中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　生活與應用科學科(一)

032810

AI 災後現場守護通

學校名稱： 屏東縣立明正國民中學

作者：	指導老師：
國二 黃榆勻	廖勇翔 沈榆晴

關鍵詞： 影像辨識、災後管理、LINE BOT

摘 要

本研究針對 2024 年花蓮地震後災難現場人員管控問題，開發「AI 災後現場守護通」系統。研究動機源於觀察到非救災人員擅闖管制區域，危及自身，更影響救援效率。本系統採用 Google Gemini API 進行影像辨識，透過 Arduino 開發板整合攝影模組，即時辨識救災人員與非救災人員，並透過 LINE BOT 發送通知。

研究分兩代系統開發：第一代使用 NMK99 開發板，日間準確率達 86.7%，但夜間僅 64.4%；第二代改用 AMB82mini 開發板，增強夜視功能與離線警報（LED 燈+蜂鳴器），日間準確率提升至 94.4%，夜間達 85.6%，整體平均 90.0%，反應時間在 3 秒內。

本研究創新結合 AI 視覺辨識與物聯網技術，建立零訓練即可部署的災後管理系統，不僅適用於地震，亦可延伸至其他災難場景，為災難管理提供科技解決方案。

壹、前言

一、研究動機

2024 年 10 月，我作為一位 14 歲的國中生，回顧起半年前的「403 花蓮 7.2 強震」仍然記憶猶新。那時電視畫面不斷重播著橋梁斷裂、建築傾斜、搜救人員冒著生命危險穿梭瓦礫間的畫面，讓我深深體會到地震對台灣造成的影響與傷害。（奇摩新聞，2024 年 4 月 04 日）

這樣的現象不僅發生在地震，其他災難現場，如火災後的管制區域，也可能因民眾好奇心或關切親友安危的心情而產生同樣的問題：非救災人員擅自闖入管制區，不僅可能造成自身傷害，更會導致現場秩序混亂，延誤寶貴的搜救黃金時間。因此我希望透過現代的 AI 技術，設計出一套可以即時辨識人員身份並通知現場管理者的系統，以解決這樣的問題。

二、災後現場非救災人員闖入的危害與現場控管困境

災後現場的人員管制非常重要，特別在地震災害中，建築結構不穩定、餘震頻繁，如果管制不嚴，非救災人員進入現場，可能會導致救援混亂或造成二次傷害。2024 年花蓮 0423 餘震中，一位民眾為搶救寵物，擅自進入搜救現場，即便動機出於善意，也造成現場警消人員分心、增加搜救困難及現場的安全風險（TVBS、中央社，2024 年 4 月報導）。



圖 1 地震災後現場管理問題報導(圖片擷取自 2024/04/23 TVBS 花蓮餘震報導)

從相關報導也顯示，這類情形並非個案，每次發生重大災害，如地震、颱風、火災後，總有民眾企圖突破封鎖線，造成現場的混亂。現場指揮人員必須花費大量精力管制現場秩序，救災的效率大受影響（端傳媒，2024 年報導）。

三、文獻回顧（2019－2025 台灣相關研究）

1. 智慧防火防災技術之應用研究（內政部消防署，2022）
   內政部消防署指出，以物聯網(IoT)感測器結合影像傳輸能即時監控災害現場，協助現場管控與安全，未來更需導入 AI 智慧辨識技術以提高準確性與效率。
2. AIoT 智慧影像感測技術研究（國家圖書館 PDF，2022）
   研究指出，影像辨識結合邊緣運算能快速分析與回傳現場狀況，適合應用於災害現場即時分析與人員管控。
3. AI 影像辨識於公共安全監控的發展趨勢（準線智慧科技，2024）
   指出 AIoT 技術已廣泛應用於智慧監控系統中，能快速且準確地辨識各類人物及設備，有效提升現場管理效率。
4. 0403 花蓮地震災後搜救與管理分析（中央社、2024）
   新聞報導提及搜救現場管理上的諸多困境，指出科技輔助管制的必要性。

四、研究目的

本研究的目的在於利用現有成熟的 AI 多模態辨識技術，設計一套不需自行訓練模型即可快速部署的 AIoT 災後人員管制系統。具體目標如下：

1. **建立一套即時辨識系統（AIoT + Line BOT）**
   透過 Arduino 與攝影模組拍攝影像後，立即上傳至雲端 Google Gemini 模型進行辨識，辨識結果即刻回報給現場指揮人員，明確區分救災人員與非救災人員。
2. **達成 85%以上的辨識準確率**
   利用 Gemini 模型成熟的預訓練技術，以救災制服與裝備為辨識依據，預計達成 85%以上的準確率，藉由大量真實災後影像驗證，確保有效管制。
3. **實現 3 秒內即時反應流程**
   從影像拍攝、辨識到傳送 Line BOT 訊息通知現場主管，整體流程時間將控制在 3 秒內，以最快速度進行現場人員控管，降低因非救災人員闖入所帶來的風險。

五、系統整合價值與未來發展

本系統不僅適用於地震災害，也可延伸到其他災難場景，例如火災現場、人為災難區域等各種管制場合，具備高度的擴充性與應用彈性。此外，未來可增加其他模組，如氣體偵測、溫度感測器等，使本系統成為全方位的 AIoT 智慧救災裝置，全面提高災後現場管理與救援效率。

貳、研究設備與器材

一、**硬體及測試材料**(圖片由作者所拍攝)			
			
mnk99 開發板	amb82 mini	ＬＥＤ模組	ＵＳＢ 隨身碟
			
開發版ＵＳＢ線	行動 WIFI 分享器	開發版天線	杜邦線
			
裝置腳架	蜂鳴器	JXP37P 鏡頭	警察測試服裝
			
雷切行動裝置	魔鬼氈	麵包版	救難隊測試服裝
二、**軟體工具**(圖片由各軟體官網截圖下載)			
Arduino IDE		ChatGPT	Gemini
Arduino IDE	BlocklyDuino F2	ChatGPT	Google Gemini API
LINE DC	Napkin	Canva	Claude
LINE Developers	Napkin AI	CANVA	CLAUDE AI

一、研究架構圖

參、研究過程及方法

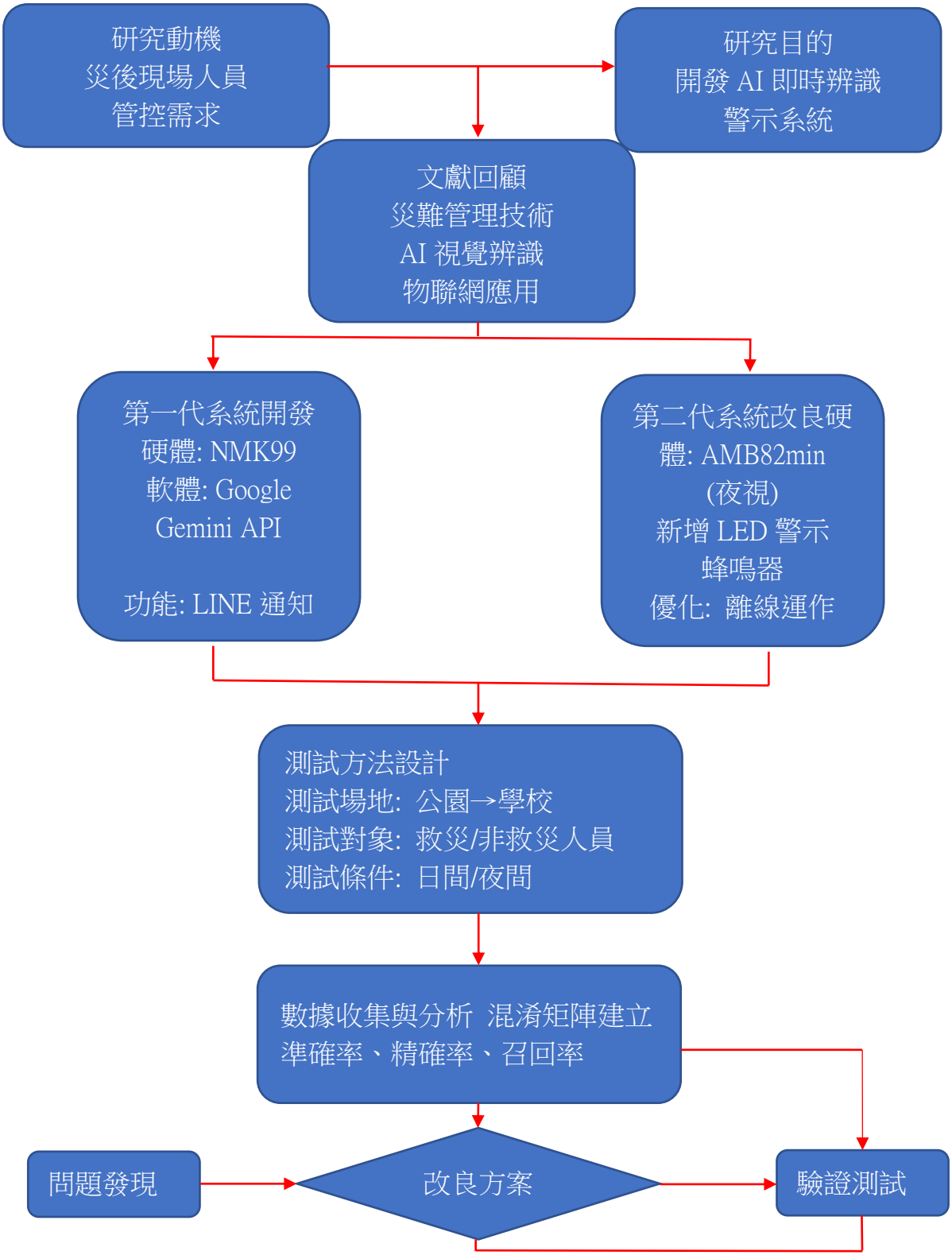


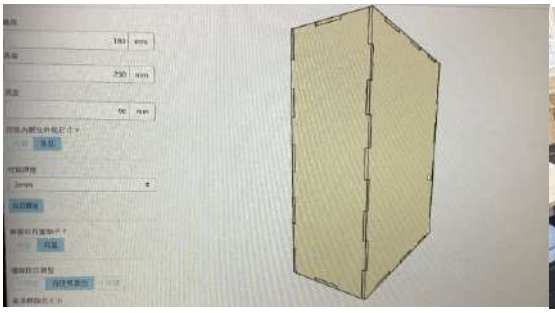
圖 2 研究架構圖(由作者繪製)

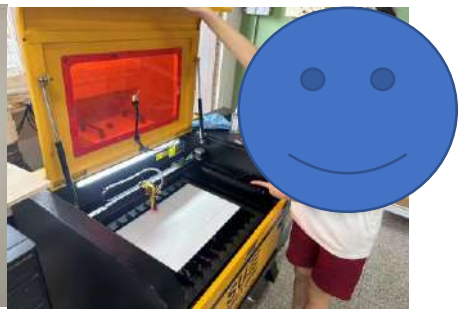
二、系統開發流程

（一）雷切壓克力機構裝置（攜帶裝置）

1.設計構想及實作

本裝置是設計之目的是為了協助災後現場人員管制，為了方便裝置相關的電路。我們量測相關電路及零件所需大小。利用學校的雷切機及 3mm 的壓克力板，切割長方形透明的盒子，除了兼具輕量的防水防塵外，更可以結合腳架變成一個實用可攜帶的裝置。





