

產業領航類 傑出團隊



2023・第三屆
國家農業科學獎
NATIONAL AGRICULTURAL SCIENCE AWARD

智慧型作物害蟲 影像監測系統

國立臺灣大學生物機電工程學系



國立臺灣大學



股份有限公司



作物害蟲監測系統

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

國立臺灣大學

成果摘要

智慧型作物病蟲害監測與預警系統以及數位服務可以提供即時且準確的作物栽培環境監測資訊，以應用於室內與戶外作物的栽培管理，其具備多重效益，例如降低病蟲害風險與損失、減少農藥使用量、提升作物品質與節省栽培管理的人力成本等。

本團隊提出的系統和數位服務具備自動化環境監測和害蟲識別計數等整合功能。我們利用先進的AI影像辨識技術和嵌入式系統，結合農業專家的知識，進行跨領域的研發，首創了適用於農業應用場景的害蟲與環境監測模組。研發成果發表了二十篇相關論文，獲得高度引用和論文獎，技術在國際上領先。此系統能長期監測作物的蟲害情況和環境資訊，提供田間病蟲害管理的風險指標和特定作物的病蟲害類型資訊，從而建立智慧化的病蟲害整合管理創新模式。

本系統設計於研發階段即考量農業應用，具備容易安裝與操作、低設置成本、耐惡劣環境等優點。型機種超過十餘款不同作物生產場域超過十餘款，並廣泛收集農民意見，進行不斷的改良。區農業改良場的專家密切配合，輔以農民意見，進行不斷的改良。區農業改良場的專家密切配合，輔以農民意見，進行不斷的改良。區農業改良場的專家密切配合，輔以農民意見，進行不斷的改良。

為使研發成果落實於產業及農民，本團隊與台灣海博特公司，並於商品機研，配合進行工業化設計，順利推出商品「智慧作物害蟲影像監測系統」。目前已有超過114個農業場域使用此系統，此系統的廣泛之應用，具備與獨創性，以及於智慧農業相關領域，到整體產品開發與農業推廣的努力成果。

智慧型作物害蟲影像監測系統

智慧型作物害蟲影像監測系統



鄧喬尹

國立臺灣大學
生物機電工程學系 碩士班



Phone: 0983654999
Email: joy68304276@gmail.com

學業表現 & 獲獎/論文發表紀錄

學業表現

- 碩士 ➤ 國立臺灣大學 生物機電工程學系
• GPA: 4.06 / 4.3, Rank: 8/55
- 大學 ➤ 國立臺灣大學 生物環境系統工程學系
• GPA: 3.68 / 4.3, Rank: 14/58

獲獎紀錄

- 2023 第三屆國家農業科學獎 產業領航 傑出團隊
2021 大專學生研究計畫
2018 107-2學期書卷獎

論文發表

Chiao-Yin Teng, Ta-Te Lin. “A Deep Learning Framework with Spatio-Temporal Analysis for Enhancement of Insect Pest Recognition”. 2024 ASABE Annual International Meeting (ASABE 2024), 28-31 July 2024, Anaheim, CA.

Chiao-Yin Teng, Ta-Te Lin. “An Automated High-Resolution Insect Pests Recognition System for Orchid Fields Using YOLO-Based Detection Method”. 2023 Conference on Biomechanics and Agricultural Machinery Engineering (BEAME 2023), 19-20 Oct 2023, Yilan, Taiwan.

Yi-Tse Wu, Hsin-Cheng Chen, **Chiao-Yin Teng**, Ta-Te Lin. “Spatiotemporal Analysis and Visualization of Greenhouse Microclimate Based on IoT-Sensor Data”. The 10th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB 2022), 15-17 Nov 2022, Kaohsiung, Taiwan.



實務經歷

時間	單位	內容說明
2024/11 – 現在	德律科技股份有限公司， 軟體工程師	<ul style="list-style-type: none">開發和優化基於電腦視覺技術的SPI（錫膏印刷檢查）影像分析系統應用機器學習技術開發自動化模型，用於檢測與分類不良錫膏印刷，相比傳統色彩分割演算法提升15%至20%準確率
2023/01 – 2024/08	農業部動植物防疫檢疫署， 碩士級研究助理(兼任)	<ul style="list-style-type: none">設計並優化AIoT系統，用於智慧化昆蟲害蟲監測，提升農業生產效能與病蟲害預測準確度管理並維護10個農業區域內共71個物聯網設備，確保系統穩定運行使用Docker實現各區域設備的自動化程式更新與維護應用兩階段模型(YOLOv7 + ResNet18)，在八種類型的害蟲辨識中達到0.99的F1-score，相較於原有方法，辨識準確率提高了10%。設計使用者介面進行資料分析與視覺化，讓管理者能快速掌握病蟲害情況並做出決策。
2022/09 – 2023/07	研華科技股份有限公司（產學合作）， AIoT軟體研發工程師	<ul style="list-style-type: none">設計並開發物聯網設備資料收集管道(AIoT Data Pipeline)，透過網路將感測器所蒐集的數據回傳至伺服器，實現資料的即時傳輸與處理。整合並串接研華WISE-PaaS平台，利用其API提供的功能，將資料順利推送至平台進行後續分析與應用。使用Grafana建立資料視覺化儀表板，根據需求設計各類視覺化模組，實現即時監控與資料分析，提升決策效率。
2021/07 – 2022/02	國家科學及技術委員會， 研究助理(兼任)	<ul style="list-style-type: none">利用 Arduino 感測器蒐集坪林山坡地茶園溫溼度、降雨量資料運用數學和物理公式進行坡地開發與安全性問題的沙盤推演，結合即時監測數據，模擬不同情境下的風險管理與應對策略

目錄

工作經歷 (德律科技)

2024/11 – Now

SMT製程中的錫膏影像演算法設計
SPI機台檢測流程比較分析(AI推論)

碩士論文 Master Thesis

2024/07

Enhancing Data Quality in Intelligent Insect Pest Monitoring System with Image Curation and Machine Learning

Keywords: *Image Preprocessing, Object Detection, Insect Pest Classification, Spatiotemporal Analysis, AIoT*

農業部動植物防疫檢疫署 (政府計畫)

2023/01 –
2024/12

外銷核可蘭園有害生物系統性管理資料資訊化及智慧害蟲辨識技術應用與精進

Keywords: *Data Visualization, UI/UX, Deep Learning, Automatic Identification System, Qt*

研華科技股份有限公司 (產學合作)

2022/09 –
2023/06

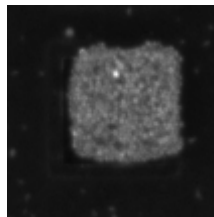
台大生農學院資訊平台建置-智能動態作物栽培平台

Keywords: *Data Visualization, Database Management, Grafana, WISE-PaaS, Cloud Services, AIoT*

