



☒ 公開  
☐ 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：070101e100

## 行政院農業委員會林務局111年度科技計畫研究報告

計畫名稱：機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究（3/3）案（第1年/全程1年）

(英文名稱) The study of machine learning used in the aerial photograph for forest coverage extraction(3/3)

計畫編號：111農科-7.1.1-務-e1

全程計畫期間：自 111年1月1日 至 111年12月31日

本年計畫期間：自 111年1月1日 至 111年12月31日

計畫主持人：鄭錦桐

研究人員：王禹翔、鍾智昕、賴穎萱、沈哲緯、吳竿緯、鄧澤揚、黃梓育、李冠澄、魏擇壹、賴子銘、張淵翔、劉進金

執行機關：興創知能股份有限公司



1111254



## 一、執行成果中文摘要：

### **實證區域規劃與資料蒐集**

延續前兩年計畫之資料蒐集工作，本計畫三年執行期間總計共蒐集3,490幅DMC航攝影像，同時訓練所需的DEM 資料，以及109年林型暨土地覆蓋型圖資均維持不變，16項參數因子與19類辨識目標亦同。本計畫111年度因應工具功能驗證之所需，額外蒐集北、中、南、東四區域10組的檢訂調查專案，每組均包含5張DMC航攝影像、4組立體影像對，與實際需要編修的局部林型圖資，以作為功能調校之測試資料。

### **機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化**

本計畫111年度依據前期計畫研究與實際業務所需，開發三個單機版工具，包含「專家辨識編修工具」、「模型優化訓練工具」與「森林覆蓋型辨識工具」，藉此滿足檢訂專案應用、模型訓練更新與辨識編修回饋之需求。計畫期間透過7次工作會議與2次專家訪談確認應用需求，更新版本與效能優化，除了界定基本的使用情境、工具介面、軟硬體環境，更於工具開發完成後，提供農航所詳細的【軟體安裝手冊】與【使用者操作手冊】，以最為後續持續操作、應用推廣之參考依據。

### **現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正**

本計畫111年度搭配檢訂調查作業開發「森林覆蓋型辨識工具」，將專案編修用的航攝影像與林型圖資檔案一併輸入工具，即可取得模型辨識結果之輔助檔案。10組檢訂調查專案辨識成果，以抽樣方式進行驗證，總計在16,120筆的抽樣資料中獲得高達74.6%的正確率，證實其可用性。在效能評估方面，「森林覆蓋型辨識工具」每一組專案執行時間約兩小時(換算每一個網格樣本處理時間約1.2秒)，視林地範圍大小有所差異，輔助檔案產出後再交由影像辨識人員運用，以滿足實際業務之所需。「模型優化訓練工具」提供了模型評價的報表，在每次約120小時的訓練後，可供使用者評估模型表現；而「專家辨識編修工具」則驗證了人工純化過的訓練樣本，可有效提升模型訓練的準確性(至少10%)，突顯樣本品質對機器學習之重要性。

### **機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估**

本計畫111年度以銀合歡為特定樹種之主要範本，透過計畫開發之工具，實現模型訓練與樹種辨識之工作。總計使用13,564張裁切樣本進行模型訓練，透過30次(每次超過700張)的樹種隨機抽樣驗證，獲得84.0%的平均整體精度，與0.68的kappa值，藉此評估自動化工具應用之可行性。除了銀合歡可用工具進行單一特定樹種辨識，本計畫亦因應使用者需求擴充辨識選項，使其餘18類樹種同樣可以相同架構單獨進行單一樹種自動化辨識。若需針對額外特殊樹種進行運用，則應參考【模型訓練手冊】進行擴充。

### **投稿至少 1篇論文至國內外期刊或研討會**

本計畫111年度彙整 3年計畫相關執行成果、作業技術等內容，完成兩件的國內期刊論文投稿，一篇以〈基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用〉為題投稿至《航測及遙測學刊》，目前正在接受審稿；另一篇則以〈新一代的森林資源調查-用Geo-AI大數據探究淨零排放的秘密〉為題投稿至《GeoDigital Life 空間數位生活》，目前已於民國111年12月刊登。

### **教育訓練**

本計畫111年度已分別於民國111年08月11日、10月12日、10月21日三日辦理三場教育訓練，內容包含機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之相關理論、工具應用、模型訓練與實機操作，共



1111254



計12小時。除了詳細對計畫內開發的3個工具進行介紹，更透過程式碼實作課程協助所內培養機器學習模型訓練之能力。

## 二、執行成果英文摘要：

Demonstrative regional planning and data collection Continuing the data collection work of the previous two-year plan, a total of 3,490 DMC aerial images were collected during the three-year implementation period of this plan. At the same time, the DEM data required for training and the 109-year forest type and land cover type map data remained unchanged. Changes, 16 parameter factors and 19 types of identification targets are also the same. In response to the needs of tool function verification in 2011, this plan additionally collected 10 groups of verification and investigation projects in the four regions of North, Central, South, and East. Each group included 5 DMC aerial images, 4 sets of stereo image pairs, and The local forest map data that actually needs to be edited is used as the test data for function adjustment. Software development and hardware planning, implementation and process standardization of machine learning In 111 years of this project, based on the previous planning research and actual business needs, three stand-alone tools were developed, including "expert identification and editing tools", "model optimization training tools" and "forest cover identification tools", so as to meet the inspection requirements Define project application, update model training, and identify and edit feedback needs. During the planning period, 7 working meetings and 2 expert interviews were conducted to confirm the application requirements, update the version and optimize performance. In addition to defining the basic usage scenarios, tool interfaces, and software and hardware environments, after the completion of the tool development, details of the Agricultural Aviation Institute will be provided. The [Software Installation Manual] and [User Operation Manual] are the reference for subsequent continuous operation and application promotion. Under the framework of the current forest resource survey, the actual measurement, performance evaluation and correction of the automatic intelligent judgment of the forest cover model using machine learning technology In 2011, the project developed a "forest coverage identification tool" in conjunction with the inspection and survey work. The aerial photography and forest map data files used for project editing were input into the tool together to obtain the auxiliary files of the model identification results. The identification results of 10 groups of inspection and investigation projects were verified by sampling, and a total of 16,120 sampling data were obtained with a correct rate of 74.6%, which proved its usability. In terms of performance evaluation, the execution time of each group of "forest cover identification tools" is about two hours (converted to about 1.2 seconds for each grid sample processing time), depending on the size of the forest land, the auxiliary files will be handed over after output It is used by image recognition personnel to meet the needs of actual business. The "Model Optimization Training Tool" provides a model evaluation report, which can be used for users to evaluate the model performance after about 120 hours of training each time; while the "Expert Identification and Editing Tool" verifies



1111254



that the artificially purified training samples can be effectively Improve the accuracy of model training (at least 10%), highlighting the importance of sample quality for machine learning. Feasibility assessment of machine learning for automatic detection of specific species In the 111 year of this project, *Leucaena chinensis* was used as the main model of a specific tree species. Through the tools developed by the project, the work of model training and tree species identification was realized. A total of 13,564 cropped samples were used for model training. Through 30 random sampling verifications of tree species (over 700 each time), an average overall accuracy of 84.0% and a kappa value of 0.68 were obtained to evaluate the feasibility of the application of automated tools . In addition to the available tools for the identification of a single specific tree species for *Leucaena*, this project also expands the identification options in response to user needs, so that the other 18 types of tree species can also be automatically identified for a single tree species with the same structure. If you need to use it for additional special tree species, you should refer to the [Model Training Manual] for expansion. Submit at least 1 paper to domestic and foreign journals or seminars In the 111 year of this project, the relevant implementation results and operation technology of the 3-year plan were collected, and two domestic journal papers were submitted. One paper was submitted to "Journal of Aerial Surveying and Telemetry" is currently accepting review; another article is submitted to "GeoDigital Life Space Digital Life" with the title "New Generation of Forest Resources Investigation-Using Geo-AI Big Data to Explore the Secret of Net Zero Emissions" ", has been published in December 111 of the Republic of China. Education Training In the 111st year of this plan, three educational training sessions were held on August 11, October 12th, and October 21st, 2011. The content included the relevant theories and tools of machine learning in forest coverage extraction from aerial photography Application, model training and actual machine operation, a total of 12 hours. In addition to introducing the three tools developed in the project in detail, it also assists the Institute to develop the ability of machine learning model training through the course of code implementation.

### 三、計畫目的：

- 實證區域規劃與資料蒐集
  - 持續增加不同時期之航攝影像以提升訓練樣本數量，一併蒐集目前檢訂作業所使用之立體像對專案，以符後續流程標準化之研究。
  - 規劃北、中、南、東等4個區域之檢訂作業所產製立體像對專案作為辨識工具實測區域，以俾後續進行森林覆蓋型辨識及成果分析。
- 機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化
  - 延續前兩期(109、110年)森林覆蓋型自動化萃取系統架構，規劃開發3個模組工具組成的軟體，功能包含建立以機器學習進行模型訓練、航攝影像森林覆蓋型萃取與使用者辨識編修回饋功能，以俾後續能優化機器學習之模型。
  - 進行自動化軟體開發之實作與流程標準化，包含使用圖資輸入輸出定義、工具介面設計、硬體運作環境需求確認、實作測試等細節。



1111254





- 現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正
  - 評估目前檢訂作業所使用立體像對專案相關檔案加入開發軟體執行之可行性及其因應方案。
  - 規劃開發之機器學習自動化判釋森林覆蓋型之軟體可使用簡易的介面進行操作，並能融入林務局森林檢訂土地覆蓋型數化更新作業之流程，以符本所實際業務操作之需要。
- 機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估
  - (1) 針對特定物種自動化偵測之可行性評估，先選擇以近期最受關注之銀合歡為特定物種目標，進行單一物種的辨識模型訓練、辨識成果評估。
  - (2) 針對不同特殊樹種可沿用相似的模型架構，以便整併至森林覆蓋型辨識工具內，以滿足辨識自動化作業之需求。
- 投稿至少1篇論文至國內外期刊或研討會
  - 彙整3年計畫相關執行成果、作業技術等內容，投稿相關國內外期刊或研討會論文，與本所為共同作者，並於文末敘明本案經費來源。
- 教育訓練
  - 辦理1場時數至少為6小時機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之相關理論及技術教育訓練(包含實機操作教學)。

#### 四、重要工作項目及實施方法：

本期機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之工作架構，係延續前兩年計畫執行架構進行擴充，以落實輔助現行作業之目標，進行森林覆蓋型辨識模型與應用工具模組之開發與研究。

在「**實證區域規劃與資料蒐集**」中，透過實作資料蒐集，針對特定物種銀合歡進行訓練資料的擴充與更新；實證區域規劃則說明現行檢訂調查流程並規劃計畫產出工具的驗證場域。

在「**機器學習軟硬體標準化工具實作開發**」與「**機器學習系統工具應用實測與效能評估**」中，詳細說明本計畫預期開發的三種工具(森林覆蓋型辨識工具、專家辨識編修工具、模型優化訓練工具)，包含其目標、使用時機、介面設計、資料輸入輸出、操作方法、限制條件、環境需求與測試規劃。

在「**特定物種機器學習辨識可行性評估**」中，將對銀合歡獨立訓練判釋模型，並對工具整合擴充之可行性進行評估。

最終透過「**論文投稿**」曝光與「**教育訓練**」課程安排，達成計畫技術亮點曝光與實務應用之討論。

#### 五、結果與討論：

實證區域規劃與資料蒐集



1111254



1. 實作資料蒐集：統整計畫所用資料，包含航攝影像、地文資料、林型圖資與新增的檢訂專案。
2. 實證區域規劃：說明驗證工具所需之檢訂專案篩選與應用方式說明。

#### 機器學習軟硬體標準化工具實作開發

1. 工具功能設計：說明因應工具使用需求之架構變更，與使用功能情境設計。
2. 工具開發規格：說明三個工具開發成果，包含使用介面、軟硬體規格與操作流程等。

#### 機器學習系統工具應用實測與效能評估

1. 實證區域結果分析：透過森林覆蓋型辨識工具產出檢訂專案辨識結果並分析其結果。
2. 工具效能評估：說明三個工具運作效能，包含純林資料運用效益、模型運行效益查詢與辨識工具產出時效。

#### 特定物種機器學習辨識可行性評估

1. 銀合歡樹種辨識評估：說明特定物種自動化資料前處理、模型訓練與辨識結果分析。
2. 森林覆蓋型辨識工具擴充評估：說明單一特定物種自動化功能擴充。

#### 論文投稿

完成2篇學刊投稿。

#### 教育訓練

完成3場教育訓練。

## 六、結論：

#### 實證區域規劃與資料蒐集

延續前兩年計畫之資料蒐集工作，本計畫三年執行期間總計共蒐集3,490幅DMC航攝影像，同時訓練所需的DEM 資料，以及109年林型暨土地覆蓋型圖資均維持不變，16項參數因子與19類辨識目標亦同。本計畫111年度因應工具功能驗證之所需，額外蒐集北、中、南、東四區域10組的檢訂調查專案，每組均包含5張DMC航攝影像、4組立體影像對，與實際需要編修的局部林型圖資，以作為功能調校之測試資料。

#### 機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化

本計畫111年度依據前期計畫研究與實際業務所需，開發三個單機版工具，包含「專家辨識編修工具」、「模型優化訓練工具」與「森林覆蓋型辨識工具」，藉此滿足檢訂專案應用、模型訓練更新與辨識編修回饋之需求。計畫期間透過7次工作會議與2次專家訪談確認應用需求，更新版本與效能優化，除了界定基本的使用情境、工具介面、軟硬體環境，更於工具開發完成後，提供農航所詳細的【軟體安裝手冊】與【使用者操作手冊】，以最為後續持續操作、應用推廣之參考依據。



1111254



現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正

本計畫111年度搭配檢訂調查作業開發「森林覆蓋型辨識工具」，將專案編修用的航攝影像與林型圖資檔案一併輸入工具，即可取得模型辨識結果之輔助檔案。10組檢訂調查專案辨識成果，以抽樣方式進行驗證，總計在16,120筆的抽樣資料中獲得高達74.6%的正確率，證實其可用性。在效能評估方面，「森林覆蓋型辨識工具」每一組專案執行時間約兩小時(換算每一個網格樣本處理時間約1.2秒)，視林地範圍大小有所差異，輔助檔案產出後再交由影像辨識人員運用，以滿足實際業務之所需。「模型優化訓練工具」提供了模型評價的報表，在每次約120小時的訓練後，可供使用者評估模型表現；而「專家辨識編修工具」則驗證了人工純化過的訓練樣本，可有效提升模型訓練的準確性(至少10%)，突顯樣本品質對機器學習之重要性。

機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估

本計畫111年度以銀合歡為特定樹種之主要範本，透過計畫開發之工具，實現模型訓練與樹種辨識之工作。總計使用13,564張裁切樣本進行模型訓練，透過30次(每次超過700張)的樹種隨機抽樣驗證，獲得84.0%的平均整體精度，與0.68的kappa值，藉此評估自動化工具應用之可行性。除了銀合歡可用工具進行單一特定樹種辨識，本計畫亦因應使用者需求擴充辨識選項，使其餘18類樹種同樣可以相同架構單獨進行單一樹種自動化辨識。若需針對額外特殊樹種進行運用，則應參考【模型訓練手冊】進行擴充。

投稿至少 1篇論文至國內外期刊或研討會

本計畫111年度彙整 3年計畫相關執行成果、作業技術等內容，完成兩件的國內期刊論文投稿，一篇以〈基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用〉為題投稿至《航測及遙測學刊》，目前正在接受審稿；另一篇則以〈新一代的森林資源調查-用Geo-AI大數據探究淨零排放的秘密〉為題投稿至《GeoDigital Life 空間數位生活》，目前已於民國111年12月刊登。

教育訓練

本計畫111年度已分別於民國111年08月11日、10月12日、10月21日三日辦理三場教育訓練，內容包含機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之相關理論、工具應用、模型訓練與實機操作，共計12小時。除了詳細對計畫內開發的3個工具進行介紹，更透過程式碼實作課程協助所內培養機器學習模型訓練之能力。

## 七、參考文獻：

1. 行政院農業委員會林務局。2016。第四次全國森林資源調查報告。
2. 行政院農業委員會林務局。2021。森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業手冊。
3. 行政院農業委員會林務局農林航空測量所。2020。機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(1/3)。
4. 行政院農業委員會林務局農林航空測量所。2021。機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3)。
5. Huete, A. R. 1988. "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)." Remote Sensing of Environment 25(3):295-309.
6. Kaufman, Y. J., and D. Tanre. 1992. "Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 30(2):261-270.



1111254



7. Larrinaga, A. R., and L. Brotons. 2019. "Greenness Indices from a Low-Cost UAV Imagery as Tools for Monitoring Post-Fire Forest Recovery." *Drones* 3 (1):6.
8. Louhaichi, M., M. Borman, and D. Johnson. 2001. "Spatially Located Platform and Aerial Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat." *Geocarto International* 16.
9. Mingxing Tan and Quoc V. Le, 2021. "EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training." *International Conference on Machine Learning*, 2021.
10. Sonnentag, O., K. Hufkens, C. Teshera-Sterne, A. M. Young, M. Friedl, B. H. Braswell, T. Milliman, J. O' Keefe, and A. D. Richardson. 2012. "Digital Repeat Photography for Phenological Research in Forest Ecosystems." *Agricultural and Forest Meteorology* 152:159-177.
11. Tucker, C. J. 1979. "Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation." *Remote Sensing of Environment* 8(2):127-150.





行政院農業委員會林務局

農林航空測量所



「機器學習於航攝影像  
森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」  
成果報告書

全程計畫：自民國 109 年 3 月至民國 111 年 12 月止

本年度計畫：自民國 111 年 1 月至民國 111 年 12 月止

執行廠商：興創知能股份有限公司

中華民國 111 年 12 月



1111254





## 目 錄

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 目 錄.....                    | I   |
| 表 目 錄.....                  | III |
| 圖 目 錄.....                  | V   |
| 第壹章、前言.....                 | 1   |
| 一、計畫緣起及目的 .....             | 1   |
| 二、 全程計畫目標 .....             | 2   |
| 三、 三年期計畫目標 .....            | 3   |
| 第貳章、工作範疇與預定進度 .....         | 5   |
| 一、 工作項目 .....               | 5   |
| 二、 工作架構 .....               | 6   |
| 三、 工作進度說明 .....             | 9   |
| 第參章、實證區域規劃與資料蒐集 .....       | 12  |
| 一、 實作資料蒐集 .....             | 13  |
| 二、 實證區域規劃 .....             | 21  |
| 第肆章、機器學習軟硬體標準化工具實作開發 .....  | 32  |
| 一、 工具功能設計 .....             | 34  |
| 二、 工具開發規格 .....             | 44  |
| 第伍章、機器學習系統工具應用實測與效能評估 ..... | 69  |
| 一、 實證區域辨識分析 .....           | 69  |
| 二、 工具效能評估 .....             | 72  |
| 第陸章、特定物種機器學習辨識可行性評估 .....   | 81  |
| 一、 銀合歡辨識模型設計與訓練 .....       | 81  |
| 二、 森林覆蓋型辨識工具擴充評估 .....      | 88  |
| 第柒章、論文投稿 .....              | 90  |
| 第捌章、教育訓練 .....              | 92  |
| 第玖章、結論與建議 .....             | 101 |
| 一、 計畫結論 .....               | 101 |





|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 二、 建議.....                  | 103 |
| 參考文獻.....                   | 107 |
| 附錄一、審查意見回覆情形 .....          | 109 |
| 一、 111 年度期初審查意見回覆.....      | 109 |
| 二、 111 年度期中審查意見回覆.....      | 118 |
| 三、 111 年度期末審查意見回覆.....      | 130 |
| 附錄二、工作會議紀錄 .....            | 140 |
| 一、 111 年 3 月 29 日工作會議 ..... | 140 |
| 二、 111 年 4 月 20 日工作會議 ..... | 142 |
| 三、 111 年 5 月 16 日工作會議 ..... | 145 |
| 四、 111 年 6 月 29 日工作會議 ..... | 147 |
| 五、 111 年 7 月 25 日會議紀錄 ..... | 149 |
| 六、 111 年 9 月 8 號會議紀錄 .....  | 150 |
| 七、 111 年 10 月 3 號會議紀錄 ..... | 151 |
| 八、 111 年 10 月 31 會議紀錄 ..... | 152 |
| 附錄三、教育訓練簡報 .....            | 154 |
| 一、 0811 教育訓練.....           | 154 |
| 二、 1012 教育訓練.....           | 166 |
| 三、 1021 教育訓練.....           | 189 |





## 表 目 錄

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| 表 2-1 工作項目與章節對應規劃 .....                | 8  |
| 表 2-2 實際進度表 .....                      | 10 |
| 表 2-3 本計畫 111 年度進度摘要說明 .....           | 11 |
| 表 3-1 實作資料蒐集於模型建構過程之用途 .....           | 13 |
| 表 3-2 臺灣林型面積覆蓋率統計 .....                | 17 |
| 表 3-3 本計畫 111 年度所用光譜組合指標之公式與參考文獻 ..... | 21 |
| 表 3-4 本計畫 111 年度實證區域所需之檢訂調查專案篩選 .....  | 28 |
| 表 3-5 誤差矩陣對照表 .....                    | 31 |
| 表 4-1 新舊模型規格對照表 .....                  | 35 |
| 表 4-2 測試資料集預測結果 .....                  | 37 |
| 表 4-3 19 類樹種交叉測試統計 .....               | 39 |
| 表 4-4 工具、人員與資料使用關係表 .....              | 40 |
| 表 4-5 本計畫 111 年度工具用影像資料夾樹種編號對照表 .....  | 49 |
| 表 4-6 模型優化訓練工具運行工作站規格 .....            | 55 |
| 表 4-7 依據林型機率門檻值給定林型建議預測 .....          | 60 |
| 表 4-8 森林覆蓋型辨識工具 SHP 產出結果之屬性欄位說明 .....  | 62 |
| 表 5-1 檢訂專案驗證成果 .....                   | 71 |
| 表 5-2 工具辨識與人工檢視邏輯表(A、B 為不同樹種) .....    | 71 |
| 表 5-3 專業人員人工檢核樹種抽樣成果 .....             | 72 |
| 表 5-4 機器學習工具效能評估項目表 .....              | 72 |
| 表 5-5 樣本純化結果比較 .....                   | 74 |
| 表 5-6 本計畫三年各階段模型優化訓練成果 .....           | 76 |
| 表 5-7 模型訓練時數測試結果 .....                 | 77 |
| 表 5-8 辨識工具優化前後時效比較 .....               | 80 |
| 表 6-1 三次模型訓練情形 .....                   | 85 |
| 表 6-2 測試資料對模型驗證成果 .....                | 85 |
| 表 6-3 30 次驗證結果總計 .....                 | 86 |





|                         |    |
|-------------------------|----|
| 表 7-1 計畫成果論文投稿彙整表 ..... | 91 |
| 表 8-1 教育訓練辦理成果彙整表 ..... | 92 |
| 表 8-2 第一場教育訓練課程安排 ..... | 93 |
| 表 8-3 第二場教育訓練課程安排 ..... | 95 |
| 表 8-4 第二場教育訓練課程回饋 ..... | 97 |
| 表 8-5 第三場教育訓練課程安排 ..... | 99 |





## 圖目錄

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 圖 2-1 整體計畫架構 .....                        | 9  |
| 圖 3-1 本計畫 111 年度取得之恆春半島地區銀合歡相關資料分布 ...    | 14 |
| 圖 3-2 林型暨土地覆蓋型圖資屬性紀錄案例 .....              | 16 |
| 圖 3-3 台灣林型分布圖(自 109 年林型暨土地覆蓋型圖資萃取) .....  | 18 |
| 圖 3-4 本計畫產製之地文因子萃取成果圖 .....               | 20 |
| 圖 3-5 檢訂調查專案作業流程與導入規劃 .....               | 23 |
| 圖 3-6 檢訂調查專案管理示意圖 .....                   | 24 |
| 圖 3-7 檢訂調查專案內含航攝影像與 SHP 圖層清單案例 .....      | 24 |
| 圖 3-8 判釋人員利用立體像對編修檢訂調查專案 .....            | 25 |
| 圖 3-9 本計畫取得之 DMC 航攝影像位置與檢訂專案分區規劃 .....    | 27 |
| 圖 3-10 各區檢訂調查專案分布圖(1/2) .....             | 29 |
| 圖 4-1 機器學習架構流程與工具扮演角色 .....               | 33 |
| 圖 4-2 專家辨識編修工具案例圖 .....                   | 41 |
| 圖 4-3 模型優化訓練工具案例圖 .....                   | 41 |
| 圖 4-4 森林覆蓋型辨識工具案例圖 .....                  | 42 |
| 圖 4-5 本計畫 111 年度規劃機器學習工具案例圖 .....         | 42 |
| 圖 4-6 本計畫 111 年度開發工具之後端程式架構清單 .....       | 44 |
| 圖 4-7 專家辨識編修工具使用的裁切影像案例(256×256 像素) ..... | 46 |
| 圖 4-8 專家辨識編修工具運作流程 .....                  | 49 |
| 圖 4-9 編修資料集既有影像操作流程 .....                 | 50 |
| 圖 4-10 匯入檢訂專案編修成果操作流程 .....               | 51 |
| 圖 4-11 模型優化訓練工具運作流程 .....                 | 53 |
| 圖 4-12 模型優化訓練工具畫面 .....                   | 54 |
| 圖 4-13 模型優化訓練工具訓練畫面 .....                 | 55 |
| 圖 4-14 森林覆蓋型辨識工具運作流程 .....                | 58 |
| 圖 4-15 森林覆蓋型辨識工具圖層產出邏輯判斷流程 .....          | 61 |
| 圖 4-16 森林覆蓋型辨識工具產出成果於 GIS 軟體展示 .....      | 63 |







|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 圖 4-17 檢訂專案辨識操作畫面 .....                   | 65  |
| 圖 4-18 特定樹種辨識操作畫面 .....                   | 66  |
| 圖 4-19 森林覆蓋型辨識工具檢訂調查專案辨識結果 .....          | 67  |
| 圖 4-20 森林覆蓋型辨識工具辨識成果之 SHP 屬性案例 .....      | 68  |
| 圖 5-1 針葉林純化樣本與原始樣本之比較 .....               | 74  |
| 圖 5-2 模型訓練時間與樣本數量關係圖 .....                | 78  |
| 圖 5-3 模型訓練時間與迭代訓練週期關係圖 .....              | 78  |
| 圖 5-4 模型訓練精度(acc)與迭代訓練週期(epoch)關係圖 .....  | 79  |
| 圖 5-5 模型損失函數(loss)與迭代訓練週期(epoch)關係圖 ..... | 79  |
| 圖 6-1 機器學習訓練流程 .....                      | 82  |
| 圖 6-2 特殊樹種銀合歡辨識模型架構 .....                 | 84  |
| 圖 6-3 辨識為銀合歡且實際為銀合歡之影像案例 .....            | 87  |
| 圖 6-4 辨識為銀合歡但實際為非銀合歡之影像案例 .....           | 87  |
| 圖 6-5 辨識為非銀合歡且實際為非銀合歡之影像案例 .....          | 87  |
| 圖 6-6 森林覆蓋型辨識工具特定樹種辨識功能擴充 .....           | 89  |
| 圖 7-1 航測及遙測學刊投稿審閱證明 .....                 | 90  |
| 圖 7-2 GeoDigital Life 空間數位生活投稿刊登證明 .....  | 91  |
| 圖 8-1 第一場教育訓練活動照片 .....                   | 93  |
| 圖 8-2 第一場教育訓練簽到單 .....                    | 94  |
| 圖 8-3 第二場教育訓練活動照片 .....                   | 96  |
| 圖 8-4 第二場教育訓練線上課程截圖 .....                 | 96  |
| 圖 8-5 第二場教育訓練現場簽到單 .....                  | 98  |
| 圖 8-6 第三場教育訓練活動照片 .....                   | 99  |
| 圖 8-7 第三場教育訓練簽到單 .....                    | 100 |



## 第壹章、前言

### 一、計畫緣起及目的

臺灣森林佔全島土地面積近六成比例，除林木本身經濟價值外，同時也是國土保安、水源涵養、氣候調節、育樂遊憩以及生物多樣性維護之重要角色。為獲得林地經營所需之土地覆蓋型空間資訊，需藉由森林資源調查，而為獲取森林植群變遷之空間資訊，則需長期持續累積特定植群空間分布資料，並從中獲取研究氣候變遷之線索。

相關空間資訊若採用現地進行地面調查作業，可獲得最真實的資訊，然而森林面積廣闊且多位於坡地不易到達之處，在人力、安全及經費考量下，僅能蒐集有限範圍之樣點資料並統計推估，而無法有效獲得大範圍之空間資訊。藉由航空攝影測量及衛星遙測等技術，則可獲取中、大尺度之空間資訊，其中衛星影像可同時獲得大區域的影像資訊，並以影像分類技術獲得大範圍之空間資訊，惟目前可免費獲取之衛星影像空間解析度較差，使其較難用於捕捉植群紋理特徵，無法進行較細類別之區分；航空測量之尺度介於地面調查與衛星遙測，除了具備與衛星遙測相同的光譜感測特性外，也具備表現紋理特徵之特性。

由於現行大面積資源調查及土地覆蓋型更新等，尚需倚賴大量人力進行航攝影像判釋與測繪作業，常因優秀航照判釋人才不易培訓及訓練成效不易掌握，進而影響資料品質與期程，是以有發展科技輔助森林資源調查之必要，本計畫將針對以上關鍵課題進行分析及提出解決方案。

林務局為負責本國航遙測圖資蒐集與產製之政府單位，除連年以先進數位航攝相機進行航空影像之拍攝外，亦建置有大規模之歷史航遙測影像倉儲，持續納管最新航攝影像成果，並提供各界作為判釋調查之基礎影像資料，同時支援林務局森林資源調查與檢訂調



查所需之中尺度土地覆蓋型航測資訊。如能在現有基礎上發展機器學習等技術，降低現行人工判釋圈繪作業工作量及作業時程，提高作業效率，則有機會在更穩定的資料標準及較低之人力時間成本下，加速土地覆蓋型資訊之取得、擴大國土資訊取得之範圍，進而提升空間資訊之時間向度，從而掌握變遷資訊，兼而擴大發揮航遙測影像倉儲之功能。

本計畫即基於農林航空測量所(以下簡稱農航所)之航遙測影像倉儲內之歷年巨量航攝影像，應用近年蓬勃發展之機器學習相關技術，發展航攝影像森林物件自動判釋技術，嘗試萃取森林覆蓋型、種類及變異等空間資訊，期能補足傳統人工判釋之不足，降低人為主觀判釋之差異及森林資源調查之成本，進一步經由累積時間向度之森林覆蓋空間資訊，嘗試研究特定物種之影像判釋萃取，評估作為取得植群調查相關研究所需輔助圖資之可行性。

## 二、全程計畫目標

本計畫以 3 年為期(民國 109 年至民國 111 年)，借助科技專業與學術研究，協助整合數值航遙測影像分類、機器學習等相關技術，針對符合未來應用規格之航攝影像（以地面解析度 0.5 公尺或優於 0.5 公尺，可見光、多光譜或高光譜影像等為原則），研究在現行森林資源調查架構下，提出適用於森林物件自動化判釋流程的機器學習技術並進行相關驗證，藉以評估機器學習於航攝影像自動判釋輔助森林覆蓋型人工判釋圈繪作業及特定植群分布資訊萃取之可行性。

本計畫須以機器學習演算相關技術，進行航攝影像中特徵物件萃取為主要研究方向，搭配農航所航攝巨量資料及相關地真資料，進行包含機器學習相關演算法、高速運算導入等相關測試研究，並在演算法及流程上研究效能提升方案，以加速與提升分類效果。





研究亦應就前述所發展之機器學習相關演算法，以及參考國家航遙測圖資建置情形，研擬制定相關影像特徵規格及流程規範，並以資料集或其他對應方式建置相關特徵集，以利後續長期資料蒐集與建置所需。

### 三、三年期計畫目標

#### (一) 109 年度目標 (已完成)

1. 研究區域規劃與資料蒐集
2. 航遙測影像分類技術之分析與功能評估
3. 機器學習演算法應用於航遙測影像分類之研究探討
4. 現行森林資源調查架構下以機器學習技術建置森林物件調查流程雛型
5. 教育訓練

#### (二) 110 年度目標 (已完成)

1. 研究高解析度航攝影像以機器學習技術自動化萃取森林覆蓋型之演算模式與實作資料蒐集
2. 評估機器學習相關軟體與國內高速運算資源及測試
3. 研究機器學習演算法及流程效能提升方案
4. 以機器學習技術自動萃取森林物件特徵演算法評估測試與調查流程建置
5. 投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會





### (三) 111 年度目標 (本計畫目標)

1. 實證區域規劃與資料蒐集
2. 機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化
3. 現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正
4. 機器學習應用於特定物種(銀合歡)自動化偵測之可行性評估
5. 投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會
6. 教育訓練





## 第貳章、工作範疇與預定進度

### 一、工作項目

本計畫 111 年度研究相關工作項目及內容說明如下：

#### (一) 實證區域規劃與資料蒐集

1. 持續增加不同時期之航攝影像以提升訓練樣本數量，一併蒐集目前檢訂調查作業所使用之立體像對專案，以符後續流程標準化之研究。
2. 規劃北、中、南、東 4 個區域(詳圖 3-9)之檢訂調查作業所產製立體像對專案作為辨識工具實測區域，俾以後續進行森林覆蓋型辨識及成果分析。

#### (二) 機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化

1. 延續前 2 年(民國 109、110 年)森林覆蓋型自動化萃取系統架構，規劃開發 3 個工具組成的軟體，功能包含建立以機器學習進行模型訓練、航攝影像森林覆蓋型萃取與使用者辨識編修回饋功能，俾以後續能優化機器學習之模型。
2. 進行自動化軟體開發之實作與流程標準化，包含使用圖資輸入輸出定義、工具介面設計、硬體運作環境需求確認、實作測試等細節。

#### (三) 現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正

1. 評估目前檢訂調查作業所使用之立體像對專案相關檔案加入開發軟體執行之可行性及其因應方案。
2. 規劃開發之機器學習自動化判釋森林覆蓋型之軟體可使用簡易的介面進行操作，並能融入林務局森林檢訂土地覆蓋







型數化更新作業之流程，以符農航所實際業務操作之需要。

#### (四) 機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估

1. 針對特定物種自動化偵測之可行性評估，先選擇以近期最受關注之銀合歡(*Leucaena leucocephala*)為特定物種目標，進行單一物種的辨識模型訓練、辨識成果評估。
2. 針對不同特殊樹種可沿用相似的模型架構，以便整併至森林覆蓋型辨識工具內，以滿足辨識自動化作業之需求。

#### (五) 投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會

1. 彙整 3 年計畫相關執行成果、作業技術等內容，投稿相關國內外期刊或研討會論文，與農航所相關人員為共同作者，並於文末敘明本案經費來源。

#### (六) 教育訓練

1. 經工作會議決議，已於 8 月 11 日先進行 2.5 小時之工具說明，並在接收與會人員與單位回饋後進行調整，後於 10 月 12 日與 10 月 21 日舉行兩天共 9.5 小時的教育訓練，內容為系統實作。

## 二、工作架構

本計畫 111 年度之工作架構，係延續前 2 年計畫執行架構進行擴充，以落實輔助現行作業之目標，進行森林覆蓋型辨識模型與應用工具之開發與研究。其工作項目與章節對應規劃如表 2-1 所示，整體計畫架構如圖 2-1 所示。

在「實證區域規劃與資料蒐集」中，透過實作資料蒐集，針對特定物種銀合歡進行訓練資料的擴充與更新；實證區域規劃則說明現行檢訂調查流程並規劃計畫產出工具的驗證場域。在「機器學習





之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化」與「現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正」中，詳細說明本計畫 111 年度開發的三種工具(森林覆蓋型辨識工具、專家辨識編修工具、模型優化訓練工具)，包含其目標、使用時機、介面設計、資料輸入輸出、操作方法、限制條件、環境需求與測試規劃。「機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估」中，針對銀合歡獨立訓練判釋模型，並對工具整合擴充之可行性進行評估。最終透過「投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會」曝光與「教育訓練」課程安排，達成計畫技術亮點曝光與實務應用之討論。





表 2-1 工作項目與章節對應規劃

| 工作項目                                            | 對應章節                  | 作業內容                                                                                           |
|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (一) 實證區域規劃與資料蒐集                                 | 第參章、實證區域規劃與資料蒐集       | 1. 實作資料蒐集：統整計畫所用資料，包含航攝影像、地文資料、林型圖資與新增的檢訂專案。<br>2. 實證區域規劃：說明驗證工具所需之檢訂專案篩選與應用方式說明。              |
| (二) 機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化                     | 第肆章、機器學習軟硬體標準化工具實作開發  | 1. 工具功能設計：說明因應工具使用需求之架構變更，與使用功能情境設計。<br>2. 工具開發規格：說明三個工具開發成果，包含使用介面、軟硬體規格與操作流程等。               |
| (三) 現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正 | 第伍章、機器學習系統工具應用實測與效能評估 | 1. 實證區域結果分析：透過森林覆蓋型辨識工具產出檢訂專案辨識結果並分析其結果。<br>2. 工具效能評估：說明三個工具運作效能，包含純林資料運用效益、模型運行效益查詢與辨識工具產出時效。 |
| (四) 機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估                      | 第陸章、特定物種機器學習辨識可行性評估   | 1. 銀合歡樹種辨識評估：說明特定物種自動化資料前處理、模型訓練與辨識結果分析。<br>2. 森林覆蓋型辨識工具擴充評估：說明單一特定物種自動化功能擴充。                  |
| (五) 投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會                        | 第柒章、論文投稿              | 說明完成 2 篇學刊投稿。                                                                                  |
| (六) 教育訓練                                        | 第捌章、教育訓練              | 說明完成 3 場教育訓練。                                                                                  |



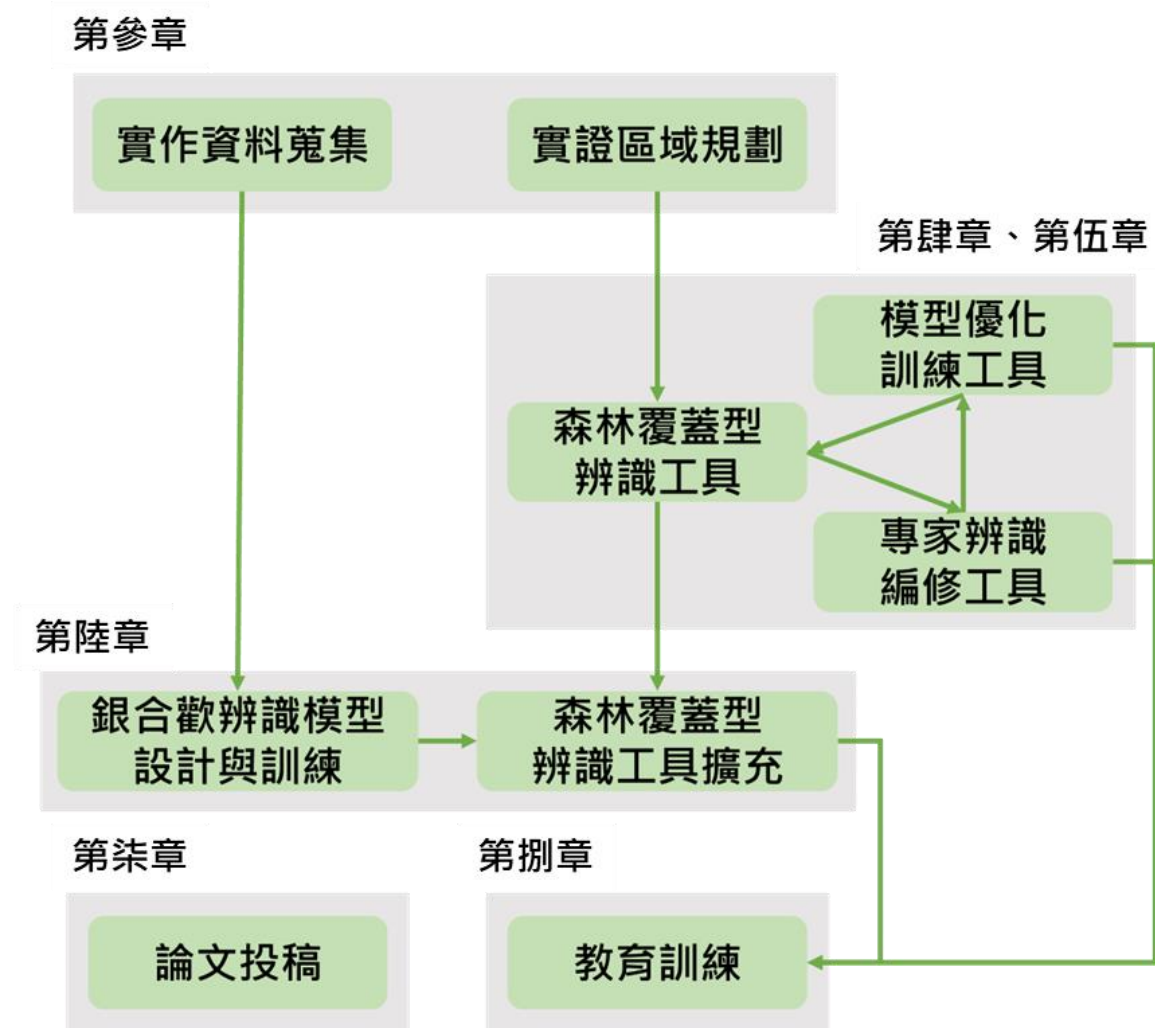


圖 2-1 整體計畫架構

### 三、工作進度說明

本計畫 111 年度研究相關工作項目與內容說明如表 2-2 所示，說明各階段之工作完成百分比，藍色部分為至期末階段實際進度；表 2-3 為本計畫 111 年度進度摘要說明，包含期中階段成果與期末階段成果。





表 2-2 實際進度表

| 工作項目      | 月次                | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11   | 12   |
|-----------|-------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
|           | 年別                | 111年度 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 月份                | 1月    | 2月  | 3月  | 4月  | 5月  | 6月  | 7月  | 8月  | 9月  | 10月 | 11月  | 12月  |
| 第參章       | 實證區域規劃與資料蒐集       |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 參之一 實作資料蒐集        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 參之二 實證區域規劃        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 第肆章       | 機器學習軟硬體標準化工具實作開發  |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 肆之一 工具功能設計        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 肆之二 工具開發規格        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 第伍章       | 機器學習系統工具應用實測與效能評估 |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 伍之一 實證區域結果分析      |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 伍之二 工具效能評估        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 第陸章       | 特定物種機器學習辨識可行性評估   |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 陸之一 銀合歡樹種辨識評估     |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 陸之二 森林覆蓋型辨識工具擴充評估 |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 第柒章       | 論文投稿              |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 柒之一 投稿2篇期刊        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 第捌章       | 教育訓練              |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|           | 捌之一 辦理至少6小時教育訓練   |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
| 預定進度累積百分比 |                   | 6%    | 15% | 25% | 35% | 45% | 60% | 70% | 80% | 90% | 95% | 100% | 100% |

工作計畫書 (02/07)      期中報告書 (06/10)      共3場教育訓練      期末報告書 (11/10)      成果報告書 (12/10)





