

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

(鄉土)教材獎

032803

「蟲」來不「蚊」 -校園 AI 防蚊管制系統

學校名稱：臺南市立復興國民中學

作者： 國一 王苡蕎 國一 黃品維 國一 潘享妤	指導老師： 黃吉楠 黃怡綸
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：AI、ESP32、防蚊

摘要

本研究建構一套「校園安全 AI 防蚊管制系統」，內容包括：(一)防蚊物資監測模組，利用電子天平結合市售的自動噴霧機裝置，可讓人員獲知且適時補充。(二)開發智能捕蚊燈，利用蚊蟲對光的趨性來誘捕病媒蚊，經實測後發現，可見光中以紫燈且閃爍時間一直亮的捕蚊效果最佳，最佳補蚊高度為離地 180 cm，並依功能發展出光感測與自動定時的複合式捕蚊燈。最後執行遠端操控並上傳盒底捕蚊的即時影像，並結合 AI 蚊蟲辨識找到病媒蚊。(三)積水容器辨識的模組，以無線智慧網結合 AI 影像辨識，協助判斷校園中可能的積水容器，並藉由 LINE 通知。(四)開發專屬的 APP，整合操作界面，方便使用。我們期待能由校園做起，建立這套防蚊監測網，一起維護師生的安全。

壹、前言

一、研究動機

每年夏季登革熱的疫情總受到重視，而台南更在 2015 年遭遇大規模本土疫情，重創了全市的醫療和觀光。登革熱(Dengue fever)是一種由登革病毒所引起的急性傳染病，這種病毒會經由蚊子傳播給人類。全球登革熱的好發地區，主要集中在熱帶、亞熱帶等有埃及斑蚊和白線斑蚊分布的國家，隨著全球化的發展，各國之間相互流通及往返也趨於頻繁，登革熱也開始向各國蔓延，成為嚴重的公共衛生問題。我們想透過科技的方式，有效清除積水容器，幫助大家降低病媒蚊的滋生率，並有效整合資訊，讓防蚊工作更加便利有效率。

二、研究目的

- (一) 建構「校園 AI 防蚊管制系統」。
- (二) 設置「防蚊物資監測模組」。
- (三) 設計並開發「智能捕蚊燈」。
- (四) 設置「積水容器 AI 辨識模組」。
- (五) 建構專屬的「智能環境偵測 APP」。

三、文獻探討

(一)第 59 屆中小學科學展覽會-「運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究

他們利用 3D 列印設計捕蚊燈外型，透過 ESP8266 模組使捕蚊燈成為物聯網的節點，除了可以控制多臺捕蚊燈燈光顏色誘捕病媒蚊外。在裝置多臺捕蚊燈後，可以同時利用光敏電阻統計區域病媒蚊的分佈，以利降低疫情發生機率。但此作品**缺乏一個 APP 整合介面，來進行監控與查詢。**

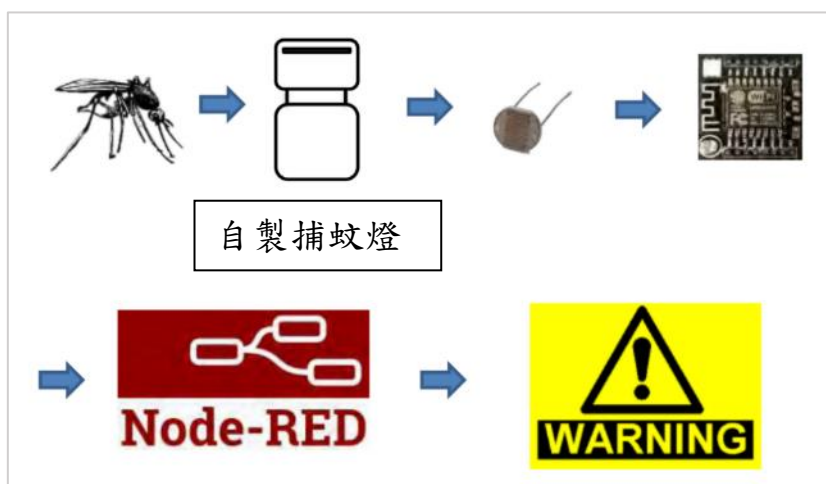


圖 1-1 截圖自 59 屆科展作品-系統運作示意圖

(二) 第 49 屆中小學科學展覽會-蚊所未聞

他們利用白腹叢蚊（*Armigeres subalbtus*）於圓柱壓克力管的測試中，將測試物置於 IV 區，計算 30 分鐘後 I 區中白腹叢蚊的分布百分比為吸引率，IV 區中白腹叢蚊 的分布百分比為逃避率，並以空管實驗的 35% 為基準點進行實驗，結果可發現 對白腹叢蚊具吸引效果的 測試項目，依序排列為：乾冰 > 橙光 > 中光度（500 lux） > 高光度（1300 lux）。但此**作品在光的吸引上，僅單純以橙光、紫光進行測量，且亮度的種類僅有兩種，並無說明其它色燈的實驗。**



圖 1-2 截圖自 49 屆科展作品-實驗設計圖(左) 與紫外光實驗圖(右)

(三)臺南市政府登革熱防治中心（2019，8月）專題報告-社區登革熱防疫新力軍 誘殺桶

預防登革熱流行的主要方法之一是降低傳播媒介昆蟲-埃及斑蚊與白線斑蚊的族群量，而誘卵桶的設計，於定點放置一段時間，等防疫單位回收誘卵桶之後，再透過人工的方式進行蟲卵的孵化，待幼蟲孵化或成蚊羽化後才能確定所採集的蚊種。研究人員再利用桶內監測指數和地理資訊系統的配合，得知各地區的登革熱疫情。當誘卵桶陽性率 40%（含）以上或卵粒數 250 粒（含）以上時，區公所一週內進行**動員清除孳生源**。若連續二週陽性率大於 60% 且總卵粒數超過 500 粒以上時，則每里插立宣導孳清旗至少 3 支，以警示民眾多加注意並社區動員加強戶內外孳生源清除。若孳清後，第二週陽性率 60%以上且總卵粒數 500 粒以上，則需要採取化學防治之手段。

由此文獻，我們發現如何**有效率的進行尋查積水容器，澈底清除孳生源，也是預防登革熱一項重要工作。**

_id	縣市	區別	監測週期	陽性率	總卵粒數
1	臺南市	中西區	110年第38週	44.17%	3792
2	臺南市	仁德區	110年第38週	46.88%	2877
3	臺南市	北區	110年第38週	47.73%	5642
4	臺南市	永康區	110年第38週	44.57%	7839
5	臺南市	安平區	110年第38週	52.56%	2399
6	臺南市	安南區	110年第38週	56.21%	10027
7	臺南市	東區	110年第38週	44.07%	5670
8	臺南市	南區	110年第38週	45.05%	5776
9	臺南市	新營區	110年第38週	36.11%	1258
10	臺南市	歸仁區	110年第38週	35.71%	1381

圖 1-3 台南市 110 年第 38 週誘殺桶監測統計圖

貳、研究設備及器材

一、使用的設備及軟體

- (一)實驗器材：ESP32、ESP32-cam 開發板、光源感測器、5V 繼電器、WS2812 全彩圓形燈條、自動感應噴霧機、HX711 壓力感測模組、荷重元(Load Cell)、5V USB 風扇、太陽能充電板(5V，250 mA)等。
- (二)實驗工具：麵包版、鉗槍、鉗錫、跳線等。
- (三)應用程式：PHP、MySQL、Arduino IDE、Notepad++、Uniform Server、BlocklyDuino3

二、設備及軟體說明

(一) ESP32 開發板介紹

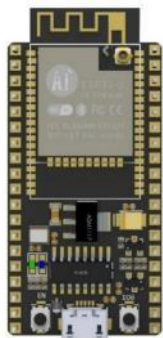


圖 2-1 ESP32 開發板圖

ESP32 是一系列低成本，低功耗的單晶片雙核心微處理器控制器，整合了 Wi-Fi 和雙模藍牙，非常適合連接開發 IOT(物聯網)程式，並可直接用 Arduino IDE 開發，支援程式庫豐富且便宜，一個不到 200 元。

(二) Uniform Server

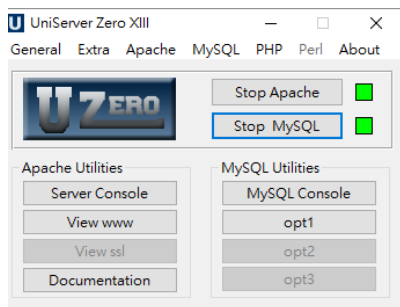


圖 2-2 Uniform Server 控制程式

The Uniform Server 是一套可以在 Windows 系統中運作的快速架站程式，內建 Apache 網頁伺服器與 PHP 程式語言、MySQL 資料庫。

The Uniform Server 是可以直接解壓縮後直接執行，並快速建立專業級的網頁伺服器環境。

(三) ESP32-cam 開發板介紹



圖 2-3 ESP32-cam 開發板

ESP32-cam 開發板特點

1. 雙核 32 位元 CPU，RAM：內置 520 KB +外部 4MPSRAM，並支援 WIFI 與藍牙連線模式，板載 OV2640(兩百萬像素)鏡頭，並載有閃光燈與支援 TF 卡。
2. 可廣泛用於各種物聯網應用。它適用於家庭智能設備，無線監控，QR 無線識別，無線定位系統信號和其他物聯網應用。

(四) ESP32-HX711 電子秤模組

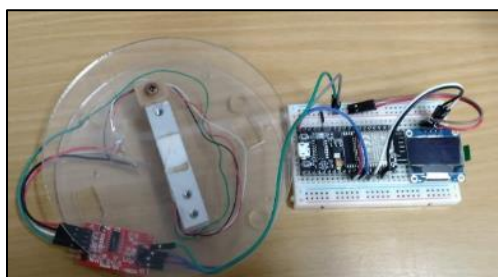


圖 2-4 ESP32-HX711 電子秤模組圖

ESP32 電子秤需要幾個主要的零件：
HX711 重量感測模組、荷重元(Load Cell)，以及顯示重量的 OLED。結合物聯網的特性，可以將測量結果上傳到雲端。

(五) WS2812 全彩圓形 LED 燈條



圖 2-5 WS2812 全彩圓形燈條

- 一、供電電源：5V
- 二、控制方式：內置控制元件，只需一個 IO 口即可控制。
- 三、Adafruit's NeoPixel 的函式庫即可操作。

(六) Sensor Board 繼電器



圖 2-6 Sensor Board

繼電器的內部構造有一個電磁鐵，在沒有訊號時，「常閉」與「公用介面」是通路，「常開」和「公用介面」是斷路。

- 一、工作電壓有 5V
- 二、模組介面：
 - 1、DC+：接電源正極
 - 2、DC-：接電源負極
 - 3、IN：訊號線(接數位腳位)
- 三、電器輸出端：
 - 1、NO:繼電器常開介面，
 - 2、COM:繼電器公用介面
 - 3、NC:繼電器常閉介面。

參、研究過程與方法

一、研究流程與系統運作

本作品建構能即時**監測防蚊物資**、**智能捕蚊燈**以及**積水容器辨識**的『**校園 AI 防蚊管制系統**』。其中設計免接觸的防蚊液監測，結合雲端技術，有效管理補充。另外自製智能捕蚊燈，透過 ESP32 模組連接物聯網，可以同時控制多台捕蚊燈，調整全彩 LED 色燈進行誘捕病媒蚊，再以風扇吸入，以完成捕蚊作業。並搭配以 ESP32-cam 所建立的即時影像監測系統，能進行校園積水容器的辨識，以利清除蚊蟲孳生場所。設計免接觸的防蚊液噴瓶，結合雲端技術，可以多人使用有效管理。最後開發專屬的 APP，讓整個校園防蚊工作更加落實！藉以避免病媒蚊傳染登革熱，有效維護校園安全。



圖 3-1 研究流程圖

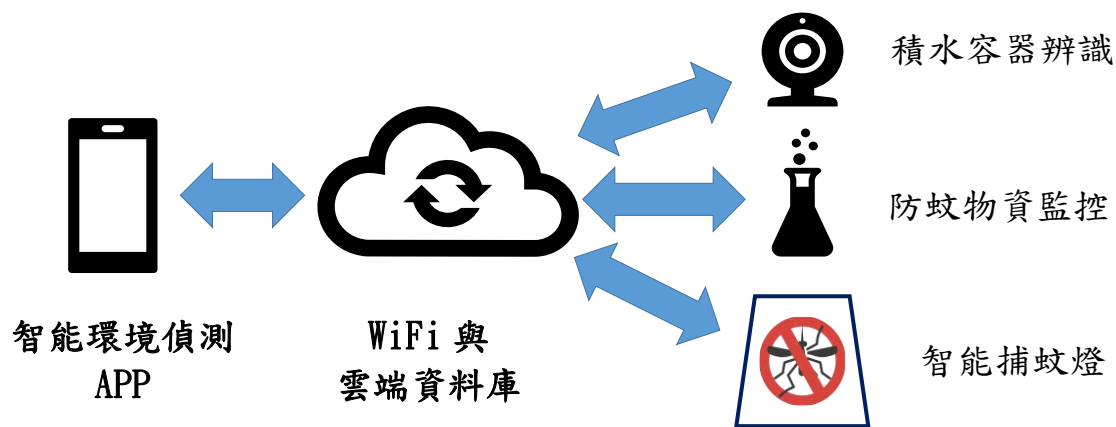


圖 3-2 系統運作圖

二、LED 燈色波長測量

滅蚊行動是長期的工作，採用環保的方式雖然效果比較慢顯現，但長期下來對環境的影響是比較正向的。經查詢相關資料後，為了減少不必要的耗材(如使用二氧化碳氣體或其他氣體味道)與安全性，我們希望單純利用蚊子對光的趨性，來誘捕病媒蚊。

