

2026년 전남대학교 소프트웨어중심대학사업 소·중·대 산학협력프로젝트(캡스톤디자인) 결과보고서

프로젝트명	사전학습 비전 모델 기반 산업 현장 안전 이벤트 대응 플랫폼					
Github url 주소						
팀 명	보고보고			과제수행기간	2026. 3. 25. ~ 6. 23.	
지도교수	학 과	인공지능학부		성 명	김미수	
프로젝트 수행인원 (※팀장은 첫줄에 기입)	학과(부·복수전공)	학년	학번	성명	연락처	E-Mail
	물리학과(인공지능 학부 소프트웨어 복수 전공)	3	190336	김준영	010-9763-7002	flosure23@ gmail.com
	인공지능학부 소프트웨어전공	4	233911	공가웅	010-8572-2329	gaw2329@j nu.ac.kr
	지능실감미디어융 합전공	4	185478	김동민	010-8071-7060	185478@jn u.ac.kr
참여 기업	기업명	멘토명		직위	연락처(HP)	E-Mail
	(주)크리앤비즈	주태경		대표이사	010-5343-8657	jootk2000@n aver.com

위와 같이 2026년 전남대학교 소프트웨어중심대학사업
산학협력프로젝트(캡스톤디자인) 지원 프로그램 결과보고서를 제출합니다.

2026년 6 월 21 일

신청자명(대표학생) : 김준영
지도교수 : 김미수

김준영
김미수

전남대학교 소프트웨어중심대학사업단장 귀하

산학협력프로젝트(캡스톤디자인) 결과보고서(요약)

프로젝트명	사전학습 비전 모델 기반 산업 현장 안전 이벤트 대응 플랫폼		
수행기간	2026. 3. 25. ~ 6. 23.	소요예산	339,705원
소요예산 세부내역	- 회의비 : 238,300원 - SW활용비 : 101,405원 - 재료비 : 0원		
참여인원	구분	인원수	성명(모두 기재)
	교수	1	김미수
	석박사과정	-	
	학부생	3	공가웅, 김동민, 김준영
	기업체	1	주태경
	계	5	
추진배경	○ AI 영상분석 CCTV가 보급된 뒤에도 과도한 오경보가 남아 운영자의 알람 신뢰와 신속 대응을 저해함 - 영상분석 CCTV 도입 기업의 93%가 과도한 오경보를 경험(NW Security Group, 2021) - 탐지 결과를 그대로 경보로 쓰면 정상 작업자·점검자·통행자까지 알람이 되어 검토 부담과 알람 피로(alarm fatigue)가 커짐 ○ 따라서 탐지 정확도 경쟁이 아니라 '탐지 이후 운영 계층'에서 알람 품질을 높이는 문제를 과제로 설정		
목표 및 내용	○ 사전학습 비전 모델(YOLO11s + ByteTrack)을 얹게 활용하고, 다단계 이벤트화(Eventization)와 우선순위 분류로 탐지 결과를 운영자가 검토 가능한 '알람 품질(Alarm Quality) 계층'으로 정제 - 후보 이벤트 → 실효 알람 → 사건 승격과 운영자 확정을 분리(자동 확정 금지) - 확정된 사건에 한해 AI 보고서 초안을 생성하고 품질을 정량 검증 ○ 결과물: 이벤트화 엔진 + 운영 백엔드 + 운영 대시보드 + AI 보고/검증 + 정량평가 + 보조 시뮬레이터		
기대효과	○ 즉시 검토 알람을 신뢰 가능한 수준으로 정제(High 큐 정밀도 1,000, 정상 오탐 0건, 검토 부담 BL0 대비 -72.5%)해 알람 피로와 검토 부담을 완화 ○ 불확실한 경계 사례를 자동 확정하지 않는 정직한 운영 구조와 검증된 AI 보고로 사건 기록·인수인계 효율화		

1. 프로젝트 개요

프로젝트명	사전학습 비전 모델 기반 산업 현장 안전 이벤트 대응 플랫폼
주제영역	☐ 생활 ☒ 업무 ☐ 공공/교통 ☐ 금융/핀테크 ☐ 의료 ☐ 교육 ☐ 유통/쇼핑 ☐ 엔터테인먼트
기술분야	☐ IoT ☐ 모바일 ☐ 데스크톱 SW ☒ 인공지능 ☐ 보안 ☐ 가상현실 ☐ 빅데이터 ☐ 자동제어기술 ☐ 블록체인 ☒ 영상처리 ☒ 기타()
성과목표	☒ 논문게재 및 포스터발표 ☐ 앱등록 ☐ 프로그램등록 ☐ 특허 ☐ 기술이전 ☐ 실용화 ☐ 공모전(<i>공모전명</i>) ☐ 기타()

