

114年度營建工程環保教育宣導會

營建工地科技化污染防制趨勢

國立雲林科技大學

王斯弘 助理教授 (電子工程系)

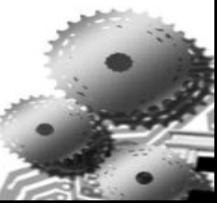
張傳育 校長/特聘教授

2026/02/11

大綱

- 營建工地科技化技術發展歷程
- AI技術應用於營建工地案例
 - 2022年雲林縣疏濬工程覆蓋網辨識系統
 - 2023年台南市大型營建工地揚塵辨識系統
 - 2024年雲林縣/台南市工地3D建模與辨識技術
 - 2024年邊緣運算技術應用於智慧化營建工地監控系統
 - 2025年後續推廣其他縣市成效
- 營建工地影像生成文字摘要技術

依據110年10月修正通過「營建工程空氣污染防制設施管理辦法」第18條
新增洗車台設置



營建工地科技化技術發展歷程

110.10.18修正公告
111.11.01開始實施

• 第10條-新增洗車台

- 第一項洗車設施於車輛離開營建工地時，應有效清洗車體及輪胎，其表面不得附著污泥，或造成工地出入口及其延伸之有路面色差。
- 區域開發工程、疏濬工程者，應洗掃鄰接道路，並設置自動洗車設備



洗車台



沈砂池



有效清洗車體及輪胎



自動洗車設備



廢水收集坑



高壓沖洗設備



自動沖洗設施



洗掃鄰接道路

新增

出入口及延伸之路面，不得有路面色差

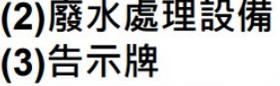
設備項目



(1)自動感應閘門



(2)廢水處理設備



(3)告示牌



(4)跳動路面



(5)兩側沖洗

營建工地科技化技術發展歷程

111年 (第一代)

雲林縣濁水溪疏濬工程
[雲端運算]



- 砂石車覆蓋網
- 車牌辨識
- 出入口路污
- 出入口揚塵

112年 (第一代)

台南市/雲林縣大型營建工地
[雲端運算]



113年 (第二代)

[邊緣運算]技術應用於
智慧化營建工地監控系統

提出

1. 邊緣即時運算處理
2. 工地揚塵自動抑制 (連動灑水系統)
3. 智慧洗車台

第一代困難：

- 工地訊號不佳
- 車速過快
- 場內揚塵逸散



AI技術應用於營建工地案例

- 2022年雲林縣疏濬工程覆蓋網辨識系統

延伸問題:
1. 出入口路污
2. 出入口揚塵

於此處架設鏡頭
來拍攝防塵網是否覆蓋

於此處架設鏡頭

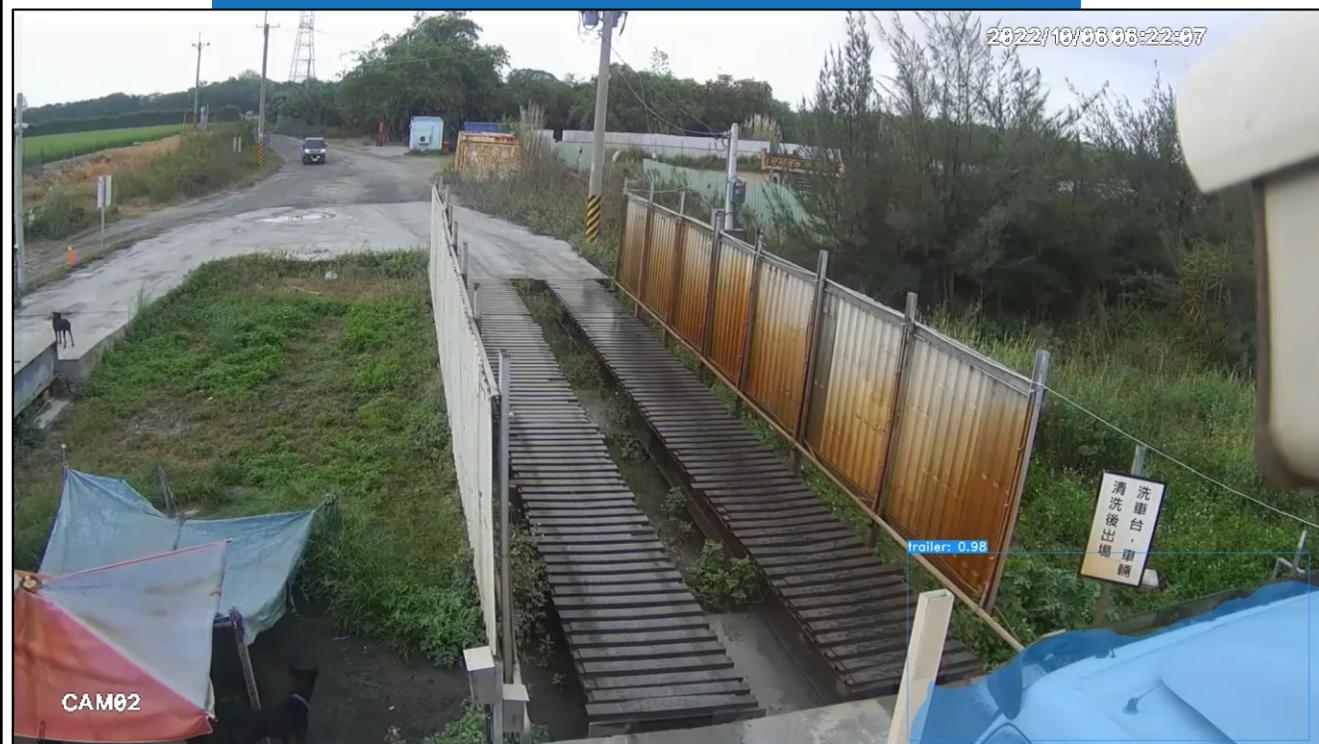


AI技術應用於營建工地案例

- 2022年雲林縣疏濬工程覆蓋網辨識系統

覆蓋網監控功能

出入口揚塵監控



AI技術應用於營建工地案例

• 2022年雲林縣疏濬工程覆蓋網辨識系統

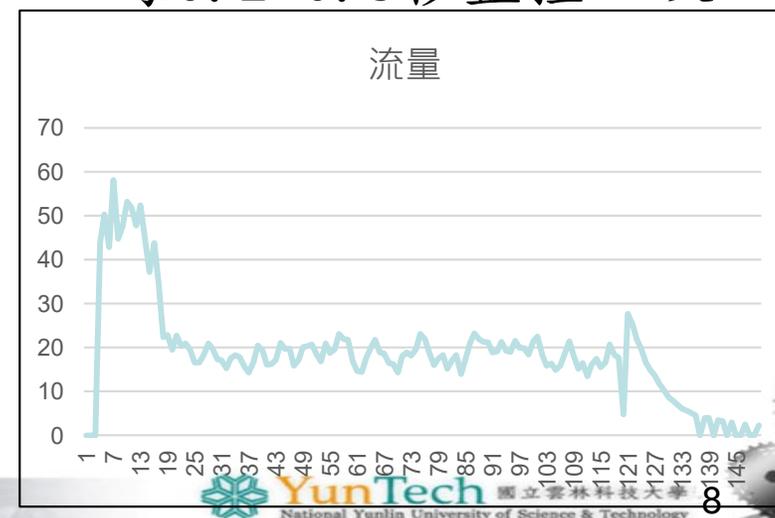
- ✓ 出磅砂石車 **車牌辨識** 記錄功能
- ✓ 進入洗車台砂石車 **防塵覆蓋網覆蓋** 檢測紀錄功能
- ✓ 進入洗車台砂石車 **停等洗車秒數** 檢測紀錄功能
- ✓ 洗車台運作 **水量記錄功能(電子流量計)**
- ✓ 洗車台運作 **水壓記錄功能(電子壓力計)**
- ✓ 洗車台運作 **異常檢測通報功能(電子流量計)**
- ✓ **出入口路面髒汙** 檢測通報功能
- ✓ **工區揚塵** 檢測通報功能
- ✓ **風速風向** 記錄功能
- ✓ PM2.5 空品微粒感測記錄功能
- ✓ 紅綠燈號誌指示功能



電子流量壓力計



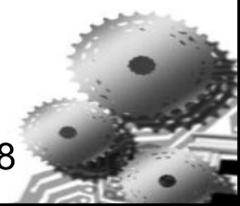
每0.2-0.5秒監控一次



AI技術應用於營建工地案例

- 2022年雲林縣疏濬工程覆蓋網辨識系統

比較項目	營建法規要求規格	本系統自動監控功能
覆蓋網辨識	未要求紀錄	每趟車自動紀錄
通過車牌辨識	未要求紀錄	每趟車自動紀錄
停等洗車時間計算	無	每趟車自動紀錄
洗車水壓紀錄	僅每日一次	每趟車自動紀錄
洗車水量紀錄	僅每日一次	每趟車自動紀錄
每日水流量/水壓紀錄	僅每日一次	即時自動紀錄
每日通過車輛事件紀錄	未要求紀錄	即時自動紀錄
汙染方向評估	無	配合感測器資訊自動匯報
出入口路面髒汙辨識	無	全自動監控
異常事件即時通報	無	即時通報系統
優點	彈性	大幅減少人力以及時間



