

2025년 제7회 K-디지털 트레이닝 해커톤 아이디어 개발 기획서

참가팀명	SinkSafe	
참가과제 (택 1)	○ 지정과제	지역 균형 발전을 위한 디지털 사회서비스 개발 ※ 고령화, 인구유출 등으로 인한 지역소멸 위기에 대응하여, 디지털 기술을 활용한 인구 유입·정착 유도, 생활 인프라 강화, 지역 활력 회복 등 실현할 수 있는 서비스 또는 플랫폼 개발
	● 자유과제	생성형 AI, 메타버스 등 첨단·디지털 기술을 활용한 서비스 개발
아이디어 명칭	SinkSafe : 싱크홀 위험 지역 탐지 및 예측 시스템	
관련분야 (직접 기재)	인공지능, 웹서비스	
1. 추진 배경		

1-1. 왜 SinkSafe가 필요한가

지반 침하와 싱크홀 사고는 도심 지역에서 반복적으로 발생하고 있지만, 현재의 지하안전 관리는 여전히 사고 발생 이후의 대응에만 머무르고 있는 실정입니다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 우리는 위성 기반 InSAR 분석 데이터와 상하수도 손상 분석 데이터를 결합하고, 여기에 AI 예측 기술을 적용한 자동화 탐지 시스템 **‘SinkSafe’** 를 기획하게 되었습니다.

1-2. 반복되는 침하 사고, 이제는 SinkSafe가 막아야 합니다

1-2-1. 지하안전 관리, 왜 선제적이지 못한가?

GPR 탐지범위 고작 '2m' ... 싱크홀 예방 실효성 논란

A. 손건우 기자 · © 기사출판 2025.06.16 08:49 · 00 댓글 0 · [+ more](#)

▲ 금주의 지형은 눈과 얼음에 물이 빙산처럼 떠다 서물시켜 서물공복은 금사현상 주변 금동환사를 하고 있다. (1) 세미프다인호

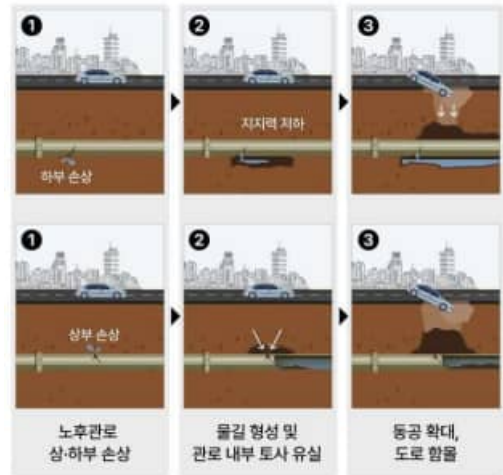
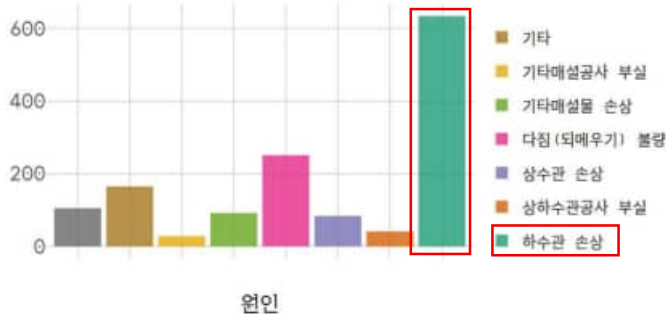
2022년 국정감사
연간 250건 싱크홀 발생하는데...
"전문 탐지인력은 고작 6명"



북쪽이 내린 지난 3월 31일 오전 서울 서초구대 한 도서관에서 삼삼오오 앞배책 풍경이다. 앞배를 읽다.