表 2-3 本計畫 111 年度進度摘要說明

| 工作項目                                          | 期中階段成果                                                                                                                                                             | 期末成果                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、實證區域規劃與資料蒐集                                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成資料蒐集，包含 3,248 幅 DMC 影像、242 幅銀合歡調查 DMC 影像與 109 年林型暨土地覆蓋型圖資。</li> <li>2. 規劃使用檢訂專案驗證工具導入可行性，並自北中南東四區域篩選檢訂專案清單。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成 10 組檢訂調查專案蒐集，每個專案包含 5 幅 DMC 航攝影像、4 組立體影像對與 1 份五千分之一圖框林型圖層檔案。</li> </ol>                                          |
| 二、機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成所列三項工具開發。</li> <li>2. 更新模型架構，將辨識樹種的模型改為 19 個單一樹種辨識模型，有效提升模型精度，並且改善未來維護單一樹種模型的方便性。</li> </ol>                           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成所列三項工具之功能設計更新，包含模型輕量化、使用者情境、資料夾結構。</li> <li>2. 完成所列三項工具之使用介面、軟硬體規格、操作流程與相關作業手冊(使用者操作手冊、軟體安裝手冊與模型訓練手冊)。</li> </ol> |
| 三、現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成所列三項工具安裝，系統已順利安裝至農航所並成功運行。</li> </ol>                                                                                  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 實際應用森林覆蓋型辨識工具於 10 組檢訂調查專案，並分析其辨識結果。</li> <li>2. 完成所列三項工具之運作效能評估，包含純林資料運用效益、模型運行效益查詢與辨識工具產出時效。</li> </ol>            |
| 四、機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估                      | 完成銀合歡辨識模型開發。                                                                                                                                                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 運用開發工具，完成銀合歡資料前處理、辨識模型訓練，與資料驗證測試。</li> <li>2. 完成森林覆蓋型辨識工具之特定單一樹種擴充。</li> </ol>                                      |
| 五、投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 彙整 3 年計畫執行成果與作業技術，以〈基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用〉投稿至《航測及遙測學刊》。</li> </ol>                                                      | 完成兩篇文章投稿，包含《航測及遙測學刊》(審稿中)，與《空間數位生活(GeoDigital Life) 期刊》(已刊登)。                                                                                                 |
| 六、教育訓練                                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 教育訓練課程內容規劃完成，並預計於 7 月舉辦一場教育訓練，後於 10 月舉辦第二場。</li> </ol>                                                                   | 完成三場教育訓練，共計 12 小時。                                                                                                                                            |





## 第參章、實證區域規劃與資料蒐集

為了在農航所與林務局現行的森林資源調查架構下，具體實現森林物件自動化機器學習判釋之目標，巨量航攝影像(訓練資料)與林型圖框(標記資料)的解讀和使用是本計畫十分重要的一環。因此在前 2 年計畫中，已蒐集了相當數量的資料，包含 3,248 幅 DMC 航攝影像、109 年最新版的林型暨土地覆蓋型圖資(行政院農業委員會林務局，110)，以及內政部 105 年公告的 20 公尺空間解析度數值高程模型資料(Digital Elevation Model，DEM)等，每種資料都扮演不同的角色與用途，歸納說明如表 3-1 所示。

本計畫 111 年度延續 110 年度資料蒐集與使用方式，在「實作資料蒐集」主要以擴充銀合歡之 DMC 航攝影像為主，新增了 242 幅銀合歡 DMC 航攝影像，並確認相關影像確實涵蓋銀合歡圖層分布區域，藉以應用於特定物種辨識之章節。此外保留原有的林型暨土地覆蓋型圖資、地文因子產製以及光譜組合指標，應用於本計畫 111 年度之工具開發。另外透過「實證區域規劃」來說明「森林覆蓋型辨識工具」(3 工具之一)融入檢訂調查流程的具體測試規劃。





表 3-1 實作資料蒐集於模型建構過程之用途

| 資料內容            | 資料用途                                                                                                                                                                                                                             | 資料來源               |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| DMC<br>航攝影像     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用<b>專家辨識編修工具</b>進行訓練資料集屬性更新，並透過<b>模型優化訓練工具</b>進行重新訓練。</li> <li>2. 使用<b>森林覆蓋型辨識工具</b>於檢訂調查專案測試。</li> <li>3. 銀合歡特定樹種辨識模型建構。</li> <li>4. 用於光譜組合指標計算，並納入<b>模型優化訓練工具</b>進行重新訓練。</li> </ol> | 林務局<br>農林航空<br>測量所 |
| 林型暨土地<br>覆蓋型圖資  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用<b>專家辨識編修工具</b>進行訓練資料集屬性對照，並透過<b>模型優化訓練工具</b>進行重新訓練。</li> <li>2. 使用<b>森林覆蓋型辨識工具</b>於檢訂調查專案比較辨識結果差異。</li> </ol>                                                                       | 林務局<br>農林航空<br>測量所 |
| 20 公尺<br>數值高程模型 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 萃取 DEM 並產製地形因子後，透過<b>模型優化訓練工具</b>輔助模型重新訓練。</li> <li>2. 萃取 DEM 並產製地形因子後，透過<b>森林覆蓋型辨識工具</b>產出樹種辨識結果。</li> </ol>                                                                          | 內政部<br>地政司         |
| 檢訂調查<br>專案      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用<b>森林覆蓋型辨識工具</b>對檢訂調查專案進行可行性驗證與評估，並產出輔助向量圖檔供編修參考。</li> </ol>                                                                                                                         | 林務局<br>農林航空<br>測量所 |

## 一、實作資料蒐集

### (一) 銀合歡航攝影像蒐集

在探究臺灣森林資源的過程，除一般常見的林木外，也包含許多經濟價值較高的樹種，或可能造成環境破壞生態失衡的外來樹種，特定樹種的辨識與分布掌控，一直是常態森林資源調查工作中的另一項重要議題。因此，本計畫 111 年度持續使用 DMC 航攝影像作為主要的訓練資料，並指定銀合歡為特定樹種進行樹種辨識模型之驗證，藉此評估森林覆蓋型辨識工具功能擴充之可行性。

為此，本計畫 111 年度額外再取得農航所 110 年針對恆春半島銀合歡調查所拍攝的 242 幅 DMC 航攝影像，所有的影像拍攝位置分布如圖 3-1 所示，主要位於恆春半島地區，紅色圓點表示 DMC 航攝影



像的拍攝中心點，綠色色塊表示銀合歡實際分布位置，藍色方框則表示五千分之一圖幅範圍。

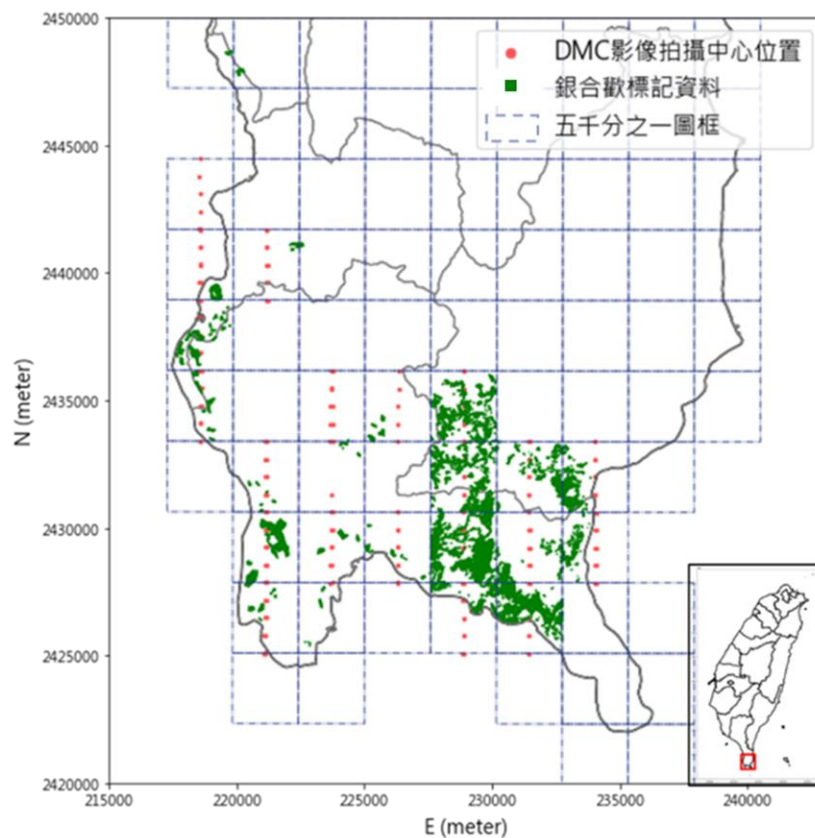


圖 3-1 本計畫 111 年度取得之恆春半島地區銀合歡相關資料分布



## (二) 現地資料蒐集

森林資源調查為提供森林資源經營之資訊來源，亦為森林經營決策之依據。近年來由於森林資源在經濟面、社會面及環境面所扮演的角色有所轉變，因此以往的各項森林資源調查是否能提供各層面之資訊需求，實有探討之必要。森林資源調查除一般學術單位或研究機關，依其需求進行森林資源資料之收集、分析、研究之外，林務局亦為業務推動建立更具系統性之調查計畫，辦理不同尺度的調查，其豐富的現地調查資料，即是機器學習模型訓練之重要學習樣本依據，配合相應的航攝影像資料，可提升本計畫模型分類之成效。

全國森林資源調查自民國 43 年以來，林業相關單位便開始執行相關計畫，以平均 15 年至 20 年的更新頻率，至今已完成了四次全國性森林資源調查。森林資源調查的成果雖能反映調查當時現況，但若無適當的後續複查規劃，其資料將隨時間遞演，逐漸與真實狀況脫節，使其成效及應用價值大為縮減，有鑑於此，除了森林資源調查外，林務局亦規劃了數次的檢訂調查作業，並定期更新林型暨土地覆蓋型圖資。

現行林型暨土地覆蓋型圖資之林型分類採三層級分類作法，除考量與國際接軌外，亦與內政部分類系統相互對應，以利成果整合及相互流通。第一層分類(IPCC1)參考政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)之規範，將土地使用分成「森林 FL」、「農田 CL」、「定居地 SL」、「草地 GL」、「濕地 WL」與「其他土地 OL」六大類別；第二層分類(IPCC2)則是依據森林經營管理需要再予以細分，其中森林依其樹種組成比例，可分為「針葉樹林型」、「闊葉樹林型」、「針闊葉樹混淆林」、「竹林」、「竹闊混淆林」、「竹針混淆林」、「竹針闊混淆林」與「待成林地」8 種林型，其中「待成林地」為有稚樹(幼樹)天然更新或新植造林地的廢耕地、伐木跡地、森林火災跡地等。分類出林型後，註記第三層分類(IPCC3)中的主要組成樹種，並以二種為限(圖 3-2 紅框處)。





| Feature          | Value                                           |
|------------------|-------------------------------------------------|
| ▼ FGDB — LandUse |                                                 |
| ▼ IPCC名稱         | 林地                                              |
| ▶ (Derived)      |                                                 |
| ▶ (Actions)      |                                                 |
| OBJECTID         | 2442116                                         |
| 航測Block編碼        | 96211065                                        |
| 圖框編碼             | 96211065                                        |
| 主要樹種百分比          | 100                                             |
| 次要樹種百分比          | 0                                               |
| IPCC名稱           | 林地                                              |
| 差異形態名稱           | 針葉樹林型                                           |
| 功能性分類代碼          | 1100                                            |
| 主要樹種             | 松樹 (二葉松、五葉松等)                                   |
| 次要樹種             | (-1)                                            |
| 使用者代碼            | 99                                              |
| IPCC分類代碼         | 1                                               |
| 數位化立體像對          | 071027h_56~0153_rgb.sup/071027h_56~0154_rgb.sup |
| 數位化單位名稱          | 東勢林管處                                           |
| 數位化人員名稱          | 黃筱佩                                             |
| 數位化單位代碼          | 03                                              |
| 是相鄰專案共...        | 1                                               |
| 檢核人員代碼           | 134                                             |
| 檢核人員             | 徐新武                                             |
| 編輯日期             | 2011-09-08 10:19:26 (台北標準時間)                    |
| 密閉度              | NULL                                            |
| 公頃材積             | NULL                                            |
| 碳存量              | NULL                                            |
| 林區               | 東勢處                                             |
| 變異類型             | NULL                                            |
| 變異原因             | NULL                                            |
| 變異說明             | NULL                                            |
| 備註               | NULL                                            |
| GlobalID         | {20183532-7AA1-48FD-AAB5-087E5BFDAF80}          |
| ImageDate        | NULL                                            |
| 檢核通過             | 1                                               |
| SHAPE_Length     | 3851.854538213377                               |
| SHAPE_Area       | 502740.1720220442                               |

Mode: Current Layer

View: Tree

圖 3-2 林型暨土地覆蓋型圖資屬性紀錄案例

綜整前期計畫成果，本計畫 111 年度維持使用 109 年產製之「林型暨土地覆蓋型圖資」作為機器學習模型之標記資料，其林地清查統計資料與林型分布如表 3-2、圖 3-3 所示。在本計畫 110 年度已自第三層分類(IPCC3)中，以涵蓋面積多寡及其特殊價值，選定 19 類樹







種進行模型訓練，在 111 年度將則以同樣的圖資應用於三項工具之開發與測試工作，包含在「森林覆蓋型辨識工具」提供辨識結果的差異圖層分析，在「專家辨識編修工具」進行訓練資料集屬性對照，以及被「模型優化訓練工具」用來進行模型的更新，詳細的應用流程與角色定義將於後續章節進行討論與說明。

表 3-2 臺灣林型面積覆蓋率統計

| 林型      | 總面積(公頃)   | 覆蓋率(%) |
|---------|-----------|--------|
| 闊葉樹林型   | 1,348,106 | 66.52  |
| 針葉樹林型   | 295,802   | 14.60  |
| 竹林      | 97,884    | 4.83   |
| 針闊葉樹混淆林 | 167,441   | 8.26   |
| 竹闊混淆林   | 89,177    | 4.40   |
| 竹針混淆林   | 673       | 0.03   |
| 竹針闊混淆林  | 209       | 0.01   |
| 待成林地    | 27,362    | 1.35   |
| 合計      | 2,026,655 | 100    |





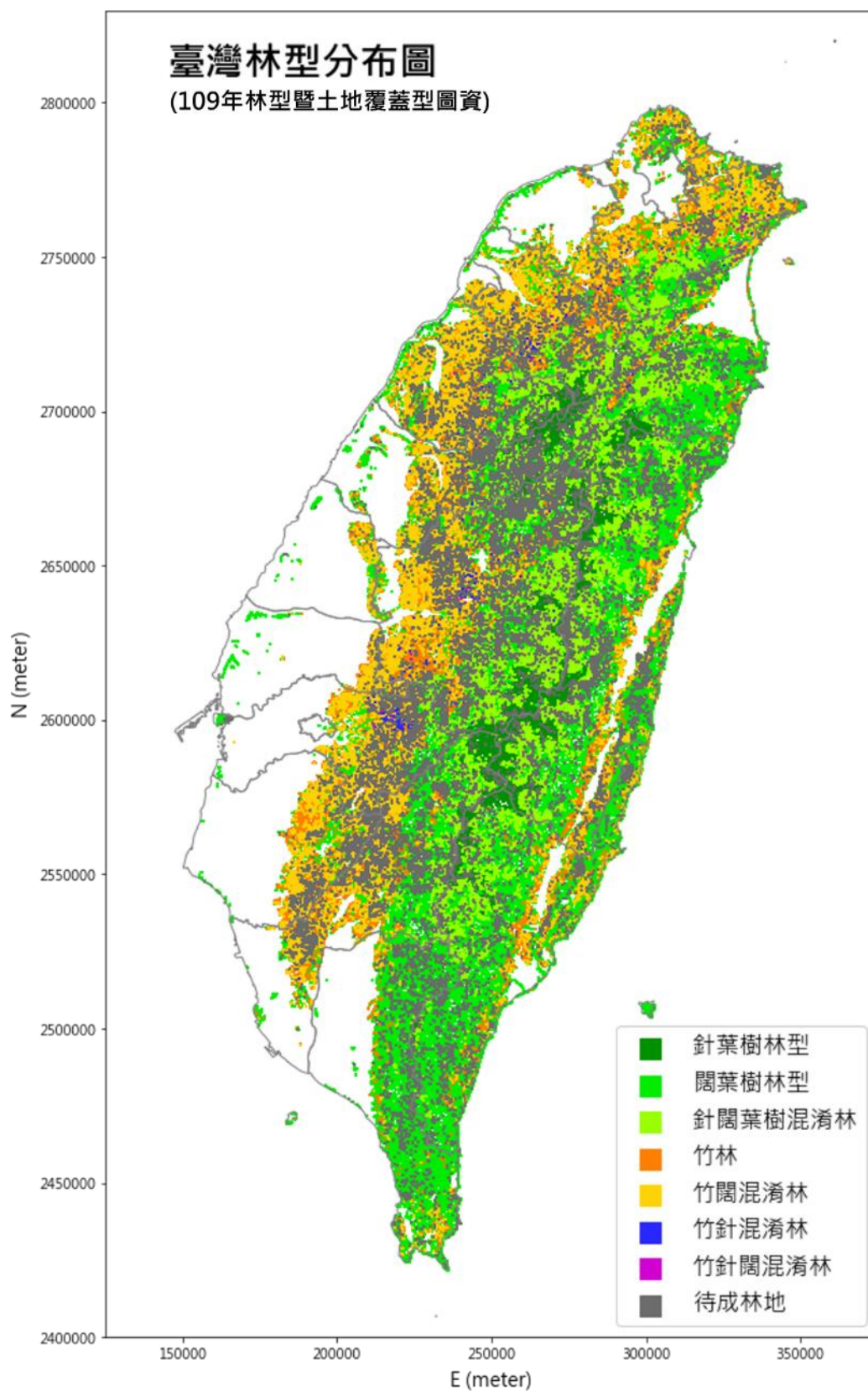


圖 3-3 台灣林型分布圖(自 109 年林型暨土地覆蓋型圖資萃取)



### (三) 其他特徵因子蒐集與計算

#### 1. 地文因子應用

數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)，一般可解釋為用數值坐標表示的地形模型，亦即用三度空間 X、Y、Z 坐標值來表示地表位置和高程的一種模式。為妥善專注於工具的開發，本計畫 111 年度延續前期成果，維持使用內政部地政司產製之免費開放 20 米 DEM 資料，並自 DEM 中萃取同樣的五種地形因子，包含坡度、坡向、粗糙度、地形位置指數與地形堅固指數(如圖 3-4)一同作為特徵參數使用，應用於「模型優化訓練工具」的模型更新訓練工作中，也在「森林覆蓋型辨識工具」中配合檢訂專案產出輔助圖資。

#### 2. 光譜因子計算

植物物種之間的光譜異質性，與植物物種的種類、外觀特徵、生理變化等現象有關，因此遙測獲得的光譜數據被認為是一種判釋植物物種多樣性的方法，在研究方面顯示出巨大潛力，更可大幅降低現場調查成本。由於植生指標種類繁多，且每一個都具有指示植物狀態的用途，不同的植生指標會因為分類的樹種與使用的模型，產生不一樣的貢獻程度。因此延續前期計畫成果中已選定的六項光譜組合指標做使用，包含 NDVI、SAVI、ARVI、ExGI、GCC 與 GLI，其指標原文(含縮寫)、計算方法與文獻出處如表 3-3 所彙整，均同樣作為特徵參數納入「模型優化訓練工具」的模型訓練更新工作中，也做為「森林覆蓋型辨識工具」之辨識特徵，配合檢訂專案產出輔助圖資。



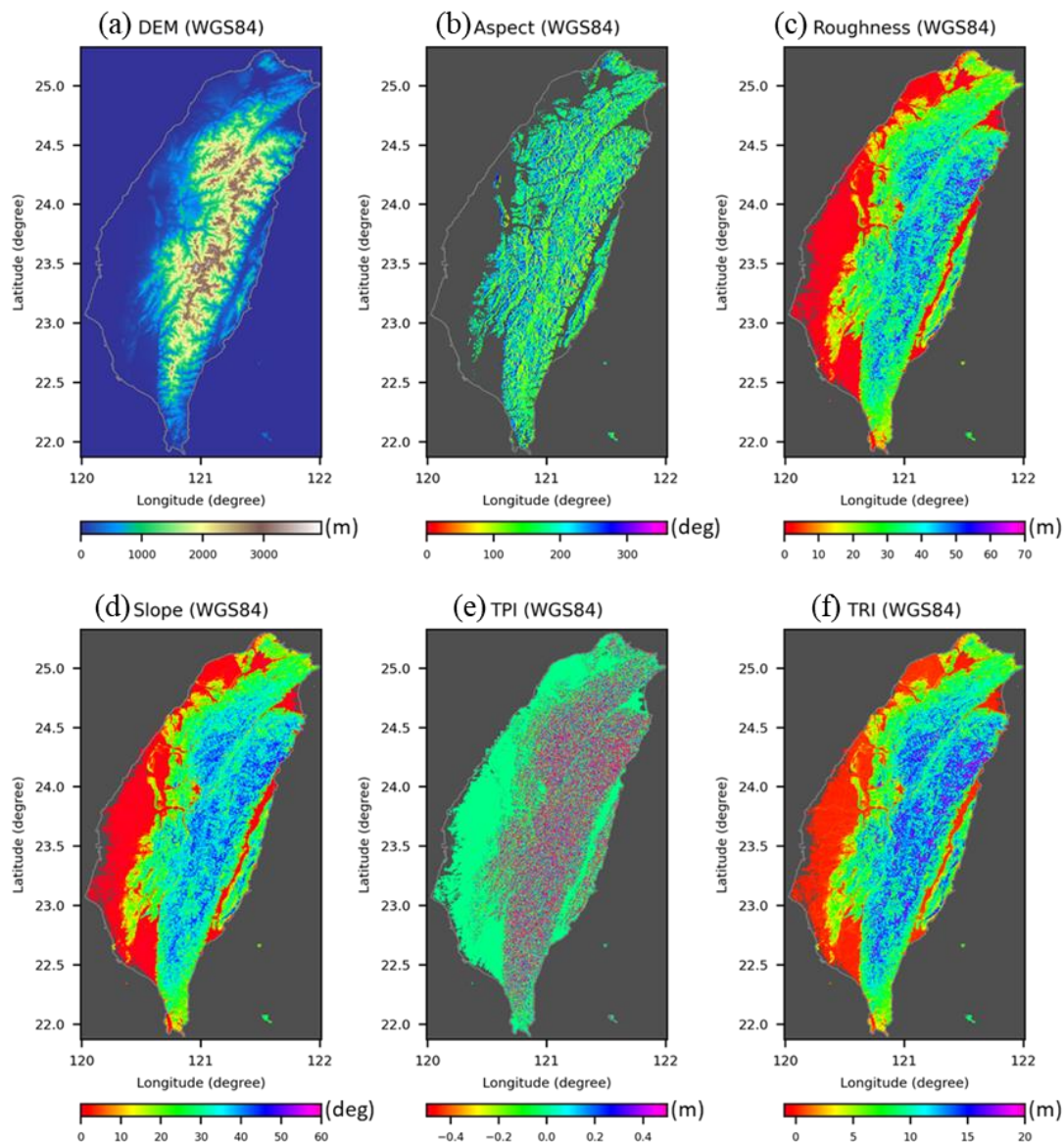


圖 3-4 本計畫產製之地文因子萃取成果圖

(a)高程 (b)坡度 (c)坡向 (d)粗糙度 (e)地形位置指數 (f)地形堅固指數



表 3-3 本計畫 111 年度所用光譜組合指標之公式與參考文獻

| 指標                                                                                                                                | 公式                                                                                                              | 參考文獻                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)                                                                                     | $NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$                                                | Tucker (民 68)                 |
| Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)                                                                                             | $SAVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red} + L} (1 + L)$                                    | Huete (民 77)                  |
| Atmospheric Reflection Vegetation Index (ARVI)                                                                                    | $ARVI = \frac{\rho_{nir} - \{\rho_{red} \cdot \rho_{blue}\}}{\rho_{nir} + \{\rho_{red} \cdot \rho_{blue}\}}$    | Kaufman and Tanre. (民 81)     |
| Excess Green Index (ExGI)                                                                                                         | $ExGI = 2 \cdot \rho_{green} - (\rho_{red} + \rho_{blue})$                                                      | Larrinaga and Brotons (民 108) |
| Green Chromatic Coordinate (GCC)                                                                                                  | $GCC = \frac{\rho_{green}}{\rho_{green} + \rho_{red} + \rho_{blue}}$                                            | Sonnentag et al. (民 101)      |
| Green Leaf Index (GLI)                                                                                                            | $GLI = \frac{2 \cdot \rho_{green} - \rho_{red} - \rho_{blue}}{2 \cdot \rho_{green} + \rho_{red} + \rho_{blue}}$ | Louhaichi et al. (民 90)       |
| $\rho_{blue}$ ：藍光波段<br>$\rho_{green}$ ：綠光波段<br>$\rho_{red}$ ：紅光波段<br>$\rho_{nir}$ ：近紅外光波段<br>SAVI 中的 L 是最小化土壤反射影響的修正參數，一般設定為 0.5。 |                                                                                                                 |                               |

## 二、實證區域規劃

繼資料蒐集之後，本節將說明現有的檢訂調查流程，包含編修方法與使用到的工具，並說明本計畫 111 年度開發的「森林覆蓋型辨識工具」如何應用於既有流程。前期計畫中「森林覆蓋型辨識工具」已被定義用來產製機器學習辨識模型，透過輸入航攝影像，來取得樹種與林型之辨識結果，並提供對等範圍之地理資訊圖層，直接應用於檢訂調查流程圖層編修之建議。因此本節先行說明檢訂調查流程，以及「森林覆蓋型辨識工具」的導入方式，再藉由實證區域篩選，說明如何選擇合適的案例檔案，驗證該工具模型表現與其應用可行性，並作出符合實務應用的調整與優化。





## (一) 檢訂調查流程說明與工具導入

森林資源調查資料量極為龐大，林型圖資容納上百萬筆的資料，整合清查難度極高。因此在 104 年完成第四次全國森林資源調查(行政院農業委員會林務局，105)後，林務局即規劃建立長期森林資源監測體系，透過定期的檢訂調查來更新森林資源狀況，並以 5 年為單位發布《全國暨各林區森林資源狀況報告》。檢訂調查是以專案為單位進行作業，每五年更新一次，每個專案的範圍為一個五千分之一相片基本圖圖幅。回歸實際的檢訂調查作業流程，在多次訪談會議中綜整之結果如圖 3-5 所示，首先由專案管理人員負責領取預計進行編修的檢訂調查專案，以及最近一次編修過的林型 shapefile 檔案(.shp 格式，為儲存地理空間資料開放格式，以下簡稱 SHP)。接著由影像處理人員接續協助篩選一套可涵蓋整個專案範圍的 5 張無雲 DMC 航攝影像，並產出 4 組的立體影像對提供影像判釋人員使用。圖 3-6 為檢訂調查專案管理示意圖，圖中的黃色區域是專案管理人員可選擇的專案圖框，當某一專案管理人員領取一個專案時，被選取的專案圖框就會變成藍色，此時其周圍的 8 格圖框就會變成紅色，而且圖框會被鎖定以致無法領取專案進行更新。此一設計主要用來避免影像判釋人員同時編修相鄰專案時，橫跨專案邊緣的圖徵無法順利拼接，導致相鄰圖徵產生不連續或屬性錯誤的問題。完成更新的專案順利上傳後，專案圖框才會轉換標示為黃色。

過去農航所為了縮短資料傳遞所需時間，會將檢訂專案內的 DMC 航攝影像色彩深度從 16bit 降至 8bit，同時移除 NIR 波段後才提供。完整的檢訂調查專案包含了 5 張無雲的 DMC 航攝影像、4 組的立體影像對，以及最近一次編修過的林型 SHP 一份(圖 3-7)。

影像判釋人員取得檢訂專案後，透過 ArcGIS 軟體搭配 SAFA 程式與 PLANAR SD2020 立體顯示螢幕，建構三維航攝立體判釋及數化系統(圖 3-8)，檢查新取得的立體影像對來確認 SHP 的圖徵屬性是否有所變化，若有發生變化係以更新其屬性，或將圖徵進行分割；若沒有發生變化則不需要更動任何圖徵。影像判釋人員作業完成後



會再進行二次檢查，確保資料無誤後再由專案管理人員協助將林型 SHP 上傳至系統完成檢訂調查專案的更新作業。

本計畫 111 年度使用的土地覆蓋型圖資，即是於 109 年完成更新的最新成果。然而，為了在這樣的流程現況導入工具，勢必調整既有作業流程，影像處理人員需先行保留完整顏色深度與波段的 DMC 航攝影像，操作「森林覆蓋型辨識工具」以獲取本計畫「森林覆蓋型辨識工具」產出之辨識結果，而產出的 SHP 則再連同原有的圖資，供應給影像判釋人員使用，相關操作細節除了於後續章節說明，亦會透過教育訓練的辦理來落實工具之導入。

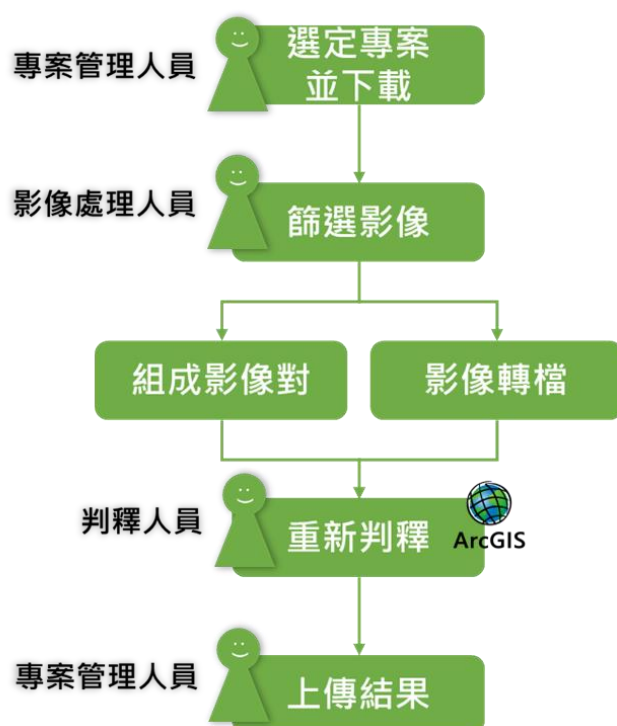


圖 3-5 檢訂調查專案作業流程與導入規劃





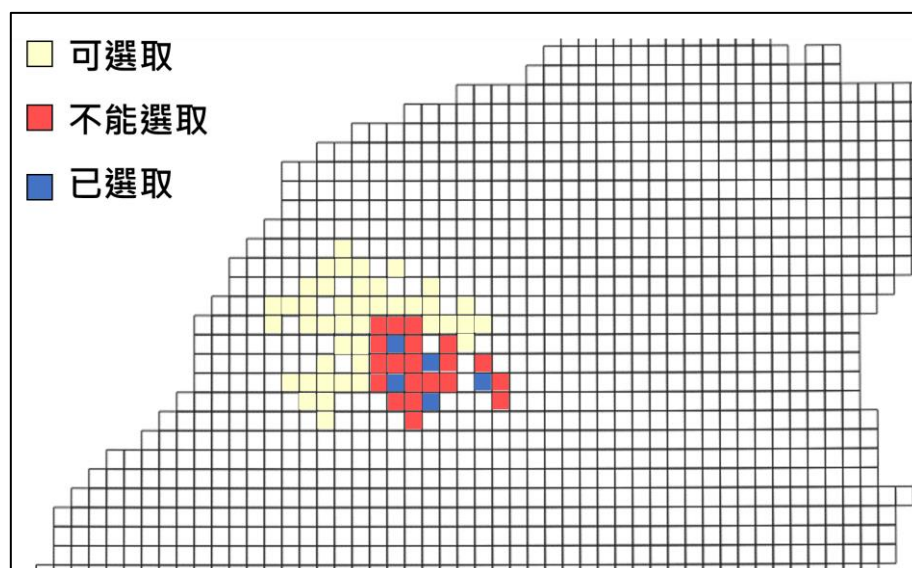


圖 3-6 檢訂調查專案管理示意圖

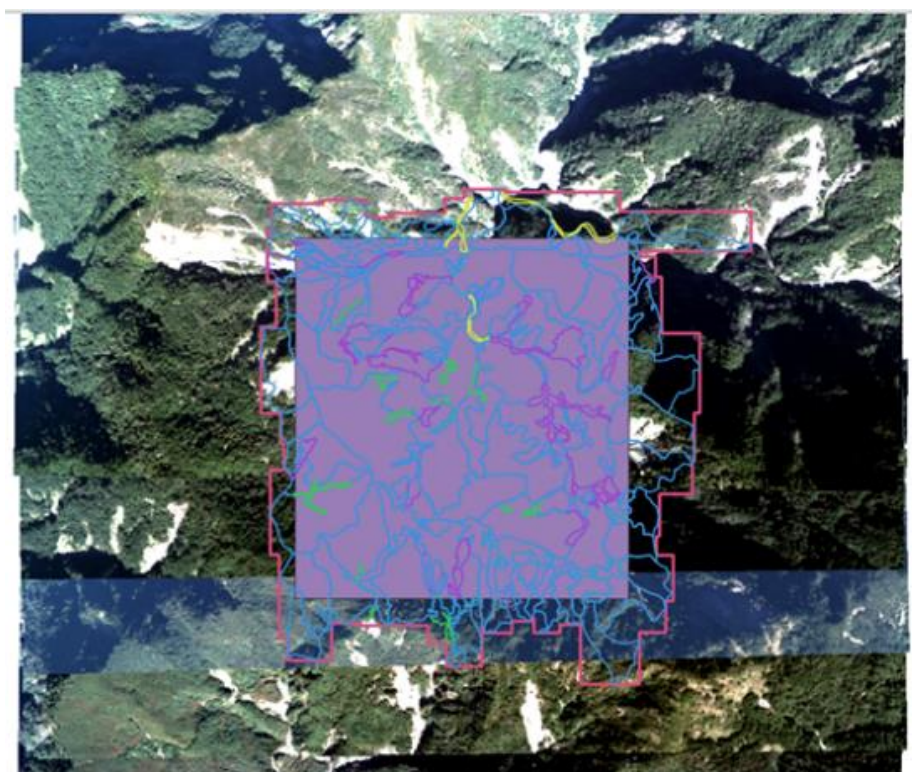


圖 3-7 檢訂調查專案內含航攝影像與 SHP 圖層清單案例



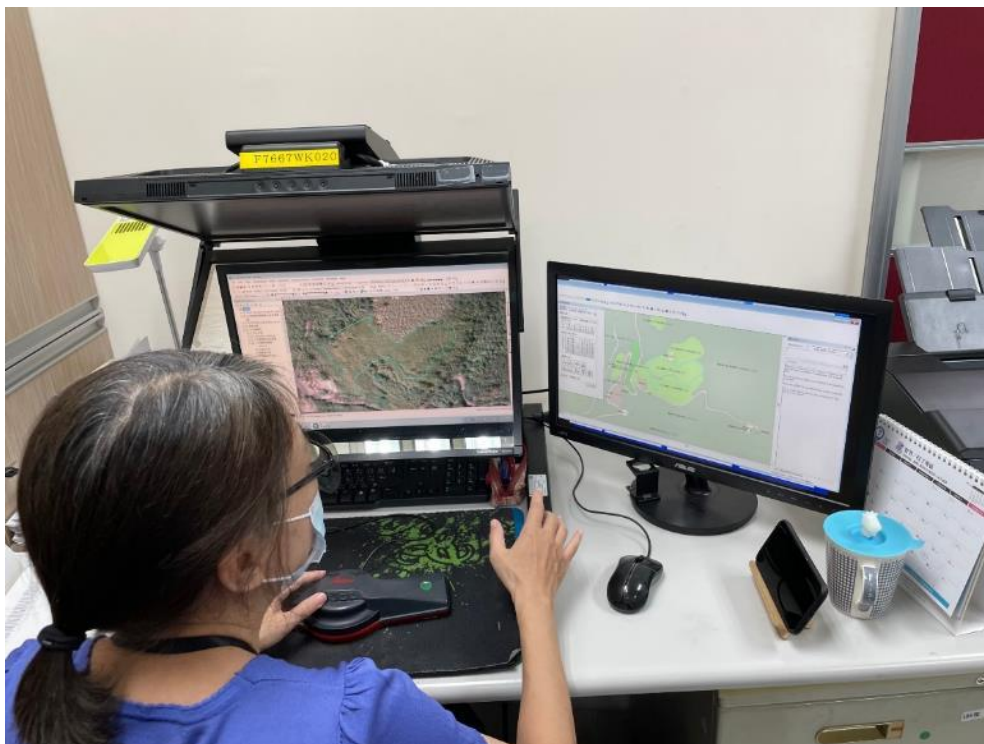


圖 3-8 判釋人員利用立體像對編修檢訂調查專案



## (二) 實證區域篩選

本計畫 111 年度規劃透過實證區域，確保計畫產出的工具符合既有的檢訂調查專案流程，並驗證辨識結果的正確性。對此，本計畫 111 年度將檢訂調查專案依縣市界線，分為北中南東四個區域。北部區域包含台北、新北、基隆、桃園、新竹與宜蘭；中部區域包含苗栗、台中、彰化、南投與雲林；南部區域則有嘉義、台南、高雄與屏東；最後的東部區域則包含了花蓮以及台東，範圍如圖 3-9 所示，紅色圖框則是本計畫 3,248 幅 DMC 航攝影像拍攝位置。

為了最大化滿足實證區域驗證之多樣性需求，本計畫 111 年度優先篩選同時包含了針葉林、闊葉林、竹林林型的檢訂調查專案，接著考慮林地區域特性，再由北中南東四個區域進行挑選。由於期中階段挑選的 8 個檢訂調查專案未能涵蓋大部分的 19 種目標樹種，因此在期末階段額外增加 2 組針葉林檢訂調查專案，總計 10 組(表 3-4)分布位置如圖 3-10 所示。而實證區域的驗證做法與先前模型訓練的做法一致，採用混淆矩陣進行不同精度的計算，包含使用者精度 (User's Accuracy, UA)、生產者精度 (Producer's Accuracy, PA)、整體精度 (Overall Accuracy, OA) 與 Kappa 指標(如表 3-5)，計算方法如式 3-1 至式 3-4 所示。





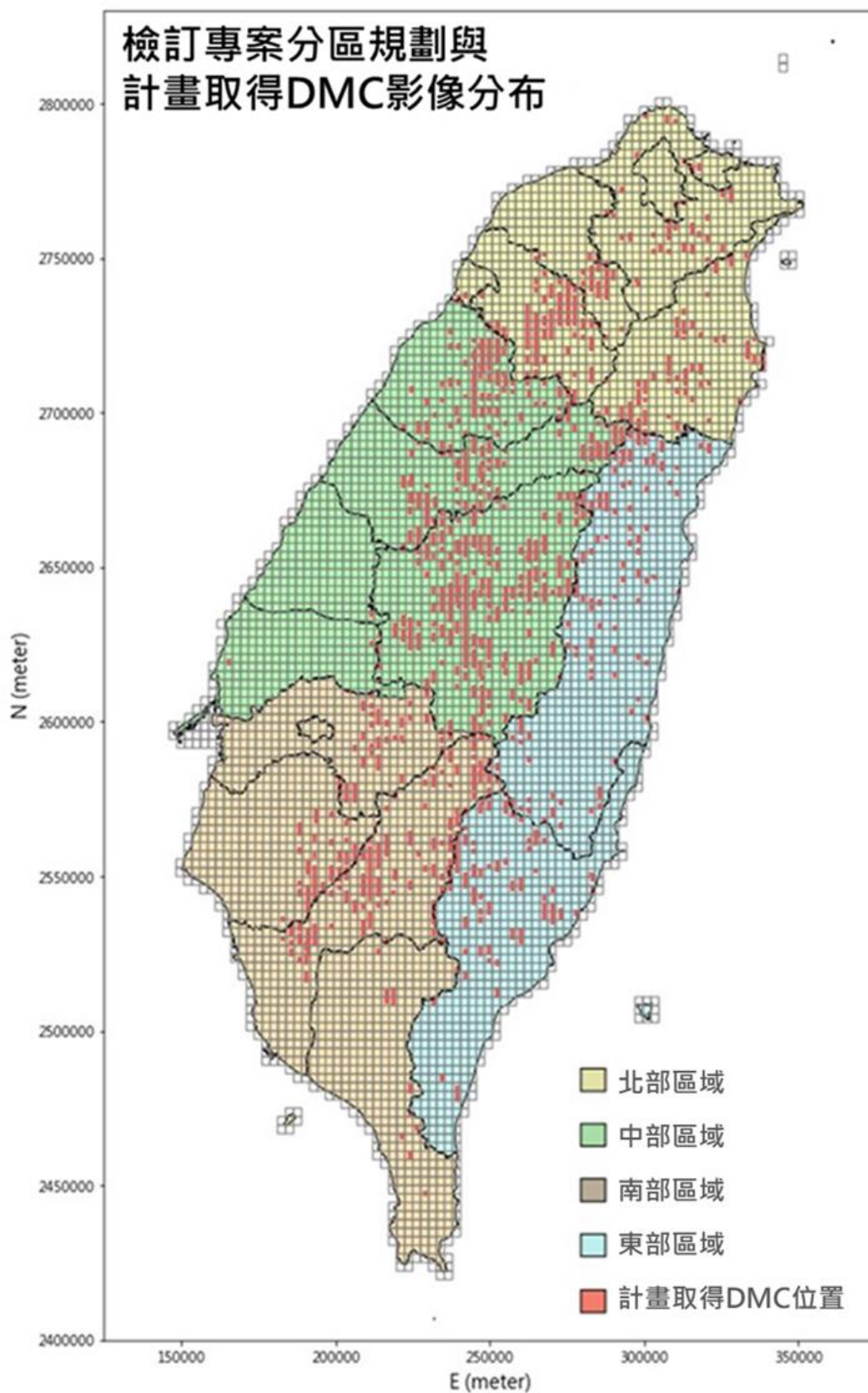


圖 3-9 本計畫取得之 DMC 航攝影像位置與檢訂專案分區規劃



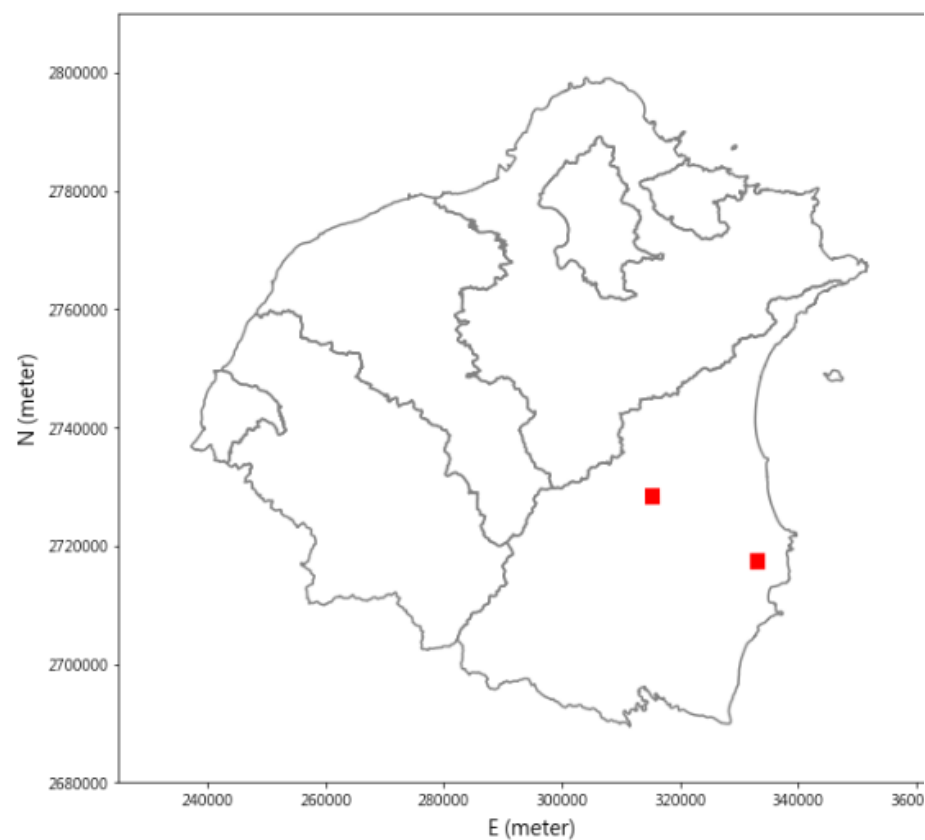


表 3-4 本計畫 111 年度實證區域所需之檢訂調查專案篩選

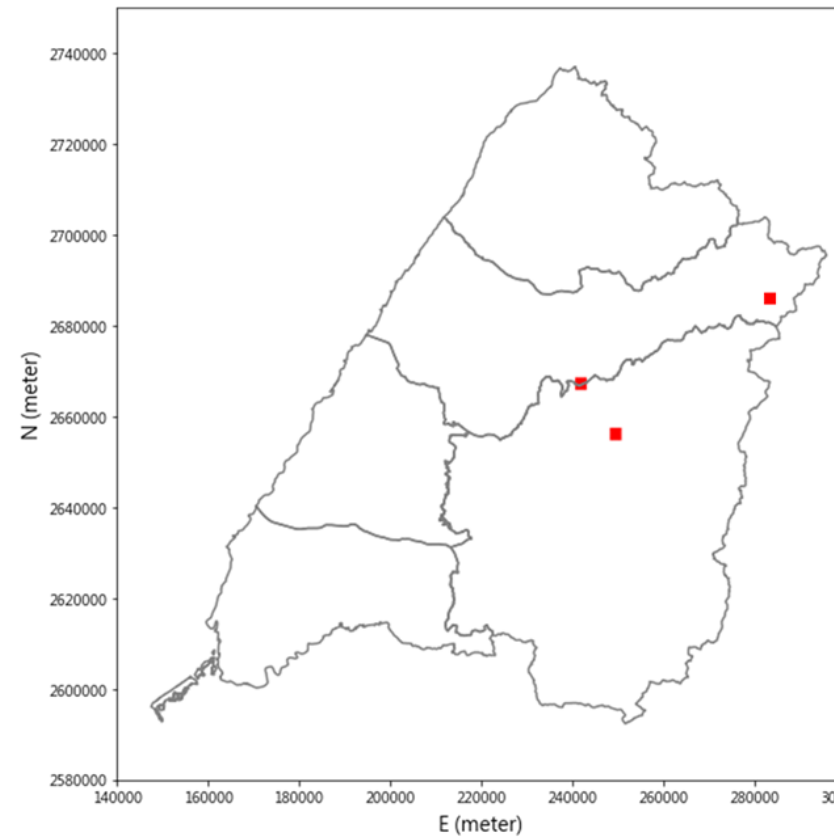
| 項次 | 檢訂調查專案編號 | 實證區域 | 主要樹種(不包含其他針與其他闊)                            |
|----|----------|------|---------------------------------------------|
| 1  | 97222073 | 北部   | 柳杉、臺灣赤楊                                     |
| 2  | 97223036 | 北部   | 臺灣肖楠、單桿狀竹、叢生狀竹                              |
| 3  | 95212057 | 中部   | 臺灣肖楠、松樹(二葉松、五葉松等)、杉木(巒大杉、杉木等)、臺灣檫、叢生狀竹、單桿狀竹 |
| 4  | 95212100 | 中部   | 杉木(巒大杉、杉木等)、臺灣杉、臺灣肖楠、柳杉、松樹(二葉松、五葉松等)、叢生狀竹   |
| 5  | 96212035 | 中部   | 冷杉、鐵杉、松樹(二葉松、五葉松等)                          |
| 6  | 95194023 | 南部   | 臺灣肖楠、叢生狀竹、單桿狀竹                              |
| 7  | 95203095 | 南部   | 杉木(巒大杉、杉木等)、叢生狀竹、單桿狀竹                       |
| 8  | 96184018 | 東部   | 臺灣肖楠、銀合歡、叢生狀竹                               |
| 9  | 96184043 | 東部   | 臺灣肖楠、臺灣杉、叢生狀竹、單桿狀竹                          |
| 10 | 96211083 | 東部   | 冷杉、鐵杉、松樹(二葉松、五葉松等)                          |