AI技術應用於營建工地案例

- 2022年雲林縣疏濬工程覆蓋網辨識系統

國立雲林科技大學-AI營建工程揚塵檢測自動監控系統

監視影片



合格率

系統同步時間：2022-12-02 13:06:56

總計通過車次 未覆蓋防塵網 未過灑水洗車 停等時間不足

205

197

56

204

PM1.0: 26ug/m3, PM2.5: 36ug/m3, PM10: 43ug/m3, DN1.0: 212, DN2.5: 16, DN10: 4

車輛覆蓋監控狀態

A457, 2022-12-02 13:04, 停等洗車時間不足, 車牌模糊

A456, 2022-12-02 13:04, 出場未覆蓋防塵網, 車牌模糊

A455, 2022-12-02 13:02, 出場未過灑水洗車, KLE6827

本日不合格總數：457 趟；昨日不合格總數：706 趟

Real-time monitoring screen

時間：2022-12-02 13:49:44

請選擇日期

11月28日 - 紀錄表

車牌號碼	違規車牌	違規照片
KLF5698	KLF5698	
KLF5698	KLF5698	
KLF5698	KLF5698	

AI技術

• 2023年台南市大

工地篩選條件

篩選條件	說明
污染量	工地污染量排名為前200大
工程面積	工程面積 ≥ 1公頃
施工階段	整地、開挖、地下結構體、回填等車輛進出頻繁階段
施工工期	設備裝設後，施工工期仍大於1年以上
其他	有無洗車平台、工地配合度、工地地點(4G訊號強弱)

選定6處工地設置科技監控設備

工程名稱	行政區	工程類別	污染量排名	施工面積	評估時 施工階段	施工工期	監控設備 架設日期
沙崙綠能科學城核心	歸仁區	區域開發	前200大工地	1.51公頃	地下結構體開挖	預計完工日113/05/31，設備裝設後，工期 ≥ 1年	112/03/20
喜樹灣裡市地重劃	南區	區域開發	前100大工地	29.77公頃	整地、箱涵施作	預計完工日113/12/15 設備裝設後，工期 ≥ 1年	112/03/20
國家圖書館南部分館	新營區	區域開發	前100大工地	5.71公頃	地下結構體開挖	預計完工日114/11/02 設備裝設後，工期 ≥ 1年	112/03/29
統一集團 新市物流園區	新市區	區域開發	前100大工地	8.55公頃	開挖回填、地上 結構體施作	預計完工日114/07/02 設備裝設後，工期 ≥ 1年	112/03/29
亞太國際 棒球訓練中心	安南區	建築工程	前200大工地	2.15公頃	開挖回填、地上 結構體施作	預計完工日115/06/02 設備裝設後，工期 ≥ 1年	112/03/20
上曜建設	安南區	建築工程	前200大工地	1.11公頃	基礎開挖、回填	預計完工日122/12/12 設備裝設後，工期 ≥ 1年	112/04/25

AI技術應用於營建工地案例

- 2023年台南市大型營建工地揚塵辨識系統

臺南市新營區國家圖書館南部分館 監控系統

月紀錄表 日紀錄表 紀錄表下載 車牌紀錄表下載

即時畫面

合格率



通報紀錄表

系統同步時間: 2023 07 20 22:48:21

臺南市新營區國家圖書館南部分館 過往每日統計數據

統計日期	總計通過車次	未覆蓋防塵網	揚塵逸散發生	停等時間不足	路面髒污發生	違規百分比
2023年04月10日	0	0	0	0	0	-
2023年04月11日	8	0	0	0	0	-
2023年04月12日	246	0	0	0	0	-
2023年04月13日	392	1	0	0	0	-
2023年04月14日	288	0	0	0	0	-
2023年04月15日	10	0	0	0	0	-
2023年04月16日	7	0	0	0	0	-
2023年04月17日	187	0	0	0	0	-
2023年04月18日	23	0	0	0	0	-
2023年04月19日	21	0	0	0	0	-
2023年04月20日	8	0	0	0	0	-
2023年04月21日	15	0	0	0	0	-
2023年04月22日	7	0	0	0	0	-
2023年04月23日	11	0	0	0	0	-
2023年04月24日	6	0	0	0	0	-
2023年04月25日	4	0	0	0	0	-
2023年04月26日	8	0	0	0	0	-
2023年04月27日	10	0	0	0	0	-

Real-time monitoring screen

停等時間不足 11

通報紀錄表

系統同步時間: 2023 07 20 22:48:45

監控系統 請選擇日期

臺南市新營區國家圖書館南部分館 - 2023年07月20日 - 紀錄表

編號	違規時間	違規車由	車牌號碼	違規車牌	違規照片
D1	2023-07-20 08:42	作業洗車時間不足	BEE-3870	BEE-3870	
D2	2023-07-20 09:18	停等時間不足	4576-D7	4576-D7	
D3	2023-07-20 10:01	作業洗車時間不足	ARB-3632	ARB-3632	

AI技術應用於營建工地揚塵辨識系統

• 2023年台南市大型營建工地揚塵辨識系統

- 利用AI智能分析即時影像，提供**事件發生時**的**通報**、**判斷**及**舉證影片備份**。
- 物件偵測技術採用**污染監測系統**、**先進伺服器演算法**與**AI物件分割辨識技術**，達到**即時辨識**、**精準判斷污染事件**。
- 不斷回饋辨識錯誤案件，供系統深度學習，修正辨識，逐步提升辨識正確率。