我們以 ESP32 控制 WS2812 全彩圓形 LED 燈條，來產生不同的色光。為了能確認光的波長，我們借用了光譜儀進行測量，並且一併測量了紫外線燈，結果如下：

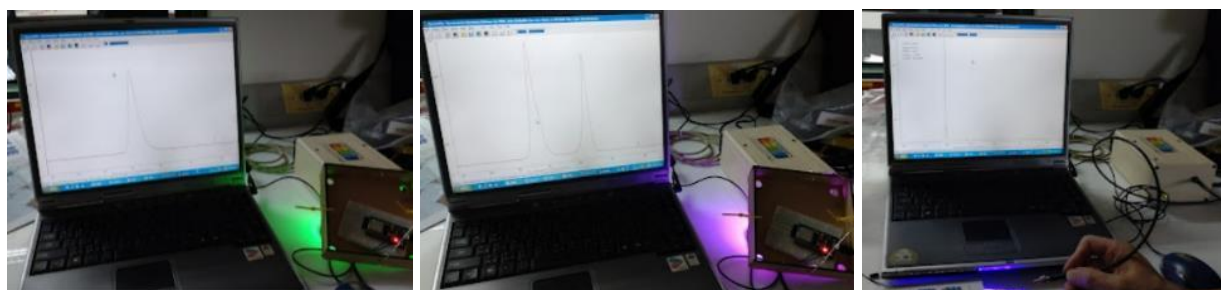


圖 3-3 光譜儀實測圖(左為綠光、中為紫光、右為紫外線燈)

表 3-1

光的種類	紅光	藍光	綠光	紫光	紫外線
波長(nm)	632	464	520	464 632	395

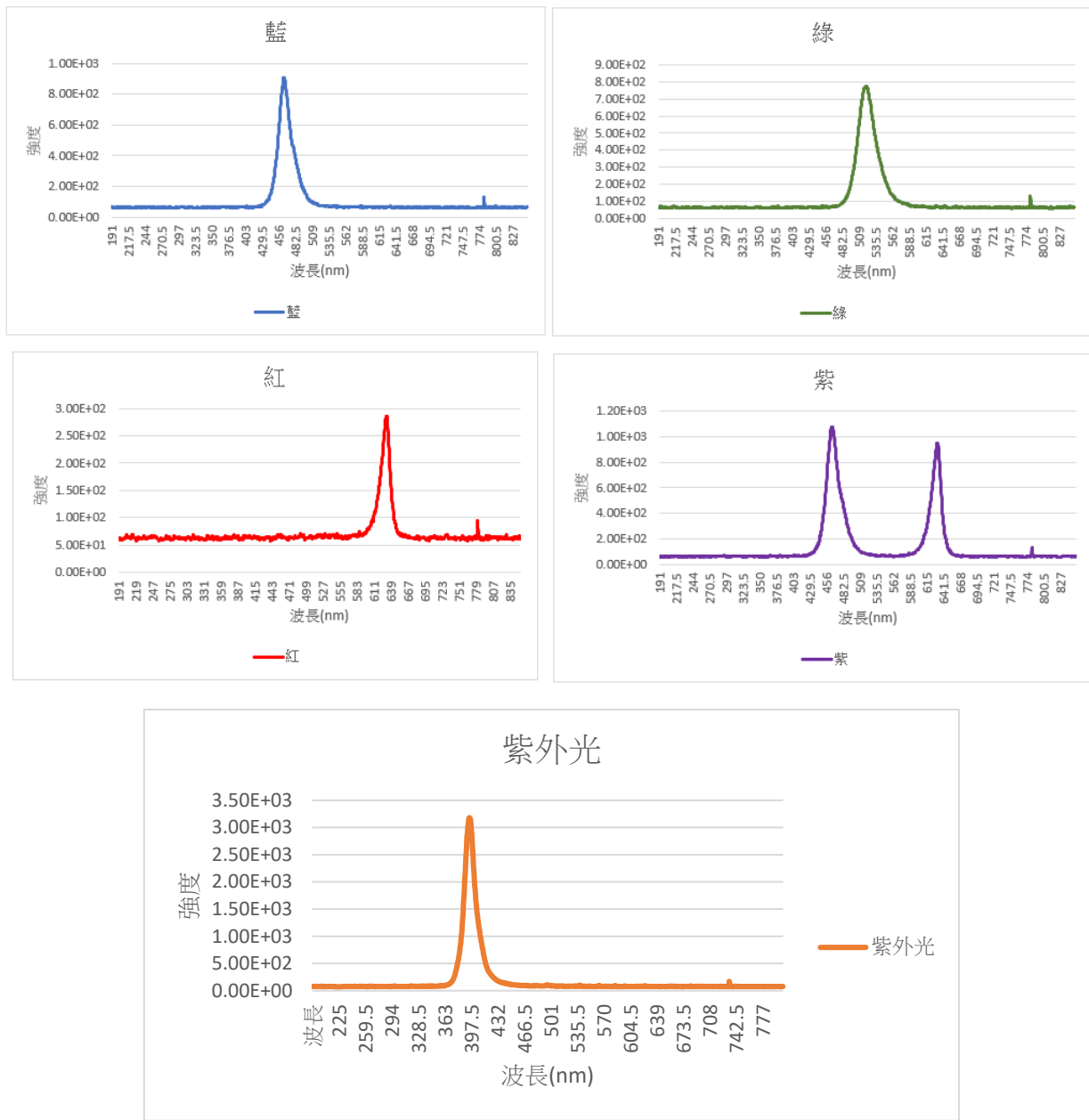


圖 3-4 各 LED 色燈與紫外光光譜儀實測波長結果

肆、研究結果

一、防蚊物資監測與實作

我們的校園發放共用防蚊液噴瓶，但是防疫期間，應該**避免共用物品，以免造成防疫破口**。為了確保校園安全，我們將防蚊液裝入噴灑器，再利用自製的電子天平來偵測防蚊液剩餘量。

(一)實驗目的：即時偵測防蚊液剩餘量，智能環境偵測網即可透過 APP 通知人員進行補充。

(二)實驗步驟：我們利用物聯網，每隔 5 分鐘量偵測防蚊液剩餘量一次(如圖 4-1-2)，並上傳至雲端管制系統(如圖 4-1-3)，當防蚊液即將用盡時，透過 Wifi 傳送到智能環境偵測網，再經由 APP 結合 Line 通知人員適時添加所缺防蚊物資。

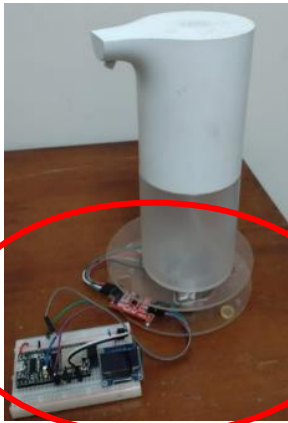


圖 4-1-1 防蚊物資監測實物圖

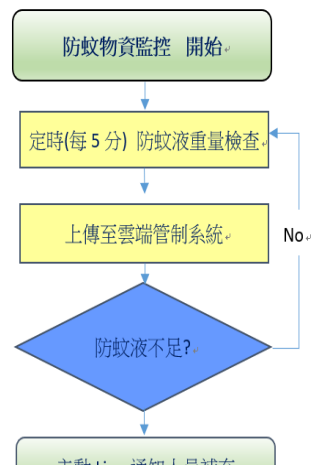


圖 4-1-2 程式流程圖

設備名稱	偵測器編號	庫存狀況	備註	通知時間
防蚊噴霧器4號	4	ok	355	2021-12-09 11:36:26
防蚊噴霧器3號	3	error	55	2021-12-09 11:42:02
防蚊噴霧器2號	2	error	65	2021-12-09 11:37:57
防蚊噴霧器1號	1	error	174	2021-12-16 00:27:22

共 4 筆

Created by 2022campus All Rights Reserved.

圖 4-1-3 防蚊物資監測資料結構圖

(三)實驗結果：經實測後，系統皆能依要求運行，但有時以 LINE 通知時，會有些許的延遲時間，但影響不大。

二、找出最有利的捕蚊裝置與條件

【實驗 2-1】自製簡易版捕蚊燈

為了尋找最佳的捕蚊條件，我們利用 ESP32 與 WS2812 全彩圓形 LED 燈條，設計簡易的捕蚊燈，在實作中，經過不斷的改良與修正，發展的過程如下所示。

第一代的捕蚊燈	第二代的捕蚊燈	第三代捕蚊燈
		
下方材質為塑膠袋，中間部份為沙網，但是實作結果 效果不佳 。推測是孔洞太少，空氣無法適時地流出袋子外，讓電風扇的功能降低。	網袋上方改用束帶固定於風扇盒，下方的材質為網狀袋，為了能有效收取蚊子，下方增加開口。但操作時開口太小 缺乏便利性 。	網袋上方以彈性束帶固定於風扇盒，在網袋下方增加拉鍊開口，方便收取蚊子，也增加捕蚊燈收納的便利性。

【實驗 2-2】LED 燈顏色與放置高度對誘捕蚊子的影響

(一)實驗目的：自製簡易版捕蚊燈(如圖 4-2-1)，利用程式控制燈的顏色進行實測，搭配自製儀器進行溫度、溼度的測量(如圖 4-2-2)，找出最佳的誘捕的色燈與放置高度。

(二)實驗步驟：

- 我們將實際裝置圖(如圖 4-2-3)，放置時間為每天的下午 18:00 至隔天的 08:00，將所捕獲的蚊子收集並妥善保存(如圖 4-2-4 和圖 4-2-5)。

