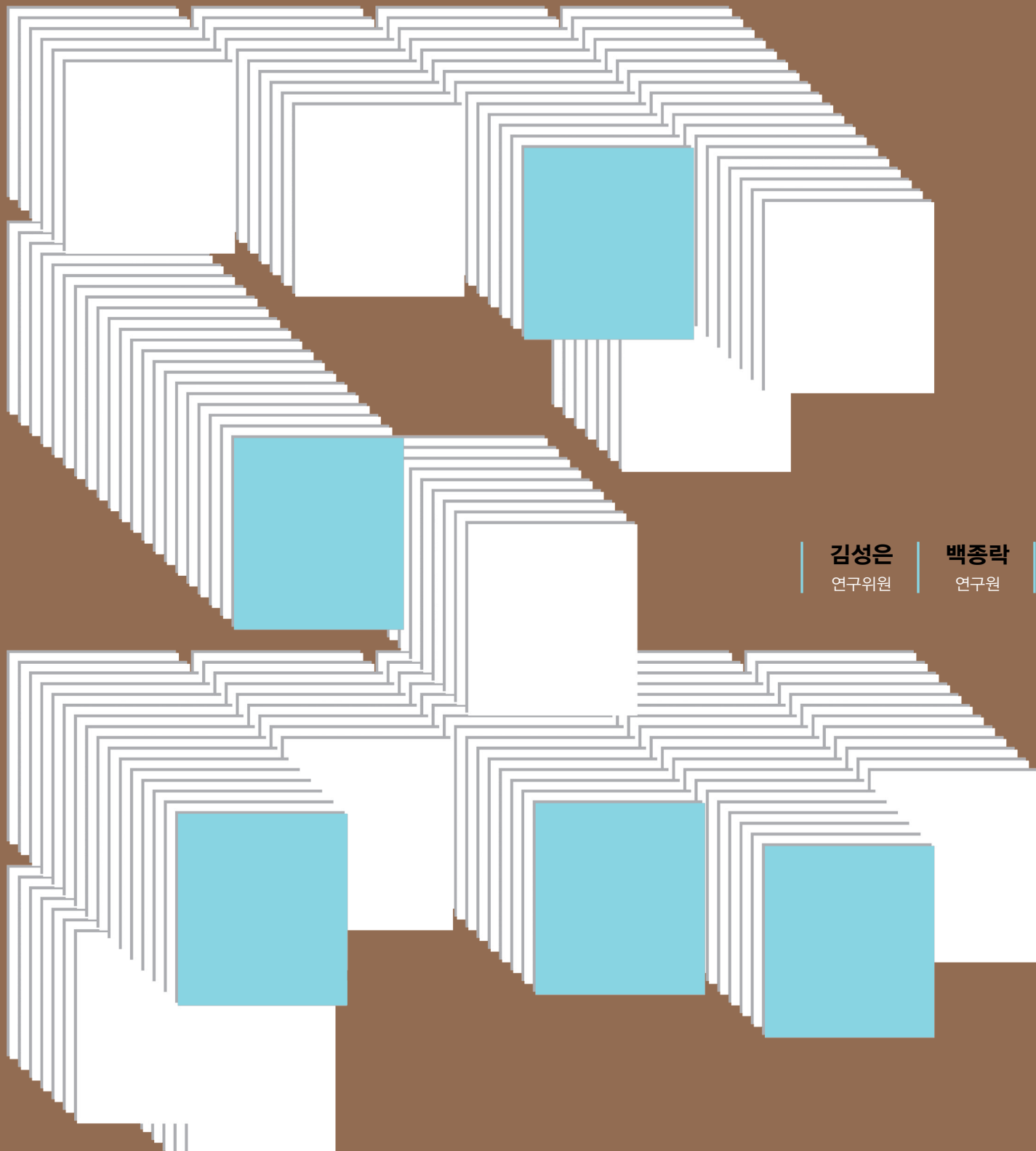


# 정책리포트

기술 분야

445호

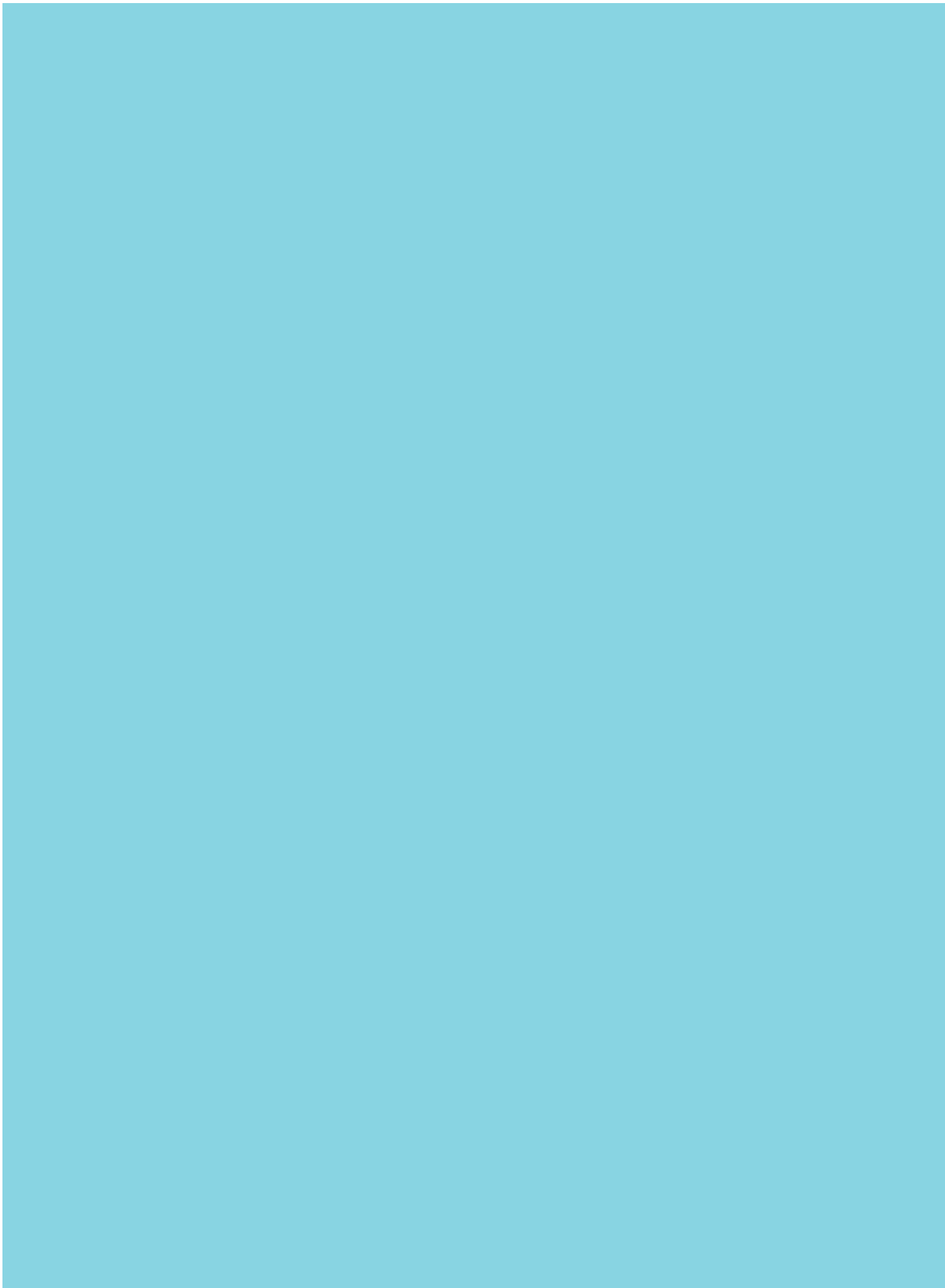
2026.5.25.



김성은  
연구위원

백종락  
연구위원

## 딥러닝 기반 실시간 도시침수 모니터링 시스템 개발 및 적용



2026. 5. 25.  
서울연구원 정책리포트  
445호

## 딥러닝 기반 실시간 도시침수 모니터링 시스템 개발 및 적용

김성은 연구위원  
02-2149-1133  
sekim@si.re.kr

백종락 연구원  
02-2149-1357  
jrbaek@si.re.kr

요약	3
I. 기후위기, 새로운 패러다임의 침수대응 방안 필요	4
II. 딥러닝 기반 실시간 침수심 분석 기술 개발 및 고도화	6
III. CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 개발	17
IV. 정책제언	23

## 요약

기후변화에 따른 침수 예측의 불확실성 증가와 고층화 및 지하화된 서울시의 복잡한 도시구조로 인해 재난이 복합화되면서, 예보만으로는 시민들의 대피 골든타임 확보에 한계가 있다. 그러므로 실시간으로 변화하는 재난 상황을 모니터링하여 위험이 감지될 경우 즉각적으로 대응할 수 있는 실시간 모니터링을 기반으로 한 수방통합시스템 마련이 필요하다. 실시간 모니터링은 인명 피해를 최소화하기 위한 골든타임 확보와 대피 중심의 침수대응 체계 구축을 위해서는 필수적이라 할 수 있다.

---

### 기후위기 대응 가능한 새로운 패러다임의 침수대응 방안 마련 시급

기후변화의 가속화로 자연재해의 발생 빈도와 강도가 점차 증가하는 기후위기에 직면하고 있으나, 방재시스템의 성능은 이를 따라가지 못하고 있다. 심각한 침수 피해는 대부분 기존의 방재시스템 성능(방재성능목표)을 크게 초과하는 극한 홍수에서 발생하고 있음에도, 여전히 방재성능목표를 초과하는 극한 홍수에 안전하게 대응 및 관리할 수 있는 대책 마련은 미흡한 실정이다. 기후위기에 대응 가능한 새로운 패러다임의 침수대응 방안 마련이 시급하다.