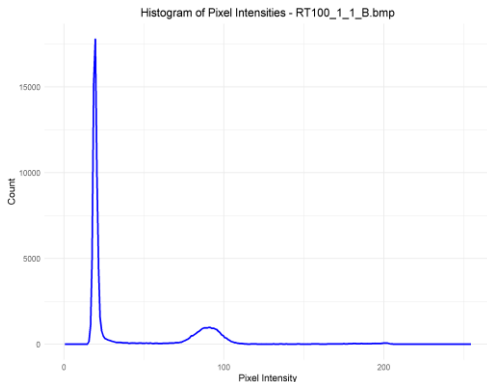
Side Projects

Keywords: *Docker, MQTT, AWS, Gen AI, Google Cloud AI*

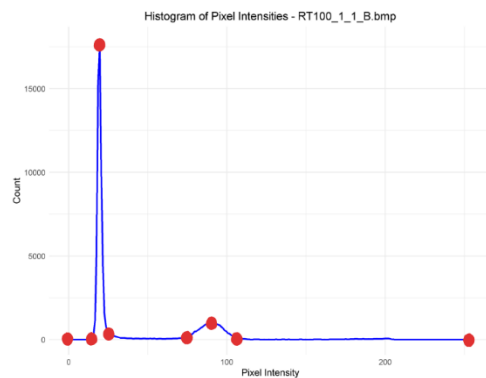
SMT製程中的錫膏影像演算法設計 – Piecewise Linear Regression



二次平滑
→



PLR
→



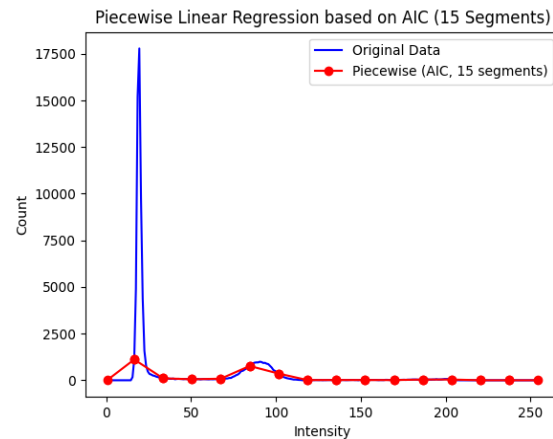
- 赤池資訊準則(AIC)

$$AIC = 2k + n \cdot \ln\left(\frac{SSE}{n}\right)$$

n : 樣本數量 k : 參數數量(斜率、截距)

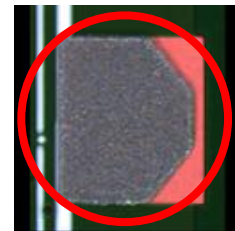
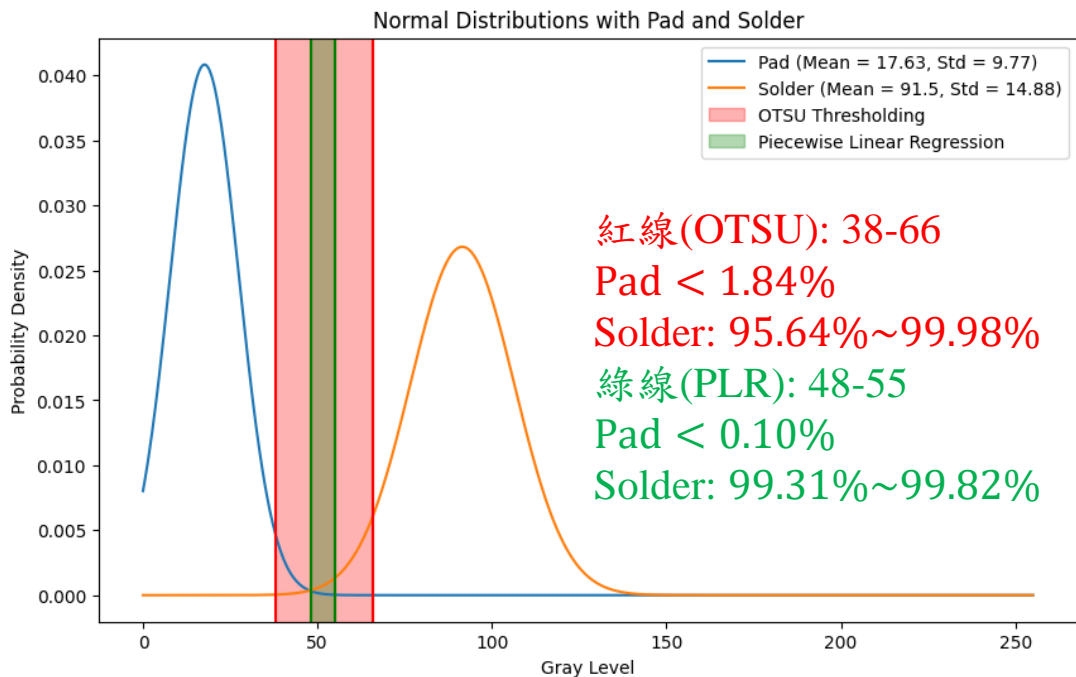
- 殘差平方和(SSE)

$$SSE = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

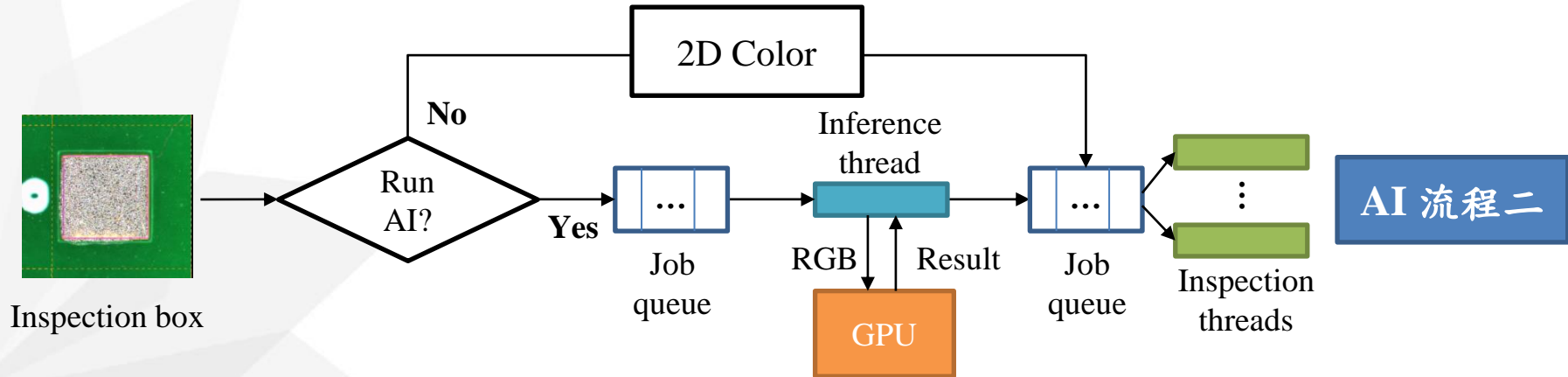
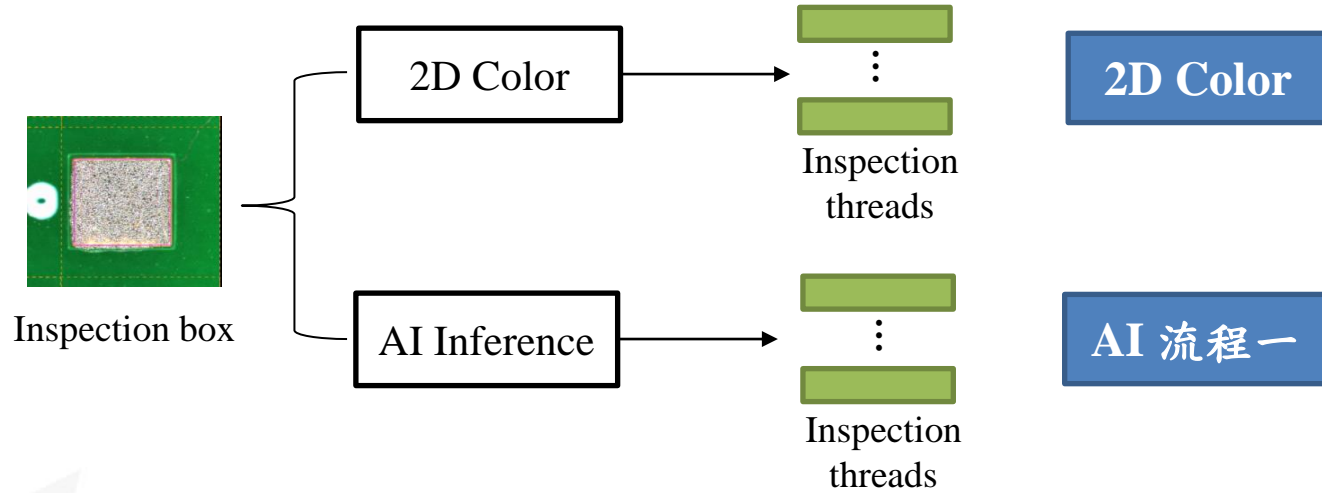