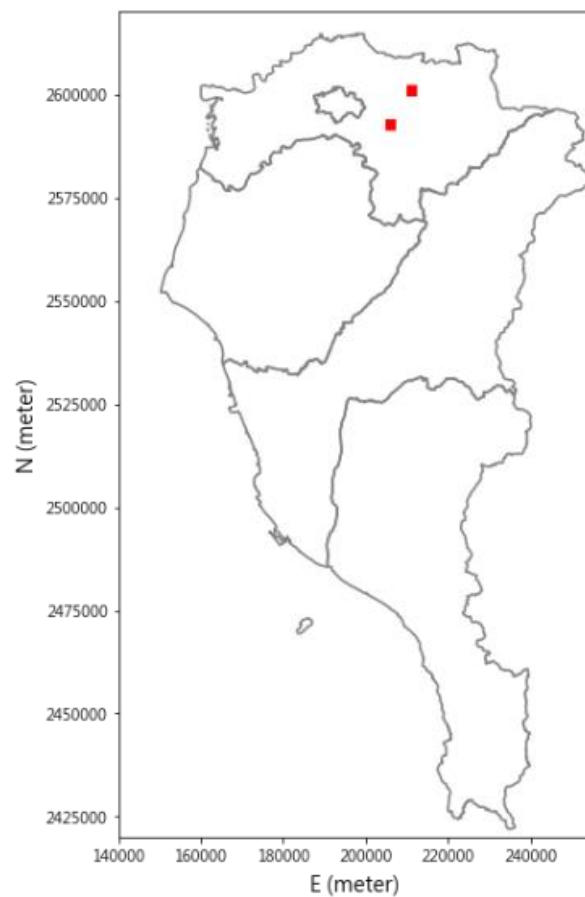
北部檢訂調查專案(2組)



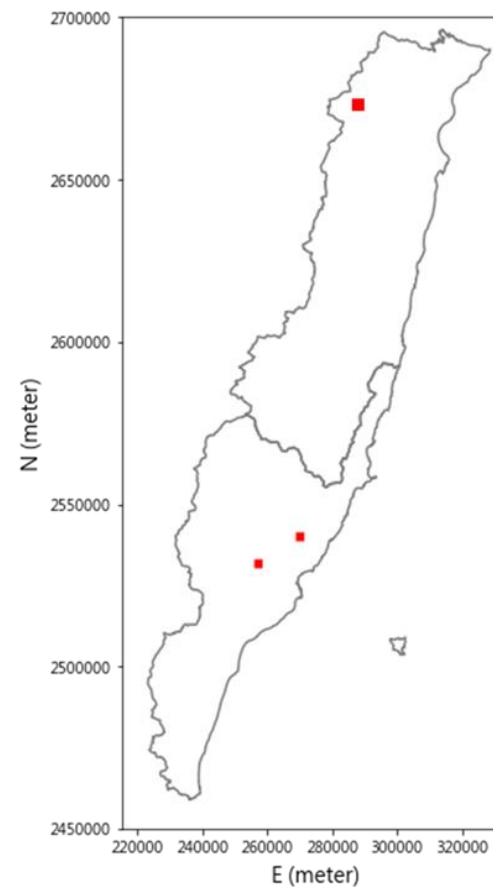
中部檢訂調查專案(3組)

圖 3-10 各區檢訂調查專案分布圖(1/2)





南部檢訂調查專案(2組)



東部檢訂調查專案(3組)

圖 3-10 各區檢訂調查專案分布圖(2/2)





表 3-5 誤差矩陣對照表

| 誤差矩陣    |          | 分類成果     |            |          |          |
|---------|----------|----------|------------|----------|----------|
|         |          | 類別 1     | ...        | 類別 N     | 生產者精度：PA |
| 現地資料    | 類別 1     | $X_{11}$ | ...        | $X_{1N}$ | $PA_1$   |
|         | ⋮        | ⋮        | ⋱          | ⋮        | ⋮        |
|         | 類別 N     | $X_{N1}$ | ...        | $X_{NN}$ | $PA_N$   |
|         | 使用者精度：UA | $UA_1$   | ...        | $UA_N$   | -        |
| 整體精度：OA |          |          | Kappa 指標：K |          |          |

$$PA_i = \frac{X_{ii}}{X_{i1} + \dots + X_{iN}}$$

式 3-1

$$UA_i = \frac{X_{ii}}{X_{1i} + \dots + X_{Ni}}$$

式 3-2

$$OA = \frac{X_{11} + X_{22} + \dots + X_{NN}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_{ij}}$$

式 3-3

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c}, \text{ 其中 } P_0 = OA,$$

$$P_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_{ij}} \sum_{k=1}^N \left( \frac{X_{kk}}{PA_k} \times \frac{X_{kk}}{UA_k} \right)$$

式 3-4



## 第肆章、機器學習軟硬體標準化工具實作開發

本計畫基於機器學習模型訓練流程進行輔助架構之擴充，藉此應用於實際的人工編修作業之中。為了達成上述之目的，在 109 與 110 年度計畫中，執行團隊與農航所歷經多次需求訪談討論，並了解實務操作過程。除了深入瞭解現行編修作業流程與操作原則外，也多次討論本計畫訓練出的機器學習判釋模型，如何在輔助辨識的同時，又不會額外造成業務執行的困擾，並達成優化操作之目標。

對此，本計畫 111 年度規劃開發 3 個工具，並將其製作成執行檔，藉由單一介面選擇欲執行的工具任務，包含「森林覆蓋型辨識工具」、「專家辨識編修工具」以及「模型優化訓練工具」。透過機器學習架構流程圖可說明(圖 4-1)，3 個工具之間的操作關聯性與資料串接關係，首先由「專家辨識編修工具」進行資料蒐集並整理成可供模型訓練的訓練資料集，透過人工辨識來提升訓練樣本正確性；「模型優化訓練工具」使用準備好的訓練資料集進行模型更新訓練；模型訓練完成後，「森林覆蓋型辨識工具」即可使用該模型進行檢訂專案航攝影像辨識，產出結果則交由農航所影像辨識人員進行參考編修，編修完成的圖資可再透過檔案匯入的方式擴大蒐集訓練資料集，以便在下一次的模型優化工作中提升新模型的預測準確性，透過持續性的資料累積逐步提升模型的可用性。

因此本章節針對模組化的工具說明功能設計，包含模型輕量化、使用情境與資料夾結構，同時更進一步說明各工具功能規格，做為未來工具操作使用之參考。



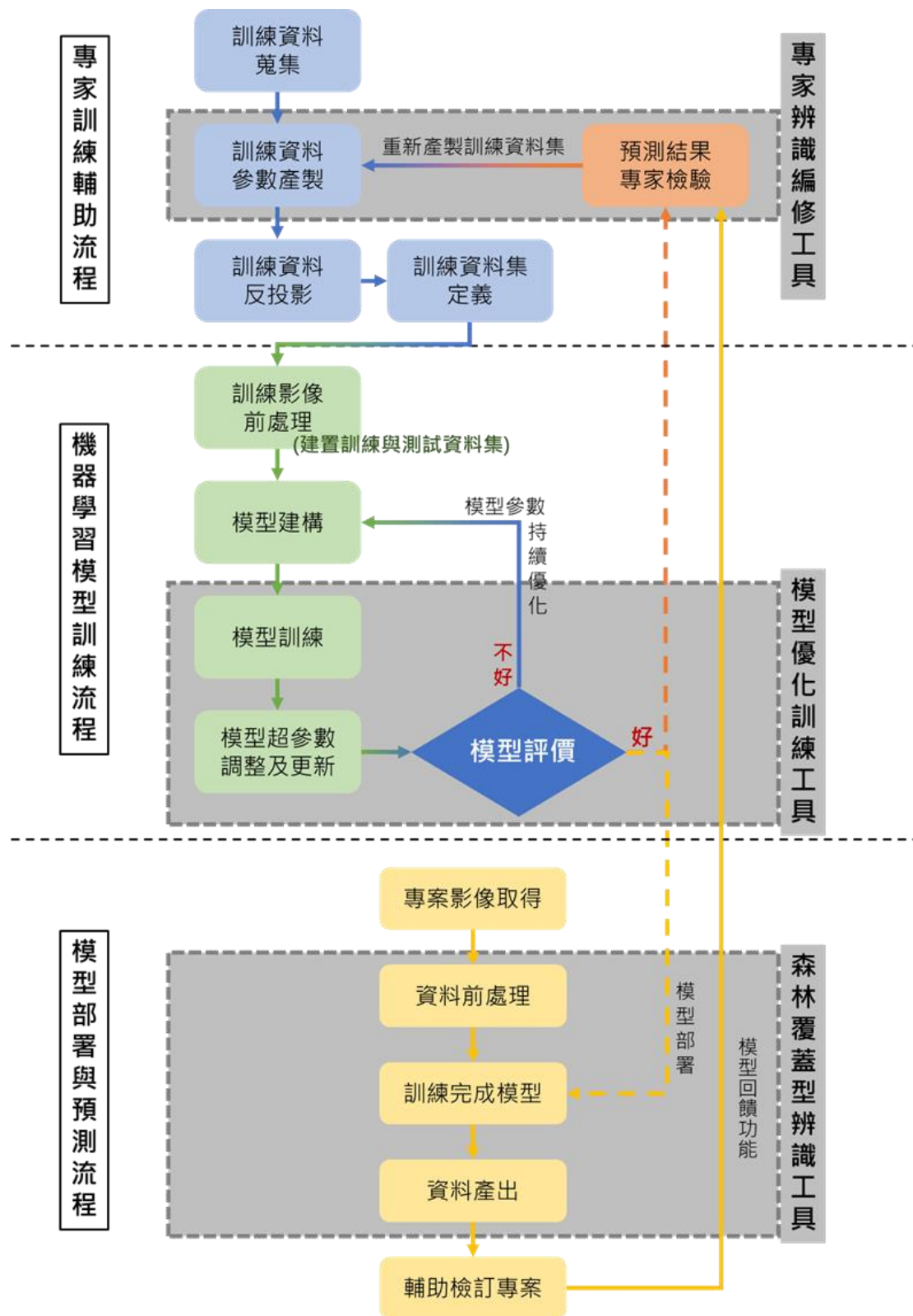


圖 4-1 機器學習架構流程與工具扮演角色





## 一、工具功能設計

為了強化辨識工具的運作表現與實務應用之價值，本計畫 111 年度首先針對模型訓練與辨識之效率進行改善，藉由使用情境設計強化工具功能設計之構想，並對應到資料夾結構設計，以協助使用者更加了解資料輸入、輸出與檔案格式之設計。

### (一) 模型輕量化調整

由於本計畫 110 年度的模型架構在執行模型訓練時，係將 19 類樹種影像混入同一個模型中同時進行訓練，太多辨識標的同時輸入模型，導致無法精準抓住每種樹種的特徵，再加上樹種樣本資料分布本身就不平均，導致模型在學習時有所差距，進一步影響模型訓練的精度，進而導致模型評價結果可能有所偏頗。因此執行團隊在拜會林試所的林奐宇博士，探討模型工具設計與樹種影像辨識之經驗之後。選擇改以單一樹種辨識的做法，讓一個模型只學習一種辨識標的，並逐一完成 19 個模型訓練再透過程式進行整合，維持與舊版模型相同的輸入與輸出。

單一樹種辨識模型除了大幅減少模型長時間佔用硬體資源的問題，每一個樹種模型也可以單獨更新，而不影響其他樹種表現。有關新舊版模型之比較如表 4-1 所示，以下將針對其優勢與改善成果加以說明。



表 4-1 新舊模型規格對照表

|       | 110 年度計畫(舊版)                                                                                                                                       | 111 年度計畫(新版)                                                                                                                                       |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 模型架構  | CNN 與 DNN                                                                                                                                          | CNN 與 DNN                                                                                                                                          |
| 特徵數量  | 16 個                                                                                                                                               | 16 個                                                                                                                                               |
| 特徵清單  | 1.影像波段 4 項參數 Red、Green、Blue 與 NIR。<br>2.地文因子 6 項參數 DEM、Slope、Aspect、Roughness、TPI 與 TRI。<br>3.光譜組合指標 6 項參數 NDVI、SAVI、ARVI、ExGI、GCC 與 GLI。          | 1.影像波段 4 項參數 Red、Green、Blue 與 NIR。<br>2.地文因子 6 項參數 DEM、Slope、Aspect、Roughness、TPI 與 TRI。<br>3.光譜組合指標 6 項參數 NDVI、SAVI、ARVI、ExGI、GCC 與 GLI。          |
| 辨識種類  | 19 種                                                                                                                                               | 19 種                                                                                                                                               |
| 樹種清單  | 1.針葉林種 9 種，包含冷杉、鐵杉、檜木(紅檜、扁柏)、臺灣杉、杉木(巒大杉、杉木等)、臺灣肖楠、柳杉、松樹(二葉松、五葉松等)與其他針。<br>2.闊葉林種 8 種，包含相思樹、大葉桃花心木、臺灣赤楊、銀合歡、光臘樹、臺灣欒、木油桐與其他闊。<br>3.竹類 2 種，叢生狀竹與單桿狀竹。 | 1.針葉林種 9 種，包含冷杉、鐵杉、檜木(紅檜、扁柏)、臺灣杉、杉木(巒大杉、杉木等)、臺灣肖楠、柳杉、松樹(二葉松、五葉松等)與其他針。<br>2.闊葉林種 8 種，包含相思樹、大葉桃花心木、臺灣赤楊、銀合歡、光臘樹、臺灣欒、木油桐與其他闊。<br>3.竹類 2 種，叢生狀竹與單桿狀竹。 |
| 模型數量  | 1 個                                                                                                                                                | 19 個                                                                                                                                               |
| 辨識標的  | 一次辨識 19 種樹種                                                                                                                                        | 19 種樹種分別進行辨識                                                                                                                                       |
| 訓練集設計 | 19 種樹種各自分類，並使用於唯一的模型訓練                                                                                                                             | 19 種樹種逐一分為目標樹種與非目標樹種，各自做訓練                                                                                                                         |
| 優點    | 1.資料集設計架構單純                                                                                                                                        | 1.個別訓練訓練時間短<br>2.模型精度不相互影響                                                                                                                         |
| 缺點    | 1.模型訓練精度不穩定<br>2.單次模型更新時間長                                                                                                                         | 1.資料集設計架構複雜                                                                                                                                        |
| 測試集精度 | 73.0% (整體精度)                                                                                                                                       | 74.6% (整體精度)                                                                                                                                       |
| Kappa | 0.70                                                                                                                                               | 0.74                                                                                                                                               |



## 1. 訓練資料集設計改善

鑒於模型架構的調整，訓練資料集的設計也必須有所更動，19 個模型需準備各自的訓練資料集，從既有的訓練資料集中作挑選，並以 1:2 的比例將其分為目標樹種與非目標樹種兩類。假若一目標樹種的樣本數量共計 8,933 張，此時非目標樹種的樣本將從另外其他 18 類的樹種樣本中抽取目標樹種的兩倍數量(17,866 張)來組成訓練資料集，並且以此類推完成 19 個模型所需的訓練資料集篩選。

## 2. 模型評價結果更新

為確保新版辨識模型的表現能維持一定水準，本計畫 111 年度維持相同的評價機制進行模型分析，其辨識結果之誤差矩陣統計如表 4-2 所示。測試方法為 19 種樹種各自隨機抽取 500 筆樣本，其中目標樹種至少需超過 300 筆，統計模型對測試資料的辨識結果，並整理成誤差矩陣。以冷杉辨識結果為例，真陽(True Positive) 代表在 500 筆冷杉資料中共有 246 筆資料被正確辨識為冷杉；偽陽(False Positive)有 12 筆代表被模型辨識為冷杉，但真實資料不是冷杉的結果；真陰(True Negative)的 167 筆則代表模型正確辨識為非冷杉，而偽陰(False Negative)的 75 筆代表被模型漏判的冷杉樣本。

統計出各自的生產者精度(PA)、使用者精度(UA)、整體精度(OA)與 Kappa 指標後，計算整體算術平均精度來做最後的評價比較。基本上各類樹種的整體精度介於 53.0%~84.6%之間，經算術平均後所得**整體精度為 74.6%**，**平均 Kappa 值則為 0.74**。相較於舊版辨識模型 73.0%的整體精度與 0.70 的 Kappa 值都有略高的表現。

為了確認實際樣本的辨識分類之情形，以更嚴謹的做法進行交叉測試驗證，方法為從 19 類樹種各隨機挑 100 筆測試樣本資料，總計 1900 筆，逐一將每種樹種輸入到各模型中進行重複





辨識，辨識結果整理如表 4-3，表中數字為被分類成該類的樣本數，黃色標記的數值為該樹種模型被正確辨識的個數。從辨識結果來看，生產者精度(PA)顯示部分樹種有被錯誤分類的情形(如臺灣杉、臺灣肖楠與叢生狀竹等)，但有超過一半樹種正確率在 70% 以上；使用者精度(UA)顯示部分模型有誤判的情形(如台灣杉、臺灣肖楠、光臘樹與台灣櫟等)，但仍有過半模型的正確率達 70% 以上。計算此次模型交叉測試之預測結果**整體精度約為 65.8%**。

表 4-2 測試資料集預測結果

| 樹種     | 目標樹種測試樣本數 | 真陽 TP | 偽陽 FP | 真陰 TN | 偽陰 FN | 測試資料數量 | 生產者精度 PA | 使用者精度 UA | 整體精度 OA | Kappa |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|----------|---------|-------|
| 冷杉     | 319       | 246   | 12    | 167   | 75    | 500    | 95.3%    | 76.6%    | 82.6%   | 0.82  |
| 鐵杉     | 303       | 148   | 8     | 173   | 171   | 500    | 94.9%    | 46.4%    | 64.2%   | 0.63  |
| 檜木     | 317       | 271   | 137   | 46    | 46    | 500    | 66.4%    | 85.5%    | 63.4%   | 0.62  |
| 臺灣杉    | 302       | 301   | 127   | 72    | 0     | 500    | 70.3%    | 100.0%   | 74.6%   | 0.74  |
| 杉木     | 303       | 310   | 110   | 80    | 0     | 500    | 73.8%    | 100.0%   | 78.0%   | 0.77  |
| 臺灣肖楠   | 318       | 300   | 128   | 72    | 0     | 500    | 70.1%    | 100.0%   | 74.4%   | 0.74  |
| 柳杉     | 315       | 315   | 112   | 73    | 0     | 500    | 73.8%    | 100.0%   | 77.6%   | 0.77  |
| 松樹     | 300       | 264   | 116   | 69    | 51    | 500    | 69.5%    | 83.8%    | 66.6%   | 0.66  |
| 其他針    | 312       | 217   | 149   | 48    | 86    | 500    | 59.3%    | 71.6%    | 53.0%   | 0.52  |
| 相思樹    | 312       | 314   | 112   | 74    | 0     | 500    | 73.7%    | 100.0%   | 77.6%   | 0.77  |
| 大葉桃花心木 | 313       | 294   | 94    | 106   | 6     | 500    | 75.8%    | 98.0%    | 80.0%   | 0.79  |
| 臺灣赤楊   | 324       | 297   | 132   | 66    | 5     | 500    | 69.2%    | 98.3%    | 72.6%   | 0.72  |
| 銀合歡    | 304       | 320   | 88    | 92    | 0     | 500    | 78.4%    | 100.0%   | 82.4%   | 0.82  |
| 光臘樹    | 313       | 301   | 122   | 77    | 0     | 500    | 71.2%    | 100.0%   | 75.6%   | 0.75  |





|      |     |     |     |     |   |     |       |        |       |      |
|------|-----|-----|-----|-----|---|-----|-------|--------|-------|------|
| 臺灣櫟  | 322 | 304 | 116 | 80  | 0 | 500 | 72.4% | 100.0% | 76.8% | 0.76 |
| 木油桐  | 318 | 300 | 118 | 82  | 0 | 500 | 71.8% | 100.0% | 76.4% | 0.76 |
| 其他闊  | 314 | 318 | 77  | 105 | 0 | 500 | 80.5% | 100.0% | 84.6% | 0.84 |
| 單桿狀竹 | 317 | 315 | 101 | 84  | 0 | 500 | 75.7% | 100.0% | 79.8% | 0.79 |
| 叢生狀竹 | 319 | 320 | 114 | 66  | 0 | 500 | 73.7% | 100.0% | 77.2% | 0.76 |
| 平均   |     |     |     |     |   |     | 74.5% | 92.6%  | 74.6% | 0.74 |







表 4-3 19 類樹種交叉測試統計

|      |      | 預測類別   |        |        |        |        |      |        |        |        |        |        |        |      |        |        |        |        |        |        | Sum         | PA     |
|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------|
|      |      | 冷杉     | 鐵杉     | 檜木     | 台灣杉    | 杉木     | 臺灣肖楠 | 柳杉     | 松樹     | 其他針    | 相思樹    | 大桃花    | 台灣赤楊   | 銀合歡  | 光臘樹    | 台灣櫟    | 木油桐    | 其他闊    | 單桿狀竹   | 叢生狀竹   |             |        |
| 實際類別 | 冷杉   | 90     | 10     | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 90.0%  |
|      | 鐵杉   | 0      | 80     | 10     | 0      | 0      | 0    | 0      | 10     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 80.0%  |
|      | 檜木   | 0      | 10     | 90     | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 90.0%  |
|      | 台灣杉  | 0      | 0      | 0      | 20     | 0      | 0    | 20     | 0      | 3      | 0      | 0      | 5      | 0    | 4      | 48     | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 20.0%  |
|      | 杉木   | 0      | 0      | 0      | 0      | 50     | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 20     | 30     | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 50.0%  |
|      | 臺灣肖楠 | 0      | 0      | 0      | 6      | 2      | 0    | 20     | 0      | 0      | 0      | 10     | 12     | 0    | 24     | 24     | 0      | 0      | 0      | 2      | 100         | 0.0%   |
|      | 柳杉   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 90     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 10     | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 90.0%  |
|      | 松樹   | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 100    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 100.0% |
|      | 其他針  | 10     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 20     | 70     | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 70.0%  |
|      | 相思樹  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 3      | 0      | 0      | 80     | 10     | 0      | 0    | 0      | 3      | 0      | 4      | 0      | 0      | 100         | 80.0%  |
|      | 大桃花  | 0      | 0      | 0      | 1      | 1      | 0    | 1      | 0      | 0      | 0      | 90     | 1      | 0    | 1      | 1      | 1      | 0      | 1      | 2      | 100         | 90.0%  |
|      | 台灣赤楊 | 0      | 0      | 20     | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 10     | 0      | 0      | 50     | 0    | 0      | 20     | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 50.0%  |
|      | 銀合歡  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 100.0% |
|      | 光臘樹  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 10     | 0      | 0      | 0      | 0      | 10     | 0    | 40     | 40     | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 40.0%  |
|      | 台灣櫟  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 100    | 0      | 0      | 0      | 0      | 100         | 100.0% |
|      | 木油桐  | 0      | 0      | 0      | 9      | 7      | 0    | 5      | 0      | 3      | 0      | 5      | 9      | 0    | 8      | 9      | 40     | 3      | 0      | 2      | 100         | 40.0%  |
|      | 其他闊  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0    | 0      | 0      | 0      | 100    | 0      | 0      | 100         | 100.0% |
|      | 單桿狀竹 | 0      | 0      | 0      | 6      | 6      | 0    | 15     | 0      | 0      | 0      | 5      | 6      | 0    | 5      | 7      | 0      | 0      | 50     | 0      | 100         | 50.0%  |
|      | 叢生狀竹 | 0      | 0      | 0      | 9      | 9      | 0    | 5      | 0      | 0      | 3      | 5      | 13     | 0    | 16     | 24     | 5      | 0      | 1      | 10     | 100         | 10.0%  |
|      | Sum  | 100    | 100    | 120    | 51     | 75     | 0    | 169    | 130    | 86     | 83     | 125    | 106    | 100  | 118    | 316    | 46     | 107    | 52     | 16     | OA: 65.8%   |        |
|      | UA   | 90.00% | 80.00% | 75.00% | 39.22% | 66.67% | 0%   | 53.25% | 76.92% | 81.40% | 96.39% | 72.00% | 47.17% | 100% | 33.90% | 31.65% | 86.96% | 93.46% | 96.15% | 62.50% | Kappa: 0.64 |        |



## (二) 使用情境設計

在工具的使用情境模擬上，本計畫111年度整理出可能情境與對應操作人員與資料於表 4-4，表中的工具使用者代表著該工具的主要操作人員；資料使用者則代表著工具產出的結果由相應的分析人員進行處理或作為其他工具的串聯；工具輸入(輸出)資料直接定義了運作工具的基本條件；而使用時機則表明了需求訪談後的流程設計原則。

透過案例圖(Use Case Diagram)呈現模組元件與個體系統的互動關係，並以外觀觀察者角度來描述觀察的工具具備的功能與使用情境。農航所影像判釋人員可透過「專家辨識編修工具」編修並更新訓練資料集資料屬性，亦可匯入編修完的檢訂專案來更新訓練資料集(圖 4-2)；農航所影像處理人員可透過「模型優化訓練工具」取用訓練資料集進行重新訓練的動作，最終產出訓練模型檔(圖 4-3)；最後在實際的檢訂調查流程中，農航所影像處理人員可透過「森林覆蓋型辨識工具」取用最新的訓練模型檔進行樹種辨識，並匯出輔助圖資提供影像判釋人員使用(圖 4-4)。三項工具整合案例則如圖 4-5 所示。

表 4-4 工具、人員與資料使用關係表

| 工具名稱      | 工具使用者     | 資料使用者     | 工具輸入資料      | 工具輸出資料      | 工具使用時機              |
|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------------|
| 專家辨識編修工具  | 農航所影像判釋人員 | 農航所影像判釋人員 | 裁切好的訓練資料集   | 標記更新過的訓練資料集 | 有額外分析需求才使用          |
| 模型優化訓練工具  | 農航所影像處理人員 | 森林覆蓋型辨識工具 | 標記更新過的訓練資料集 | 重新訓練的辨識模型檔  | 訓練資料集更新超過 500 筆標記資料 |
| 森林覆蓋型辨識工具 | 農航所影像處理人員 | 模型優化訓練工具  | 檢訂調查專案航攝影像組 | 辨識成果輔助圖資    | 檢訂調查專案執行期間          |



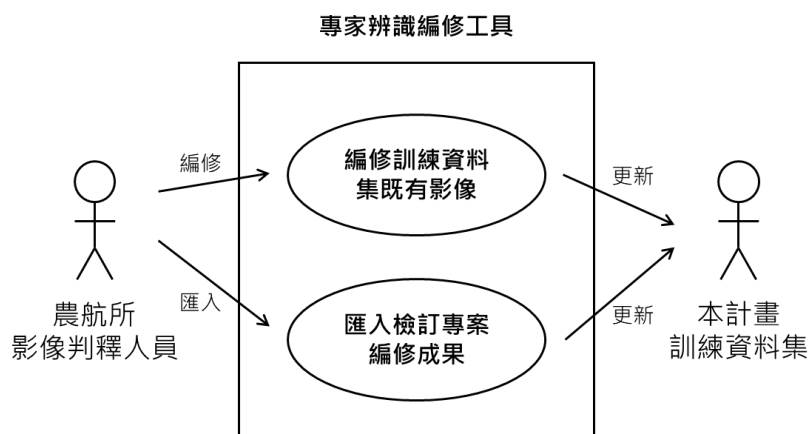


圖 4-2 專家辨識編修工具案例圖

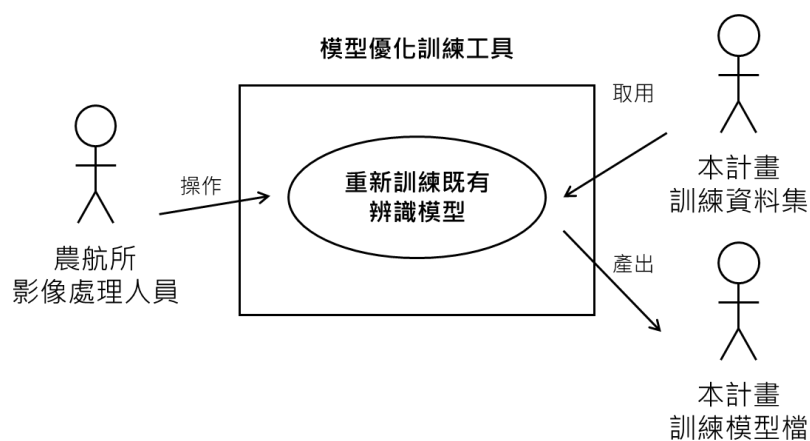


圖 4-3 模型優化訓練工具案例圖



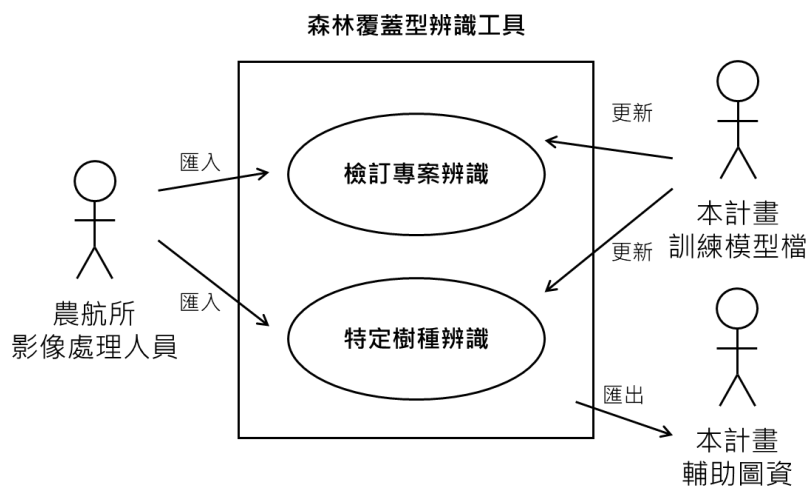


圖 4-4 森林覆蓋型辨識工具案例圖

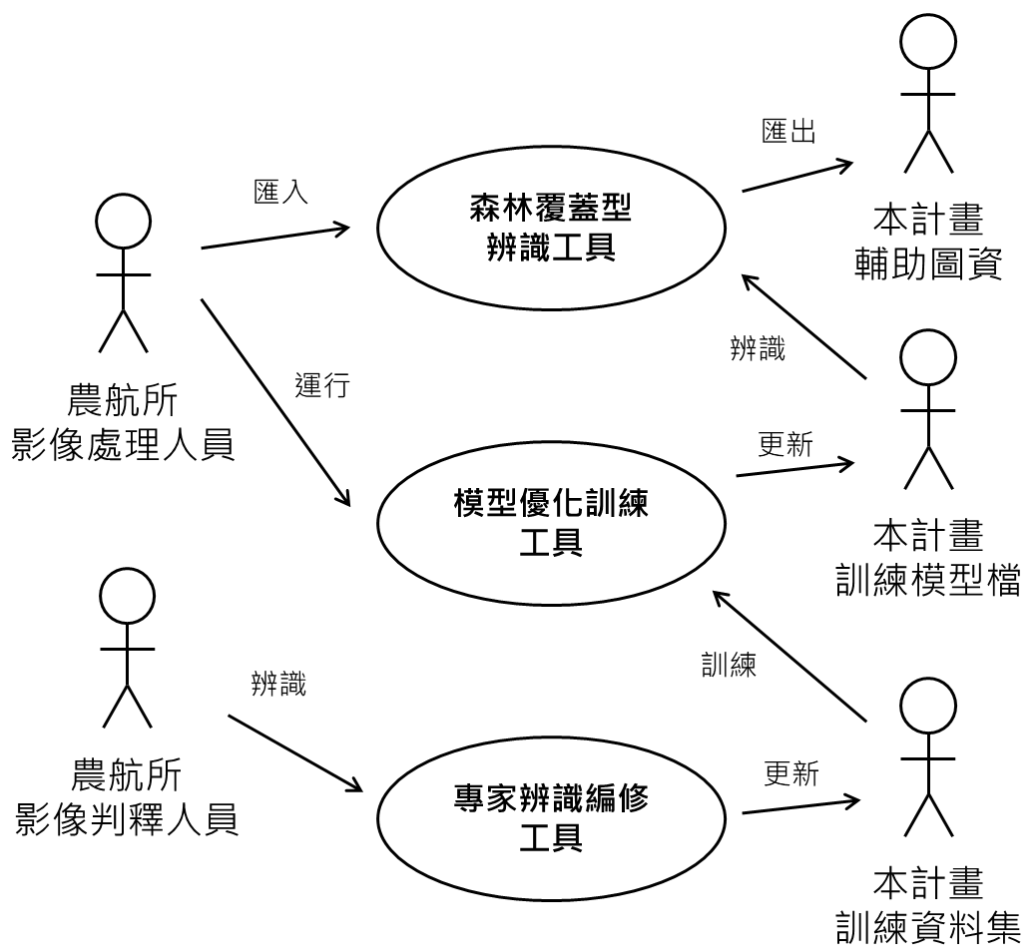


圖 4-5 本計畫 111 年度規劃機器學習工具案例圖



### (三) 資料夾結構設計

本計畫 111 年度開發的三項工具均安裝於同一個電腦環境，其資料夾結構與相關程式牽動著使用者介面各項的操作，更重要的是大量的檔案存取，包含影像檔案、模型檔案甚至是 SHP 都將隨著工具的使用而增長，且完整的資料夾結構說明也將是程式排除問題的重要參考之一。

依據圖 4-6，以下羅列本計畫 111 年度開發之工具程式與相關資料夾名稱設計，並於後續各工具運作流程詳細說明資料夾目錄、資料規格與操作流程之關係。

1. [.\main.exe]：為本計畫 111 年度所設計的單一入口主程式，主程式當中可依按鈕將使用者導引至 3 個工具子頁面，包含「專家辨識編修工具」、「模型優化訓練工具」與「森林覆蓋型辨識工具」。
2. [.IO]：為主要的資料存放位置。負責收納工具運作所需或產出的所有資料，包含了 5 個主要的工具資料夾以及一個暫存資料夾。
3. [.IO\Datasets]：為訓練資料集的資料存放位置。負責提供「專家辨識編修工具」進行編修，或作為「模型優化訓練工具」之資料輸入使用。
4. [.IO\input\_data]：為檢訂調查專案 DMC 航攝影像存放位置。負責提供「森林覆蓋型辨識工具」提取欲進行辨識的航攝影像套組。
5. [.IO\model]：為實際產出之模型檔案存放位置。使用者將透過「森林覆蓋型辨識工具」取用模型，或透過「模型優化訓練工具」來進行更新。
6. [.IO\output\_data]：為檢訂調查專案 DMC 航攝影像判釋結果 SHP 存放位置，亦為「森林覆蓋型辨識工具」之產出。







7. [.\IO\save\_weights]：為實際產出之模型權重檔案存放位置。使用者透過「模型優化訓練工具」的訓練工作來產出該檔案，並可決定是否更新至「森林覆蓋型辨識工具」做使用。
8. [.\IO\sel\_data]：為更新航照資訊用，配合自動檢查機制，偵測並更新缺漏的航照資訊。
9. [.\IO\temp\_data]：為工具作業資料夾，負責存放 3 個工具執行過程所有檔案。
10. [.\IO\Update\_data]：為更新用資料集，存放使用者回饋機制所需的人工編修的檢訂專案以及同一檢訂專案的模型辨識結果。



圖 4-6 本計畫 111 年度開發工具之後端程式架構清單

## 二、工具開發規格

為了協助農航所釐清本計畫 111 年度設計的工具功能，本節說明各工具的操作介面與運作流程。「專家辨識編修工具」主要設計於農



航所影像判釋人員進行操作，提供平時資料研究之所需，簡易的操作介面設計，可透過該工具快速更新訓練資料集的標記結果，亦可作為未來額外擴充樹種模型訓練資料之方式。「模型優化訓練工具」主要設計給農航所影像處理人員進行操作使用，提供定期的樹種辨識模型之更新，將預設好的訓練流程交由操作人員點擊介面按鈕來完成模型訓練所需之步驟，完成更新的模型即可依照操作需求取代「森林覆蓋型辨識工具」內的舊版模型。最後「森林覆蓋型辨識工具」作為本計畫的重要工具，設計供農航所影像處理人員進行操作，在輸入檢訂調查專案所需的 DMC 航攝影像後，即可快速產製帶有辨識結果的 SHP。此時產出的 SHP 則可再提供給農航所與林管處影像判釋人員作為輔助辨識之依據。以下針對各項工具說明開發規格，相關操作細節亦於結案時提供【使用者操作手冊】以作為後續運行維護之基礎。

### (一) 專家辨識編修工具

考慮到現行機關實務產製或編修林型圖(標記資料)的作業方法，仍維持在農航所專業人員的主觀判定上，導致存在類別誤植的問題，在 109 與 110 年度計畫中，已針對訓練資料產製流程，定義明確的操作步驟，包含資料搜集、參數產製、資料集定義與反投影方法。而面對訓練資料與標記資料的檢核，本計畫 111 年度設計「專家辨識編修工具」，由農航所專業人員進行檢視，確認現有的標記資料是否正確，若發現結果有誤則予以修正，並將修正後的標記資料重新輸入模型進行訓練，重複滾動式的修正，使資料品質越趨完善，並降低因標記資料誤植而造成誤判的情形發生。

除了編修資料集既有樣本的功能外，本工具又依需求新增使用者回饋功能，讓農航所專業人員可將編修完成的檢訂專案批次匯入，包含完整的檢訂專案封包，以及透過「森林覆蓋型辨識工具」產出的辨識結果 SHP。自動化工具可將匯入的資料新增至訓練資料集進行存放，達成編修回饋與純化樣本之目的，使後續在模型的重



新訓練上能夠得到更好的辨識效果。因此，有關「專家辨識編修工具」開發之功能需求、運作流程、介面設計與環境規劃細節如下：

### 1. 功能需求

依據前期計畫成果與會議回饋，「森林覆蓋型辨識工具」功能需求包含 4 個重點：

- (1) 更新資料集既有的標記資料與加入人工純化後的訓練資料。
- (2) 為了貼近專家人工識別的最小單元，資料集內的影像均為 256×256 像素(約 0.4 公頃，由 DMC 航攝影像裁切而成)。
- (3) 資料集包含 3 年計畫取得的 3,490 幅 DMC 航攝影像(3,248 幅檢訂調查影像、242 幅銀合歡調查影像)裁切後的影像單元，如圖 4-7 為本計畫需辨識之 19 類樹種裁切影像案例。
- (4) 標記類別僅模型可辨識的 19 類樹種與以上皆非 20 種選項。

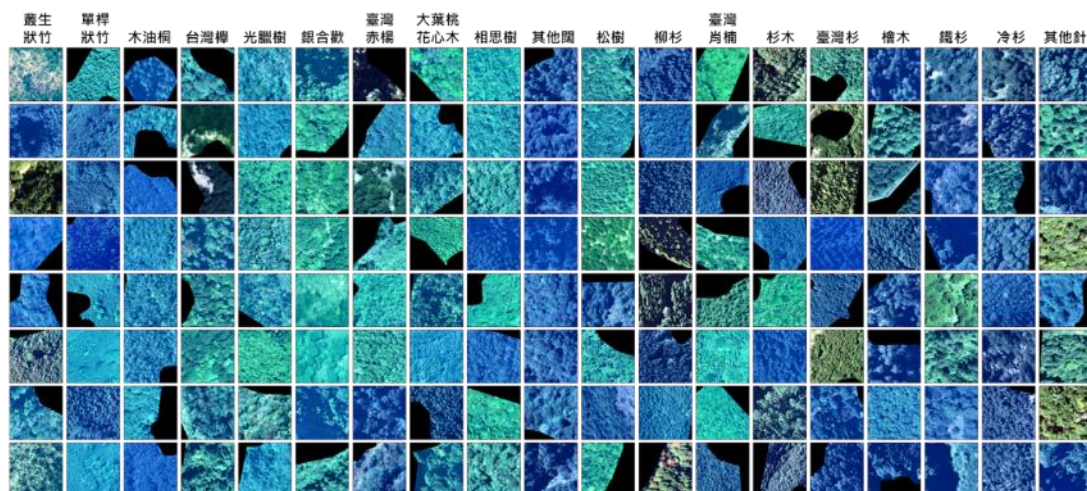


圖 4-7 專家辨識編修工具使用的裁切影像案例(256×256 像素)

### 2. 運作流程

「專家辨識編修工具」主要應用於農航所專業人員的樹種辨識分析工作，設計為簡單的影像分類工具，於[.\\IO\\Datasets]資料夾中收納了 3 年期計畫中的 19 類樹種的所有訓練樣本，提