2. 프로젝트 추진배경

산업 현장 침입 감지는 사람 검출, 객체 추적, 경계선 통과, 관심구역(ROI) 진입 감지 등 핵심 기술이 이미 널리 상용화되어 있다. 그러나 실제 관제 환경에서는 탐지 모델의 출력을 곧바로 경보로 쓰기 어렵다. 펜스 주변을 점검하는 작업자, 정비 인력, 순찰자, 일시적 통행자도 사람 검출 모델에는 똑같이 잡히기 때문이다. 이렇게 탐지 결과를 그대로 올린 경보는 운영자가 처리해야 할 오탐과 검토량을 늘리고, 결국 알람 피로(alarm fatigue)로 이어진다.

문제의 심각성은 현장 데이터로도 확인된다. 영상분석 CCTV를 사용하는 기업의 93%가 과도한 오경보를 경험했고(NW Security Group, 2021), 반복되는 오탐은 운영자가 알람을 신뢰하기 어렵게 만들어 중요한 알람의 대응까지 늦춘다(Dadashi 외, 2013). 산업 알람 관리 표준(ANSI/ISA-18.2, EEMUA 191)도 알람의 완전 제거가 아니라 '운영자가 처리 가능한 수준으로 정제·우선순위화하는 것'을 강조한다.

따라서 본 과제는 더 큰 모델이나 신규 학습으로 정확도를 끌어올리는 방향이 아니라, 사전학습 모델을 얇게 쓰고 탐지 이후의 운영 계층에서 알람 품질을 높이는 문제를 중심에 둔다. 대상 범위는 산업 현장 외곽의 월담 침입을 중심으로 하고, 같은 옥외 환경에서 밀접하게 겹치는 펜스 훼손 의심을 보조 사건 유형으로 포함한다.

3. 프로젝트(주제) 목표 및 내용

최종 목표는 사전학습 비전 모델(YOLO11s + ByteTrack)을 입력 계층으로 고정하고, 탐지 결과를 곧바로 사건으로 확정하지 않은 채 다단계 이벤트화와 우선순위 분류를 거쳐 운영자가 검토 가능한 알람 품질 계층으로 정제하며, 운영자가 확인한 사건에 한해 AI 보고서 초안을 생성·검증하는 검증형 AI 소프트웨어 시스템을 구현하는 것이다.

이를 위해 세 가지 기능을 핵심으로 설계했다. 첫째, 우선순위 알람 큐로 무엇부터 봐야 할지 정리한다. 둘째, 빠른 사건 판별 화면에서 썸네일·짧은 클립·타임라인·규칙 충족 근거를 한 화면에 모아 전체 영상을 다시 보지 않고도 실제 침입 여부를 판단하게 한다. 셋째, 확정 사건을 AI 보고서 초안으로 연결해 기록·인수인계 부담을 줄인다.

설계의 핵심 원칙은 사건 객체의 세 축을 서로 독립(직교)으로 분리한 것이다.

축	값	부여 주체
처리 상태(status)	탐지 → 검토 → 확정 / 오경보	운영자
사건 승격 레벨 구분	후보 이벤트 → 실효 알람 → 사건 생성	이벤트화 엔진(규칙 기반)
검토 우선순위(priority)	높음(High) / 중간(Medium) / 낮음(Low)	우선순위 분류기

즉 'High 우선순위'는 즉시 검토가 필요하다는 뜻일 뿐 자동 확정이 아니며, 최종 '확정'은 반드시 운영자 검토 후에만 부여된다. 단안 CCTV로 의도를 단정할 수 없는 경계 사례를 무리하게 자동 확정하지 않는다는 점이 이 시스템의 정직한 차별점이다.

학습성과 측면에서는 규칙 기반 상태기계 설계, FastAPI·SQLModel·PostgreSQL 기반 백엔드, React 운영 대시보드, Unity 연동, 그리고 단일 F1에 의존하지 않는 운영 관점 정량평가와 LLM 출력 검증 체계를 직접 설계·구현·검증하는 것을 목표로 했다.