OTSU vs. Piecewise Linear Regression

- 在焊盤(Pad)檢測中，PLR方法相比OTSU的改善幅度達到**94.57%**
- 在錫膏(Solder)檢測中，PLR方法相比OTSU的中心改善幅度為1.79%，範圍改善幅度為**88.3%**



SPI機台檢測流程比較分析(AI推論)



Cycle Time Comparison

- 2438個檢測框(Inspection box)

- Debug 流程二比流程一減少**2.46秒(20.6%)**，但仍比2D Color多了1.46秒(18.2%)
- Release 兩個AI流程並無顯著差異，都比2D Color多了90%和82%的運算時間
- 檢測效果仍在多個客戶資料中進行驗證，AI檢測在高解析度機台表現較好

Debug	1	2	3	4	5	Average
AI 流程一	11.9	11.9	12.4	11.8	11.7	11.94
AI 流程二	9.6	9.5	9.4	9.5	9.4	9.48
2D Color	7.9	8.2	8.0	8.1	7.9	8.02

Release	1	2	3	4	5	Average
AI 流程一	5.9	6.1	5.7	6	6	5.94
AI 流程二	5.9	5.5	5.6	5.6	5.8	5.68
2D Color	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.12

CPU: i7-13800H 6*P-cores+8*E-cores; GPU: RTX 4080 12GB Laptop; RAM: 64GB DDR5 5600



碩士論文

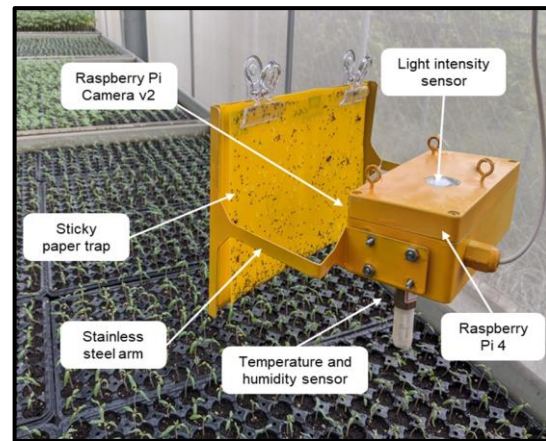
Enhancing Data Quality in Intelligent Insect Pest Monitoring System with Image Curation and Machine Learning

Keywords: Image Preprocessing, Object Detection, Insect Pest Classification, Spatiotemporal Analysis, AIoT

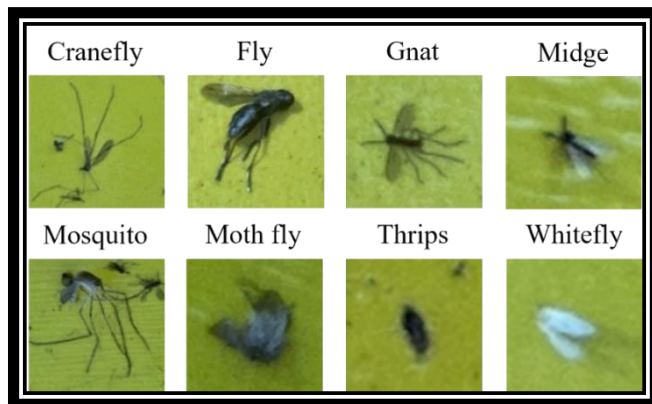
智慧病蟲害整合管理系統

AIoT設備(右圖)主要由**樹莓派**作為核心，結合**相機**與多種**環境感測器**，有光照、溫溼度和氣體感測器。

相機拍攝前方的黏蟲紙影像後，回傳至實驗室的伺服器進行運算，利用**深度學習**進行害蟲辨識，得到溫室內即時的害蟲種類和數量資料。



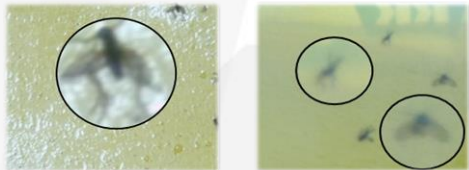
目前該系統可以辨識出溫室內常見的**八種微型害蟲**(右圖)，除了提供害蟲種類和數量，同時也考慮溫室內環境因子來判斷是否有發生病蟲害的風險。



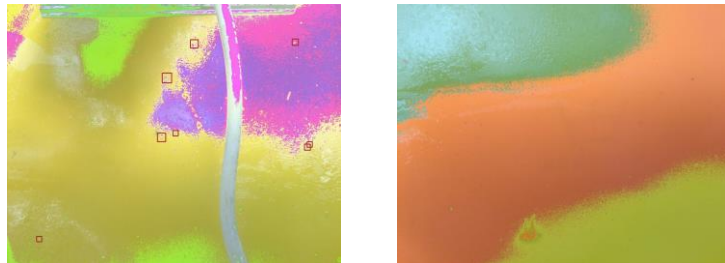
碩士論文: 優化現有系統以及提升整體資料品質

在長期的系統運作之下，我們觀察到了一些問題。

1. 雨天、相機過曝或設備異常會影響影像品質，進而導致模型辨識準確度下降。
2. 有一些外型相似但實際大小相差很大的害蟲，由於深度學習採取固定大小的輸入，損失掉害蟲尺寸大小資訊，模型容易發生誤判。