供農航所專業人員進行屬性比對與標記更新作業，其運作流程如圖 4-8 所示。

在「編修訓練資料集既有影像」中，由農航所專業人員以專家辨識編修工具逐張查看所有訓練樣本並進行分類辨識，完成樹種辨識的影像被切換至下一張之後，工具隨即進入自動比對流程，確認新做的分類判斷與既有的標記類別是否一致，如果是一致的標記類別就不會被變更，假若標記類別並不一致，就會被新做的分類判斷所取代，並且存回[.IO\Datasets]資料夾之中。

為了方便管理[.IO\Datasets]資料夾目錄下會再依 19 類樹種影像分類存放，目前僅以數字 00~18 來命名，其對照表如表 4-5 所示。考量到資料讀寫的效率，這裡所有的訓練樣本資料都是以 python 獨有的 numpy 格式(.npy)做存取，每一個檔案可視為以一個 256×256 矩陣存放一組 256×256 像素的訓練特徵樣本。

「匯入檢訂專案編修成果」運作流程係由農航所專業人員，在檢訂調查作業完成後，重新下載檢訂調查專案封包與已使用過的輔助圖資，在圖形使用者介面(GUI)上，將檔案放置於[.IO\Update\_data]後，便可點擊按鈕進行林型屬性比對與訓練資料集新增。

### 3. 介面設計

為了讓農航所專業人員能夠順利使用「專家辨識編修工具」，本計畫設計透過簡單的 GUI 進行操作。使用者點選左側「專家辨識編修工具」並選取「編修資料庫既有影像」後(圖 4-9 上)，選取欲編修的樹種並點選「開始編修」(圖 4-9 中)，即可進入影像編修介面(圖 4-9 下)，編修時點選圖像左側按鈕回到前一張影像，點選圖像右側按鈕進行下一張影像標記，並選取與影像相符之樹種標籤即可完成標記，標記完成或需中斷編修都需要點擊「完成編修」。目前本工具僅提供原有資料集標記資



料的更新，並僅能選擇標記模型可辨識之 19 類樹種與其它類兩種選項。

進行匯入檢訂專案編修成果時，進入到專家辨識編修工具頁面，點選「匯入檢訂專案編修成果」(圖 4-10 上)，將判釋人員編修完成的檢訂專案，放入[.\\IO\\Update\_data\\predict\_done]，並將森林覆蓋型辨識工具所辨識的同一檢訂專案成果放進[.\\IO\\Update\_data\\FGDBs.gdb]，最後點選開始匯入即可自動完成(圖 4-10 下)。

#### 4. 環境規劃

Docker 是一套開放原始碼軟體，通常可將其視為一個平台或容器(Container)，已在許多開發應用、交付應用或執行應用程式中廣泛使用，能讓維護過程更加方便。Docker 容器的概念與虛擬機器(Virtual Machine, VM)類似，但二者在原理上有明顯的差異。前者是將作業系統層虛擬化，而後者則是在硬體上進行虛擬化作業，容器更具備方便攜帶的特性，以及高效率地善用伺服器資源。因此在程式設計上，為了克服模型運作所需使用的套件環境相容性，本計畫採用 Docker 進行軟體容器化開發，以降低環境相容維護之困難度。





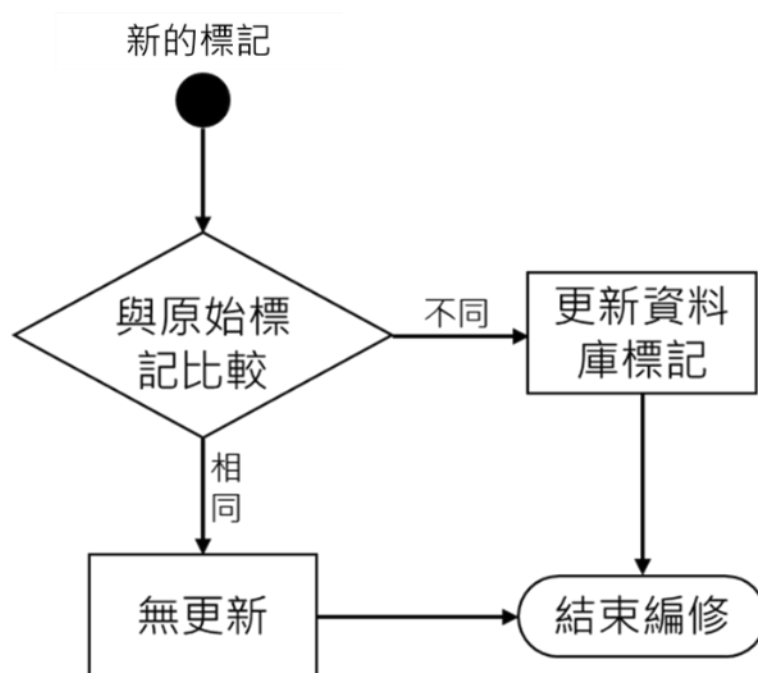


圖 4-8 專家辨識編修工具運作流程

表 4-5 本計畫 111 年度工具用影像資料夾樹種編號對照表

| 樹種名稱 | 編號 | 樹種名稱   | 編號 |
|------|----|--------|----|
| 冷杉   | 01 | 相思樹    | 10 |
| 鐵杉   | 02 | 大葉桃花心木 | 11 |
| 檜木   | 03 | 臺灣赤楊   | 12 |
| 臺灣杉  | 04 | 銀合歡    | 13 |
| 杉木   | 05 | 光臘樹    | 14 |
| 臺灣肖楠 | 06 | 臺灣櫟    | 15 |
| 柳杉   | 07 | 木油桐    | 16 |
| 松樹   | 08 | 其他闊    | 09 |
| 其他針  | 00 | 單桿狀竹   | 17 |
|      |    | 叢生狀竹   | 18 |





圖 4-9 編修資料集既有影像操作流程





圖 4-10 匯入檢訂專案編修成果操作流程

## (二) 模型優化訓練工具

作為機器學習訓練架構之核心，「模型優化訓練工具」係參考相關電腦視覺案例所設計，使用定義好的資料集結構，依照模型訓練所需，自動化的進行訓練資料與測試資料之分配，並透過模型自身的評價與超參數調整更新，達成訓練模型之優化。目前的模型架構由 16 個輸入參數與 3 層的卷積層所構成。由於本計畫 111 年度已將模型架構由單一辨識模型改為 19 個單一辨識模型，除了在準確性上有所精進，單一辨識模型訓練也讓農航所專業人員在未來能更方便地進行模型的維護與更新。



有關「模型優化訓練工具」開發之功能需求、運作流程、介面設計與環境規劃細節如下：

## 1. 功能需求

依據前期計畫成果與會議回饋，「模型優化訓練工具」功能需求包含 4 個重點：

- (1) 僅可對既有的 19 類樹種辨識模型重新訓練，不可新增樹種模型。
- (2) 在專業人員透過「森林覆蓋型辨識工具」的產出結果進行檢訂調查後，透過讀取檢訂調查資料與「森林覆蓋型辨識工具」產出結果，可辨識結果與人工辨識相異處，並修正資料儲存至資料集。
- (3) 當單一類樹種的相異紀錄達到至少 500 筆後，便能執行本工具進行該類樹種模型的重新訓練。
- (4) 重新訓練後的模型皆儲存於主程式資料夾[.IO]中的[.IO\model]和[.IO\save\_weights]資料夾，可透過替換檔案來使用不同時間訓練的模型，達成辨識優化之目的。

## 2. 運作流程

「模型優化訓練工具」主要應用於本計畫辨識模型的更新，透過簡潔的更新按鈕來達成模型的訓練與更新。「模型優化訓練工具」所使用的標記資料，都儲存於標記資料夾中，若未達到工具所設定的 500 筆修正資料就進行重新訓練，不僅費時且無助於提高模型辨識精度。完整工具作業流程如圖 4-11 所示，進入模型優化工具後，透過讀取影像資料夾與標記資料夾取得訓練資料，接著透過本工具預設的模型架構與參數進行重新訓練，最後產出更新版本的模型參數檔供「森林覆蓋型辨識工具」使用[.IO\Datasets]資料夾儲存並提供模型重新訓練所需之影像資料集與標記資料集，[.IO\model]資料夾存放 3 個 IPCC2



與 19 個 IPCC3 預測模型共 22 個資料夾，[.IO\save\_weights]資料夾儲存模型權重，權重為模型透過訓練學習大量資料之間的關係後所得，可視為模型「學習」資料的成果，命名方式為「forest\_樹種編號\_cls\_訓練日期」，例如「forest\_01cls\_20220505」。

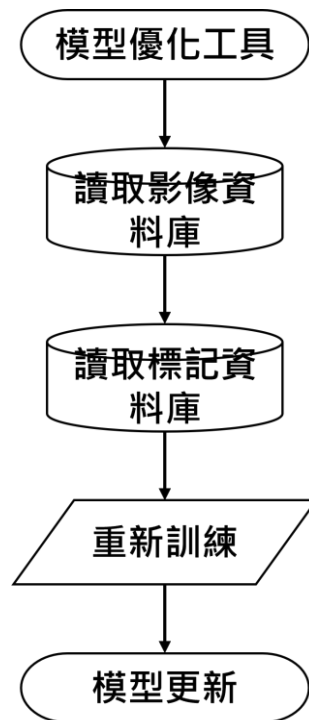


圖 4-11 模型優化訓練工具運作流程

### 3. 介面設計

為了讓使用者能夠順利使用「模型優化訓練工具」，本計畫 111 年度將上述流程簡化為 2 個步驟，圖 4-12 為此工具的使用介面，選取「模型優化訓練工具」後，使用者只需選取「是」，便能開始重新訓練模型，此時也會顯示預估要花多久的時間(如圖 4-13)，訓練結果也會存放在[.IO\save\_weights\pngs]裡。「模型優化訓練工具」將讀取影像判釋人員於「專家辨識編修工具」修訂後的結果，或以檢訂專案抽樣匯入的方式更新資料集。





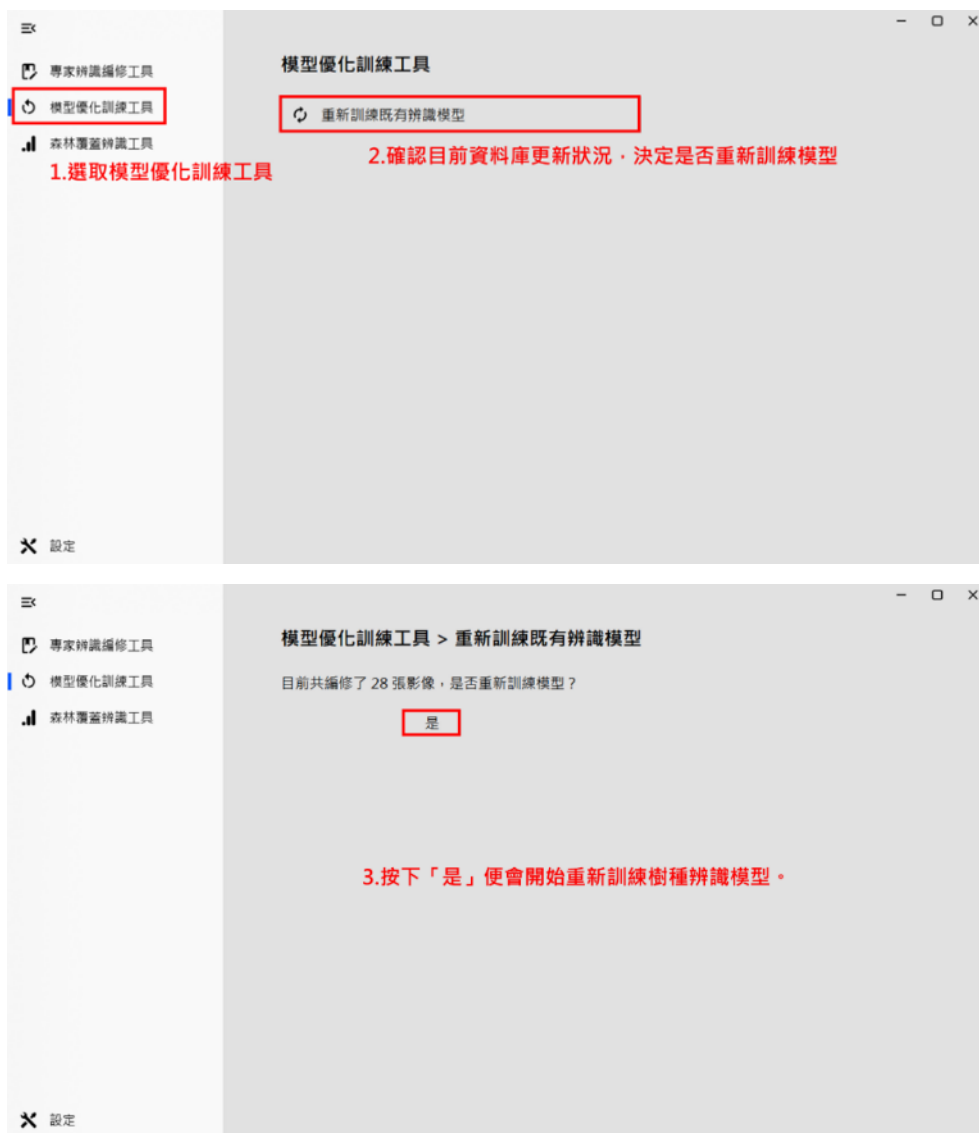


圖 4-12 模型優化訓練工具畫面





圖 4-13 模型優化訓練工具訓練畫面

#### 4. 環境規劃

為了完整串接 3 項工具的運作，在程式環境設計上，同樣採用 Docker 進行軟體容器化開發，以便搭配更新訓練資料集，執行訓練工作後，又能接續更新「森林覆蓋型辨識工具」之模型。此外由於模型訓練過程，必然耗費大量的運算資源，因此在農航所的協助之下，提供 2 台工作站(如表 4-6)為工具運行所用，相關測試成果於第伍章效能評估章節接續說明。

表 4-6 模型優化訓練工具運行工作站規格

| 硬體  | 農航所工作站規格                                              |
|-----|-------------------------------------------------------|
| CPU | Intel® Xeon® Gold 6226 (12 核 24 執行緒，基頻 2.7GHz)        |
| RAM | 64GB DDR4 2933MHz                                     |
| HDD | 4TB/7200rpm × 4                                       |
| SSD | 1TB NVMe × 2                                          |
| GPU | Nvidia Quadro P620 × 1<br>Nvidia GeForce RTX 3090 × 1 |



### (三) 森林覆蓋型辨識工具

考慮到交錯複雜的混淆樹種現況，以及實際編修過程中，不常對既有的林型圖進行挪移，反而主要透過切割圖徵或更新屬性來進行編修。因此，為了能夠確實輔助現行森林調查作業流程，在不過度變更影像判釋人員編修操作流程的原則下，「森林覆蓋型辨識工具」將扮演輔助資料的供應者，提供裁切樣本(256×256 像素)之樹種辨識結果，作為影像判釋人員林型、樹種辨識之參考。

參考內容基本上分為兩個部分，首先是 IPCC2 單純林型分類，透過 3 種單純林型(針葉樹林型、闊葉樹林型、竹林)的辨識機率，區分 7 種主要林型類別(除了 3 種單純林型，亦包含針闊混淆林、竹針混淆林、竹闊混淆林與竹針闊混淆林)；接著是 IPCC3 純林樹種分類，則涵蓋了 19 個模型的辨識機率，最終將其機率值排序後，取出機率最高的主要樹種類別。

為了實現特定樹種辨識之需求，辨識工具亦額外擴充可自由選取的特定樹種辨識功能，將於可行性評估之章節加以詳述銀合歡辨識模型驗證結果。有關「森林覆蓋型辨識工具」開發之功能需求、運作流程、介面設計與環境規劃細節如下：

#### 1. 功能需求

依據前兩年的工作會議討論「森林覆蓋型辨識工具」功能需求包含幾個重點：

- (1) 為了搭配現行檢訂調查專案流程，辨識工具需能批次處理至少 5 張航攝影像。
- (2) 為了貼近專家人工識別的最小單元，每張影像固定裁切辨識的最小單元為 256×256 像素(約 0.4 公頃)。
- (3) 為了確實輔助檢訂調查專案進行，產出辨識結果需與既有林型圖比對其差異，讓作業人員可在既有的流程中，快速檢視具有差異的影像單元。
- (4) 為了解模型判釋的細節，判釋過程中的資訊都要留有記錄，方便作業查找確認。



(5) 為了提供完整的辨識結果，整張影像不論是有否包含森林範圍都必須裁切且辨識。

(6) 辨識工具應可支援特定樹種辨識之需求，並具備未來擴充之彈性，允許辨識模型可以置換更新。

## 2. 運作流程

「森林覆蓋型辨識工具」為本計畫之主要核心工具，主要針對檢訂調查作業，提供農航所影像判釋人員輔助圖資參照修改。因此，透過輸入完整的檢訂調查專案封包檔案，得產生網格化的樹種辨識結果。[.IO\input\_data]資料夾提供需要被辨識的檢訂調查專案影像，每組影像包含 5 張影像(.tif 格式)與對應的影像對位檔(.tfw 格式)；[.IO\output\_data]存放模型辨識的結果(5 組 SHP)，而且該檔案的坐標與 DMC 航攝影像相同，以利辨識人員快速檢視影像單元；而[.IO\temp\_data]則主要存放了該工具執行所需的資料以及執行過程產生的暫時性資料；而[.IO\sel\_data]則存放模型預測所需的航照資訊。

「森林覆蓋型辨識工具」從資料讀取到圖資產出共分為 3 個除錯機制與 7 個處理程序(如圖 4-14)，包含：

- (1) 檔名檢查：作為系統除錯的第一道關卡，確保使用者放入的影像資料是具備標準命名格式之 DMC 航攝影像(拍攝時間 航高代號\_航線~影像編號\_波段.tif，例如 091101s\_18~0680\_hr4.tif)，其他類型的影像或命名不符邏輯者予以排除。
- (2) 波段檢查：民國 95 年前的部份 DMC 航攝影像並不存在近紅外光波段(NIR Band)，缺少該波段將無法計算模型辨識所需的光譜組合指標，因此需予以排除。
- (3) 涵蓋範圍檢查：在現行的功能需求中 DMC 航攝影像需要與第四次森林資源調查檢訂調查林型圖 SHP 做比對，若



取得的影像與林型圖 SHP 不交集，就無法進行辨識與比對，因此需予以排除。

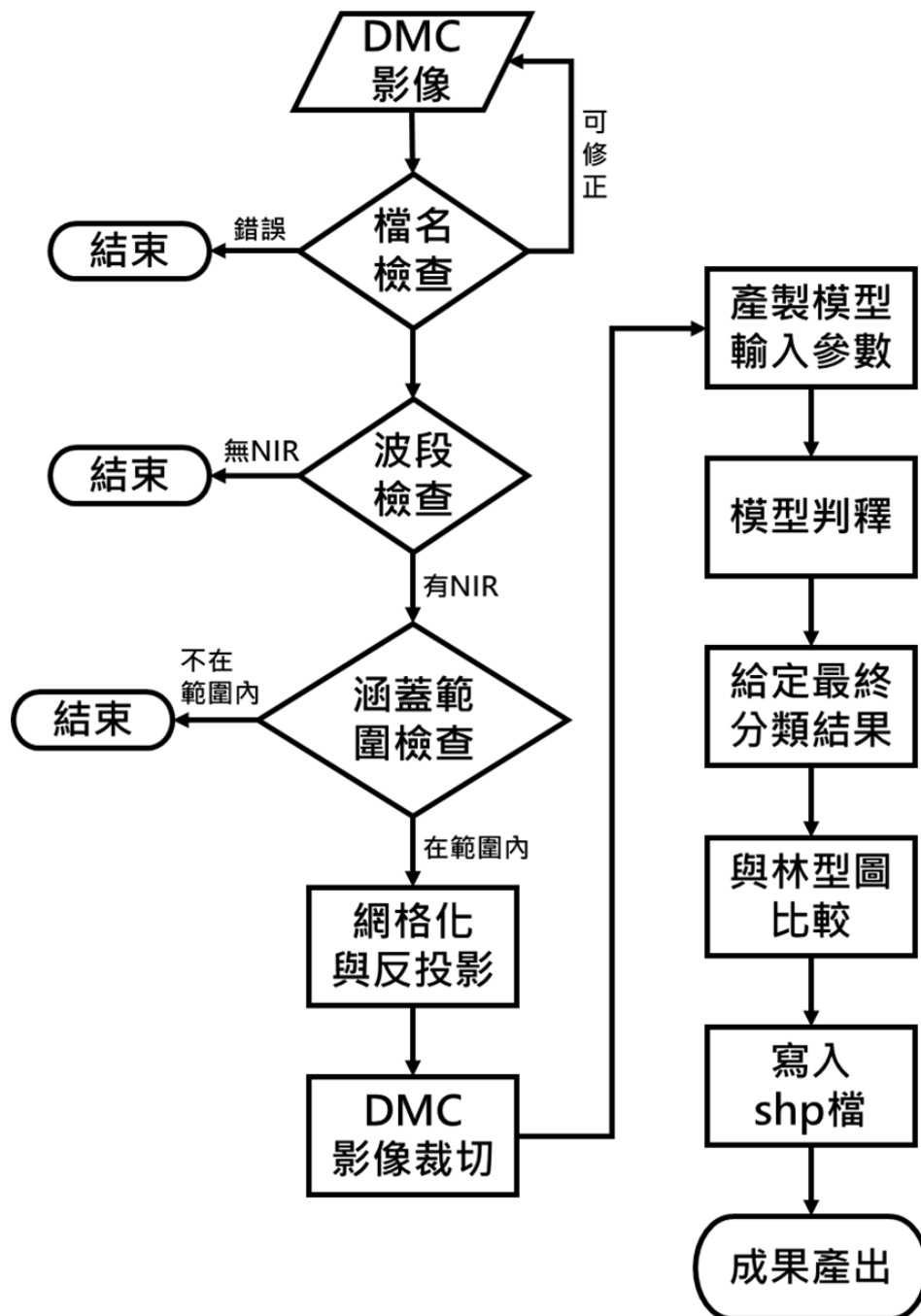


圖 4-14 森林覆蓋型辨識工具運作流程





通過基本檢查後的 DMC 航攝影像，得進入處理程序運作，處理程序的設計包含：

- (1) 網格化與建立反投影關係：為了產製模型輸入參數與比對既有的林型辨識結果，林型圖與 DEM 資料均需進行反投影。
- (2) DMC 影像裁切：為了配合實務作業辨識之需求，將影像裁切為 256×256 像素作為模型判釋的最小單元。
- (3) 產製模型輸入參數：依循模型設計之架構，判釋所需的參數因子此時會全部計算完成，並轉為模型輸入所需的資料格式。
- (4) 模型判釋：在 109 與 110 年度計畫中，所使用的模型乃透過單一模型進行 19 類樹種的辨識，惟模型的預測精度仍須提升。故於 111 年度修改模型架構，針對單一樹種建立單一模型，再將各模型的預測成果彙整為預測成果。將所有裁切後的影像單元輸入模型進行辨識，並記錄各林型與樹種被分類為該類的機率。
- (5) 輸出最終分類結果：在前一步驟得到各林型的分類機率後，將依據現行農航所森林資源調查原則來做最後的分類建議，如表 4-7 所示，當只有一種林型機率大於等於 0.8 時，判定為該林型；有兩種林型機率大於等於 0.2 但小於 0.8 時，判定為兩種林型的混淆林；有三種林型的機率大於等於 0.2 但小於 0.8 時，視為三種林型的混淆林；若沒有林型的機率大於 0.2，則判定為非林型，辨識邏輯過程則如圖 4-15 所示。
- (6) 與林型圖比較：完成辨識與分類建議後，與事先切好的林型圖進行比對。



(7) 輸出 SHP：所有裁切後的影像單元都比對完成後，會依照裁切前的相對位置，連同分類機率、分類建議一起寫入 SHP，包含第二層(IPCC2)與第三層(IPCC3)分類的建議分類、原本紀錄的分類，以及差異分析結果方便進行檢索，其中 SHP 檔欄位如表 4-8。

影像判釋人員能透過此成果，在既有的 GIS 操作介面檢視參考(如圖 4-16)，加速影像判釋之進行。

表 4-7 依據林型機率門檻值給定林型建議預測

| 林型                                          | 針葉樹       | 闊葉樹       | 竹類        |
|---------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 針葉樹林型                                       | 大於 0.8    | 小於 0.2    | 小於 0.2    |
| 闊葉樹林型                                       | 小於 0.2    | 大於 0.8    | 小於 0.2    |
| 針闊葉樹混淆林                                     | 0.2 到 0.8 | 0.2-0.8   | 小於 0.2    |
| 竹林                                          | 小於 0.2    | 小於 0.2    | 大於 0.8    |
| 竹闊混淆林                                       | 小於 0.2    | 0.2 到 0.8 | 0.2 到 0.8 |
| 竹針混淆林                                       | 0.2 到 0.8 | 小於 0.2    | 0.2 到 0.8 |
| 竹針闊混淆林                                      | 0.2 到 0.8 | 0.2 到 0.8 | 0.2 到 0.8 |
| 非林地                                         | 小於 0.2    | 小於 0.2    | 小於 0.2    |
| 沿用自我國「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業手冊」之定義 |           |           |           |





## 1. 模型辨識結果(IPCC2/IPCC3)機率呈現

| ID | 針葉林    | 闊葉林    | 竹林     | ID | 冷杉     | 鐵杉     | 檜木     | 台灣杉    | 杉木     | 臺灣肖楠   | 柳杉     | 松樹     | 其他針    | 相思樹    | 大桃花    | 台灣赤楊   | 銀合歡    | 光臘樹    | 台灣檫    | 木油桐    | 其他闊    | 單桿狀竹   | 叢生狀竹   |
|----|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 0.6881 | 0.3076 | 0.0043 | 1  | 0.0622 | 0.5657 | 0.1022 | 0.0327 | 0.0002 | 0.7253 | 0.7324 | 0.7476 | 0.4833 | 0.0000 | 0.0334 | 0.0793 | 0.0016 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0010 | 0.3159 | 0.0002 | 0.0622 |
| 2  | 0.4297 | 0.3976 | 0.1727 | 2  | 0.1396 | 0.6088 | 0.0632 | 0.0538 | 0.0002 | 0.5623 | 0.5479 | 0.3270 | 0.4634 | 0.0000 | 0.0217 | 0.7300 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.7238 | 0.7249 | 0.0001 | 0.1396 |
| 3  | 0.1447 | 0.8343 | 0.021  | 3  | 0.1250 | 0.6065 | 0.1051 | 0.1064 | 0.0013 | 0.7103 | 0.6479 | 0.4528 | 0.4927 | 0.0000 | 0.1290 | 0.2300 | 0.0006 | 0.0001 | 0.7401 | 0.7349 | 0.7145 | 0.0012 | 0.1250 |
| 4  | 0.8737 | 0.1261 | 0.0002 | 4  | 0.2180 | 0.7593 | 0.7316 | 0.6861 | 0.0002 | 0.4435 | 0.6479 | 0.2719 | 0.4866 | 0.0000 | 0.0253 | 0.4800 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0295 | 0.0001 | 0.2180 |

## 2. 邏輯機率對照表

| ID | 工具預測 IPCC2 | 林型圖記錄 IPCC2 | Acc IPCC2 | 林型      | 針葉樹     | 闊葉樹     | 竹類      | ID | 工具預測 IPCC3   | 林型圖記錄 IPCC3 | Acc IPCC3 |
|----|------------|-------------|-----------|---------|---------|---------|---------|----|--------------|-------------|-----------|
| 1  | 針闊混淆林      | 針闊混淆林       | True      | 針葉樹林型   | 0.8↑    | 0.2↓    | 0.2↓    | 1  | 松樹、柳杉        | 松樹          | True      |
| 2  | 針闊混淆林      | 針闊混淆林       | True      | 闊葉樹林型   | 0.2↓    | 0.8↑    | 0.2↓    | 2  | 台灣赤楊、木油桐、其他闊 | 柳杉          | False     |
| 3  | 闊葉林        | 針闊混淆林       | False     | 針闊葉樹混淆林 | 0.2-0.8 | 0.2-0.8 | 0.2↓    | 3  | 台灣檫、木油桐      | 其他闊         | False     |
| 4  | 針葉林        | 針葉林         | True      | 竹林      | 0.2↓    | 0.2↓    | 0.8↑    | 4  | 鐵杉、檜木        | 冷杉          | False     |
|    |            |             |           | 竹闊混淆林   | 0.2↓    | 0.2-0.8 | 0.2-0.8 |    |              |             |           |
|    |            |             |           | 竹針混淆林   | 0.2-0.8 | 0.2↓    | 0.2-0.8 |    |              |             |           |

林型模型 / 樹種模型 各別判斷

### 3. IPCC2 邏輯屬性填列

### 4. IPCC3 邏輯屬性填列

圖 4-15 森林覆蓋型辨識工具圖層產出邏輯判斷流程





表 4-8 森林覆蓋型辨識工具 SHP 產出結果之屬性欄位說明

| 欄  | 欄名        | 範例     | 備註                                            |
|----|-----------|--------|-----------------------------------------------|
| 1  | ipcc2     | 竹闊混淆林  | 紀錄模型辨識後建議的分類，依照既有代碼顯示。                        |
| 2  | ipcc3     | 單桿狀竹   |                                               |
| 3  | GT_ipcc2  | 竹林     | 紀錄第四次森林資源調查記錄的分類，依照既有代碼顯示。                    |
| 4  | GT_ipcc3  | 單桿狀竹   |                                               |
| 5  | acc_ipcc2 | 0      | 比較上述欄位是否相同或相異，1 表示相同，0 表示不同，2 非林地或非計畫 19 類樹種。 |
| 6  | acc_ipcc3 | 1      |                                               |
| 7  | 針葉樹林型     | 0.0001 | 模型判釋為該分類的機率(IPCC2)                            |
| 8  | 闊葉樹林型     | 0.3071 |                                               |
| 9  | 竹林林型      | 0.6929 |                                               |
| 10 | 冷杉        | 0.0622 | 模型判釋為該分類的機率(IPCC3)                            |
| 11 | 鐵杉        | 0.5657 |                                               |
| 12 | 檜木        | 0.1022 |                                               |
| 13 | 臺灣杉       | 0.0327 |                                               |
| 14 | 杉木        | 0.0002 |                                               |
| 15 | 臺灣肖楠      | 0.7253 |                                               |
| 16 | 柳杉        | 0.7324 |                                               |
| 17 | 松樹        | 0.7476 |                                               |
| 18 | 其他針       | 0.4833 |                                               |
| 19 | 相思樹       | 0.1203 |                                               |
| 20 | 大桃花       | 0.0334 |                                               |
| 21 | 臺灣赤楊      | 0.0793 |                                               |
| 22 | 銀合歡       | 0.0016 |                                               |
| 23 | 光臘樹       | 0.0001 |                                               |
| 24 | 臺灣檫       | 0.0001 |                                               |
| 25 | 木油桐       | 0.001  |                                               |
| 26 | 其他闊       | 0.3159 |                                               |
| 27 | 單桿狀竹      | 0.0002 |                                               |
| 28 | 叢生狀竹      | 0.0622 |                                               |



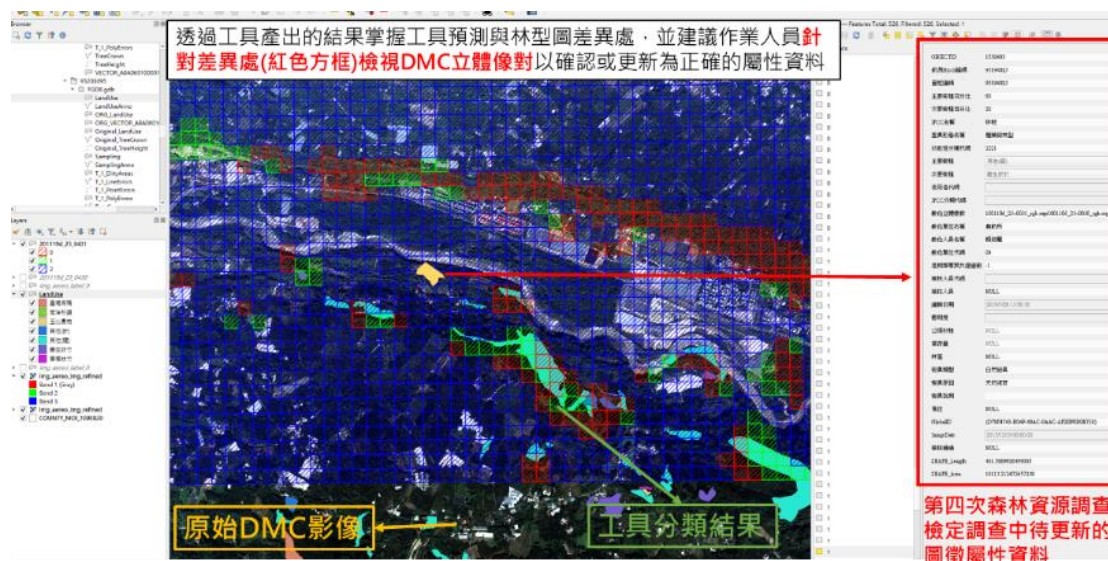


圖 4-16 森林覆蓋型辨識工具產出成果於 GIS 軟體展示

### 3. 介面設計

「森林覆蓋型辨識工具」主要包含兩個功能，檢訂專案辨識與特定樹種辨識，前者主要應用於檢訂調查專案之工作，透過輸入專案封包取得辨識輔助圖資；後者雖然流程上與檢訂專案辨識相同，但因為只針對特定物種進行辨識，因此對應產出的輔助圖資僅包含單一樹種辨識之機率。

為了讓影像處理人員能夠順利使用「森林覆蓋型辨識工具」的 2 個功能，以下將分別說明其操作步驟與 GUI 介面介紹。圖 4-17 為檢訂專案辨識功能的操作畫面，影像處理人員只要點選介面左側「森林覆蓋型辨識工具」後，選取「檢訂專案辨識」(圖 4-17 上)便能進入檢訂專案選取頁面，點選「瀏覽」選擇包含 5 張 DMC 影像的目錄位置後(圖 4-17 中)，按下「開始辨識」(圖 4-17 下)，便能產出結果並預覽。

特定樹種的操作流程如圖 4-18 所示，如同「檢訂專案辨識」操作流程一般，點選進入「森林覆蓋型辨識工具」介面後選取「特定樹種辨識」(圖 4-18 上)進入檢訂專案選取頁面，點選「瀏覽」選擇檢訂專案資料夾，並選擇欲判釋的特定樹種(圖





4-18 中)，最後點選開始辨識(圖 4-18 下)則會自動產出辨識結果並儲存至「.\IO\output\_data\專案編號資料夾」內。

「森林覆蓋型辨識工具」預設輸入資料應包含 5 張 DMC 航攝影像，輸出結果為 1 個 SHP(圖 4-19)，SHP 中紀錄模型辨識該林型於空間中的分布範圍，以及屬性資料中的預測結果。針對檢訂專案辨識功能，屬性資料中 ipcc2 與 ipcc3 欄位分別代表林型、樹種分類模型之辨識結果，而 GT\_ipcc2 與 GT\_ipcc3 為實際的現地資料類別，acc\_ipcc2 與 acc\_ipcc3 則表示預測結果(ipcc2 與 ipcc3)與現地資料(GT\_ipcc2 與 GT\_ipcc3)是否相符之判斷，相符顯示為 1，不符顯示為 0，非林地或非計畫 19 類樹種為 2，其餘欄位則為各別的林型、樹種分類模型之辨識機率。

以圖 4-20 為例，左側紅框內的 acc\_ipcc3 欄位為 0 其餘為 1，代表正確判斷該地林型但誤判樹種；中間欄位紅框內數值皆為 1，表示林型與樹種皆判斷正確，反之右側屬性表林型與樹種則皆判斷錯誤。





圖 4-17 檢訂專案辨識操作畫面





圖 4-18 特定樹種辨識操作畫面



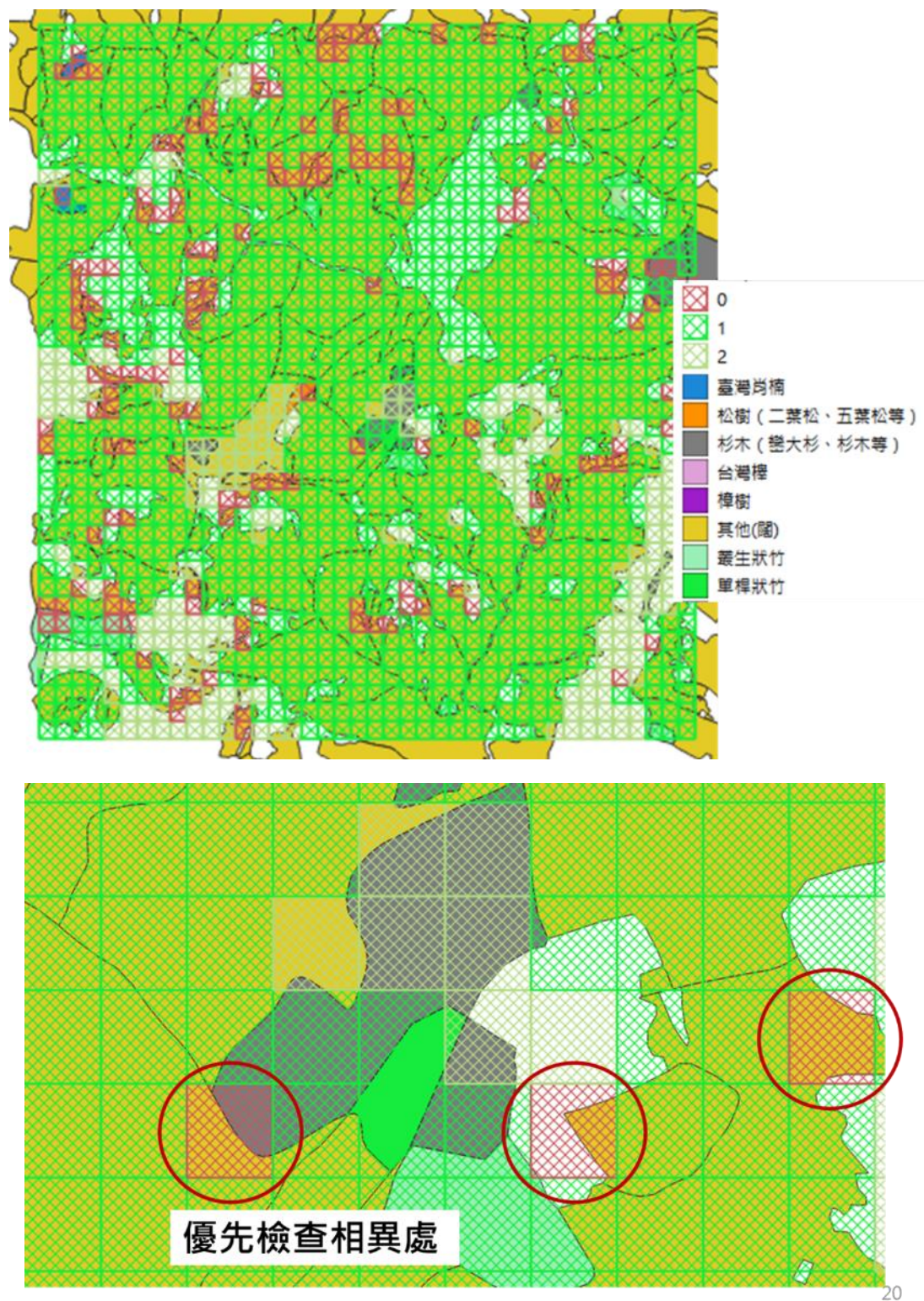


圖 4-19 森林覆蓋型辨識工具檢訂調查專案辨識結果





| Feature             | Value       | Feature             | Value       | Feature             | Value                     |
|---------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------------------|
| 201119d_23_0431 [2] |             | 201119d_23_0431 [2] |             | 201119d_23_0431 [2] |                           |
| ipcc2               | 1 (闊葉林)     | ipcc2               | 1 (闊葉林)     | ipcc2               | 0 (針葉林)                   |
| ipcc2 (Derived)     |             | ipcc2 (Derived)     |             | ipcc2 (Derived)     |                           |
| ipcc2 (Actions)     |             | ipcc2 (Actions)     |             | ipcc2 (Actions)     |                           |
| ipcc2               | 1 (闊葉林)     | ipcc2               | 1 (闊葉林)     | ipcc2               | 0 (針葉林)                   |
| ipcc3               | 其他針,台灣杉,杉木, | ipcc3               | 其他針,台灣杉,杉木, | ipcc3               | 其他針,台灣杉,杉木,相思樹,台灣赤楊,光臘... |
| GT_ipcc2            | 闊葉樹林型       | GT_ipcc2            | 闊葉樹林型       | GT_ipcc2            | 闊葉樹林型                     |
| GT_ipcc3            | 其他闊         | GT_ipcc3            | 其他闊         | GT_ipcc3            | 其他闊                       |
| acc_ipcc2           | 1           | acc_ipcc2           | 1           | acc_ipcc2           | 0                         |
| acc_ipcc3           | 0           | acc_ipcc3           | 1           | acc_ipcc3           | 0                         |
| 針葉樹林型               | 1.0         | 針葉樹林型               | 1.0         | 針葉樹林型               | 1.0                       |
| 闊葉樹林型               | 0.0         | 闊葉樹林型               | 0.0         | 闊葉樹林型               | 0.0                       |
| 竹林                  | 0.0         | 竹林                  | 0.0         | 竹林                  | 0.0                       |
| 冷杉                  | 0.0         | 冷杉                  | 0.0         | 冷杉                  | 0.0                       |
| 鐵杉                  | 0.0         | 鐵杉                  | 0.0         | 鐵杉                  | 0.0                       |
| 檜木                  | 0.6227      | 檜木                  | 0.6227      | 檜木                  | 0.6227                    |
| 台灣杉                 | 1.0         | 台灣杉                 | 1.0         | 台灣杉                 | 1.0                       |
| 杉木                  | 1.0         | 杉木                  | 1.0         | 杉木                  | 1.0                       |
| 臺灣赤楊                | 0.9991      | 臺灣赤楊                | 0.9991      | 臺灣赤楊                | 0.9991                    |
| 檜杉                  | 1.0         | 檜杉                  | 1.0         | 檜杉                  | 1.0                       |
| 松樹                  | 0.9996      | 松樹                  | 0.9996      | 松樹                  | 0.9996                    |
| 其他針                 | 1.0         | 其他針                 | 1.0         | 其他針                 | 1.0                       |
| 相思樹                 | 1.0         | 相思樹                 | 1.0         | 相思樹                 | 1.0                       |
| 大桃花                 | 0.9999      | 大桃花                 | 0.9999      | 大桃花                 | 0.9999                    |
| 台灣赤楊                | 1.0         | 台灣赤楊                | 1.0         | 台灣赤楊                | 1.0                       |
| 銀合歡                 | 0.9998      | 銀合歡                 | 0.9998      | 銀合歡                 | 0.9998                    |
| 光臘樹                 | 1.0         | 光臘樹                 | 1.0         | 光臘樹                 | 1.0                       |
| 台灣檜                 | 1.0         | 台灣檜                 | 1.0         | 台灣檜                 | 1.0                       |
| 木油桐                 | 1.0         | 木油桐                 | 1.0         | 木油桐                 | 1.0                       |
| 其他闊                 | 0.9999      | 其他闊                 | 0.9999      | 其他闊                 | 0.9999                    |
| 單株狀竹                | 1.0         | 單株狀竹                | 1.0         | 單株狀竹                | 1.0                       |
| 叢生狀竹                | 1.0         | 叢生狀竹                | 1.0         | 叢生狀竹                | 1.0                       |
| ipcc2               | 0 (針葉林)     | ipcc2               | 0 (針葉林)     | ipcc2               | 0 (針葉林)                   |