臺南市營建工程連續自動監控系統



帳號

密碼

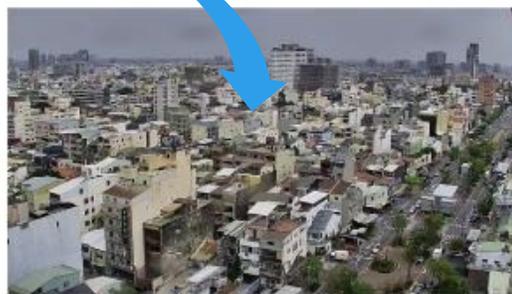
按此登入

臺南市營建工程
連續自動監控系統

Real-time monitoring screen

系統同步時間：2023-04-12 10:49:01

臺南市環境保護局 歡迎



臺南市中西區高驛酒店制高監控點-西側



臺南市中西區高驛酒店制高監控點-東側



臺南市沙崙綠能科學城核心区-覆蓋



AI技術應用於營建工地案例

- 2023年台南市大型營建工地揚塵辨識系統



此處架設鏡頭
拍攝車牌

此處架設鏡頭
拍攝防塵網覆蓋



嵌入式系統即時運算分析

發送違規通報

網頁即時查詢



AI技術應用於營建工地案例

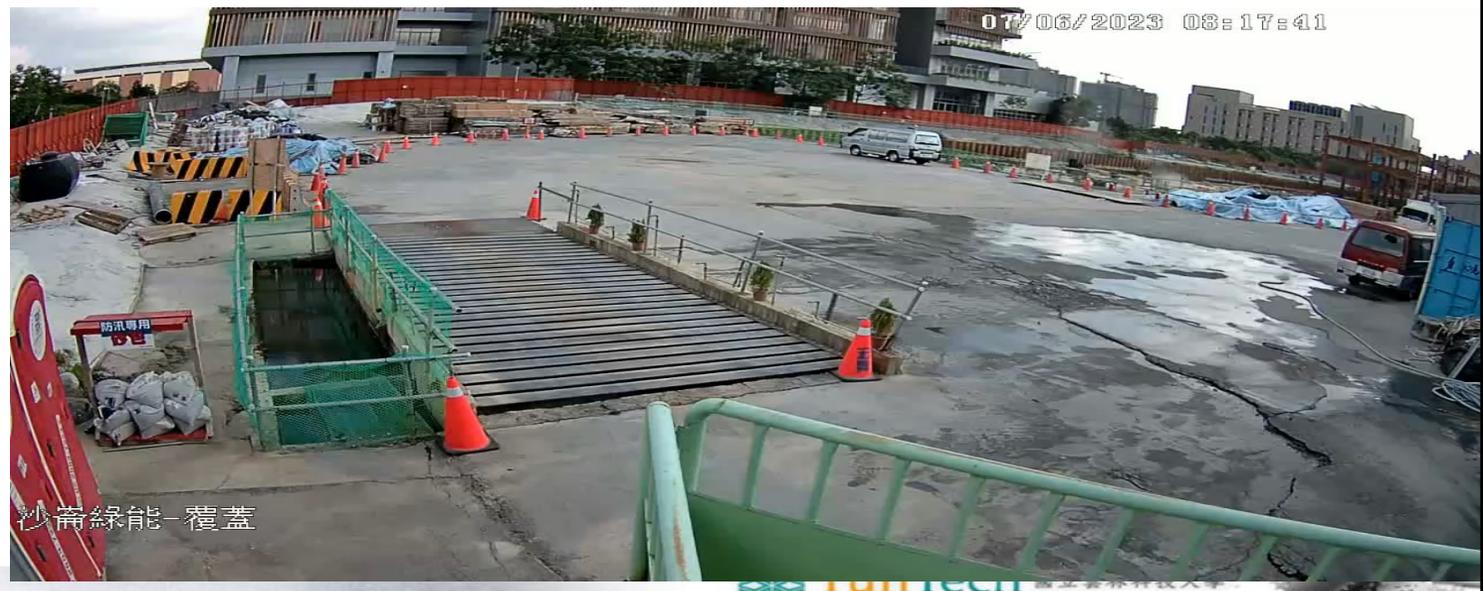
- 2023年台南市大型營建工地揚塵辨識系統

營建工地智能化管理

AI技術應用於營建工地案例

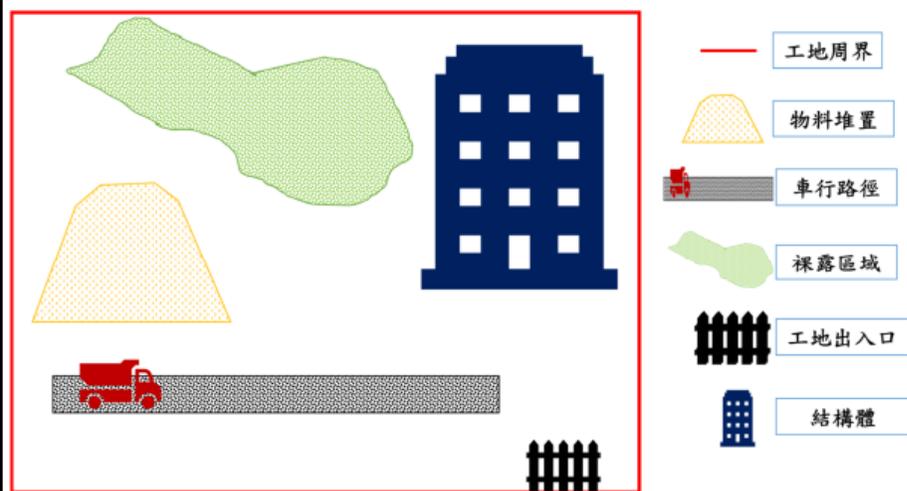
- 2023年台南市大型營建工地揚塵辨識系統

揚塵辨識統計表			
年/月	AI系統告警件數	實際揚塵違規件數	AI告警準確率
112/08	1	1	100%
112/09	42	37	88%
112/10	29	31	93%
112/11	1,018	964	95%

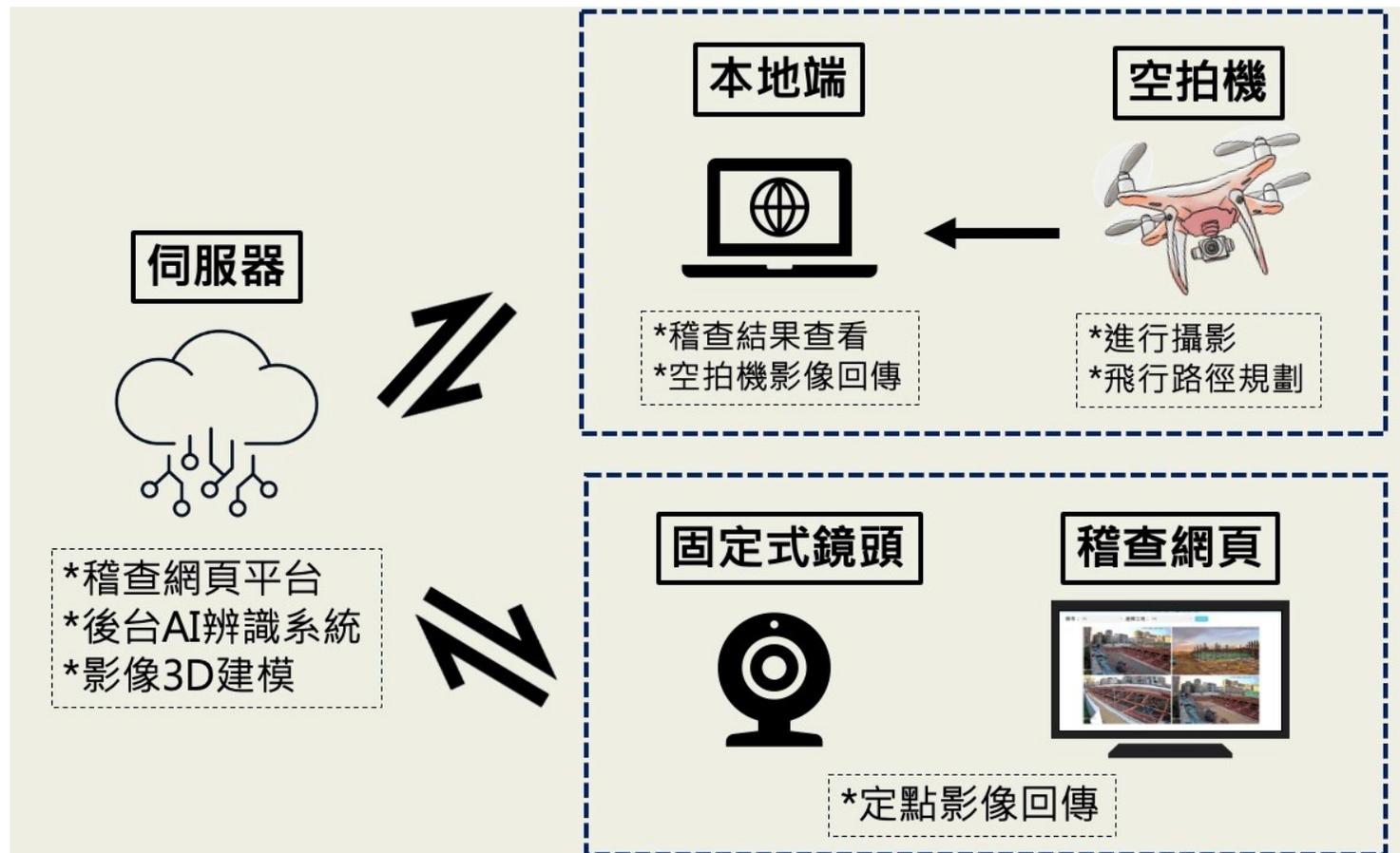


AI技術應用於營建工地案例

- 2024年雲林縣/台南市工地3D建模與辨識技術



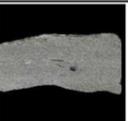
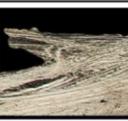
圖一 建築(房屋)工程工區應防制區域

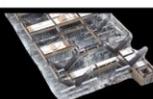


環境部, 營建工程空氣污染防制設施
管理辦法執行手冊

AI技術應用於營建工地案例

- 2024年雲林縣/台南市工地3D建模與辨識技術

	車行路徑				
	混凝土	瀝青	粗級配	鋼板	缺失違規
範例		X			
空拍機	1542	0	0	50	38
定點攝影機	0	0	1012	0	0
總數	1542	0	1012	50	38
辨識率	97%	No	98%	95%	98%

	結構體		
	防塵網	其他(無缺失)	缺失違規
範例			
空拍機	79	591	442
定點攝影機	0	1011	0
總數	79	1602	442
辨識率	98%	98%	96%

	物料堆置		
	防塵網	防塵布	缺失違規
範例			
空拍機	392	80	180
定點攝影機	1272	0	311
總數	1664	80	491
辨識率	98%	98%	98%

AI技術應用於營建工地案例

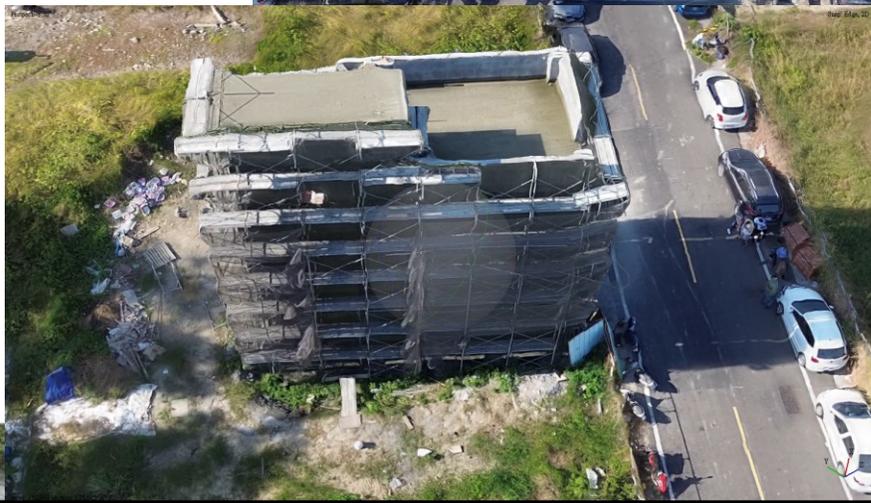
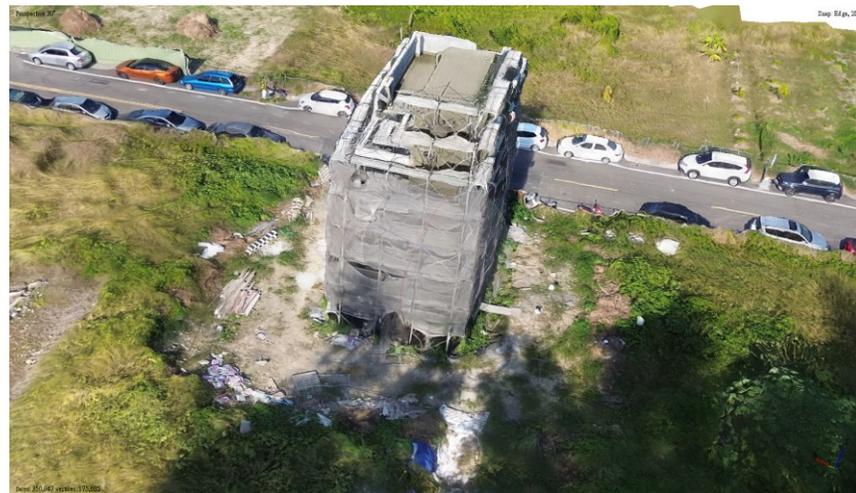
- 2024年雲林縣/台南市工地3D建模與辨識技術