4. 시스템 구성 및 내용

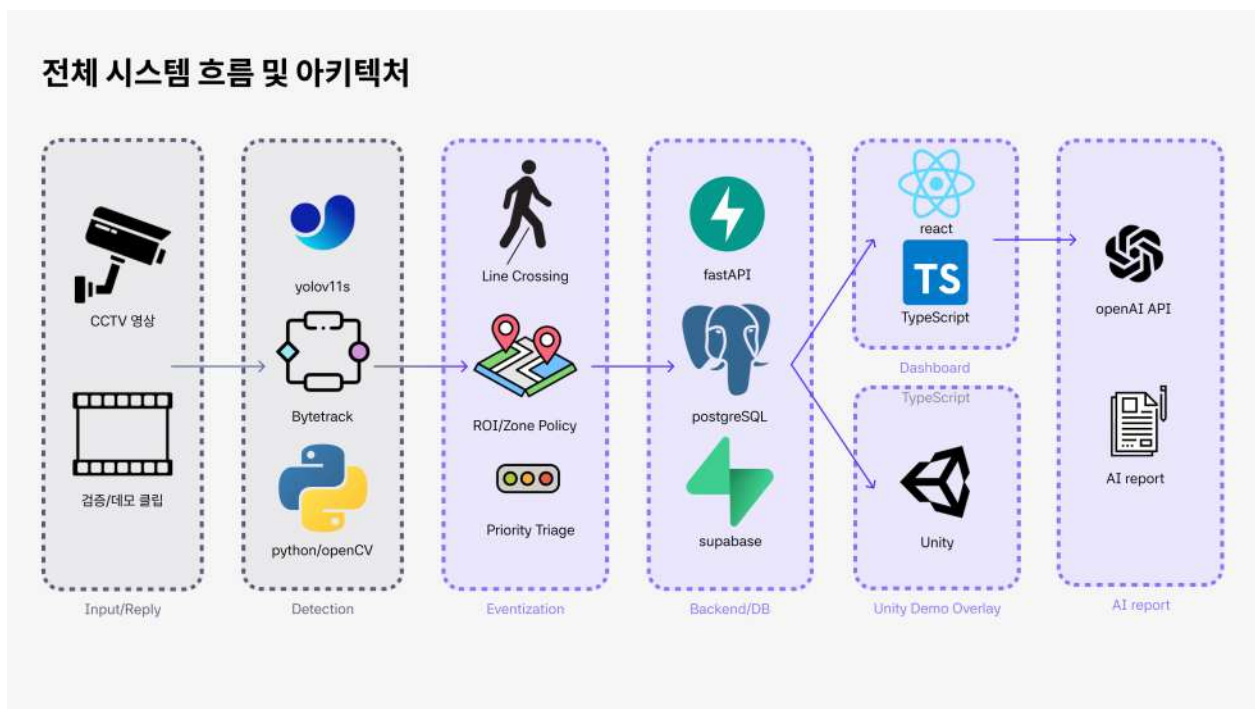


그림 1. 전체 시스템 흐름 및 아키텍처

전체 흐름은 '입력 → 탐지 → 이벤트화·우선순위 → 백엔드 저장 → 대시보드·AI 보고 → 평가'로 이어진다. 사전학습 탐지 모델은 입력 계층으로만 고정하고, 프로젝트의 기술적 중심은 그 위의 이벤트화·알람 품질 계층(핵심 기여 1)과 확정 사건 기반 AI 보고·검증(핵심 기여 2)에 둔다. Unity 시뮬레이터는 사건의 공간적 위치를 직관적으로 보여주는 발표·재현용 보조 채널이며, 대시보드 사건과 JSON 연동으로 연결된다.