圖 4-20 森林覆蓋型辨識工具辨識成果之 SHP 屬性案例

#### 4. 環境規劃

為了完整使 3 項工具順利轉移至農航所的主機，在程式環境設計上，同樣採用 Docker 進行軟體容器化開發。因為 Docker 提供方便攜帶程式以及高效利用伺服器資源的特性，將「森林覆蓋型辨識工具」模型部署工作容器化，有助於提供程式應用的泛用性，以及降低未來模型更新維護的難度，相關測試成果於第五章效能評估章節接續說明。





## 第五章、機器學習系統工具應用實測與效能評估

為了實現樹種自動化辨識作業之目標，同時滿足巨量高解析航攝影像與模型預測等運算分析需求之負載，確實掌握本計畫所開發工具執行效能與成果精度十分重要，如何順利於農航所指定伺服器上安裝並順利運行是為本計畫重要目標，效能評估即代表著工具正常運作的標準。本計畫 111 年度已將所開發的工具順利安裝至農航所指定的伺服器並順利執行。並提供操作手冊，俾利農航所人員未來使用。本節將說明每項工具期末階段的驗證規劃，以確實評估各工具之效能與可信度。

### 一、實證區域辨識分析

為了驗證本計畫 111 年度所開發的「森林覆蓋型辨識工具」具備實際應用的可能性，針對北、中、南、東四個區域篩選 10 組檢訂調查專案進行測試，其相關資訊如第參章所介紹。10 組檢訂調查專案直接透過辨識工具產出辨識網格向量圖檔，平均運行時間為 2 小時，

#### (一) 檢訂調查樣本比對

在工具的使用情境中，檢訂調查專案通過「森林覆蓋型辨識工具」後，即可產出網格辨識結果，同時比對局部林型圖資確認異同之處，並給出對應屬性標記，屬性相同顯示為 1，不同顯示為 0；而在檢訂調查樣本比對中，則優先假設局部林型圖資為實際地真資料，以相同的流程運行後，透過屬性標記結果來進行正確率的統計，此時可定義在所有可被辨識且可被比較的網格中(屬性為 1 或 0)，被辨識正確的網格(屬性為 1)的比例即為正確率，如表 5-1 所示。林型整體辨識正確率即針對 IPCC2 林型辨識結果進行統計，而



樹種整體辨識正確率則針對 IPCC3 19 類既有樹種辨識結果進行統計。

就結果而言，林型平均正確率僅有 61.55%，經統計與分析發現，造成正確率偏低的檢訂專案有較多比例的混淆林型，說明既有的混淆林分類方式仍有改善空間，其他正確率超過 70% 的檢訂專案都屬單純林型，辨識結果也較理想。另一方面樹種平均正確率約為 85.38%，普遍表現良好，主要的差異多分布於樹種交界處，與網格解析度有關。

## (二) 人工隨機抽樣驗證

在檢訂調查樣本比對中，係優先假設局部林型圖資為實際地真資料，藉此進行驗證分析，此時可進一步以人力方式抽樣比對，藉此了解上述假設是否不夠客觀。因此，首先使用同樣的 10 組檢訂調查進行 100 筆的樣本抽樣，先以相同方法統計 100 筆樣本與局部林型圖資之比對結果，如表 5-1 所示，林型平均正確率有 69.8%、樹種平均正確率有 75.3%，其結果基本上與全樣本實測相近。此時再委由宜蘭大學鍾智昕副教授參照邏輯表(表 5-2)進行人工判釋，確認工具辨識結果與地真資料是否相符，如工具與地真資料皆為 A 樹種，但實際為 B 樹種則為 FP，工具辨識為 B 但地真紀錄為 A，人工檢核後確實為 B 則為 FN，相關說明如表 5-2。

如表 5-3 所示，就結果而言 10 組檢訂專案人工隨機抽樣驗證之平均整體精度為 65.9%，平均 kappa 為 0.65，此結果顯示「森林覆蓋型辨識工具」在全臺檢訂調查之應用應具有一定的泛用性。





表 5-1 檢訂專案驗證成果

| 專案編號     | 林型整體辨識<br>正確率 | 樹種整體辨識<br>正確率 | 林型抽樣辨識<br>正確率 | 樹種抽樣辨識<br>正確率 |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 95194023 | 24.66%        | 83.56%        | 37.36%        | 72.53%        |
| 95203095 | 49.39%        | 85.90%        | 51.40%        | 75.70%        |
| 95212057 | 75.27%        | 88.99%        | 79.61%        | 88.35%        |
| 95212100 | 69.76%        | 84.84%        | 55.56%        | 46.30%        |
| 96184018 | 93.27%        | 95.86%        | 94.12%        | 95.10%        |
| 96184043 | 57.29%        | 86.18%        | 81.55%        | 89.32%        |
| 96211083 | 27.55%        | 74.70%        | 89.15%        | 54.03%        |
| 96212035 | 58.29%        | 80.79%        | 56.41%        | 65.98%        |
| 97222073 | 79.72%        | 88.55%        | 79.41%        | 84.31%        |
| 97223036 | 80.33%        | 84.40%        | 73.58%        | 81.13%        |
| 平均       | 61.55%        | 85.38%        | 69.82%        | 75.28%        |

表 5-2 工具辨識與人工檢視邏輯表(A、B 為不同樹種)

|               | 人工檢視辨識結果正確                             | 人工檢視確認辨識錯誤                             |
|---------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| 工具辨識結果與地真資料相同 | TP                                     | FP                                     |
|               | 工具辨識結果(A)與地真資料相同(A)，人工檢視後辨識結果正確(A)。    | 工具辨識結果(A)與地真資料相同(A)，人工檢視後發現實際上辨識錯誤(B)。 |
| 工具辨識結果與地真資料不同 | FN                                     | TN                                     |
|               | 工具辨識結果(A)與地真資料不同(B)，人工檢視後發現實際上辨識正確(A)。 | 工具辨識結果(A)與地真資料不同(B)，人工檢視後發現實際上辨識錯誤(B)。 |





表 5-3 專業人員人工檢核樹種抽樣成果

| 專案編號     | TP   | FN   | FP   | TN   | OA     | Kappa |
|----------|------|------|------|------|--------|-------|
| 95194023 | 34   | 12   | 41   | 13   | 47.00% | 0.48  |
| 95203095 | 50   | 18   | 24   | 8    | 58.00% | 0.59  |
| 95212057 | 77   | 10   | 11   | 2    | 79.00% | 0.78  |
| 95212100 | 13   | 13   | 33   | 41   | 54.00% | 0.52  |
| 96184018 | 85   | 5    | 10   | 0    | 85.00% | 0.86  |
| 96184043 | 71   | 8    | 18   | 3    | 74.00% | 0.73  |
| 96211083 | 21   | 40   | 10   | 29   | 50.00% | 0.46  |
| 96212035 | 3    | 32   | 4    | 61   | 64.00% | 0.63  |
| 97222073 | 63   | 14   | 21   | 2    | 65.00% | 0.68  |
| 97223036 | 80   | 11   | 6    | 3    | 83.00% | 0.80  |
| 平均       | 49.7 | 16.3 | 17.8 | 16.2 | 65.90% | 0.65  |

## 二、工具效能評估

為了確保今年度(111 年)計畫開發之工具符合農航所業務作業之進行，本節提出工具效能評估項目(表 5-4)，並說明評估方法與結果。

表 5-4 機器學習工具效能評估項目表

| 工具名稱          | 效能評估項目                                                                                                                                                                                             |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 專家辨識<br>編修工具  | <b>模型訓練準確度提升評估：</b> 透過編修工具快速確認樣本屬性，從純林樹種圖資裁切樣本中，人工篩選真正純化的訓練樣本，並進行模型更新之精度驗證。                                                                                                                        |
| 模型優化<br>訓練工具  | <b>持續性模型優化效能評估：</b> 彙整本計畫三年內模型訓練優化成果，並以最佳的訓練架構，作為訓練工具核心訓練流程。<br><b>架構輕量化訓練效能評估：</b> 為了提升模型穩定性、準確性，並基於後續維運之考量，變更訓練架構，同時記錄其運作時間之差異。<br><b>模型訓練運作時間之評估：</b> 藉由工具測試過程，紀錄訓練資料集、訓練時間與迭代訓練週期，提供未來工具訓練之參考。 |
| 森林覆蓋型辨<br>識工具 | <b>辨識工具運作時間之評估：</b> 為了提升模型辨識效率，滿足檢訂調查專案之運用，限縮影像辨識範圍於五分之一圖框內，並記錄功能優化之時效。                                                                                                                            |



## (一) 專家辨識編修工具

在電腦視覺的領域中，訓練資料集的品質佔有相當高的重要性，影響著模型訓練效率與準確性。臺灣林地茂盛、生物多樣性高，林木依附地形、氣候自然生長，致使天然林占國有林地面積高達 77.7%。因此天然混淆林或是樹種混雜的天然純林比例其實相當高，總使在前兩年計畫蒐集訓練資料集時，已經藉由林型土地覆蓋型圖資屬性篩選排除上述的混淆林案例，仍舊發現保留下來的訓練樣本時常夾帶不完全純化之訓練樣本(圖 5-1)，推測可能原因包含樹種邊界的模糊交錯，亦或是人工辨識時主觀判定造成缺漏等問題，也因而誕生了「專家辨識編修工具」。

「專家辨識編修工具」的設計即是希望提供讓農航所專業人員重新檢視機器學習訓練樣本之品質，藉由簡單的工具介面加速人工逐一檢視的效率，因此本計畫 111 年度透過模型訓練準確度提升評估，來驗證與討論人工純化的訓練樣本是否為模型訓練獲得更好的效益。

為此，商請團隊共同主持人宜蘭大學鍾智昕副教授，與農航所影像判釋人員共同協助，運用此工具挑選 3 類樹種(檜木、杉木與鐵杉)進行訓練樣本純化測試，從原有的訓練樣本中(檜木 5,971 筆、杉木 8,933 筆與鐵杉 8,933 筆)篩選出樹種純度較高的影像，測試目標主要以辨識準確率較低的幾個針葉林為主，圖 5-1 呈現訓練樣本純化與否之差異。如表 5-5 所示，自各自的訓練樣本中篩選 500 張純化樣本，並以相同的迭代訓練周期(epoch = 85)進行實驗，比較訓練時間與模型精度發現，純化樣本數量雖然較少，但模型訓練時間可以大幅縮短，模型測試精度(OA)的表現也有不同程度的上升，顯示樣本純化確實有助於模型精度之提升。





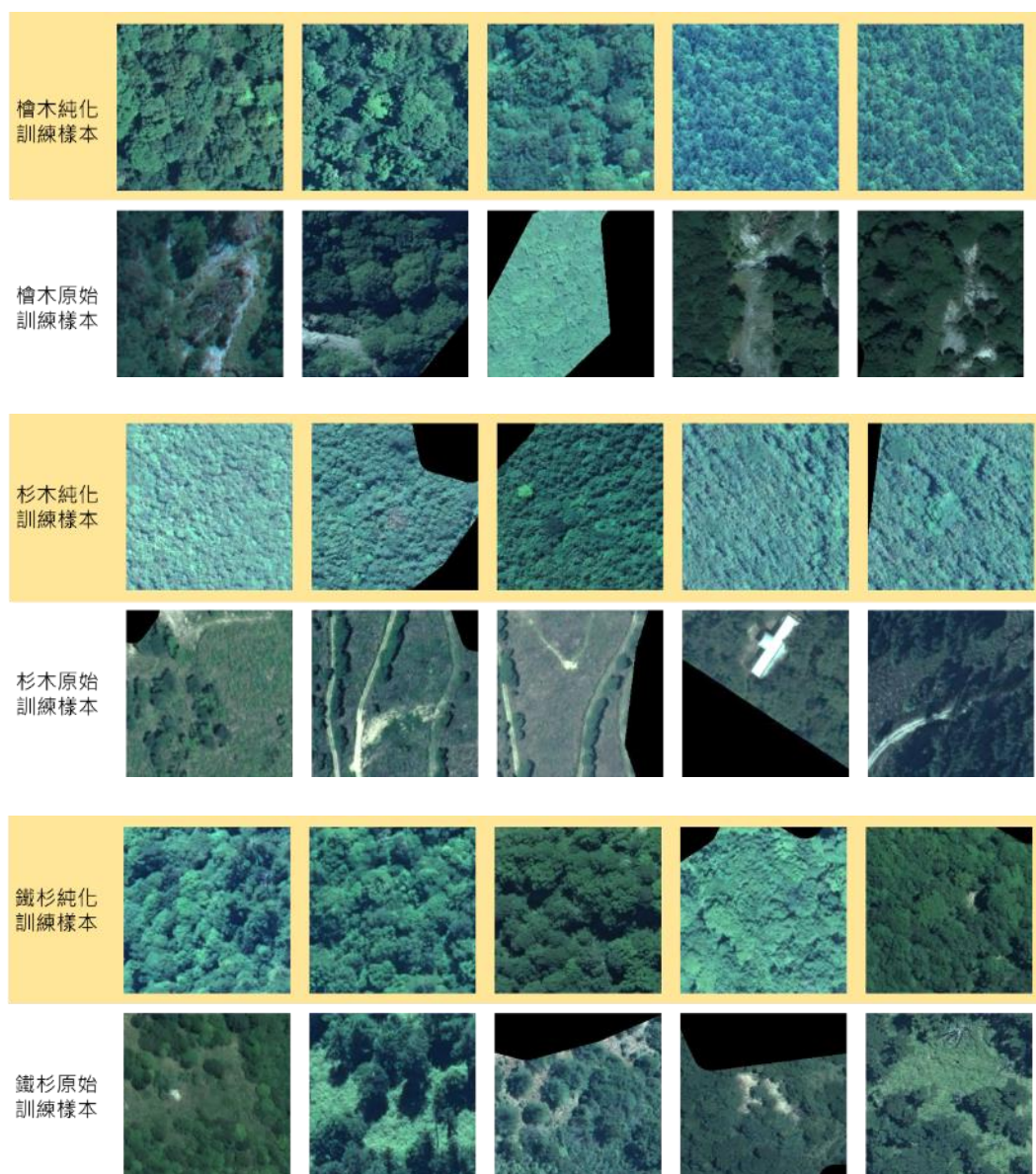


圖 5-1 針葉林純化樣本與原始樣本之比較

表 5-5 樣本純化結果比較

| 樹種 | 訓練樣本<br>總數 | 原模型<br>訓練時間 | 原模型<br>測試精度 | 純化樣本<br>數 | 純化模型<br>訓練時間 | 純化模型<br>測試精度 |
|----|------------|-------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| 檜木 | 5,971      | 9 小時        | 63.4%       | 500       | 1.2 小時       | 83.0%        |
| 杉木 | 5,859      | 8.8 小時      | 78%         | 500       | 1.1 小時       | 89.8%        |
| 鐵杉 | 8,933      | 11.5 小時     | 64.2%       | 500       | 1.1 小時       | 77.1%        |



## (二) 模型優化訓練工具

為了協助農航所進行定期模型更新之作業，本計畫111年度開發「模型優化訓練工具」來串接既有模型架構，以半自動的方式運行模型訓練流程。針對相關評估工作，包含以下3項持續性模型優化效能評估、架構輕量化訓練效能評估與模型訓練運作時間之評估。以下針對各項評估進行說明。

### 1. 持續性模型優化效能評估：

彙整了本計畫各年度模型訓練優化成果，如表 5-5 所示，3年期間經歷了訓練樣本數量的增加、特徵參數的增加，伴隨著模型精度與整體精度都有微幅成長，最終模型也將做為「模型優化訓練工具」起始版本，為未來持續性的重新訓練工作得以建構在目前的基礎下，滿足未來檢訂調查作業之需求。

### 2. 架構輕量化訓練效能評估：

本計畫111年度為了提升模型穩定性、準確性，並基於後續維運之考量，變更訓練架構，同時亦記錄其運作時間之差異。如表 5-6 所示，比較本計畫 110 年度模型與 111 年度輕量化模型之運行時間，前者(epoch = 200)的情況下單次訓練時間長達 113 小時無法中斷；後者(epoch = 85)採取多模型逐一訓練，總計訓練時間約 122.8 小時，雖然本計畫 111 年度模型需要更久的時間，但由於訓練過程可分段進行，且未來還可透過調整迭代訓練週期次數降低單一模型訓練時間，應是較佳的維運方式。

### 3. 模型訓練運作時間之評估：

為了提供未來模型定期更新之參考，彙整本計畫111年度工具開發測試過程，各項訓練資料集數量、訓練時間與迭代訓練週期，分析運轉效能以提供未來工具訓練之參考。如圖 5-2 所示，說明固定迭代訓練週期(epoch = 85)時，模型訓練時間與訓練樣本數量之線性關係。而圖 5-3 則說明固定樣本數量(13,564 筆)時，模型訓練時間與迭代訓練週期之線性關係。鑒於此分析



結果得知，樣本數量越多，模型訓練時間越長；迭代訓練週期越多，模型訓練時間也會越長。

為了避免每次調整模型架構或是重新訓練模型時，都必須重新撰寫或是修改程式，因此透過「模型優化訓練工具」重現訓練流程，以達到自動運行之需求。在模型評價方面，則提供對應的迭代訓練週期報表，如圖 5-4 所示，說明模型訓練精度(acc)隨著迭代訓練週期(epoch)之變化；而圖 5-5 則說明模型訓練損失函數(loss)隨著迭代訓練週期(epoch)之變化，一個合理的模型，模型訓練精度會隨著迭代訓練週期增加而變高，並且趨於穩定；而模型損失函數則會隨著迭代訓練週期增加而變低，並且趨於穩定。相關結果可在工具的對應路徑[.IO\save\_weights\npngs]找到每一次訓練的歷程。以作為模型優化之評估方法。

表 5-6 本計畫三年各階段模型優化訓練成果

| 計畫年份   | 111 年計畫            | 110 年計畫             | 109 年計畫             |
|--------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 樣本數量   | 3490 幅 DMC         | 3248 幅 DMC          | 718 幅 DMC           |
| 模型架構   | CNN 與 DNN<br>(多模型) | CNN 與 DNN<br>(單一模型) | CNN 與 DNN<br>(單一模型) |
| 迭代訓練週期 | 85                 | 200                 | 200                 |
| 樹種類別   | 19 類               | 19 類                | 11 類                |
| 特徵參數   | 16 組               | 16 組                | 11 組                |
| 訓練時間   | 122.8 小時           | 113 小時              | 未紀錄                 |
| 模型精度   | 74.6%              | 72.5%               | 65.3%               |
| 整體精度   | 74.6%              | 73.0%               | 67.0%               |
| Kappa  | 0.74               | 0.70                | 0.62                |





表 5-7 模型訓練時數測試結果

| 樹種   | 111 年度輕量化模型<br>訓練時間<br>(小時)(epoch = 85) | 110 年度計畫單模型<br>訓練時間<br>(小時)(epoch = 200) | 總訓練樣本<br>數量 |
|------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------|
| 冷杉   | 11.5                                    | 113                                      | 17,866      |
| 鐵杉   | 11.5                                    |                                          | 17,866      |
| 檜木   | 9.0                                     |                                          | 11,942      |
| 台灣杉  | 1.4                                     |                                          | 1,114       |
| 杉木   | 8.8                                     |                                          | 11,718      |
| 臺灣肖楠 | 1.0                                     |                                          | 462         |
| 柳杉   | 6.8                                     |                                          | 8,006       |
| 松樹   | 11.6                                    |                                          | 17,866      |
| 其他針  | 1.4                                     |                                          | 1,094       |
| 相思樹  | 9.2                                     |                                          | 12,050      |
| 大桃花  | 1.0                                     |                                          | 384         |
| 台灣赤楊 | 1.8                                     |                                          | 1,490       |
| 銀合歡  | 9.5                                     |                                          | 13,564      |
| 光臘樹  | 1.1                                     |                                          | 258         |
| 台灣檫  | 2.0                                     |                                          | 1,576       |
| 木油桐  | 1.0                                     |                                          | 478         |
| 其他闊  | 11.7                                    |                                          | 17,866      |
| 單桿狀竹 | 11.3                                    |                                          | 17,866      |
| 叢生狀竹 | 11.4                                    |                                          | 17,866      |
| 合計   | 122.8                                   | 113                                      |             |



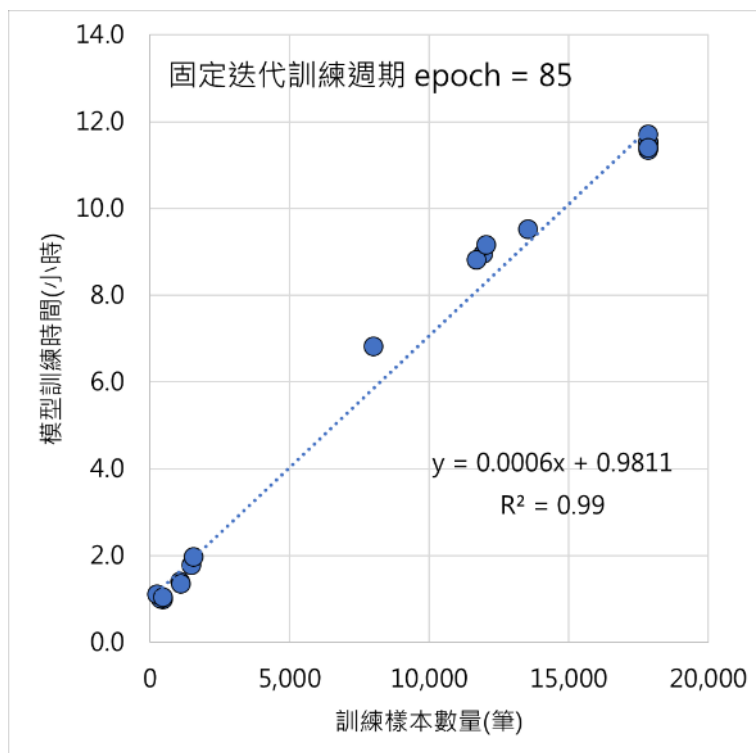


圖 5-2 模型訓練時間與樣本數量關係圖

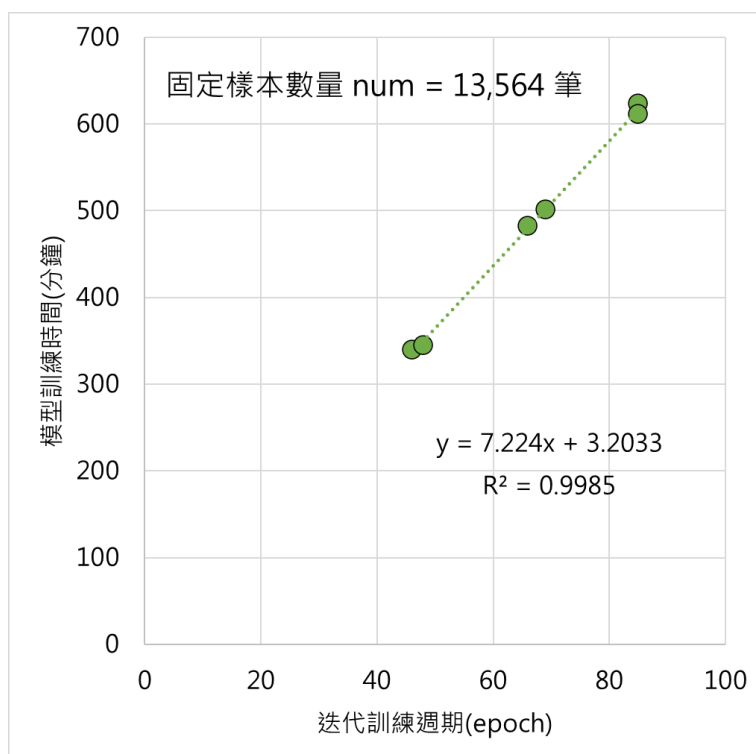


圖 5-3 模型訓練時間與迭代訓練週期關係圖





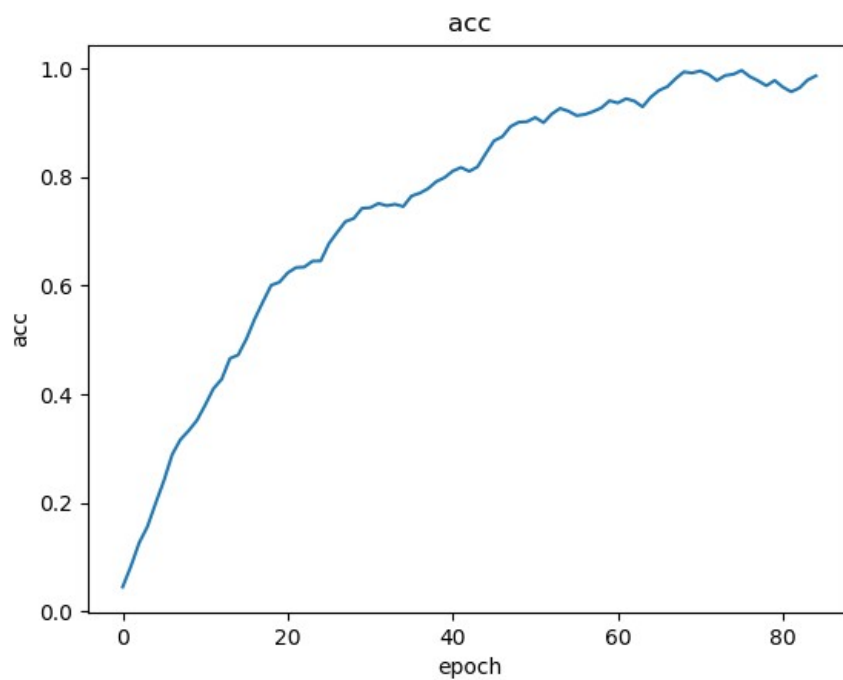


圖 5-4 模型訓練精度(acc)與迭代訓練週期(epoch)關係圖

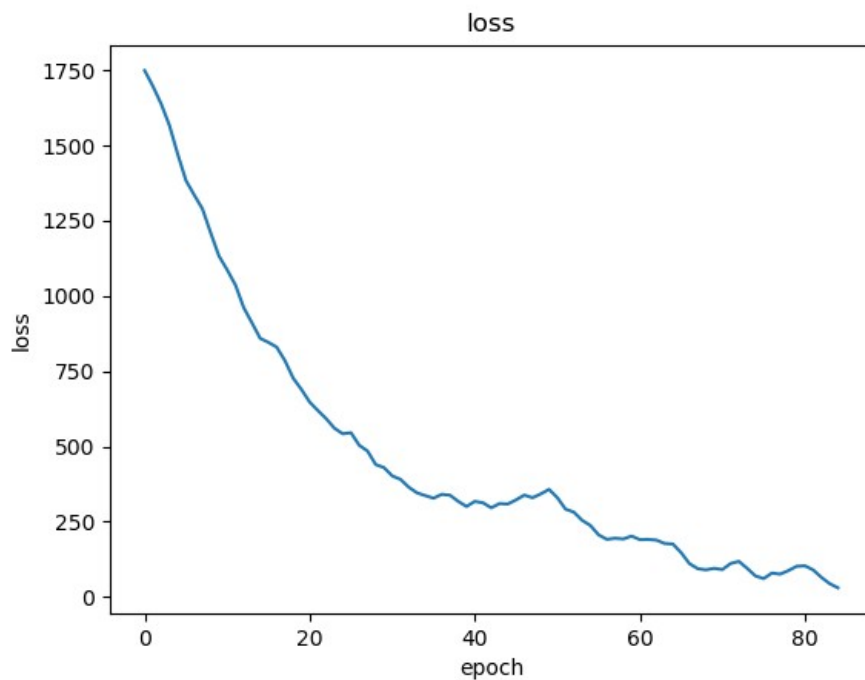


圖 5-5 模型損失函數(loss)與迭代訓練週期(epoch)關係圖



### (三) 森林覆蓋型辨識工具

「森林覆蓋型辨識工具」應是本計畫開發機器學習工具使用率最高的一項，操作流程會直接與農航所檢訂調查業務做搭配，因此除了辨識結果之外，運行效能也會實際影響業務搭配的順暢性。如表 5-8 所示，「森林覆蓋型辨識工具」完成初期，每一組檢訂專案包含 5 張 DMC 航射影像，必須全部進行資料前處理、影像裁切、模型辨識與屬性比對等工作，平均高達 10,000 張的辨識樣本，按照此規劃平均每次運行時間會高達 9.8 小時；為此經過會議商討之後，改先以 1/5000 相片基本圖圖框濾除過大的辨識樣本範圍，移除超過 40% 的辨識樣本後，使用剩餘約 6,000 張辨識樣本進行後續辨識工作，整體運行時間減少至 1.9 小時，縮短近 80% 的運行時間。

對農航所檢訂調查業務而言，「森林覆蓋型辨識工具」將辨識結果轉換為輔助向量底圖，作為影像判釋人員林型編修之參考，未來相關編修流程可透過此結果減少人工逐一檢查的次數，並可望減少 40% 的編修檢查時間，以爭取更多的人力資源於其他森林資源調查業務作業之進行。

表 5-8 辨識工具優化前後時效比較

| 辨識工具工作流程  | 辨識工具架構優化前 | 辨識工具架構優化後 |
|-----------|-----------|-----------|
| 各項資料前處理工作 | 0.25 小時   | 0.17 小時   |
| 林型、樹種辨識工作 | 8.38 小時   | 1.5 小時    |
| 合併辨識結果之工作 | 1 小時      | 0.17 小時   |
| 格式轉換產出輔助檔 | 0.15 小時   | 0.05 小時   |
| 總計        | 9.78 小時   | 1.88 小時   |



## 第陸章、特定物種機器學習辨識可行性評估

近年世界各國為響應全球化趨勢，加速了國際間貿易、旅遊與交通等發展，與此同時，也常蓄意或無意由國外引進外來植物，做為食用、藥用、觀賞與放牧……等目的，許多引進的外來植物可被歸化(naturalization)且繁衍長存。當這些外來植物經過長時間的馴化，開始在野外自行繁衍、更新，產生相當大量的後代，進一步影響生態系的正常運作，就會變成我們所知的「外來入侵植物」。時間一拉長，生育地被少數優勢的外來入侵植物占據，生物多樣性便逐漸下降，物種單一化的結果將導致生態系功能的退化，甚至禍及人類生活。此時大面積的航遙測調查工作，就成了最理想的監控工具。

臺灣地處太平洋亞熱帶區域，得天獨厚的氣候條件致使生物多樣性豐富，近年來銀合歡的強勢入侵，臺灣全島低海拔林地都有其蹤跡，但其中以恆春半島的佔據情況最為嚴重，驚人的繁殖能力對生態系造成衝擊，使其成為農業、林業單位積極關注防治之目標。因此，今年度計畫開發「森林覆蓋型辨識工具」，除了滿足既定的19類樹種辨識之功能，更依需求擴充特定樹種辨識之功能於工具內，讓19種樹種模型可以獨立運作，藉此滿足特定樹種調查任務之業務作業。

### 一、銀合歡辨識模型設計與訓練

銀合歡為豆科植物，又名白相思子，具有生長快速、材質佳、可作飼料、砍伐後亦可萌芽更新等特性，加上銀合歡是根瘤植物，可製造氮肥，因此成為臺灣早期造林樹種之一。然而，也因為銀合歡的生長傳播快速，適應力強，因此容易大量入侵裸露地，有銀合歡生長的區域，他種植物就難以生存。近年來入侵問題日益嚴重，



狀況最糟的恆春半島幾乎整個淪陷，隨著相關單位的關注，現續投入經費，希望有效遏止銀合歡蔓延，重建森林原貌。

銀合歡對於林務局乃至於農航所都是至關重要的關切議題，因此優先選以銀合歡作為該特定物種，建立機器學習辨識模型。事實上，本計畫 110 年度擴充樹種辨識類別時，已將銀合歡納入分類目標之一，然而相比其他島上常見的針葉或闊葉林樹種，銀合歡分布範圍之樣本數量比例相當懸殊，且很大一部分銀合歡生長於恆春半島林地範圍邊界，以至於樣本數量不足導致訓練成效並不理想。因此本計畫 111 年度在農航所的協助之下，額外獲取恆春半島地區銀合歡人工調查圖資與 DMC 航射影像，並通過早已建立的標準化流程(圖 6-1)，包含圖資反投影、影像裁切等工作，接續進行樹種辨識模型之訓練與應用。以作為特定物種(銀合歡)作業流程自動化偵測應用之評估。

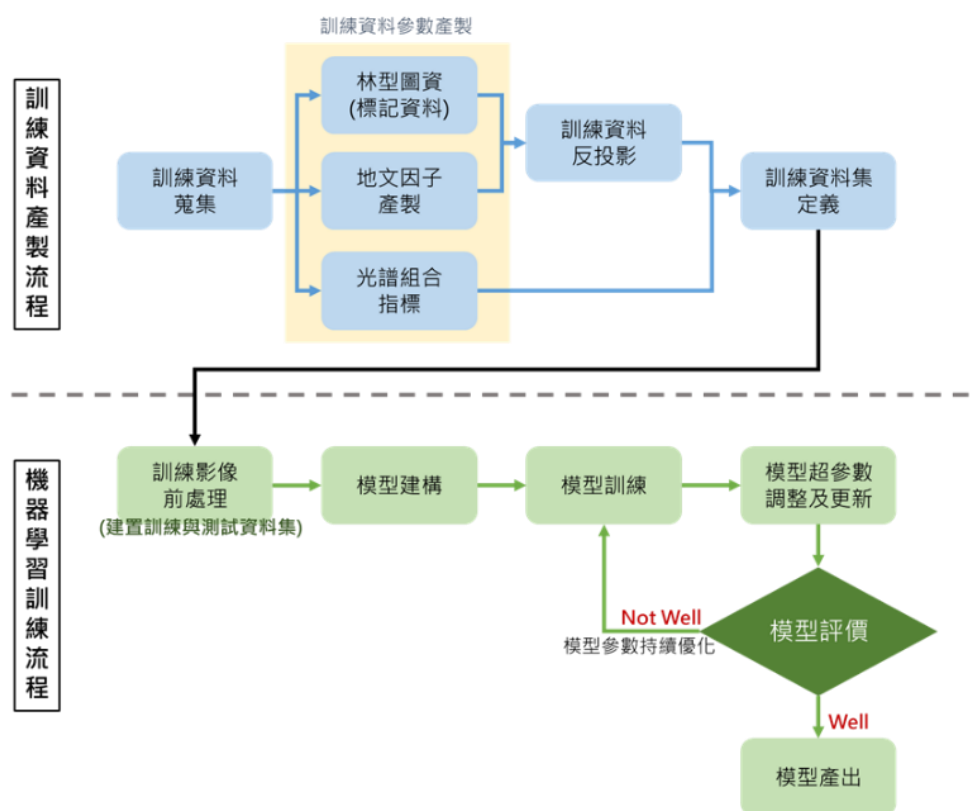


圖 6-1 機器學習訓練流程



## (一) 銀合歡資料前處理

為了提升銀合歡辨識模型之表現，今年度計畫在農航所的協助下，取得民國 110 年最新拍攝的 DMC 航射影像共計 242 幅，拍攝位置主要分布於恆春半島銀合歡密集生長之地區(圖 3-1)，並經過農航所調查作業實地確認繪製其分布範圍之向量圖層。取得上述的調查圖資與影像資料後，便要進行影像的前處理作業，包含影像遮罩、影像切片、影像篩選與資料增強等過程。將 DMC 航攝影像以同樣的樣本尺寸(256×256 像素)進行裁切，最終保留符合條件的 7,536 張銀合歡影像應用於模型建構，並通過訓練資料產製流程，備妥訓練模型所需的 16 項參數因子，包含 4 個影像波段 Red、Green、Blue、NIR；6 個地文因子 DEM、Slope、Aspect、Roughness、TPI、TRI；與 6 個光譜組合指標 NDVI、SAVI、ARVI、ExGI、GCC 與 GLI(表 3-3)。

## (二) 銀合歡模型訓練

在訓練模型的建構上，本計畫 111 年度維持原模型 CNN 架構的原則，以 EfficientNetV2 方法(Mingxing et al., 110)優化超參數擬合的過程，該方法由 Google 團隊於民國 110 年 4 月所提出，能讓模型更加輕量化，在訓練過程以更短的時間找到更多樣的超參數組合，藉此提升模型準確性。基於上述架構，今年度計畫建立銀合歡樹種辨識模型，將 16 項特徵參數分為三個資料輸入層(圖 6-2)，與影像光譜有關的 10 個特徵因子 Red、Green、Blue、NIR、NDVI、SAVI、ARVI、ExGI、GCC 與 GLI；與地形高程有關的 5 個特徵因子 DEM、Slope、Roughness、TPI、TRI；以及獨立分開的地形坡向 Aspect 因子。各項因子均以 256×256 像素尺寸輸入模型，經過 3 個卷積層與 3 個池化層之後，再由 DNN 模型扁平化的全連接層來做最後的特徵匯集。另一方面，針對資料集的切分，在有限的訓練樣本中，採取 9(訓練集、驗證集)比 1(測試集)的策略進行切分，總計 6,782 筆銀合





歡訓練樣本，搭配相同數量的非銀合歡訓練樣本(總計 13,564 筆)用於模型訓練，剩餘的 754 筆銀合歡樣本則用於模型測試之工作。

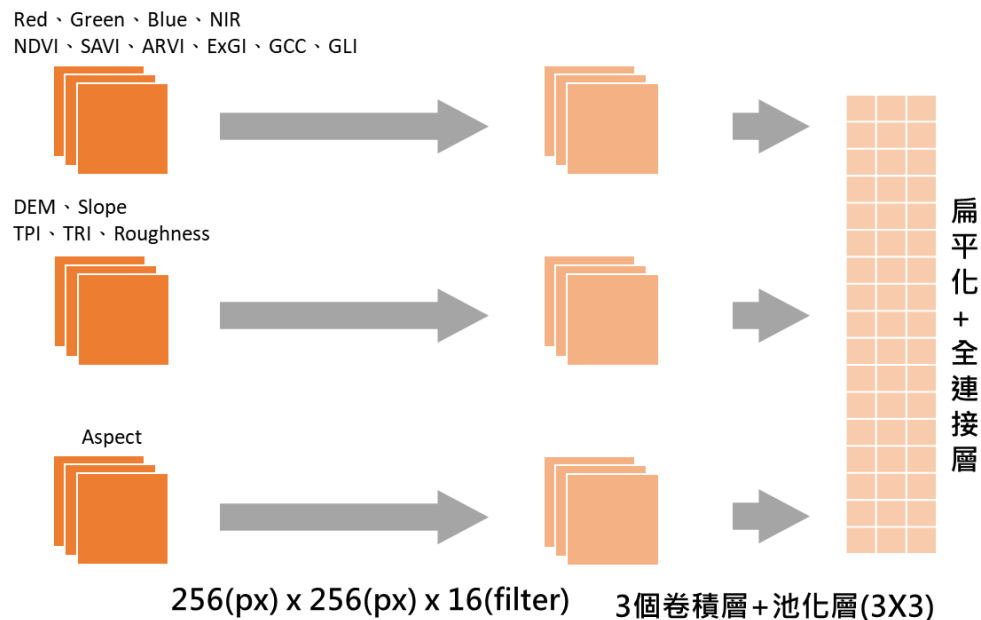


圖 6-2 特殊樹種銀合歡辨識模型架構

### (三) 銀合歡辨識結果分析

為強化特定樹種辨識模型之可用性，透過多次的反覆實驗，驗證銀合歡樹種辨識模型之精度表現，因此辨識模型先後訓練 3 次，每一次訓練都會重新切分資料集，並記錄迭代次數與訓練時間，如表 6-1 所示，在不影響準確率的情況下，迭代次數基本上與訓練時間成正比。完成訓練的模型會透過 10 次的抽樣測試，確保模型具有穩定性，並保有最佳化結果，每次測試時抽取測試資料集中的 377 張銀合歡搭配 377 張非銀合歡進行驗證。如表 6-2 所示，TP 表示銀合歡樣本被正確辨識為銀合歡；FP 表示為非銀合歡樣本被誤判為銀合歡；TN 表示非銀合歡樣本正確辨識為非銀合歡，而 FN 則表示銀合歡樣本被誤認為非銀合歡。

若進一步檢視辨識結果能夠發現，在這 30 次的測試過程完全沒有偽陰性的資料，亦即沒有任何銀合歡樣本被誤認為非銀合歡。推





測由於銀合歡分布範圍係由人工調查而得，調查資料品質良好，促使模型能夠有效學習銀合歡之特徵，以至於未出現漏判的情況。整體而言，3 個測試模型一共 30 次的測試紀錄呈現一致性的良好表現，整體模型精度達 84.0%，Kappa 為 0.68(表 6-3)。隨機抽取 30 張樣本進行人工辨識，亦確認 TN 與 FP 中確實沒有銀合歡樣本，說明模型誤差主要來自樣本的誤判(FP)。綜上所述，本計畫 111 年度選定銀合歡為驗證樹種，說明特定物種辨識訓練流程與應用方法確實具備一定的準確率，藉此減少影像辨識人員多次反覆檢核的效率。

表 6-1 三次模型訓練情形

| 模型  | 銀合歡筆數 | 非銀合歡筆數 | 迭代訓練週期 | 訓練時間      |
|-----|-------|--------|--------|-----------|
| 實驗一 | 6,782 | 6,782  | 85     | 14 時 50 分 |
| 實驗二 | 6,782 | 6,782  | 46     | 8 時 5 分   |
| 實驗三 | 6,782 | 6,782  | 85     | 14 時 33 分 |

表 6-2 測試資料對模型驗證成果

| 模型  | TN  | FP  | FN | TP  | OA     | Kappa |
|-----|-----|-----|----|-----|--------|-------|
| 實驗一 | 250 | 127 | 0  | 377 | 83.16% | 0.66  |
|     | 272 | 105 | 0  | 377 | 86.07% | 0.72  |
|     | 266 | 111 | 0  | 377 | 85.28% | 0.71  |
|     | 258 | 119 | 0  | 377 | 84.22% | 0.68  |
|     | 238 | 139 | 0  | 377 | 81.57% | 0.63  |
|     | 244 | 133 | 0  | 377 | 82.36% | 0.65  |
|     | 270 | 107 | 0  | 377 | 85.81% | 0.72  |
|     | 239 | 138 | 0  | 377 | 81.70% | 0.63  |
|     | 236 | 141 | 0  | 377 | 81.30% | 0.63  |
|     | 277 | 100 | 0  | 377 | 86.74% | 0.73  |
| 實驗二 | 276 | 101 | 0  | 377 | 86.60% | 0.73  |
|     | 274 | 103 | 0  | 377 | 86.34% | 0.73  |
|     | 241 | 136 | 0  | 377 | 81.96% | 0.64  |
|     | 240 | 137 | 0  | 377 | 81.83% | 0.64  |
|     | 279 | 98  | 0  | 377 | 87.00% | 0.74  |
|     | 256 | 121 | 0  | 377 | 83.95% | 0.68  |





|     |     |     |   |     |        |      |
|-----|-----|-----|---|-----|--------|------|
|     | 230 | 147 | 0 | 377 | 80.50% | 0.61 |
|     | 276 | 101 | 0 | 377 | 86.60% | 0.73 |
|     | 234 | 143 | 0 | 377 | 81.03% | 0.62 |
|     | 277 | 100 | 0 | 377 | 86.74% | 0.73 |
| 實驗三 | 260 | 117 | 0 | 377 | 84.48% | 0.69 |
|     | 247 | 130 | 0 | 377 | 82.76% | 0.66 |
|     | 275 | 102 | 0 | 377 | 86.47% | 0.73 |
|     | 233 | 144 | 0 | 377 | 80.90% | 0.62 |
|     | 269 | 108 | 0 | 377 | 85.68% | 0.71 |
|     | 233 | 144 | 0 | 377 | 80.90% | 0.62 |
|     | 233 | 144 | 0 | 377 | 80.90% | 0.62 |
|     | 257 | 120 | 0 | 377 | 84.08% | 0.68 |
|     | 273 | 104 | 0 | 377 | 86.21% | 0.72 |
|     | 277 | 100 | 0 | 377 | 86.74% | 0.73 |