- 綠：結構體覆蓋網
- 紅：結構體無措施
- 紫：圍籬
- 粉紫：車行無措施
- 青：物料堆無措施
- 藍：車行混凝土
- 橘：物料堆防塵網

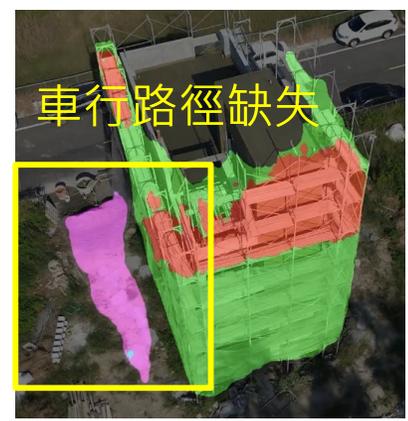
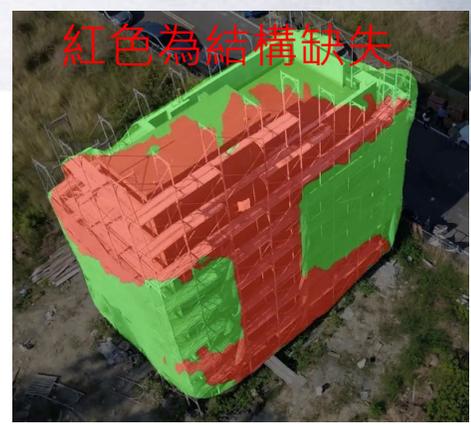
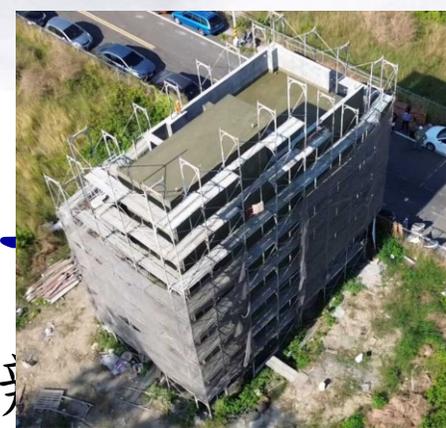
AI技術應用於營建工地案例

- 2024年雲林縣/台南市工地3D建模與辨識技術



項目	AI稽核結果	人工稽核結果	稽核正確
結構體	防塵網不完全	防塵網缺失	✓
物料堆置	無覆蓋網	無本項作業	✗
車行路徑	無防制措施	無本項作業	✗

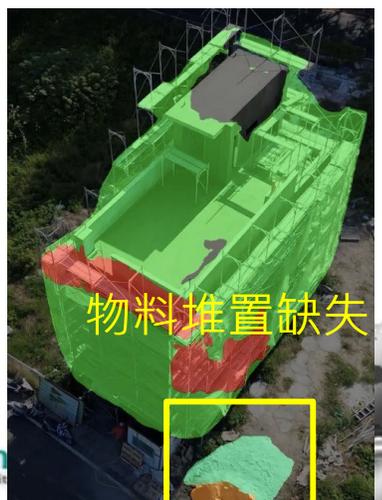
備註說明：在此工地場景中，由於無圍籬措施，工地外的物料堆置及車行路徑，也劃分進去工地的辨識中，實際上影像中確實有這兩項作業，後期加入人工劃分工地區域方式可以解決此問題。



03. 物料堆置	<input type="checkbox"/> 無缺失 <input checked="" type="checkbox"/> 無本項作業 <input type="checkbox"/> 本項無查核 <input type="checkbox"/> 替代防制措施	0
	<input type="checkbox"/> 防塵布、防塵網未完全覆蓋堆置之物料或破損，致影響防制效果	4
	<input type="checkbox"/> 採配合噴灑化學穩定劑方式，但防制效果不佳者	
	<input type="checkbox"/> 未依規定採行覆蓋防塵布、防塵網或配合噴灑化學穩定劑等設施之一者	10

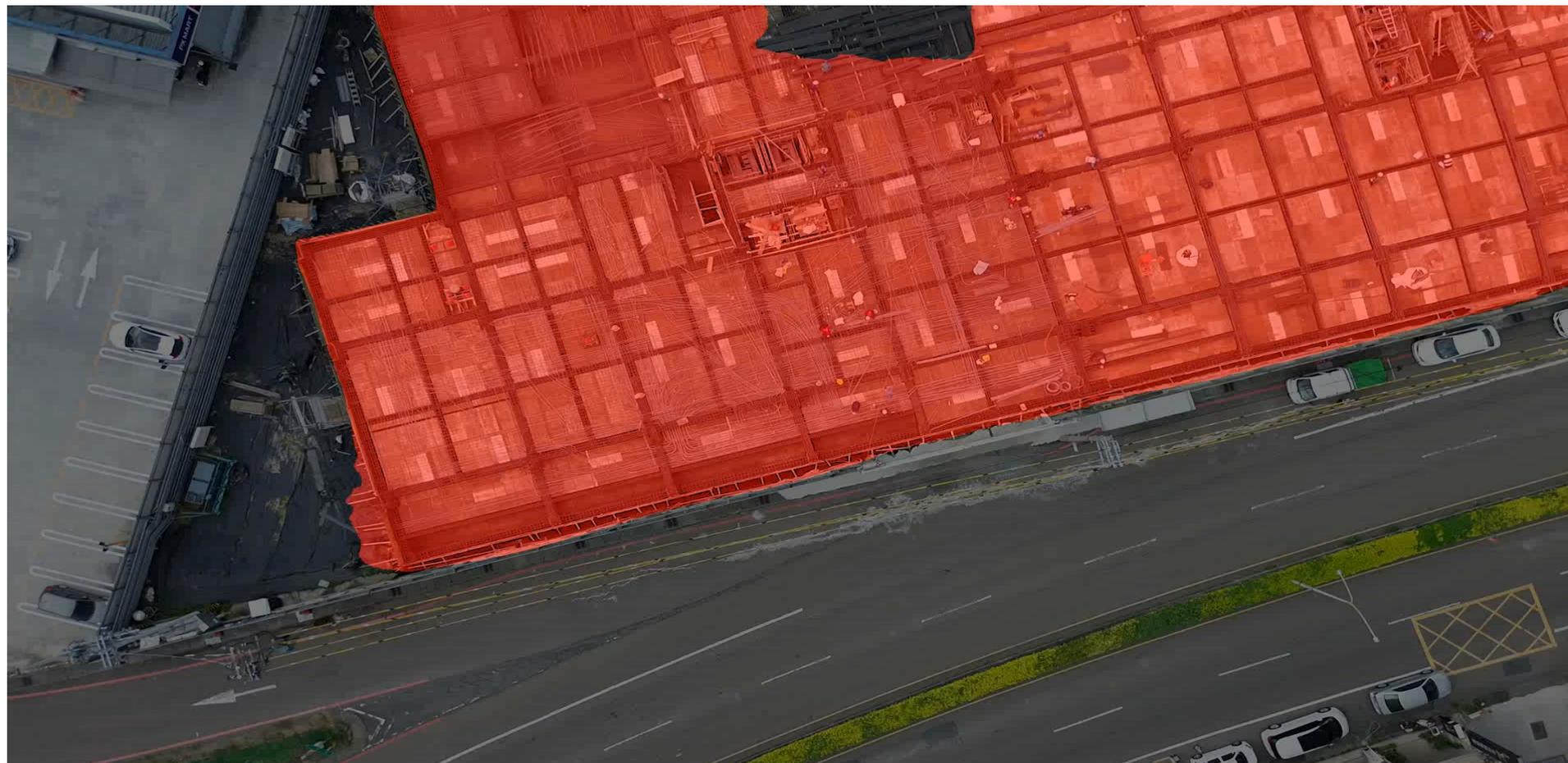
04. 車行路徑	<input type="checkbox"/> 無缺失 <input checked="" type="checkbox"/> 無本項作業 <input type="checkbox"/> 本項無查核 <input type="checkbox"/> 替代防制措施	0
	<input type="checkbox"/> 工地內之車行路徑，實施面積未達標準(1級:90%, 2級:70%)	
	<input type="checkbox"/> 營建工地內或洗車設施至主要道路之車行路徑鋪設之鋼板間未密合，致影響防制效果	4

07. 結構體	<input type="checkbox"/> 無缺失 <input type="checkbox"/> 無本項作業 <input type="checkbox"/> 本項無查核 <input type="checkbox"/> 替代防制措施	0
	<input checked="" type="checkbox"/> 覆蓋於營建工地結構體施工架(鷹架)外緣之防塵布或防塵網，未將工程結構體及其外牆完全覆蓋或破損，致影響防制效果	4
	<input type="checkbox"/> 設置於結構體上之自動灑水設備，灑水範圍未能涵蓋結構體或灑水量、頻率不足，致影響防制效果	
	<input type="checkbox"/> 營建工程結構體之施工架(鷹架)外緣未覆蓋防塵布、防塵網或未於結構體上設置自動灑水設備者	10