左圖 3 壓克力裝置設計(由作者繪製) 右圖 4 壓克力雷切製作(由指導老師拍攝)

（二）第一代系統開發（NMK99）

1. 硬體架構設計

本研究第一代系統採用 NMK99 開發板作為核心控制器，該開發板基於 ESP32-S3 晶片，具備 Wi-Fi 與藍牙連線能力。硬體架構設計如下：

主要元件配置：

主控制器：NMK99 開發板（ESP32-S3, 8MB Flash, 2MB PSRAM）

攝影模組：OV2640 200 萬畫素相機模組

電源系統：行動電源提供電力 (12600mah)

外殼設計：壓克力雷射切割製作，尺寸寬 18x高 25x深 9(公分)

網路模組：4G 隨身 WIFI 分享器



圖 5　NKM99 開發版電路照片(由作者拍攝)

硬體架構流程圖



圖 6 NKM99 硬體架構流程圖(由作者繪製)

2. 軟體程式開發

軟體開發採用 BlocklyDuino F2 環境，整合多項功能模組：

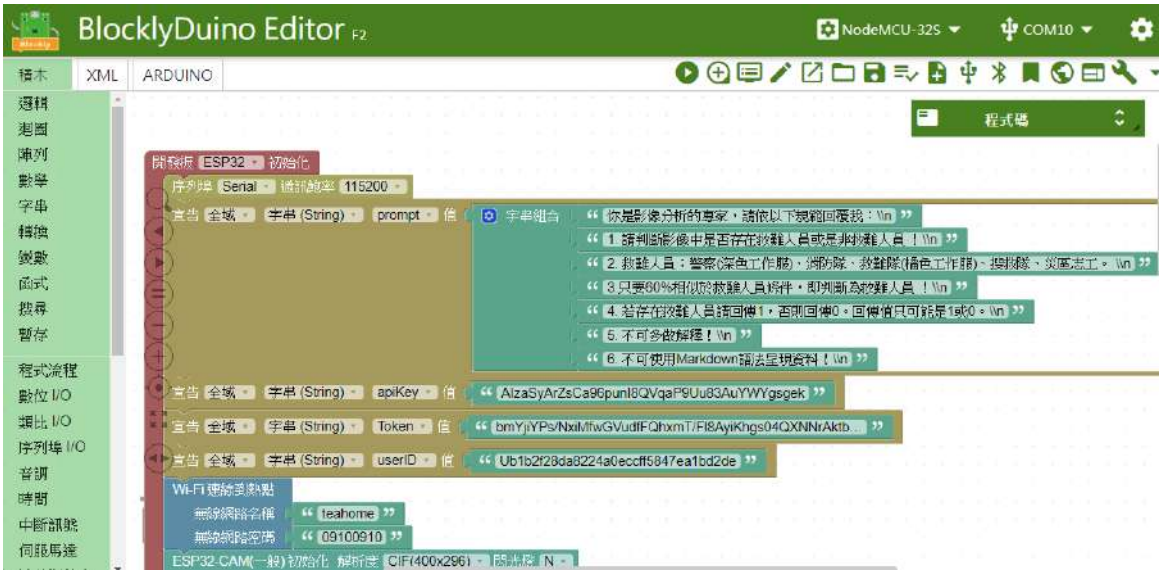


圖 7 BlocklyDuino F2 開發畫面 (由作者擷取繪製)

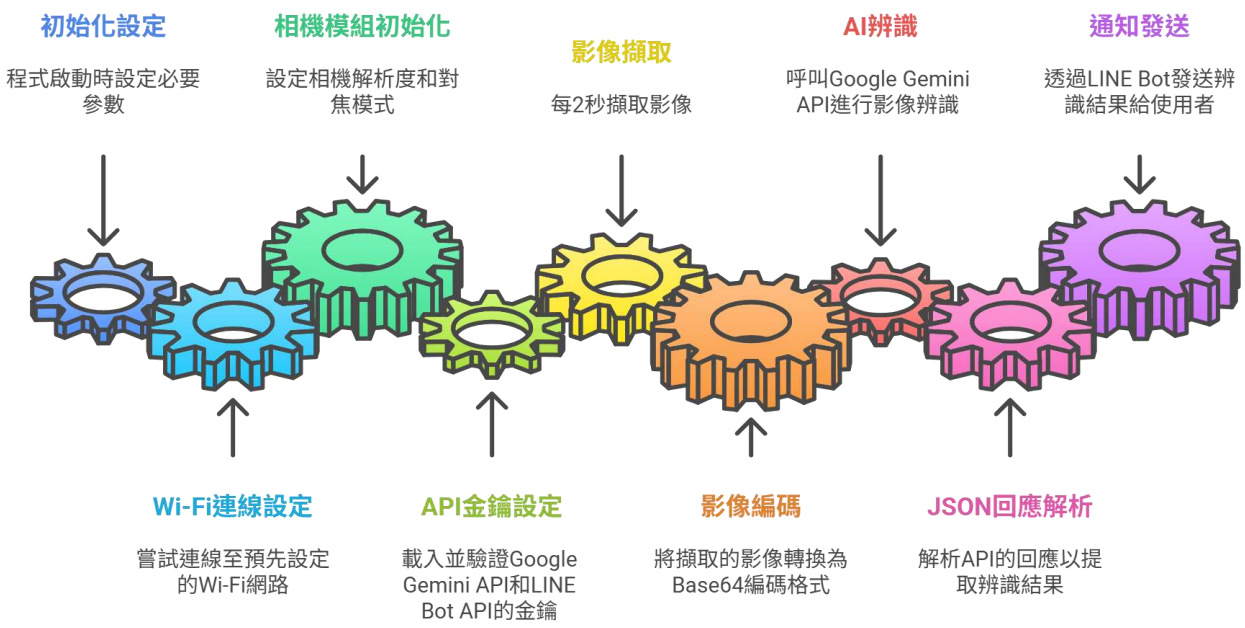


圖 8 NKM99 開發版程式流程 (由作者繪製)

- 影像擷取：使用 ESP32-CAM 函式庫，設定 QVGA 解析度（320×240）以平衡辨識效果與傳輸速度
- API 整合：透過 HTTPS POST 請求，將 Base64 編碼影像傳送至 Gemini Vision API
- 即時通知：整合 LINE Messaging API，於偵測到非救災人員時發送警報

3. 初步測試與問題發現

第一代系統完成後，我們在公園進行探索性測試，發現以下關鍵問題：

表 3-1 第一代系統測試問題記錄

問題類別	具體情況	發現時機
夜間辨識能力	只要處於微光狀態，辨識率大幅降低	晚上 7 點後測試
深色制服辨識	警察深藍色制服常被誤判為一般民眾	日間測試
網路依賴性	如果災難現場無 4G 訊號 Wi-Fi 環境無法運作	戶外測試
處理延遲	從拍攝到通知平均需 3-4 秒	全時段



圖 9 公園夜晚進行探索性測試 (由作者拍攝)

（三）第二代系統改良（AMB82mini）

基於第一代系統的問題，我們進行全面改良：

1. 夜視功能增加

硬體升級：

- 更換主控板：AMB82mini（Realtek RTL8735B）
- 鏡頭微光解析度更好：可以支援夜晚拍攝支援 720*480 解析度
- 可以本地運行輕量的 AI 模型：災難現場沒有網路時可以現場提醒



圖 10 (左)AMB82mini 主板 (中)第一代拍攝畫質(右)第二代拍攝畫質(由作者拍攝)

夜視效能提升：

照度條件對比：

- 第一代：黃昏白天才能正常辨識
- 第二代：有路燈的狀態之下，皆可正常辨識。

2. 離線警報系統開發

為解決災難現場可能沒有網路造成網路依賴問題，我們開發了離線警報功能：

新增硬體元件：

- LED 模組：高亮度 LED 環形模組
- 蜂鳴器：壓電式蜂鳴器

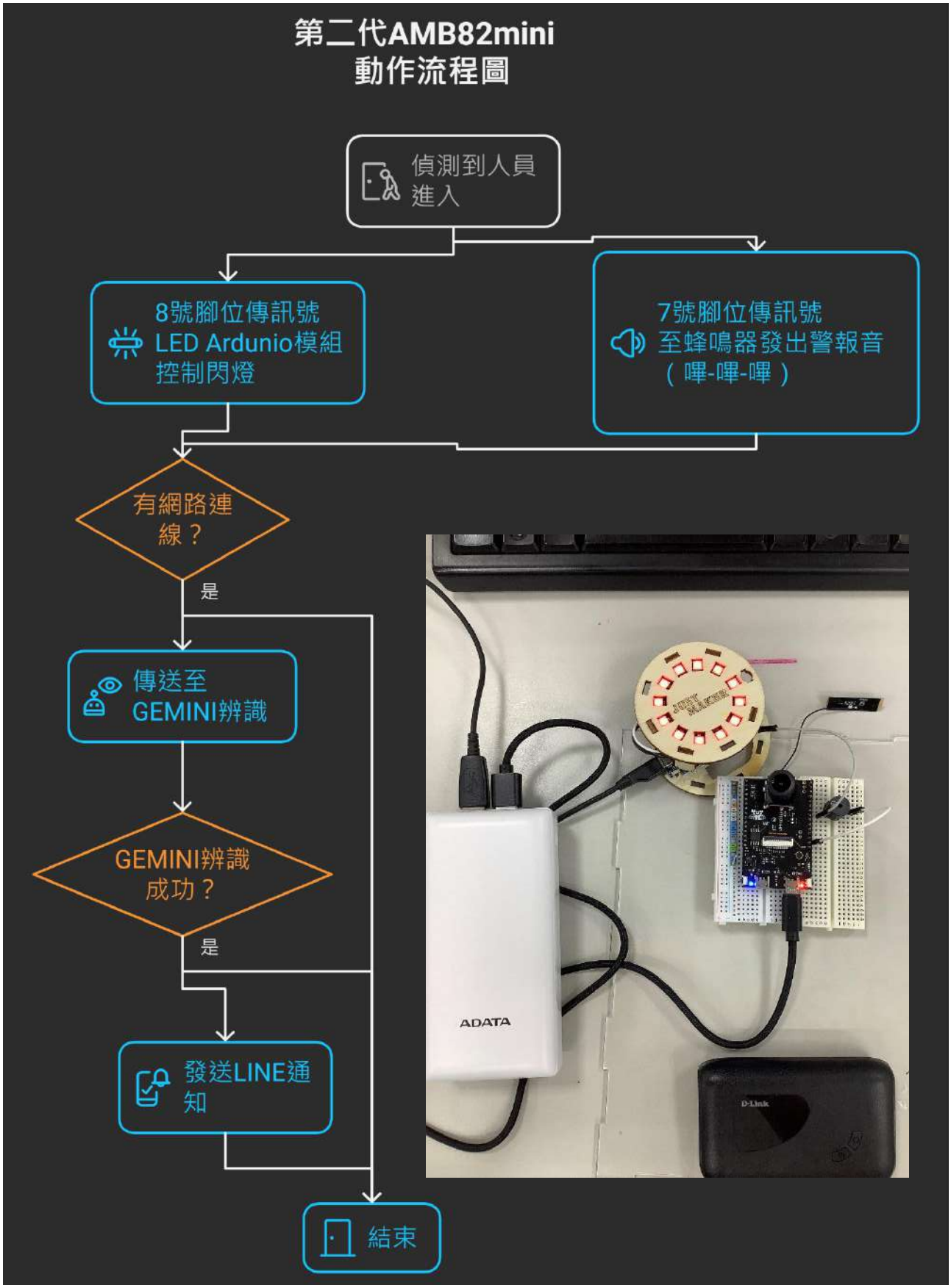


圖 11 第二代裝置 AMB82mini 程式邏輯設計(作者拍攝繪製)