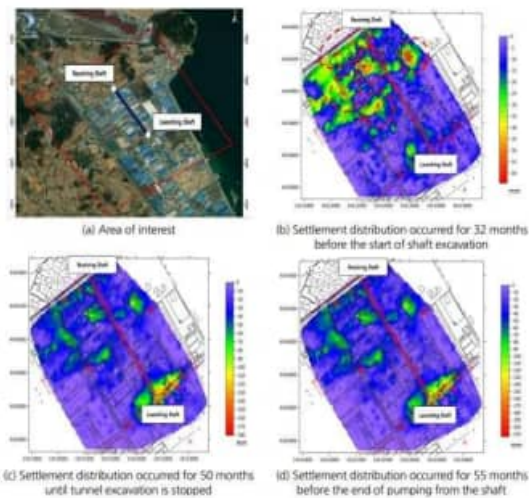
- 기존 GPR 기반 탐지 방식은 신호 감쇠, 구조물 간섭, 지하수 영향 등으로 인해 탐지 깊이와 정확도에 한계가 있으며, 지반 변화의 추적에도 취약합니다.
- 입력과 예산의 제약으로 광역 탐사가 어려워 사각지대가 계속 발생하고 있습니다.

1-2-2. 싱크홀은 왜 발생하는가?



- 지반 침하와 싱크홀 발생의 주요 원인은 노후하거나 손상된 상·하수도관, 부실한 시공입니다.
- 상·하수도관의 파손은 지하의 토사를 유실시켜 지반을 약화시키고, 이는 결국 싱크홀 발생으로 이어지게 됩니다.

1-2-3. InSAR데이터, 상하수도 손상 데이터



	acc_date	acc_loc	acc_reason	width	length	depth
9810	2025-03-05 오전 00:00	서울특별시 서대문구 북아현동 1017	하수관 손상	1	0.7	1.8
9110	2025-01-16 오전 00:00	서울특별시 강북구 미아동 793-43	하수관 손상	1	1	0.6
8510	2024-11-07 오전 00:00	서울특별시 동대문구 답십리동 111	하수관 손상	1.2	1.2	1
8310	2024-10-20 오전 00:00	전라남도 순천시 남경동 남경 3길 8	하수관 손상	1.5	1.5	1

- InSAR데이터 분석은 지반 침하의 공간적·시간적 변화를 고해상도로 추적함으로써, 육안으로 확인하기 어려운 선행 침하 현상을 조기에 탐지할 수 있습니다.
- 상하수도관에 대한 정보를 추가하여 싱크홀 발생 가능성을 보다 정밀하게 예측할 수 있습니다.

1-3. SinkSafe의 실무자 중심 해결 전략

SinkSafe는 위성 기반 InSAR 분석과 상·하수도 정보를 활용해 AI로 침하 위험 지역을 정량적으로 식별합니다. 웹 기반 지도와 필터링 기능을 통해 정보 탐색과 부서 간의 정보 공유를 쉽게 하고, 실무자의 판단을 보완하며 부서 간 협업을 원활하게 지원하는 ‘스마트 지하안전 관리 플랫폼’입니다.

2. 개발 목표 및 내용

2-1. 서비스 개요

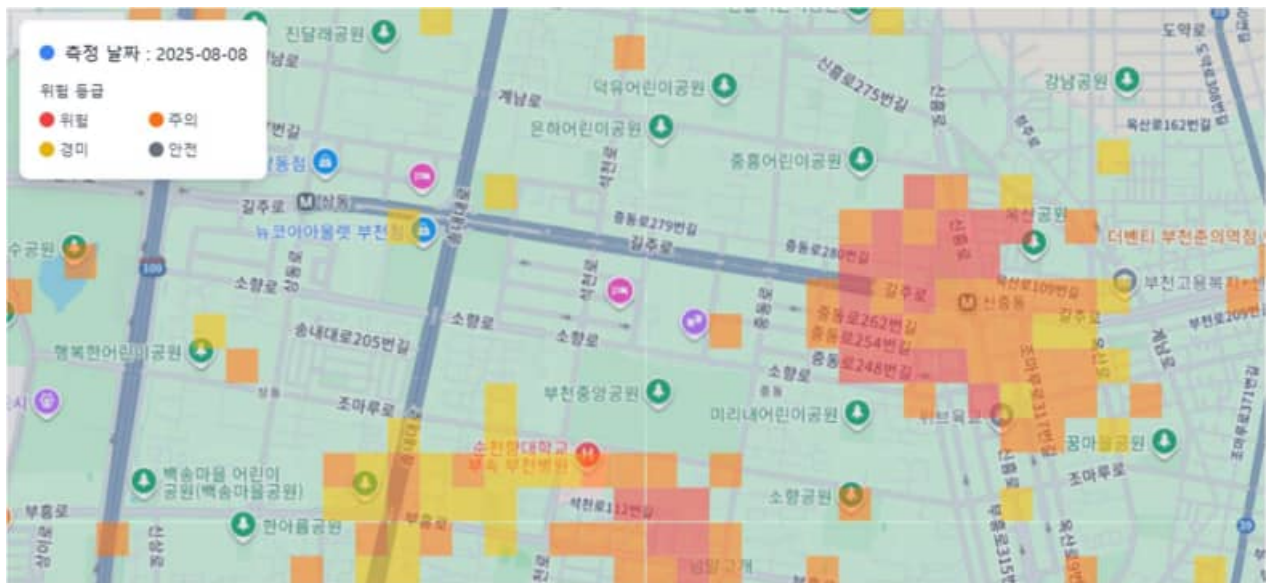
SinkSafe는 반복되는 도심지 싱크홀 사고에 대응하기 위해, 인공지능과 위성 데이터를 활용해 위험 지역을 사전에 식별하는 자동화 플랫폼입니다