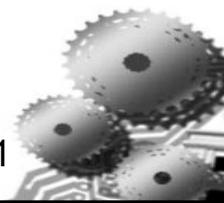


AI技術應用於營建工地案例

- 2024年雲林縣/台南市工地3D建模與辨識技術



- ✓ 電腦自動標註範圍
- ✓ 自動生成佔比
- ✓ 排放量自動計算
- ✓ 缺失項目一目瞭然
- ✓ 查核效率提升



AI技術應用於營建工地案例

• 2024年邊緣運算技術應用於智慧化營建工地監控系統

正確覆蓋防塵網

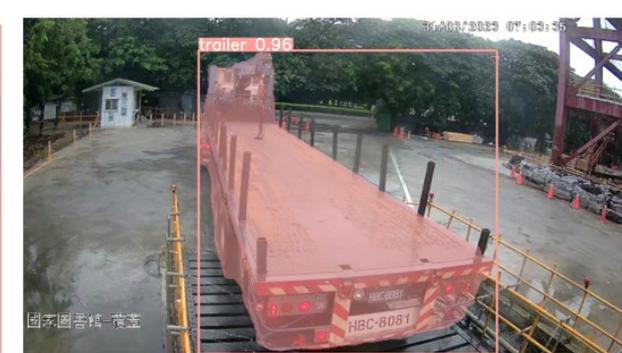
正確覆蓋防塵網

未覆蓋防塵網

防塵網偵測資料量：5,379

防塵網偵測準確率：95%

1. 覆蓋網正確辨識
2. 覆蓋情況判斷
3. 砂石露出檢測
4. 支援多車輛類型



其他車輛

其他車輛

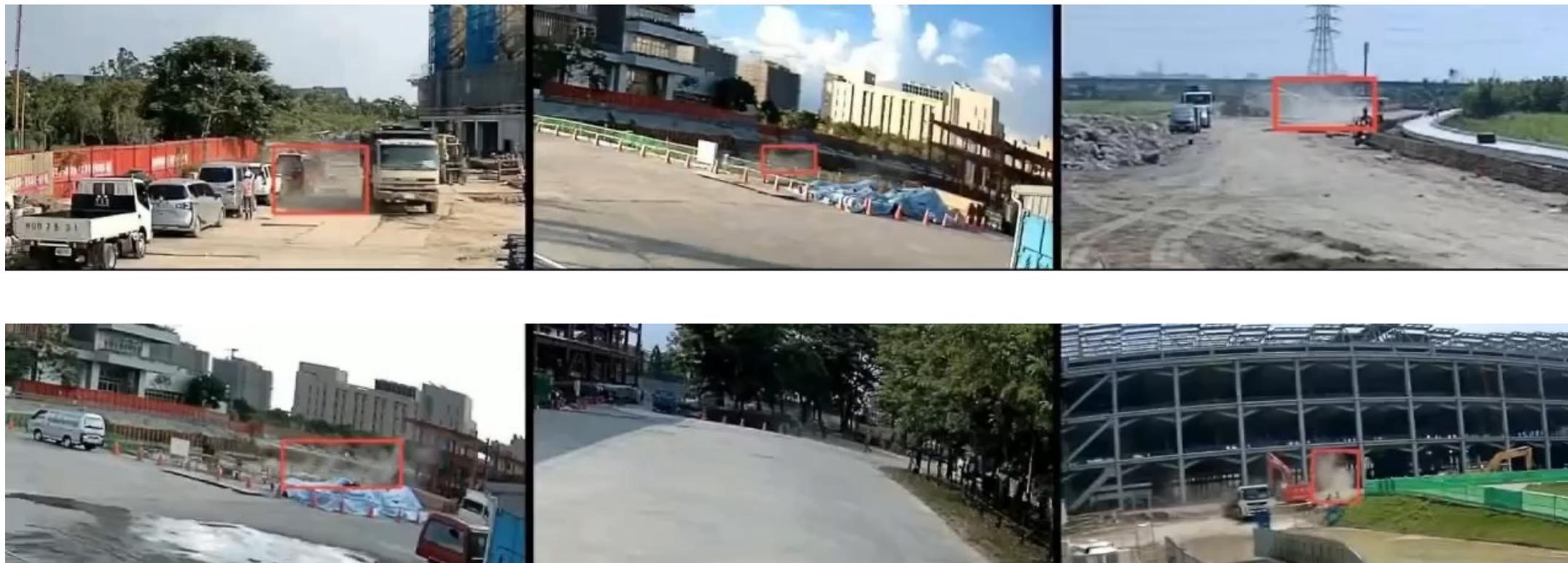
空車

AI技術應用於營建工地案例

- 2024年邊緣運算技術應用於智慧化營建工地監控系統

揚塵偵測資料量：7,557

揚塵偵測準確率：94.4%



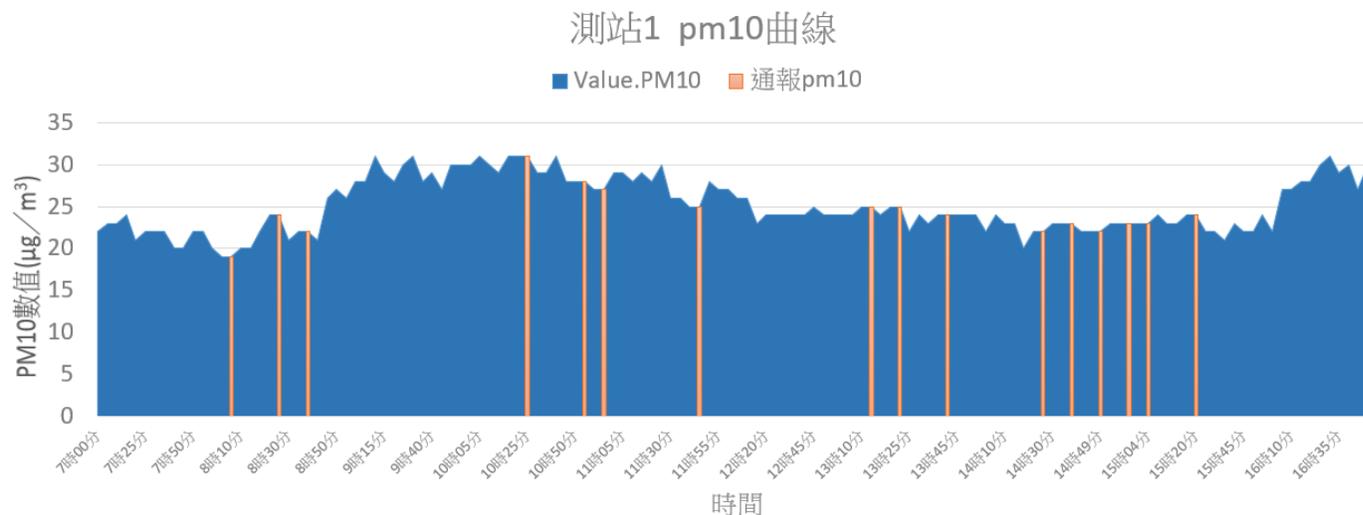
AI技術應用於營建工地案例

- 2024年邊緣運算技術應用於智慧化營建工地監控系統

測站 1

人工派出灑水車：

污染擴散風險高、抑制效率低



測站 2

自動灑水系統：

快速響應，揚塵控制高效



AI技術應用於營建工地案例

- 2024年邊緣運算技術應用於智慧化營建工地監控系統

工業電腦搭配 Hailo-8

- 效能及功耗
- 硬體成本
- 綜合效益最佳

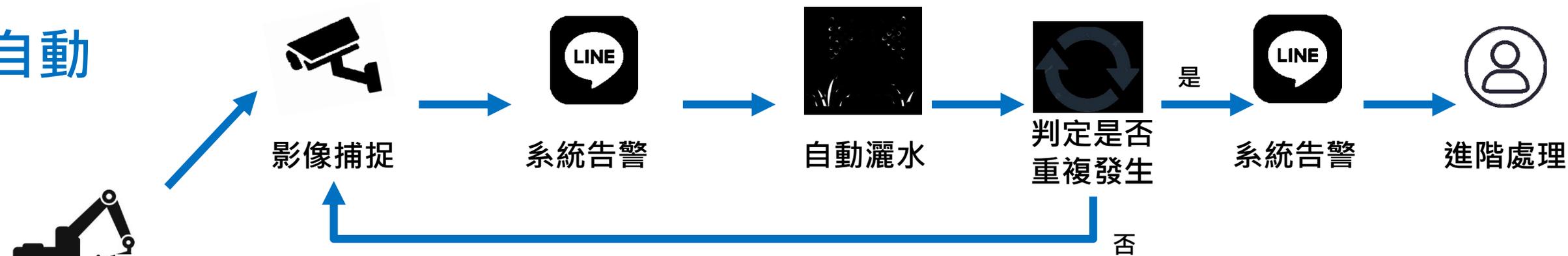


	Edge(工業電腦)	Edge	AI Sever
CPU	Intel Atom® x6413E	NVIDIA Carmel Arm®v8.2	Intel® Core™ i7-13700F
Delay	低	低	高
揚塵偵測	FPS=35	FPS=25	FPS=208
Power	3.5W	3.3W	90W
FPS/W	10.0	7.58	2.31
Cost	\$20,000	\$50,000	\$65,000 up
鏡頭支援數	4	3	8