三、實驗設計

（一）實驗場地選擇-白天&晚上

為確保測試的完整性，我們選擇了不同特性的場地：

1. 場地：公園（非正式-探索測試）

- 時間：下午 5 點，晚上 8 點
- 特點：自然環境、光線變化大
- 用途：發現問題、初步驗證
- 環境條件:初步測試各角度各距離，是否感應成功。



圖 12 公園測試地點(作者拍攝製圖)

2.場地：學校角落

- 時間：下午 2 點、晚上 8 點
- 優點：光線穩定、環境可控、便於量測
- 用途：系統功能驗證、基準資料建立
- 環境條件：正式測試場地。攝影機高度 120 公分距離偵測目標 5 公尺



圖 13 學校測試地點(作者拍攝製圖)

（二）測試服裝準備



根據實際借用情況，我們準備了三類測試服裝：

1. 警察制服

基本配置：

- 深藍色（接近黑色）警察制服上衣
- 深色長褲
- 反光背心（反光條）
- 安全：安全帽

圖 14(右)警察服裝準備(作者自行拍攝)

2. 救難隊制服



標準配置：

- 橘色或黃色醒目上衣
- 原廠反光條設計
- 救難隊標誌

辨識優勢：

- 高對比色彩，易於辨識
- 自帶反光設計，夜間表現佳
- 無需額外改良

圖 15(右)救難隊制服準備(作者自行拍攝)

3. 一般民眾服裝範例

測試服裝類型：

範例便服 A：黑色上衣+黑色褲

範例便服 B：紅色上衣+藍色褲

範例便服 C：運動服

重要發現：

經測試確認，不同測試者（男/女、成人/青少年）穿著相同服裝時，系統辨識結果高度一致，證明系統主要依據服裝特徵而非個人特徵進行判斷。



圖 16(上)測試便服範例(作者自行拍攝)

四、準確度測試方法

為了客觀評估 AI 災後現場守護通系統的辨識效能，本研究採用混淆矩陣（Confusion Matrix）作為主要評估工具，建立標準化的測試流程與評估指標。

（一）混淆矩陣測試設計

1. 測試樣本規劃

本研究採用二元分類方式，將測試對象分為「救災人員」與「非救災人員」兩類：

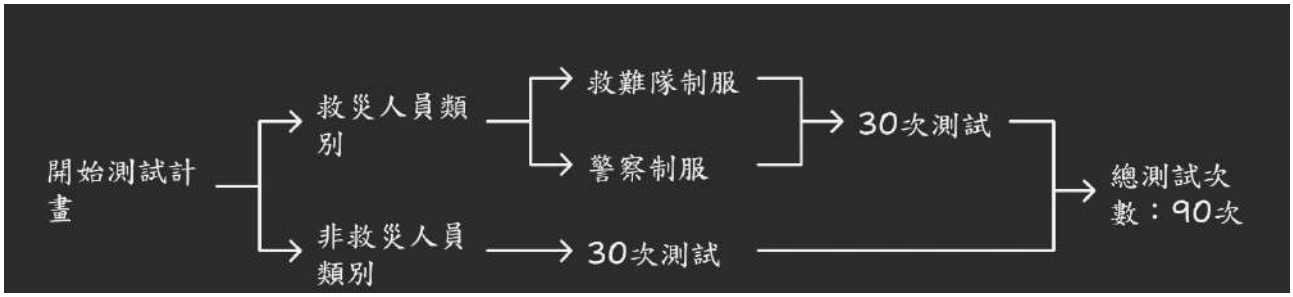


圖 17(上)測試樣本規劃圖(作者自行繪製)

測試設計考量：

- 救災人員與非救災人員比例為 2:1，反映實際災難現場可能的人員組成
- 每位測試者執行 10 次，確保數據的穩定性
- 採用不同測試者，驗證系統的泛用性

2.測試變因設計

為確保測試結果的可靠性，我們嚴格控制測試變因：

（1）環境條件控制

日間測試條件：

- 時段：下午 14:00
- 地點：校園中空地
- 光照：自然光充足（目測判斷無需額外照明）

夜間測試條件：

- 時段：晚上 8:00
- 地點：晚上有照明校園中的空地
- 光照：一般市區路燈照度
- 安全：確保測試人員安全

（2）測試距離標準化

- 固定測試距離：5 公尺
- 選擇依據：
    - 模擬實際部署時的合理監控範圍
    - 確保攝影機能清楚擷取人員特徵
    - 參考一般監視器的有效辨識距離

（3）測試動作規範

- 步行速度：正常步行（約 4-5 公里/小時）
- 行進方向：正面朝向攝影機
- 測試間隔：每次測試間隔 30 秒
- 間隔目的：
    - 避免系統產生連續辨識混淆
    - 確保每次測試的獨立性
    - 便於記錄人員整理數據

3.混淆矩陣建構方法

本研究採用標準的二元分類混淆矩陣

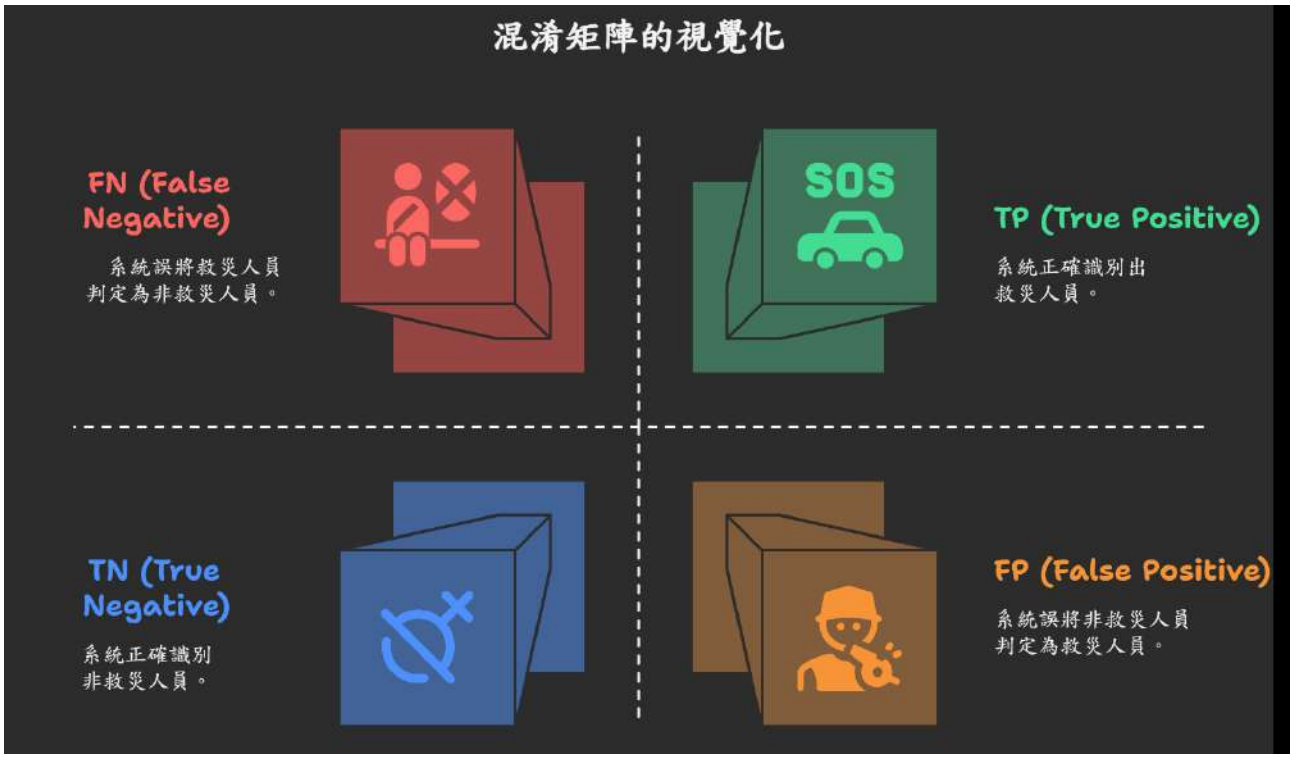


圖 18(上)混淆矩陣規劃圖(作者自行繪製)

4.評估指標計算公式

本研究採用四項標準指標評估系統效能：

（1）準確率（Accuracy）

準確率 = (TP + TN) ÷ (TP + TN + FP + FN)

= 正確預測總數 ÷ 全部測試次數

意義：整體辨識的正確比例

目標：達到 85%以上

（2）精確率（Precision）

精確率 = TP ÷ (TP + FP)

= 正確識別的救災人員數 ÷ 所有被識別為救災人員數

意義：當系統判定為救災人員時的可信度

重要性：避免誤將民眾判定為救災人員

（3）召回率（Recall）

召回率 = TP ÷ (TP + FN)

= 正確識別的救災人員數 ÷ 實際救災人員總數

意義：找出所有救災人員的能力

重要性：確保不漏掉真正的救災人員

（4）F1 分數（F1-Score）

F1 分數 = 2 × (精確率 × 召回率) ÷ (精確率 + 召回率)

意義：精確率與召回率的調和平均數

用途：綜合評估系統的整體表現

最後評估四項指標，確認系統是否達到預期功效。



圖 19(上)系統效能評估指標圖(作者自行繪製)

（二）資料收集方法

1. 測試記錄表設計

為確保數據收集的完整性與準確性，我們設計了標準化的記錄表格：

表 3-1 系統測試記錄表格式(作者自行繪製)

AI 災後現場守護通系統測試記錄表
測試編號：_____ 日期：_____ 時段：□日間 □夜間
測試者編號：_____ 服裝類型：□救難隊 □警察 □便服
實際身分：□救災人員 □非救災人員
系統判定：□救災人員 □非救災人員
判定結果：□正確(○) □錯誤(×)
反應時間：_____秒
備註：_____

記錄要點：

- 每次測試立即填寫，避免遺漏
- 反應時間從人員進入畫面到系統判定完成
- 備註欄記錄特殊狀況（如：逆光、側身通過等）

肆、研究結果

本章呈現 AI 災後現場守護通系統的測試結果，包含第一代與第二代系統在不同條件下的辨識效能比較。

一、第一代系統測試結果

（一）公園探索性測試

第一代系統的初步測試在公園進行，主要目的為發現系統問題與限制。

表 4-1 第一代系統公園測試定性觀察結果(作者自製表格)