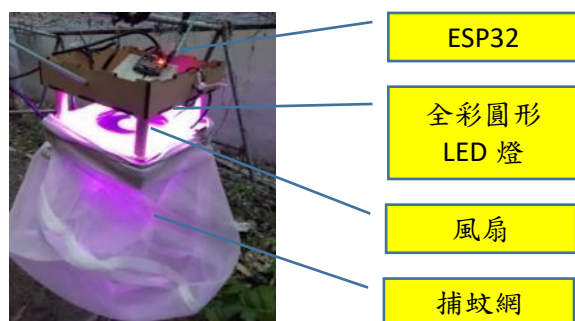


圖 4-2-1 自製簡易版的捕蚊燈

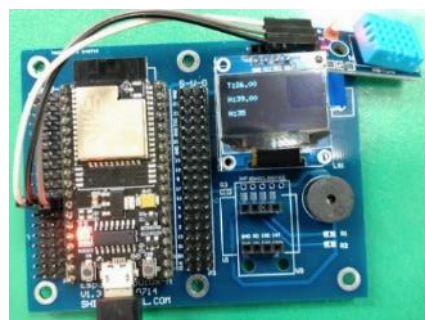


圖 4-2-2 自製溫度、溼度感測器

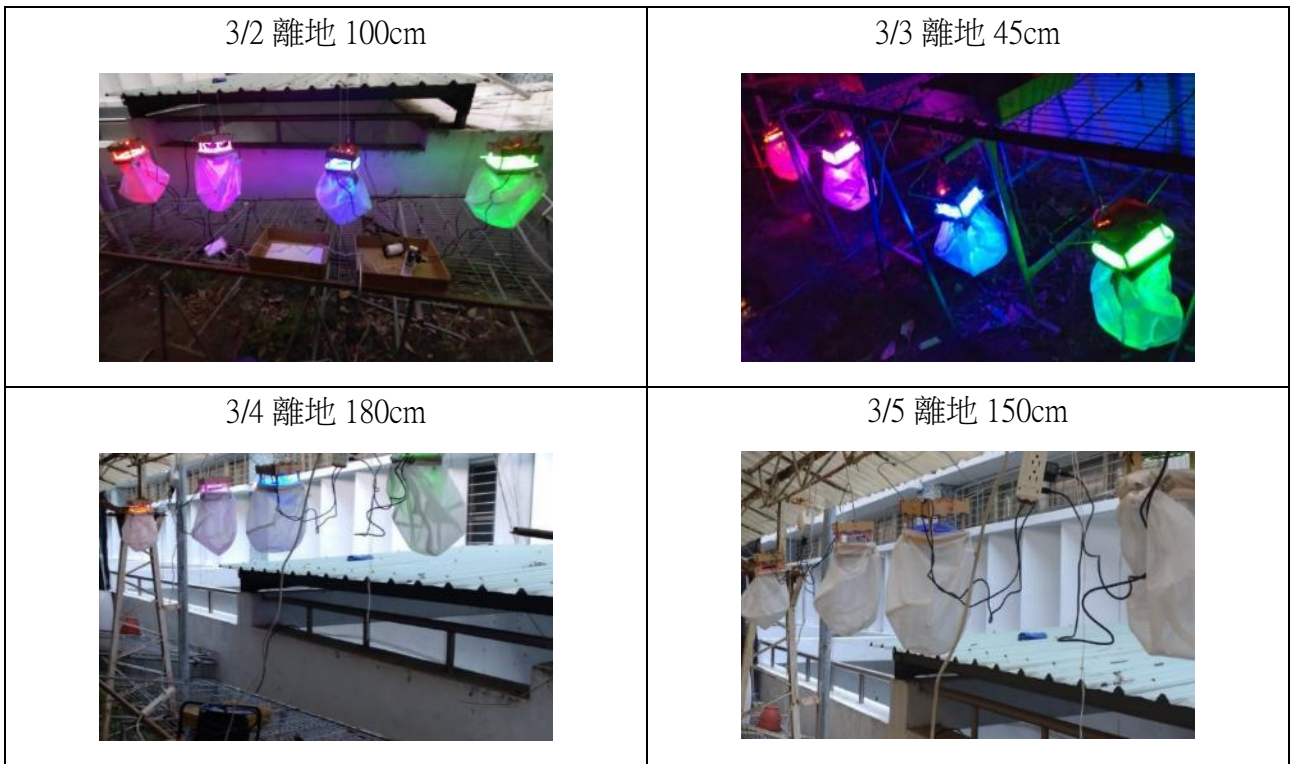


圖 4-2-3 實際裝設圖



圖 4-2-4 實際操作裝設捕蚊燈



圖 4-2-5 捕獲昆蟲取樣圖

2. 針對捕獲的蚊蟲數量進行統計，並利用 USB 顯微鏡進行蚊蟲種類分析(如圖 4-2-6)，將捕獲到的蚊子數量整理結果如表 4-2-1 所示。



圖 4-2-6 捕獲的昆蟲利用 USB 顯微鏡進行分類，左為蚤蠅，右為蚊子。

表 4-2-1 各色燈與離地高度捕獲蚊子數量的實驗結果

編號					1	2	3	4	
離地高度 (cm)	日期	溫度 (°C)	溼度 (%)	燈的顏色	紅燈	綠燈	藍燈	紫燈	數目合計
45	3月3日	24	40	蚊	0	3	2	3	8
				蠅	2	2	12	18	34
100	3月2日	24	38	蚊	0	1	5	6	12
				蠅	3	22	44	51	120
150	3月5日	23	37	蚊	0	3	4	5	12
				蠅	3	10	27	40	80
180	3月4日	24	42	蚊	1	2	7	8	18
				蠅	8	42	39	43	132
蚊-總計					1	9	18	22	50
蠅-總計					16	76	122	152	366

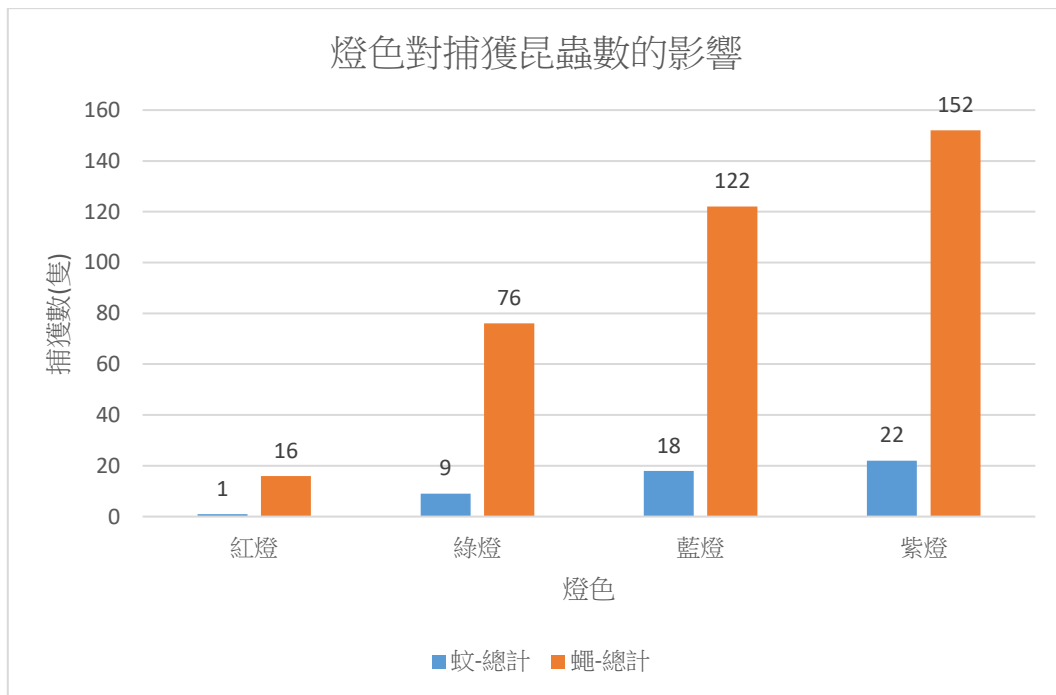


圖 4-2-7 不同燈色所捕獲昆蟲數目統計圖

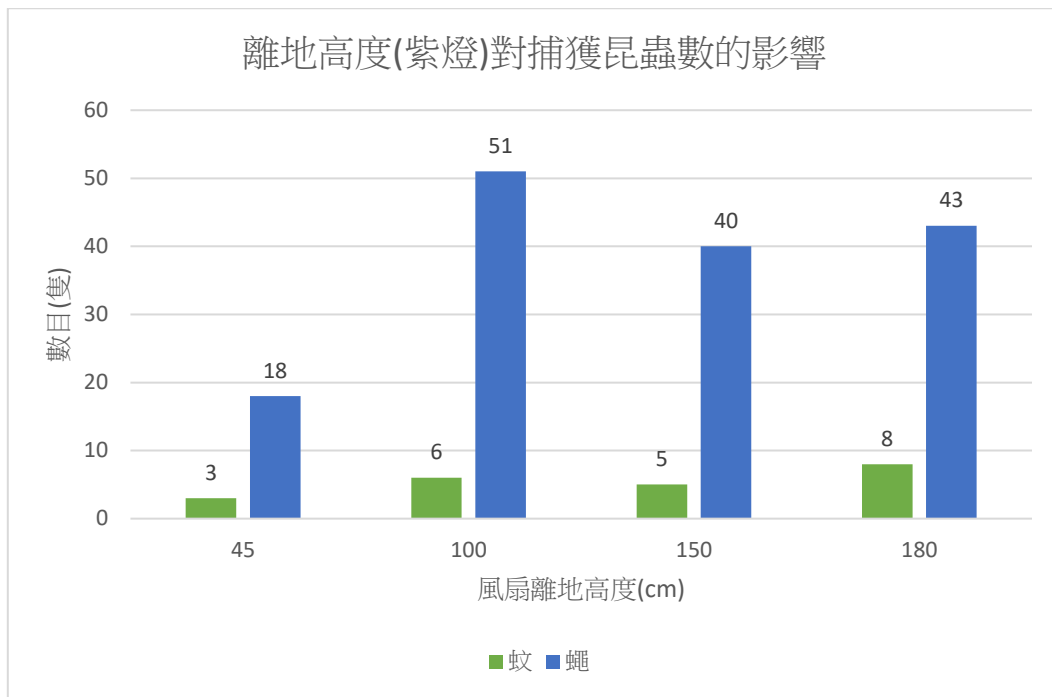


圖 4-2-8 高度對捕獲昆蟲數目統計圖

(三) 實驗結果：

1. 我們發現在不同的高度情況下，都以紫燈的捕獲效果最佳。
2. 而在紫燈下，考量的主要目的是在捕獲蚊子，故捕蚊燈放置的最佳高度為離地 180 cm。

【實驗 2-3】LED 燈閃爍時間對誘捕蚊子的影響

(一)實驗目的：改變燈亮的閃爍時間，以了解對誘捕蚊子的影響。

(二)實驗步驟：

1. 裝置如圖 4-2-9，LED 燈採用效果最好的紫燈。
2. 捕蚊燈放置高度為離地 180 cm。
3. 利用程式控制亮的時間為 20 ms，間隔時間依序為無間隔(即一直亮)、10 ms、20 ms、30 ms



圖 4-2-9 實測現場圖

(三)實驗結果：

1. 我們連續進行了 4 天，整理結果如表 4-2-2 所列，統計圖如圖 4-2-10，以捕蚊效果而言，發現紫色燈一直亮的效果最好，間隔 30 ms 效果最差
2. 捕獲總數而言，3/7 最差，推估原因為天氣變冷。

表 4-2-2 LED 閃爍時間對誘捕蚊子的實驗結果

編號				1	2	3	4
日期	溫度	溼度	間隔時間	一直亮	10 ms	20 ms	30 ms
	°C	%					
3/6(日)	23	40	蚊	5	2	3	0
			蠅	45	49	52	9
3/7(一)	18	49	蚊	1	0	0	0
			蠅	12	7	12	2
3/8(二)	20	38	蚊	1	0	0	1
			蠅	22	3	8	15
3/9(三)	22	37	蚊	2	0	0	0
			蠅	60	56	71	27
3/10(四)	22	36	蚊	4	2	0	0
			蠅	120	140	98	27
蚊-總計				13	4	3	1
蠅-總計				259	255	241	80

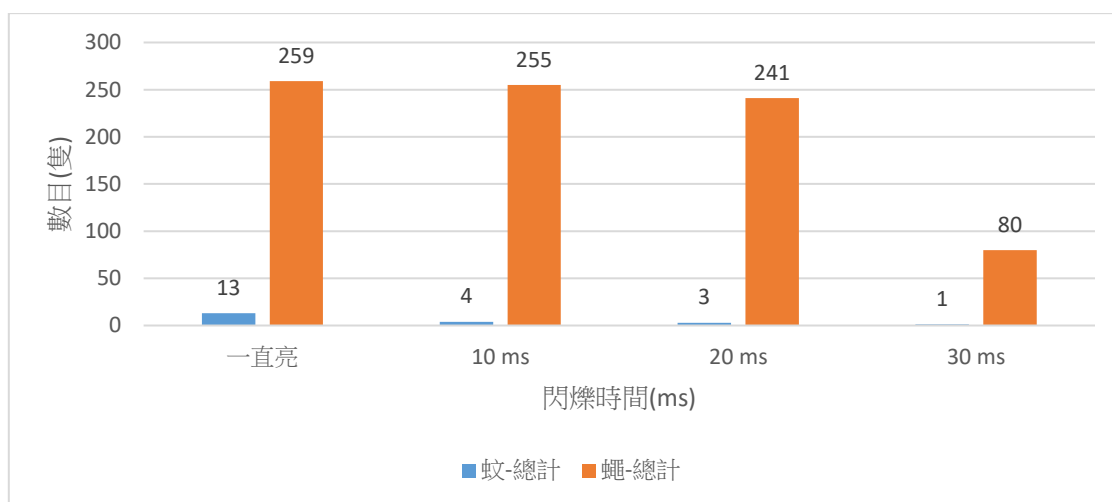


圖 4-2-10 閃爍時間實驗結果統計圖

【實驗 2-4】與市售捕蚊燈實測比較

- (一) 實驗目的：將市售捕蚊燈和自製簡易捕蚊燈，驗證捕蚊效果。
- (二) 實驗步驟：放在同一地點進行捕獲比較，裝置如圖 4-2-11，共進行 3 天。
- (三) 實驗結果：所捕獲的實際昆蟲如圖 4-2-12 所示，整理捕獲蚊子數量如表 4-2-3 呈現，結果可看出自製簡易捕蚊燈效果優於市售捕蚊燈效果。