### 딥러닝 영상처리 기술 기반 실시간 침수심 분석 기술 개발

본 연구에서는 기존의 센서 기반의 모니터링 방식이 아닌 AI 딥러닝 기반 영상처리 기술을 활용해 침수 발생 여부뿐만 아니라, 침수 정도(침수 깊이)를 평가할 수 있는 기술을 개발하였다. 개발된 기술은 AI 딥러닝 모델을 이용해 도로침수 영상 혹은 이미지에서 자동차를 탐지하고 해당 자동차의 침수 정도를 자동차의 타이어 규격 정보를 이용해 자동차 주행 여부와 도로통제 여부, 침수위험도에 따라 설정된 5단계 레벨로 분석한다. 개발된 침수심 분석 딥러닝 모델은 약 96%의 정확도로 CCTV 영상 및 이미지에서 도로의 침수 상태를 거의 실시간으로 분석할 수 있는 것으로 나타났다.

### CCTV 활용 딥러닝 기반 실시간 침수심 모니터링 기술 고도화 및 현장실증

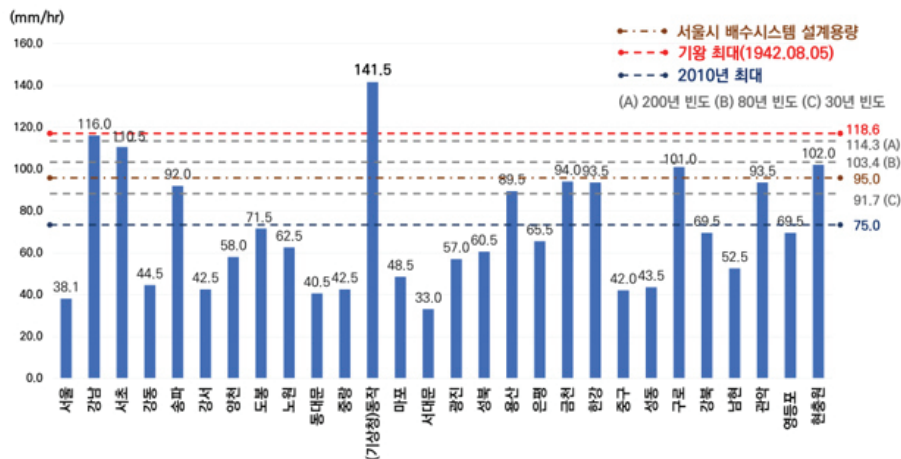
딥러닝 기반 침수심 분석 모델의 정확도를 높이기 위해 CCTV 설치, 생성형 모델 등을 통해 학습 데이터를 확보하고 데이터 증강 기법으로 다양성을 강화하였으며, 최신 YOLOv10 프레임워크 도입으로 분석 지체시간을 단축하여 실시간 영상 분석 성능을 향상시켰다. 이를 기반으로 침수심 모니터링 플랫폼을 구축하고, 강남구청 치수과와 협력하여 대치역 사거리 등 2개 지점에서 한 달간 시범 운영을 실시하여 모델 정확도와 현장 적용성을 검증하였다. 나아가 KISTI의 도시재난 솔루션(KUDS)과 연계하여 침수심 모니터링·예경보·침수지도 작성 모델을 통합한 실시간 도시침수 모니터링 시스템(프로토타입)을 구축하였다. 본 시스템은 실시간 CCTV 모니터링과 2차원 흐름 해석 모델을 결합하여 침수 발생 및 예측 정보를 신속하게 제공할 수 있어 향후 서울시 AI 기반 수방통합 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

# I. 기후위기, 새로운 패러다임의 침수대응 방안 필요

## I 방재시스템 성능, 기후변화의 속도를 따라가지 못하고 있는 실정

### 서울시, 방재성능목표를 초과하는 홍수위험 증가

- 최근 기후변화에 따른 국지성 집중호우의 강도와 발생 빈도 증가로 인해 방재성능목표를 초과하는 홍수위험이 증가
  - 2022년 8월 기록적인 집중호우로 인해 서울 한강 이남에 위치한 주요 도심지역에서 침수 피해 발생
    - 2022년 8월 8~9일, 서울 지역에 발생한 강우량은 서울 관측지점 기준 최소 100년 빈도에서 수백 년 빈도의 강우량에 해당
  - 이에 서울시는 방재 기반시설 확충사업에 10년간 3조 5천여억 원을 투자하고, 한 시간 100mm 집중강우(방재성능목표 50년 빈도)에도 대비·대응할 수 있는 상당히 높은 수준의 방재 능력 확보 계획을 발표함
  - 그러나, 서울시가 100mm/hr의 방재성능을 확보하더라도 22년 8월과 같은 극한호우 발생 시 침수 재해로부터 안전을 담보하기는 사실상 어려움



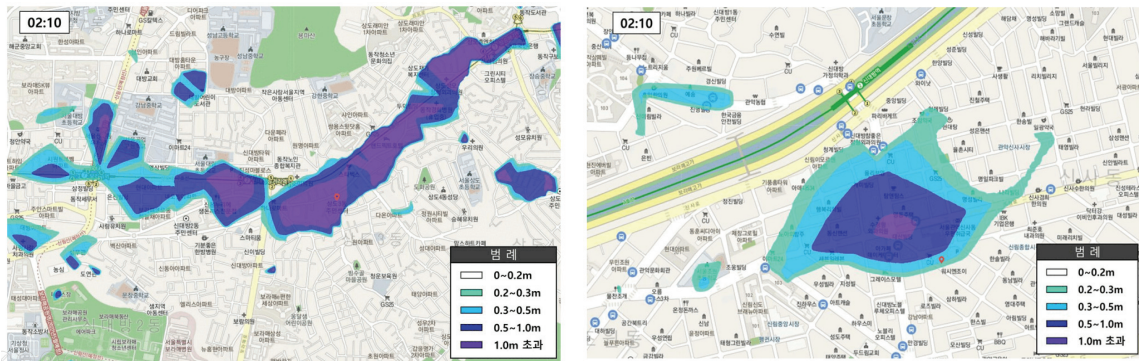
[그림 1] 2022년 8월 서울시 1시간 최대 강우량

- 기후위기에 대응 가능한 새로운 패러다임의 침수대응 방안 마련이 시급
  - 기후변화에 따른 국지성 집중호우의 강도와 발생 빈도 증가로 인해 배수체계 설계용량을 초과하는 홍수 발생 위험 증가
  - 이상 기후로 인한 강우 예측의 불확실성 증가와 도시화로 인한 복합적 영향으로 인해 침수 예경보를 활용한 대응 한계
  - 현재의 방재시스템 성능이 기후변화의 속도를 따라가지 못하고 있는 실정임

# I 신속한 침수대응 및 대피 골든타임을 위한 실시간 모니터링 중요성 증가

## 노면수 집중에 따른 도로침수 상황 모니터링 체계 구축 미흡

- 서울시와 같이 불투수면적률이 높은 도심지역에서는 홍수 발생 시 도로가 사실상 하천과 같은 역할
  - 방재성능목표를 초과하는 경우로 인해 배수되지 못하고 지표면으로 유출된 노면수가 도로로 집중되면서 단시간 내 침수가 발생하고 인명 및 재산피해로 이어짐
    - 특히, 불투수면적률이 높은 도시지역에서는 홍수 시 노면수가 도로를 따라 저지대로 빠르게 유입되면서 저지대 큰 도로를 중심으로 침수가 발생하고 확대되는 양상을 보임
    - 또한, 도로침수로 인한 교통마비는 도시기능을 빠르게 마비시키고 침수 지역으로부터의 신속한 대피와 회피를 어렵게 하여 피해를 확대시킬 수 있음



a. 상도동 반지하

b. 신림동 반지하

[그림 2] 2022년 8월 서울시 인명피해 발생 지점

## 신속한 침수대응 및 대피 골든타임을 위한 실시간 모니터링 체계 마련 필요

- 실시간 침수 상황(침수 발생 지점 및 시간, 침수심 등) 모니터링을 통한 신속한 침수대응과 대피 골든타임 확보 필요
  - 도로를 따라 노면수가 집중되면서 침수가 발생하고 있으나, 도로침수 상황(침수발생 지점 및 시간, 침수심 등)을 모니터링할 수 있는 체계 구축은 미흡한 실정임
  - 이에 서울시는 방재 시스템 고도화 사업의 일환으로 도로침수계(도로침수 감지기) 설치 사업을 추진 중에 있으나 센서 기반의 모니터링 방식은 계측설비, 전기설비, 통신설비 등을 포함한 설치 비용 문제, 유지관리 문제, 낙엽 등 이송잡물에 의한 측정 오류 문제 등으로 인해 침수 모니터링에 활용하는 데 어려움이 있는 실정

