



公開
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：130101M100

農業部苗栗區農業改良場112年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**養蜂病蟲敵害智能監測系統功能擴充
及商品化** (第1年/全程4年)
(英文名稱) **Revision and commercialization
of smart apicultural pest
monitoring system**

計畫編號：112農科-13.1.1-苗-M1

全程計畫期間：自 112年1月1日 至 115年12月31日
本年計畫期間：自 112年1月1日 至 112年12月31日

計畫主持人：徐培修
研究人員：吳姿嫻、陳本翰
執行機關：行政院農業委員會苗栗區農業改良場





一、執行成果中文摘要：

蜂群遭遇特殊狀況時會發出不同的音頻，本計畫將收集失王、農藥中毒、感染微粒子病及遭受胡蜂威脅等狀況發生時蜂群所發出的音頻，分析並篩選出其中可作為指標之特殊頻段，規劃模型產製決策系統。針對蜂蟹蟎危害，本計畫將訓練深度學習演算法架構建置蜂蟹蟎影像辨識核心，協作防治決策系統；並開發自動殺蟎系統，以有機酸防治害蟎。最後，本計畫將以物聯網整合監控技術、專家系統、防治方法及環境參數感測模組，達成智慧監控之目標，同時將建置雲端資料庫彙整蜂箱監測數據，並開發使用者介面，進行蜂場田間功效驗證。

二、執行成果英文摘要：

When the bee colony encounters special conditions, different audio frequency will be detected. This project will collect the audio frequency generated by the bee colony when conditions such as queenless, pesticide poisoning, infection of *Nosema* disease, and wasp threats, analyze and filter out which can be used as indicators. Spectrum characteristics will be use in modeling alarm system. In response to the hazards of Varroa mites, this project will train deep learning algorithms to build a core of image recognition of mites, a collaborative prevention and control decision-making system; and develop an automatic acarid system to control mites with organic acids. Finally, this project will use the Internet of Things to integrate monitoring technology, expert systems, pest control methods, and environmental parameter sensing modules to achieve the goal of smart monitoring. At the same time, a cloud database will be built to integrate hive monitoring data and develop a user interface. Carry out field efficacy verification of apiaries.

三、計畫目的：

目前國際上已有流通蜂箱監測設備商品，如IoBee、Beebot(Pollenity)、TEHRAN、BeeHive、APIS hive、Arnia、Plan Bee、Rana(Tumbling Dice)等，來自各國開發之多元產品，足見蜂產業需求及未來走勢，更不遑提及此類商品之全球市場潛力。但目前國外商品僅有自動監測功能，本計畫前期(110-111年)開發之音頻異常預警模型乃全球獨創，為具性價優勢專家系統，但音頻資料之整合相對其他感測參數維度較高，前期計畫尚未完成資料庫編碼及還原程式設計，本年度目標為開發功能完善之養蜂專家系統，將感測器模組之軟硬體整合、擴充功能及提升模型精準度。「養蜂病蟲敵害智能監測系統」雛型版音頻模型建置以資料完整度為首要考量，因此直接收集音訊檔進行邊緣運算，本年度將整合音訊音頻資料轉換及資料庫建立，納入蜂蟹蟎圖像雲端資料庫，打包已開發之各項模型，整合為雲端運算方式進行資料分析，同時藉由軟硬體整合來降低設備成本。

四、重要工作項目及實施方法：

1. C組：蜂箱自動感測監測系統整合開發

(1) 蜂箱結構改良及感測器系統優化

- A. 箱蓋節點嵌入式設計：將感測器模組和系統主機內嵌於箱蓋，利用無線感測網路將感測資料傳送至閘道器，另規劃整合太陽能電路板進行行動式供電，並進行感測節點的供電評估，測試市電及行動電源效能。



1121135



- B. 感測器模組電路整體設計與性能優化：「養蜂病蟲敵害智能監測系統」雛型版採用XBee模組作為感測器的無線通訊界面，以致整體感測器模組體積較大且電路成本較高，本年度將採用低功率的Zigbee MCU直接整合系統電路和無線感測界面，以降低功率消耗及節省成本。
- C. 新型蜂箱結構及感測器系統整合與性能實測：配合感測器模組的佈置與安裝，將進行蜂箱結構改良，蜂箱蓋將安裝所需的感測節點（溫溼度、定位、音頻、系統主機、電源），箱底安裝重量感測秤台，影像擷取節點置於巢門口。調整感測模組的大小與形狀，避免外露訊號傳輸線以提升使用者操作便利性。本年度規劃產製「養蜂病蟲敵害智能監測系統」工程版系統6組，進行整體蜂箱與感測器系統的整合實測。

(2) 音頻感測嵌入式系統開發與實測

- A. 音頻感測器研製：以麥克風讀取蜂箱內部的音頻訊號，透過嵌入式系統轉換及儲存為音訊檔，經由閘道器傳送至雲端資料庫儲存，錄製時間由使用者設定及動態調整。
- B. 感測節點系統程式開發：以嵌入式系統實現音頻感測資料擷取和格式轉換，透過無線網路與閘道器傳送至雲端資料庫系統，進行感測節點的供電評估，測試市電及行動電源效能。