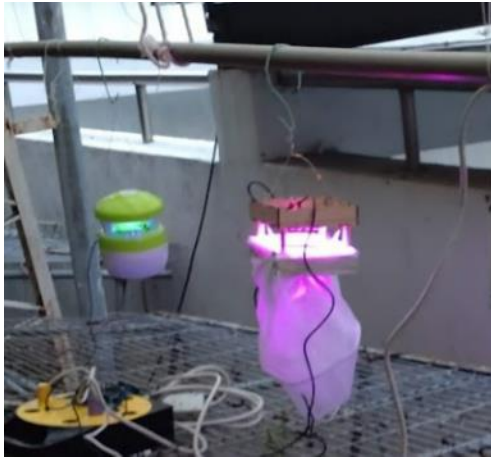


圖 4-2-11 左為市售捕蚊燈，右為自製簡易捕蚊燈

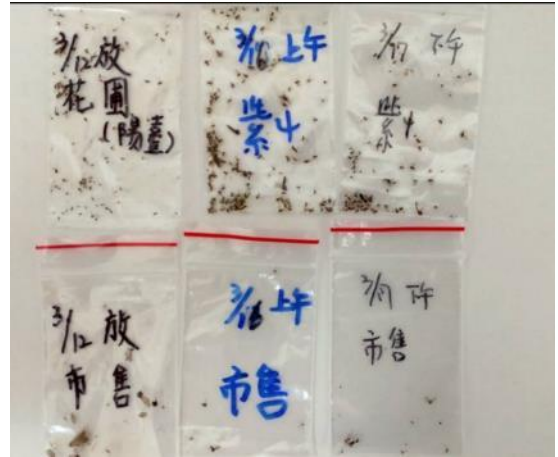


圖 4-2-12 所捕獲的實際昆蟲圖

表 4-2-3 自製捕蚊燈與市售捕蚊燈捕獲蚊子數量比較結果

日期	自製捕蚊燈(隻)	市售捕蚊燈(隻)
3/12	4	1
3/16	3	2
3/17	2	2
總計	9	4

【實驗 2-5】紫光燈與紫外線燈對誘捕蚊子的影響

(一) 實驗目的：將自製 LED 紫光捕蚊燈，與紫外線捕蚊燈，進行捕蚊效果的比較。

(二) 實驗步驟：放在同一地點進行捕獲比較，裝置如圖 4-2-13，共進行 3 天。

白天實測的時間為 08:00~18:00，晚上實測時間為 18:00~8:00。

(三) 實驗結果：

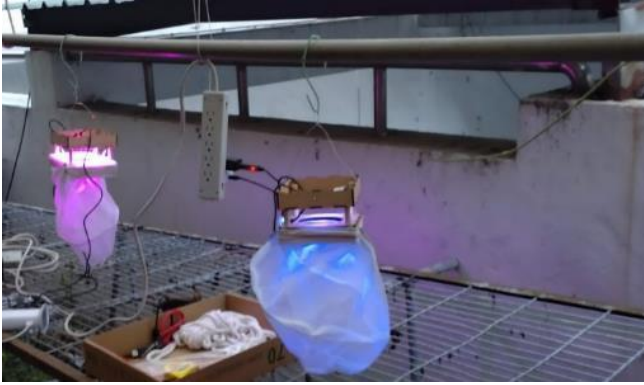


圖 4-2-13 紫燈(左)與紫外線燈(右)實測圖



圖 4-2-14 捕獲結果

表 4-2-4 捕獲結果數量統計表

日期	溫度 (°C)	溼度 (%)	燈的顏色	紫燈	紫外線燈	數目合計
3/14-晚上	25	45	蚊	3	5	8
			蠅	156	354	510
3/15-白天	22	46	蚊	2	2	4
			蠅	21	12	33
3/15-晚上	25	45	蚊	3	4	7
			蠅	156	454	610
3/16-白天	23	37	蚊	2	2	4
			蠅	12	12	24
3/16-晚上	25	46	蚊	3	5	8
			蠅	93	122	215
3/17-白天	24	42	蚊	1	2	3
			蠅	62	33	95
白天		蚊-總計	5	6	19	
白天		蠅-總計	95	57	662	
晚上		蚊-總計	9	14	23	
晚上		蠅-總計	405	930	1335	

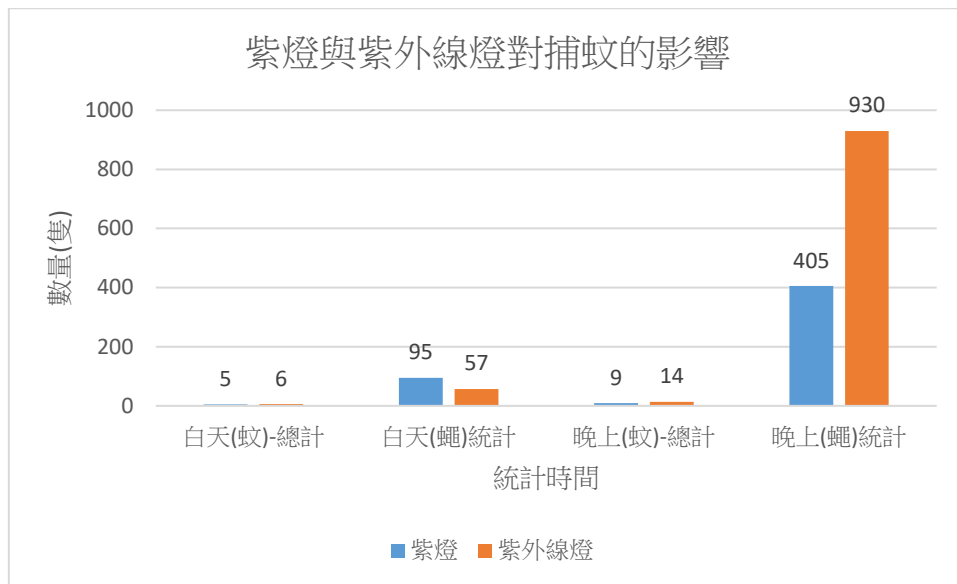


圖 4-2-15 紫燈與紫外線燈的捕獲結果

1. 紫外線燈在晚上的捕獲的蚊子數目比紫燈好，但是白天卻差異不大。
2. 若捕蚊燈放在教室，以安全性考量，可進行不同燈號定時操控，白天可以使用紫燈，夜晚時可以改用紫外線燈來誘捕蚊子。

三、智能捕蚊燈設計與實作

【實驗 3-1】雲端資料表的規劃與執行結果

(一)實驗目的：利用物聯網蒐集資訊，將智能捕蚊燈執行結果整合於雲端中。

(二)實驗步驟：在校園 AI 防蚊管制系統中，建置「智能捕蚊燈」，並設置雲端資料表，如圖 4-3-1，執行結果如圖 4-3-2。

#	名稱	型態	編碼與排序	屬性	空值	預設值	備註
1	lamp_id	int(10)		UNSIGNED	否	無	序
2	sensor_id	varchar(10)	utf8_general_ci		否	無	捕蚊燈編號
3	lamp_link	varchar(50)	utf8_general_ci		否	無	連結網址
4	camera_link	varchar(50)	utf8_general_ci		否	無	即時影像網址
5	image	varchar(50)	utf8_general_ci		否	無	備註
6	ps	varchar(50)	utf8_general_ci		否	無	備註
7	noticetime	datetime			是	NULL	通知時間
8	mkdatetime	datetime			是	NULL	登錄時間

圖 4-3-1 智能捕蚊燈雲端資料表



圖 4-3-2 智能捕蚊燈執行結果

【實驗 3-2】智能捕蚊燈製作說明

(一)實驗目的：設計一款捕蚊燈，利用蚊子對紫光的趨性，來誘捕病媒蚊，這種較環保的方式，除了結合遠端操控的便利性，更能節省能源與人力的進行長期滅蚊工作。

(二)實驗步驟：使用 ESP32 接收 WiFi 訊號，可控制圓形 LED 燈與風扇，使其開與關，實品裝置如圖 4-3-3。

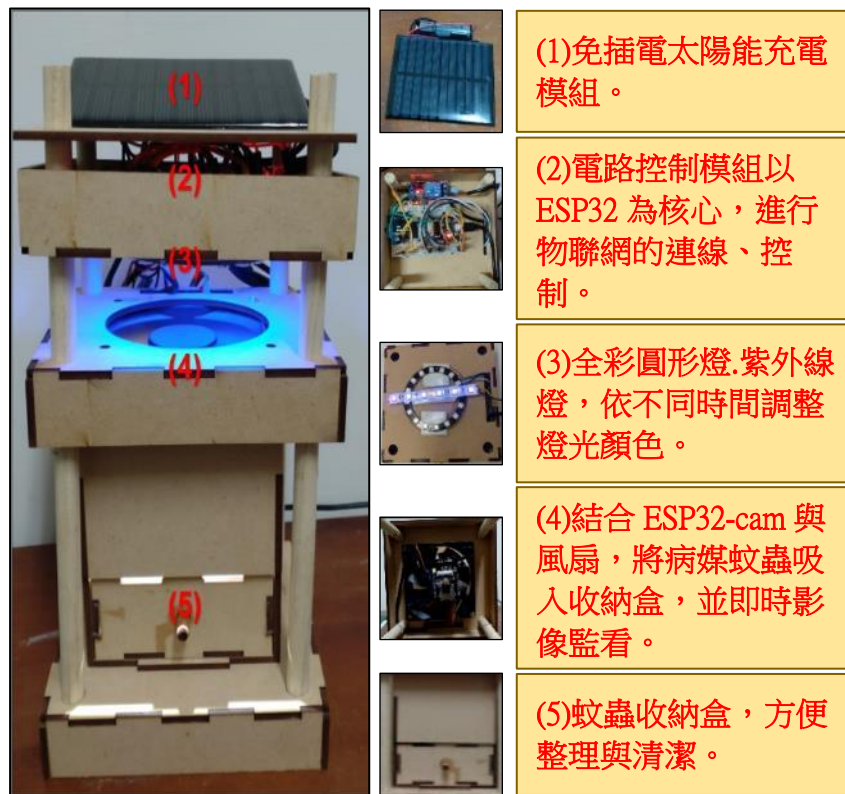


圖 4-3-3 智能捕蚊燈細部構造說明

1. 捕蚊燈硬體架構：利用 RDWorks 軟體繪製出設計圖如圖 4-3-4，再使用 SUII-6090 雷射機裁切出捕蚊燈的基本硬體架構。

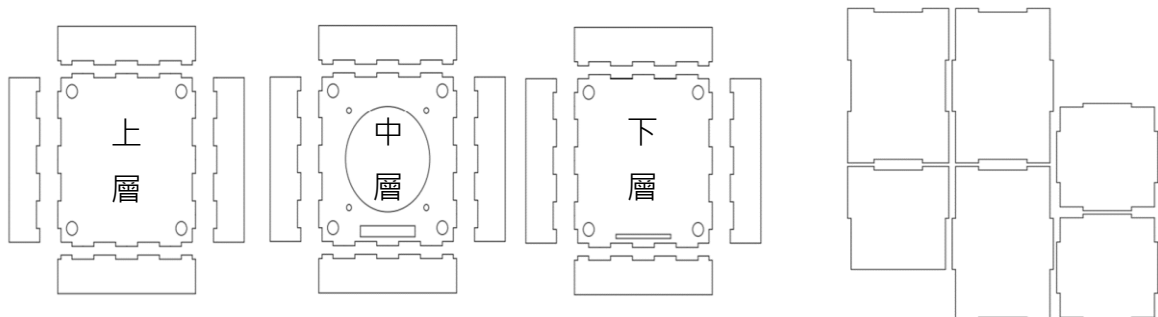


圖 4-3-4 捕蚊燈雷射設計圖，左為本體，右為內盒

2. 智能捕蚊燈內部構造說明

(1) 太陽能充電模組

為提供更多電力來源的選擇，也方便在無插座的室外，能具有提供電力的來源，我們在捕蚊燈的頂部，增加了綠能發電的裝置-太陽能板，搭配 18650 充電鋰電池，白天可利用太陽能幫電池充電，於晚上做為供給捕蚊燈之電力所需，除了能有效解決在無插座的環境下，捕蚊燈仍能繼續運作，也為地球的永續經營，多盡一份心力。

(2) 電路控制模組說明

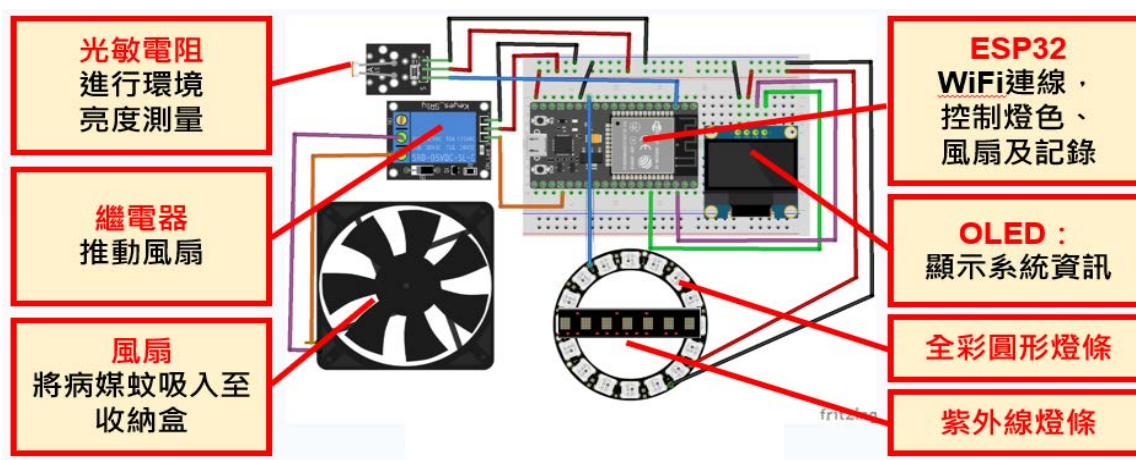


圖 4-3-5 電路控制模組說明圖

我們利用 WiFi 與 ESP32 開發板連線，假設 ESP32 所分配到的 ip 為 192.168.4.1，而 abc 即為設計的控制代碼。則當連線網址為 <http://192.168.94.1/?abc>，配合控制代碼與 ESP32 的程式設計，則可以完成所需模組的控制。

控制代碼	功能
<code>start_all=4;100</code>	全開
<code>stop_all=4;0</code>	全關
<code>led=4;1</code>	風扇開
<code>led=4;0</code>	風扇關
<code>ws2812=3;36</code>	開藍色燈，亮度36
<code>ws2812=7</code>	關閉燈