表 6-3 30 次驗證結果總計

|                 | 辨識為銀合歡 | 辨識為非銀合歡     | 生產者精度(PA) |
|-----------------|--------|-------------|-----------|
| 實際為銀合歡          | 11,310 | 0           | 100%      |
| 實際為非銀合歡         | 3,620  | 7,690       | 67.90%    |
| 使用者精度(UA)       | 75.70% | 100%        |           |
| 整體精度(OA): 84.0% |        | Kappa: 0.68 |           |



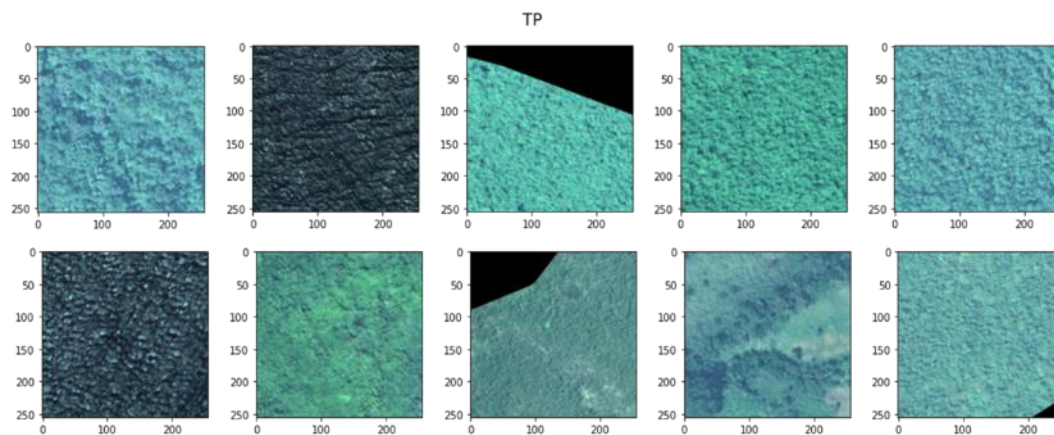


圖 6-3 辨識為銀合歡且實際為銀合歡之影像案例

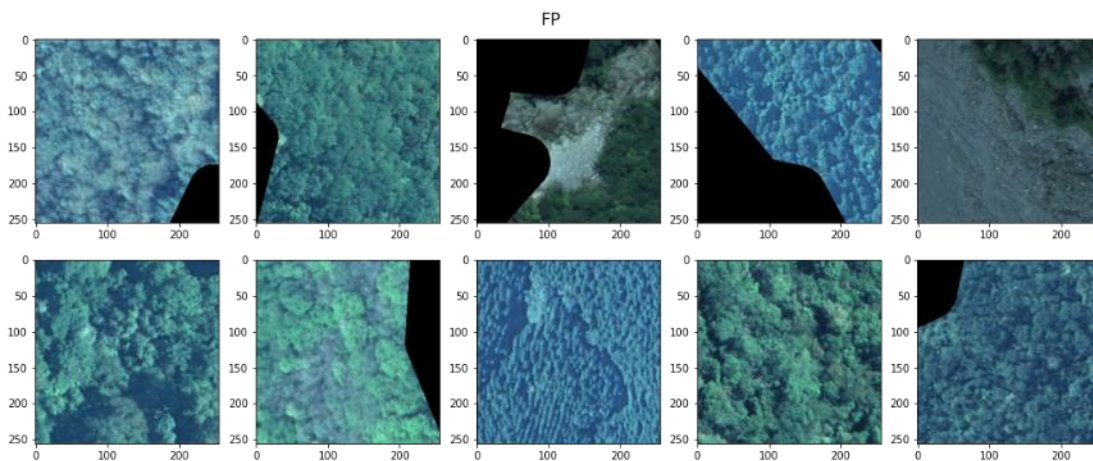


圖 6-4 辨識為銀合歡但實際為非銀合歡之影像案例

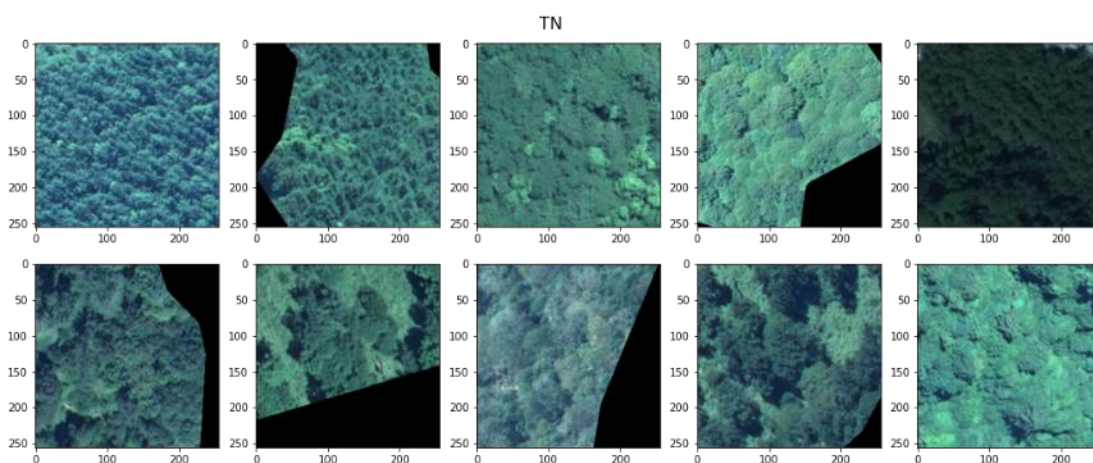


圖 6-5 辨識為非銀合歡且實際為非銀合歡之影像案例





## 二、森林覆蓋型辨識工具擴充評估

為了實現機器學習工具應用於農航所實際業務工作，本計畫 111 年度除了完成檢訂調查所需之「森林覆蓋型辨識工具」更需協助評估特定樹種辨識模型擴充應用之成效，前一章節已定義銀合歡為特定樹種並進行一系列的資料蒐集、影像前處理與模型訓練工作，透過反覆的交叉驗證確保單一樹種辨識模型訓練之可用性。

因此進一步擴充「森林覆蓋型辨識工具」，提供銀合歡特定樹種辨識之功能，並直接以相同架構將其餘的 18 類純林樹種各別辨識應用之功能予以開發，包括冷杉、鐵杉、檜木、臺灣杉、杉木、臺灣肖楠、柳杉、松樹與其他針等 9 種針葉林；相思樹、大葉桃花心木、臺灣赤楊、銀合歡、光臘樹、臺灣櫟、木油桐與其他闊等 8 種闊葉林，以及叢生狀竹與單桿狀竹 2 種竹林，都可直接透過「森林覆蓋型辨識工具」獨立進行樹種辨識工作，如圖 6-6 所示，確認檢訂專案路徑後，於下拉式選單中選取特定樹種，即可進行特定樹種辨識作業。

然而，為了進一步實現任一新樹種的樹種辨識應用，本計畫 111 年度透過辦理教育訓練的方式，提供完整的影像資料蒐集、訓練樣本清理、樹種模型訓練，與樹種辨識應用課程，農航所專業人員能參考工具功能，以程式開發介面執行相關流程，藉此建立單一樹種辨識模型，並做為未來工具持續維運，模型功能擴充時重要的操作基礎。現階段，教材用程式碼已完全移植至農航所工作站，並錄製操作影片，同時相關教案也將於結案前彙整至【模型訓練手冊】提供農航所實際運用。







圖 6-6 森林覆蓋型辨識工具特定樹種辨識功能擴充



## 第七章、論文投稿

回顧三年計畫成果，無疑在機器學習、航遙測技術與森林資源調查都有其亮點與價值，因此今年度更進一步綜整 3 年成果發表期刊論文，強化巨量影像處理與機器學習工具開發於森林資源應用之成果。本計畫以〈基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用〉投稿至《航測及遙測學刊》，目前正在接受審稿(圖 7-1)；另以〈新一代的森林資源調查-用 Geo-AI 大數據探究淨零排放的秘密〉投稿至《GeoDigital Life 空間數位生活》，目前已於民國 111 年 12 月刊登(圖 7-2)。相關投稿進度彙整如表 7-1 所示。

航測及遙測學刊編輯處 <jprssubmit@gmail.com>  
收件者: 吳劍知能\_吳筌緯; 吳劍知能\_鄭錦桐(Thomas) 總經理 加上其他 6 人  
副本: 總編輯mdyang <mdyang@dragon.nchu.edu.tw>  
王禹翔先生 您好:

您投寄本刊之稿件「基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用」，經審查委員初審評為「修正後審查」。

茲將評審意見表、稿件註記表及評審意見回覆表(如網址, [https://drive.google.com/drive/folders/1-X3r8UvaFA\\_efa4GapDjDT1VsSCC5wvS?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1-X3r8UvaFA_efa4GapDjDT1VsSCC5wvS?usp=share_link)), 請參酌修正後再寄本刊審查, 若有稿件修改之困擾, 亦請惠予說明原因, 俾供總編輯彙整。

備註: 可否麻煩將修正稿與初稿, 有改過的部份, 用不同顏色標註, 以利審查。

請於111年11月18日(星期五)前, 將  
(1)修正後稿件之電子檔(WORD 97-2003格式)與無作者姓名  
(2)評審意見回覆處理情形表之電子檔(WORD格式)

以上電子檔寄至: [jprssubmit@gmail.com](mailto:jprssubmit@gmail.com)

崇此 頌頌

道 祺

航測及遙測學刊編輯處 敬啟  
編輯處秘書 鄭心潔

應用卷積神經網路於自動化森林覆蓋型辨識工作<sup>1,2</sup>

王禹翔<sup>1\*</sup>、吳筌緯<sup>2</sup>、鄭錦桐<sup>3</sup>、鍾智軒<sup>4, 5</sup>  
吳淑華<sup>6</sup>、鄭國棟<sup>6</sup>、黃宗仁<sup>7, 8</sup>

摘要

臺灣森林佔全島面積六成，高解析衛星是世界各地森林資源的重要途徑，影像辨識與調查的需求逐漸不減。本研究透過卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)建立自動化森林覆蓋型辨識模型，於 3,248 幅 DMIC 影像中，成功使用 16 種網狀結構設計單一樹種分類模型，實現 19 種臺灣常見森林樹種之辨識，研究結果獲得 74.6% 的整體精度評價，並透過可解釋性的特徵分析發現近紅外光波段、高反射率具有較明顯的貢獻價值。本研究內的森林資源調查資料與模型調查結果，本研究開發了「森林覆蓋型辨識工具」，提出的向量圖資可供影像判釋人員使用，以應提升檢訂調查效率與品質。

關鍵詞: 卷積神經網路、航攝影像辨識、森林資源調查、檢訂調查作業

圖 7-1 航測及遙測學刊投稿審閱證明





## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書



圖 7-2 GeoDigital Life 空間數位生活投稿刊登證明

表 7-1 計畫成果論文投稿彙整表

| 項次 | 題目                               | 刊名                                   | 出版單位            | 狀態  | 發刊時間          |
|----|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|-----|---------------|
| 1  | 基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用           | 航測及遙測學刊                              | 中華民國航空測量及遙感探測學會 | 審稿中 | 民國 111 年 12 月 |
| 2  | 新一代的森林資源調查-用 Geo-AI 大數據探究淨零排放的秘密 | GeoDigital Life 空間數位生活 (原國土資訊系統通訊期刊) | 財團法人台灣地理資訊中心    | 已刊登 | 民國 111 年 12 月 |



## 第捌章、教育訓練

為了落實工具導入之目的，需透過教育訓練來強化操作功能的完整性與合理性。因此除了依契約安排必要的教育訓練，並依照工作會議之決議增辦相關課程，針對不同工具應用對象安排相應的課程，並透過本計畫執行團隊分別進行專業講述，包含開發工具的使用教學、檢訂專案導入方法之討論，以及打造樹種辨識模型的實作。同時透過問卷蒐集彙整未來精進方向，也透過每個月 1 次的工作會議來完善需求功能設計。

總計一共辦理 3 場教育訓練(表 8-1)，共計 12 小時。檢附各場次教育訓練課程表(表 8-2、表 8-3、表 8-5)、教育訓練簽到單(圖 8-2、圖 8-5、圖 8-7)、課程紀錄照片與回饋問卷，相關教材資料會檢附於成果報告書，同時提供【使用者操作手冊】、【軟體安裝手冊】與【模型訓練手冊】給農航所，做為未來工具使用之參閱文件。

表 8-1 教育訓練辦理成果彙整表

| 場次   | 第一場                                 | 第二場                                                                       | 第三場                                               |
|------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 課程概要 | 森林覆蓋型辨識工具背景說明、操作與導入說明、產出成果說明。(簡報課程) | 本計畫開發工具背景說明、如何訓練一個樹種辨識模型、專家辨識編修工具與模型優化訓練工具簡介、森林覆蓋型辨識工具操作導入與產出成果之實作。(簡報課程) | 森林辨識模型環境建置、模型訓練資料前處理、模型訓練與辨識、森林覆蓋型辨識工具成果產出。(實作課程) |
| 授課講師 | 鄭錦桐 博士<br>王禹翔 課長<br>吳笙緯 工程師         | 鄭錦桐 博士<br>王禹翔 課長<br>吳笙緯 工程師<br>林子鈞 工程師<br>鍾智昕 副教授                         | 魏擇壹 工程師<br>吳笙緯 工程師<br>張浚誠 工程師                     |
| 授課對象 | 農航所                                 | 林務局、農航所<br>地方林區管理處                                                        | 農航所                                               |
| 辦理位置 | 農航所 201 會議室                         | 農航所 201 會議室<br>(線上 Teams 同步)                                              | 農航所 201 會議室                                       |





|      |                    |                    |                    |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 辦理時間 | 民國 111 年 08 月 11 日 | 民國 111 年 10 月 12 日 | 民國 111 年 10 月 21 日 |
| 課程時數 | 2.5 小時             | 4.5 小時             | 5 小時               |
| 參加人數 | 18                 | 38                 | 10                 |

表 8-2 第一場教育訓練課程安排

|             |                                                                                                     |         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 日期          | 民國 111 年 08 月 11 日(星期四)                                                                             |         |
| 時間          | 課程                                                                                                  | 講師      |
| 9:15-9:30   | 報到                                                                                                  |         |
| 9:30-9:40   | 開場                                                                                                  | 鄭錦桐 博士  |
| 9:40-10:20  | <b>主題：森林覆蓋型辨識工具背景說明</b><br>說明本計畫執行背景，包含資料運用、模型規格、辨識目標與森林覆蓋型辨識工具設計之構想，讓學員對於該工具有基本認識。                 | 王禹翔 課長  |
| 10:20-10:30 | 休息                                                                                                  |         |
| 10:30-11:00 | <b>主題：森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明</b><br>說明工具如何操作，如何從模型變成工具，工具化後的輸入輸出設計與資料產出的格式，以及如何與現行檢訂調查作業流程進行整併。           | 吳笙緯 工程師 |
| 11:00-11:40 | <b>主題：森林覆蓋型辨識工具產出成果說明</b><br>針對工具實際跑出來的結果，說明成果檔案格式，紀錄內容解讀方式與屬性資訊，並透過不同的視覺化屬性填色介紹操作邏輯，然後再實際搭配影像進行比對。 | 吳笙緯 工程師 |
| 11:40-12:00 | 問題討論與意見調查                                                                                           | 鄭錦桐 博士  |



圖 8-1 第一場教育訓練活動照片







行政院農業委員會林務局農林航空測量所  
機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)  
第 1 場教育訓練簽到單

1. 課程時間：111 年 8 月 11 日（四）9 時 30 分
2. 課程地點：本所 201 會議室

| 單位         | 簽名                                                           |
|------------|--------------------------------------------------------------|
| 興創知能股份有限公司 | 鄭錦桐 王為翔 吳聖緯<br>林子鈞 魏擇堂 鍾智明                                   |
| 林務局        | 賴 韻 融                                                        |
| 農航所        | 鄧國龍 李鴻德<br>陳云雲 蔡富銘 王奕鈞<br>洪慈<br>李怡中<br>吳有素<br>郭宇文<br>蕭宗仁 吳張華 |

圖 8-2 第一場教育訓練簽到單





表 8-3 第二場教育訓練課程安排

| 日期          | 民國 111 年 10 月 12 日(星期三)                                                                           |         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 時間          | 課程                                                                                                | 講師      |
| 09:20-09:30 | 報到                                                                                                |         |
| 09:30-10:00 | 開場                                                                                                | 鄭錦桐 博士  |
| 10:00-10:45 | 主題：森林覆蓋型辨識工具背景說明<br>說明本計畫執行背景，包含資料運用、模型規格、辨識目標與森林覆蓋型辨識工具設計之構想，讓學員對於該工具有基本認識。                      | 王禹翔 課長  |
| 10:45-11:00 | 休息                                                                                                |         |
| 11:00-11:40 | 主題：如何訓練一個樹種辨識模型<br>介紹常見的影像辨識模型與相關應用，並說明如何以 CNN 模型建立樹種辨識模型。                                        | 王禹翔 課長  |
| 11:40-12:00 | 主題：專家辨識編修工具與林型優化訓練工具簡介<br>介紹本計畫所開發的編修與訓練工具，說明如何透過這些工具提升樹種辨識模型。                                    | 林子鈞 工程師 |
| 12:00-14:00 | 午休                                                                                                |         |
| 14:00-14:50 | 主題：森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明(含實作)<br>說明工具如何操作，如何從模型變成工具，工具化後的輸入輸出設計與資料產出的格式，以及如何與現行檢訂調查作業流程進行整併。           | 吳笙緯 工程師 |
| 14:50-15:00 | 休息                                                                                                |         |
| 15:00-15:30 | 主題：森林覆蓋型辨識工具產出成果說明(含實作)<br>針對工具實際跑出來的結果，說明成果檔案格式，紀錄內容解讀方式與屬性資訊，並透過不同的視覺化屬性填色介紹操作邏輯，然後再實際搭配影像進行比對。 | 吳笙緯 工程師 |
| 15:30-16:00 | 問題與討論                                                                                             | 王禹翔 課長  |





圖 8-3 第二場教育訓練活動照片

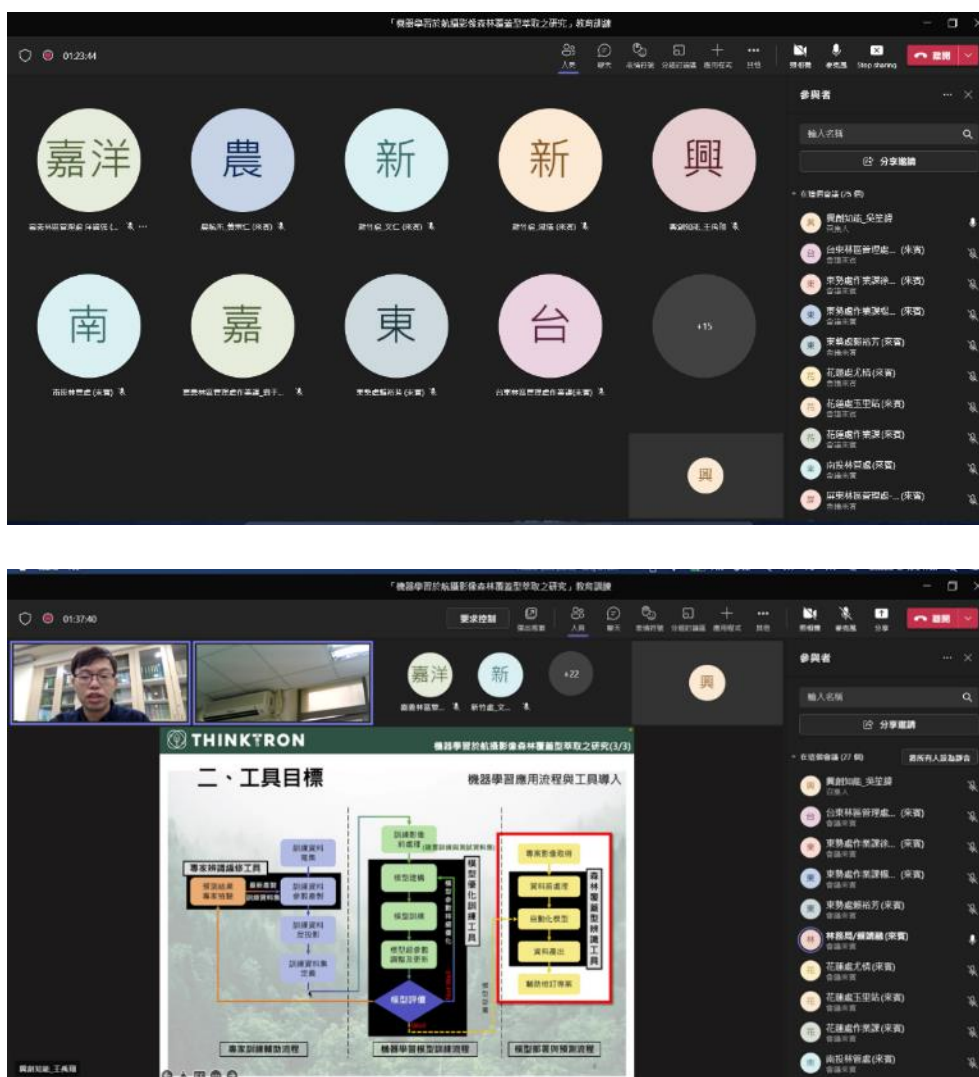


圖 8-4 第二場教育訓練線上課程截圖





表 8-4 第二場教育訓練課程回饋

| 課程回饋評分                                                 | 平均評分(1~5)      |                     |                    |
|--------------------------------------------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| 1. 課程時間安排                                              | 4.6            |                     |                    |
| 2. 課程內容安排                                              | 4.4            |                     |                    |
| 3. 課程操作安排                                              | 4.5            |                     |                    |
| 4. 課程實用性                                               | 4.4            |                     |                    |
| 課程回饋問卷                                                 | 是的，很清楚<br>(人數) | 是的，但還需要消化一下<br>(人數) | 不是，還有一點不理解<br>(人數) |
| 1. 是否明白本計畫透過「巨量航攝影像」、「數值地形模型」與「土地覆蓋型圖資」進行模型訓練？         | 2              | 15                  | 1                  |
| 2. 是否明白訓練完的模型可透過「森林覆蓋型辨識工具」進行辨識成果產出？                   | 4              | 14                  | 0                  |
| 3. 是否明白「森林覆蓋型辨識工具」將應用於檢訂調查作業的林型圖圖層編修？                  | 3              | 15                  | 0                  |
| 4. 是否明白本計畫三個工具的各自用途？                                   | 5              | 10                  | 3                  |
| 5. 是否明白樹種辨識模型的架構與訓練流程？                                 | 5              | 12                  | 1                  |
| 6. 是否明白「森林覆蓋型辨識工具」產出的網格狀 Shapefile 各欄位的代表意義？           | 4              | 12                  | 2                  |
| 7. 是否明白影像判識人員可藉由網格狀的 Shapefile 優先確認「模型產出」與「歷史圖層」有異的位置？ | 3              | 13                  | 2                  |
| 8. 是否明白「森林覆蓋型辨識工具」提供的輔助工具，該如何使用？                       | 1              | 15                  | 2                  |





行政院農業委員會林務局農林航空測量所  
機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)  
第2場教育訓練簽到單

1. 課程時間：111 年 10 月 12 日（三）9 時 30 分
2. 課程地點：本所 201 會議室及 Teams 線上視訊

| 單位         | 簽名                                          |
|------------|---------------------------------------------|
| 興創知能股份有限公司 | 林三鈞 鄭錦桐<br>王西羽<br>吳金絲<br>趙澤堯                |
| 林務局        |                                             |
| 農航所        | 鄧國強 李思德<br>陳玉雯<br>黃宗仁 郭宇文<br>王奕鈞 蔡家銘<br>吳清菱 |

圖 8-5 第二場教育訓練現場簽到單





表 8-5 第三場教育訓練課程安排

| 日期          | 民國 111 年 10 月 21 日(星期五)                                                   |         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| 時間          | 課程                                                                        | 講師      |
| 9:20-9:30   | 報到                                                                        |         |
| 9:30-10:00  | 開場                                                                        | 吳笙緯 工程師 |
| 10:00-10:50 | <b>主題：森林辨識模型環境建置(實作)</b><br>透過安裝 Docker 與程式設定，建置可用來訓練模型的環境。               | 張浚誠 工程師 |
| 10:50-11:00 | 休息                                                                        |         |
| 11:00-12:00 | <b>主題：模型訓練資料前處理(實作)</b><br>說明本計畫的資料處理流程，並透過裁切後的小影像進行實作。                   | 魏擇壹 工程師 |
| 12:00-14:00 | 午休                                                                        |         |
| 14:00-15:00 | <b>主題：模型訓練與辨識(實作)</b><br>說明前處理完的資料如何讓模型進行訓練，並實際訓練一簡單的辨識模型。                | 魏擇壹 工程師 |
| 15:00-15:10 | 休息                                                                        |         |
| 15:10-16:00 | <b>主題：森林覆蓋型辨識工具成果產出(實作)</b><br>說明辨識完的裁切後航攝影像如何合併，產出 1/5000 的正射辨識結果，並實際操作。 | 魏擇壹 工程師 |
| 16:00-16:30 | 問題與討論                                                                     | 吳笙緯 工程師 |



圖 8-6 第三場教育訓練活動照片





行政院農業委員會林務局農林航空測量所  
機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)  
第3場教育訓練簽到單

1. 課程時間：111 年 10 月 21 日 (五) 9 時 30 分
2. 課程地點：本所 201 會議室

| 單位         | 簽名                                            |
|------------|-----------------------------------------------|
| 興創知能股份有限公司 | 羅擇堂<br>呂望輝<br>張浚誠                             |
| 農航所        | 鄧國祚<br>李安銘<br>章守文<br>陳玉雯<br>黃宗和<br>梁珣蓁<br>王奕鈞 |

圖 8-7 第三場教育訓練簽到單



## 第玖章、結論與建議

### 一、計畫結論

#### (一) 實證區域規劃與資料蒐集

延續前兩年計畫之資料蒐集工作，本計畫三年執行期間總計共蒐集 3,490 幅 DMC 航攝影像，同時訓練所需的 DEM 資料，以及 109 年林型暨土地覆蓋型圖資均維持不變，16 項參數因子與 19 類辨識目標亦同。本計畫 111 年度因應工具功能驗證之所需，額外蒐集北、中、南、東四區域 10 組的檢訂調查專案，每組均包含 5 張 DMC 航攝影像、4 組立體影像對，與實際需要編修的局部林型圖資，以作為功能調校之測試資料。

#### (二) 機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化

本計畫 111 年度依據前期計畫研究與實際業務所需，開發三個單機版工具，包含「專家辨識編修工具」、「模型優化訓練工具」與「森林覆蓋型辨識工具」，藉此滿足檢訂專案應用、模型訓練更新與辨識編修回饋之需求。計畫期間透過 7 次工作會議與 2 次專家訪談確認應用需求，更新版本與效能優化，除了界定基本的使用情境、工具介面、軟硬體環境，更於工具開發完成後，提供農航所詳細的【軟體安裝手冊】與【使用者操作手冊】，以最為後續持續操作、應用推廣之參考依據。

#### (三) 現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正

本計畫 111 年度搭配檢訂調查作業開發「森林覆蓋型辨識工具」，將專案編修用的航攝影像與林型圖資檔案一併輸入工具，即可取得模型辨識結果之輔助檔案。10 組檢訂調查專案辨識成果，以抽樣方式進行驗證，總計在 16,120 筆的抽樣資料中獲得高達 74.6% 的



正確率，證實其可用性。在效能評估方面，「森林覆蓋型辨識工具」每一組專案執行時間約兩小時(換算每一個網格樣本處理時間約 1.2 秒)，視林地範圍大小有所差異，輔助檔案產出後再交由影像辨識人員運用，以滿足實際業務之所需。「模型優化訓練工具」提供了模型評價的報表，在每次約 120 小時的訓練後，可供使用者評估模型表現；而「專家辨識編修工具」則驗證了人工純化過的訓練樣本，可有效提升模型訓練的準確性(至少 10%)，突顯樣本品質對機器學習之重要性。

#### (四) 機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估

本計畫 111 年度以銀合歡為特定樹種之主要範本，透過計畫開發之工具，實現模型訓練與樹種辨識之工作。總計使用 13,564 張裁切樣本進行模型訓練，透過 30 次(每次超過 700 張)的樹種隨機抽樣驗證，獲得 84.0% 的平均整體精度，與 0.68 的 kappa 值，藉此評估自動化工具應用之可行性。除了銀合歡可用工具進行單一特定樹種辨識，本計畫亦因應使用者需求擴充辨識選項，使其餘 18 類樹種同樣可以相同架構單獨進行單一樹種自動化辨識。若需針對額外特殊樹種進行運用，則應參考【模型訓練手冊】進行擴充。

#### (五) 投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會

本計畫 111 年度彙整 3 年計畫相關執行成果、作業技術等內容，完成兩件的國內期刊論文投稿，一篇以〈基於卷積神經網路研究自動化森林覆蓋型辨識應用〉為題投稿至《航測及遙測學刊》，目前正在接受審稿；另一篇則以〈新一代的森林資源調查-用 Geo-AI 大數據探究淨零排放的秘密〉為題投稿至《GeoDigital Life 空間數位生活》，目前已於民國 111 年 12 月刊登。

#### (六) 教育訓練



本計畫 111 年度已分別於民國 111 年 08 月 11 日、10 月 12 日、10 月 21 日三日辦理三場教育訓練，內容包含機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之相關理論、工具應用、模型訓練與實機操作，共計 12 小時。除了詳細對計畫內開發的 3 個工具進行介紹，更透過程式碼實作課程協助所內培養機器學習模型訓練之能力。

## 二、建議

### (一) 樹種辨識類別擴充標準化

臺灣森林樹種多為常綠灌木為主，地形起伏複雜，使得樹種特徵樣態的區別更為困難。為了實際運用 DMC 航攝影像，建立泛用全臺的樹種辨識機器學習模型，本計畫三年執行期間，歷經艱難的訓練資料清理工作，包含特定林型與樹種篩選、正射圖資反投影校正、混淆林樹種模糊邊界等議題，旨在完善訓練資料品質，提升樣本標記可靠度，並建立機器學習標準化訓練原則。未來除了持續針對混淆林樣態分類、模型精度驗證建立評估方法外，團隊發現樣本資料的正確性更勝於演算法的選用，人工純化過的樹種樣本有更好的訓練結果，透過計畫開發之工具建立標準化作業流程，不論以自動化介面或程式碼開發進行，都將有助於借鏡未來特定樹種辨識模型擴充建立之參考。

### (二) 樹種機器學習作業理想化

近年來，機器學習已從單純的資料科學議題，提升至全生命週期(Full Life-Cycle)的應用層次，大家更加關心機器學習模型如何投入實際業務加速生產效率。機器學習作業(簡稱為 MLOps)是由機器學習(Machine Learning)、軟體開發(Development)，以及持續維運(Operation)三個核心任務所組成的概念，以各自的生命週期互相進行串接，並達到持續穩定運作之理想。因此借鏡此框架，「專家辨識編修工具」應持續提供人工純化樣本，建立篩選機制；「模型優化訓





練工具」能使用品質良好的樣本以獲得更好的辨識模型；而「森林覆蓋型辨識工具」則可運用更好的辨識模型，提高編修效率的同時，亦可回饋模型優化工具，提供更多、更良好的標記樣本。

### (三) 工具自動化串接架構優化

本計畫 3 年執行期間，自機器學習樹種辨識模型研發至檢訂調查專案應用軟體開發，並依據農航所業務需求建立工具基本架構。除了透過既有的模型更新與持續維運機制進行運作，未來應針對軟體串接進行各項優化工作，包含演算法架構輕量化、訓練特徵因子精煉、輔助圖層應用原則，以及辨識工具架構優化，都有助於提升工具使用性。另一方面，為了實現全自動樹種辨識之理想，擴大檢訂調查專案編修之應用，尚可嘗試應用深度學習語意分割(Semantic Segmentation)分類方法，於特定示範區域進行可行性測試與評估，並嘗試改善混淆林邊界所帶來的辨識困擾，提升航攝影像辨識應用之價值。

### (四) 檢訂調查編修工作效率化

農航所長年執行大量的航遙測圖資蒐集與產製之任務，巨量航攝影像不單只是需要倉儲的問題，更需要從中萃取大量土地覆蓋型資訊，作為持續性、即時性的國土保安、森林碳匯、氣候調節、生物多樣性維護等議題之必要資訊，十足突顯森林資源調查與檢訂調查相關作業之強需求。因此，透過本計畫發展之工具，逐步推動樹種辨識模型與訓練樣本品質之優化，落實實際業務之回饋，使機器與人員同時投入學習，方能建立一個良善的效率化循環，加速圖資編修作業，以更穩定的資料標準，加速土地覆蓋型資訊之取得、擴大國土資訊取得之範圍，真正提升空間資訊資料應用之時間向度。





表 9-1 三年期成果摘要綜整

| 項次 | 109 年度成果                                                                                               | 110 年度成果                                                                                                                                                     | 111 年度成果                                                                                                        |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <b>資料蒐集：</b><br>1. 累計 60 篇文獻蒐集，並確認可用的參數因子，包含地形因子與 NDVI。<br>2. 取得 718 幅航攝影像、20 公尺 DEM 網格、第四次森林資源調查林型圖資。 | <b>研究高解析度航攝影像以機器學習技術自動化萃取森林覆蓋型之演算模式與實作資料蒐集：</b><br>1. 累計蒐集 3,248 幅 DMC 影像、1,252 幅正射影像與 109 年林型暨土地覆蓋型圖資。<br>2. 建立 19 類純林樹種與 3 類單純林型辨識模型，整體精度分別為 73.0%與 88.0%。 | <b>實證區域規劃與資料蒐集：</b><br>1. 累計蒐集 3,490 幅 DMC 影像(含銀合歡調查影像)、10 組檢訂調查專案與 109 年林型暨土地覆蓋型圖資。                            |
| 2  | <b>航遙測影像分類技術之分析與功能評估：</b><br>1. 評估四種不同的分類策略與四種不同的開發平台介面。                                               | <b>評估機器學習相關軟體與國內高速運算資源及測試：</b><br>1. 評估雲端服務暫不適用，並確保本地端資源符合模型訓練之需求。                                                                                           | <b>機器學習之軟體開發與硬體規劃、實作與流程標準化：</b><br>1. 完成三個工具開發，說明應用情境、功能設計、軟硬體需求、資料產出與操作流程。                                     |
| 3  | <b>演算法之研究探討：</b><br>1. 選擇以 DNN 與 CNN 演算法進行開發，並以 Python 作為主要程式語言搭配 Jupyter Notebook 進行編譯。               | <b>研究機器學習演算法及流程效能提升方案：</b><br>1. 新增 5 組光譜指標特徵參數應用於模型訓練<br>2. 完成多項測試工作，包含高解析度影像特徵萃取、物候特性探討，與多元影像擴充運用。                                                         | <b>現行森林資源調查架構下以機器學習技術自動化智慧判釋森林覆蓋型模式之實測、效能評估及修正：</b><br>1. 驗證森林覆蓋型辨識工具結果產出，整體精度達 74.6%。<br>2. 完成三個工具開發效能與使用效益評估。 |
| 4  | <b>森林物件萃取標準化流程雛型之建立：</b><br>1. 建立資料前處理流程包含反投影、樣本遮罩與裁切。<br>2. 選擇 11 種主要樹種進行模型訓練，以 7:3 的比例建立資料集，         | <b>以機器學習技術自動化萃取森林物件特徵演算法評估測試與調查流程建置：</b><br>1. 完成模型更新與混淆林辨識應用測試。<br>2. 開發森林覆蓋型辨識工具雛形。                                                                        | <b>機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估：</b><br>1. 選定銀合歡為特定樹種，進行模型訓練與樣本測試驗證，整體精度達 84.0%。                                      |





| 項次 | 109 年度成果                                               | 110 年度成果                                                                                                       | 111 年度成果                                                                                          |
|----|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 獲得 65% 的整體精度與 0.62 的 kappa 值。                          | 3. 設計單一特定樹種 (銀合歡) 辨識模型。                                                                                        |                                                                                                   |
| 5  | <b>投稿規劃：</b><br>1. 配合盤查當年度 5 場國內外相關研討會議，作為續期計畫投稿之參考。   | <b>投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會：</b><br>1. 總計完成兩篇海報發表，包含「地球觀測及社會衝擊國際研討會」(08/23 - 08/24)，與「森林資源永續發展研討會」(10/28 - 10/29)。 | <b>投稿至少 1 篇論文至國內外期刊或研討會：</b><br>1. 完成兩篇文章投稿，包含「航測及遙測學刊」(審稿中)，與「空間數位生活 (GeoDigital Life) 期刊」(已刊登)。 |
| 6  | <b>教育訓練：</b><br>1. 已於民國 109 年 10 月 26 日完成一場 4 小時的教育訓練。 | <b>教育訓練：</b><br>1. 已於民國 110 年 11 月 04 日完成一場 6 小時的教育訓練。                                                         | <b>教育訓練：</b><br>1. 已分別於民國 111 年 08 月 11 日、10 月 12 日、10 月 21 日，辦理三場教育訓練，共計 12 小時。                  |



## 參考文獻

1. 行政院農業委員會林務局。2016。第四次全國森林資源調查報告。
2. 行政院農業委員會林務局。2021。森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業手冊。
3. 行政院農業委員會林務局農林航空測量所。2020。機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(1/3)。
4. 行政院農業委員會林務局農林航空測量所。2021。機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3)。
5. Huete, A. R. 1988. "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)." Remote Sensing of Environment 25(3):295–309.
6. Kaufman, Y. J., and D. Tanre. 1992. "Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 30(2):261–270.
7. Larrinaga, A. R., and L. Brotons. 2019. "Greenness Indices from a Low-Cost UAV Imagery as Tools for Monitoring Post-Fire Forest Recovery." Drones 3(1):6.
8. Louhaichi, M., M. Borman, and D. Johnson. 2001. "Spatially Located Platform and Aerial Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat." Geocarto International 16.
9. Mingxing Tan and Quoc V. Le, 2021. "EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training." International Conference on Machine Learning, 2021.
10. Sonnentag, O., K. Hufkens, C. Teshera-Sterne, A. M. Young, M. Friedl, B. H. Braswell, T. Milliman, J. O'Keefe, and A. D. Richardson. 2012. "Digital Repeat Photography for Phenological Research in Forest Ecosystems." Agricultural and Forest Meteorology 152:159–177.





11. Tucker, C. J. 1979. "Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation." Remote Sensing of Environment 8(2):127–150.