## II. 딥러닝 기반 실시간 침수심 분석 기술 개발 및 고도화

### I 딥러닝 기반 실시간 침수심 분석 기술 개발

#### 딥러닝 기반 실시간 침수심 분석 기술 개요

- 최근 딥러닝 기술을 활용한 영상처리 기술의 발달과 함께 영상 데이터 기반의 모니터링 분야에 관한 연구가 활발히 진행
  - 카메라로부터 입력된 프레임의 이미지를 분석하고 예측하는 모니터링 기술이 다양한 분야에서 활용: 자율주행, 작업자 행동 패턴 모니터링, 구조물 안전 모니터링, 고사목 및 해충 피해 모니터링 등 적용
- 딥러닝 영상처리 기술을 활용한 실시간 도로 침수심 분석 기술 개발
  - 이미지로부터 객체(자동차)를 탐지 및 추출하고, 대상 객체(자동차)를 침수 정도(침수 깊이)에 따라 분류하는 모델
  - 객체 탐지 및 분류 딥러닝 프레임워크인 YOLO 모델을 기반으로 개발



[그림 3] 도로침수심 분석 기술 개발 모식도

#### 딥러닝 기반 침수심 분석 모델 구축

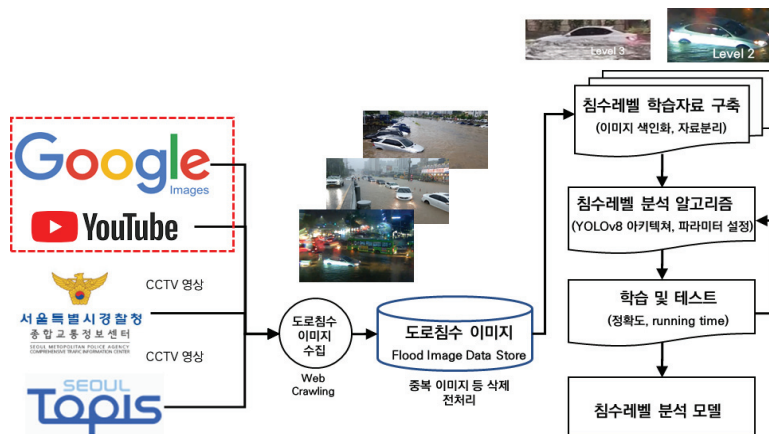
- 침수심 분석 방식
  - 도로 위의 자동차가 포함된 이미지에서 자동차(승용차, 버스 등)를 탐지하고, 사전에 침수심에 따라 정의한 침수 레벨 기준을 통해 탐지된 각 자동차의 침수 레벨을 분류하여 도로의 침수심을 분석하는 방식
- 딥러닝 모델에 침수 정도를 학습시키기 위한 객관화된 침수 기준(침수 레벨) 설정
  - 모든 자동차의 필수 구성품인 타이어의 규격화된 크기 정보를 활용하여 자동차의 침수 정도를 나타내는 기준 설정
  - 이미지 내 차량의 침수 정도를 육안으로 구분이 가능하도록 타이어와 림의 높이를 기반으로 침수 정도를 5단계 레벨로 구분하여 설정

[표 1] 침수 레벨 기준별 침수심 및 위험도 검토

침수레벨	침수심	위험도
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면, 타이어 바닥면</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면이 젖어 있는 수준</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>침수심: 0~12cm</li> <li>타이어 바닥면에서 림 하단부까지 잠긴 높이</li> <li>발목이 잠기는 수준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면수 유출 발생 단계</li> <li>- 도보 및 자동차 주행에 지장은 없으나, 도로의 물 고임(puddle) 현상, 물 튀김과 같은 시민 불편 등 주의가 필요한 단계</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>침수심: 12~35cm</li> <li>림 하단부에서 타이어 중심축 높이까지 잠긴 깊이</li> <li>발목~반무릎까지 잠기는 수준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면수에 의해 침수가 시작된 단계</li> <li>- 승용차, RV, 버스(대형, 소형)의 주행은 가능하나, 주행 시 정차 없이 낮은 속도라도 계속 주행이 필요한 상태</li> <li>- 차고가 낮은 일부 승용차의 경우 차량 침수 위험이 높은 단계</li> <li>- 안전한 통과를 위한 운행 안내 혹은 통제가 필요한 단계</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>침수심: 35~60cm 이하</li> <li>타이어 중심축보다 높고 림 상단부보다 낮게 잠긴 깊이</li> <li>반무릎~무릎 높이까지 잠기는 수준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면이 침수된 상태</li> <li>- 승용차, RV, 버스(소형)의 주행으로 인한 파고로 물이 흡기구로 유입되면서 차량 정지가 발생 가능한 상태</li> <li>- 물의 저항으로 자동차 부품(엔더커버, 범퍼 등) 파손 및 이탈 가능 상태</li> <li>- 버스(대형)는 주행이 가능하나, 주행 시 정차 없이 낮은 속도라도 계속 주행이 필요한 상태</li> <li>- 차량 침수 발생 위험이 매우 높은 단계</li> <li>- 도로 진입 통제가 필요한 단계</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>침수심: 60cm 이상</li> <li>타이어 상단부 높이 이상 잠긴 수준</li> <li>허벅지가 잠기기 시작하는 깊이 이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면이 완전히 침수된 상태</li> <li>- 흡기구로 물이 유입되면서 차량 정지(차량 침수)가 발생하는 단계</li> <li>- 전 차종 자동차 주행 불가 상태</li> <li>- 도로 진입 불가, 통제 필요 단계</li> </ul>

○ 침수심 분석 모델의 개발 절차 및 내용

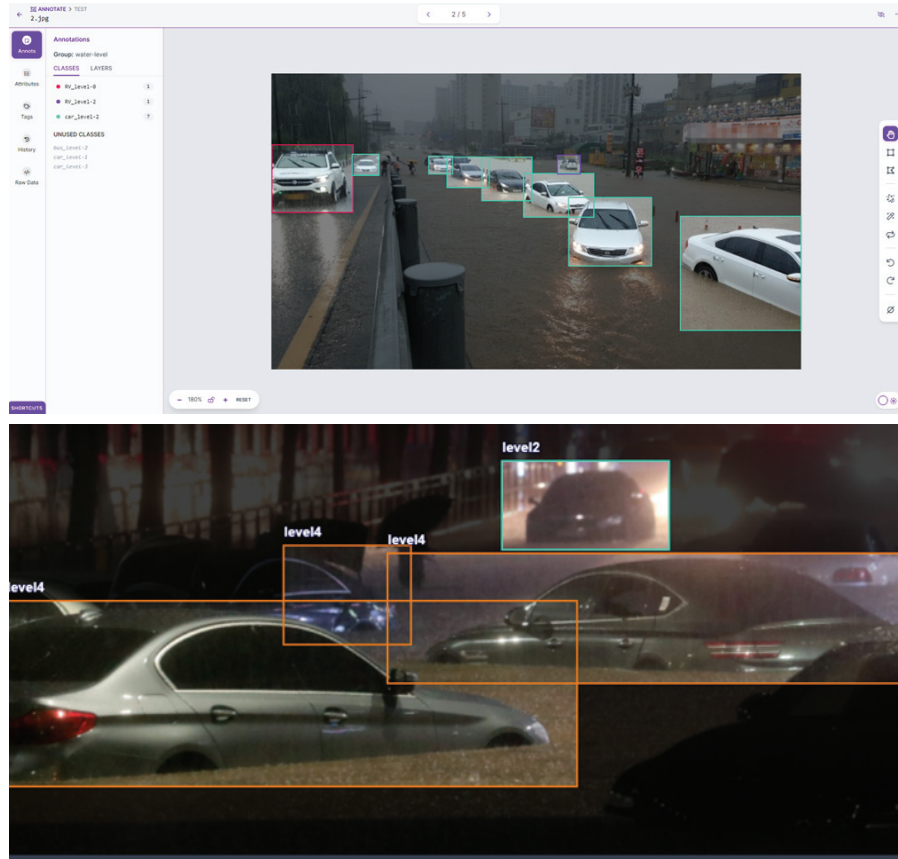
- SNS 등에서 도로의 침수 상황을 보여 주는 이미지 및 동영상 수집
- 수집된 이미지를 전처리하여 학습에 필요한 이미지 데이터셋 구축
- 이미지 데이터셋 내 자동차에 대한 침수 레벨을 부여하는 색인화 과정
- 객체 분류 딥러닝 모델 구조 선정 및 학습
- 침수 레벨 학습 결과 분석 및 예측 성능 평가



[그림 4] 침수심 분석 딥러닝 모델 개발 절차

### ① 이미지 데이터 내 객체 색인화(라벨링)

- 딥러닝 알고리즘을 통해 이미지 내 객체를 기계에 학습시키기 위해 이미지 내 대상 객체에 대해 라벨을 부여하는 과정(색인화 과정)
- 수집된 총 926개의 이미지 내 1,534개의 자동차에 대해 라벨을 부여