2-2. 서비스 주요 기능

2-2-1. 복잡한 데이터 분석 없이도 '한눈에 보이는 위험지역'

- SinkSafe에 접속만 하면, AI가 자동으로 분석한 고위험 지역이 지도에 직관적으로 표시됩니다



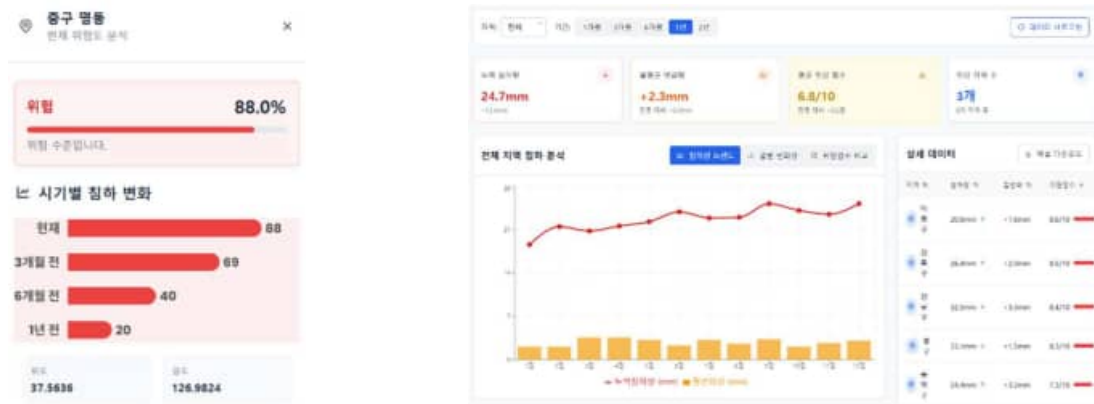
- 각 지역은 AI가 산출한 위험 점수를 기준으로 '안전', '주의', '경고', '위험' 등 4단계 안전등급으로 구분되어 표시되며, 사용자는 지도를 보기만 해도 어느 지역을 먼저 점검해야 할지 바로 판단할 수 있습니다.

2-2-2. 불필요한 시간 낭비 없이 '예측가능한 시기와 지역 선택'