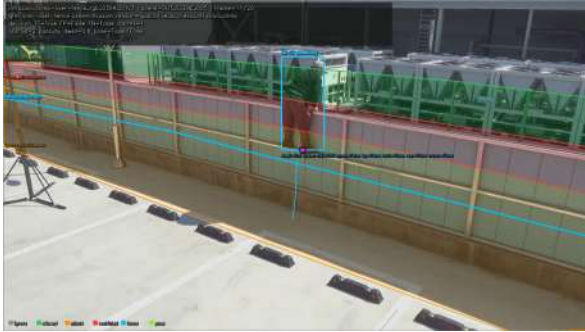


그림 2. 침입 탐지·이벤트화 시각화 예시

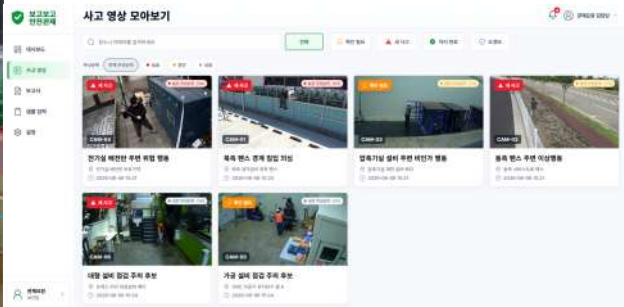


그림 3. 운영 대시보드 사건 목록 화면

5. 프로젝트 결과물에 대한 기술

본 시스템의 기술적 중심은 탐지 모델이 아니라 그 위의 이벤트화 규칙이다. 침입 판정은 단순 영역 겹침이 아니라 사람 영역의 하단 중심점(bottom-center)이 펜스 경계선을 바깥→안쪽으로 통과하는지로 계산하고, 펜스 훼손 의심은 속도($\leq 80\text{px/s}$)·사람 크기(높이 $\geq 80\text{px}$)·추적 유지($\geq 2.0\text{초}$)·위험구역 체류 조건을 함께 만족할 때만 후보로 본다. 또한 통과 직전 최소 3회 관측·0.4초 이상의 추적 안정성 가드와, 동일 추적에서 침입이 확정되면 하위 등급(훼손 의심)을 흡수하는 중복 억제 규칙으로 순간적 흔들림과 중복 알람을 줄였다.

입력 탐지 모델은 소규모 비교 후 균형이 가장 좋은 조합으로 고정했다.

탐지+추적	실효 재현율	처리속도	선택
YOLO11n + ByteTrack	0.804	9.14 FPS	보조(재현율 손실)
YOLO11s + ByteTrack	0.957	7.75 FPS	선택(중복 검출 0.000)
RT-DETR-L + ByteTrack	0.935	2.36 FPS	미선택(속도·오탐 불리)

각 규칙 계층이 실제로 기여하는지는 절제실험(ablation, 구성요소를 하나씩 제거)으로 확인했다. 특히 수동 장면 정책(공간 규칙)을 빼면 검토 알람이 45건에서 130건으로 급증해, 장면 정책이 단순 주석이 아니라 오탐 억제의 핵심임을 정량적으로 보였다.

제거한 구성요소	검토 알람(기준 45건)	정상 오탐률
공간 규칙(관심구역·경계선)	130 (+85)	1.000
시간 규칙(체류·지속성)	106 (+61)	0.870
추적 품질	57 (+12)	0.739
정책·중복 정리	53 (+8)	0.391

정량 검증 결과(요약). 옥외 침입 영상 69개 클립(실제 사건 45 / 정상 24)으로 평가했다. 규칙을 단계적으로 더한 기준선(baseline) BL0~BL4 중, 전체 이벤트화를 적용한 BL4는 단일 F1(0.683)이 공간 규칙만 적용한 BL3(0.812)보다 낮았다. 그러나 본 과제의 목표는 F1 극대화가 아니라 오탐과 검토 부담을 줄이는 것이며, 이 관점에서 BL4는 정상 오탐률을 0.625에서 0.333으로 낮추고, 검토 부담을 BL0 대비 46.4%(즉시 검토 High 기준 -72.5%) 줄였으며, 사건유형 분류 정확도 1.000을 달성했다. 우선순위 분류 적용 시 High 규 정밀도 1.000, 정상이 High로 잘못 올라간 경우 0건으로 즉시

검토 큐의 신뢰도를 확보했다.

AI 보고 검증에서는 원본 로그에 없는 흉기·방화 내용을 일부러 주입한 결함 사례에서 사실성 점수가 가장 낮게(2.33/5점) 나와 환각을 탐지함을 확인했고, 종단 간 30회 측정에서 성공률·형식 준수 100%를 기록했다. 통합 측면에서도 백엔드·엔진 단위테스트 75건 통과, 대시보드 검증(타입·계약·빌드) 통과로 전체 동작을 확인했다.