[그림 5] Roboflow를 활용한 라벨링 작업 화면 및 침수 라벨 부여 결과 예시

### ② 이미지 데이터 증식(Augmentation) 및 학습 데이터셋 구축

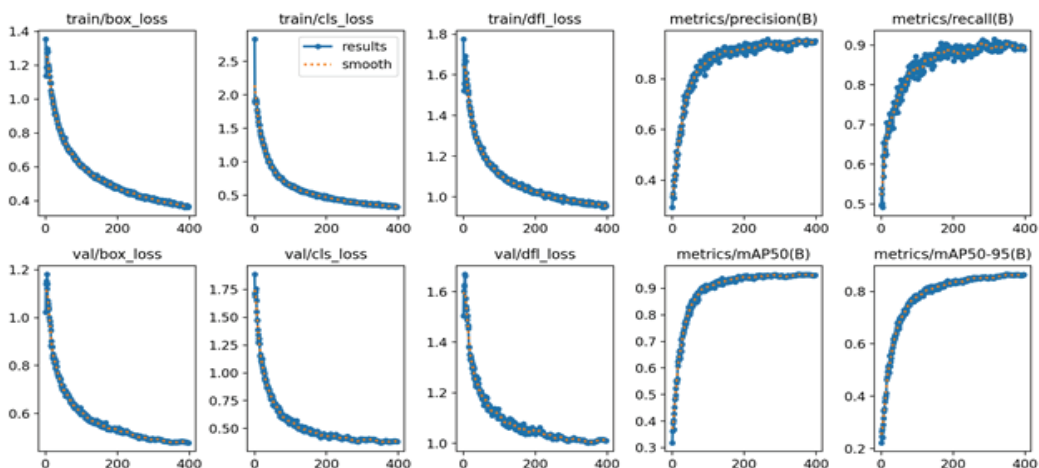
- 이미지 데이터 증식 기법은 Flipping, Cropping, Rotation, Translation, Noise Injection 등 다양한 기법이 있음
  - 이미지 내 차량 객체에 대해 Flipping, Cropping, Rotation(-20°~+20°), Translation을 적용하여 다양한 각도에서의 차량 인식률을 높일 수 있도록 적용
  - 야간 시간대 어두운 화면, 빗물에 화질 저하 등 CCTV 영상을 고려하여 Grayscale, Noise Injection(20% pixels) 적용
- 학습 데이터셋 구축
  - 이미지 데이터 증식 기법 적용 후, 총 이미지 개수 3,009개, 침수 라벨 총 5,129개
  - 학습 이미지 데이터셋: 총 이미지 개수의 70%인 2,106개, 3,610개 라벨
  - 검증 이미지 데이터셋: 총 이미지 개수의 30%인 903개, 1,519개 라벨

### ③ 딥러닝 모델 선정 및 학습

- 객체 탐지 및 분류를 위한 딥러닝 모델은 YOLO버전8(YOLOv8) 프레임워크를 이용
- YOLOv8은 네트워크의 깊이(deep) 수준에 따라 5종류 네트워크로 분류
  - YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l, YOLOv8x
  - YOLOv8x는 네트워크 깊이 수준이 가장 높고 파라미터 개수(약 6천만 개)가 많기 때문에 YOLOv8 모델 중 학습 속도는 가장 느리나 분류 정확도는 가장 높음
- 정확도가 가장 높은 YOLOv8x 모델을 활용해 자동차 탐지 및 침수 레벨 학습
- 학습 결과
  - 1,000epoch 계산 중 training loss, validation loss가 50epoch(patience=50) 계산 중 증가 혹은 변화가 없을 경우 early stop을 적용
  - 397epoch(iteration: 209, 219)에서 계산 종료, 소요 시간: 1,046분(GPU RTX 3080 구동 기준)

### ④ 학습 성능(정밀도, 재현율, 정확도) 평가

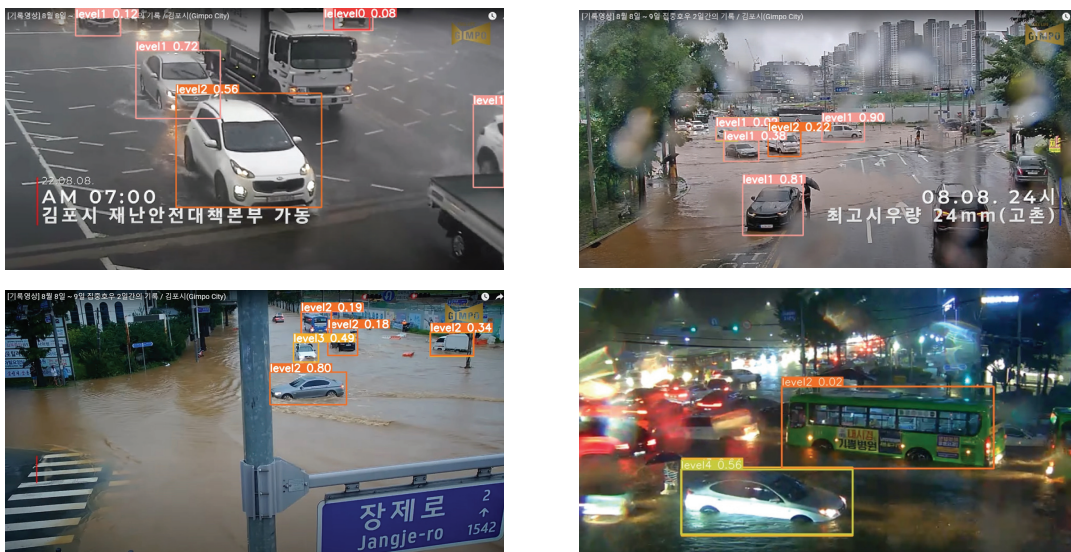
- 일반적으로 분류 모델의 정확도를 평가하는 지표인 정밀도(precision), 재현율(recall), 평균 정확도(mAP, mean Averaged Precision)를 통해 학습 성능 평가
  - 정밀도=TP/(TP+FP), 재현율=TP/(TP+FN)
  - TP는 참을 참으로 예측, FP는 거짓을 참으로 예측, FN은 참을 거짓으로 예측한 빈도
  - mAP는 모델의 검출 능력과 정확성을 종합적으로 나타내는 지표
- 각 지표의 값이 1.0에 가까울수록 학습 성능이 우수하다는 것을 의미
- 학습 성능 평가 결과
  - 정밀도=0.96, 재현율=0.95, 검증 결과 mAP50=0.96



[그림 6] 학습 결과: Loss, Precision, Recall, mAP

⑤ CCTV 영상을 활용한 침수심 분석 모델의 검증

- 딥러닝 기반 침수심 분석 기술은 CCTV 영상의 적용을 전제로 개발
- CCTV 영상의 경우, 자료 저장 기간이 수개월로 매우 짧아 기존 침수발생 시 도로침수 상황 영상에 대한 자료가 거의 전무함
  - 더욱이, 개인정보보호법상 문제로 CCTV 영상을 활용한 침수심 분석 모델의 검증이 어려운 실정
- SNS에 공개된 22년 8월 8일 서울시 침수 상황 영상과 CCTV 영상을 수집하여 침수심 분석 모델 검증
  - 검증 결과, 침수 라벨 예측 결과가 영상 내 자동차의 침수 레벨 기준에 따른 침수 레벨과 동일하게 분류하는 것으로 확인



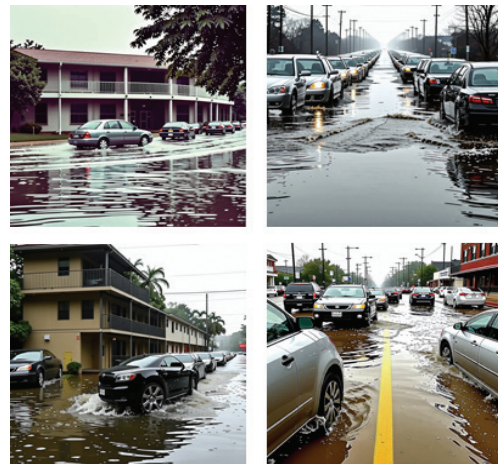
[그림 기] 2022년 8월 8일 서울시 CCTV 영상을 활용한 검증 결과

자료: 유튜브 영상(<https://www.youtube.com/watch?v=8afc8BdJzu4>)

# I 딥러닝 기반 침수심 분석 기술 고도화

## 학습 자료 증대 및 다양성 확보

- 침수 발생 위험 지점 연구용 CCTV 설치를 통한 학습 자료 수집
  - 강남구청 관할 내 2022년 8월 침수 발생 지점인 대치역 사거리에 실제 침수 상황 영상 및 이미지 수집을 위해 연구용 CCTV 별도 설치(강남구청 협조)
    - 침수심 분석 모델의 학습과 검증을 위해 도로침수계가 설치된 지점에 설치
    - 야간 및 악천후 등에도 선명한 학습 이미지 확보를 위해 800만 화소급 IP CCTV 설치



[그림 8] 학습 자료 수집을 위한 대치역 사거리 지점 CCTV 설치

[그림 9] 생성형 모델을 이용해 생성한 침수 상황 이미지 예시

- 침수 상황 생성 이미지를 활용한 학습 자료 보완
  - CCTV 영상은 개인정보보호법과 약 1개월 이내의 저장 기간으로 인해 침수 상황에 대한 영상 및 이미지 확보에 한계
  - SNS에서 수집되는 침수 이미지는 대부분 침수가 심화된 이후의 상황을 나타내는 이미지가 대부분으로, 침수 발생 초기인 침수 레벨-1에 해당하는 학습 자료가 상대적으로 부족
    - 학습 자료 불균형으로 인한 딥러닝 모델 일반화 정확도 저하 야기
  - 이를 보완하기 위해 대표적 생성형 모델인 GPT4를 이용해 침수 상황 이미지를 생성
    - 침수레벨-1에 해당하는 이미지 생성을 통해 부족한 학습 자료 보완
  - 하지만, 생성형 모델만을 활용한 침수 레벨-1 이미지 생성 한계
    - 생성 가능한 이미지 개수가 제한되어 있고, 생성되는 이미지가 서로 유사한 경향
    - 기존 침수 레벨-1 이미지와 유사하여 다양성이 충분히 확보되지 않은 한계