圖 4-3-6 電路控制模組說明圖

(3) 複合式燈源

查詢許多相關資料皆顯示，紫外線燈的捕蚊效果優於紫燈，因此市售捕蚊燈多為紫外線為燈源，但實際實驗後發現紫燈和紫外線燈，在白天誘捕蚊蟲的情況差異不大，因此為了減少捕蚊燈中紫外線對人體的傷害，我們設計了**複合式光源**捕蚊燈，進行全日性的捕蚊策略，在**白天或是有人時以紫燈誘捕蚊蟲**，而**晚上或是無人時，改用紫外線燈誘捕**。最後結合光敏電阻，控制燈光的明滅，達到自動化的使用方式，我們的捕蚊燈可採兩種模式並行。

① **自行設定時間**：自行設定燈源亮滅的時間，以學校為例，學生在校 7~18 點時使用紫燈(如圖 4-3-7)，放學後 18 點開啟紫外線燈。(如圖 4-3-8)

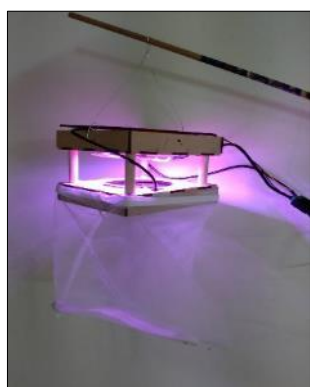


圖 4-3-7 白天使用紫燈



圖 4-3-8 晚上使用紫外線燈

② **環境自動控制**：利用光敏電阻偵測環境亮度，當環境較亮時啟動紫燈(如圖 4-3-9)，當環境亮度低於我們設定的值時，將啟動紫外線燈(如圖 4-3-10)。



圖 4-3-9 環境亮度較亮時使用紫燈



圖 4-3-10 用手遮住光敏電阻，模擬當環境亮度較暗時，系統將啟動紫外線燈

(4)整合即時盒底影像監測

利用 ESP32-cam 所開發的即時影像模組，拍攝收納盒內的影像，並將照片上傳到雲端，除了可立即了解捕蚊情況，方便及時清理，亦能方便日後進行蚊蟲辨識。

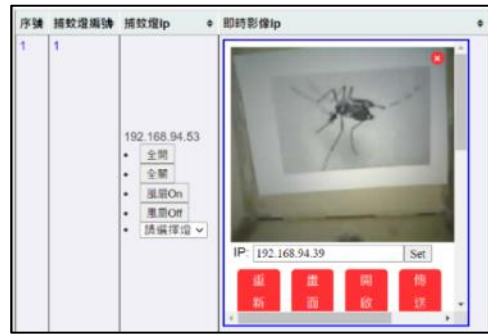


圖 4-3-11 盒底影像監測系統運作說明

(三)實驗結果：結合無線網路，可以立即完成遠端操作，除了自動控制燈源種類，亦能即時顯示盒底影像，系統運作大致良好。

四、積水容器 AI 辨識模組實作。

(一)實驗目的：利用人工智慧，進行各類積水容器的 AI 辨識，並將結果影像或是視訊提醒其積水容器之物件位置，節省人力資源。

(二)實驗步驟：以 ESP32-cam 所建立即時影像串流，再使用 COCO-SSD 預練的模型來執行即時偵測，並將資料回傳到系統。發現是積水容器標籤（‘vase’，‘bottle’，‘cup’，‘wine glass’，‘bowl’）時，透過 Line 通知人員適時處理。

1. 程式流程與記錄表的規劃

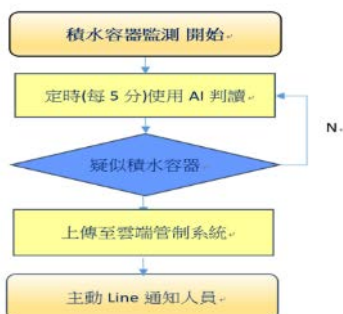


圖 4-4-1 程式流程圖

#	名稱	型態	編碼與排序	屬性	空值	預設值	備註
1	picture_id	int(10)		UNSIGNED	否	無	序
2	sensor_id	varchar(10)	utf8_general_ci		否	無	偵測器編號
3	picture_file	varchar(50)	utf8_general_ci		否	無	檔案名稱
4	ps	varchar(50)	utf8_general_ci		否	無	備註
5	noticetime	datetime			是	NULL	通知時間
6	mkdatetime	datetime			是	NULL	登錄時間

圖 4-4-2 積水容器 AI 辨識模組雲端資料表

2. 程式運作成果



圖 4-4-3 容器偵測操作界面



圖 4-4-4 左為一般偵測，右為特定偵測



3. 裝置再改良

經過實作，我們發現僅由單一的方向進行偵測，效能十分有限，所以我們進行改良，將原來的便是模組裝上伺服馬達的雲台後，裝置如圖 4-4-5 所示，不管在左右轉動或是上下擺動的幅度，皆可加大 180 度，大大的提升辨識範圍，使得整體效能顯著提升，透過程式的運作可以進行遠端的操控(ServoH 為左右控制，ServoV 為上下控制)，調整監控角度與角度變換時間，運作執行結果如圖 4-4-6 所示。

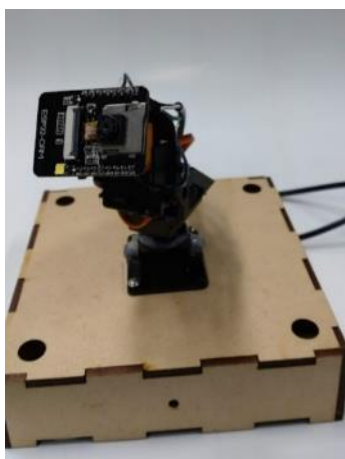


圖 4-4-5 積水容器 AI 辨識模組裝置圖(第二代)

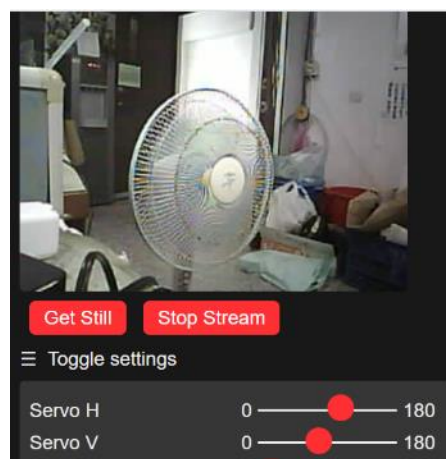
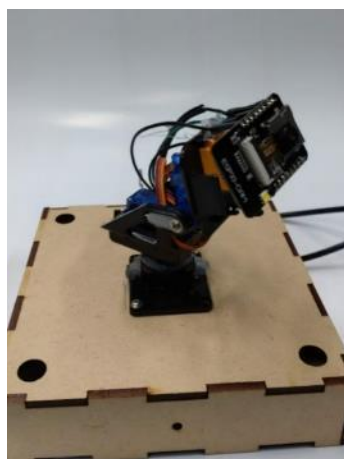


圖 4-4-6 實際運作圖

五、設計智能環境偵測 APP

(一)實驗目的：

開發專屬 APP，利用系統將結合 LINE Notify 服務，發送 Line 通知功能，即可通知管理人員遠端監測防蚊物資，控制智能捕蚊燈之風扇和 WS2812 全彩圓形燈條的開與關，並適時補充不足的防蚊液。

(二)實驗步驟：

利用程式設計，可依需求調整光線的亮度和顏色，並結合 ESP32-cam 和 COCO-SSD 的預練模組偵測積水容器，當標籤回傳達 10 次時，便透過 line 提醒人員進行處理，希望能維護師生健康及維持良好的學習環境。



圖 4-5-1 操作 APP 圖

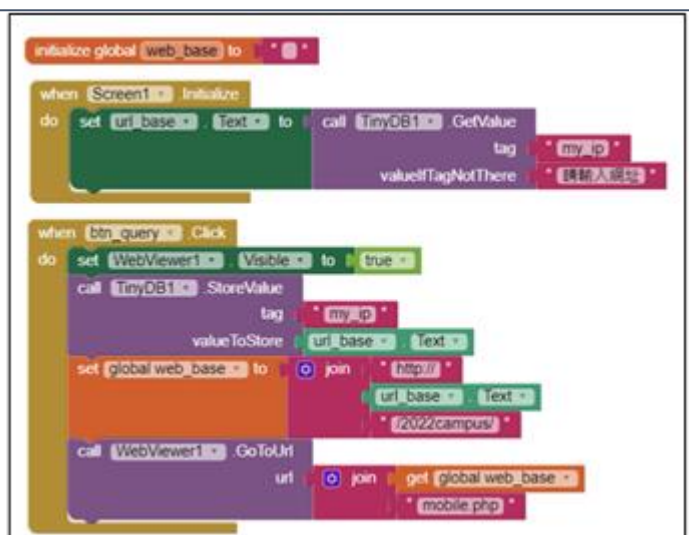


圖 4-5-2 AppInventor II 程式碼



圖 4-5-3 防蚊物質不足通知圖



圖 4-5-4 積水容器辨識通知圖

六、綜合演練

(一)校園實際捕蚊演練：

為了驗證裝置有效運作，我們依表 4-6-1 進行實作檢測，分別將捕蚊燈放置在本校各種場所及學生家中，放置時間皆為 18:00~隔天 08:00，並從當中發掘問題，以利系統的改進。

表 4-6-1 不同地點樓層所捕獲蚊子數量結果統計圖

地點	6F 理化實驗室	學校地下室	學校 1F 花園	教師辦公室 (2F)	學生 B 陽台	學生 C 家中車庫
日期	3/9	3/12	3/16	3/17	3/12	3/13
溫度(°C)	22	23	23	23	25	26
濕度(%)	47	40	42	47	44	47
捕獲蚊子數量(隻)	2	3	3	2	2	5
捕獲蠅數量(隻)	3	2	34	3	33	0

【研究結果】 研究結果如表 4-6-1 所列，就捕獲蚊子數量來看，各地點樓層都有效果。

伍、討論

一、成本分析

各模組成本分析如表 5-1、表 5-2、表 5-3，如此低成本並可遠端操控的設計，大大提升防蚊作戰的效能。

表 5-1 防蚊物資監測模組

名稱	單價
ESP32 模組	180
HX711+荷重元	230
壓克力雷切	100
小計	510

表 5-2 智能捕蚊燈

名稱	單價
電路控制模組	360
ESP32-CAM	240
WS2812 全彩圓形燈條	50
風扇	80
太陽能充電模組	300
雷切外盒	100
小計	1130

表 5-3 積水容器辨識模組

名稱	單價
SG-90 伺服馬達	36*2=72
ESP32-CAM	240
舵機雲台	21
雷切外盒	50
杜邦線	20
小計	403

二、在積水容器的辨識部份，因為人造容器差異很大，很難確實辨識，且受限於攝影鏡頭的位置，以後可以加強模型的訓練，以提升辨識效果，對於人員不易到達的廣闊區域，應可以結合無人機，增加可辨識範圍。

三、我們在【實驗 2-2】、【實驗 2-3】中發現，在進行誘捕蚊子中，同時也捕獲很多的蚤蠅，經查後，它們喜歡孳生在化糞池、污水池與腐爛有機質上。常將一些汙物，於病原體攜帶到飲食物上，污染食物、傳播霍亂、傷寒、痢疾、肝疾等消化系統傳染病，為消化系統傳染病最重要的病媒。故我們所設計的對於其防治，也有一定的效果。

陸、結論

- 一、本實驗開發 APP 並結合 Line 通訊，將偵測結果及存量狀態，能自動即時通知管理人員適時進行處理和防蚊物資的補給，以利維持衛生安全的學習環境。
- 二、本系統建置成本在不含筆電和手機時，僅約 1,700 元即可執行，成本低廉效果好。
- 三、本研究不僅能進行捕蚊，對一般害蟲如蚤蠅等，皆能有一定的誘捕效果，結合物聯網，更能進行遠端操控與實測。
- 四、目前本系統僅在校園中實施，未來可增加實際應用面，如擴增數量放置於全市，尤其評估為登革熱好發的危險區域，如：老舊市場、空屋……等，列為加強管控地點，並整合於系統中，必能使防蚊工作更智能、安全、便利、有效率。
- 五、本作品與 59 屆科展作品-「運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究」進行比較，如表 6-1 所列，在許多層面都有較具優勢的表現。

表 6-1 與歷屆科展作品的比較表

	運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究	本作品	
是否有進行 LED 色光的波長測量校對	無	有	勝
是否可提供即時影像及拍照上傳功能	無	可	勝
積水容器的辨識功能	無	有	勝
是否進行捕蚊燈放置高度實驗	無	有	勝
光源閃爍時間實驗	無	有	勝
是否提供防蚊物資監控	無	有	勝
提供不同功能捕蚊燈設計功能	無	本作品有提供簡易型與研究型捕蚊燈	勝
是否提供相關 APP 進行操作	無	有	勝