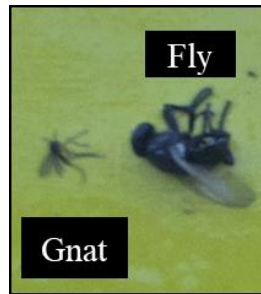


Poor image quality

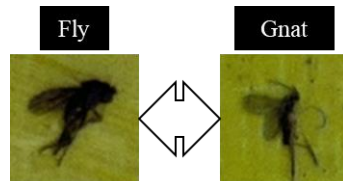


Abnormal images of sticky paper traps

Different size

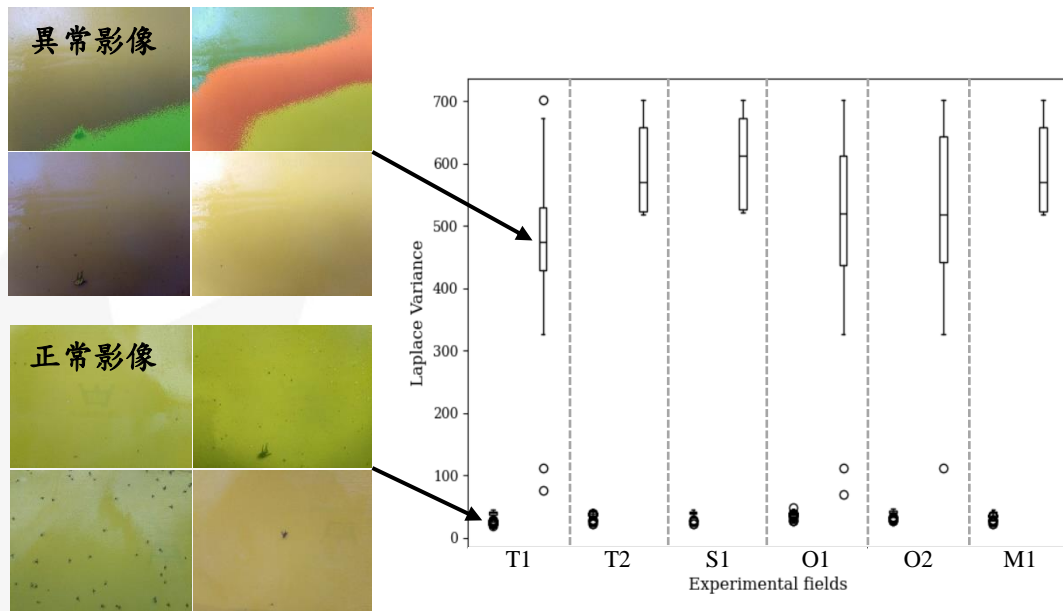


Similar in appearance



影像前處理 & YOLOv7物件偵測模型

在六個不同實驗場域裡面，利用**K-means**能篩選掉異常影像，保留正常影像進行YOLOv7模型訓練。結果從平均不到0.6的mAP@.5上升至**0.95**以上。



Field	Precision	Recall	mAP@.5
T1	0.973	0.983	0.984
T2	0.951	0.915	0.949
S1	0.963	0.953	0.971
O1	0.957	0.975	0.986
O2	0.986	0.982	0.985
M1	0.949	0.912	0.950

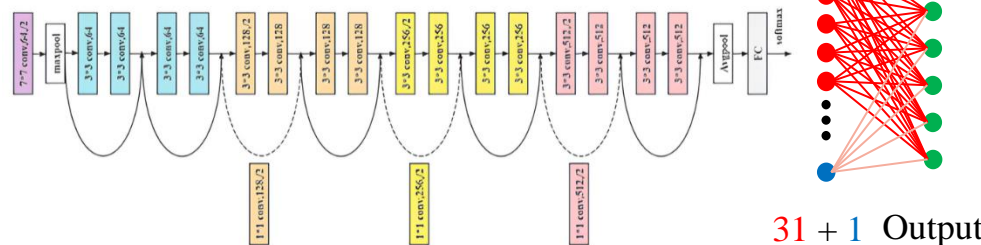
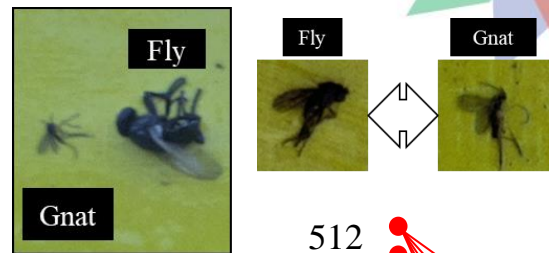
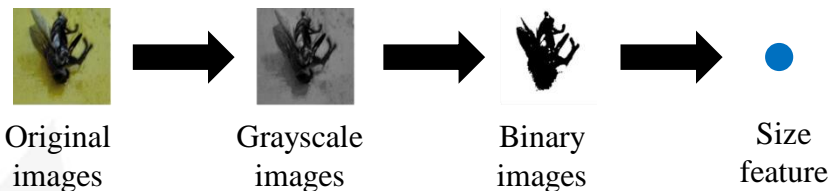
物件偵測結果(進行影像前處理)

Field	Precision	Recall	mAP@.5
T1	0.594	0.475	0.465
T2	0.629	0.480	0.523
S1	0.584	0.498	0.462
O1	0.720	0.612	0.597
O2	0.692	0.590	0.557
M1	0.812	0.535	0.594

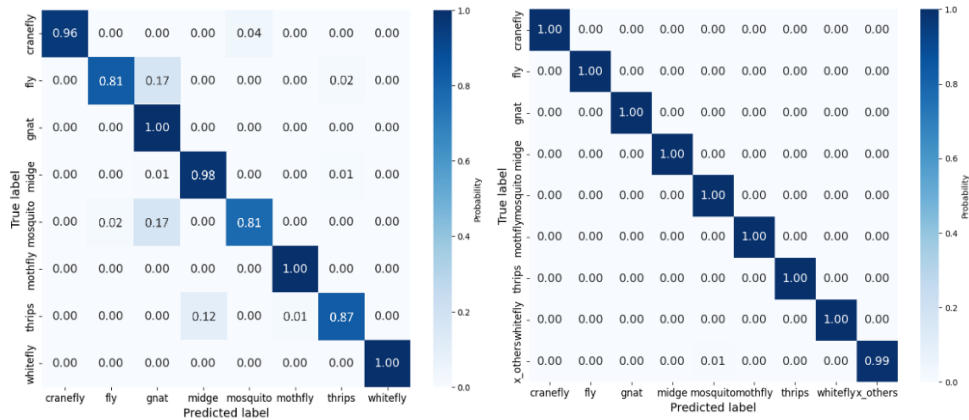
物件偵測結果(無影像前處理)

ResNet-18害蟲分類模型

採用**OTSU**二值化演算法，將RGB影像轉為灰階再進行二值化，計算黑色像素佔的比例，得到尺寸大小特徵輸入分類模型



分類模型採用ResNet-18卷積神經網路，原始輸出為512維度。為避免尺寸特徵被稀釋，在原始的全連接層和輸出機率中間新增一層，用來進行降維，同時加入尺寸特徵。最後得到整體F1-score為**0.99**。