- 관심 있는 지역이나 특정 시점을 선택하면, 그 시기의 침하 변화와 위험 분포를 바로 확인

2-2-3. '숫자'로 확인하는 지반 침하 트렌드

- 각 지역의 누적 침하량, 월별 변화, 위험 점수가 그래프로 제공되어 정량적인 판단 근거를 확보

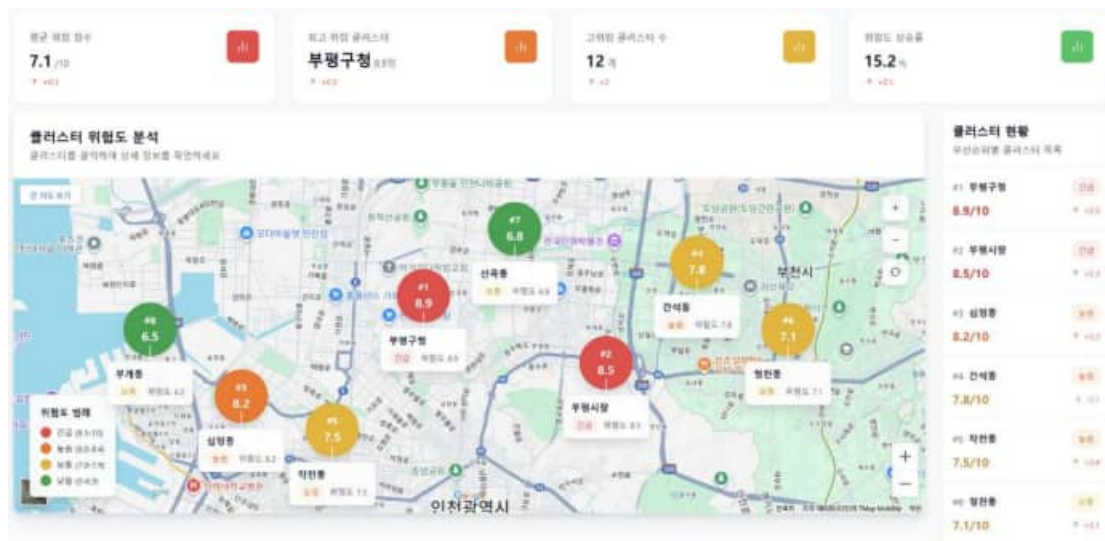


예측가능한 시기와 지역 선택

'숫자'로 확인하는 지반 침하 트렌드

2-2-4. 우선순위가 보이는 '위험 지역 규모 산정'

- SinkSafe는 위험 지역을 면 단위로 클러스터링하고, 우선 대응 지역을 추천합니다.



위험 지역 규모 산정

2-2-5. 실시간 SNS 모니터링

- SNS 크롤링을 통해 '싱크홀', '지반침하', '안전사고' 등의 키워드를 검색하여 실시간으로 공유되고 있는 싱크홀 관련 정보가 있는지 확인할 수 있습니다