柒、市賽後的進化

為了確認誘捕到的蚊蟲是否為病媒蚊，能立即對環境進行清潔消毒，藉以降低登革熱對我們的影響，因此我們增加了「AI 蚊蟲辨識」的實作。

(一)實驗目的：利用機器學習，取代原本的 USB 顯微鏡辨識方式，藉以提升蚊蟲辨識的準確率及便利性。

(二)實驗步驟：

1. 查詢病媒蚊資料：我們從衛生福利部疾病管制署的網站上，可大致將登革熱病媒蚊種類分為三個部分，依序為：埃及斑蚊(*Aedes aegypti*)、白線斑蚊 (*Aedes albopictus*)、及其它，發現前兩者在台灣較常見，其最大特徵在於腳部上有明顯的斑紋，如圖 7-1、7-2。

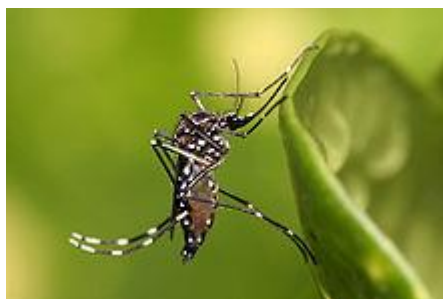


圖 7-1 埃及斑蚊



圖 7-2 白線斑蚊

2. 建置蚊蟲照片資料庫：在查閱許多網站後，蚊蟲種類過於複雜，在比對上有其難度，最後終於在 Mosquito Alert 的網站中，經過篩選後，我們挑選了許多經由專家驗證病媒蚊種類的蚊蟲照片，當成我們機器學習的資料庫，如圖 7-3 所列。

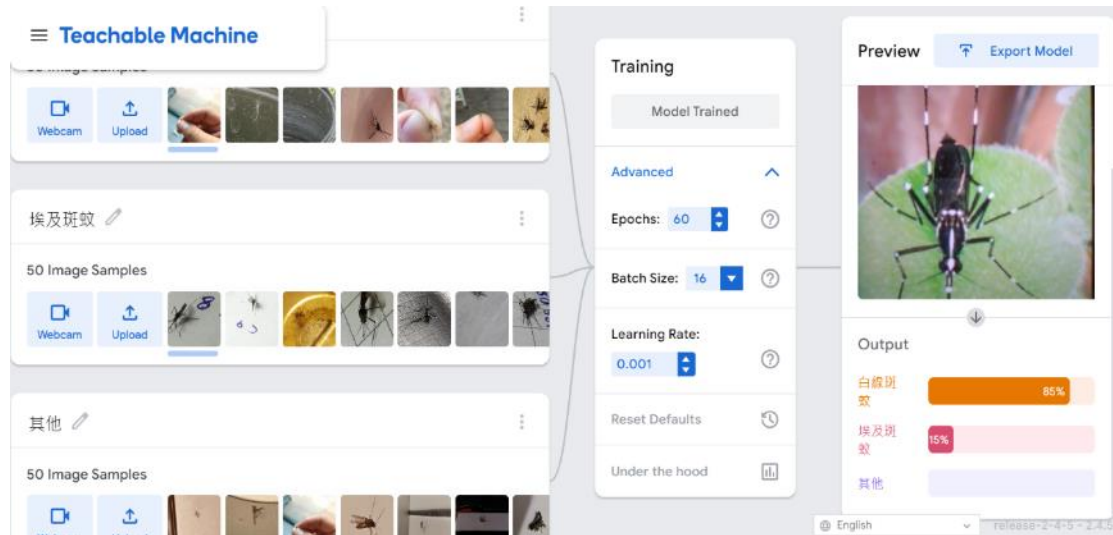
Mosquito Alert Image Dataset

Name	Size	Section	class	report_id	confidence	date	location
4c2b01a6-6baa-4b67-a20b-0a5961e7881b.jpg	189 KB	Study Component	other_species	5340992d-dc76-4d55-8438-df210775ffdc	confirmed	2021-07-23 07:54:50.943428+00:00	(51.377149350988, 6.13274149476849)
47d3afeb-caac-49cc-b2f3-c9e50h981991.jpg	47 KB	Study Component	other_species	d6d2483-69d4-4d71-8b70-cf843a77c182	confirmed	2021-07-23 07:52:08.253204+00:00	(51.7881808430439, 5.23909860291075)
cc185046-0190-4fab-945d-20bd06169eef.jpg	862 KB	Study Component	other_species	3008646e-6c56-4b22-958a-8169f94ae02d	confirmed	2021-07-23 07:51:02.128879+00:00	(51.6608358885483, 5.62386222726964)
791a895c-7b56-4540-a786-7f6bc6094dae.jpg	939 KB	Study Component	other_species	7b60613c-138a-41e3-b1f0-e8d8bb80ce8c	confirmed	2021-07-23 08:09:31.114930+00:00	(51.9667889, 4.8995416)
a4e69c77-ef0b-48e5-b8a0-3f708cc5e0b0.jpg	1.8 MB	Study Component	other_species	18c3e6ee-7bf1-486e-b889-1e556833460f	confirmed	2021-07-23 08:08:47.056974+00:00	(50.8752964577567, 5.98921902150376)
ec0631b6-9c2b-4b05-a113-1aaff470bcd8.jpg	963 KB	Study Component	other_species	84030d9a-a86e-42da-8766-ad159783ad0a	confirmed	2021-07-23 08:08:04.471945+00:00	(51.9369100062227, 4.33953925967216)

圖 7-3 蚊蟲照片的資料庫

3. **機器學習訓練**：將上述照片匯入機器學習資料庫，使用 Teachable Machine，建立蚊蟲辨識模型，再進行機器學習訓練。

(三)**實驗結果**：我們利用白線斑蚊的圖片進行驗證，結果如下，辨識率高達 8 成以上，證明有良好的辨識效果。



未來展望：期待能提升其辨識效能，以達到即時辨識的效果。並結合地理資訊系統，以完成病媒蚊熱區有效監控。

捌、參考文獻資料

- 一、 卷積神經網路，維基百科，<https://zh.wikipedia.org/wiki/卷積神經網路>
- 二、 機器學習網，<https://thecodingtrain.com/learning/ml5/>
- 三、 App Inventor 中文學習網，<http://www.appinventor.tw/>
- 四、 PHP 學習網，https://www.w3school.com.cn/php/php_datatypes.asp
- 五、 Teachable Machine 執行網站，<https://teachablemachine.withgoogle.com/train>
- 六、 Web 入門，
[https://developer.mozilla.org/zh-TW/docs/Learn/Getting started with the web](https://developer.mozilla.org/zh-TW/docs/Learn/Getting_started_with_the_web)
- 七、 王盈憲、蔡佳昇、游竣宇(2013)。解讀蚊子色光的影響。[國立桃園農工高級職業學校](#)。
- 八、 楊成業、黃國彰(2020)，主動偵測區域蚊子密度之物聯網捕蚊燈。[私立東海高中](#)
- 九、 鄭郁璇、吳蔚欣、何詠欣(2020)。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書-[運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究](#)。[臺北市立內湖高級工業職業學校](#)
- 十、 蚊風喪膽！你一定要知道的 58 個蚊子和登革熱小常識（2015 年 9 月 3 日）。[取自 https://oliveteco.pixnet.net/blog/post/369745981](#)
- 十一、 臺南市政府登革熱防治中心（2019，8 月）。專題報告-社區登革熱防疫新力軍 誘殺桶。取自 <https://health.tainan.gov.tw/dengue/warehouse/%7BB6B0D2BE-D413-47FD-8826-B43141170945%7D/8%E6%9C%88%E9%98%B2%E7%96%AB%E6%9C%88%E5%88%8A.pdf>
- 十二、 李依庭(2019，2 月)。國衛院病媒蚊中心登革熱防疫大作戰。科學月刊-科技報導 446 期。取自 <https://www.scimonth.com.tw/archives/346>。

【評語】 032803

1. 本作品研發智能捕蚊燈、積水容器影像判定、蚊蟲種類辨識等技術，針對燈光強弱、波長、閃爍、裝置高度等條件進行比較優化，並結合發送訊息功能通知補充物資，作品具有實用價值。
2. 實驗結果顯示：(1) 以補蚊為訴求目標但似乎捕蠅效果更明顯。(2) 實驗結果紫色燈誘蚊蠅效果最好與燈閃爍無關。(3) 製作簡易型捕蚊燈成本低於兩千。
3. 功能多樣，整體的效能可以試著提出更好的指標來敘述去強化本作品的優點；例如在光源的部分所獲得的貢獻，如何對應到真實應用。

作品簡報

組別：國中組

科別：生活與應用科學科(一)

「蟲」來不「蚊」 -校園AI防蚊管制系統

壹、研究動機

台灣是登革熱好發地區，台南更在2015年遭遇大規模本土疫情，重創了全市的醫療和觀光。為了預防疫情，我們進行研究開發，期待能由校園做起，推廣至全市甚至全國的有效防蚊監測網校園。

貳、研究過程與方法



圖1 研究流程圖

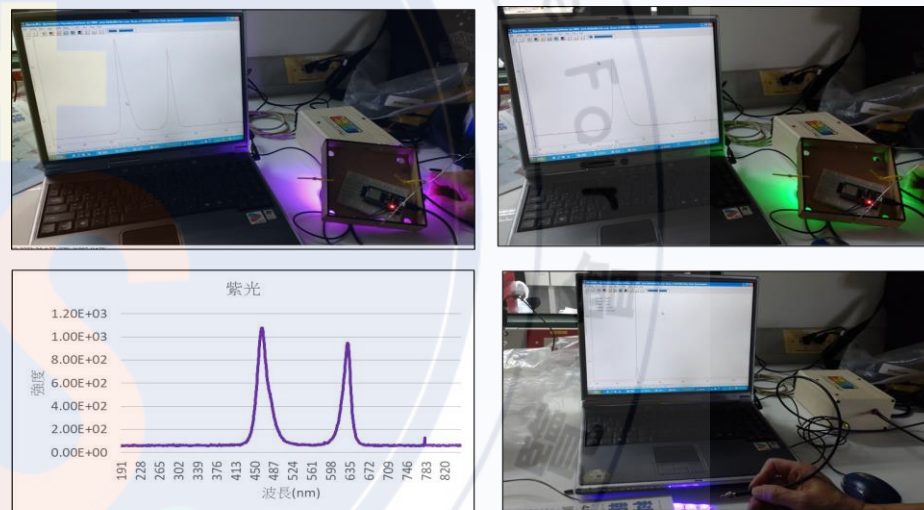


圖2 光譜儀實測圖

表1 光譜實測結果

光的種類	紅光	藍光	綠光	紫光	紫外線
波長(nm)	632	464	520	464 632	395

參、研究結果

一、「防蚊物資監測」的設計與實作



圖3 防蚊物資監測實物圖

圖4 程式流程圖

說明：在防疫情期間，避免共同物品，造成傳染。用自製電子天平偵測防蚊液剩餘量，利用WIFI記錄資料，當即將用盡時，經由APP結合 Line通知人員適時添加所缺的防蚊物資。