- 이미지 데이터 증식 기법(회전, 크기 조정, 색상 변화 등)을 활용해 학습 이미지 다양성 확보
  - 이미지 내 차량 객체에 대해 Rotation, Flipping, Cropping 기법을 적용하여 다양한 각도에서의 차량 인식률을 높일 수 있도록 적용
  - 야간 시간대 어두운 화면, 빗물에 화질 저하 등 CCTV 영상을 고려해 Grayscale, Noise Injection(20% pixels) 적용
  - 이미지 데이터 증식 기법은 수집된 전체 학습 이미지 데이터의 50% 이상에 대해 무작위로 적용되도록 설정
    - 이미지 데이터 증식 기법 적용 후, 총 이미지 개수 3,477개, 침수 라벨 총 7,641개로 증가
    - 2023년 침수심 분석 모델에 적용된 5,129개의 침수 라벨 대비 약 2,500개의 침수 라벨 증가 → 이미지 샘플의 다양성 증가
  - 딥러닝 모델 학습을 위한 이미지 데이터셋 분리
    - 학습 이미지 데이터셋: 총 이미지 개수의 80%인 2,781개, 5,764개 라벨
    - 검증 이미지 데이터셋: 총 이미지 개수의 20%인 696개, 1,877개 라벨



[그림 10] 이미지 증식 기법 적용 후 생성된 이미지 데이터 예시

Model	#Param.(M)	FLOPs(G)	AP <sup>val</sup> (%)	Latency(ms)	Latency <sup>1</sup> (ms)
YOLOv6-3.0-N [27]	4.7	11.4	37.0	2.69	1.76
Gold-YOLO-N [54]	5.6	12.1	39.6	2.92	1.82
YOLOv8-N [20]	3.2	8.7	37.3	6.16	1.77
<b>YOLOv10-N (Ours)</b>	<b>2.3</b>	<b>6.7</b>	<b>38.5 / 39.5<sup>1</sup></b>	<b>1.84</b>	<b>1.79</b>
YOLOv6-3.0-S [27]	18.5	45.3	44.3	3.42	2.35
Gold-YOLO-S [54]	21.5	46.0	45.4	3.82	2.73
YOLO-MS-XS [7]	4.5	17.4	43.4	8.23	2.80
YOLO-MS-S [7]	8.1	31.2	46.2	10.12	4.83
YOLOv8-S [20]	11.2	28.6	44.9	7.07	2.33
YOLOv9-S [59]	7.1	26.4	46.7	-	-
RT-DETR-R18 [71]	20.0	60.0	46.5	4.58	4.49
<b>YOLOv10-S (Ours)</b>	<b>7.2</b>	<b>21.6</b>	<b>46.3 / 46.8<sup>1</sup></b>	<b>2.49</b>	<b>2.39</b>
YOLOv6-3.0-M [27]	34.9	85.8	49.1	5.63	4.56
Gold-YOLO-M [54]	41.3	87.5	49.8	6.38	5.45
YOLO-MS [7]	22.2	80.2	51.0	12.41	7.30
YOLOv8-M [20]	25.9	78.9	50.6	9.50	5.09
YOLOv9-M [59]	20.0	76.3	51.1	-	-
RT-DETR-R34 [71]	31.0	92.0	48.9	6.32	6.21
RT-DETR-R50m [71]	36.0	100.0	51.3	6.90	6.84
<b>YOLOv10-M (Ours)</b>	<b>15.4</b>	<b>59.1</b>	<b>51.1 / 51.3<sup>1</sup></b>	<b>4.74</b>	<b>4.63</b>
YOLOv6-3.0-L [27]	59.6	150.7	51.8	9.02	7.90
Gold-YOLO-L [54]	75.1	151.7	51.8	10.65	9.78
YOLOv9-C [59]	25.3	102.1	52.5	10.57	6.13
<b>YOLOv10-B (Ours)</b>	<b>19.1</b>	<b>92.0</b>	<b>52.5 / 52.7<sup>1</sup></b>	<b>5.74</b>	<b>5.67</b>
YOLOv8-L [20]	43.7	165.2	52.9	12.39	8.06
RT-DETR-R50 [71]	42.0	136.0	53.1	9.20	9.07
<b>YOLOv10-L (Ours)</b>	<b>24.4</b>	<b>120.3</b>	<b>53.2 / 53.4<sup>1</sup></b>	<b>7.28</b>	<b>7.21</b>
YOLOv8-X [20]	68.2	257.8	53.9	16.86	12.83
RT-DETR-R101 [71]	76.0	259.0	54.3	13.71	13.58
<b>YOLOv10-X (Ours)</b>	<b>29.5</b>	<b>160.4</b>	<b>54.4 / 54.4<sup>1</sup></b>	<b>10.70</b>	<b>10.60</b>

[그림 11] YOLOv10 성능 비교표

### 침수심 분석 학습 알고리즘 고도화

- 초기 개발한 침수심 분석 모델은 YOLOv8 Large(X) 프레임워크를 이용하여 개발
  - YOLOv8 Large(X) 프레임워크는 파라미터 개수가 약 6천8백만 개로 학습에 많은 시간이 소요되고, 분석 시 지체시간(Latency)이 비교적 길어 실시간 영상 분석 적용 시 영상이 끊기는 현상 발생
- 현재(2024년 6월 기준) 공개된 최신 YOLO 버전인 YOLOv10 프레임워크를 적용하여 분석 성능 고도화
  - YOLOv10은 네트워크 깊이(deep) 수준에 따라 6종류 네트워크로 분류(N, S, M, B, L, X)

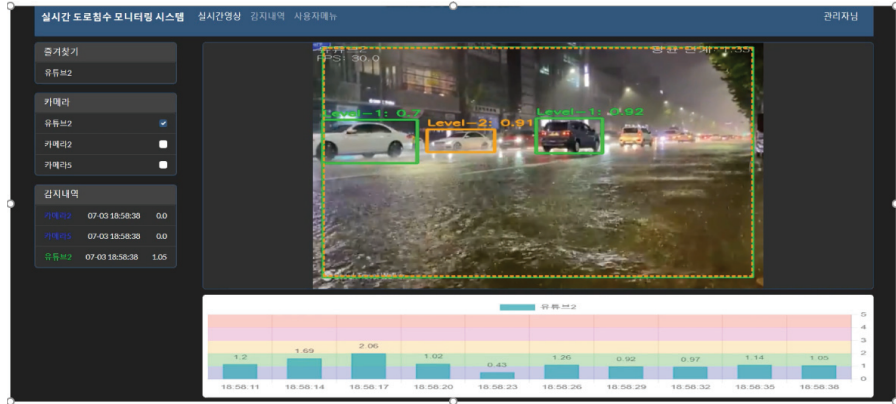
- YOLOv10 Large(L) 프레임워크를 이용하여 도시침수심 분석 모델 개발
- YOLOv10 Large(L) 프레임워크는 파라미터 개수가 약 2천4백만 개로 YOLOv8 Large(X)에 비해 경량화되어, 학습 속도 및 정확도 개선
- 특히, 분석 시 지체시간(Latency)이 V8 버전 프레임워크에 비해 1/2가량으로 줄어들어 실시간 영상 분석 적용 시 영상이 끊기는 현상이 크게 감소
  - 실시간 영상 분석에 최적화된 YOLO 버전
- YOLOv10 Large(L) 프레임워크를 활용한 학습 및 정확도 개선
  - 프레임워크의 구조가 단순해지는 만큼 학습에 소요되는 시간은 약 2배로 증가
  - 정확도(precision)는 다소 증가하나, 재현율(recall)은 다소 감소, 전반적으로 유사
  - 평균정확도(Average Precision)가 0.97 이상으로 예측 정확도 제고
  - YOLOv10 Large(L) 프레임워크 적용 결과, 기존 YOLOv8과 정확도 측면에서 유사한 수준이나, 영상 분석 속도 측면에서는 크게 개선(1/2 감소)

[표 2] YOLOv8, YOLOv10 프레임워크 활용 침수심 분석 모델 학습 성능

구분	학습 완료 epoch	정확도 (precision)	재현율 (recall)	평균정확도 (mAP50)
고도화 전, YOLOv8	397	0.939	0.939	0.968
고도화 후, YOLOv10	622	0.956	0.929	0.972

### 실시간 침수심 모니터링 플랫폼 개발

- 실시간 침수심 분석 기술을 실무에 활용하기 위해 필요한 기능을 구현한 모니터링 플랫폼 구축
  - 다양한 지점 분석 결과 표출 기능
  - CCTV 화면 내 관심 영역 지정 기능
  - 각 지점별 모니터링 기록(시간대별 분석 결과) 및 저장 기능
  - 침수 레벨 변동성 표출 기능
  - 분석 지점 추가, 분석 모델 변경 등 시스템 설정 기능
- 다중 지점 실시간 CCTV 영상과 침수심 분석 모듈 연계 파이프라인 설계를 통한 실시간 침수심 모니터링 플랫폼 구동 및 테스트
  - 도로교통공사 실시간 CCTV RTSP(Real Time Streaming Port) 연결을 통한 영상 화면 연결성 테스트 및 침수심 분석 결과 표출 테스트
    - 침수심 모니터링 실시간 영상 화면 표출 지연 및 끊김 현상은 테스트 기간 중 발생 없음
    - 침수심 모니터링 각 UI 기능 정상 작동 확인 결과, 테스트 기간 동안 오기능 발생 없음



(a) 실시간 영상 표출 화면



(b) 감지 내역 조회 화면

카메라2: `rtsp://210.99.70.120:1935/live/cctv002.stream` 삭제

카메라5: `rtsp://210.99.70.120:1935/live/cctv005.stream` 삭제

분석 모델  
 분석 모델파일: 파일 선택 / 선택된 파일 없음  
 현재 불러온 모델파일: C:\DEV\web\_streaming\yolo\_files\last\_1\_box.pt  
 분석수준 (Confidence): 현재값: 0.6 / 수정 (0-1 사이 값, 기본설정 0.5)  
 ROI 정보 저장 경로: C:\DEV\web\_streaming\roi\_settings.txt

결과 표출  
 모니터 화면 해상도: 1536 \* 864  
 시간간격(초): 현재값: 3 / 수정  
 프레임(갯수): 현재값: 10 / 수정 (10-20 사이 값)  
 분석결과 저장 경로: 현재값: average\_cam\_20240607 / 수정 (수정할 디렉토리명을 입력하세요.)