실시간 SNS 모니터링

소셜 미디어에서 관련 키워드로 수집된 최신 정보

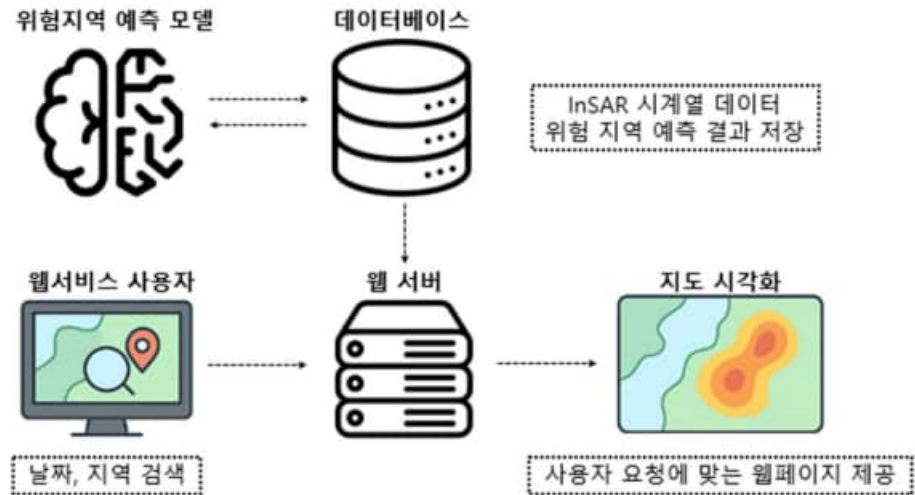
키워드: 싱크홀 ● 실시간 업데이트



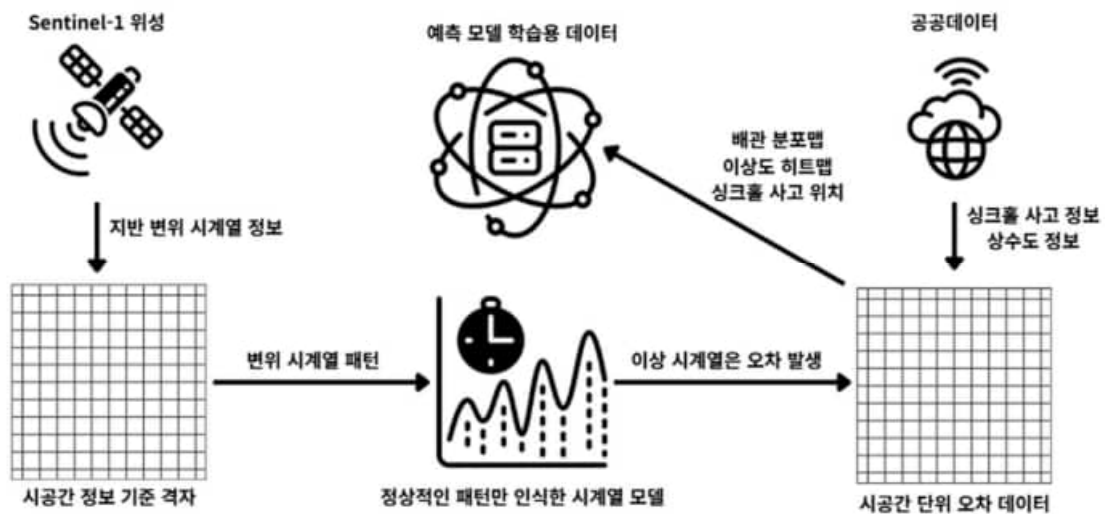
3. 주요 특징 및 핵심기술

3-1. 전체 기술 개요

- 웹 서비스 사용자가 요청에 맞춰 AI 예측 결과를 시각화 서비스 제공
- 주기적인 데이터 업데이트로 분석 데이터 저장

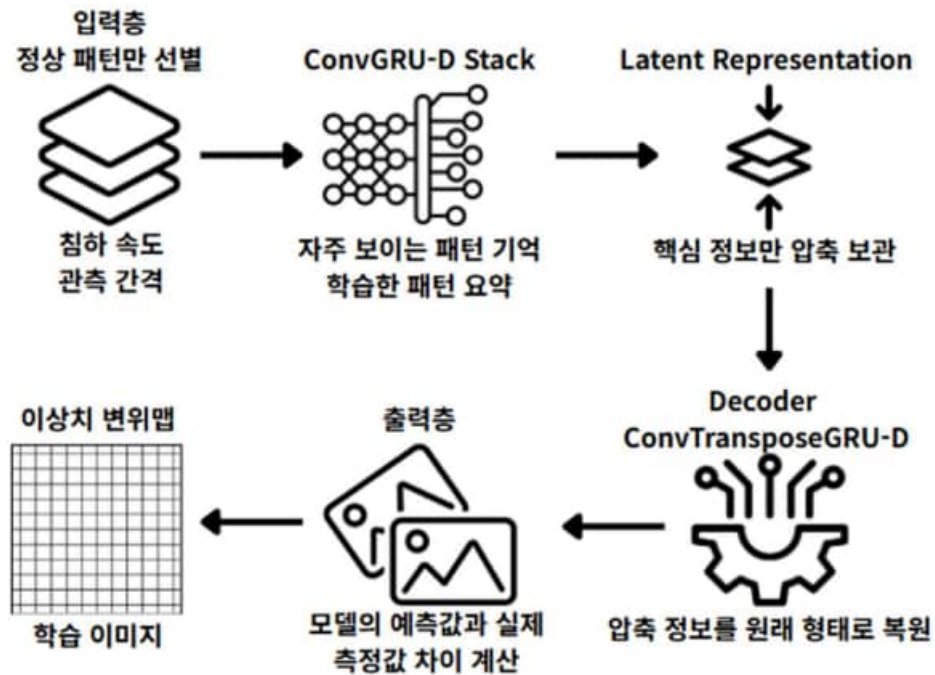


3-2. 데이터 정제 파이프라인



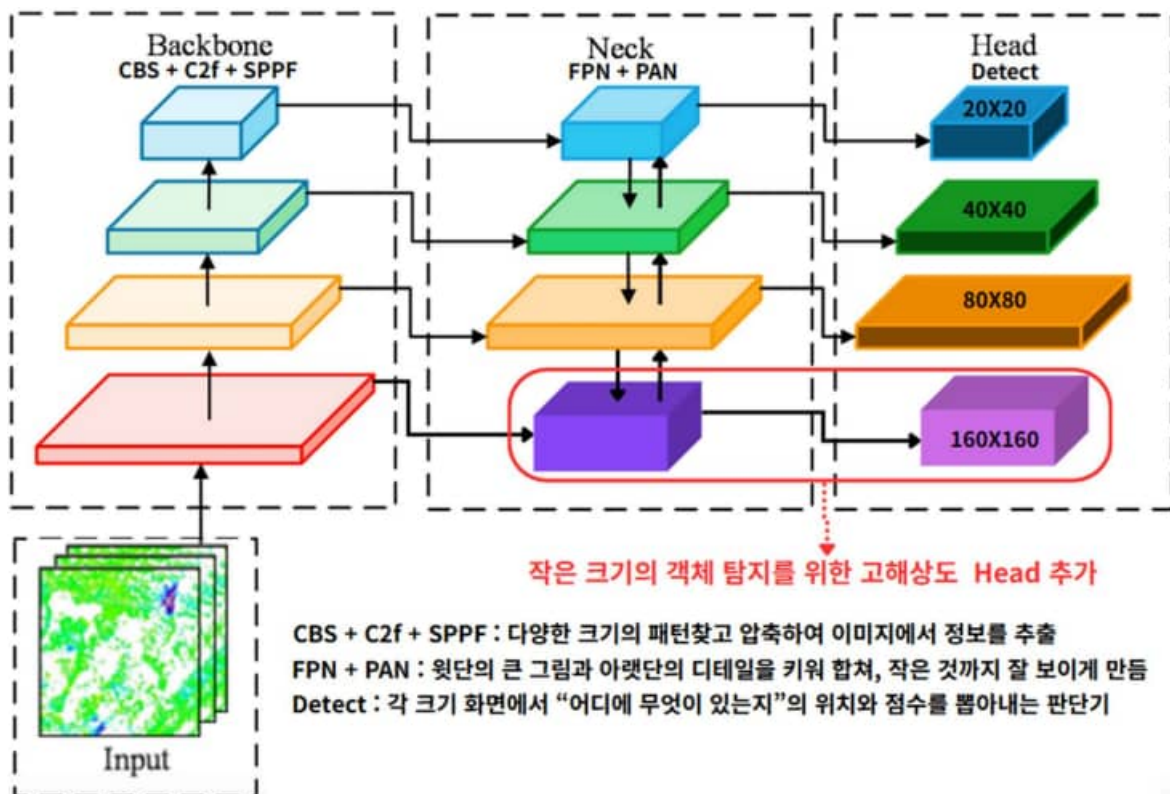
- 1) SLC 다운로드 데이터에서 지반 변위 시계열 데이터 추출
- 2) 공간 단위의 시계열 시퀀스 데이터 생성
- 3) 정상적인 패턴의 시퀀스 데이터만 학습하는 시계열 모델(ConvLSTM Auto Encoder) 학습 및 튜닝
- 4) 비정상 데이터의 경우 오차가 발생하고 픽셀 단위로 수치 저장
- 5) 싱크홀 사고 정보와 상수도 정보를 시공간 기준으로 결합
- 6) 배관 분포맵과 이상도 히트맵, 침하 속도, 단위 기간을 입력 데이터로 사용
- 7) 연속된 위험 영역(B-Box)과 싱크홀 사고 이력을 타겟 데이터로 사용
- 8) 최종적으로 YOLOv8 기반 위험 지역 예측 모델용 학습 데이터 구축
- 9) 예측 결과는 위험 지역 B-Box와 sigmoid 결과값을 발생 확률로 사용하여 구간별 범주화

3-3. 정상 지반 시계열 패턴 학습 모델



- 1) 정상적인 지반 변위 패턴만을 학습해 시공간 변화를 기억하고 요약
- 2) 압축된 특징 정보를 다시 복원해 실제 데이터와 비교하여 복원 오차를 계산
- 3) 오차가 큰 부분을 이상치로 판단해 위험 지역 도출

3-4. SinkSafe의 위험 지역 예측 모델



3-5. 성능지표

모델	mAP@50	mAP@50-95	F1-Score	IoU
Custom version	0.96	0.65	0.92	0.85
YOLOv8	0.94	0.62	0.90	0.83
YOLOv7	0.91	0.58	0.88	0.81
YOLO-S	0.87	0.53	0.85	0.78