二、智能捕蚊燈的設計與實作

(一)簡易版捕蚊燈實作結果

【實驗2-1】自製簡易版捕蚊燈

表2

第一代的捕蚊燈	第二代的捕蚊燈
缺點： 實作結果，效果不佳。	缺點： 操作時缺乏便利性。
第三代捕蚊燈	
	特色： 快速安裝， 方便整理。

【實驗2-2】LED燈顏色與放置高度 對誘捕蚊蟲的影響



圖5 設備裝置與蚊蟲數量計算及種類辨識

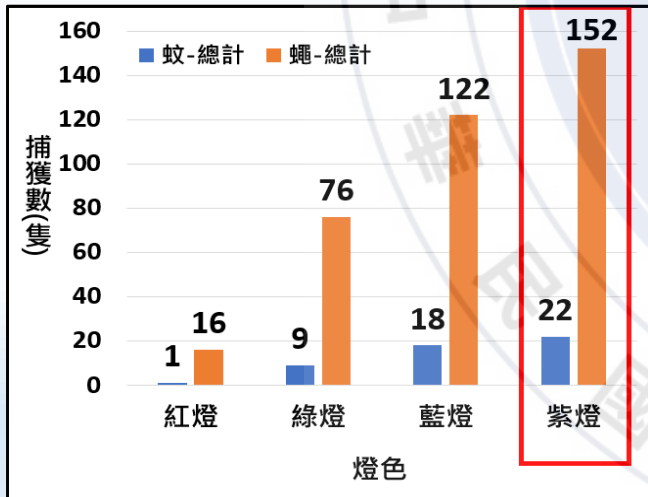


圖6 色燈對捕獲蚊蟲數量統計

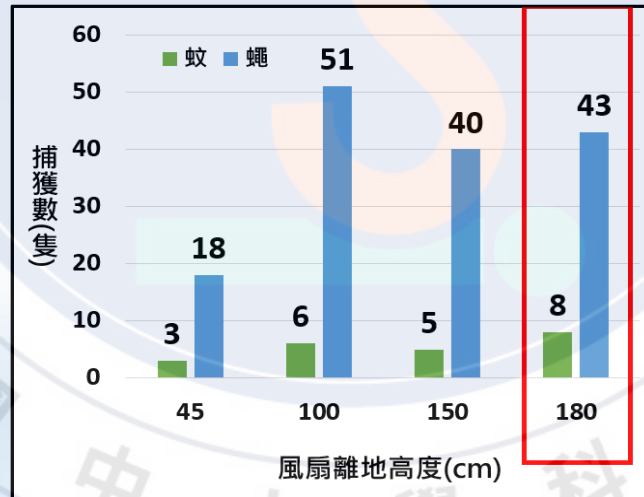


圖7 高度對捕獲蚊蟲數量統計

【實驗2-3】LED燈閃爍時間 對誘捕蚊蟲的影響

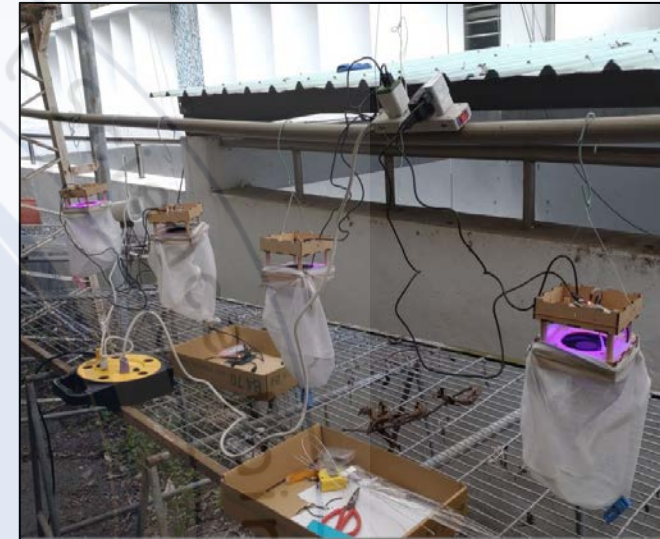


圖8 閃爍時間實測圖

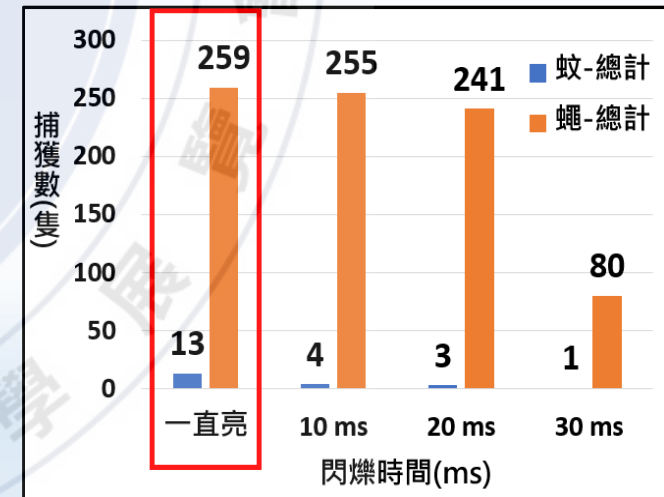


圖9 閃爍時間對捕獲蚊蟲統計

【實驗2-4】與市售捕蚊燈實測比較

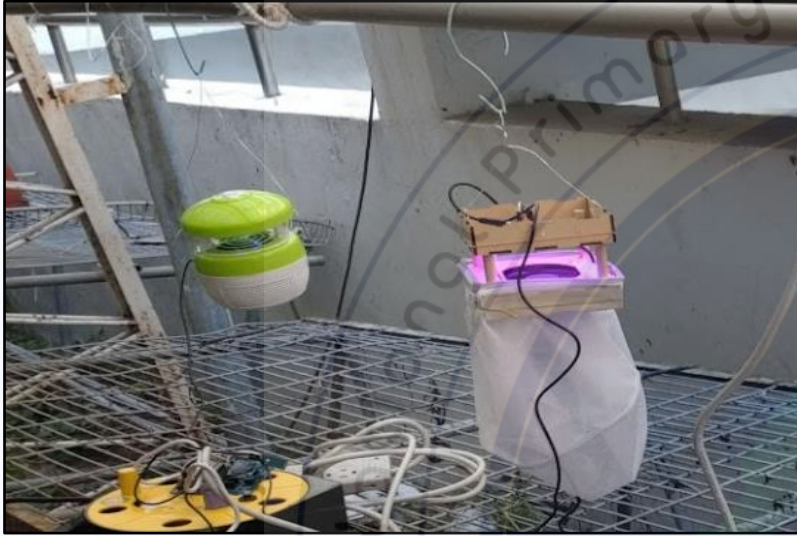


圖10 捕蚊燈 左:市售 右:自製

日期	自製捕蚊燈捕獲數(隻)	市售捕蚊燈捕獲數(隻)
3/12	4	1
3/16	3	2
3/17	2	2
總計	9	4

圖11 捕獲蚊蟲數量統計圖

【實驗2-5】紫燈與紫外線燈對誘捕蚊蟲的影響

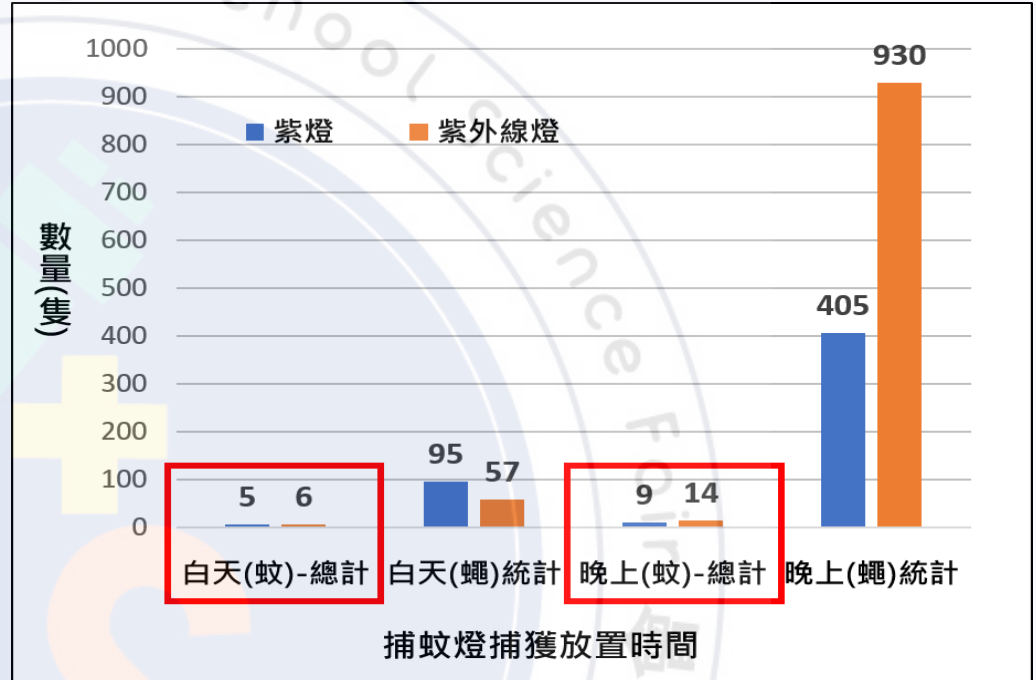
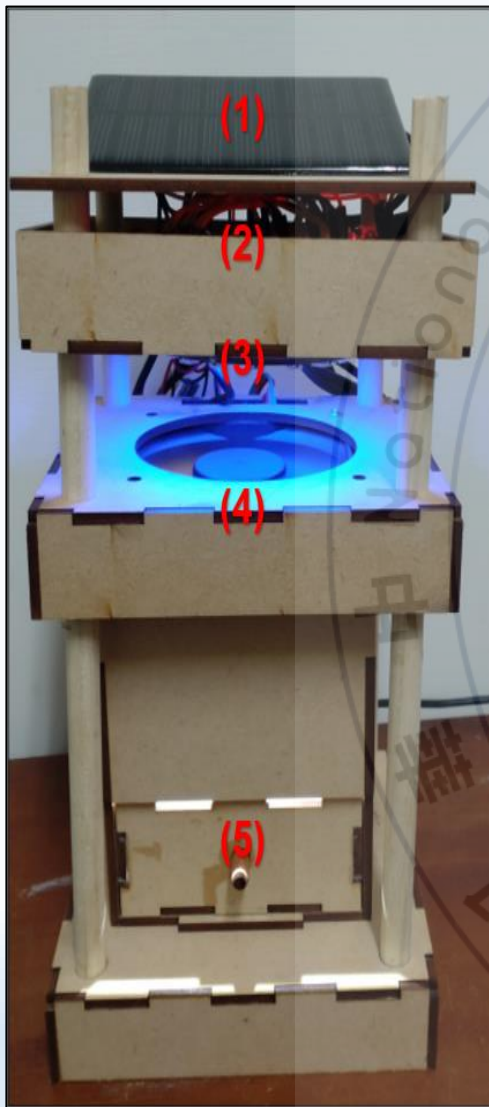


圖12 捕獲蚊蟲統計圖

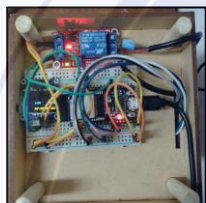
說明：紫外線燈在晚上的捕獲的蚊蟲數目比紫燈好，但是白天卻差異不大。若捕蚊燈放在教室，以安全性考量，可自動操控更換不同色燈，白天使用紫燈，晚上則使用紫外線燈。

(二) 研究型智能捕蚊燈實作結果

【自製智能捕蚊燈】



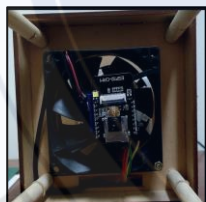
(1) 免插電太陽能充電模組。



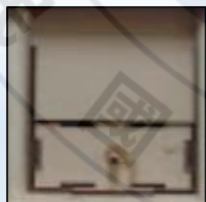
(2) 電路控制模組以 ESP32 為核心，進行物聯網的連線、控制。



(3) 全彩圓形燈、紫外線燈，依不同時間調整燈光顏色。



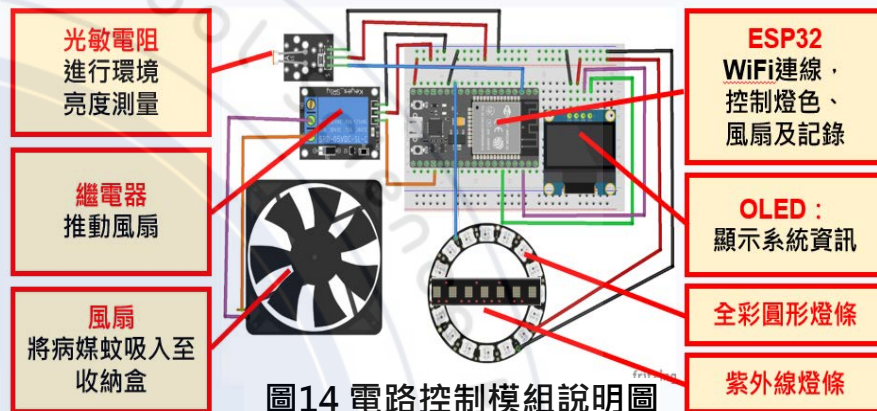
(4) 結合 ESP32-cam 與風扇，將病媒蚊蟲吸入收納盒，並即時影像監看。



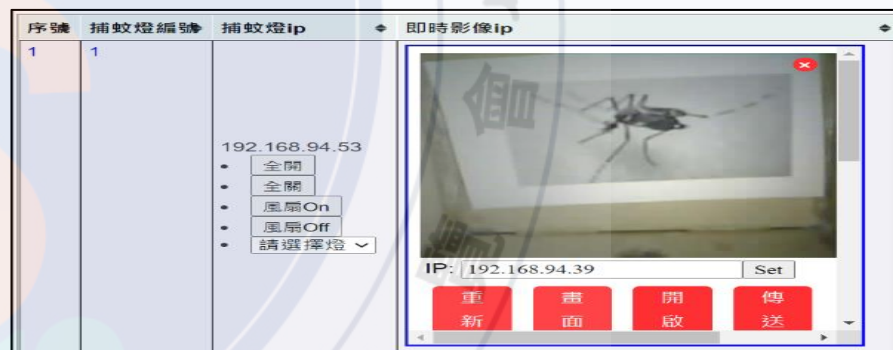
(5) 蚊蟲收納盒，方便整理與清潔。

圖13 研究型智能捕蚊燈細部構造說明圖

【智能捕蚊燈控制模組說明】



【整合即時盒底影像監測】



說明：利用所開發的即時影像模組，可立即了解捕獲蚊蟲情況，並將影像拍照，上傳到雲端，亦可進行蚊蟲種類的辨識。

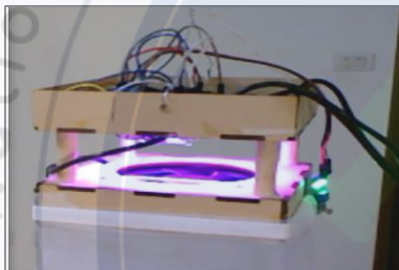
【複合式燈源】

說明：為了減少紫外線對人體的傷害，我們設計**複合式燈源**，主要分成兩種：

(一)自行設定時間：

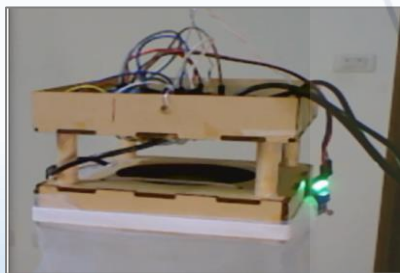
(二)環境自動控制：利用**光敏電阻偵測環境亮度**，來啟動紫燈或紫外線燈。

現在時間： 21 時 52 分 26 秒
啟動時間： 21 時 52 分 31 秒
關閉時間： 21 時 52 分 36 秒
設定 儲存



第一種~
自行填入啟動和關閉時間並按下設定

第一種~
LED燈於啟動時間自動開啟



第一種~
LED燈於關閉時間自動關閉

第二種~
偵測環境變暗時，自動開啟紫外線燈

三、積水容器AI辨識



圖15
第一代模組

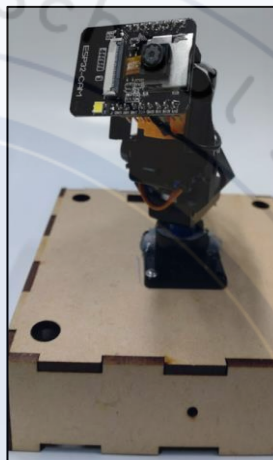


圖16
第二代模組

說明：以ESP32-cam所建立即時影像串流，再使用COCO-SSD 預練的模型來執行**即時偵測**，發現是**積水容器標籤達10次**時，將透過**Line通知**人員適時處理。