(3) 蜂勢指標及蜂群進蜜量模型建構

- A. 秤重平台所得之變動參數包含蜂箱重量、蜂蜜重量、巢脾重量及蜂隻重量，本研究將不含蜂隻的巢脾進行分類，至少分為空脾、子脾、蜜粉脾，分別進行秤重製作巢脾平均重量指標，以蜜蜂生物學為基礎推算蜂群理論總重作為蜂勢指標。
- B. 進蜜量主要由重量感測器監測，因此需要搭配溫度、濕度、季節、蜂勢指標等參數推估蜂群內在增減率，始能推算蜂蜜重量。本年度規劃產製並微調「養蜂病蟲敵害智能監測系統」雛型版系統6組，建置1處測試場域，循流蜜期連續記錄，以判別流蜜初期之特徵。

2. OP-S組：蜂群病敵害威脅模型優化及音頻自動化預警系統開發

(1) 音頻判別模型與雲端資料之全自動化處理系統開發

「養蜂病蟲敵害智能監測系統」雛型版音頻資料上傳至雲端系統後必須透過人工下載資料、並將資料進行匯整、處理以及重新排序後，才能上傳至運算模型進行判別，並於模型判別完畢後再手動記錄結果，並由研發人員將結果再次輸入資料庫中。為了因應未來商轉之情境，必須建立自動化流程處理系統，以全自動化資料處理系統取代人力讀取、下載、前處理（匯整、排序等）、資料統計、上傳等作業，如此才能應對未來多筆資料同時湧入之可能性，並真實達到即時預警之效果。

(2) 音頻模型環境音雜訊抑制技術應用

110-111年實地場域試驗所建立的音頻資訊已可完成各異常情境之初步分類。然而在部分環境發生變化的情況下，例如下雨、颶風、腳步聲等，由於環境音改變進而可能影響模型判別準確度，且各場域之狀況又有所不同。考量未來應用於各場域中可能發生許多極端事件，導致預警系統準確度下降，因此預計新增及測試不同的資料前處理方式，用於分離背景及巢內音頻，包含降噪、獨立成分分析、回聲消除等，挑選至少3種音訊處理方式，並針對加入前後之差異進行綜合成果分析，加強複合性異常偵測模型判別準確度。

(3) 音頻取樣頻率對判別準確度之影響分析-以失王為例

本系統之目標為產業落地應用，因此電量控制乃重要議題。過往模型開發期間為確保資料完整性，必須24小時不間斷地蒐集資料以建立模型。本研究將以失王作為調查指標，增加收集失王前後之完整音頻數據，針對失王蜂群之音頻試驗流程如下：於測試場域內選擇飼養2週以上之蜂群作為測試目標，放入音頻感測器模組，連續記錄2週。





記錄完畢後將蜂王從蜂箱中挑出，再持續記錄2週，用以判別取出蜂王前後蜂群音頻之差異。透過調整音頻樣本數量決定抽樣頻率，例如：1小時1筆，即於每個整點取第1筆資料進入模型分析；6個小時1筆，即每6個小時之整點取第1筆資料進入模型分析，篩選出可以應用的最小抽樣頻率（可應用之定義為判別準確度至少為80%以上，最低的取樣頻率測到每日僅蒐集1筆資料）。

3. PM組：系統整合規劃及智財布局

- (1) 期初召開組間會議討論整合軟體分工、專利申請策略及智財權歸屬草案，做成會議記錄以利後續規劃。
- (2) 辦理專利申請相關事宜。

五、結果與討論：

1. 音頻模型環境音雜訊抑制處理：

音頻訊號構成主要分為兩部分，即主要音頻訊號與噪聲音頻訊號，因此本研究透過譜減法將二者分離，得到其中的主要音頻。由實測之頻譜圖可看出，原始音頻在雨天的情境下，正常情況與失王情況之頻譜圖相似度高，且在混淆矩陣中也證實辨識模型容易發生誤判；處理後的頻譜圖較清晰，可明顯地區分出在雨天與正常情況下之頻譜圖差異，而送入模型後也證實可完全區分出兩者之差異，因此得以證實譜減法對於環境因子之影響為可行的音頻前處理方法。未來可透過持續研究與改善來提升實際應用上的效能，以利於後續於應用於不同情境之音頻處理上的應用。

2. 音頻雲端資料自動化處理系統：

透過音頻資料處理系統之流程開發，本研究已可完整做到自資料蒐集至判斷異常情境之流程完全自動化，此成果除了可以大幅節省人力外，對於產業落地有極大的幫助。未來業者承接此技術時，無須花費人力進行資料處理、分析等，僅需將設備安裝至蜂箱中，即可建立快速而有效地異狀分析系統，對於業者推廣落地而言有極大的助益。

3. 抽樣頻率對準確度之影響與分析：

除了各區間抽樣外，本研究針對固定頻率抽樣進行分析。頻率包含10分鐘、15分鐘、20分鐘以及30分鐘，由結果可知，抽樣頻率降低至每15分鐘一筆仍然可以保持良好的準確率，然而當頻率為20或是30分鐘後，即開始有顯著的下降，因此可以研判15分鐘是一個適合取樣的頻率。

4. 「養蜂病蟲敵害智能監測系統」工程版系統：

雛型版(舊版)的感測模組連接到一個控制晶片，供電系統則是由市電提供，電路板是放置在蜂箱最底層，溫溼度模組是裝在蜂箱蓋上，重量感測模組則是在蜂箱底下，由於感測器分別是裝設在蜂箱的最上方及最下方，所以電路線須拉到蜂箱的外面。工程板將供電由市電轉為電池提供，並將控制晶片改為兩個感測器旁邊，不須外拉電線。

六、結論：

本計畫以無線感測器模組、物聯網軟硬體設備、雲端伺服器及資料庫為主架構，累計產製養蜂專家系統12套。估算成本較雛型版主機減少24%。

七、參考文獻：