相較雲端方式，電量消耗相差 **4.33倍**

AI技術應用於營建工地案例

自動



過往



AI技術應用於營建工地案例

金級獎

雲林縣 虎尾鎮「東仁安居」社會住宅 新建統包工程



營建業主
國家住宅及都市更新中心

承攬商
豐譽營造股份有限公司

銀級獎

高雄市 前鎮亞灣智慧公宅(第一期) 新建統包工程



營建業主
高雄市政府都市發展局

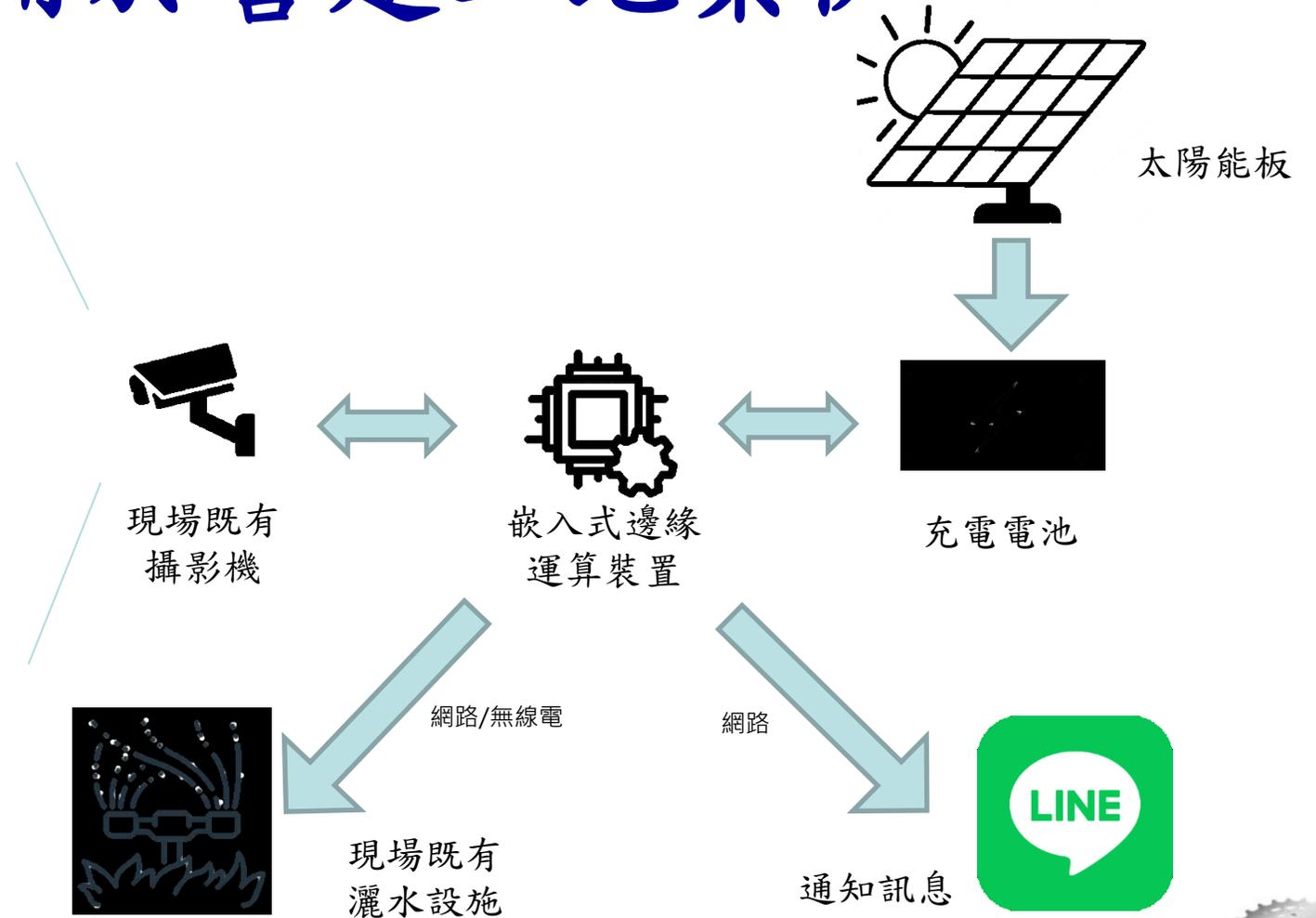
承攬商
永青營造工程股份有限公司

AI技術應用於營建工地案例

哨兵系統



輔助：
懸浮微粒感測器+環境噪音感測器

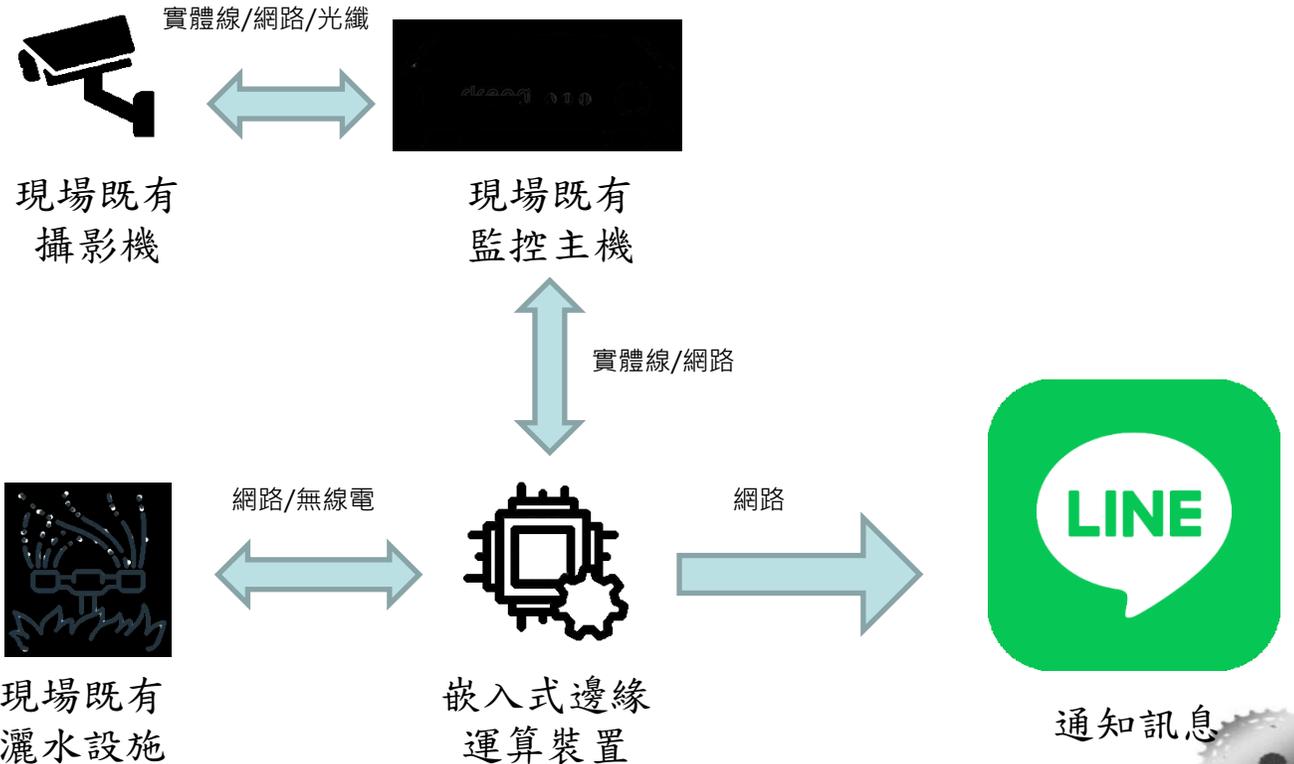


AI技術應用於營建工地案例

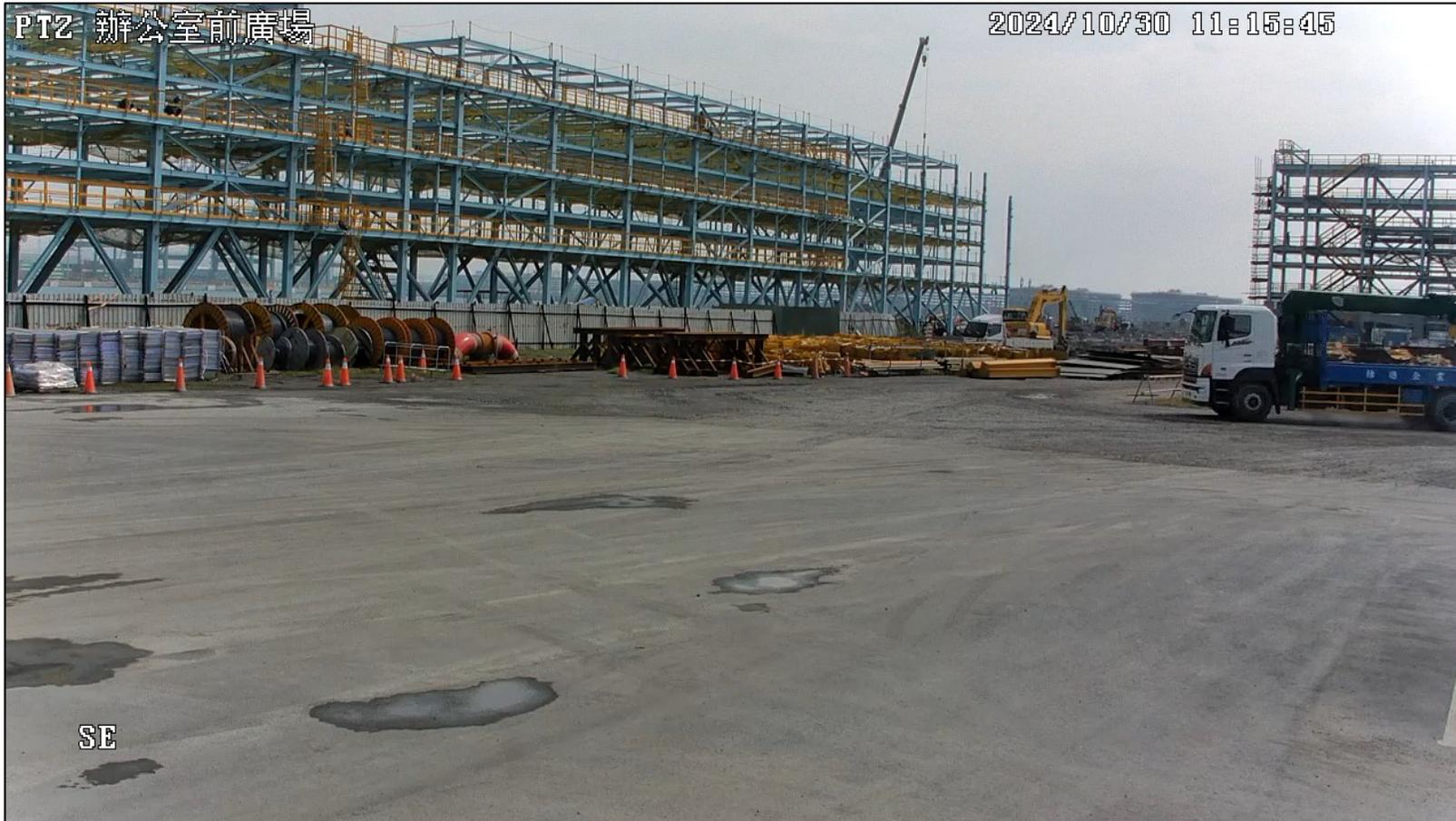
設備直接取得現有影像
不須更換現有CCTV



現場畫面



AI技術應用於營建工地案例



