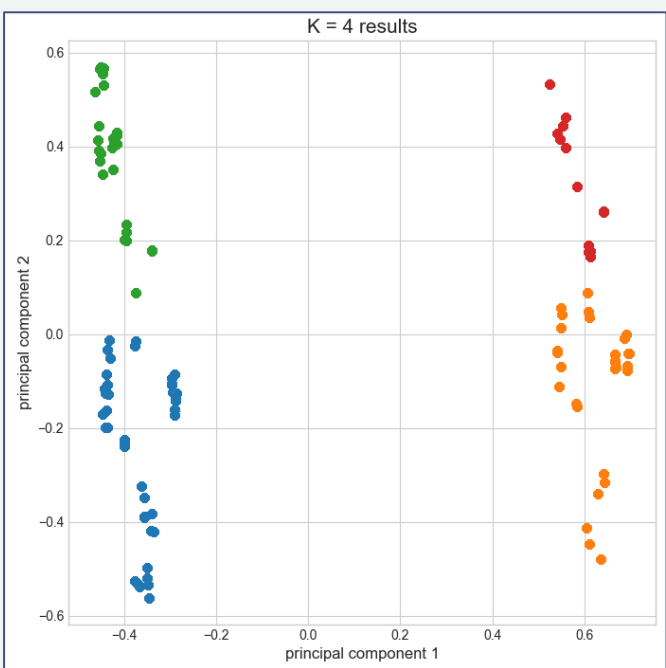
- 독립변수
 - 고정자료 : 위도, 경도, 고도, 음/양지, 보온재 (수도계량기함 위치, 환경별 가설 설정 및 검증 후 선정)
 - 시계열자료 : 기온, 강수량, 풍속, 습도 (기상청)
- 종속변수
 - 수도계량기함 내부 실측 온도 데이터 (IoT센서)

② 전처리 및 군집화

- 결측치, 이상치 제거
- Scaling

③ 분류 / 군집

- 차원축소(PCA)
 - 4개 변수(위도,경도,고도,보온재여부) → 2개 변수
- 군집화(K-means)
 - 2개변수로 군집화 진행, 최적의 K=4
 - 군집의 특성은 지역별 구분과 유사



④ 학습/예측

- 데이터분리
 - 학습 데이터 : 테스트 데이터 = (90% : 10%), (80% : 20%)
- 회귀분석
 - (RF) Random Forest
 - (GBM) Gradient Boosting Machine
 - (SVR) Support Vector Regression

⑤ 최적화

- K값
 - 1~7까지 확인, K=4 최적
- Scaler 선택
 - MinMax와 Standard 비교 후, StandardScaler 선택
- 모델 비교 후 최종모델 선정

3. 결론

- RandomForest 회귀모델 선정
 - 모든 지표에서 랜덤 포레스트(RF) 모델이 적합

구분	R ²	MAE	MSE	RMSE
RF	0.8803	0.9882	2.1448	1.4645
GBM	0.7594	1.5814	4.3115	2.0764
SVR	0.6285	2.0263	6.6586	2.5804

- 평균 결정계수 0.85내외, 오차 0.9℃ 수준

구분	R ²	MAE	MSE
그룹 0	0.8371	1.0426	2.4881
그룹 1	0.8871	0.8633	1.5145
그룹 2	0.8416	0.9917	2.2857
그룹 3	0.8622	0.9736	1.8786
전체	0.8570	0.9678	2.0417

- 알림 4개 기준 설정
 - 예측된 온도에 따라 양호·주의·위험·매우위험 4개의 기준 설정

구분	양호	주의	위험	매우위험
온도	-1℃ 초과	-1℃ ~ -3℃	-3℃ ~ -5℃	-5℃ 미만
알림 주기	없음	6시간이상 경과 시	2시간이상 경과 시	즉시

* K-water연구원 물에너지연구소 실험결과 활용

- 기대효과
 - IoT센서 미설치 지역 서비스 제공 가능 → 전국 288개 시군구 대상
 - 동파 예방 및 피해 최소화, 물절약 등

4. 결과 활용

- 수도계량기 동파위험정보 전국 서비스 시행
 - 개발된 AI모델을 활용, 2022년 10월부터 국가상수도정보시스템에서 동파위험정보 서비스 전국 단위 실행 중