政府計畫

外銷核可蘭園有害生物系統性管理資料
資訊化及智慧害蟲辨識技術應用與精進

Keywords: *Data Visualization, UI/UX, Deep Learning, Automatic Identification System, Qt*

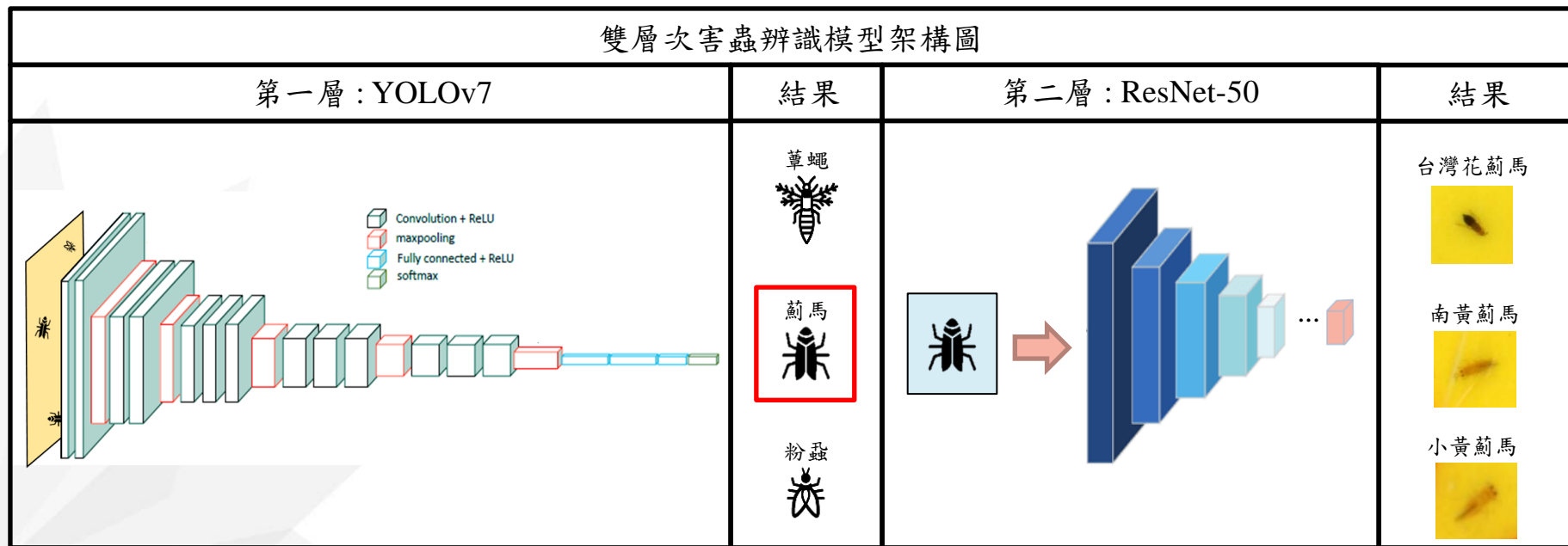
A solid blue horizontal bar spanning the width of the slide at the bottom.

研究背景與目的

- 建立**高解析度害蟲辨識模型**，透過黏蟲紙的數位影像掃描獲取微型害蟲的高分辨率影像，並應用**深度學習**方法進行微型害蟲分類辨識。
- 與現行實驗室使用解剖顯微鏡進行人工計數比對，取代傳統方法並**減少人力資源消耗**。
- 設計**使用者介面**，提供防檢署合作單位使用。

雙層次害蟲辨識模型

- 第一層: YOLOv7 模型，用於檢測薊馬、蓴蠅和粉蝨。
- 第二層: ResNet-50 用於分類三種薊馬: 臺灣花薊馬、南黃薊馬以及小黃薊馬。



模型訓練結果

YOLOv7 模型檢測結果

	Precision	Recall	F ₁ -score	mAP
薊馬	0.945	0.849	0.894	0.950
草蠅	0.945	0.944	0.945	0.985
粉虱	0.915	0.883	0.899	0.961

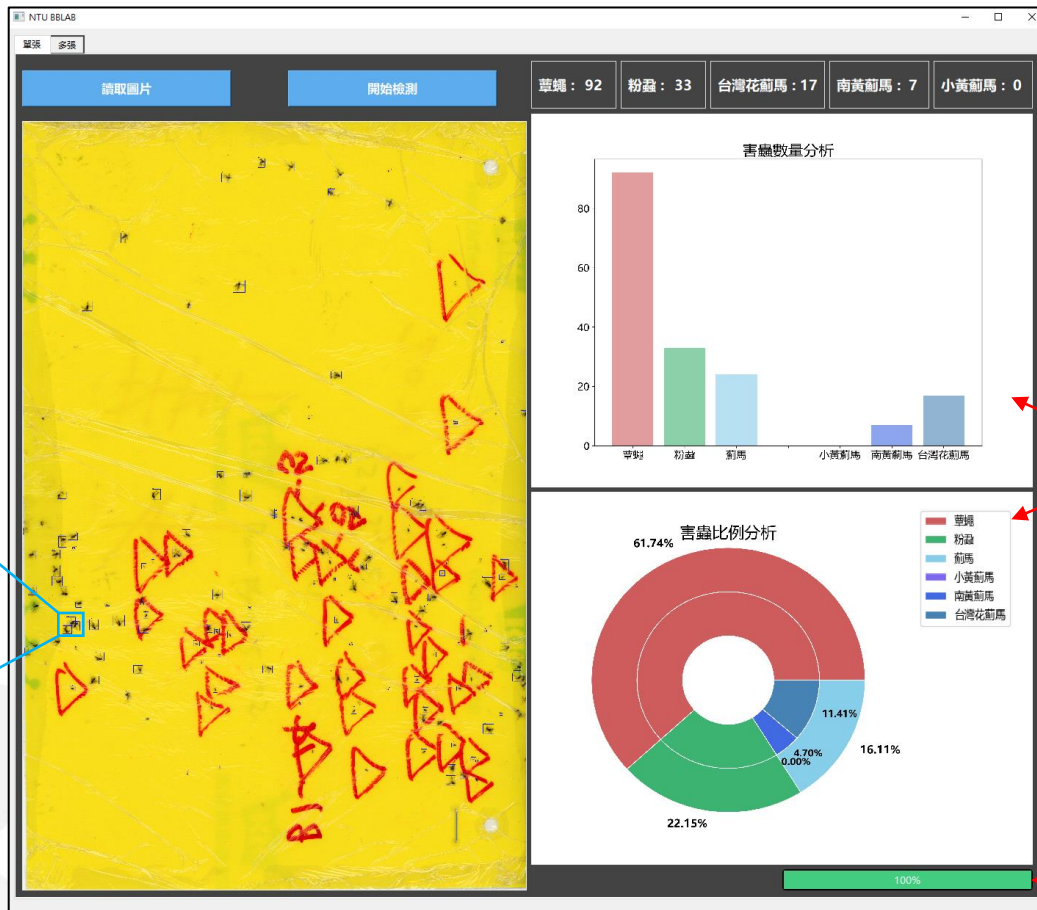


ResNet-50 模型分類結果

	Precision	Recall	F ₁ -score
臺灣花薊馬	0.994	0.973	0.983
南黃薊馬	0.960	0.982	0.971
小黃薊馬	0.989	0.988	0.988