구분	기능정의	세부기능 설명
침입 탐지	사람 검출·추적	전학습 YOLO11s + ByteTrack으로 프레임 단위 검출·추적(별도 학습 없음)
이벤트화 엔진	다단계 사건 승격	수동 장면 정책(관심구역·경계선·구역) 기반 후보 → 실효 알람 → 사건 승격, 경계선 통과·체류·추적 안정성 검사, 오탐 억제·중복 병합
우선순위 분류	검토 우선순위 부여	침입=High, 펜스 훼손 의심=Medium, 단순 후보=Low (확률이 아닌 '검토 우선순위')
직교 3축 사건 모델	상태 분리 설계	처리 상태·승격 단계·우선순위를 독립 축으로 분리, '확정'은 운영자만 부여
운영 백엔드	사건 저장·상태 관리	FastAPI + SQLAlchemy + PostgreSQL/Supabase, 4개 테이블, 단방향 상태기계, 이벤트화 런타임 연동
운영 대시보드	사건 확인·판단	React + Vite, 우선순위 목록·필터, 근거(썸네일·클립·타임라인·규칙) 확인, 상태 변경
AI 보고	보고 초안 생성	확정 사건 대상 사건 개요(3줄)·체크리스트·상세 보고 초안, 우선순위별 어조 분기
AI 보고 검증	보고 품질 검증	출력 검증기(허위 위험표현 차단) + LLM 심판 4대 지표(사실성·완전성·실행가능성·형식준수성)
시뮬레이터(보조)	공간 시각화	Unity 기반 현장 재현, JSON 연동으로 대시보드 사건과 위치 연결

6. 프로젝트 진행내용

1) 참여인원 및 담당 역할

연번	소속학과	성명	수행역할 분담내용
1	물리학과	김준영	팀장. 데이터·시나리오 관리, 침입 탐지 입력 계층(YOLO11s+ByteTrack), 이벤트화·알람 품질 엔진, 우선순위 분류기, 평가·검증 하네스
2	인공지능학부 소프트웨어전공	공가웅	운영 백엔드(FastAPI·DB·런타임 통합), AI 보고 모듈, 출력 검증기, AI 보고 품질(LLM 심판) 평가
3	인공지능학부 지능실감미디어융 합전공	김동민	운영 대시보드(React) 및 사건·우선순위 화면, AI 보고 조회 화면, Unity 시뮬레이터·JSON 연동

2) 회의 및 SW멘토링 진행

번호	일시/장소	회의/멘토링 내용(상세히 작성)	관련 사진
1	2026. 4. 10. (09:30~1 2:30) / 공대 7호관 강의실	- 춘계 논문 제출 관련 진행 상황을 점검하고, 현재 구현·정량 평가·결과 정리 수준을 고려하여 이번 춘계 논문은 제출하지 않기로 결정하였다. - 데이터 계약 문서의 세부 항목을 검토하고, AI Input 등 추후 조정 가능성이 있는 부분도 우선 현재 안을 기준으로 고정하기로 하였다. - 데이터 계약 문서를 기반으로 목데이터 셋업, 파트별 1차 완료 기준 정의, 폴더 트리 구조 작성 등 후속 문서화 작업을 진행하기로 하였다.	
2	2026. 5. 14. (12:00~1 3:30) / 공대 7호관 강의실	- 1차 Mock Merge 이후 진행 상황을 공유하고, 2차 통합 전에 각 파트가 맞춰야 할 구현 기준과 작업 범위를 정리하였다. - YOLO11s와 ByteTrack 기반 사건화 파이프라인 및 검증셋 150개 clip 기준 baseline 평가 결과를 확인하고, ROI 설정 후 F1 score를 재확인하기로 하였다. - DB·백엔드·프론트·Dashboard 파트의 구현 방향을 정리하고, ROI 재평가, DB migration, AI 보고서 개발, Unity WebGL 빌드 등 역할을 분담하였다.	
3	2026. 5. 21. (12:00~1 3:30) / 공대 7호관 강의실	- 각 파트의 이번 주 진행 상황을 공유하고, 2차 통합과 최종 평가 준비 방향을 정리하였다. - 사건화 파트는 수동 ROI, Tracking, Pose 기반 Eventization 설계를 구체화하고, 침입 판단 기준을 fence line crossing 중심으로 정리하였다. - DB·AI 파트는 Repository 구조와	