(c) 사용자 메뉴 설정 화면

[그림 12] 실시간 침수 모니터링 플랫폼 구성 화면

# I 딥러닝 기반 침수심 분석 기술 현장 실증

## 현장 실증 내용 및 지점 선정

- 강남구청 협조를 통해 강남구 관내 실시간 침수심 모니터링 기술 현장 실증
  - 실시간 침수심 모니터링 플랫폼과 실제 강남구에서 운영 중인 CCTV를 연계한 침수심 모니터링 시범 운영 및 적용성 검증
  - 시범 운영 적용 결과 기반 침수심 분석 모델 정확도 검증 및 개선
  - 사용자 의견 청취를 통한 기능 및 UI 개선
- 실시간 침수심 모니터링 기술 시범 운영 지점 선정
  - 시범 운영 지점 선정 기준
    - 최근 2022년 집중호우로 인해 비교적 큰 침수 피해가 발생한 지점
    - 강남구 관내 상습 침수 지역
    - 도로수위계가 설치된 지점
  - 실시간 침수심 분석 결과의 검증을 위해 도로수위계가 설치된 지점 우선 고려
  - 대치역 사거리, 선정릉 입구 등 2개 지점 선정
    - 2022년 집중호우 시 침수가 발생하였으며, 도로수위계가 설치된 위치를 선정



[그림 13] 강남구 관내 선정된 실시간 침수심 모니터링 기술 시범 적용 지점

## 시범 운영 및 내용

- 강남구청 치수과 상황실에 실시간 침수심 모니터링 플랫폼 설치 및 시범 운영
  - 강남구청 관제센터에서 운영 중인 대상지점의 CCTV(2개 지점, 6개 CCTV)를 침수 모니터링 플랫폼과 연결

- 대상지점 2지점 CCTV와 연계된 실시간 침수심 모니터링 플랫폼 전용 노트북을 강남구청 치수와 관제실에서 설치해 실시간으로 침수심 분석 결과를 모니터링할 수 있도록 구동
- 시범 운영 기간: 전국적으로 집중호우 피해가 발생한 2024년 7월 9일~8월 9일, 한 달간 하루 24시간 모니터링 운영



[그림 14] 강남구청 치수와 실시간 침수심 모니터링 시범 운영 전경

- 강남구청 관제센터에서 운영 중인 CCTV(2개 지점, 6개 CCTV)와 침수 모니터링 플랫폼 연계 및 문제점 확인
  - 침수 상황 24시간 모니터링 운영 시 발생한 문제 및 해결
    - 침수 모니터링 플랫폼이 설치된 노트북의 GPU 구동으로 인한 열 발생으로 인해 일부 기간 멈춤 발생 → 노트북 GPU 온도 모니터링을 통해 노트북 과열 방지 조치
    - CCTV 송출 지연으로 인한 침수 모니터링 플랫폼 구동 오류 발생
      - 프레임 레이트 조정을 통한 오류 발생 해결
  - 도로수위계에 수위가 관측될 정도의 수심이 발생하지 않아, 도로수위계 계측 자료를 통한 침수 레벨-2 이상 탐지 및 검증을 수행하지 못함



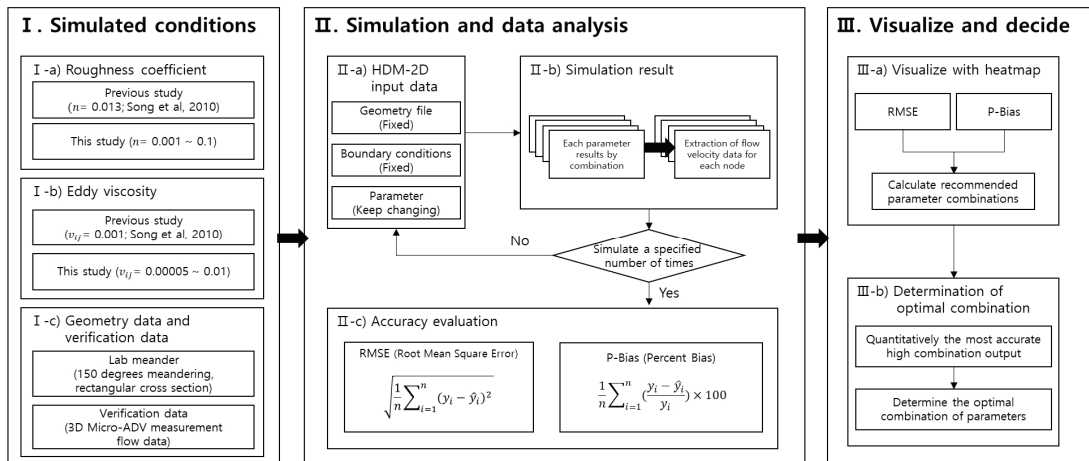
[그림 15] 대지역 사거리 지점 물 고임 현상으로 인한 침수 레벨-1 측정 화면(시범 운영 모니터링 화면)

### III. CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 개발

#### I 2차원 침수모델링 기반 침수지도 작성 자동화 모델 구축

##### 2차원 흐름 해석 모델 자동 보정 알고리즘

- 침수 범위(침수 지역)를 파악하기 위해서는 침수발생 시 도심지 지표수의 흐름 거동을 해석하기 위한 2차원 흐름 해석 모델 연계 필요
- 수심평균된 수평 2차원 흐름 해석 모델의 주요 매개변수인 조도계수와 점성계수의 선정과 적용에 따라 침수 범위 예측 정확도에 큰 영향
  - 침수심이나 홍수파의 전달에 직접적인 영향을 미치기 때문에 정확하고 적절한 매개변수 선택은 흐름 해석 결과의 정확도 확보에 매우 중요
  - 최적 조합 결정 알고리즘의 개발을 통해 2차원 흐름 해석 모델의 정확도 향상, 신속한 분석 가능
- 주어진 초기 매개변수 범위로부터 탐색하여 성능 지표를 활용해 최적의 매개변수 조합을 결정하는 방식으로 설계
  - (초기 매개변수 범위 설정) 유효한 매개변수 값의 범위 설정 및 제한
  - (매개변수 조합 설정 및 순차적인 반복모의 수행) 결정된 최적 조합을 사용하여 2차원 흐름 해석 모델 적용
  - (정확도 평가) 정확도 측정 지표(RMSE, P-bias 등)를 활용한 성능 평가



[그림 16] 2차원 흐름 해석 모델 자동 보정 알고리즘 전체 흐름도

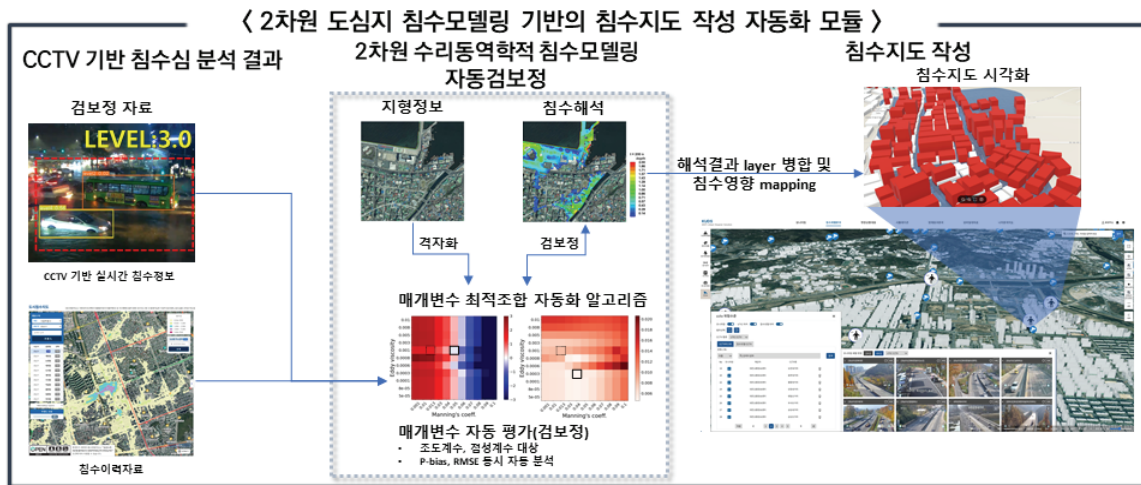
##### 침수지도 작성 자동화 알고리즘

- 침수 관련 데이터의 융합 및 표준화 모듈
  - 침수지도 작성 시 필요한 데이터인 지형 데이터, 배수 시설 데이터, 2차원 흐름 해석 모델 결과 값 등 서로 다른 형태와 단위의 데이터 통합 필수

- (2차원 흐름 해석 모델 결과 값과 과거 침수 정보의 융합) 2차원 흐름 해석 모델과 과거 침수 자료 동기화
  - 2차원 흐름 해석 모델 결과 값: 2차원 흐름 해석 모델을 통해 생성된 데이터를 다른 소스의 데이터와 융합. 강수량, 지형, 배수시설 데이터와 결합하여 침수 시나리오로 생성
  - 확률 침수 자료: 과거 침수 데이터를 기반으로 특정 조건에서의 2차원 흐름 해석 모델의 결과와 결합하여 침수 예측의 정확성 확보
- (시공간 데이터의 융합) 다양한 시공간 데이터를 융합하여 서로 다른 데이터 소스를 통합할 수 있도록 표준화