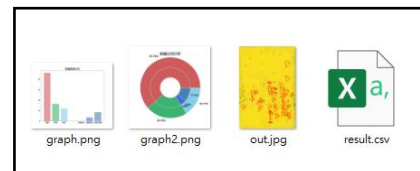
自動化害蟲辨識介面



檢測結果

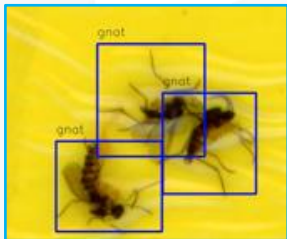
數據視覺化呈現

檔案儲存



進度條


害蟲標註



產學合作

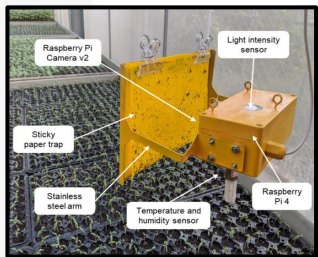
台大生農學院資訊平台建置-智能動態作物栽培平台

Keywords: *Image Preprocessing, Object Detection, Insect Pest Classification, Spatiotemporal Analysis, AIoT*

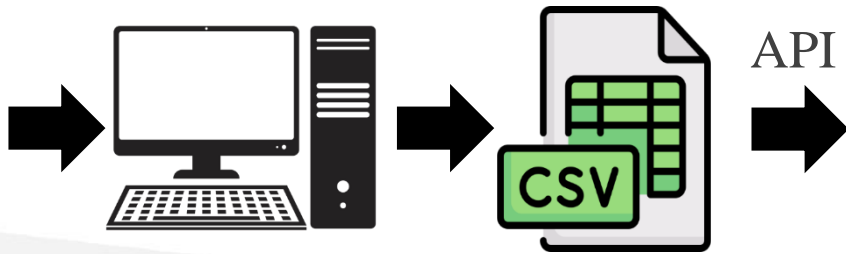
A solid green horizontal bar spanning the width of the slide at the bottom.

資料管線 (Data Pipeline)

串接研華平台，利用API將收集的資料自動推送至平台進行後續分析與視覺化



IoT Node



Server

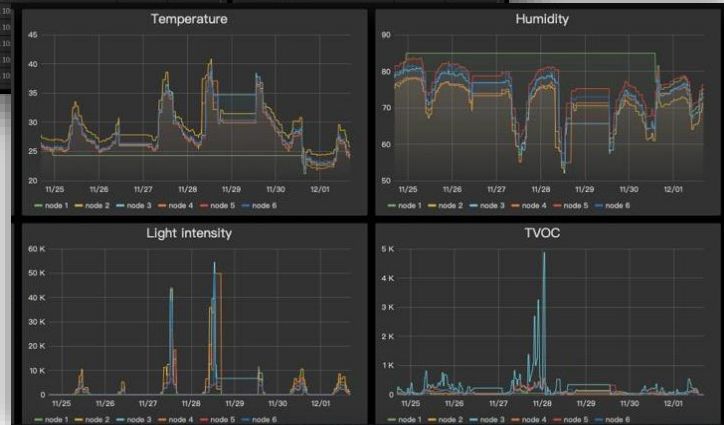
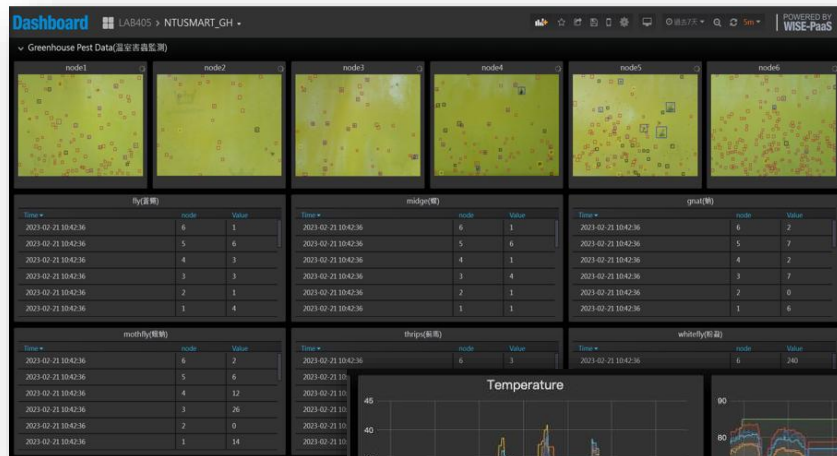
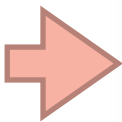
測點名稱	測點類型	描述	數值
ATag1	類比	Temperature	41.55
ATag10	類比	mosquito	0
ATag11	類比	mothfly	2
ATag12	類比	thrips	3
ATag13	類比	whitefly	240
ATag2	類比	Humidity	34.6
ATag3	類比	Light intensity	22149
ATag4	類比	TVOC	101.87
ATag5	類比	CO2	400
ATag6	類比	cranefly	0
ATag7	類比	fly	2
ATag8	類比	gnat	2

資料視覺化 (Data Visualization)



使用Grafana建立資料視覺化儀表板，根據需求設計多種視覺化模組

測點名稱	測點類型	描述	數值
ATag1	類比	Temperature	41.55
ATag10	類比	mosquito	0
ATag11	類比	mothfly	2
ATag12	類比	thrips	3
ATag13	類比	whitefly	240
ATag2	類比	Humidity	34.6
ATag3	類比	Light intensity	22149
ATag4	類比	TVOC	101.87
ATag5	類比	CO2	400
ATag6	類比	cranefly	0
ATag7	類比	fly	2
ATag8	類比	gnat	2



Side Projects

Keywords: *Docker, Data Pipeline(SQL), MQTT, AWS, Gen AI(SRGAN), Google Cloud AI(Gen AI)*

A solid orange horizontal bar spanning the width of the slide at the bottom.