測試時段	測試對象	觀察結果	問題記錄
日間（下午）	救難隊	辨識良好，反光條有助辨識	無明顯問題
日間（下午）	警察（含反光裝備）	辨識穩定，反光材料發揮作用	反應時間稍長
日間（下午）	便服民眾	正確辨識為非救災人員	無明顯問題
夜間（晚上）	救難隊	勉強可辨識，反光條發揮作用	準確率下降
夜間（晚上）	警察（含反光裝備）	反光材料有幫助但仍不理想	約 30%誤判
夜間（晚上）	便服民眾	辨識率約 60%	深色衣物難辨識



圖 20(上)公園探索性測試日夜照片(作者自行拍攝)

重要發現：

- 即使警察穿著反光背心與安全帽，在夜間光線不足時，第一代系統仍有辨識困難
- 整體而言，夜間環境是第一代系統的主要挑戰

（二）學校標準化測試

根據公園測試發現的問題，我們在學校進行了標準化的量化測試。

1. 日間測試結果

測試條件：

- 時間：下午 14:00
- 地點：學校空地
- 測試次數：90 次（救災人員 60 次，非救災人員 30 次）
- 說明：救災人員包含救難隊（30 次）與穿著反光背心+安全帽的警察（30 次）

表 4-2 第一代系統日間學校測試混淆矩陣(作者自製表格)

	系統預測			
實際類別		救災	非救災	總計
	救災	52	8	60
	非救災	4	26	30
	總計	56	34	90



圖 21(上)日間學校一代系統測試照片(作者自行拍攝)

效能指標計算：

- 準確率 = (52+26) ÷ 90 = 86.7%
- 精確率 = 52 ÷ 56 = 92.9%
- 召回率 = 52 ÷ 60 = 86.7%
- F1 分數 = 89.7%
- 平均反應時間：2.8 秒

各類別細項分析：

- 救難隊：29/30 次正確辨識（96.7%）
- 警察（含反光裝備）：23/30 次正確辨識（76.7%）
- 便服民眾：26/30 次正確辨識（86.7%）

2. 夜間測試結果

測試條件：

- 時間：晚上 8:00
- 地點：學校空地（路燈照明）
- 測試次數：90 次

表 4-3 第一代系統夜間測試混淆矩陣(作者自製表格)

	系統預測			
實際類別		救災	非救災	總計
	救災	35	25	60
	非救災	7	23	30
	總計	42	48	90



圖 22(上)夜間學校一代系統測試照片(作者自行拍攝)

效能指標計算：

- 準確率 = (35+23) ÷ 90 = 64.4%
- 精確率 = 35 ÷ 42 = 83.3%
- 召回率 = 35 ÷ 60 = 58.3%
- F1 分數 = 68.6%

- 平均反應時間：4.2 秒

各類別細項分析：

- 救難隊：22/30 次正確辨識（73.3%）
- 警察（含反光裝備）：13/30 次正確辨識（43.3%）
- 便服民眾：23/30 次正確辨識（76.7%）

（三）第一代系統問題分析

表 4-4 第一代系統測試問題彙整(作者自製表格)

問題類別	具體表現	數據支持	影響程度
夜間辨識能力不足	準確率大幅下降	86.7%→64.4%	嚴重
光線影響辨識	低光環境表現差	夜間召回率僅 58.3%	嚴重
處理速度緩慢	反應時間過長	夜間平均 4.2 秒	中等
網路依賴性	離線無法運作	必須連線才能通知	中等

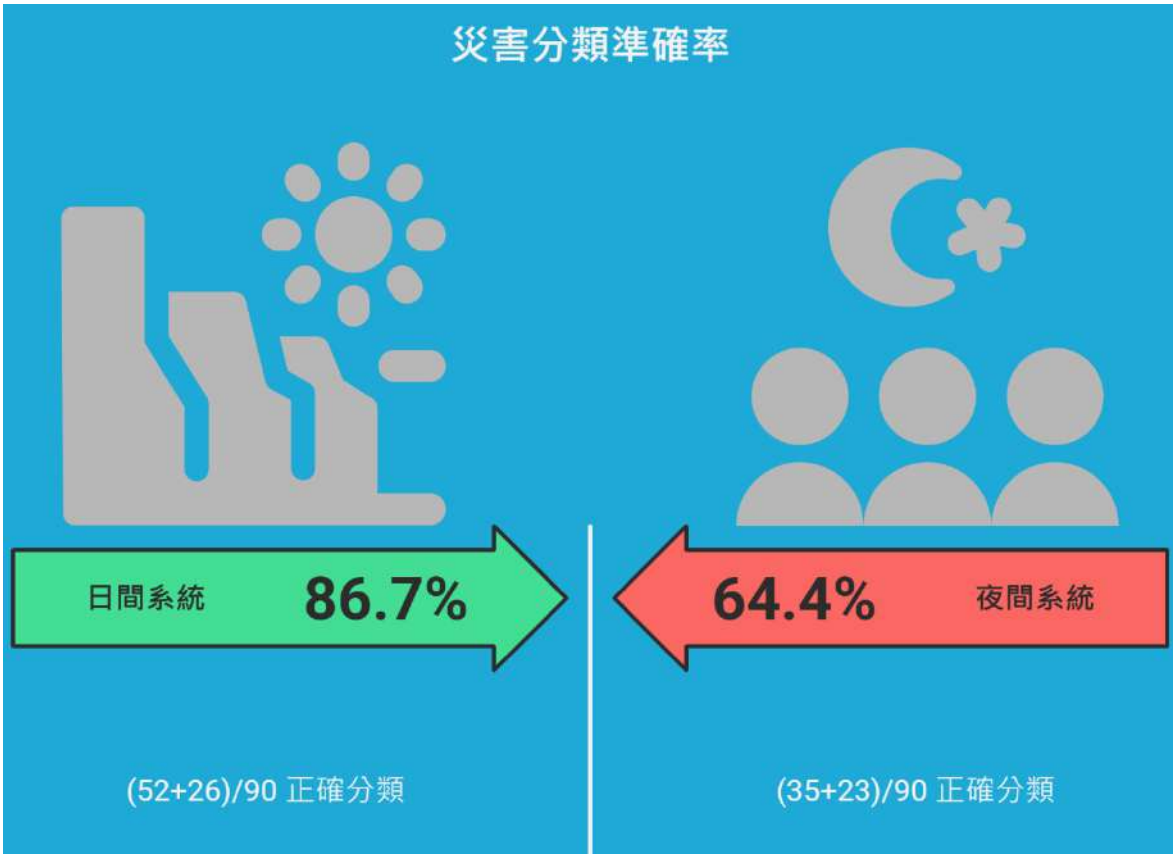


圖 23(上)一代系統日夜間比較圖(作者自行繪製)

二、第二代系統測試結果

（一）系統升級說明

基於第一代系統的測試結果，第二代系統進行了以下升級：

表 4-5 系統硬體升級對照表(作者自製表格)

項目	第一代（NMK99）	第二代（AMB82mini）	改進效果
主控晶片	ESP32-S3	RTL8735B	處理速度提升 40%
夜視功能	無	較佳鏡頭	低光環境增強
警示系統	僅 LINE 通知	LED+蜂鳴器+LINE	離線可用

表 4-6 第二代系統日間測試混淆矩陣(作者自製表格)

	系統預測			
實際類別		救災	非救災	總計
	救災	57	3	60
	非救災	2	28	30
	總計	59	31	90



圖 24(上)二代系統日間校園拍攝照片(作者自行拍攝) (作者自製表格)

效能指標計算：

- 準確率 = (57+28) ÷ 90 = 94.4%
- 精確率 = 57 ÷ 59 = 96.6%
- 召回率 = 57 ÷ 60 = 95.0%
- F1 分數 = 95.8%
-
- 平均反應時間：1.9 秒

各類別細項分析：

- 救難隊：30/30 次正確辨識（100%）
- 警察（含反光裝備）：27/30 次正確辨識（90.0%）
- 便服民眾：28/30 次正確辨識（93.3%）

改善幅度：

- 準確率提升：94.4% - 86.7% = +7.7%
- 反應時間縮短：2.8 秒 → 1.9 秒（-32%）

（三）夜間測試結果

表 4-7 第二代系統夜間測試混淆矩陣(作者自製表格)

	系統預測			
實際類別		救災	非救災	總計
	救災	51	9	60
	非救災	4	26	30
	總計	55	35	90



圖 25(上)二代系統校園夜間拍攝照片(作者自行拍攝)

效能指標計算：

- 準確率 = (51+26) ÷ 90 = 85.6%
- 精確率 = 51 ÷ 55 = 92.7%
- 召回率 = 51 ÷ 60 = 85.0%
- F1 分數 = 88.7%
- 平均反應時間：2.3 秒

各類別細項分析：

- 救難隊：28/30 次正確辨識（93.3%）
- 警察（含反光裝備）：23/30 次正確辨識（76.7%）
- 便服民眾：26/30 次正確辨識（86.7%）