## 附錄一、審查意見回覆情形

### 一、111 年度期初審查意見回覆

| 意見說明                                                                                                       | 回覆情形                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>謝委員嘉聲</b>                                                                                               |                                                                                                           |
| 第 34 頁圖 3-13 及簡報第 21 頁工具產出林型、樹種分類機率易造成讀者混淆，建議分開呈現；另該表格 ID5 林型與樹種無法對應，是為了突顯有此特殊情形，抑或顯示的數值有問題？請說明之。          | 感謝委員指教，已調整圖內容。ID5 林型與樹種無法對應情形，經確認後發現為誤植，已修正。                                                              |
| 針對專家辨識編修工具之介面，既然已有各樹種分類之機率，應依機率高低排序，相關機率一併顯示於該介面各類樹種名稱旁，俾於使用者進行確認、編修。                                      | 感謝委員建議，樹種分類機率確實可一併顯示於 UI 介面上，然按鈕依照機率排序排版之構想，涉及操作邏輯與作業習慣，將會再透過操作人員細部訪談，確認其設計之必要性。                          |
| 專家辨識編修工具標記筆數在簡報第 29 頁及工作計畫書第 38 頁分別為 500 筆及 1,000 筆，兩者數量不一致的原因及訂定這些數值的考量點？另外原本訓練數量是多少？該訓練樣本數量會直接影響該數值的差異性。 | 感謝委員指教，模型的訓練樣本總數為 89,965 筆；在工作計畫書規劃上從 1,000 筆調降為 500 筆，主要因應實作難度所做的調整，然工具設計上並無硬性規定須編修幾筆才能重新訓練，此資料筆數僅是一建議值。 |
| 優化過程中可能不會每次訓練完後都能提升其辨識的成果，應增加要有保留前一次訓練成果的選項供使用者選擇。                                                         | 感謝委員建議，訓練工具在每次重新訓練後，都會保留相關記錄，使用者確實可選擇套用之前的模型或是使用新模型。                                                      |
| 工作計畫書內相關的專有名詞用字應注意統一，如：檢定應是檢訂、DEM 與 DTM、分布與分佈、辨識與辨釋……。                                                     | 相關用字已統一修正。                                                                                                |
| 第 27 頁誤差矩陣公式，式 3-4 與式 3-5 剛好為顛倒，請確認後修正。                                                                    | 已確認並修正。                                                                                                   |
| 協同主持人鍾智昕現職稱為副教授，在工作計畫書上仍是助理教授，這邊請修正。                                                                       | 已修正。                                                                                                      |
| <b>蔡委員展榮</b>                                                                                               |                                                                                                           |
| 每個檢訂專案中包含 5 張 DMC 影像是指原始航攝影像還是正射影像？後續執行辨識工具進行檢訂專案之 5 張                                                     | 感謝委員指教，5 張都是原始航攝影像；工具在運作完成前都會保留階段執行成果與記錄，若執行中途停止或                                                         |



| 意見說明                                                                                                 | 回覆情形                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DMC 影像，如處理一半途中停止，其成果可否輸出？                                                                            | 當機，重新執行後可從中斷的地方繼續。                                                                                                        |
| 第 39 頁「向左或向右……切換下一張」：應修正為前後張，以符實際。                                                                   | 已調整與修正。                                                                                                                   |
| 第 35 頁表 3-7 中機率 0 所代表意思是？抑或是 0.0000 意思？                                                              | 感謝委員指教，已統一調整有效位數至小數點後第四位。                                                                                                 |
| 第 32 頁除錯機制設計 3 小項應是影像檔名、波段、涵蓋範圍等基本檢查，並非邏輯判斷；另有關「林型圖與 DEM 資料均需進行網格化與反投影」，此處 DEM 資料已是網格式資料，不需再進行網格化處理。 | 已修正敘述。                                                                                                                    |
| 第 33 頁提及「混淆林」此為專有名詞？另表 3-6 的 0.7、0.3 的林型機率門檻值如何給定？請說明之。                                              | 感謝委員指教，「混淆林」一詞為森林資源調查專用名詞。另外此門檻值為依據森林資源調查手冊林型區分標準所定，但在與農航所實際辨識人員確認後，修改為與手冊一致，即 0.2 與 0.8。                                 |
| 第 18 頁「波向……某點切平面」，此處所謂之某點是指？請說明。                                                                     | 敘述不當已修正。                                                                                                                  |
| 第 21 頁表 3-4：請補充說明 L1 的意義。                                                                            | 感謝委員指教，此處 L1 應為 L，公式錯誤已修正。                                                                                                |
| 第 13 頁圖 3-2 圖例跟說明文字請修正：應為 DMC 影像拍攝中心位置、銀合歡標記資料為 polygon 非 polyline。                                  | 圖片內容已修正。                                                                                                                  |
| 第 24 頁圖 3-6、圖 3-7 應加上圖例及相關文字說明。                                                                      | 已更新圖片內容並修正相關內文敘述。                                                                                                         |
| 圖 3-11 流程圖建議全以中文表達，避免中英混合。另第 49 頁表 3-9 及圖 3-26 都以英文呈現，請改以中文陳述之。                                      | 相關圖片內容已修正為較容易理解的中文版本。                                                                                                     |
| 第 28 頁圖 3-10：建議調整 3 者順序，與圖 3-10 開發軟體介面相符。                                                            | 感謝委員指教，3 種工具的功能目前是依照機器學習資料應用流程所設計，依序負責處理標記(專家辨識編修工具)、訓練(模型優化訓練工具)、辨識(森林覆蓋型辨識工具)三大步驟。也因為三個工具分屬不同操作人員，因此論述上採用符合機器學習架構較容易理解。 |



| 意見說明                                                                                                                                                                                                                                                     | 回覆情形                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第 45 頁圖 3-23「平均 XX 秒」：此處指的是每張？每單位？每次？                                                                                                                                                                                                                    | 感謝委員指教，此處平均為每張影像的平均處理時間，圖片內容已修正。                                                                                                   |
| 北中南東各 2 個測試區域挑選條件為何？是理想還是困難的區域（例：密林、離散樹木區、混雜非樹林區……），以驗證此技術的成果正確率需具代表性。                                                                                                                                                                                   | 感謝委員指教，測試區域的挑選會再與農航所討論後決定，初步篩選原則應具林種代表性，且可涵蓋大多數本計畫訓練模型可辨識之樹種，以確實驗證模型精度與實用性。                                                        |
| 請修正工作計畫書中相關文字：<br>(1) 第 5 頁最後一行應改為貴所。<br>(2) 第 38 頁「自」改善資料品質應改為「從」改善資料品質……。<br>(3) 第 48 頁中文語意與括弧內英文無法對應，如：維度 (channels)、解析度 (widthxheight)……請修正。另表徵能力是指表達特徵能力？<br>(4) 第 49 頁(Mingxing Tan and Quoc V. Le, 110)，格式應統一。<br>(5) 第 59 頁表 6-1「至少」文字請刪除，全文宜統一。 | 相關敘述與文字錯誤已修正。                                                                                                                      |
| <b>林委員奐宇</b>                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                    |
| 第 8 頁：請詳加說明「實作資料」與「實證區域」這兩個名詞的定義，或請以本工具在農航所的應用情境為例，說明哪一些影像檔案為「實作資料」，哪一些影像檔案為「實證資料」。                                                                                                                                                                      | 感謝委員指教，「實作資料」為模型訓練過程中所使用的資料，可切分為訓練、驗證與測試三種資料，本計畫所蒐集的 3,248 幅 DMC 影像皆屬於實作資料；「實證資料」指的影像是今年度所蒐集的檢訂專案內包含的五張影像，不會進到模型訓練與標記資料的編修，僅做模型辨識。 |
| 第 22 頁：「圖 3-6 為檢訂調查專案分布圖...變成紅色無法更新」這段文字文意不清，無法理解要表達的意思。此外，圖 3-6 為電腦螢幕翻拍畫面，網格有紅、藍、白、粉橘...等多樣顏色，不易理解何處為判釋專案區域、被選取區域、無法更新區域等。                                                                                                                              | 相關敘述與畫面已修正。                                                                                                                        |
| 第 22 頁倒數第 8 行：「……更新造成無法『對位』的情況……」。此處應該不是圖徵對位的問題，而是「一個以上使用者同時編修相鄰專案，造成橫跨專案邊緣的圖徵無法順利接                                                                                                                                                                      | 相關敘述已修正。                                                                                                                           |



| 意見說明                                                                                                                                                                                                                              | 回覆情形                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 邊，導致相鄰圖徵產生不連續的問題」。                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                             |
| 第 23 頁第 6 行：「僅做屬性編修與圖框分割，少有調整圖框的機會」。本段文字應該是「僅做屬性編修與『圖徵』分割，少有調整『圖徵邊緣』的機會」。                                                                                                                                                         | 相關敘述已修正。                                                                                                                                    |
| 第 25 頁：本計畫擬選取北、中、南、東各 2 組檢訂專案（共計 8 個網格）進行自動判釋工具的準確度驗證。務必注意 8 個網格是否足以涵蓋本計畫判釋工具的 3 種林型（竹、針、闊）與 19 個樹種。而且每個樹種的涵蓋面積要夠大，才能切割成足夠的 256*256 單元進行模型驗證；若驗證樣本太少，則所得精度變異範圍極大（例如只有兩個驗證樣本，則準確率只有 100%、50%、0%三種結果，差異極大且缺乏可信度），將無法準確評估本工具的實際應用價值。 | 感謝委員建議，用來驗證的檢訂專案會再與農航所討論後決定，初步篩選原則應具林種代表性，且可涵蓋大多數本計畫訓練模型可辨識之樹種，以確實驗證模型精度與實用性。                                                               |
| 第 27 頁對於 PA 與 UA 的計算公式仍然是錯的。請參考本人提供的文獻，並依文獻範例修正。                                                                                                                                                                                  | 已確認並修正。                                                                                                                                     |
| 第 31 頁：圖 3-12 流程中「涵蓋範圍檢查」的意思是什麼？請說明。建議此流程應先把非「竹、針、闊」的影像範圍（例如草生地、果園、茶園、崩塌地等）排除，再進入模型判釋階段。若不先排除，豈非將對草生地或果園等非森林地區，產生「竹/針/闊三選一」及「19 個樹種選一」的不合理判定結果？                                                                                   | 感謝委員指教，涵蓋範圍檢查是指該影像是否被林型暨土地覆蓋型圖資涵蓋，若無則停止辨識。目前工具在辨識的流程上，會先將非林地的地區都進行遮蔽後才進行判釋，另一方面也會新增「其他」來收納不屬任何一類的地貌。                                        |
| 第 34 頁：<br>(1) 第四次全國森林資源調查對於林型內的樹種判釋，區分為「主要樹種」、「次要樹種」兩項，目前檢訂作業是否仍保持相同的判釋方式？若是，則本計畫的判定邏輯僅以機率最高之單一樹種做為預測結果，是否與森林資源調查的需求相符？<br>(2) 本計畫以「林型機率表」給定林型建議，而以「樹種分類機率表」給                                                                    | 感謝委員指教，(1)目前檢訂作業仍保持主要樹種與次要樹種的判釋方式，而本計畫所設計的工具，主要是輔助判釋人員快速確認是否有需要更新修正之處，有關是否新增次要樹種，將在作業人員的操作訪談會議中再行判斷與調整。(2)另外有關林型與樹種階層關係目前將調整辨識邏輯，以避免衝突分類發生。 |





| 意見說明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 回覆情形                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>定樹種建議，且兩者間並無連動或階層關係。這樣的邏輯下，可能產生某些具有衝突的判定結果，例如「林型：闊葉樹純林→樹種：鐵杉」、「林型：竹林→樹種：銀合歡」、「林型：針葉樹純林→樹種：大葉桃花心木」等。建議建模過程可以參考下列兩種方法，避免衝突判定的發生：</p> <p>A.在不改變目前的林型與樹種判定邏輯結構下，建議模型建構與自我驗證過程時，應先將發生衝突判定的例子挑出來，分析這些案例的影像特徵，並透過調整訓練資料檢視模型的表現有無改善，據以減少實際應用時發生衝突判定的機會。</p> <p>B.民國 110 年成果報告顯示本工具在「林型」階層具有極高的判釋精度，故建議可以採用具階層特性的模型結構：即以「林型」為第一層、「樹種」為第二層。例如預測樣本在第一層判定為「針葉樹純林」時，第二層模型僅將「其他針、冷杉、鐵杉……松樹」等針葉樹樣本納入判釋工具，找出與預測樣本最接近的樹種；同理，若第一層判定為「竹林」時，第二層僅針對「單桿竹」、「叢生竹」進行相似度分析判定。此法可完全避免衝突判定的發生</p> |                                                                                                                       |
| <p>第 60 頁：參考文獻 3、4 的名稱有錯字，請修正。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p>已修正。</p>                                                                                                           |
| <p>簡報第 21 頁所選闊葉樹種臺灣赤楊、銀合歡、光臘樹、櫟、木油桐、大葉桃花心木等皆為落葉樹種，請問訓練資料是否包含不同生長季節的影像？驗證時，有沒有把不同時間影像皆納入？若無法達到這樣高生長季頻度與模型訓練要求下，至少要有報告說明本工具在不同季節影像的判釋精度差異，告訴使用者較佳的使用條件是什麼。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>感謝委員指教，本計畫所蒐集的 3,248 幅 DMC 影像，在去年已初步針對乾濕季物候進行模型試驗，其結果並無顯著差異。今年度將進一步依照各樹種訓練資料和測試資料，說明季節分布與空間分布特性，藉此歸納模型使用條件與限制。</p> |





| 意見說明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 回覆情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 500 筆重新訓練的問題，目前不同樹種的訓練資料筆數差異極大，例如冷杉樣本極多，但銀合歡、大葉桃花心木的樣本極少，對少量樣本類別而言，增加一些訓練樣本（如 50 筆、100 筆）即可大幅改善模型預測能力，但對已有大量樣本的類別而言，則改善程度輕微。故「重新訓練」應保留讓使用者決定啟動的選項。                                                                                                                                                                             | 感謝委員建議，目前訓練工具在規劃上，並無限制需標記多少資料後才能重新訓練，500 筆僅是一個操作建議值，使用者還是可依自身需求決定何時要重新訓練模型。                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>邱委員式鴻</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1. 第 5、6 頁中 111 年度研究相關工作項目：<br>(1) 第(一)工項第 1 小項：「持續增加不同時期之航攝影像以提升訓練樣本數量……」，然第 10 頁說明「實作資料蒐集主要以擴充銀合歡之 DMC 航攝影像為主，……」，是否滿足本工作計畫所要求之工作內容？若農航所去年有資料，是否應納入蒐集並測試？<br>(2) 第(二)工項：要求「硬體規劃」對應本工作計畫書何處？請補充說明。<br>(3) 第(三)工項第 1 小項：「1.評估目前檢訂作業所使用立體像對專案相關檔案加入開發軟體執行之可行性及其因應方案。」是對應到本工作計畫書之何處？請補充說明。<br>請修改表 2-1，尤其各工作大項中工作小項之對應章節，亦應交代清楚。 | 感謝委員指教，(1)本計畫自前兩年工作中已取得 DMC 影像共計 3,248 幅，上述影像均依照既有處理流程納入模型訓練工作，因此今年度影像蒐集著重於特定樹種(銀合歡)的航攝影像，以及應用於區域實證工具操作的檢訂調查專案航攝影像。(2)硬體規劃的部份，由於去年已在農航所提供的電腦環境做過先期測試，規格基本上與本團隊測試環境相近。因此今年度工具相關開發之所需硬體均同樣以農航所既有硬體規格為主，其細節詳如表 3-8 所示。(3)該工作項目分為兩部分闡述，首先是檢訂調查使用到的立體像對專案資料的取得，係並同第三章第一節資料蒐集中說明。其次在第三章第三節，透過實際操作三項工具、評估運作效能，並分別取得資料產出，以確保工具設計的可行性。相關對應彙整亦重新修改表 2-1。 |
| 第 44 頁第一段第 4 行：「效能評估即代表著工具正常運作的標準」，此說法是否太籠統？究竟如何執行「效能評估」，應進一步說明。                                                                                                                                                                                                                                                               | 感謝委員指教，此處效能評估會分為兩個部份，首先在硬體方面針對團隊使用的測試環境與農航所提供的執行環境進行運算時間的比較，以及電腦效能最佳化的監控。其次三種工具也會透過需求訪談、教育訓練與上機時做確認操作流程，落實工具輔助之目標。                                                                                                                                                                                                                             |
| 第 25 頁提到：「19 類樹種判釋精度已達 73.0%，Kappa 值 0.700」，但回顧文獻中，以紋理當作辨識因子，判釋                                                                                                                                                                                                                                                                | 感謝委員指教，本計畫以工具導入為主要目標，旨在建立全台通用的機器學習自動化森林覆蓋型辨識模型，與                                                                                                                                                                                                                                                                                               |



| 意見說明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 回覆情形                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>精度均比目前高，若以著重工具開發而不嘗試將人工計算之紋理當作輸入因子測試，是否錯失一測試機會；CNN 所計算之紋理，與以人工計算之紋理絕對不同，再度強烈今年務必測試。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>大部分案例式的文獻研究目標不同。除了模型的建構、因子的測試選定，尚須考慮自動化流程設計、介面設計等細節。計畫團隊了解 CNN 模型與傳統遙測方法取得的紋理並不相同，但礙於測試資料處理所衍伸的人力成本，無法直接再額外增加於現有的 19 類樹種辨識模型。但在銀合歡單一特定樹種的案例上，本計畫將嘗試增加傳統遙測方法取得的紋理(Haralick et al.1973)，藉此評估未來擴充於 19 類樹種辨識模型的可能性。並於未來建議農航所針對全台通用的機器學習模型進行進階的優化研究。</p> |
| <p>第 22 頁倒數 6 行：「5 張影像，4 組立體像對，組成像對過程中……交給判釋人員，透過 ArcGIS 軟體搭配 SAFA 程式與立體觀測數化儀，建構三維航攝立體對判釋及數化系統，檢查新影像對中，每個圖徵屬性是否變化，若發生變化則更新其屬性，或是將圖徵分割並更新；……，不然通常僅作屬性上編修與圖框分割，少有調整圖框的機會。」依此程序，目前團隊作法是將林型框內縮 25 公尺並反投影回原始影像，然後分割成 256×256 影像區塊(是否就是上述之圖徵?)進行分類，然後以圖 3-16 結果及圖 3-19 編修工具確認或修正結果，但此介面未有分割之功能，假設影像區塊左邊是冷杉、右邊是鐵杉，勢必得人工分割，此時分割線或分割點是 2D 影像坐標，如何回復對應到原始林型框去執行切割？請補充說明。</p> | <p>感謝委員指教，本計畫設計「森林覆蓋型辨識工具」之目的，主要用來輔助影像判釋人員確認是否有需要更新修正的地方，產出的辨識結果只會是一個帶有林型屬性的格狀 Shapefile，透過差異分析來提示可能發生變異的區域，是否根據辨識結果進行編修完全交由判釋人員的專業判斷。</p>                                                                                                             |
| 林委員科言                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>第 47 頁第一段第 7 行：「……，因此亦成為臺灣多年來最受矚目的造林樹種之一。……」，該文字應摘錄於早期文獻，現已沒有用銀合歡來造林，請修正為「……，因此為早期的造林樹種之一。……」，以符實際。</p>                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>相關敘述已修正。</p>                                                                                                                                                                                                                                        |





| 意見說明                                                                                                                        | 回覆情形                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第 61 頁以後之附錄為投標資格相關文件，建議與工作計畫書無關的內容請刪除。                                                                                      | 已依建議刪除。                                                                                                   |
| <b>葉委員堃生</b>                                                                                                                |                                                                                                           |
| 請確認前期委員回覆意見的辦理情況及參採情形。                                                                                                      | 已將前兩年的審查意見與相關回應補充於附錄一。                                                                                    |
| 第 17 頁 DEM 資料的部分陳述較為簡略，應加上對於 DEM 更新頻率、工具執行效能等加以論述之。                                                                         | 已補充說明於內文。                                                                                                 |
| 請注意保密同意書上仍有個資問題。                                                                                                            | 已確認並調整。                                                                                                   |
| 第 29 頁的流程圖無法看出森林覆蓋型辨識工具之自動化模型是如何產製出來的？這請說明並修正之。                                                                             | 感謝委員指教，圖 3-11 為本計畫整體架構流程，其中自動化模型為「機器學習模型訓練流程」中訓練好的模型，將其部署於「森林覆蓋型辨識工具」上以辨識輸入的 DMC 影像，已將其名稱修改為「完成訓練模型」避免混亂。 |
| <b>吳委員淑華</b>                                                                                                                |                                                                                                           |
| 教育訓練請落實在實務上的操作與訓練，並針對林務局、林管處及農航所實際作業人員了解這套系統如何操作、怎麼應用？然後相關人員使用上的回饋、修正，所以教育訓練請重新規劃。                                          | 感謝委員指教，已重新安排教育訓練規劃以更貼近實務操作與人員訓練。                                                                          |
| 本案所使用之 16 項相關因子參數進行模型訓練於農航所硬體規格（表 3-8）執行是否會超過工作站之負荷，請資源調查課同仁持續確認本案模型訓練工具與農航所工作站能否順利執行，如影響執行效能，在務實的考量下應另依上一期研究成果，刪除非關鍵之地形因子。 | 感謝委員指教，在前期的硬體測試中，已了解農航所的專業工作站硬體效能雖較興創差了一點，但仍足以負荷本計畫所設計的模型，今年度會持續測試以更了解其極限。                                |
| 工作計畫書請刪除附錄之保密同意書、公司簡介、履約能力與事蹟、人員資料等文件。另請綜整本案第一年、第二年各期審查會議委員意見事項、回應情形、參採情形於附錄中。                                              | 感謝委員指教，已調整章節內容、刪除非相關文件，並綜整前兩年意見回覆於附錄一。                                                                    |
| <b>賴技正靖融</b>                                                                                                                |                                                                                                           |





| 意見說明                                                                                                                        | 回覆情形        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 本計畫使用民國 109 年產製之林型暨土地覆蓋型圖資，而表 3-3 臺灣林型面積覆蓋率統計之數值是民國 109 年的統計數值嗎？另圖 3-3 森林林型分布圖標註為 103、104 年第四次森林資源調查檢訂調查成果，請確認相關資料的一致，並修正之。 | 圖表內容已確認並修正。 |
| 黃技士宗仁                                                                                                                       |             |
| 第 59 頁表 6-1 中本計畫各期程預期成果內容應誤植為 110 年度，請修改成簡報第 36 頁之內容。                                                                       | 已修正。        |
| 有關簡報第 38 頁持續增加銀合歡訓練圖資，已於會前提供去年人工圈繪滿洲鄉銀合歡範圍之圖資、2014 年落葉期及 2020 年展葉期之正射影像、DMC 航攝影像，供研究團隊進行銀合歡特定物種機器學習模型訓練。                    | 感謝技士提供。     |





## 二、111 年度期中審查意見回覆

| 意見說明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 回復情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>林委員 吳宇</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p>有關「實證區域」選定及自動判釋工具的精度驗證 (p.26-30)，建議如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>實證區域與既有的訓練影像務必互為獨立，不可為重複區域，這樣才能真正評估出林型與樹種自動判釋模型將來實際應用時的準確度。</li> <li>目前選定8處檢訂專案，分別位於臺灣北、中、南、東。然而這些專案並未全然涵蓋本計畫欲達成自動判釋的 19 類樹種分布範圍，例如冷杉、鐵杉、相思樹、大葉桃花心木、光臘樹、檉、木油桐等，皆不在現有8個專案涵蓋之列。就一般機器學習模型開發經驗而言，以實證區域進行自動判釋的獨立驗證，很難第一次就得到理想結果，通常需要再做模型微調，並經重複驗證瞭解模型是否達到最佳狀態。上述工作需要時間，若依期中報告書所述「在期末階段額外增加 2-3 組檢訂調查專案做補充」，屆時可能已無時間進行模型的調校與改善。建議廠商應就目前尚未涵蓋的樹種，儘速挑出可增納為實證區域的範圍，交農航所確認無誤後，期中報告後即著手啟動樹種判釋模型的獨立驗證工作；最好能交期末報告前 1 至 1.5 個月先提出獨立驗證結果，以檢討 19 種樹種判釋模型有無微調之必要，再將模型微調後之重複驗證結果納入期末報告，以確保自動判釋工具的可用性。</li> <li>實證區域是自動判釋工具進行最終精度驗證的材料，建議農航所專業判釋人員應先就實證專案範圍的樹種再做一次人工判釋確認，務必以最接近地真狀態的資料提供廠商驗證其判釋模型，才能得到可靠信賴的驗證結</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>感謝委員提醒，模型訓練時期選用的航照與實證工作所用之航照並不相同，除了拍攝時間已確認過並不重複，團隊將再仔細檢視應盡可能避免區域上的重複。</li> <li>感謝委員建議，目前篩選之檢訂專案確實有所不足，將再與農航所討論增加專案影像，以盡可能涵蓋現階段所包含的 19 類樹種。除此之外，在期末階段模型調教更新之過程，也會沿用隨機保留的測試資料集加強驗證工作之分析，雙管齊下確認模型獨立驗證之結果。</li> <li>感謝委員建議，目前所使用的檢訂專案，均取自農航所人工判釋編修而來，其正確性應已經過檢驗認可，足夠用於相關驗證作業。當然，假若計畫期程允許，亦可商請農航所規劃額外人力協助再次確認，提出更加可靠的辨識成果參考。</li> </ol> |





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>果。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>有關 19 個樹種判釋模型的改良 (p.34-37,p.61)，建議如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 就期中報告所述，去年由同一大型機器學習模型進行 19 個樹種的併同判釋，現行方法則拆解為 19 個單一小型機器學習模型進行獨立判釋後再做合併 (ensemble)，似乎可稍微提升整體判釋精度，且新方法可使各樹種間的判釋準確度趨於一致，較無過去樹種間判釋精度差異甚大的問題，應是可行的模型改良方向。</li> <li>2. 由於模型訓練是整個流程中最花費運算時間的環節，建議說明舊版與新版模型的訓練時間差異，此可提供農航所納為訓練模型更新頻度的重要參考。如果訓練速度快，也許不需要累積到 500 或 1000 個訓練樣本，才進行訓練模型的更新。</li> <li>3. 表 4-2 雖列出每個樹種的 TP、FP、TN、FN 結果，但建議補充 confusion matrix 表格，呈現每個樹種模型的漏判、誤判現象，以及究竟容易與哪些樹種發生混淆？這是模型改善與調校的重要訊息，相關呈現方式可參考下表。以下表為例，可知檜木樹種模型 (<i>Chamaecyparis</i>) 最容易與櫟林 (<i>Quercus</i>) 混淆、次為鐵冷杉林 (<i>Abies-Tsuga</i>)，與其他樹種則不容易發生誤判及漏判現象；換句話說，該表可以告訴使用者當模型判定為檜木時，要小心仍存在地真為櫟林或鐵冷杉林的可能性，但可以肯定排除檜木、櫟林、鐵冷杉以外的樹種。這是實務應用時的極佳參考，使用者將可瞭解自動判釋工具的弱點與值得信賴的部分。</li> <li>4. 廠商目前設計的模型架構，仍然存在「衝突判定」的可能性，例如 p.61 對航攝影像的 IPCC2 層級判釋為「闊葉林」、但 IPCC3 層級則判釋為「其他針」，就是顯見的例子。本人仍維持期初報告階段意見，建議廠商考</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 感謝委員建議，新版模型與舊版模型的整體訓練時數相差不大，但主要的差別在於新版模型是獨立訓練的 19 個模型，因此在排程分配上能更有彈性，相比於舊版模型開始訓練後就無法停止，若中途程式中斷就難挽救。另外今年度暫且維持 500 筆的重新訓練建議，若想精確評估累計多少樣本數量有助於提升模型準確性尚有規劃許多測試工作，考慮到今年度計畫範疇，建議可在未來模型精進時討論更適切的模型更新原則。</li> <li>3. 感謝委員提醒，期末階段將補充說明同一組測試資料對 19 個模型進行的交叉測試，並匯出多樹種混淆矩陣之統計結果。</li> <li>4. 感謝委員建議，本計畫設計森林覆蓋型辨識工具，其主要目的係提供 AI 模型辨識之建議樹種與林型，並比對舊有屬性是否需要進行編修。由於目前 IPCC2 與 IPCC3 的模型都是獨立訓練的，模型準確性也依然有進步精進之空間，因此不可避免出現階層衝突的情況。但回到工具設計的初始目標，基於多次的訪談討論，產出的辨識結果經過工具自動比對後，希望影像辨識人員可「優先」檢查屬性有異的位置，進而減少影像辨識人員逐一檢視的時間，因此暫不更動相關邏輯架構來影響模型辨識結果。</li> </ol> |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>慮將「階層式」概念納入模型架構，將可避免衝突判定發生，且可測試能否再提升現有 19 個樹種模型的整體判釋精度。階層式概念說明如下：去年發展的 IPCC2 林型判釋模型具有很高的精確度，建議針對欲判定的 pixel，先以林型判釋模型判定可能的 IPCC2 類別，再根據所得類別呼叫所屬的樹種判釋模型，即可確保林型與樹種的判釋不發生衝突。例如 IPCC2 判定為「針葉樹純林」，則在 IPCC3 階段僅需呼叫「冷杉、鐵杉、檜木、臺灣杉、杉木、臺灣肖楠、柳杉、松樹、其他針」等 9 個針葉樹種模型，而不去呼叫闊葉樹及竹類的樹種模型。此方法可再節省自動判釋的運算時間，但判釋精度是否可再提升，則需實際測試後方知。</p>                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p>有關自動判釋結果輸出資料部分 (p.56-57)，建議如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 林務局森林資源調查及檢訂調查，對於判釋圈繪 polygon 設計有「主要樹種」、「次要樹種」兩欄位，以自動判釋模型的輸出結果而言，即是機率最高與次高的樹種。目前廠商提供之 IPCC3 輸出資料僅有一項（機率最高的樹種），是否符合林務局的實務需求？</li> <li>2. 如能同時列出機率最高與次高的 2 種樹種，該資訊可提供判釋人員參考，瞭解電腦工具給予的最佳與次佳建議，比起現行的輸出結果，應該更有參考價值。例如針對一處針葉林影像，模型若能提出「該 pixel 有 90% 機率為檜木、有 60% 機率為鐵杉」這樣的自動化建議，則可提醒判釋人員應著重在分辨檜木與鐵杉的影像細節，比起目前僅提供「該 pixel 有 90% 機率為檜木」這樣的片面訊息，來得更具有價值。</li> <li>3. 若農航所可接受上述建議，另建議廠商在精度驗證時，可分別針對「機率最高樹種（即 p.35 的現行整體精度 74.6%、Kappa 0.74）」及「機率最</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.感謝委員提醒，有關工具產出的明確規格，團隊會在持續與農航所訪談討論，並依據輔助圖層之需求，提供相應的欄位資訊。</li> <li>2.感謝委員提醒，現階段工具產出均保留所有樹種、林型之辨識機率，只是會在依操作需求拉出主要樹種，而有關工具產出的明確規格，團隊會在持續與農航所訪談討論，並依據輔助圖層之需求，提供相應的欄位資訊。</li> <li>3.感謝委員建議，待工具產出規格明確，會在期末階段提供更加完善之精度報告。</li> </ol> |



|                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>高+機率次高樹種」分別提出模型預測準確度報告。若「機率最高+機率次高樹種」的整體預測精度可達9成，則本工具將有很好的實用價值。</p>                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>P.66，銀合歡學名應為斜體字。</p>                                                                                                                                                                                                         | <p>感謝委員指教，已修正。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p style="text-align: center;"><b>邱委員式鴻</b></p>                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>第參章、實證區域規劃與資料蒐集描述之內容與原工作項(一)中之 1.持續增加不同時期之航攝影像以提升訓練樣本數量，一併蒐集目前檢訂作業所使用之立體影像專案，以符合後續流程標準化之研究。於第 11 頁主要以擴充銀合歡之 DMC 航攝影像為主，所以是否不同時期之航攝影像蒐集有問題？</p>                                                                               | <p>感謝委員指教，今年度計畫主要延續前期工作做資料蒐集之擴充，分為兩個部分。第一部分，著重於銀合歡 DMC 航攝影像之蒐集，運用於特定樹種之訓練；第二部分，著重於檢訂專案的檔案蒐集，包含 DMC 航攝影像與相關林型圖層。為了滿足訓練與驗證之需求上述兩者均包含了不同時期的影像，應滿足原工作項目之要求。</p>                                                                                                                                    |
| <p>第伍章、機器學習系統工具應用實測與效能評估描述之內容僅說明期末所開發三項工具驗證規劃，並未與原計畫工作項所描述之工作項內容(如下)相符，請補充說明之。</p> <p>1.評估目前檢訂調查作業所使用之立體影像對專案相關檔案加入開發軟體執行之可行性及其因應方案。</p> <p>2.規劃開發之機器學習自動化判釋森林覆蓋型之軟體可使用簡易之操作介面進行操作，並能融入林務局森林檢訂土地覆蓋型數化更新作業之流程，以符貴所實際業務操作之需要。</p> | <p>感謝委員提醒，以下針對兩項工作項目內容進行回覆說明：</p> <p>1. 本計畫設計「森林覆蓋型辨識工具」之主要目的即是為了應用於林務局檢訂調查作業，因此在模型訓練階段就已經採用相同格式的 DMC 航攝影像。同時也為了操作順暢，設計批次處理程序，滿足組檢訂調查專案影像批次處理之需求，產出的辨識結果也才可與既有的影像編修操作軟體做整合顯示與輔助搭配。</p> <p>2. 延續上述回覆不僅只是「森林覆蓋型辨識工具」，本計畫另依農航所需求設計「專家辨識編修工具」與「模型優化訓練工具」，並以簡易的 GUI 介面打包開發好的程式，提供農航所導入既有業務操作之中。</p> |
| <p>第 23 頁第二段提到影像判釋人員均透過 ARCGIS 軟體搭配 SAFA 程式與 PLANAR SD2020 立體觀測數化儀……透過檢查取得的立體影像對來確認 shapefile 圖層的圖資屬性是否變化，…或將圖徵進行分割為主。圖 3-8 中螢幕影像之範圍應為 3D 與圖右螢幕</p>                                                                             | <p>感謝委員指教，現行的檢訂調查作業，如圖 3-8 所示，影像判釋人員係取得 DMC 航攝影像以及由農航所影片處理人員事先組好的立體像對，並透過左側的 3D 顯示螢幕進行立體投影。右側的一般顯示螢幕則是用來顯示該專案預計被檢查的林型圖框。影像判釋人員既有的作業方</p>                                                                                                                                                       |





|                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>顯示應為 2D，所以其對應關係如何對應?請說明。</p>                                                                                                                                                 | <p>法，即同時操作兩側的顯示螢幕，查看左側的航照立體像對來確認右側的二維平面的林型圖框是否需要被編修。上述操作方法與操作軟體均為農航所既有的作業任務，非本計畫設計或產製。而本計畫「森林覆蓋型辨識工具」所產出的辨識結果，即是為了符合上述作業需求，讓辨識結果可在右側螢幕上以 ARCGIS 疊圖顯示。</p>                                                     |
| <p>依照第 51 頁所描述，是否將來不須立體觀測?只需 256*256 影像判釋結果經人工確認?但若需分割時?分割完之線段應為影像坐標，如何變成 TWD97 坐標?然立體影像觀測應有其功能，若如此，如何將開發工具搭配立體觀測執行工作，應詳細說明。</p>                                                | <p>感謝委員指教，本計畫設計之 AI 辨識模型並非要取代任何既有的圖資編修作業，僅產製輔助圖資來加速圖資編修的效率。256*256 的判釋結果僅用來「提醒」影像判釋人員，辨識結果與過去的圖層有所差異建議「優先」檢視檢訂專案內對應位置的立體影像對，確認圖層是否需要編修或分割。此時所有的編修或分割，均在右側的一般顯示螢幕中做操作，需要被分割的圖層也還是由影像判釋人員判斷並手動修改檢訂專案內的林型圖框。</p> |
| <p>第 46~50 頁中說明模型優化訓練工具之開發，是否有實際案例與資料說明其成效?</p>                                                                                                                                 | <p>感謝委員指教，模型優化訓練工具之開發，其優化的重點係包含訓練所需之標記樣本的品質提升，以及訓練資料集的擴充，在實際訓練架構不變的原則下藉由提升訓練資料品質來達到模型優化之目的。本計畫訓練銀合歡辨識模型時，就是透過百分之百人工確認的林型圖資來做標記，其準確率就比前期計畫來得優異，意即驗證模型優化工具之必要性。</p>                                             |
| <p>第陸章中於第 67 頁中雖說明加入灰度共生矩陣 GLGM，並以對比度特徵 (F2)(見第 68 頁)驗證是否能提升辨識率，於圖 6-2 與表 6-1、6-2 雖驗證加入紋理特徵反而降低 OA 與 Kappa，請問共生矩陣用單窗的大小為何?3*3? 7*7? 其對應之地面範圍為何?是否單窗大小影響到紋理特徵貢獻度變小?請再詳細測試說明。</p> | <p>感謝委員指教，目前灰度共生矩陣所使用的單窗僅為 3*3，在審查會議的討論中團隊已有認知這樣的單窗大小設計可能無法涵蓋完整的紋理特徵，後續將視工具功能修改進度，評估是否再嘗試其他單窗，做更適切的特徵分析，亦或列為農航所未來模型精進改善之建議。</p>                                                                               |





|                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>對於(四)機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性分析之 2.針對不同特殊樹種如何沿用相似模型架構整併至森林覆蓋型辨識工具內以滿足自動化作業需求並未說明。</p>                                                                                                                              | <p>感謝委員建議，本計畫所開發之三項工具，已可處理既有的 19 種樹種辨識，同時包含了銀合歡(特殊樹種)的獨立辨識功能。單一樹種辨識的架構正驗證了模型架構沿用於其他特殊樹種的可行性。雖然目前的工具介面在功能規劃上並不包含相關功能，但仍可透過既有的程式碼來進行編譯，因此，除了工具的提交，本計畫亦視農航所之需求提供相關程式碼與其操作說明。</p> |
| <p style="text-align: center;"><b>蔡委員展榮</b></p>                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                               |
| <p>p.26「藉此評估開發完成的操作工具如何提升影像判釋人員的判釋效率」與 p.34「新版模型希望改以單一樹種辨識的做法，讓模型一次只學習一種辨識標的。逐一完成訓練的 19 個模型再透過程式進行整合，維持與舊版模型的輸入與輸出。單一樹種辨識模型除了大幅減少模型長時間佔用硬體資源的問題，每一個樹種模型也可以單獨更新，而不影響其他樹種表現。」，建議加入具體量化說明新版和舊版的計算時間、成果精度、使用資源量等。</p> | <p>感謝委員提醒，本計畫期末階段，將針對未來預計提交農航所三個工具，詳盡記錄相關量化數據。</p>                                                                                                                            |
| <p>p.21 表 3-4 的 ARVI 公式裡的 <math>\{\rho\}_{red:pblue}</math> 是否為 <math>\rho_{red:pblue}</math> 呢?</p>                                                                                                              | <p>感謝委員指教，此為公式格式轉換問題造成公式誤植，已修正。</p>                                                                                                                                           |
| <p>請注意「網格」和「網格點」兩者的不同: p.18「坡度分析是計算兩相鄰網格單元間的數值變異率」建議修正為「坡度是兩相鄰網格點間的高程變異率」。另外，是計算「網格點的坡度」還是「網格的坡度」呢? p.19「e 為中心網格高程值」? 還是「e 為中心網格點高程值」呢? P.19「中心網格與周圍八個網格個別的高程差」還是「中心網格點與周圍八個網格點個別的高程差」</p>                        | <p>感謝委員建議，p.18、p.19 已統一修改為網格點。</p>                                                                                                                                            |
| <p>p.11「在前兩年計畫中，已蒐集了相當數量的資料，包含 3,248 幅 DMC 航攝影像、242 幅銀合歡 DMC 航攝影像、民國 109 年最新版的林型暨土地覆蓋型圖資，以及內政部 105 年公告之 20 公尺空間解析度數值高程模型資料</p>                                                                                    | <p>感謝委員提醒，為了盡可能維持訓練資料取得時間的一致性，提升訓練資料的品質，本團隊在資料選用上已盡可能選擇時間較相近的資料來做使用，在各項資料依然持續增</p>                                                                                            |





|                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(Digital Elevation Model, DEM)等」，宜注意不同時間的訓練資料變化(例如:地貌、地文因子)及其資料的正確性，兩者是機器學習對林型和特定樹種辨識精度的影響因子之二。</p>                                                                                                                                                 | <p>加的當今，亦可列為農航所未來模型精進強化之建議。</p>                                                                                                                                                                                |
| <p>p.11「使用專家辨識編修工具進行訓練資料集屬性更新」，專家更新屬性 2 次以上(含)者，亦即同一位或不同專家在不同時間對同一張影像區塊的林型和樹種辨識結果不同者，其數量有多少？佔訓練用的影像總張數的百分比約多少？</p>                                                                                                                                     | <p>感謝委員指教，本計畫設計 AI 辨識模型旨在輔助農航所人員作業，並透過「專家辨識編修工具」更正錯誤的資料標籤並重新訓練模型，逐步降低 AI 模型辨識錯誤的機率。然而，由於本計畫目前所使用的樣本數量相當龐大，若需進一步分析訓練資料集的品質，需仰賴農航所未來實際投入人力操作工具後，才有辦法進一步統計有多少樣本經由該工具被挑出差異。</p>                                    |
| <p>p.22-23「圖 3-6 為檢訂調查專案管理示意圖，圖中的黃色區域是專案管理人員可選擇的專案圖框，當某一專案管理人員領取一個專案時，被選取的專案圖框就會變成藍色，此時其周圍的 8 格圖框就會變成紅色，而且圖框會被鎖定以致無法領取專案進行更新。此一設計主要用來避免影像判釋人員同時編修相鄰專案時，橫跨專案邊緣的圖徵無法順利拼接，導致相鄰圖徵產生不連續或屬性錯誤的問題。完成更新的專案順利上傳後，專案圖框才會再變為黃色。」，貴公司是否檢核相鄰圖框的林型和樹種辨識成果的合理銜接呢？</p> | <p>感謝委員指教，本計畫開發 AI 辨識模型僅產出 256*256 的辨識結果供農航所影像判釋人員比對使用，由於每一個影像辨識單元從訓練到辨識都是獨立進行的，現有的架構是無法考慮階層衝突或連續銜接等問題。因此判釋結果僅用來「提醒」影像判釋人員，辨識結果與過去的圖層有所差異，並建議「優先」檢視檢訂專案內的對應位置，是否需要編修或分割圖層，基本上還是得交由影像判釋人員判斷並手動修改檢訂專案內的林型圖框。</p> |
| <p>p.26「如前一節所述每一個檢訂調查專案係以 1/5000 相片基本圖圖框為單位進行作業」&lt;=跟測繪專業術語「... 1/5000 相片基本圖圖幅...」不符，如果貴公司採用的圖框和 1/5000 像片基本圖的圖幅相同，建議此處宜採用「圖幅」一詞。報告書他處的「圖框」是否跟 1/5000 像片基本圖的「圖幅」相同呢？若是，建議改採「圖幅」的稱法，否則採用「圖框」，俾以跟 1/5000 像片基本圖的「圖幅」做一區別。</p>                            | <p>感謝委員建議，已進行修正。</p>                                                                                                                                                                                           |
| <p>以 p.12 的 <math>E=200421.79</math> 與 <math>N=2666375.375</math> 的兩個數據為例，報告書</p>                                                                                                                                                                      | <p>感謝委員指教，已進行相關數據修正。</p>                                                                                                                                                                                       |



|                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 全文各處的數據宜注意使用合宜的有效位數。                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                  |
| p.33 圖 4-2「模型參數持續優化」，如何確認它們真的優化呢？真的越來越好、越來越可以提升辨識精度呢？                                                                   | 感謝委員指教，今年度所設計的三項操作工具，其主要目標係透過「專家辨識編修工具」進行訓練樣本的純化或屬性確認，被編修過的樣本得透過「模型訓練優化工具」在既定的流程中完成既有模型的更新，最終應用於「森林覆蓋型辨識工具」之中。透過銀合歡的案例可以了解到，今年度計畫在農航所的協助下新增了恆春半島才剛完成的銀合歡調查資料，確實提升了辨識模型的準確性。因此工具是否能夠優化模型，能夠優化多少取決於訓練樣本的品質是否有顯著改善。 |
| p.35「19 個模型一併列出精度結果，可在計算平均精度來做最後的評價比較」、p.36「平均整體精度」、p.37 表 4-2 最後一列「平均 PA」至「平均 kappa」，如何計算平均精度呢？算術平均？還是加權平均呢？或是其他計算方法呢？ | 感謝委員提醒，該段落內容使用的平均皆為算術平均，已針對內容補充修正。                                                                                                                                                                               |
| 敘述宜簡明、語意要清楚：例如 p.34「各樹種影像資料不甚平均…調整資料集分配與訓練標的…樹種樣本資料分布本身就不平均…表現時好時壞不甚穩定」、p.35「隨機從另外其他 18 類的樹種樣本中抽取足夠的數量」語意不明，宜修正。        | 感謝委員提醒，已針對內容補充修正。                                                                                                                                                                                                |
| p.34「從既有的訓練資料集中作挑選，並以 1:2 的比例將其分為目標樹種與非目標樹種兩類。」，採用 1:2 的理由為何？                                                           | 感謝委員指教，為了調整模型架構，本計畫期中審查前曾多次拜訪林試所專家學者，探討多種資料比例關係的合宜性，最終得到 1:2 的建議，而該比例關係也是機器學習中常見的案例作法。                                                                                                                           |
| p.45 表 4-4：從上到下的樹種編號排序不連續，其原因為何？                                                                                        | 感謝委員指教，由於農航所預設的樹種排序與本團隊程式開發時所用的樹種排序(案筆畫自動排序)不完全相同，故在編號對應上會有不連續的情況，但這個順序並不會影響模型辨識結果。                                                                                                                              |
| 「三種林型的混淆林」、「非林型」不在 p.55 表 4-6 中，宜補齊。                                                                                    | 感謝委員指教，已修正。                                                                                                                                                                                                      |