Docker

透過Docker更新AIoT軟體，只需要透過遠端將設備重啟，重新連上網路後就會自動下載並執行程式。

寫入AIoT裝置要執行的程式和環境到
Docker file

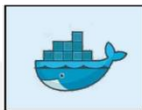
建立並上傳映像檔
到Docker hub

場域裝置連上網路
後自動下載並執行
Docker hub的檔案



Dockerfile

Build



Docker
Image

Run



Docker
Container



ntui2pdm/ntui2pdm_wisn_aiot

↓100K+ · ☆0



ntui2pdm/ntui2pdm_wisn

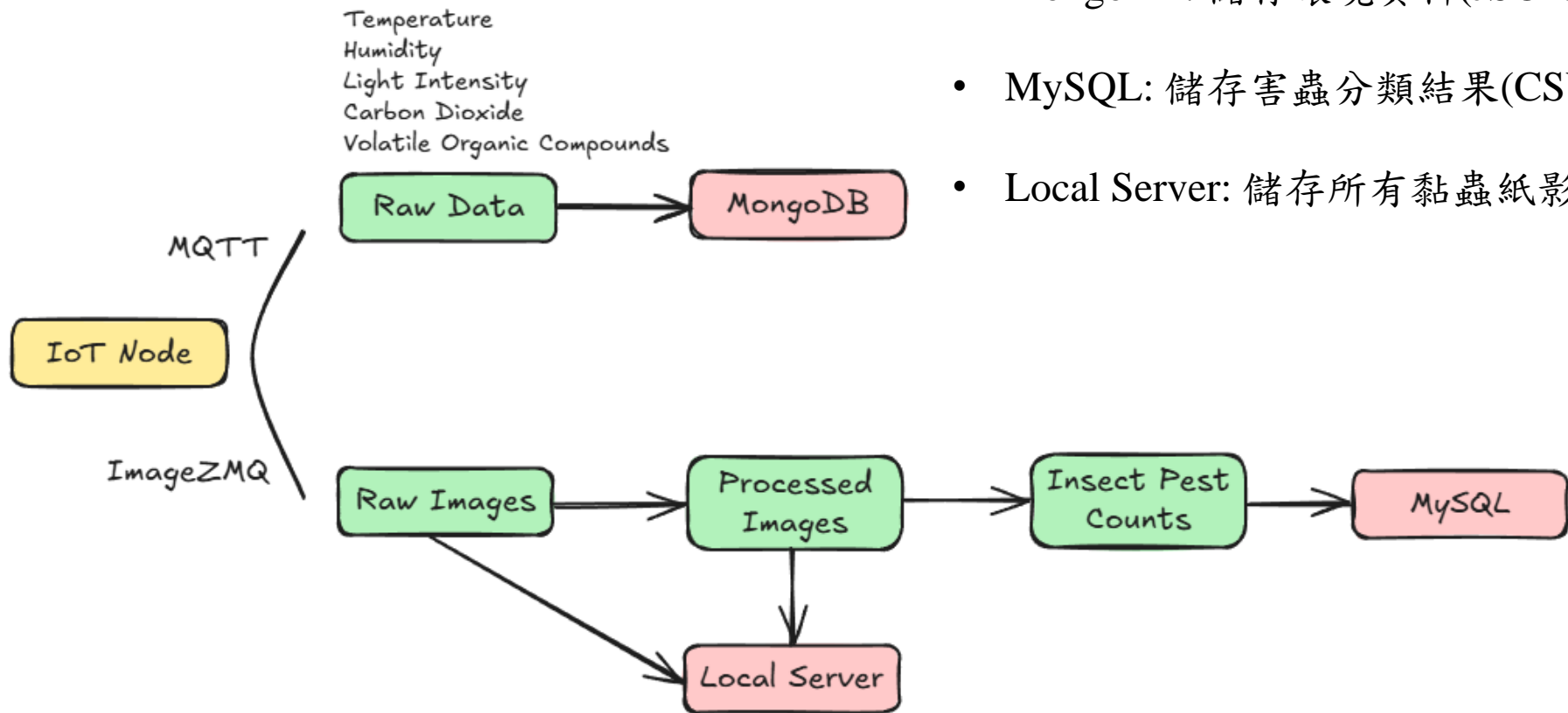
↓500K+ · ☆0



ntui2pdm/ntui2pdm_wisn_test

↓1M+ · ☆0

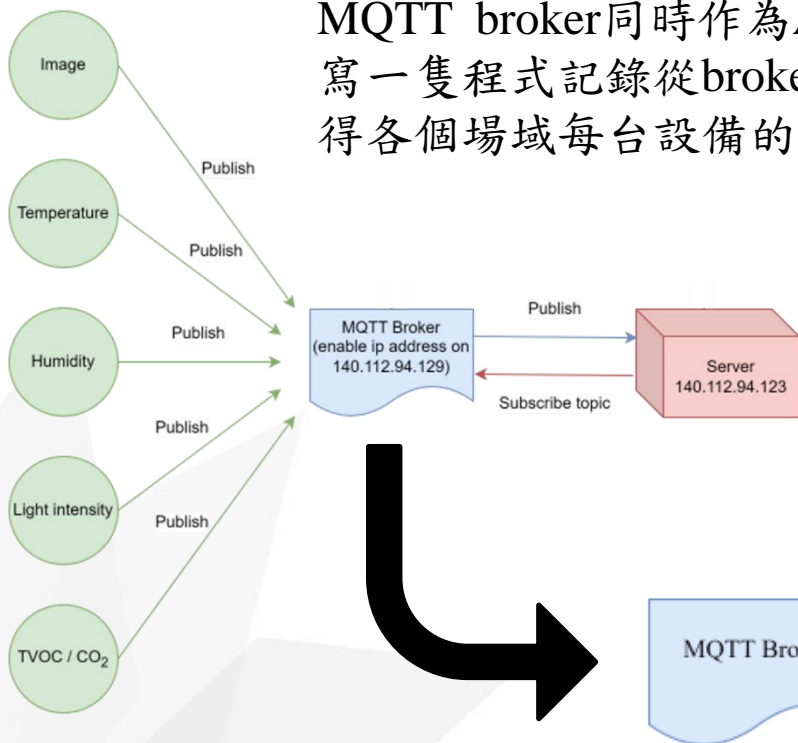
Data Pipeline (SQL)



- MongoDB: 儲存環境資料(JSON)
- MySQL: 儲存害蟲分類結果(CSV)
- Local Server: 儲存所有黏蟲紙影像

MQTT 點名系統

MQTT broker同時作為AIoT裝置的訂閱者，以及伺服器的發佈者。撰寫一隻程式記錄從broker接收到的訊號，上傳至AWS IoT Core就能取得各個場域每台設備的運作情形，透過QuickSight顯示視覺化結果。



採用MQTT broker的目的:

1. 降低伺服器的額外負擔，專注模型訓練
2. 綁定broker的ip位址，讓伺服器不需接收全台灣71台設備回傳
3. 不用等到伺服器訓練完才能知道哪些場域的設備沒有正常運作，故障儘早維修



AWS (QuickSight)

害蟲設備監測

Normal: 😊 Abnormal: 😞

害蟲場

育品 1280247238

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4
2024/08/14_02:54:30	😊	😊	😞	😊

台大溫室 1464174235

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6
2024/08/14_02:54:30	😊	😊	😊	😊	😊	😊

菁芯 1593726403

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6
2024/08/14_02:54:30	😞	😞	😊	😊	😞	😊

育家 1917768200

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6	Node 7
2024/08/14_02:54:30	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞

上盛 1297772898

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8
2024/08/14_02:54:30	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞

福成

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8	Node 9
2024/08/14_02:54:30	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞

Pulimount

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8
2024/08/14_02:54:30	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