固定式灑水設施連動

現場防制設施改裝

1. 自動觸發
2. 定時啟動
3. 揚塵檢測啟動
4. 提前告警設備
5. 可遠端觸發
6. 配遠端遙控器

3組強力水霧牆+視覺揚塵AI = 有效防止污染擴散



AI技術應用於營建工地案例

移動式噴淋設施安裝

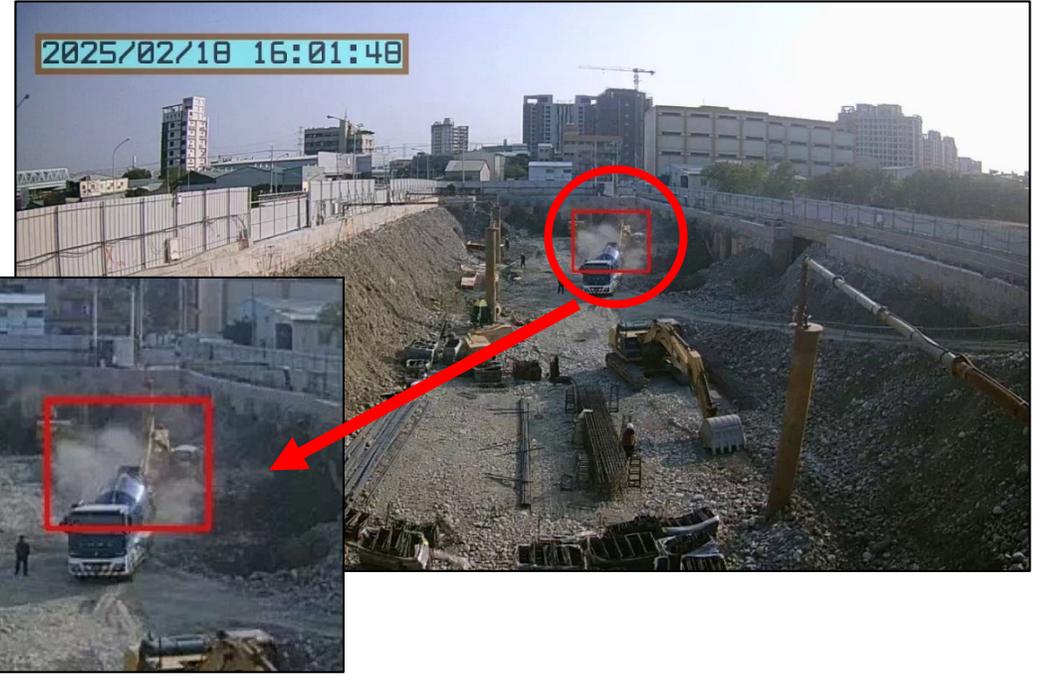
1. 自動啟動
2. 定時啟動
3. 揚塵檢測啟動
4. 提前告警設備
5. 可遠端觸發
6. 配遠端搖控器



設備效能

一支攝影機進行辨識，月租約6千，可議價，年約打折

演算法	精準AI特殊架構辨識系統
資料庫狀態	21萬多筆各式揚塵逸散狀態資料庫
辨識方式	全部區域自動分析 不須設定ROI
辨識項目	清掃揚塵、拆除揚塵、挖掘揚塵、 原物料揚起、車行揚塵等
最低辨識要求	50x50像素面積 或 30x30立方公分揚起塵土
連接方式	有線/無線網路連接
額外功能	可連動周遭防治設施自動啟動