- 1) 성능 향상의 효과 확인을 위해 여러 버전의 YOLO 구조와 비교 진행
- 2) 객체 검출의 정확도는 mAP@50 / mAP@50-95, F1-Score, 위치 예측의 정확도는 IoU를 사용하여 평가
- 3) 기존 YOLOv8 구조보다 0.2%p~0.3%p 정도의 향상된 검출력과 정합도 지표를 확인

SAR 위성 영상을 이용한 도심지 지반 침하 모니터링 연구 (2022.12) 참조
InSAR-YOLOv8 for wide-area landslide detection in InSAR measurements (2025.01) 참조

3-6. 위험 스코어 계산

3-6-1 스코어 계산식

위험도 스코어 산정을 위해 다수의 지표들을 하나의 정량적 값으로 통합하는 Multi-Criteria Decision Analysis의 대표적 기법 중 하나인 가중합(Weighted Sum Model) 방식을 사용

$$\text{RiskScore} = w1S + w2P + w3A + w4D$$
$$(w1, w2, w3, w4) = (0.4, 0.3, 0.2, 0.1)$$

- 1) InSAR 변위(Anomaly, S) : 박스 내 픽셀들의 상위 10%에 대해 분위수 기반 정규화 후 평균 사용
- 2) 탐지 확신도(Confidence, P) : YOLO 모델이 반환한 sigmoid 보정 후 확률값
- 3) 영역 크기(A) : 박스 면적을 정규화 후 사용
- 4) 상하수도 배관과의 거리 지표(인프라 근접도, D) : 배관과의 인접성을 취약성 지표로 반영

3-6-2 결과값 산출

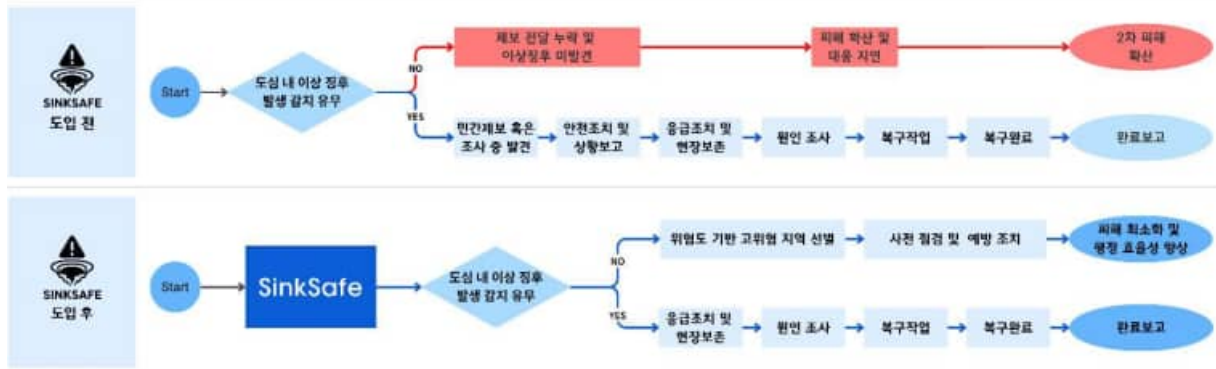
최종 예측 결과는 위도, 경도, 날짜 등의 시공간 정보를 기반으로 시각화에 사용

Pixel ID	Date	Latitude	Longitude	Risk Score
P001	2025-08-01	37.56	126.97	0.72
P002	2025-08-02	37.58	126.99	0.45
P003	2025-08-03	37.60	127.00	0.83
P004	2025-08-04	37.59	127.02	0.31
P005	2025-08-05	37.57	127.01	0.68
P006	2025-08-06	37.55	126.95	0.22

4. 기대효과 및 활용방안

4-1. 기대효과

4-1-1. SinkSafe 도입 전, 후 도시 지반 이상 대응 체계 비교



「환경부 생활하수관 지반침하 대응 매뉴얼(2015)」 기준으로 비교한 결과, SinkSafe 도입 후 사전 예방과 대응 속도가 모두 향상되었으며, 아래와 같은 효과가 확인되었습니다.