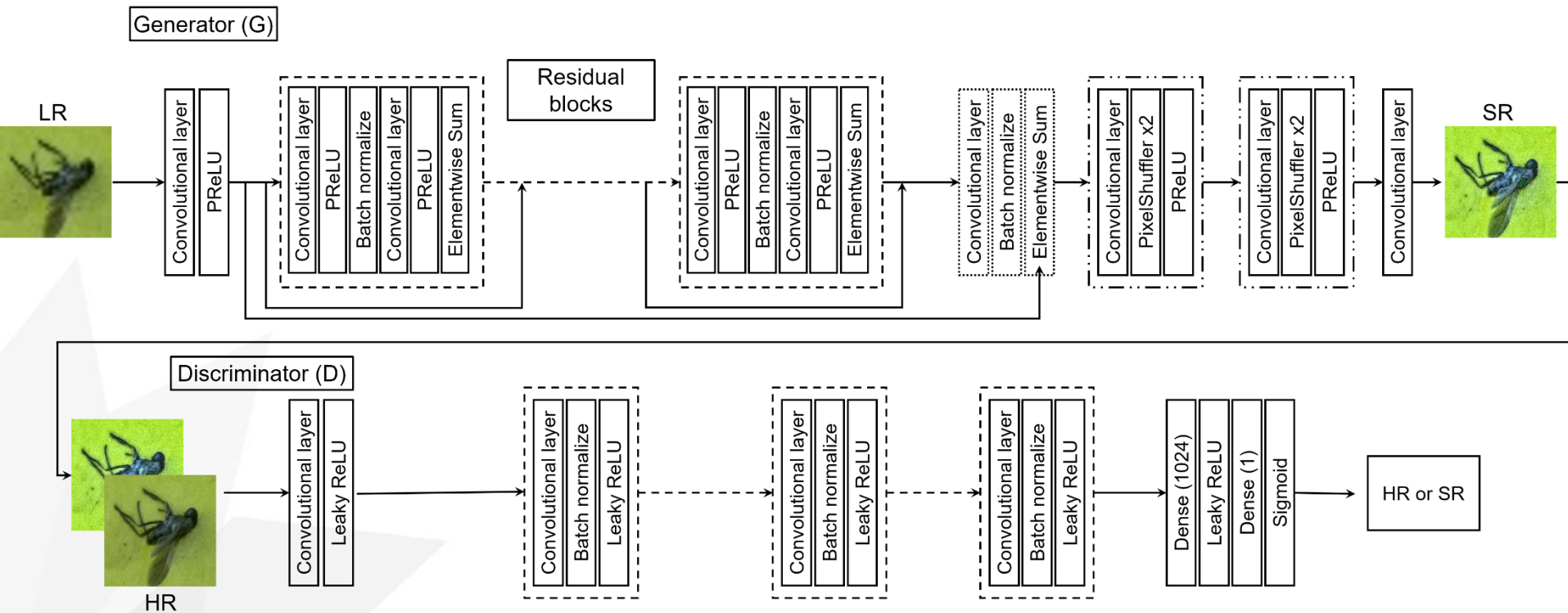
Pulicity

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8
2024/08/14_02:54:30	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞

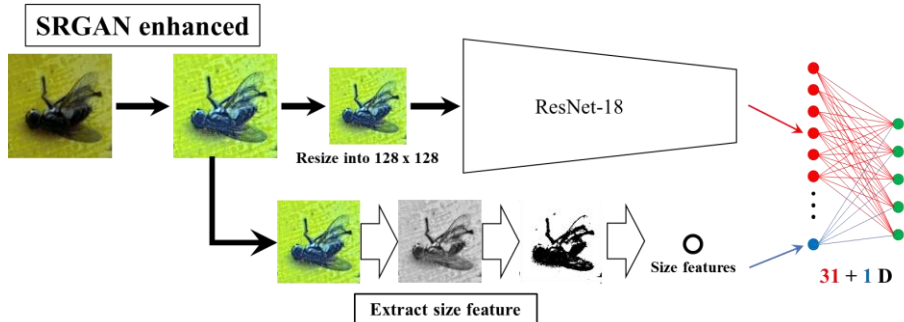
番茄方舟

Current Time	Node 1	Node 2	Node 3	Node 4	Node 5	Node 6	Node 7	Node 8
2024/08/14_02:54:30	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞	😞

Gen AI (SRGAN)



Gen AI (SRGAN)



- Model A1: Baseline Model (ResNet-18)
- Model A2: SRGAN
- Model A3: Size Feature
- Model A4: SRGAN + Size Feature

Model	F1-score	Improvement (Model A1)
Model A1	0.898	-
Model A2	0.956	6.5%
Model A3	0.921	2.6%
Model A4	0.968	7.8%

Google Cloud AI Study Jam (Gen AI)

- Generative AI (Gemini API)
- AutoML
- Workbench(Jupyter Notebook)
- Application:

- ✓ Computer Vision
- ✓ NLP
- ✓ Recommendation Systems
- ✓ Prompt Engineering
- ✓ Knowledge Graphs
- ✓ LLM Fine-Tuning

Vertex AI Gemini API

Using Gemini Pro - Text only model

AI Chef

What cuisine do you desire?

Indian

Do you have any dietary preferences?

Diabetese

Enter your food allergy:

peanuts

Enter your first ingredient:

ahi tuna

Enter your second ingredient:

chicken breast

Enter your third ingredient:

tofu

What wine do you prefer?

☒ Red ☐ White ☐ None

Generate my recipes.

Recipes Prompt

Your recipes:

Indian Diabetic-Friendly Recipes (Peanut-Free)

1. Tandoori Chicken Tikka Masala (45 minutes)

Ingredients:

- 1 lb boneless, skinless chicken breast, cut into 1-inch cubes
- 1/2 cup plain yogurt
- 2 tbsp lemon juice
- 1 tbsp tandoori masala spice blend
- 1/2 tsp ginger-garlic paste
- 1/4 tsp cayenne pepper (optional)
- 1 tbsp olive oil
- 1 onion, chopped
- 2 cloves garlic, minced
- 1 (14.5 oz) can diced tomatoes
- 1/2 cup unsweetened almond milk
- 1/4 cup chopped fresh cilantro
- Salt and pepper to taste

Instructions:

1. Marinate the chicken: In a bowl, combine yogurt, lemon juice, tandoori masala, ginger-garlic paste, cayenne pepper (if using), and salt and pepper. Add the chicken and toss to coat. Cover and refrigerate for at least 30 minutes.
2. Preheat oven to 400°F. Line a baking sheet with parchment paper.
3. Arrange the chicken on the baking sheet and bake for 20-25 minutes, or until cooked through.
4. Meanwhile, heat olive oil in a large skillet over medium heat. Add onion and cook until softened, about 5 minutes.
5. Add garlic and cook for another minute.
6. Stir in diced tomatoes, almond milk, and salt and pepper to taste. Bring to a simmer and cook for 10 minutes.
7. Add the cooked chicken to the sauce and simmer for another 5 minutes.
8. Garnish with fresh cilantro and serve with brown rice or cauliflower rice.