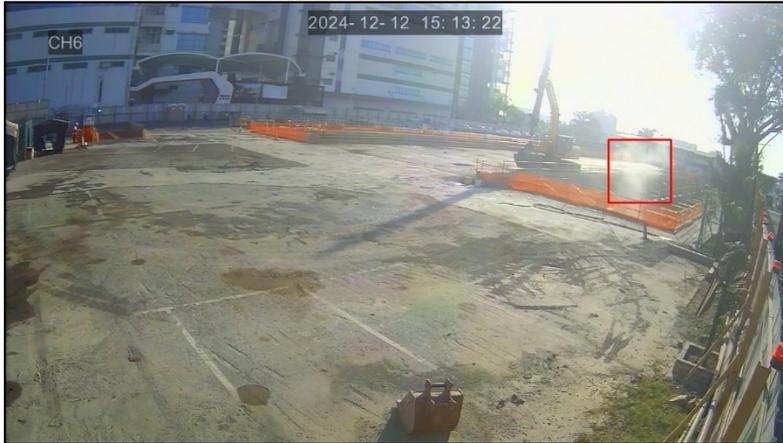
北外環聯絡-車牌

資料庫樣態



資料庫蒐集長達3年時間，遍布各縣市不同工地的揚塵樣態，總計達21萬筆以上。

效能展示



逆光辨識



抗高干擾



細小揚起



複雜環境



複雜環境



遠處監控

效能展示



車行揚塵



車行揚塵



物料揚起



清掃揚塵

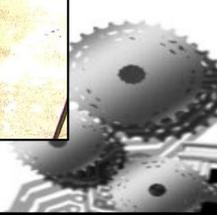


車行揚塵



物料揚起

2025年南投運行成果

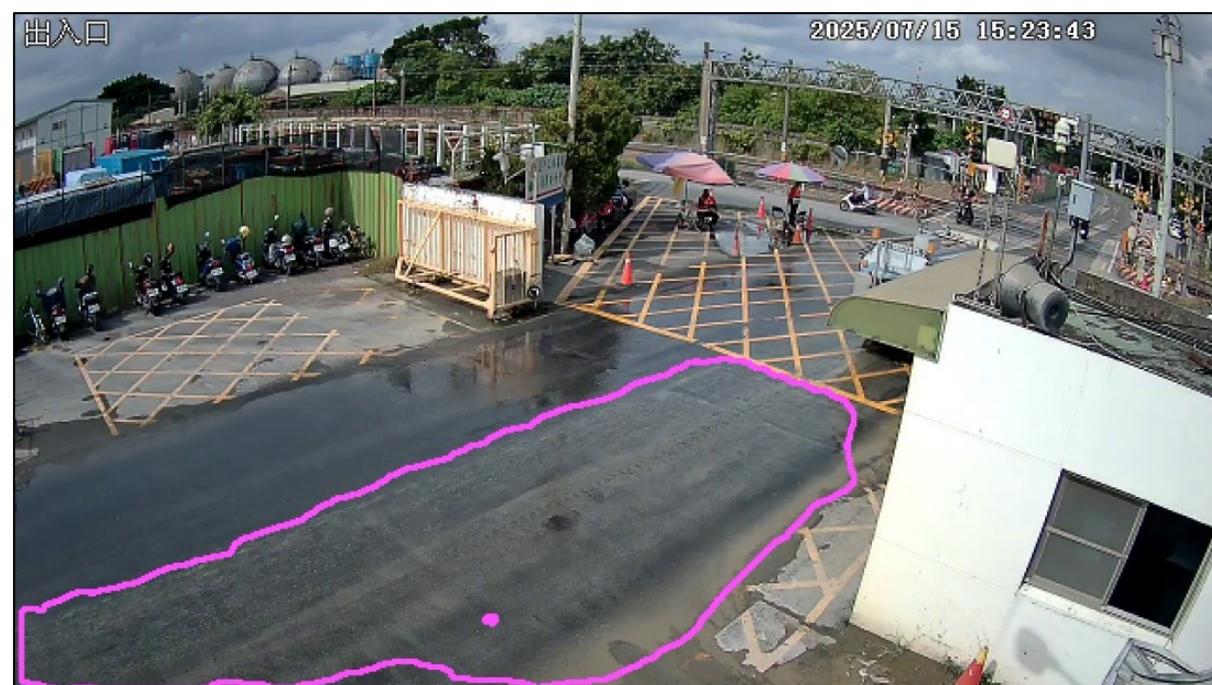


AI技術應用於營建工地案例

- 營建工地工地出入口路污辨識成效 -



地面乾燥狀態辨識結果



地面潮濕狀態辨識結果

AI技術應用於營建工地案例

- 營建工地工地出入口路污辨識成效



相較於其他廠牌設計的系統，因使用HSV/RGB等顏色機器學習分類，容易受到光影、車輛、雨水等干擾。

我們系統可以不受光影、雨水干擾；此為**颱風暴雨期間**運行的畫面狀態，依舊可以準確抓出路面髒汙。



智慧辨識產業服務研究中心

Intelligent Recognition Industry Service Research Center

全台第一台GH200伺服器
供大型語言模型訓練

- 成立於 2018 年 3 月 1 日，為教育部評選出發展「智慧辨識」技術的特色領域研究中心。
- 產業實際需求為主軸，聚焦開發可落地的前瞻AI智慧辨識技術，應用於「智慧檢測」、「智慧醫療」、「智慧生活」等領域。



張傳育 特聘教授
(IET Fellow)

● 現任：

國立雲林科技大學 校長
 國立雲林科技大學 資訊工程系 特聘教授
 國立雲林科技大學 智慧辨識產業服務研究中心 主任
 工研院 服務系統科技中心 技術長、副執行長、數位長
 (2019/08-2025/01)

● 個人榮耀：

教育部110年度國家產學大師(技職體系教授最高榮耀與肯定)、
 工研院傑出研究獎 (2021/5)、中國電機工程師學會傑出工程
 教授獎(2021/11)、中國工程學會傑出工程教授獎(2023/5) 等，
 傑出成果更獲全球最大消費性技術社群IEEE CTSoc 選為2022
 年10月Featured People

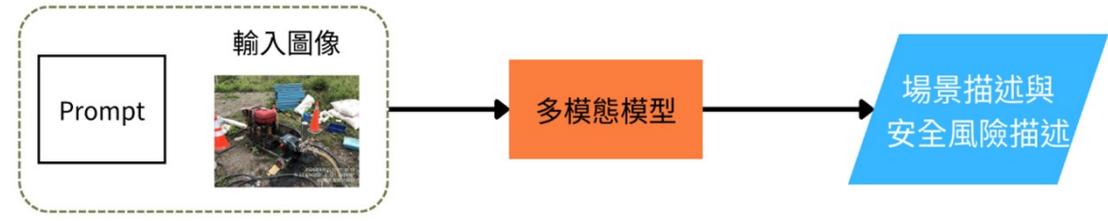
- ◆ 開發**112**項AI智慧辨識技術
※近九成技術皆已導入產業
- ◆ 產業技術諮詢 **400** 件
- ◆ 促成合作企業數 **120** 家
- ◆ 產學技轉金額 **2億700** 萬



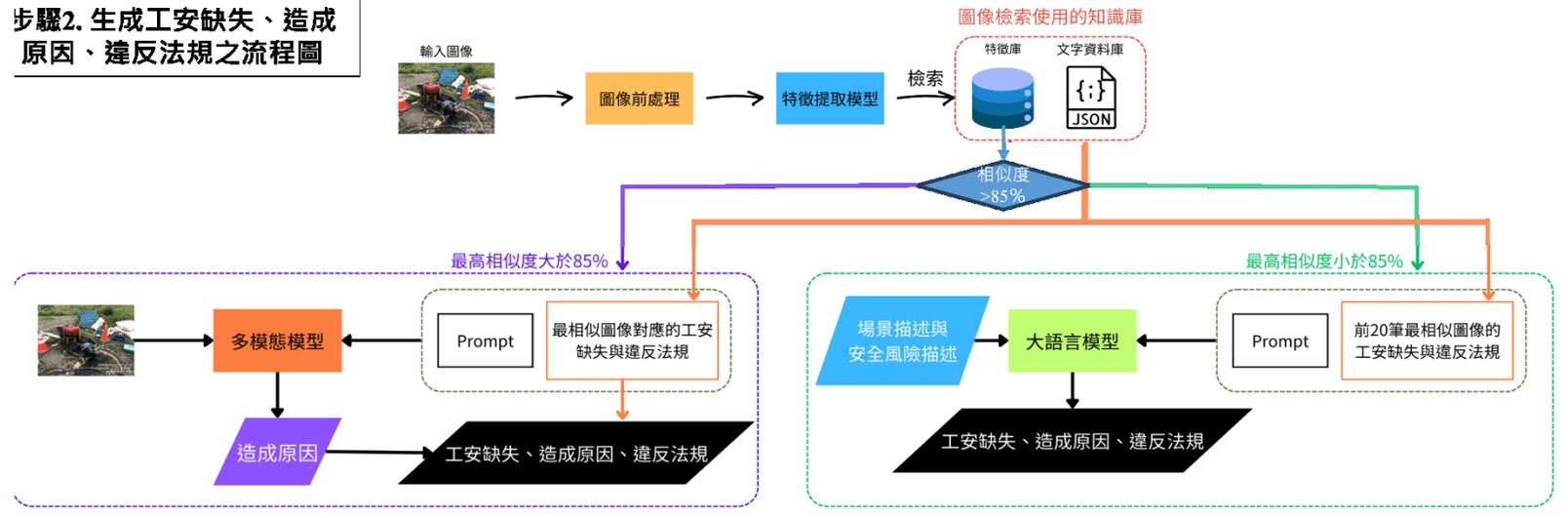
營建工地影像生成文字摘要技術

智慧營建管理與職安預警系統涉及到整合AI技術應用於營建管理和職業安全領域，開發「營建工地影像生成文字摘要技術」，以多模態模型（視覺）+ 大語言模型（推理）+ 圖像檢索RAG的架構，開發具工程影像分析與文字摘要自動生成系統，並利用電腦視覺技術來辨識與分析營建工地的各種元素(如材料、設備、工人等)，透過自然語言生成，將這些圖像資訊轉換為易於理解的文字描述，使管理人員能夠更迅速地獲取工地的的重要資訊，有效監控和管理工地的進度和安全狀況，降低人工作業的時間與成本。

步驟1. 生成場景描述與安全風險描述之流程圖



步驟2. 生成工安缺失、造成原因、違反法規之流程圖



營建工地影像生成文字摘要技術

↓輸入至多模態模型的影像



↓模型生成結果

1. 場景描述：

這張工地影像展示了一個正在進行的建築工地。前景中可以看到一些金屬支架和結構件，地面鋪有深色防滑材質，可能是為了防止滑倒。影像中央有一個穿著藍色工作服的工人站在支架旁，似乎在進行監控或檢查工作。背景中有一輛紅色的挖掘機，其臂部伸展，似乎正在進行挖掘或挖掘後的支撐工作。挖掘機旁邊有一個穿著藍色外套的工人，可能正在操作或監督挖掘機。遠處還可以看到一輛大型拖車，拖車上印有“HITACHI”的標誌，顯示這輛拖車可能是來自於Hitachi公司的產品。

2. 安全風險描述：

在影像中，可以看到一些明顯的安全風險。首先，工人們穿著的工作服和防護裝備看起來並不十分嚴格，尤其是一位工人站在支架旁，可能存在高處跌落風險。其次，地面上鋪的防滑材質確實有助於防止滑倒，但工人在操作時是否遵守了相應的步驟和注意事項仍不確定。此外，挖掘機在操作過程中可能會產生飛石或塵土，工人是否佩戴了相應的頭盔和防護面罩等個人防護裝備也值得關注。最後，遠處的拖車停放在工地內，可能會對工人行走或操作造成障礙，需要確保拖車停放位置合理且標識清晰。

工安缺失：作業人員未穿著個人防護具。

造成原因：圖中工人未確實使用安全帶、安全帽及其他必要之防護具。

違反法規：職業安全衛生設施規則第 281 條1 僱主對於在高度二公尺以上之高處作業，勞工有墜落之虞者，應使勞工確實使用安全帶、安全帽

及其他必要之防護具，但經僱主採安全網等措施者，不在此限。

Q & A

在 2025 年「THE 世界大學影響力排名」中，雲科大有 6 項 SDGs 指標衝進全球百大，包括：

- ★ SDG17 全球夥伴（全球第 13 名）
- ★ SDG6 淨水與衛生（全球第 47 名）
- ★ SDG11 永續城市（全球第 77 名）
- ★ SDG16 和平與正義制度（全球第 82 名）
- ★ SDG12 責任消費與生產（全球第 87 名）
- ★ SDG9 工業、創新與基礎建設（全球第 96 名）

創新、服務與社會責任

130 個國家
2526 所大學

台灣大學: 14
成功大學: 31
陽明交大: 41
雲科大: 77