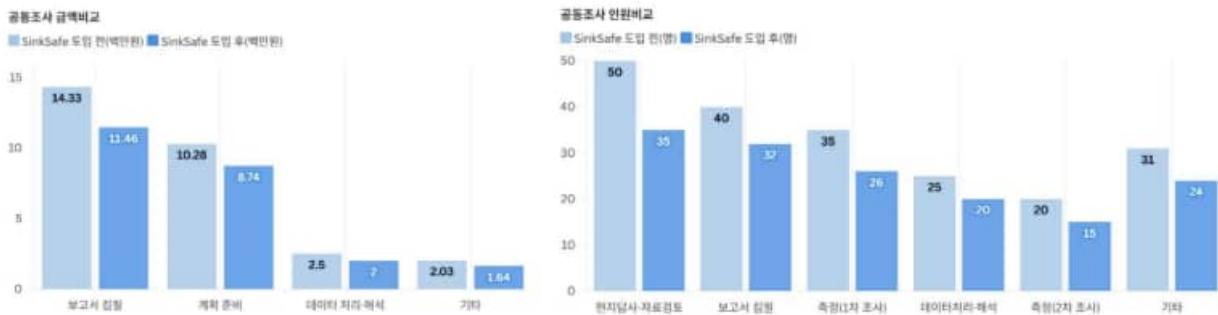
1) 사전 예방으로 피해 최소화

위험도 기반의 사전 점검·예방 조치로 잠재 피해를 줄이고 대응 효율을 높입니다.

2) 빠른 이상 징후 포착

기존 대응 절차가 더 빠르고 원활하게 시작될 수 있도록 돕습니다.

4-1-2. SinkSafe 도입에 따른 운영 효율성 혁신



「지반조사 표준품셈(2024년 기준)」을 기준으로 동일 규모·조건의 공동조사를 비교한 결과, SinkSafe 도입 후 예산과 인력이 크게 절감되었으며, 아래와 같은 효과가 확인되었습니다.

1) 예산 및 인력 효율화

위험 점수와 면적을 바탕으로 조사 우선순위를 도출하여 예산을 보다 효율적으로 산정하고, 적정 인력을 우선 조치가 필요한 지역에 배치할 수 있도록 합니다.

2) 정확하고 신뢰도 높은 행정 의사결정 지원

SinkSafe 기반 위험 점수를 통해 행정 보고서와 현장 대응 계획 수립 시 객관적 근거를 제공합니다.

3) 체계적인 사후 관리와 재발 방지

복구 이후에도 변위 모니터링과 데이터 분석을 지속해, 재발 위험을 조기 파악을 위한 기반을 제공합니다.

4-2. 활용방안

4-2-1. SinkSafe 활용 사례



- 지하안전을 책임지는 김 주무관은 매주 침하 위험 지역을 빠짐없이 점검해야 하지만, 늘 인력과 예산의 한계에 부딪힙니다. 이런 김 주무관에게 **SinkSafe** 는 믿을 수 있는 든든한 지원군이 될 수 있습니다.

4-2-2. SinkSafe의 핵심 활용 영역



- 1) 지자체 지하안전관리 계획 수립사전 예방 중심의 지하안전 관리 실현
침하 위험 지역을 중심으로 연간/분기별 정밀 탐사 대상지를 선정하고, 이를 지자체 정기점검 계획에 통합하여 선제적 조치가 가능합니다.
- 2) 민원 대응 및 사고 예방 자료로 활용
민원 발생 시, 해당 지역의 지반 변위 이력 및 위험도 데이터를 근거 자료로 제공하여, 행정의 객관성과 정책 신뢰도를 높일 수 있습니다.
- 3) 도로, 지하철, 하수도 등 도시 인프라 관리 연계 (스마트 시티 인프라)
위험 지역과 중첩된 지하 시설물 정보를 연계하여, 지자체 및 정부 주도의 선제적 유지보수 계획 수립에 활용할 수 있습니다.
- 4) 지하안전 교육 및 재난 예방 캠페인 자료로 활용
지반 침하 위험 지역 데이터를 활용해 지자체 및 공공기관 대상의 교육 자료 및 재난 대응 시뮬레이션 자료로 활용할 수 있습니다.

5. 개발 추진 체계

5-1. 개발 일정 및 현황



5-2. 팀 운영 체계 및 담당 영역



5-3. 향후 계획



"SinkSafe는 지하안전관리의 패러다임을 바꾸는 플랫폼으로, 정부와 지자체가 함께 만드는 지속 가능한 스마트 안전도시 실현에 기여합니다."