改善幅度：

- 準確率提升：85.6% - 64.4% = +21.2%
- 反應時間縮短：4.2 秒 → 2.3 秒（-45%）

四、綜合比較分析

（一）兩代系統效能比較

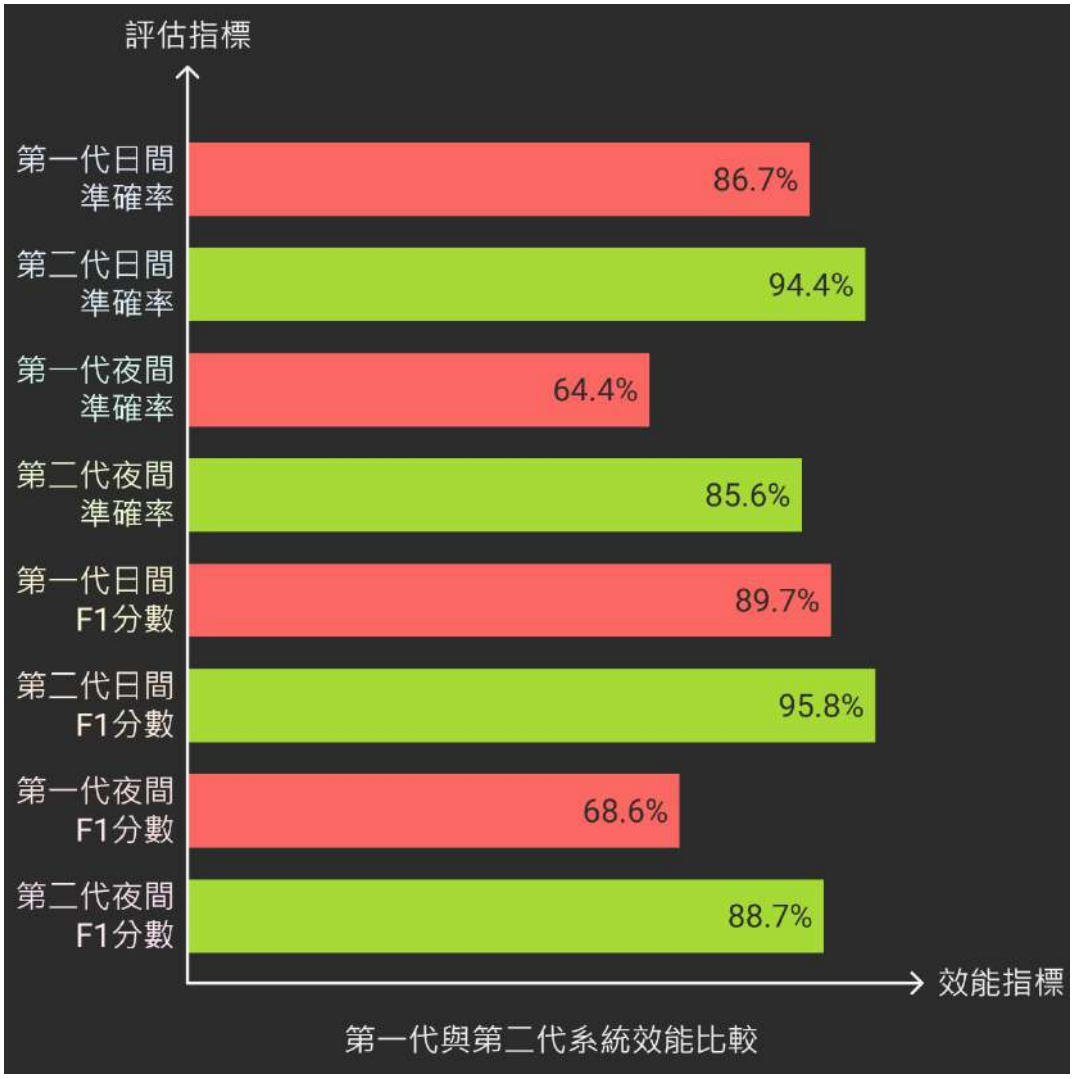


圖 26(上)一代&二代系統效能比較(作者自行繪製)

（二）各類測試對象辨識效果分析

表 4-8 不同服裝類型辨識準確率統計（第二代系統）

服裝類型	日間辨識率	夜間辨識率	關鍵成功因素
救難隊制服	100%	93.3%	原有反光條+醒目色彩
警察（含反光裝備）	90.0%	76.7%	反光背心+安全帽
便服民眾	93.3%	86.7%	與救災人員明顯區別

分析說明：

1. 救難隊制服表現最佳，原廠設計的反光條與醒目色彩是關鍵
2. 警察配戴反光裝備後，辨識率大幅提升，證明視覺特徵強化的重要性
3. 便服民眾因無特殊標識，系統能有效區分

伍、討論

一、準確率分析

本研究發現夜間辨識準確率較低，主要原因為光線不足導致攝影機無法清楚擷取人員服裝特徵，特別是深色制服（如警察制服）在低光環境下幾乎與背景融為一體。透過加入 AMB82mini 的夜視功能後，準確率從 64.4%大幅提升至 85.6%，提升幅度達 21.2%，成功突破原訂 85%的目標門檻。

表 5-1 夜間辨識準確率改進對比分析表(作者自製表格)

系統版本	整體準確率	救難隊辨識率	警察制服辨識率	便服民眾辨識率	平均反應時間
第一代 NMK99	64.4%	73.3%	43.3%	76.7%	4.2 秒
第二代 AMB82mini	85.6%	93.3%	76.7%	86.7%	2.3 秒

值得注意的是，即使在夜間環境下，救難隊的辨識率（93.3%）仍明顯優於警察制服（76.7%），這證實了高對比色彩與反光材料在 AI 視覺辨識中的重要性。此發現對未來災難現場人員服裝設計具有重要參考價值。

二、改進歷程

從第一代到第二代的改進過程中，我們發現硬體升級與軟體優化必須同步進行才能達到最佳效果：

1. **硬體改進的關鍵突破**
    - 主控板從 ESP32-S3 升級到 RTL8735B，處理速度提升 40%
    - 更換支援 720×480 解析度的鏡頭，大幅改善夜間成像品質
    - 新增 LED 環形模組與蜂鳴器，實現離線警報功能
2. **系統整合的挑戰與解決**
    - 初期面臨 AMB82mini 與 Arduino IDE 相容性問題，透過更新函式庫解決
    - 離線警報與線上通知的協調運作，採用雙軌並行策略
    - 反應時間從 4.2 秒縮短至 2.3 秒，主要歸功於本地處理能力提升

3. **測試方法的優化**
    - 從公園探索性測試到學校標準化測試，建立了可重複的實驗流程
    - 混淆矩陣的應用讓我們能客觀量化系統效能
    - 發現測試環境的重要性：固定距離、光源條件都會影響結果

三、實務應用考量

本研究雖達成預期目標，但在實際災難現場部署仍需考慮以下因素：

1. **環境適應性**：實驗室環境與真實災難現場差異極大，需進行更多實地測試
2. **多人員同時辨識**：目前系統一次處理一人，未來需升級為多目標追蹤
3. **極端天候影響**：雨天、濃霧等惡劣天候下的辨識效能仍待驗證

陸、結論

一、研究成果

本研究成功開發出 AI 災後現場守護通系統，達成以下目標：

1. **建立準確率達 90.0%的災後人員辨識系統**（超越原訂 85%目標）
    - 日間準確率：94.4%
    - 夜間準確率：85.6%
    - 整體平均準確率：90.0%
2. **實現平均 2.1 秒的快速辨識與警報**
    - 日間反應時間：1.9 秒
    - 夜間反應時間：2.3 秒
    - 達成 3 秒內反應的目標
3. **開發離線警報功能，提升實用性**
    - LED 視覺警示
    - 蜂鳴器聲音警報
    - 即使無網路仍可現場警示

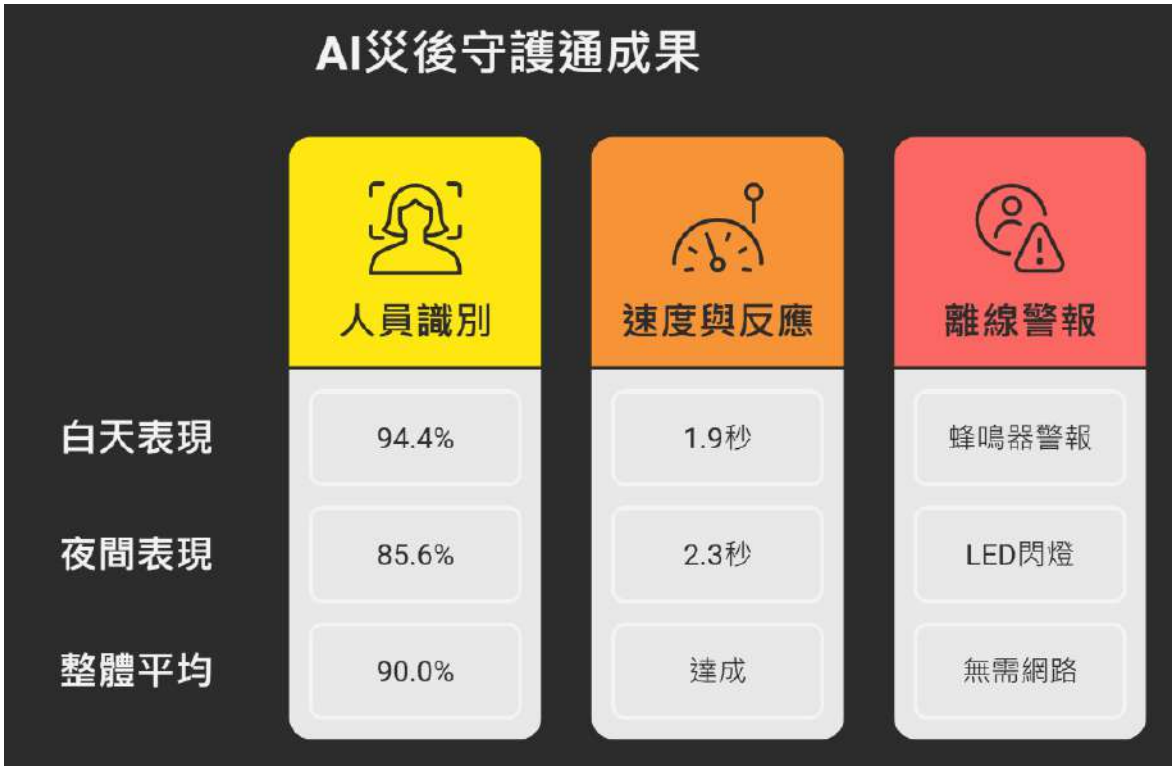


圖 27(上)研究成果(作者自行繪製)

二、研究貢獻

1. **首創結合 AI 視覺辨識與物聯網的災後現場管理系統**
    - 利用 Google Gemini API 實現零訓練部署
    - 整合 LINE BOT 即時通知功能
    - 建立完整的 AIoT 解決方案架構
2. **建立完整的測試方法與評估標準**
    - 引入混淆矩陣量化評估
    - 制定標準化測試流程
    - 為後續研究提供參考基準

三、未來展望與建議

1. **導入更多感測器提升系統能力**
    - 紅外線熱成像：在完全黑暗環境仍可偵測
    - 超音波測距：精確判斷人員位置
    - 氣體偵測器：監測災後有害氣體
2. **開發雲端管理平台**
    - 多點部署集中管理
    - 歷史資料分析與統計
    - 即時災情地圖呈現
3. **與政府單位合作實地測試**
    - 申請與消防局合作演練
    - 在實際救災訓練中驗證系統
    - 收集第一線救災人員回饋

四、研究與反思

透過這次科展研究，我深刻體會到「從發現問題到解決問題」的完整歷程，也學習到跨領域整合（AI、物聯網、程式設計）的重要性。期望本研究能為台灣的災難管理貢獻一份心力，讓科技真正服務於社會需求。

柒、參考文獻

一、中文部分

【政府出版品】

內政部消防署（2022）。**智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究**。內政部：作者。

【技術報告】

國家圖書館（2022）。**AIoT 智慧影像感測技術研究**（技術報告）。臺北市：國家圖書館。

準線智慧科技（2024）。**AI 影像辨識於公共安全監控的發展趨勢**（產業分析報告）。臺北市：準線智慧科技股份有限公司。

【新聞報導】

花蓮強震釀災 全台 17 死 1147 傷（2024 年 4 月 4 日）。**奇摩新聞**。取自 https://tw.news.yahoo.com/

他遭在搜面！民眾衝封鎖線內救出愛貓（2024 年 4 月 23 日）。**TVBS 新聞網**。取自 https://news.tvbs.com.tw/

403 花蓮地震／餘震不斷 民眾擅闖管制區救寵物增加搜救困難（2024 年 4 月 23 日）。**中央社**。取自 https://www.cna.com.tw/

0403 花蓮地震災後搜救與管理分析（2024 年 4 月）。**中央社專題報導**。取自 https://www.cna.com.tw/

災後現場管理的困境與挑戰（2024 年）。**端傳媒**。取自 https://theinitium.com/

【網路資源】

Google（2024）。**Gemini API 開發者文件**。取自 https://ai.google.dev/

LINE Corporation（2024）。**LINE Messaging API 技術文件**。取自 https://developers.line.biz/