四、智能環境偵測APP

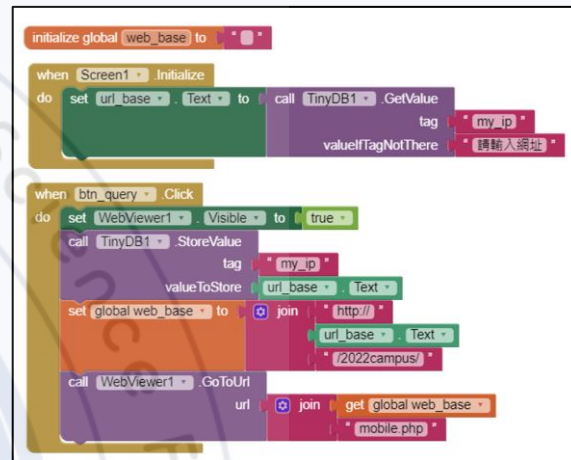
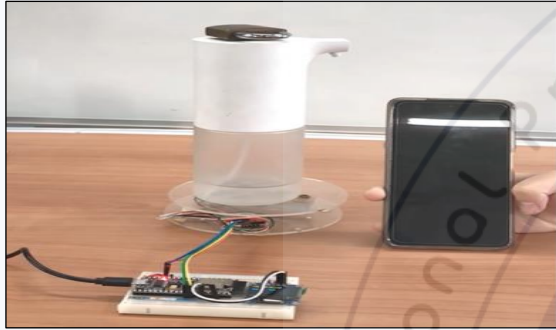


圖17
APP Inventor II程式碼

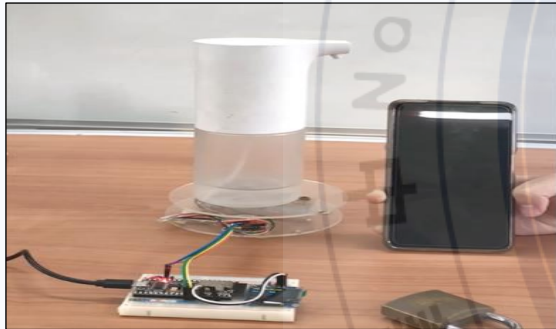
說明：利用APP Inventor II，開發專屬的「**智能環境監測APP**」，結合物聯網，方便人員即時操作，以便日後分析與研究，亦可依個別需求擴大操作使用面。

四、智能環境偵測APP 設計

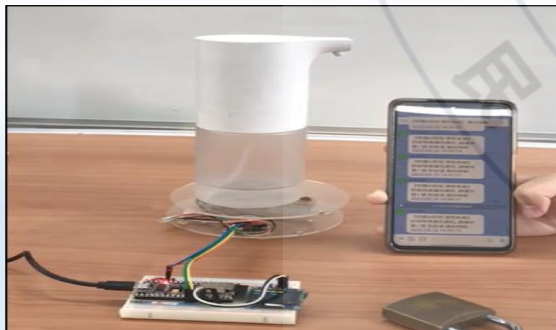
(一) 防蚊物質監測



利用電子天平偵測防蚊物資



拿下重物模擬防蚊物資短少

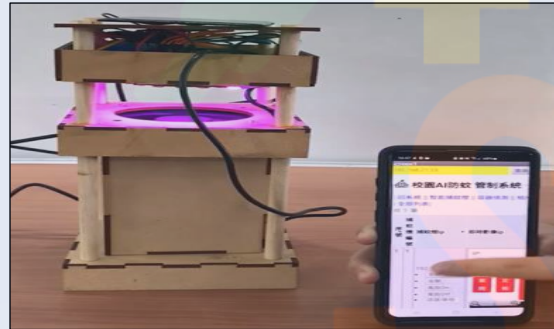


系統發送line通知人員補充

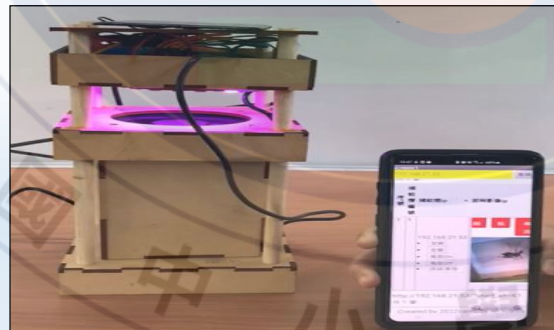
(二) 智能補蚊燈操作



開啟智能捕蚊燈



按下全開按鈕啟動燈與風扇

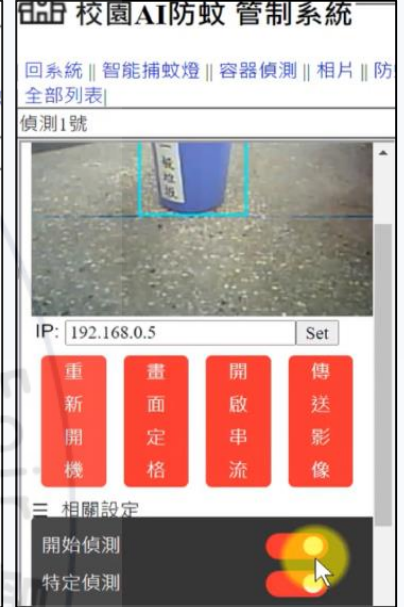


即時監測盒底捕獲狀況

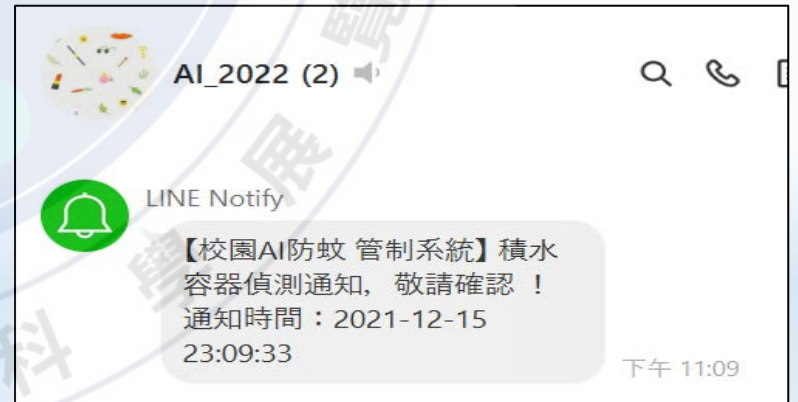
(三) 積水容器辨識



開啟串流開始偵測



點選特定偵測



系統發送Line通知人員

肆、討論

表3【校園捕蚊的實測結果】

地點	6F理化實驗室	學校地下室	學校1F花圃	教師2F辦公室	學生B陽台	學生C家中車庫
日期	3/9	3/12	3/16	3/17	3/12	3/13
溫度(°C)	22	23	23	23	25	26
濕度(%)	47	40	42	47	44	47
捕獲蚊數量(隻)	2	3	3	2	2	5
捕獲蠅數量(隻)	3	2	34	3	33	0

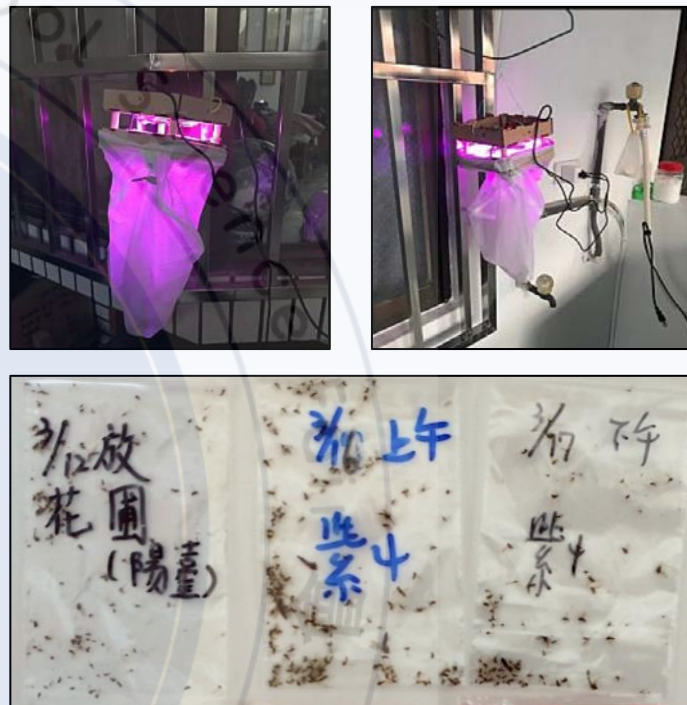


圖18 校園實測裝置圖及捕獲結果

伍、結論

- 一. 本研究開發出智能環境偵測網，結合**AI技術**，實施防蚊物資監測、控制智能捕蚊燈以及積水容器辨識，設計專屬APP能隨時查詢管理，讓**防蚊工作一次到位**，更**安全又有效率**，達到**無紙化**的新趨勢。
- 二. 本研究不僅能進行捕蚊，對一般害蟲如蚤蠅等，皆能有一定的誘捕效果。

伍、結論

三. 本作品與59屆科展作品-「運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究」進行比較，如表所列，在許多層面都有較具優勢的表現。

表4 與歷屆科展作品比較

	運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究	本作品	
是否有進行LED色光的波長測量校對	無	有	勝
是否可提供即時影像及拍照上傳功能	無	可	勝
積水容器的辨識功能	無	有	勝
是否進行捕蚊燈放置高度實驗	無	有	勝
光源閃爍時間實驗	無	有	勝
是否提供防蚊物資監控	無	有	勝
提供不同功能捕蚊燈設計功能	無	本作品有提供簡易型與研究型捕蚊燈	勝
是否提供相關APP進行操作	無	有	勝

陸、市賽後的進化

我們利用Mosquito Alert 的網站，所收集經專家驗證後的蚊蟲圖庫，進行機器學習訓練，共設定為**埃及斑蚊(Aedes aegypti)**、**白線斑蚊 (Aedes albopictus)**、及**其它**三個類別，利用智能捕蚊燈上傳的照片，可進行**AI的蚊蟲辨識**，與其它照片進行驗證，經實測後證明可行。

The screenshot displays the Teachable Machine interface for mosquito classification. It features three categories of training data:

- 白線斑蚊 (Aedes albopictus):** 54 Image Samples
- 埃及斑蚊 (Aedes aegypti):** 29 Image Samples
- 其它 (Other):** 10 Image Samples

The interface includes buttons for 'Webcam' and 'Upload' for each category. A 'Training' panel shows 'Model Trained' and 'Advanced' options. An 'Output' section displays the classification results for an uploaded image:

Category	Confidence Score
白線斑蚊	95%
埃及斑蚊	~1%
其它	~4%

<https://teachablemachine.withgoogle.com/models/fmiylenAT/>

柒、未來展望

- 一. 期待能提升蚊蟲辨識效能，以達到即時辨識的效果。並結合**地理資訊系統 (GIS)**，以完成病媒蚊熱區有效監控。
- 二. 期能增加實際應用面，如擴增數量放置地點於全市，針對危險區域(如:老舊市場、空屋)加強管控，並整合於本系統中，必能讓防蚊工作**更安全、智能、有效率**。

捌、參考資料

- 一. 鄭郁璇、吳蔚欣、何詠欣(2020)。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書-運用物聯網捕蚊燈進行病媒蚊區域分佈研究。臺北市立內湖高級工業職業學校。
- 二. 臺南市政府登革熱防治中心(2019, 8 月)。專題報告-社區登革熱防疫新力軍誘殺桶。
- 三. 蚊子資料集。 <http://www.mosquitoalert.com/en/mosquito-images-dataset/>