		AI 보고서 생성 흐름을 점검하고, Dashboard·시뮬레이터 파트는 incident clip 표시, Unity WebGL 개선, CCTV 마커 추가 등을 검토하였다.	
4	2026. 5. 26. (12:00~1 3:30) / 공대 7호관 강의실	- 최종 평가, 논문 작성, 데모 준비 전에 필요한 통합 기준을 점검하고, mock data에서 실제 데이터로 전환하는 방식을 논의하였다. - 수동 ROI를 camera-specific policy로 보고, 사람 bbox의 bottom-center와 fence line crossing을 중심으로 침입 여부를 판단하기로 하였다. - 최종 Eventization 평가는 CAM split 기반 A-Dev, A-Val, A-Test 구조로 진행하고, BL0 Person Alarm부터 BL4 Full Eventization까지 baseline ladder를 유지하기로 하였다.	
5	2026. 6. 11. (12:00~1 3:30) / 공대 7호관 강의실	- 최종 논문 제출을 위한 교수님 피드백을 검토하고, 논문 초안의 내용 구성, 서식, 용어 사용, 참고문헌 표기 방식을 보완하기로 하였다. - 국문 논문 형식에 맞추어 false alarm은 '오탐', review burden은 '검토 부담'처럼 영어 표현을 가능한 한 한국어로 수정하기로 하였다. - 성능 지표 부분에서는 TP, FP, FN 판단 기준과 F1 score, 오탐 감소, 검토 부담 감소, AI 보고서 평가 결과 등을 함께 설명하기로 하였다.	

7. 프로젝트 세부일정 및 내용

No.	작업 내용	4월				5월				6월				담당자	비고
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	프로젝트 기획 및 역할 분담													팀원 전체	
2	요구사항 분석 및 시스템 구조 설계													팀원 전체	
3	UI/대시보드 화면 설계													김동민	
4	핵심 기능 개발													팀원 전체	
5	데이터 처리 및 사건화 기능 구현													김준영	
6	백엔드 연동 및 AI 보고서 기능 구현													공가웅	
7	통합 테스트 및 오류 수정													팀원 전체	
8	최종 발표자료 및 논문 작성													팀원 전체	
9	최종 보완 및 결과보고서 작성/제출													팀원 전체	

8. 결과물에 대한 향후 활용계획

- 학술 성과: 이벤트화 기반 알람 품질·우선순위 분류 설계와 정량평가 결과를 정리한 논문 초안을 바탕으로 교내 학술 게재를 추진한다.
- 후속 연구 확장: 현재 정량 범위(옥외 침입·펜스 훼손 의심)를 넘어 실내 시설 이벤트 정량평가, 행동·도구 근거 추가, 다중 카메라·열화상·출입통제 정보 연계로 우선순위 판단을 고도화한다. AI 보고 검증도 합성 결함 기반 초기 검증에서 실제 보고서 대규모 평가로 확장한다.
- 실용화 관점: 국내 물리보안·영상관제 시장에서 본 시스템은 '탐지' 자체가 아니라 '탐지 이후 운영 계층(확인·판단·기록·보고)'에 특화된 최소기능제품(MVP)으로 포지셔닝된다. 발전하는 탐지 기술과 충돌하지 않고 시너지를 내며, 제조시설 침입 관제를 우선 진입 영역으로 본다.
- 연계 활용: 본 과제에서 확립한 직교 3축 사건 모델, 데이터 계약, 평가 하네스는 다음 학기 심화 과제 및 졸업작품으로 연결해 실시간 CCTV·멀티카메라 환경으로 확장할 수 있다.

9. 참고자료 및 문헌

1. NW Security Group (2021). 영상분석 CCTV 오경보 실태 조사.
2. Dadashi 외 (2013). 알람 신뢰도와 운영자 알람 피로 연구.
3. ANSI/ISA-18.2, EEMUA 191. 산업 알람 관리 표준(Alarm Management).
4. Zhang 외. ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box.
5. Ultralytics. YOLO11 모델 문서.
6. NIST. ActEV / TRECVID 이벤트 검출 평가(Event-level Evaluation).
7. AXIS-Hikvision 등. 상용 영상분석(관심구역·경계선·체류) 정책 문서.
8. KISIA. 국내 정보보호산업 실태조사(물리보안 시장 규모).
9. AI-Hub. 스마트 제조 시설 안전 감시 데이터.
10. OpenAI. Structured Output 문서.