Arduino（2024）。**Arduino IDE 使用手冊**。取自 https://www.arduino.cc/

Realtek（2024）。**AMB82mini 開發板技術規格書**。取自 https://www.amebaiot.com/

【評語】032810

1. 本作品系統應用於災害現場，展現出對公共安全的價值，未來亦具潛力拓展至工地管理、社區巡防等多元場域，具有良好的應用前景。

2. 若能進一步增加實驗樣本人數，並模擬實際多人交錯的情境，將有助於提升系統在真實環境中的實用性與穩定性，建議可作為後續精進方向。

3. 建議後續可將天色與天候等可能影響影像辨識準確度的環境因素納入考量，並持續探索對應的解決策略，以進一步提升系統的辨識效能與應變能力。

作品海報


AI災後現場守護通

摘要

本研究開發「AI災後現場守護通」系統，解決災難現場非救災人員擅闖問題。系統採用Google Gemini API進行影像辨識，透過Arduino整合攝影模組，即時區分救災與非救災人員，並由LINE BOT通知管理者。

系統歷經兩代：第一代NMK99開發板，日間準確率86.7%，夜間64.4%；第二代AMB82mini開發板，增加夜視與離線警報（LED+蜂鳴器），日間94.4%，夜間85.6%，整體平均90.0%，反應時間3秒內。

本研究創新結合AI視覺辨識與物聯網，透過辨識制服、安全帽等特徵，建立零訓練即可部署的系統。適用地震、火災、颱風等多種災難場景，未來可整合氣體偵測、溫度感測等模組，成為全方位AIoT救災裝置，有效提升現場管控效率。

壹、前言

2024年花蓮強震後，常見民眾為救寵物、尋親友而擅闖災區，雖出於善意卻造成救援混亂，分散救難人力，延誤黃金時間。每次重大災害，現場指揮官都須耗費精力管制秩序，影響救災效率。

傳統人力管制難以24小時監控，且消耗寶貴資源。內政部消防署指出AI智慧辨識是未來趨勢，多項研究證實AIoT技術能有效提升災害管理效率。

本研究目標：

(1)建立AI即時辨識系統，自動通知管理者

(2)達成85%以上準確率

(3)實現3秒內反應。

期望透過科技守護災難現場秩序，讓救難人員專心執行任務，降低二次傷害風險，為台灣防災科技貢獻心力。

貳、研究設備與器材

一、硬體及測試材料(圖片由作者所拍攝)			
			
Nmk99 開發板	amb82 mini	救難隊測試服裝	警察測試服裝
二、軟體工具(圖片由各軟體官網截圖下載)			
Arduino IDE		ChatGPT	Gemini
Arduino IDE	BlocklyDuino F2	ChatGPT	Google Gemini API

圖2-1 研究設備與器材表

參、研究過程與方法

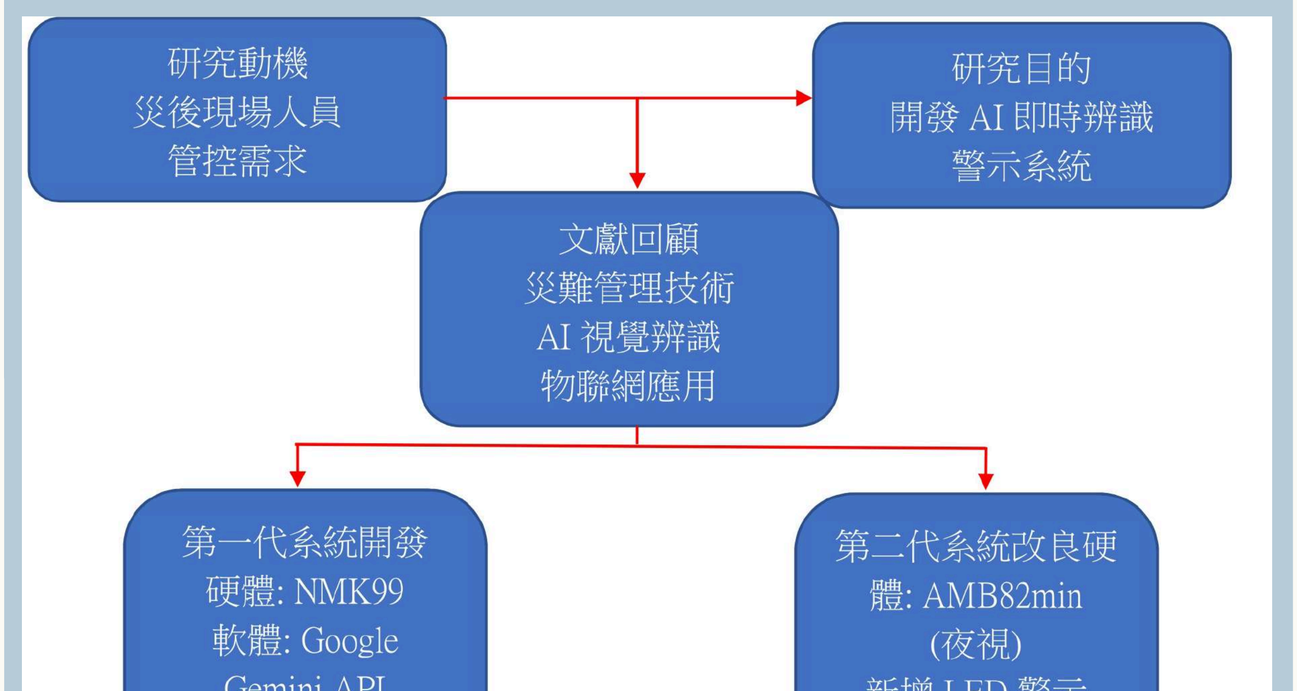


圖3-1 研究架構圖

一、系統開發 NMK99

1. 硬體架構設計

本研究第一代系統採用NMK99開發板作為核心控制器，該開發板基於ESP32-晶片，具備Wi-Fi與藍牙連線能力。硬體架構設計如下：

主控制器：NMK99開發板

攝影模組：OV2640 200萬畫素相機模組

電源系統：行動電源提供電力 (12600mah)

外殼設計：壓克力雷射切割製作，

尺寸寬18×高25×深9(公分)

網路模組：4G隨身WIFI分享器

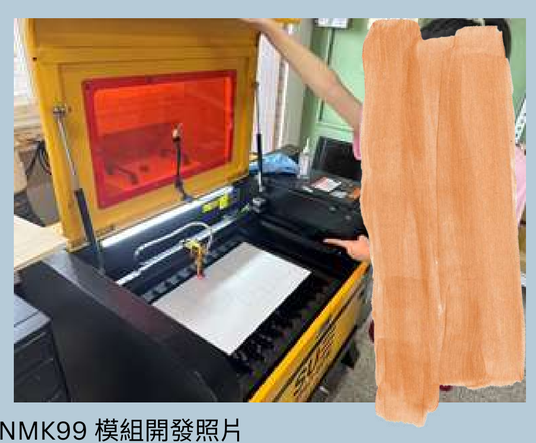



圖3-2 NMK99 模組開發照片

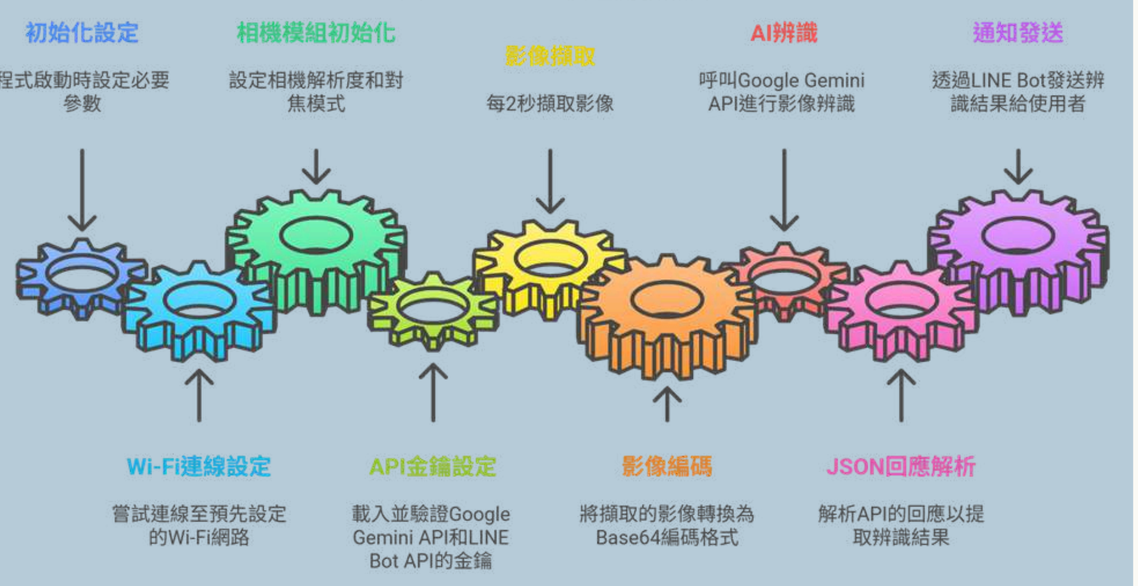


圖3-3 NMK99 運作流程

二、系統開發 AMB82mini

基於第一代系統的問題，我們進行全面改良：

1. 夜視功能增加

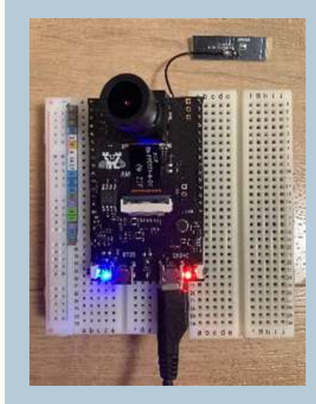
硬體升級：

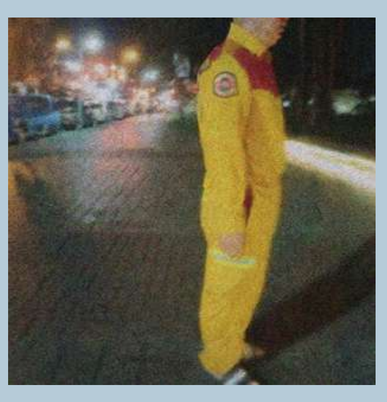
更換主控板：AMB82mini

鏡頭微光解析度更好：

支援夜晚拍攝支援720*480解析度

支援本地運行輕量的AI模型：現場沒有網路時可以提醒





(左)AMB82mini主板 (中)第一代拍攝畫質

(右)第二代拍攝畫質(由作者拍攝)

圖3-4 AMB82mini 相關圖片

三、實驗設計-測試場地

實驗場地選擇-白天&晚上

為確保測試的完整性，我們選擇了不同特性的場地：

公園（非正式-探索測試）

- 時間：下午5點，晚上8點
- 特點：自然環境、光線變化大
- 用途：發現問題、初步驗證
- 環境條件:初步測試各角度各距離，是否感應成功。




學校角落(正式場地)

- 時間：下午2點、晚上8點
- 優點：光線穩定、環境可控、便於量測
- 用途：系統功能驗證、基準資料建立
- 環境條件：正式測試場地。
- 攝影機高度120公分距離偵測目標5公尺