○ 침수지도 시각화 모듈

- 데이터 수집: 실시간 강수량, 수위, 유속 데이터, CCTV 영상을 통한 침수심, 과거 침수 자료 및 시나리오 기반 2차원 흐름 해석 모델 예측 결과 반영
- 데이터 비교 및 검보정: 실시간 데이터를 과거 침수 자료, CCTV 영상을 통해 침수심과 비교하여 모델을 자동으로 보정
- 침수 영역 예측: 보정된 2차원 흐름 해석 모델을 기반으로 침수 가능성이 높은 지역을 실시간으로 예측하고, 침수 영역 지도 업데이트



[그림 17] 침수지도 작성 자동화 모듈 모식도

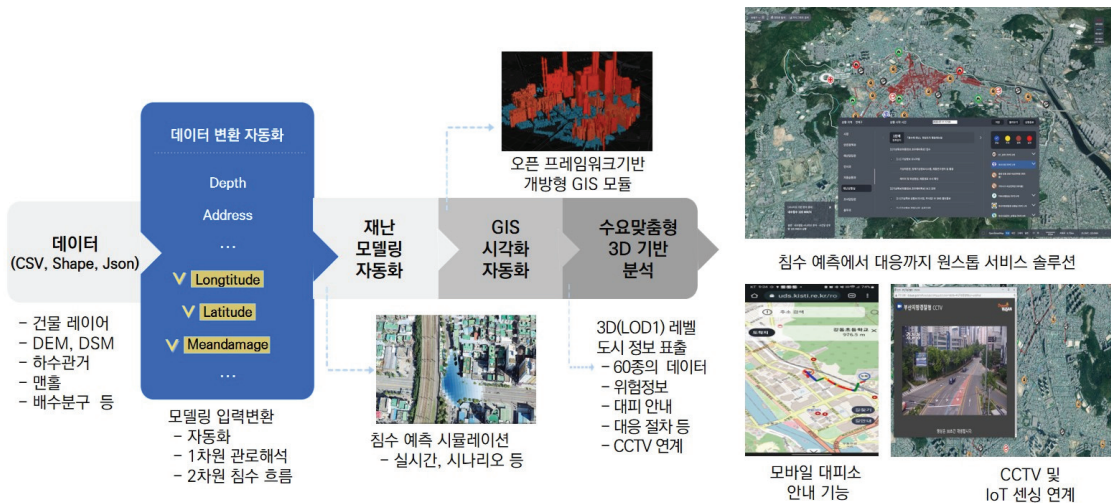
○ 침수 지도 작성 자동화 모듈

- 2차원 흐름 해석 모델 자동 보정 알고리즘, 데이터 전처리 및 융합, 표준화, 침수지도 시각화 모듈을 연계하여 침수지도 작성에 필요한 데이터 일괄 처리
- 전처리 및 융합된 데이터는 침수지도 작성 알고리즘에 입력되며, 실시간으로 침수 위험 지역을 분석한 결과 생성
- 실시간 CCTV 데이터, 시나리오 기반 예측 결과, 침수위험도 등 다양한 데이터를 종합하여 침수 영역을 시각화하는 침수지도 작성 자동화 모듈 구축

# I CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 구축

## CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 설계 및 구조

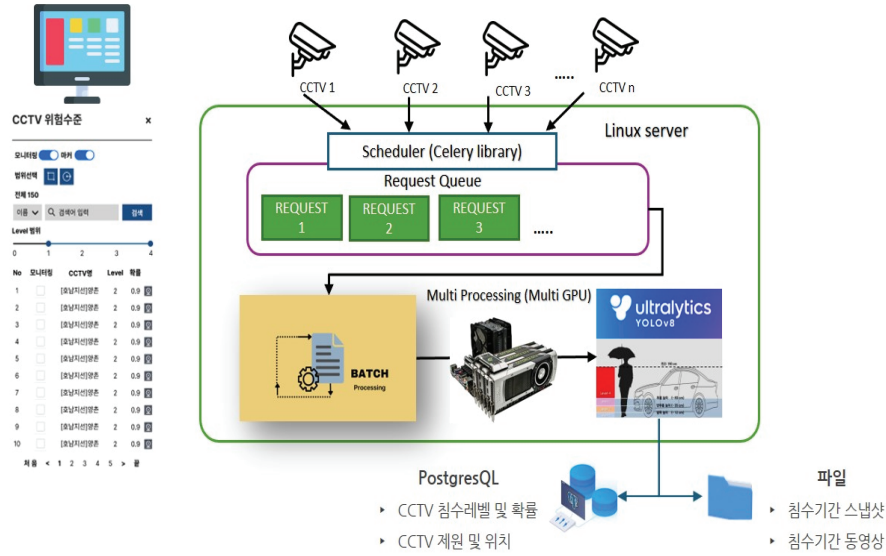
- 본 연구에서 개발된 딥러닝 기반 침수심 분석 기술과 침수지도 작성 자동화 모델을 공동 연구기관인 KISTI에서 개발·서비스 중인 도시 재난 솔루션(이하 K-UDS)과 연계하여 CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 구축
  - 서울연구원-KISTI 업무협약 체결(디지털 기반 안전한 미래 도시 구현을 위한 업무협약 식, 2024. 6. 21.)
- K-UDS는 KISTI의 디지털 전환 기반 기술을 활용하여, 도시침수로 인한 피해 최소화, 사전 대비 및 구조 골든타임 확보를 목적으로 개발·서비스 중1)
  - 데이터, 인공지능, 슈퍼컴퓨팅, 엣지컴퓨팅 기술을 활용하여 침수 상황 관련 데이터를 수집하고 처리
  - 고정밀 시뮬레이션을 통해 피해 범위 및 규모를 사전 예측하고, 3차원 공간정보를 기반으로 침수 상황 정보 제공



[그림 18] KISTI 도시 재난 솔루션 개념도

- CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템은 크게 데이터 수집, 처리, 분석, 저장, 시각화, 업데이트 등의 단계로 작동하도록 설계
  - 입력 단계, 스케줄링 단계, 일괄처리(Batch Processing) 단계, 다중 GPU 처리 단계, YOLO 모델 분석 및 예측 단계, 데이터베이스 저장 단계, 파일 저장 단계, 출력 및 시각화 단계, 지속적인 모니터링 및 조정 등의 단계로 구동

1) 한국과학기술정보연구원 K-UDS: <https://kuds.kisti.re.kr/>



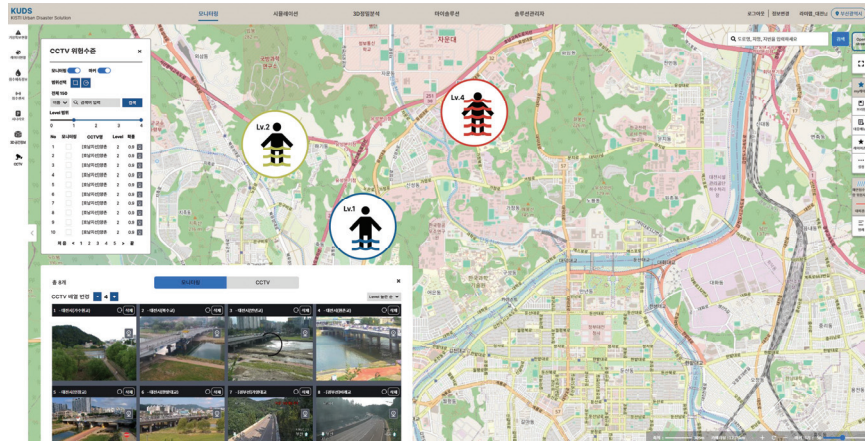
[그림 19] CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 구조

[표 3] CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 설계 단계별 주요 내용

시스템 단계	단계별 주요 내용
사용자 인터페이스 및 제어 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>대시보드 인터페이스를 통해 모니터링을 위한 CCTV 카메라를 선택</li> <li>연결된 카메라 목록과 해당 상태 보기 가능</li> </ul>
입력 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>여러 대의 CCTV 카메라(CCTV1~CCTVn)가 지속적으로 비디오 피드를 캡처</li> <li>선택된 각 카메라는 정의된 간격(예: 3초에 1프레임)으로 시스템에 비디오 스트림을 전송</li> </ul>
스케줄링 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>스케줄러(Celery 라이브러리를 사용하여 구현)는 들어오는 비디오 스트림을 수신</li> <li>카메라에서 각 프레임 또는 프레임 세트에 대한 개별 요청 항목 생성</li> <li>요청 대기열(REQUEST1, REQUEST2, REQUEST3 등)에 배치</li> </ul>
일괄처리 단계 (Batch Processing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템은 요청 대기열에서 여러 요청을 일괄 처리로 그룹화</li> <li>일괄 처리 프로세스는 GPU 활용도와 처리 효율성을 최적화</li> </ul>
다중 GPU 처리 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>배치는 병렬 처리를 위해 여러 GPU에 분산</li> <li>각 GPU는 YOLO 알고리즘의 인스턴스를 실행</li> <li>YOLO 모델을 통해 비디오 프레임에서 객체 감지 및 분석 수행</li> </ul>
YOLO 모델 분석 및 예측 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>분석에 따라 정의된 침수 위험 수준에 따라 할당</li> <li>그리고 다음 단계로 전달</li> </ul>
데이터베이스 저장 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>처리된 데이터는 같은 데이터베이스에 CCTV 위치 정보 및 CCTV 침수 레벨 값으로 저장</li> </ul>
파일 저장 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템은 CCTV 피드와 관련된 다양한 파일을 저장</li> <li>CCTV 이미지: 감지된 이벤트</li> <li>CCTV 영상(CCTV 비디오): 녹화된 비디오 세그먼트(segment)</li> <li>그 외: 기타 관련 파일 또는 메타데이터</li> </ul>
출력 및 시각화 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>출력은 시각화를 위해 사용자 인터페이스로 다시 전송</li> <li>사용자는 대시보드에서 처리된 스트림, 침수 위험 수준을 표출</li> </ul>
지속적인 모니터링 및 조정	<ul style="list-style-type: none"> <li>시스템은 들어오는 스트림을 지속적으로 처리</li> <li>사용자는 필요에 따라 설정을 조정하거나 다른 카메라를 선택하여 수집 단계로 다시 피드백이 가능</li> </ul>