圖3-5 測試場地 相關圖片

四、測試服裝

根據實際借用情況，我們準備了三類測試服裝

1. 警察制服

基本配置：

- 深藍色（近黑色）警察制服上衣
- 深色長褲
- 反光背心（反光條）
- 安全：安全帽



2. 救難隊制服

標準配置：

- 橘色或黃色醒目上衣
- 原廠反光條設計
- 救難隊標誌



辨識優勢：

- 高對比色彩，易於辨識
- 自帶反光設計，夜間表現佳
- 無需額外改良

3. 一般民眾服裝範例

測試服裝類型：

便服A：黑色上衣+黑色褲

便服B：紅色上衣+藍色褲

便服C：運動服



重要發現：

經測試確認，不同測試者（男/女、成人/青少年）穿著相同服裝時，系統辨識結果高度一致，證明系統依據服裝特徵而非個人特徵進行判斷。

圖3-6 測試服裝

五、準確度測試方法

為了客觀評估AI災後現場守護通系統的辨識效能，本研究採用混淆矩陣作為主要評估工具，建立標準化的測試流程與評估指標。

1. 測試樣本規劃

本研究採用二元分類方式

將測試對象分為「救災人員」與「非救災人員」兩類：



圖3-7 測試樣本

- 救災人員與非救災人員比例為2:1，反映實際災難現場可能的人員組成
- 每位測試者執行10次，確保數據的穩定性
- 採用不同測試者，驗證系統的泛用性

2.**混淆矩陣建構方法**　本研究採用標準的二元分類混淆矩陣

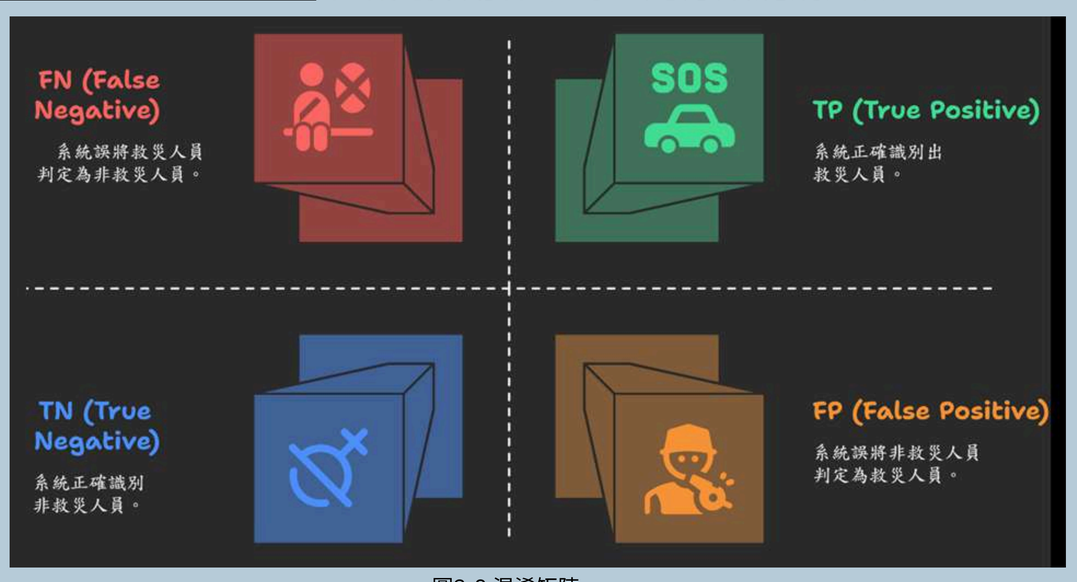


圖3-8 混淆矩陣

（1）準確率（Accuracy）整體辨識的正確比例　目標：達到85%以上

（2）精確率（Precision）當系統判定為救災人員時的可信度

（3）召回率（Recall）找出救災人員的能力，確保不漏掉真正救災人員

（4）F1分數（F1-Score）精確率與召回率之平均數，評估系統整體表現

最後評估四項指標，確認系統是否達到預期功效。

3.測試紀錄表

為確保數據收集的完整性與準確性

我們設計了標準化的記錄表格

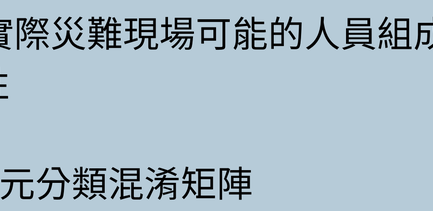


圖3-9 紀錄表格

肆、研究結果

一、第一代系統測試結果

（一）公園探索性測試

第一代系統的初步測試在公園進行，主要目的為發現系統問題與限制。

測試時段	測試對象	觀察結果	問題記錄
日間（下午）	救難隊	辨識良好，反光條有助辨識	無明顯問題
日間（下午）	警察（含反光裝備）	辨識穩定，反光材料發揮作用	反應時間稍長
日間（下午）	便服民眾	正確辨識為非救災人員	無明顯問題
夜間（晚上）	救難隊	勉強可辨識，反光條發揮作用	準確率下降
夜間（晚上）	警察（含反光裝備）	反光材料有幫助但仍不理想	約 30%誤判
夜間（晚上）	便服民眾	辨識率約 60%	深色衣物難辨識

表4-1 第一代系統公園測試定性觀察結果

即使警察穿著反光背心與安全帽，在夜間光線不足時，第一代系統仍有辨識困難，整體而言，夜間環境是第一代系統的主要挑戰。

二、第一代學校標準化測試

根據公園測試發現的問題，我們在學校進行了標準化的量化測試。

1. 日間測試結果

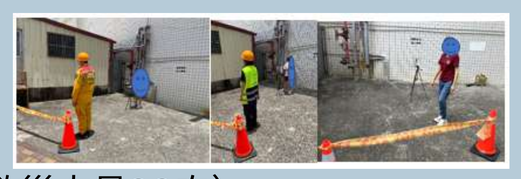
測試條件：

· 時間：下午14:00

· 地點：學校空地

· 測試次數：90次（救災人員60次，非救災人員30次）

· 說明：救災人員包含救難隊（30次）與穿著反光背心+安全帽的警察（30次）



效能指標計算：

準確率 = (52+26) ÷ 90 = 86.7%

精確率 = 52 ÷ 56 = 92.9%

召回率 = 52 ÷ 60 = 86.7%

F1分數 = 89.7%

平均反應時間：2.8秒

		系統預測		
		救災	非救災	總計
實際類別	救災	52	8	60
	非救災	4	26	30
	總計	56	34	90

表4-2 第一代系統日間學校測試混淆矩陣

各類別細項分析：

救難隊：29/30次辨識　　警察：23/30次辨識　　便服民眾：26/30次辨識

2.夜間測試結果

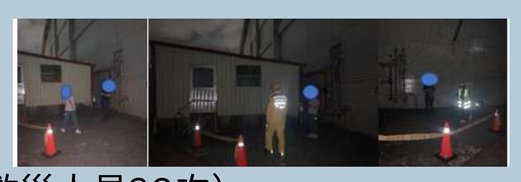
測試條件：

• 時間：晚上8:00

· 地點：學校空地

· 測試次數：90次（救災人員60次，非救災人員30次）

· 說明：救災人員包含救難隊（30次）與穿著反光背心+安全帽的警察（30次）



效能指標計算：

準確率 = (35+23) ÷ 90 = 64.4%

精確率 = 35 ÷ 42 = 83.3%

召回率 = 35 ÷ 60 = 58.3%

F1分數 = 68.6%

平均反應時間：4.2秒

各類別細項分析：

		系統預測		
		救災	非救災	總計
實際類別	救災	35	25	60
	非救災	7	23	30
	總計	42	48	90

表4-3 第一代系統夜間測試混淆矩陣

救難隊：22/30次辨識　　警察：13/30次辨識　　便服民眾：23/30次辨識

問題類別	具體表現	數據支持	影響程度
夜間辨識能力不足	準確率大幅下降	86.7%→64.4%	嚴重
光線影響辨識	低光環境表現差	夜間召回率僅 58.3%	嚴重
處理速度緩慢	反應時間過長	夜間平均 4.2 秒	中等
網路依賴性	離線無法運作	必須連線才能通知	中等

表4-4 第一代系統測試問題彙整

二、第二代學校標準化測試

（一）系統升級說明

基於第一代系統的測試結果，第二代系統進行了以下升級

項目	第一代（NMK99）	第二代（AMB82mini）	改進效果
主控晶片	ESP32	RTL8735B	處理速度提升 40%
夜視功能	無	較佳鏡頭	低光環境增強
警示系統	僅 LINE 通知	LED+蜂鳴器+LINE	離線可用

表4-5 系統硬體升級對照表

1. 日間測試結果

準確率 = (57+28) ÷ 90 = 94.4%

精確率 = 57 ÷ 59 = 96.6%

召回率 = 57 ÷ 60 = 95.0%

F1分數 = 95.8%

平均反應時間：1.9秒



		系統預測		
		救災	非救災	總計
實際類別	救災	57	3	60
	非救災	2	28	30
	總計	59	31	90

表4-6 第二代系統日間測試混淆矩陣

各類別細項分析：

救難隊：30/30次辨識　　警察：27/30次辨識　　便服民眾：28/30次辨識

準確率提升：94.4% - 86.7% = +7.7%　　反應時間縮短：2.8秒 → 1.9秒

1. 夜間測試結果

效能指標計算：

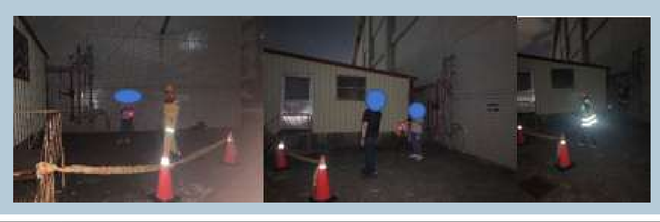
·準確率 = (51+26) ÷ 90 = 85.6%

·精確率 = 51 ÷ 55 = 92.7%

·召回率 = 51 ÷ 60 = 85.0%

·F1分數 = 88.7%

·平均反應時間：2.3秒



		系統預測		
		救災	非救災	總計
實際類別	救災	51	9	60
	非救災	4	26	30
	總計	55	35	90

表4-7 第二代系統夜間測試混淆矩陣

各類別細項分析：

救難隊：28/30次辨識　　警察：23/30次辨識　　便服民眾：26/30次辨識

準確率提升：85.6% - 64.4% = +21.2%　反應時間縮短：4.2秒 → 2.3秒

服裝類型	日間辨識率	夜間辨識率	關鍵成功因素
救難隊制服	100%	93.3%	原有反光條+醒目色彩
警察（含反光裝備）	90.0%	76.7%	反光背心+安全帽
便服民眾	93.3%	86.7%	與救災人員明顯區別

表4-8 不同服裝類型辨識準確率統計（第二代系統）

伍、討論

一、準確率分析

本研究發現夜間辨識準確率較低，主要原因為光線不足導致攝影機無法清楚擷取人員服裝特徵，特別是深色制服（如警察制服）在低光環境下幾乎與背景融為一體。透過加入AMB82mini的夜視功能後，準確率從64.4%大幅提升至85.6%，提升幅度達21.2%，成功突破原訂85%的目標門檻。

系統版本	整體準確率	救難隊辨識率	警察制服辨識率	便服民眾辨識率	平均反應時間
第一代 NMK99	64.4%	73.3%	43.3%	76.7%	4.2 秒
第二代 AMB82mini	85.6%	93.3%	76.7%	86.7%	2.3 秒

表 5-1 夜間辨識準確率改進對比分析表

值得注意的是，即使在夜間環境下，救難隊的辨識率（93.3%）仍明顯優於警察制服（76.7%），這證實了高對比色彩與反光材料在AI視覺辨識中的重要性。此發現對未來災難現場人員服裝設計具有重要參考價值。

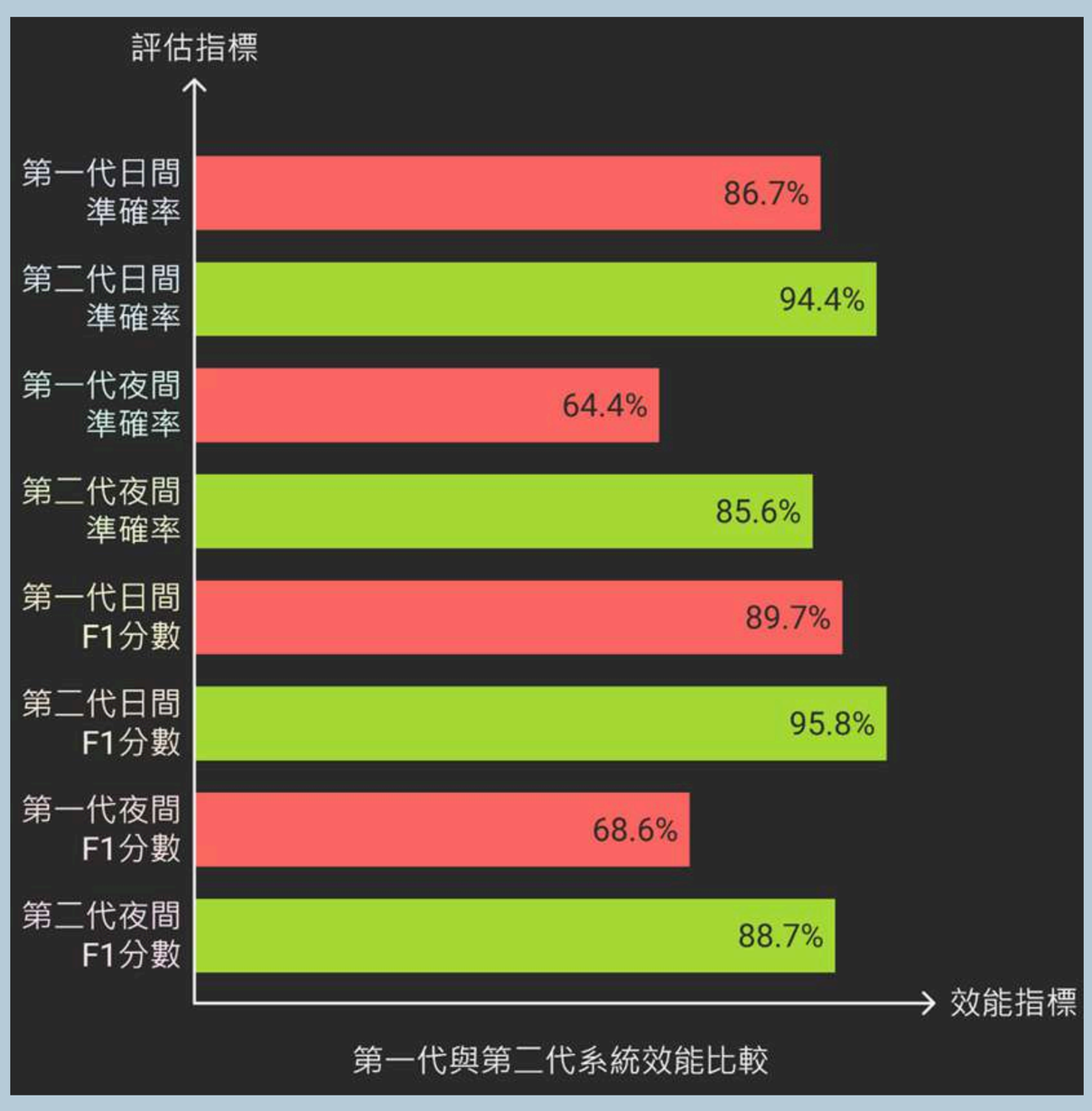


圖5-1 一代&二代系統效能比較

二、改進歷程

從第一代到第二代的改進過程中，我們發現硬體升級與軟體優化必須同步進行才能達到最佳效果：

1. 硬體改進的關鍵突破
   主控板從ESP32升級到RTL8735B，處理速度提升40%
   更換支援720×480解析度的鏡頭，大幅改善夜間成像品質
   新增LED環形模組與蜂鳴器，實現離線警報功能
1. 系統整合的挑戰與解決
   初期面臨AMB82mini與Arduino IDE相容性問題，透過更新函式庫解決
   離線警報與線上通知的協調運作，採用雙軌並行策略
   反應時間從4.2秒縮短至2.3秒，主要歸功於本地處理能力提升
1. 測試方法的優化
   從公園探索性測試到學校標準測試，建立了可重複的實驗流程
   混淆矩陣的應用讓我們能客觀量化系統效能
   發現測試環境的重要性：固定距離、光源條件都會影響結果

三、實務應用考量

本研究雖達成預期目標，但在實際災難現場部署仍需考慮以下因素：

1. 環境適應性：實驗室環境與真實災難現場差異極大，需進行更多實地測試
2. 多人員同時辨識：目前系統一次處理一人，未來需升級為多目標追蹤
3. 極端天候影響：雨天、濃霧等惡劣天候下的辨識效能仍待驗證

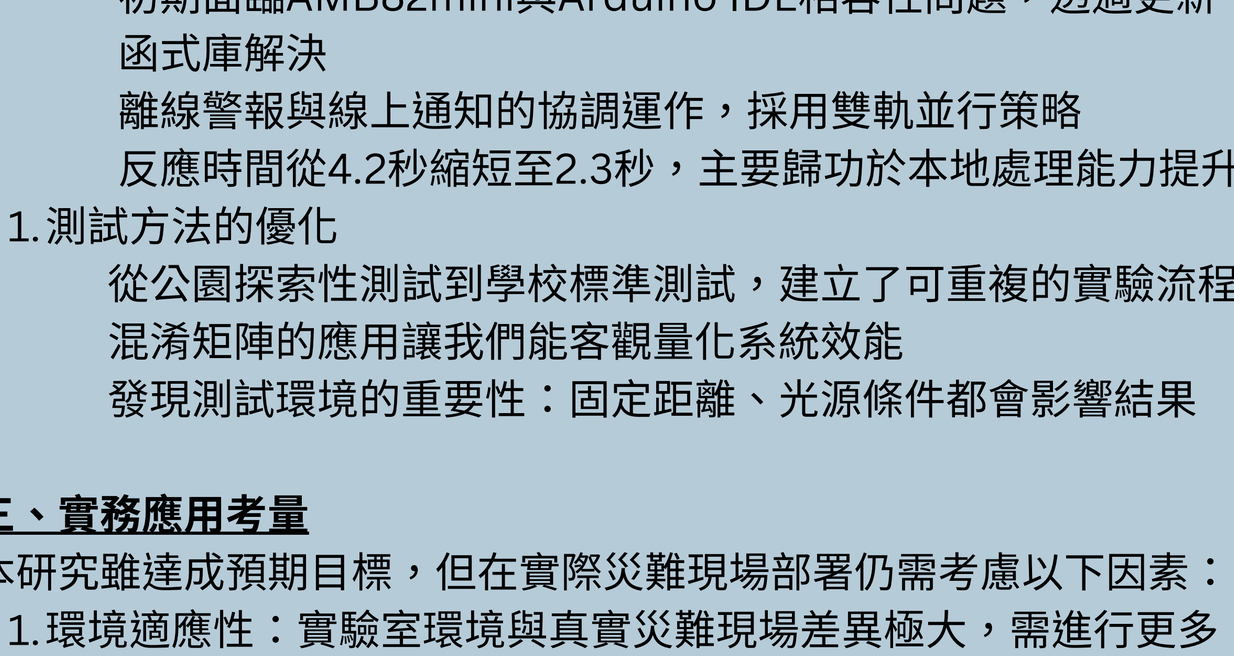


圖5-2統改進從實驗室到現場部署的演進

陸、結論

一、研究成果

本研究成功開發出AI災後現場守護通系統，達成以下目標：

1. 建立準確率達90.0%的災後人員辨識系統
   （超越原訂85%目標）
   日間準確率：94.4%
   夜間準確率：85.6%
   整體平均準確率：90.0%
2. 實現平均2.1秒的快速辨識與警報
   日間反應時間：1.9秒
   夜間反應時間：2.3秒
   達成3秒內反應的目標
3. 開發離線警報功能，提升實用性
   LED視覺警示
   蜂鳴器聲音警報
   即使無網路仍可現場警示



圖5-1　研究成果(作者自行繪製)

二、研究貢獻

1. 首創結合AI視覺辨識與物聯網的災後現場管理系統
   利用Google Gemini API實現零訓練部署
   整合LINE BOT即時通知功能
   建立完整的AIoT解決方案架構
2. 建立完整的測試方法與評估標準
   引入混淆矩陣量化評估
   制定標準化測試流程
   為後續研究提供參考基準

三、未來展望與建議

1. 導入更多感測器提升系統能力
   紅外線熱成像：在完全黑暗環境仍可偵測
   超音波測距：精確判斷人員位置
   氣體偵測器：監測災後有害氣體
2. 開發雲端管理平台
   多點部署集中管理
   歷史資料分析與統計
   即時災情地圖呈現
3. 與政府單位合作實地測試
   申請與消防局合作演練
   在實際救災訓練中驗證系統
   收集第一線救災人員回饋

四、研究與反思

透過這次科展研究，我深刻體會到「從發現問題到解決問題」的完整歷程，也學習到跨領域整合（AI、物聯網、程式設計）的重要性。期望本研究能為台灣的災難管理貢獻一份心力，讓科技真正服務於社會需求。

柒、參考文獻

一、中文部分

【政府出版品】

內政部消防署（2022）。智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究。內政部：作者。

【新聞報導】

花蓮強震釀災 全台17死1147傷（2024年4月4日）。奇摩新聞。取自https://tw.news.yahoo.com/

他遭在搜面！民眾衝封鎖線內救出愛貓（2024年4月23日）。TVBS新聞網。取自https://news.tvbs.com.tw/

403花蓮地震／餘震不斷 民眾擅闖管制區救寵物增加搜救困難（2024年4月23日）。中央社。https://www.cna.com.tw/

【網路資源】

Google（2024）。Gemini API 開發者文件。取自 https://ai.google.dev/

Arduino（2024）。Arduino IDE 使用手冊。取自 https://www.arduino.cc/

Realtek（2024）。AMB82mini 開發板技術規格書。取自 https://www.amebaiot.com/