## CCTV 기반 도시침수 모니터링 시스템 기능 및 활용 방안

- CCTV 속성 및 모니터링 정보 표출
  - CCTV 위치 및 속성 조회
  - 연계(Real-time Streaming Protocol)된 CCTV의 실시간 모니터링 정보 제공
    - 다중 CCTV 영상 표출
- CCTV 모니터링 지점 관리 및 분석
  - 모니터링 시스템의 확장성을 고려하여 CCTV 등록, 분석 모델 및 결과 표출에 대한 변경이 자유롭도록 설계하여 관리
  - CCTV 등록은 명칭과 해당 URL을 통해 바로 등록이 가능
  - CCTV 위치별 별도의 분석 모델 적용 가능
    - CCTV별 별도의 ROI 정보를 별도로 저장하여 관리
    - 카메라 위치별·시간대별 침수 위험 수준에 대한 개별 설정 관리
  - 설정된 카메라의 시간대별 침수 위험 수준의 변화를 그래프를 통해 확인 가능
    - 현재 침수 위험 수준, 최대 위험 수준 및 위험 수준의 변화를 함께 제공하여 갑작스러운 침수 위험 변화를 즉각적으로 확인 가능



[그림 20] 다중 CCTV 지점 침수 모니터링 현황 표출 화면

- 침수지도 시각화
  - GIS 플랫폼을 기반으로 공간 데이터를 자동으로 전처리하고 분석된 정보를 실시간으로 표출하여 시각화된 정보로 제공
    - CCTV에서 탐지된 위험 수준을 색상이나 기호로 구분하여 시각화(레벨 1은 녹색, 레벨 2는 노란색, 레벨 3은 주황색, 레벨 4는 빨간색 등)
    - 침수 위험 지도는 도로 정보, 하천 정보, 고도 정보 등 다양한 데이터 레이어를 추가하여 위험 상황을 보다 정확하게 분석
    - 각 CCTV에서 실시간으로 전달되는 침수 위험 수준 데이터를 받아 처리하는 침수지도 작성 자동화 적용



[그림 21] CCTV 기반 도시침수 모니터링 침수 지역 표출 예시

- 침수 징후 자동 감지 및 알림을 통한 신속한 대응 지원
  - 여러 대의 CCTV 카메라에서 촬영된 영상을 동시에 분석하여 침수 징후 탐지
    - 우수 맨홀 막힘, 지표면 침수 수위 변화, 하수구 월류 징후 등을 실시간 감지
  - 실시간 모니터링을 통해 침수 발생 가능성을 사전, 혹은 조기에 파악하여 피해 예방
    - 침수 레벨이 '레벨 2' 수준 이상으로 탐지된 경우 우회 도로 안내, 저지대 시민 대피, 차수벽 설치, 모래주머니 배치 등 신속한 조치
  - 자동 감지 기능은 인력이 부족한 시간대(밤, 새벽) 방재시설(차수벽 등)과 연계한 자동 관리 운영으로 관리 및 감시 업무 효율성 증대
  
- 위치 기반 경고 시스템 연계를 통한 대피 및 출동 지원
  - 침수 징후 감지 시 시스템이 자동으로 해당 위치를 파악하여, 위치 기반 경고
  - GIS 기반 상황판을 통해 침수 위험 지역을 시각적으로 표시하여 대피 경로 안내 및 피난처 위치 정보 제공
  - 인근 구호 기관(소방서, 경찰서, 자치기관 등)과 실시간 연계로 신속한 출동 지원
  
- 현장 대응 및 데이터 통합 지원
  - 현장 대응팀에 실시간 경고 신호 및 상세 데이터 제공
  - 현장 요원들이 신속하게 대응 조치 지원
  - 수집된 정보는 중앙 통제실로 즉시 공유 및 보고되어 관리자의 대책 수립 지원

## IV. 정책제언

### I 서울시 AI 수방시스템, 실시간 모니터링 기반 대피체계 강화되어야

#### 서울시 AI 기반 수방통합시스템 구축 시 실시간 모니터링 기능 확대 필요

- 서울시는 기후변화와 도시화로 인한 침수 위험을 효과적으로 관리하기 위해 AI 기반 수방통합시스템 구축 계획을 수립
  - 서울의 도시 구조는 고층화·지하화로 인해 재난 발생 시 피해 범위 등을 예측하는 것이 어려워지고 있는 상황
  - 인공지능(이하 AI) 기술을 활용하여 데이터를 자동으로 분석·예측하고 동시에 전파하는 'AI 기반 수방통합시스템'을 2030년까지 구축하여 시민들의 대피 골든타임 확보를 목표로 함
- AI 기반 수방통합시스템 구축 계획은 재난 상황의 분석·예측을 통한 사전 대비 및 대피 지원을 하는 예정보 중심의 시스템에 중점
- 그러나, 실효적인 대피 골든타임 확보를 위해서는 실시간 모니터링 기능 강화가 중요
  - 실시간으로 변화하는 재난 상황을 모니터링하여 위험이 감지될 경우, 즉각적인 정보제공과 경보를 통해 시민들이 신속히 대피 유도 필요
  - 실시간 모니터링 기반 알림 및 경보를 통해 대피 효율성 증대 가능
- 분석·예측을 통한 사전 대비, 실시간 모니터링을 통한 대응, 직관적이고 신속한 정보 제공 기능을 AI 기반 수방통합시스템의 주요 기능으로 통합적으로 구현 필요

### I 실시간 모니터링의 핵심은 데이터 통합관리와 AI 분석체계 구축

#### 다양한 출처 데이터의 통합적 관리 및 AI 분석 환경 구축 필요

- 실시간 도시침수 모니터링 시스템의 지속가능한 운영을 위해서는 다양한 출처 데이터의 통합적 관리와 AI 분석 환경 구축 필요
  - 실시간 침수 상황의 정확한 분석을 위해서는 CCTV 영상, 도로수위계, 각종 센서 등 다양한 데이터의 통합 활용이 중요
  - 하지만, CCTV 관제 영상, 도로수위계 및 각종 센서 데이터 등은 관리 주체가 다르고, 관리망이 분리되어 있어 정보 공유가 제한적임

- 또한, 동일한 관리망에 있더라도 서로 다른 시스템에서 수집된 데이터는 대부분 저장 형식, 구조 등 메타데이터 형식의 불일치로 데이터의 통합적 분석이 어려움
- 다양한 출처의 정보들에 대한 표준화와 이를 통합적으로 관리할 수 있는 통합정보 관리 체계 마련 필요
- 아울러, 다양한 형식의 대용량 데이터를 실시간으로 분석하기 위해 최신 AI 기술을 지속적으로 도입하여 시스템의 정확성과 처리 속도를 높이고, 분석결과에 대한 피드백을 통해 시스템을 지속적으로 개선할 수 있는 AI 분석 환경 및 운영 절차 마련 필요

## I AI 기반 실시간 침수대응, 정보공유 체계와 전문인력 확보 중요

### 관계기관 침수 관련 정보 공유 및 AI 시스템 운영 역량 강화 필요

- 실시간 도시침수 모니터링 기반 침수대응의 실효성 제고를 위해서는 관계기관의 침수 관련 정보 공유 체계 구축과 운영 역량 강화 필요
  - 서울시, 기상청, 재난안전관리본부 등 관계기관 간 침수 상황 및 대응정보의 실시간 공유를 위한 협력 체계 마련 필요
  - AI 기반 분석 시스템을 운영하기 위해 GPU 등 고성능 연산 자원 및 분석 도구에 대한 지원이 요구되며, AI 시스템의 활용도를 높이기 위한 담당자 교육 확대 필요

정책  
리포트  
기술 분야  
제445호

## 딥러닝 기반 실시간 도시침수 모니터링 시스템 개발 및 적용

**발행인** 오균

**편집인** 이신해

**발행처** 서울연구원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

02-2149-1234

**ISSN** 2586-484X

**발행일** 2026년 5월 25일

**디자인** 박진범

**인쇄·제본** 세일포커스

서울연구원 정책리포트는 서울시민의 삶의 질을 향상하고

서울의 도시 경쟁력을 강화하기 위해 도시 전반의 다양한 정책 이슈를 발굴하여 분석함으로써

서울시의 비전 설정과 정책 수립에 기여하고자 작성된 정책보고서입니다.

\* 이 정책리포트의 내용은 연구진의 견해로 서울특별시의 정책과 다를 수 있습니다.



06756  
서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57  
02-2149-1234  
[www.si.re.kr](http://www.si.re.kr)