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>p.58 圖 4-12 字太小，宜使用具良好可讀性的圖。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>感謝委員建議，圖 4-12 中 QGIS 軟體介面僅為圖層編修示意圖，紅框內的文字主要是預計要被編修的林型圖層屬性資訊，後續示意圖的準備會在盡可能調整字體大小之呈現。</p>                               |
| <p>p.66 「...在民國 110 年計畫擴充樹種判釋模型時，已將銀合歡納入分類選項之一，然而判釋成果尚不理想...」，銀合歡的地真資料算是最完整的，如果銀合歡判釋成果不理想，則其他樹種的判釋成果豈不更糟糕?此處撰寫是否有誤?</p>                                                                                                                                                                                         | <p>感謝委員指教，此處的說明主要想表示由於民國 110 年蒐集的銀合歡樣本不足夠，導致訓練效果並不理想，因此今年度(民國 111 年)計畫重新新增了恆春半島的銀合歡調查資料，也確實證實了高品質的調查資料有助於提升模型辨識之準確性。</p> |
| <p>圖表目錄的「圖表標題」跟對應頁面的「圖表標題」不符、甚至相反(例如第 III 頁的表目錄「表 6-1 無...、表 6-2 有...」應訂正為「表 6-1 有...、表 6-2 無...」): 包括<br/>(1)表 4-4, 4-7, 6-1, 6-2，合計 4 個表標題文字不符<br/>(2)圖 3-4, 3-5, 3-7, 3-9, 3-10, 4-1, 4-11, 4-14, 4-15, 6-1, 6-2，合計 11 個圖標題文字不符<br/>(3)圖目錄漏列了: 圖 3-11...(p.30)<br/>(4)圖目錄標示的圖頁碼錯誤: 圖 3-10 的頁碼「30」應訂為「29」</p> | <p>感謝委員指教，已針對各項錯誤進行核對與修正。</p>                                                                                            |
| <p>撰寫宜簡明具體: 例如<br/>(1).p.36 表 4-1 的民國 111 年計畫(新版)的「模型架構」至「樹種清單」這五項內容可撰寫「同左」，讓人一目了然這五項內容不變。<br/>(2).p.6 「在「機器學習軟硬體標準化工具實作開發」與「機器學習系統工具應用實測與效能評估」中，」可簡明撰寫為「在工作項目二、三中，」<br/>(3).p.7 表 2-1 工作項目二至四文字冗長，宜精簡用字，使語意簡明為佳。<br/>(4).p.39 「訓練資料集更新超過 500 筆」，筆? 張? 個像素?<br/>(5).p.47 「若沒有經過一定筆數的修正就重新訓練」，一定筆數?</p>          | <p>感謝委員指教，已針對各項錯誤進行核對與修正。</p>                                                                                            |



|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(6).p.48 「透過訓練學習大量資料之間的關係後所得的資料間的關係」，「…資料之間的關係…資料間的關係」？</p> <p>(7).p.57 表 4-7 第 7 欄至第 28 欄的備註內容都是「模型判釋為該分類的機率」宜刪除第 9 欄和第 10 欄間的格線。</p> |                                                                                                                                                 |
| <b>謝委員嘉聲</b>                                                                                                                              |                                                                                                                                                 |
| <p>IPCC2 分類計有 8 種類型，但在成果只有 3 種純林之原因為何？</p>                                                                                                | <p>感謝委員指教，考量到現行混淆林在界定上有諸多樣態，不容易被明確歸納應用於 AI 模型的訓練，因此經過前兩年多次的工作會議討論後決定以單純林型為訓練目標，並以辨識產出的機率來區別混淆林的可能組成。</p>                                        |
| <p>第 27 頁共計使用 3,248 幅 DMC 航攝影像是否皆已使用於訓練資料進行訓練模型？請說明。</p>                                                                                  | <p>感謝委員指教，確實所有的影像均有使用於模型訓練與測試。</p>                                                                                                              |
| <p>「實證區域」共計 21 組資料是從上述 3,248 幅 DMC 航攝影像抽出來還是另外再挑選的區域？</p>                                                                                 | <p>感謝委員指教，期中階段選擇了 8 組檢訂調查專案作為實證區域，這 8 組檔案並不包含在這 3,248 幅 DMC 航攝影像中。</p>                                                                          |
| <p>第 37 頁表 4-2 有關目標樹種訓練樣本數數量是否有誤？請說明之。</p>                                                                                                | <p>感謝委員指教，此處應是測試樣本而非訓練樣本，欄位名稱誤植已修正。</p>                                                                                                         |
| <p>第 60 頁圖 4-14 上面兩幅顯示錯誤較正確為多，對於作業人員來說，是幫助還是增加確認的工作量？</p>                                                                                 | <p>感謝委員指教，在既有的檢訂調查作業中，影像判釋人員本就需要逐一檢查所有圖層是否需要進行編修；而本計畫設計之工具則希望提供影像辨識結果，來「建議」影像判釋人員應該優先專注於辨識結果有異的林型位置，減少反覆操作的時間。</p>                              |
| <p>簡報第 37 頁 ID3 之 IPCC3 判釋為其他闊(0.987) 高機率，但判釋結果卻為 False，這邊除呈現數字成果外，應再詳細探討造成其成果之原因為何。</p>                                                  | <p>感謝委員指教，此頁簡報展示了本計畫設計之單一樹種模型共同決策的過程，表中的台灣櫟與木油桐機率皆為 1.0，因此在邏輯設計上機率最高的兩個樹種都會同時被納入主要樹種的欄位進行比對。期末階段將考慮以各樹種的測試精度作為權重，來減少機率皆為 1.0 無法明確指出唯一的主要樹種。</p> |







|                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第 13 頁圖 3-1 所表達的意思為何？與文中敘述不符，應直接以圖 3-2 呈現即可，建議刪除圖 3-1。                                                                                                                                                 | 感謝委員建議，圖 3-1 是表達今年度計畫取得的銀合歡航攝影像，相關內文敘述已補充說明。                                                                       |
| 第 67 頁第 2 段「……；尺寸是輸入的圖像大小，圖像尺寸越大，越有利於提取細微性特徵，……」，此段文字是否正確？請修正之。                                                                                                                                        | 感謝委員指教，此處圖像尺寸是指在同樣的空間範圍內，像素數量的多寡。圖像尺寸越大(像素越多)則越容易提取特徵。                                                             |
| 紋理指標為什麼選擇 GLCM 這一種的測試，建議應對其他的紋理指標一併比較說明後較為完整。另參數 $d$ 、 $\theta$ 給定是多少？另網格大小 $3 \times 3$ 應該是應用的範例，本案應該不能僅以此大小進行，請再詳查並修正。                                                                               | 感謝委員建議，可用於模型訓練的特徵測試確實還有非常多的討論項目可以評估，但考量到今年度的計畫主軸期末階段將著重於工具功能調教與教育訓練，並建議農航所可在未來模型精進時討論更適切的特徵參數。                     |
| <b>林委員科言</b>                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                    |
| 第 54 頁(4)模型由單一模型變成 19 樹種，其中其他針及其他闊係指非特定可辨識之樹種，每個 polygon 其組成皆不相同，此兩種樹種之基礎模型該如何建立？請說明之。                                                                                                                 | 感謝委員指教，在林型暨土地覆蓋型圖資中「其他針」與「其他闊」均包含在樹種屬性的類別之中，因此訓練模型的方式與其他特定樹種相同。但確實可能會因為訓練資料抽樣無法完全涵蓋「其他針」或「其他闊」的所有樣態，而影響該類別模型訓練的表現。 |
| 第 66 頁針對特定物種機器學習辨識之「……在民國 110 年計畫擴充樹種判釋模型時，已將銀合歡納入分類選項之一，然而判釋成果尚不理想……」，此處判釋成果不理想所描述是要表達原先訓練樣本不足所致？然後續農航所提供 242 幅 DMC 航攝影像及恆春半島銀合歡之地真資料是相當完整的，且針對特定物種機器學習辨識銀合歡判釋成果應於表 6-1、6-2 所顯示。故此章節敘述表達上應更清楚才能使讀者明白。 | 感謝委員指教，該段落確實希望陳述前期計畫所使用的銀合歡資料並不足夠，導致訓練成果並不理想，因此今年度計畫才在農航所的協助下取得恆春半島才剛完成的銀合歡調查資料，藉此提升辨識模型的準確性。                      |
| <b>葉委員堃生</b>                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                    |
| 1.第 71 頁表 6-1、6-2 混淆表所示非銀合歡被辨識成銀合歡的比例不算低，代表分析出銀合歡的範圍內還包含錯誤的資料，且此處 Kappa 值與第 37 頁表 4-2 的 Kappa 有所不同，應補充說明，才不會造成誤解。                                                                                      | 感謝委員指教，已針對報告書內文補充說明，並重新驗算統計數值。                                                                                     |







|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.表 6-1、6-2 之 PA、UA 是否有誤？請查明後修正。                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                      |
| 建議補充第 37 頁表 4-2 共 19 種樹種個別的誤差矩陣。                                                                        | 感謝委員提醒，期末階段將補充說明同一組測試資料對 19 個模型進行的交叉測試，並匯出多樹種混淆矩陣之統計結果。                                                                                                                                                                              |
| <b>吳委員淑華</b>                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |
| 第 64 頁「……預估執行一次至少需 15 分鐘，且硬體資源的使用會十分可觀。」，與去年分析農航所硬體資源有所出入，亦造成誤解；建議團隊就現在開發的工具所需要的硬體規格、圖資等資料的使用等，評估更清楚表達。 | 感謝委員建議，前期(民國 110 年)計畫已就硬體效能做過規格評估，目前農航所所用之工作站，基本上符合操作需求，相關工具運作之評估將於期末階段進行完整的測試與紀錄。                                                                                                                                                   |
| 第 37 頁表 4-2 中 19 種樹種其中已包含銀合歡之樹種，建議將銀合歡視為新增測試樹種，直接進行「專家辨識編修工具」，以檢視該編修工具之成效。                              | 感謝委員指教，今年度所設計的三項操作工具，其主要目標係透過「專家辨識編修工具」進行訓練樣本的純化或屬性確認，被編修過的樣本得透過「模型訓練優化工具」在既定的流程中完成既有模型的更新，最終應用於「森林覆蓋型辨識工具」之中。因此，銀合歡本就能夠透過三項工具進行操作與更新。然而，若針對未知的新樹種擴充現有的工具介面，目前並未有相應的功能來做處理，取而代之的則是需要透過程式的編譯來完成。因此，除了工具的提交，本計畫亦視農航所之需求提交相關程式碼與相關操作說明。 |
| 報告撰寫請再三確認文字、內容、專有名詞等，避免文字謬誤等問題發生。                                                                       | 感謝委員提醒，已針對文中文字誤植情形再三檢查，核對修改。                                                                                                                                                                                                         |
| <b>賴技正靖融</b>                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                      |
| 針對特定物種機器學習判釋以銀合歡進行測試，爾後如有其他物種判釋之需求，可以建立模型及訓練方式給農航所內使用，請團隊納入考量。                                          | 感謝委員建議，本計畫所開發之三項工具，可處理既有的 19 種樹種辨識，而針對未知新樹種的判釋需求，目前的工具介面雖未包含相關功能，但可透過既有的程式碼來進行編譯，因此，除了工具的提交，本計畫亦視農航所之需求提交相關程式碼與相關操作說明。                                                                                                               |





### 三、111 年度期末審查意見回覆

| 意見說明                                                                                                                                                                          | 回覆情形                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>蔡委員展榮</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                                    |
| 第 36 頁「從既有的訓練資料集中作挑選，並以 1:2 的比例將其分為目標樹種與非目標樹種兩類。」、「測試方法為 19 種樹種各自隨機抽取 500 筆樣本，其中目標樹種至少需超過 300 筆，統計模型對測試資料的辨識結果」、第 83 頁「訓練集、驗證集比例 9:1」等，這些數值是否是經過貴公司同仁的實際測試驗證後得到的一個經驗值？請補充說明之。 | 感謝委員指教，有關訓練樣本、測試樣本切分之相關比例，大多依循專家給定之經驗建議或機器學習領域之操作慣例，並非獨創。當然，這些經驗或慣例是否為最佳比例仍是未來值得詳加深入探討之議題。                         |
| 對於特異的(顯著不同或異常的)成果宜做補充說明，如 p39 表 4-3 的<br>臺灣肖楠 UA=0%、PA=0%？<br>臺灣樺 UA=31.65%、PA= 100%？<br>叢生狀竹 UA=62.50%、PA=10.0%？                                                             | 感謝委員指教，造成抽樣驗證效果不佳的可能原因，初步反映出樣本抽樣不具隨機分布，與建立模型所用的訓練樣本差異過大導致。由於可詳細分析探討的項目甚多，本計畫除了在保固期間擇項進行探討之外，並建議農航所於未來模型精進中詳加規劃與探究。 |
| 第 32 頁請補充說明“模型輕量化”的意思？                                                                                                                                                        | 感謝委員指教，模型輕量化包含將原本的單一預測模型拆分為 19 個模型，使架構縮小、預測內容簡化，用來提升模型效能或降低運作負擔，相關說明已補充於肆之一之(一)。                                   |
| 第 40 頁請補充說明「使用情境」的意思？它和「使用者情境」、「操作情境」之區別？                                                                                                                                     | 感謝委員指教，使用情境意指使用到工具的時機，與「使用者情境」、「操作情境」相同，內文已修正。                                                                     |
| 第 22 頁「此一設計主要用來避免影像判釋人員同時編修相鄰專案時，橫跨專案邊緣的圖徵無法順利拼接，導致相鄰圖徵產生不連續或屬性錯誤的問題」。是否已發現過「橫跨專案邊緣的圖徵無法順利拼接，導致相鄰圖徵產生不連續或屬性錯誤的問題」呢？若是，如何處理此問題呢？                                               | 為了避免專案邊緣圖徵無法順利拼接，農航所已有一套管理做法，確保每一個檢訂專案再被編修時，鄰近專案會被鎖定無法認領編修。因此並非本計畫應解決之問題，故無對此問題進行相關分析。                             |
| 第 12 頁「109 年最新版的林型暨土地覆蓋型圖資(行政院農業委員會林務局，2018)」是 109 年最新版？還是西元 2018 年(民國 107 年)最新版呢？                                                                                            | 感謝委員指教，2018 年為誤植，實為 110 年(2021)，已更正。                                                                               |





|                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>本次為 3 年本研究案之第 3 年期末報告書，應修正內容相關語氣，不宜再使用未來式的語法，例如</p> <p>(1)第 13 頁「今年度(111 年)計畫將持續使用 DMC 航攝影像」，應刪除「將」字，修改為「今年度(111 年)計畫持續使用 DMC 航攝影像」。</p> <p>(2)第 24 頁圖 3-6 的「預計加入」</p> <p>(3)另外也應具體載明相關數字，例如第 100 頁「畫期間透過至少 8 次的訪談與工作會議確認應用需求」本案共計舉行幾次的訪談與工作會議呢？</p> | <p>感謝委員建議，以下針對各點意見進行回覆。</p> <p>(1)(2)已修正。</p> <p>(3)經確認為 7 次工作會議與 2 次專家訪談，已修正於內文。</p>                                                                                                                                 |
| <p>第 22 頁「現階段為降低資料交換的負擔，航攝影像的色彩深度會從 16bit 降至 8bit，並同時移除 NIR 波段後才提供」，此處所謂資料交換的負擔意思為何？又第 23 頁「為了提供影像判釋人員影像辨識的輔助結果，影像處理人員需先行保留 DMC 航攝影像的 NIR 波段與色彩深度的調整」易導致讀者產生混淆，宜補充說明之。</p>                                                                              | <p>感謝委員指教，該章節主要說明過去既有的檢訂調查作業流程，在經過本計畫之開發工具導入後，應對應調整既有作業流程，包含近紅外光影像地保留，以及避免顏色深度的壓縮，以作為「森林覆蓋型辨識工具」輸入所需之完整檔案。為了避免論述上的混淆，亦同步調整內文之敘述。</p>                                                                                  |
| <p>第 45 頁「農航所專業人員的主觀判定上，導致存在類別誤植的問題」，請補充說明其實際情況，例如出現農航所專業人員的主觀判定導致類別誤植的機率約多少？建議的解決辦法為何？</p>                                                                                                                                                             | <p>感謝委員指教，類別誤植的可能性很多，包含樹種類型、生長地點、影像採集，或是單純人為誤判都有可能發生，難以直接計算或量化。然而為解決此問題，本計畫開發「專家辨識編修工具」，即是提供農航所對訓練資料進行純化精煉的方法，使用人工檢驗過的訓練資料集進行模型更新，就能有效改善模型訓練精準度。</p>                                                                  |
| <p>第 101 頁「模型優化訓練工具提供了模型評價的報表，於每次長達 120 小時的訓練後可供使用者評估模型表現」，其模型評價是否為農航所同仁確認並滿足其所需？</p> <p>而每次訓練是否皆固定為 120 小時？</p> <p>另「辨識編修工具則驗證了人工純化過的訓練樣本可有效提升模型訓練的準確性突顯樣本品質對機器學習之重要性。」，建議採用量化敘述使讀者清晰知道提升幅度。</p>                                                       | <p>感謝委員指教，</p> <p>(1)針對尚有進步空間的特定樹種，本計畫可在保固期間，擇項協助進行樣本樣本純化與模型更新，以利後續實務應用。</p> <p>(2)模型訓練時間主要取決於訓練樣本數量與迭代訓練週期次數的設定，120 小時係以既有樣本進行實測之結果。若未來能針對樣本進行純化與減量，能大幅縮短訓練時間。</p> <p>(3)本計畫表 5-5，已提供三個測試案例，來量化說明樣本純化對模型辨識精度之提升。</p> |



|                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 圖表目錄未完整羅列，且與內文標題文字不符，請修正。另圖 4-4 應為森林覆蓋型辨識工具案例圖。                                                                                                                                                                                                                  | 感謝委員指教，相關敘述已修正。                                                                                                                                |
| 有關教育訓練，請修正：<br>(1)教育訓練的課程時間與簽到單紀錄時間有出入，請確認並訂正，並確認報告內文各處教育訓練時間是否正確且相同(11.34 小時)。<br>(2)第 6 頁建議宜在報告書具體載明 3 次的教育訓練日期與時間長度。<br>(3)第 92 頁上方表列的 3 次教育訓練時間時數與表 8-2、表 8-3、表 8-5 不符，請修正。<br>(4)第 94 頁表 8-3 的鍾智昕副教授未在第 97 頁的簽到單簽名是為何？<br>(5)第 96 頁表 8-4 的評分應說明數字與滿意度之間的關係。 | 感謝委員指教，以下說明：<br>(1) 已確認並修正報告內文各處教育訓練時間為 12 小時。<br>(2) 已補充說明。<br>(3) 已修正時間。<br>(4) 由於鍾副教授臨時無法參與教育訓練，故無簽名，相關課程已更新。<br>(5)評分表 1~5 為分數，分數越大滿意程度越高。 |
| 表 2-2 已經是期末報告，請具體載明：(1)投稿 2 篇論文，不是一篇。<br>(2)不是新增第 2 次教育訓練，而是應具體寫出三次教育訓練的日期。                                                                                                                                                                                      | 感謝委員指教，相關敘述已修正。                                                                                                                                |
| 空間數位生活(Geo Digital Life)期刊對照 p90 的 GeoDigital Life 空間數位生活，請統一用詞。另如第 90 頁表 7-1 上方的「目前已接受」，建議將「已通過」修訂為「已接受」並附上期刊通知已接受的證明文件做為佐證。並確認刊登時限(如表 7-1 與表 7-2)。<br>又航測及遙測學刊因仍在審稿中，請將「111 年 12 月」修正為「未定」，並敘明投稿時間與相關文件佐證。                                                     | 感謝委員指教，相關敘述已修正。                                                                                                                                |
| 第 6 頁「投稿相關國內外期刊或研討會論文，與農航所為共同作者」，共同作者是農航所這一個單位還是農航所的那些人員呢？                                                                                                                                                                                                       | 感謝委員指教，共同作者包含農航所的所長、計畫課課長與承辦三人。                                                                                                                |
| 第 14 頁圖 3-2 的銀合歡標記資料的圖例宜修改為跟上方的「DMC 影像拍攝中心」相同大小。                                                                                                                                                                                                                 | 感謝委員指教，相關敘述已修正。                                                                                                                                |
| 「機器學習軟硬體標準化工具實作開發」(工作項目二)、「機器學習系統工具應用實測與效能評估」(工作項目三)、「特定物種機器學習辨識可行性評估」(工作項目四)、「論文投稿」                                                                                                                                                                             | 感謝委員指教，相關敘述已修正。                                                                                                                                |







|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (工作項目五)與第 5 至 6 頁的前述名稱不同，請統一。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 相關軟體安裝手冊、操作手冊等參考文件，應依農航所同仁使用上之需求再進行編修，建議於本案保固期間配合之。                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 感謝委員指教，相關手冊文件會依農行所需求編修與調整。                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>以下建議參考：</p> <p>(1)第 11 頁表 2-3 名稱修訂為本年度計畫進度摘要說明。</p> <p>(2)第 5 頁修訂為規劃北、中、南、東等 4 個區域，這 4 個區域的明確位置詳請參閱圖 3-10。</p> <p>(3)第 4 頁修訂為「4....特定物種(銀合歡)」</p> <p>(4)第 2 頁數值航測、航遙測影像分類，是否內容重覆呢？</p> <p>(5)第 2 頁「可見光、多光譜或高光譜影像」，本案全都使用了嗎？還是僅使用多光譜呢？</p> <p>(6)第 2 頁本案有做高速運算的測試嗎？若有請補充說明之。</p> <p>(7)第玖章改為「結論與建議」、「二、建議」。</p> <p>(8)第 34 頁宜禮貌地寫出林博士的名字。</p> | <p>感謝委員指教，以下各點回覆：</p> <p>(1)已修正為今年度(111 年)計畫進度摘要說明。</p> <p>(2)已補充於內文。</p> <p>(3)已修正於內文。</p> <p>(4)內容重複已修正。</p> <p>(5)本計畫僅使用多光譜，已修正。</p> <p>(6)高速運算為第一年所做的測試，最後決定使用本地端進行 AI 運算。</p> <p>(7)已更新。</p> <p>(8)已修正。</p>                                                                                                                  |
| <p>第 102 至 103 頁建議修訂補充「未來建議」的第(一)(二)(四)項內容，具體建議未來的努力方向和做法，例如</p> <p>(1)如何做好訓練資料的清理工作？人工判定缺漏？</p> <p>(2)如何產製品質良好的訓練樣本並確保樣本資料的正確性？</p> <p>(3)如何優化樹種辨識模型與演算法？</p> <p>(4)如何檢查並確認人工純化過的樹種樣本之正確性？</p> <p>(5)如何改善混淆林邊界所帶來的辨識困擾？</p> <p>(6)如何解決「橫跨專案邊緣的圖徵無法順利拼接，導致相鄰圖徵產生不連續或屬性錯誤的問題」呢？</p>                                                              | <p>感謝委員指教，</p> <p>(1)(2)(4)為了提升訓練資料品質，本計畫開發專家辨識編修工具，其目的即是提供專業人員編修所用，藉此達到資料清理之目的。若需要避免人為主觀判定上的落差，可透過至少三位的專家反覆檢視相同的純化樣本，來確保訓練樣本品質與正確性。</p> <p>(3)模型優化分為三個部分：首先，訓練資料優化即包含了樣本數的增加與品質提升；第二，則可透過特徵工程分析後，精煉特徵因子數量提升訓練效率；第三，電腦視覺演算法發展本就快速，持續性的實驗，並套用效率更強的深度學習演算法架構也是優化重點之一。</p> <p>(5)混淆林樣態多樣性高，未來可嘗試透過混淆林樣本標準化，進行可行性測試，透過與專業人員合作建立標準</p> |







|                                                                                                                                                        |                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                        | <p>化混淆林樣態，能被清楚定義與區別後，即可擴充辨識項目。</p> <p>(6)為了避免專案邊緣圖徵無法順利拼接，農航所已有一套管理做法，確保每一個檢訂專案再被編修時，鄰近專案會被鎖定無法認領編修。因此並非本計畫應解決之問題。</p> |
| <p>部分圖表的可讀性不佳，請改善圖表品質，使其內容清晰可讀。例如</p> <p>(1)第 25 頁圖 3-8 的左邊文數字太小，不易閱讀，放大看，卻是模糊的文數字。</p> <p>(2)第 44 頁圖 4-6 使用紅字+黑色背景，反差對比不佳，紅色字體不清晰，不易閱讀。</p>           | <p>感謝委員指教，相關圖表已修正。</p>                                                                                                 |
| <p>全文各處宜使用合宜的有效位數，例如第 37 頁整體精度約為 65.79%、第 36 頁整體精度為 74.5%、第 36 頁 73 % 的整體精度這三者的數字何者較恰當？</p>                                                            | <p>感謝委員指教，本計畫 111 年度模型訓練成果整體精度應為 74.6%，相關敘述已修正。</p>                                                                    |
| <p>第 101 頁每一組專案運行時間約兩小時，視林地範圍大小有所差異。建議寫出其平均數字，如平均每一平方公里的運行時間約需幾小時。</p>                                                                                 | <p>感謝委員建議，經計算每一個 256x256 的樣本網格(約 0.4 公頃)處理時間約為 1.2 秒。</p>                                                              |
| <p>部分敘述語焉不詳請修訂之。如</p> <p>(1)第 43 頁程式出錯排解的排解之意思。</p> <p>(2)第 45 頁本工具依需求又在更版新增使用者回饋功能是否意指「本工具依需求又在更新版增加使用者回饋功能」？</p> <p>(3)修正更版與效能優化是否意指「修正舊版與效能優化」？</p> | <p>感謝委員指教，</p> <p>(1)排除解決問題，如電腦的「疑難排解」。</p> <p>(2)(3)是，相關敘述已修正。</p>                                                    |
| <p>建議將第 44 頁上方的第 10 前移到第 7 的後面，以跟圖 4-6 右邊的圖示項目順序對應一致。</p>                                                                                              | <p>感謝委員指教，相關敘述已修正。</p>                                                                                                 |
| <p>第 57 頁請補充說明 DMC 影像檔命名規則。</p>                                                                                                                        | <p>感謝委員指教，有關工具內針對 DMC 檔案命名進行的規則已更新於報告內文。</p>                                                                           |
| <p>第 59 至 60 頁請說明林型機率與分類機率的計算方法。</p>                                                                                                                   | <p>林型機率為模型辨識為該類的機率，分類機率表示依照 3 種林型的機率決定最終 IPCC2 的分類，相關內文與表格已調整。</p>                                                     |



|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>第 60 頁表 4-7 的門檻值是如何定義的？</p>                                                                                             | <p>感謝委員指教，表 4-7 之門檻主要沿用來自我國「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業手冊」之定義，將原有的林型比例區分標準沿用於模型辨識機率之參考門檻而得。</p>                                                             |
| <p>第 59 頁林型圖與 DEM 反投影到 DMC 正射影像之精度決定本案林型樹種分類成果精度，如何估算反投影的精度或正確性？請說明。</p>                                                   | <p>感謝委員指教，本計畫執行初期(109 年)，已使用農航所既有的反投影方法，進行相關工作，其成果亦有在當時進行抽樣檢驗，確保訓練樣本之合理性與正確性。因此，今年度(111 年)計畫著重於工具功能之開發。由於可詳細分析探討的項目甚多，除了在保固期間擇項進行探討之外，建議農航所於未來模型精進中詳加規劃與探究。</p> |
| <p>第 74 頁圖 5-1 請說明原始樣本與純化樣本是否為同一區塊同一日期所拍攝的影像，如何進行訓練樣本純化？</p>                                                               | <p>感謝委員指教，內文提及的原始樣本，主要來自本計畫執行期間蒐集而來的 3,490 幅影像(857,611 筆樣本)，而純化樣本則是在這八萬多筆樣本中，透過專業人員人工檢視篩選而得。</p>                                                                |
| <p style="text-align: center;"><b>謝嘉聲委員</b></p>                                                                            |                                                                                                                                                                 |
| <p>第 88 頁提到「然而，現階段工具功能尚無法直接提供任一新樹種的資料蒐集、模型訓練，及樹種辨識應用……」，此處說法與本年度工作項目：四、機器學習應用於特定物種自動化偵測之可行性評估之目標相左，該段文字是否語意有誤？請說明並修正之。</p> | <p>感謝委員指教，相關論述不符計畫目標之內容，已重新調整修正，避免誤解。</p>                                                                                                                       |
| <p>第 71 頁表 5-2 工具辨識與人工檢視邏輯表，這裡所針對的林型還是樹種？另這裡所針對是由工具辨識成果再經由人工檢視其正確與否、或者分別由工具辨識與人工檢視之成果再行比對？請說明之。</p>                        | <p>感謝委員指教，此表是針對樹種進行說明，其順序是得到工具辨識結果後，再經由人工檢視工具的辨識結果正確與否，相關內文已補充說明。</p>                                                                                           |
| <p>本報告中並無法詳加分析辨識成果及探討較為不合理的數字之原因為何，應多加補充。如進行純樹種辨識時 FN 偏多，表示拿來訓練的樣本是有問題的。</p>                                               | <p>感謝委員指教，由於本計畫 111 年度著重於辨識模型工具化之工作，因此相關應用測試的討論較顯不足。造成抽樣驗證效果 FP(偽陽)偏多、FN(偽陰)偏少的可能原因，可能來自訓練樣本當中存在為數不均的錯誤樣本，進</p>                                                 |





|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 而影響模型的判斷，出現寧可錯判，也不漏判的情況。這也是本計畫開發「專家辨識編修工具」來進行樣本純化之目的。由於可詳細分析探討的項目甚多，本計畫除了在保固期間擇項進行探討之外，並建議農航所於未來模型精進中詳加規劃與探究。       |
| <p>以下錯誤請修正：</p> <p>(1)第 14 頁圖 3-1 圈選銀合歡範圍之綠線有偏差，請檢查並修正。</p> <p>(2)P24 圖 3-6，請修正未來式描述方式「預計加入」。</p> <p>(3)P46~P47，分類結果應加入以上皆非，總分類應為 20 種。</p> <p>(4)文中使用的西元年與民國年應統一。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                              | 感謝委員指教，相關敘述已修正。                                                                                                     |
| <b>林委員 吳宇</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                     |
| <p>本年 3 月與興創知能團隊就機器學習模型架構與訓練資料部分進行討論，獲致兩項結論包含：</p> <p>(1)將原有單一大模型按樹種(19 種)拆解為小模型並單獨訓練；</p> <p>(2)現階段使用之訓練資料數量龐雜，但未必均具有極佳的辨識特徵，可先純化獲得少量但品質較佳的資料訓練模型，或可得到較佳的樹種辨識能力。</p> <p>興創知能團隊已採用第(1)項建議，期末報告說明模型架構之調整可稍微提升整體精度(由 73%提升至 74.6%)，以及架構輕量化帶來的優點，就結果而言，以單一樹種建立機器學習辨識模型之概念應屬可行。</p> <p>興創知能團隊雖亦採納第(2)項建議，但僅對部分樹種(檜木、杉木、鐵杉)進行訓練樣本的重新挑選。期末報告顯示樣本純化後對於模型訓練時間及預測精度均有大幅改善，例如檜木辨識模型之精度從 63.4%提升至 83.0%、訓練時間則從 9 小時縮短成 1.2 小時。樣本重新挑選是一項很繁重耗工的工作，但對模型具有極大的改</p> | <p>感謝委員肯定，</p> <p>(1)在委員的協助下，模型架構的調整確實有助於應用工具的發展。</p> <p>(2)針對尚有進步空間的特定樹種，本計畫可在保固期間，擇項協助進行樣本樣本純化與模型更新，以利後續實務應用。</p> |





|                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>善效果，仍應持續完成。本案契約如有保固期規定，建請農航所要求廠商，針對現階段辨識精度較差的樹種優先進行訓練樣本純化(如台灣杉、台灣肖楠、光臘樹、木油桐，請參見表 4-3 PA 低於 50% 的樹種)，如此應可大幅提昇本計畫開發工具的整體精度，以利後續的實務應用。</p> |                                                                                                                                                                            |
| <p style="text-align: center;"><b>邱式鴻委員</b></p>                                                                                            |                                                                                                                                                                            |
| <p>建議第 39 頁表 4-3 針對現階段辨識精度較差的樹種(如台灣杉、肖楠)再次檢視地真資料是否有誤，進行訓練樣本純化；並於本案後續保固期內能持續優化相關樹種，以及後續農航所實際執行上如有困難亦請予以協助。</p>                              | <p>感謝委員建議，針對尚有進步空間的特定樹種(例如臺灣杉、臺灣肖楠)，本計畫可在保固期間，擇項協助進行樣本樣本純化與模型更新，以利後續實務應用。</p>                                                                                              |
| <p>想了解預測結果須投影到立體像對中，如何對應？是否有做到？</p>                                                                                                        | <p>感謝委員指教，檢訂調查人員在進行編修時使用的設備為雙螢幕，一邊顯示正射影像，一邊顯示對應的立體像對，此對應關係係由農航所的專業軟體控制，無須另外開發。而本計畫所產出的輔助 SHP 為正射坐標系，在正攝影像所在的螢幕上顯示，立體像對螢幕會自動對應至相同位置，以利編修人員確認。</p>                           |
| <p>訓練樣本包含的範圍約 80 平方公尺，DEM 的網格大小為 20 公尺，也就是辨識一筆影像只會用到 4 筆 DEM 特徵，可能對於模型訓練的幫助相當有限。</p>                                                       | <p>感謝委員指教，本計畫採用的訓練樣本為 256×256 像素，每個像素的空間解析度約 25 至 50 公分，換算下來約有 4000 平方公尺，可至少涵蓋 10 筆 DEM 特徵。且本計畫所訓練模型並非針對每個像素網格辨識，而是對整張 256×256 像素組成的影像進行辨識，相關因子之分析亦於前期(110 年)計畫做過權重討論。</p> |
| <p>以下錯誤請修正：<br/>P9 至期中階段實際進度。<br/>P11 期中階段成果:加入圖片紋理 應刪除。<br/>P21 反射率應該跟顏色不同。<br/>P37 倒數第三行，文中提到的樹種精度高，但敘述上為”誤判較多”。</p>                     | <p>感謝委員指教，相關敘述已修正。</p>                                                                                                                                                     |
| <p>建議高解析度影像進行訓練時，加入同尺寸但不同解析度的影像加入訓練。</p>                                                                                                   | <p>感謝委員指教，由於不同影像其各項解析度均不相同，因此套用既有 DMC 影像辨識模型必然影響辨識的表</p>                                                                                                                   |







|                                                                                                          |                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                          | 現，然而相關標準化流程是可以參考本計畫所編撰的【模型訓練手冊】來進行，建立不同訓練資料集之辨識模型。                                                      |
| <b>葉堃生委員</b>                                                                                             |                                                                                                         |
| 第 37 頁表 4-2 為 19 種個別樹種的精度分析，而整體精度以個別精度平均之方式計算是否恰當？另以第 39 頁表 4-3 之 OA 65.79%較為恰當，惟該表格並未計算 Kappa，建議增加計算該值。 | 感謝委員指教，表 4-2 的整體精度計算方法為，全部真陽(TP)加全部真陰(TN)除以總樣本數；而表 4-3 計算方法為全部真陽(TP)除以總樣本數，兩者計算方式略有不同，另表 4-3 已補充 kappa。 |
| 本案純化後的樣本是否有包括邊界、坐落位置等相關資訊，以俾未來農航所使用 DMCⅢ航攝影像，可快速萃取 DMCⅢ航攝影像之訓練樣本，另建立其模型進行辨識？                             | 感謝委員指教，本計畫所使用的影像資料，均有紀錄出自於哪幅 DMC 影像的哪個位置，未來要萃取樣本位置時可快速取用。                                               |
| <b>林科言副所長</b>                                                                                            |                                                                                                         |
| 本研究報告嗣後將放置本所網頁公開瀏覽，為利讀者清楚了解相關單位，請修正並統一其名稱，如農航所、林務局等。                                                     | 感謝委員指教，相關內文已修正。                                                                                         |
| 報告中之整體精度為 74.6%，與簡報第 12 頁是 74.3%，兩者數值不一致，何者為正確？請確認。                                                      | 感謝委員指教，整體精度應為 74.6%，74.3%為誤植，已修正。                                                                       |
| 銀合歡純化後實際為銀合歡之生產者精度 PA 為 100%，而實際為非銀合歡為 67.9%，其中之差異是什麼問題造成？應再詳加解釋說明之。                                     | 感謝委員指教，此誤判可能是因為訓練資料有混雜到其他類型的樹種，導致模型在學習的時候將其他樹種的特徵一併學習。為解決此問題需請專業人員重新檢視訓練資料，進行樣本純化後方能解決。                 |
| <b>賴技正靖融</b>                                                                                             |                                                                                                         |
| 對於本計畫沒有其他建議事項，也多謝各位委員給予寶貴的意見，也幫農航所於後續保固期內爭取很多優化模型之可行性，研究團隊也給予承諾會依農航所實際執行情形持續精進相關流程及工具。                   | 感謝委員肯定。                                                                                                 |
| <b>鄧國禎課長</b>                                                                                             |                                                                                                         |
| 之後如使用其他解析度之航攝影像（如無人機影像、DMCⅢ航攝影像                                                                          | 感謝委員指教，由於無人機影像與 DMC 航攝影像的各項解析度均不相同，因此套用既有模型會影響辨識的                                                       |







等)，是需重新訓練新的模型，還是可沿用原模型直接進行辨識？

表現，然而相關標準化流程是可以參考本計畫所編撰的【模型訓練手冊】來進行，後續若有必要本計畫團隊可在保固期間協助進行測試。





## 附錄二、工作會議紀錄

### 一、111 年 3 月 29 日工作會議

#### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時 間：民國 111 年 03 月 29 日星期二下午 2 時

貳、地 點：農航所 3 樓辦公室

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、魏擇壹、吳笙緯

伍、記 錄：吳笙緯

陸、討論事項：

一、檢訂調查流程各階段操作人員分別為何者或何單位，目前檢訂調查流程為何，提請討論。

說明：須了解現行檢訂調查流程，才能確認辨識工具要在哪個位置加入較為適合。

決定：目前檢訂調查的專案影像都是由農航所負責，農航所在進行航拍任務後，會篩選合適影像組成影像對與轉檔，並製作成檢訂專案，後經農航所與林管處分別編修國有林與圈外森林，並回傳編修結果，故辨識工具應增加於影像轉檔與組成影像對的時候。

二、單一樹種判釋模型取代原 19 類判釋模型，提請討論。

說明：承包廠商於 3/18 與林奐宇委員進行訪談，探討目前模型可能的問題，發現可能有訓練資料太雜以及模型過於龐大等問題。

決定：委員建議以 19 個單一樹種模型取代原 19 類判釋模型，並重新檢查現有訓練資料，挑選出 500 筆純度夠高的樣本重新訓練，以達實務需求，承辦廠商目前已完成冷杉單一模型，精度確實較原模型高，將持續訓練其他模型並



驗證，且須將更改緣由與更改結果詳細陳述於期中報告中。

### 三、特定樹種銀合歡改以正射影像進行訓練，提請討論。

說明：考量到銀合歡資料較少，進行反投影時又需要內縮林型圖框，使資料量更為減少，因此考慮改以正射影像進行訓練。

決定：為了維持計畫模型的一致性與後續擴充，仍保持以航攝影像作為訓練資料。

### 四、AI 輔助工具各工作是否需要調整，提請討論。

說明：專家辨識編修工具是對既有的訓練資料進行編修，並不會額外增加資料；模型優化訓練工具是在編修一定的資料後，重新訓練模型；森林覆蓋型辨識模型是以上述模型辨識檢訂調查專案內的影像，並產出 shp 檔供判釋人員參考。

決定：專家辨識編修工具需要額外的人力進行編修，在實務操作上並不實用，需要能夠透過檢訂專案判釋人員編修森林資源調查資料後，便能將更新的資料回饋給模型；然在模型設計上，若將不純的資料放進模型訓練，並無法有好的訓練結果，此流程該如何設計尚需討論。

### 五、實證區域篩選位置該如何挑選，提請討論。

說明：在今年計畫中需挑選 8 個實際檢訂調查專案來驗證計畫產出的模型是否能符合實務需求，因此須盡量篩選出能包含計畫訓練模型判釋樹種的區域。

決定：請承包廠商依照所取得的資料，挑選出 8 處涵蓋針、闊、竹三種林型的區域，並提供農航所那幾處的航帶資訊，以利農航所選取專案。

柒、臨時動議：下次工作會議時間暫定為 4/18~4/22 該週其中一天。

捌、散會：下午 4 時 30 分。





## 二、111 年 4 月 20 日工作會議

### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時間：民國 111 年 04 月 20 日星期二下午 1 時 30 分

貳、地點：Teams 線上會議

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、王禹翔、魏擇

壹、吳笙緯

伍、記錄：吳笙緯

陸、受委託廠商簡報：

就本案 111 年度期初至期中階段工作項目執行情形如下：

#### 一、實證區域規劃：

透過前兩年取得的 3,248 幅 DMC 影像與 109 年最新林型圖資，篩選針、闊、竹同時存在的檢訂調查專案共 21 筆，並從這 21 筆專案挑選 8 組作為實證區域進行測試。

#### 二、單一樹種判釋模型成果：

在林奐宇博士的建議下，將原本 19 類判釋模型拆成 19 個單一樹種判釋模型，並將模型的判定門檻值訂在 50%，測試結果模型精度均在 70%以上，唯冷杉、鐵杉的準確率較低，後續將持續精進。

#### 三、輔助工具流程設計：

專家辨識編修工具仍作為工具其中一功能，森林覆蓋型辨識工具會在讀取檢訂專案內的影像後產製出網格大小為 256\*256 pixel 且涵蓋整幅航攝影像的 shp 檔，其屬性資料包含每種分類的機率值(各林型+各樹種)、建議林型、建議樹種，以及與林型圖存在差異之提示。模型優化訓練工具可讀取編修完的林型圖資，並與產製的網格 shp 比較後將相異處儲存，以利後續模型更新。



### 柒、業主說明事項：

- 一、其他針與其他闊務必不要放在表格最前面，影響讀者閱讀。
- 二、銀合歡使用的是恆春的樣本，在特定樹種章節需做說明。
- 三、期中報告階段，需要針對新模型、舊模型比較說明。
- 四、原來的專家編修工具照樣提供，未來可以應用於特定樹種。
- 五、目前篩選的 21 個測試區，視情況增加高山地區的冷杉、鐵杉等樣區。
- 六、檢訂調查的 SHP 欄位應該不會增加。
- 七、請團隊協助思考工具未來的功能擴充方式，針對未曾看過的特定樹種、或目前既有的 19 種樹種，評估如何進行。
- 八、程式如已開發完成可儘早前往農航所安裝測試。
- 九、期中階段，需要詳細說明工具操作過程，包含輸入輸出範例。
- 十、教育訓練需規畫疫情方案。
- 十一、工具操作文件務必於計畫結束前提供，形式上限制不多，主要有圖文說明清楚，可閱讀即可。

### 捌、討論事項：

- 一、冷杉與鐵杉的判釋成果較差，是否有優化訓練樣本的方法，提請討論。

說明：目前樹種判釋模型分成 19 個獨立模型，相較於其他樹種 90% 以上的準確度，冷杉與鐵杉僅 70% 左右，需確認是否能提高精度。

決定：與團隊顧問鍾老師討論，探討提升模型的可能。

玖、臨時動議：下次工作會議時間暫定為 5 月中下旬。

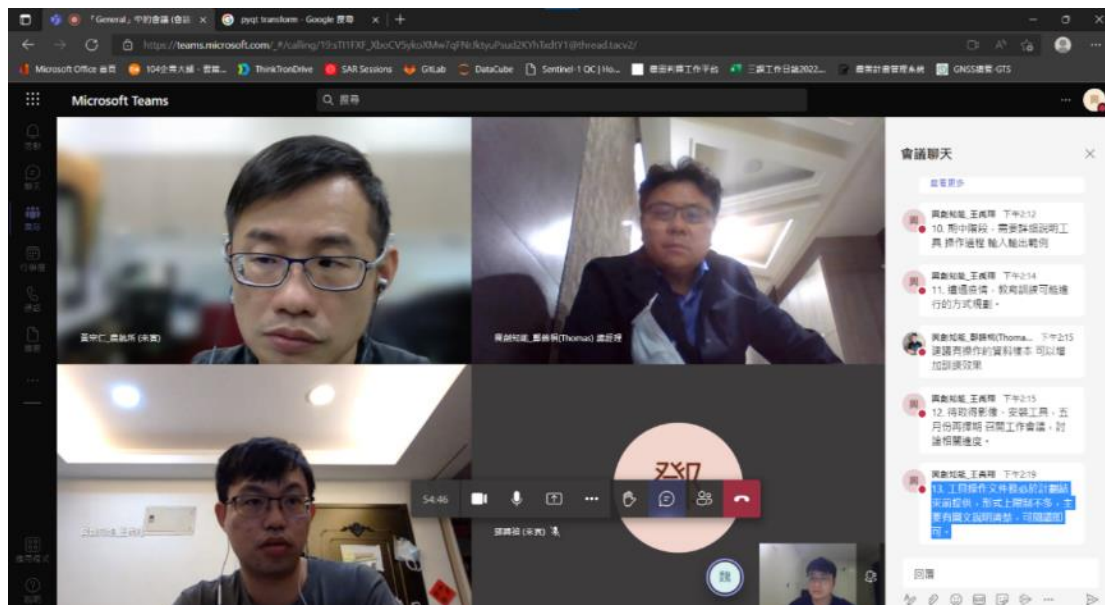
拾、散會：下午 3 時 00 分。







## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書





### 三、111 年 5 月 16 日工作會議

#### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時間：民國 111 年 05 月 16 日星期一下午 2 時 00 分

貳、地點：Teams 線上會議

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、王禹翔、魏擇

壹、吳笙緯

伍、記錄：吳笙緯

陸、受委託廠商簡報：

就本案 111 年度期初至期中階段工作項目執行情形如下：

#### 一、實證區域規劃：

取得 3,248 幅 DMC 影像與 109 年最新林型圖資、160 幅銀合歡 DMC 影像、21 組檢訂調查專案，並從這 21 筆專案挑選 8 組作為實證區域進行測試。

#### 二、樹種辨識模型更新：

將原本 19 類判釋模型拆成 19 個單一樹種判釋模型，並將模型的判定門檻值訂在 50%，測試結果模型精度均在 70%以上。

#### 三、工具開發：

包含專家辨識編修工具、模型訓練優化工具與森林覆蓋型辨識工具，各工具輸入與輸出均有對應的資料夾。

#### 四、效能評估：

已將開發完成的工具安裝至農航所電腦。

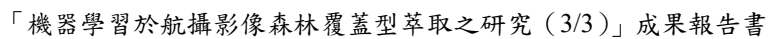
#### 五、特定物種可行性評估：

完成銀合歡辨識模型並加入紋理參數。

#### 六、論文投稿：

規劃投稿至航測及遙測學刊。





規劃於7月中先進行工具說明，後於9月舉行第二次教育訓練。

捌、散會：下午3時00分。



#### 四、111 年 6 月 29 日工作會議

##### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時 間：民國 111 年 06 月 29 日星期二下午 2 時 00 分

貳、地 點：林業試驗所森林研究大樓 802 室

參、出席人員：林奐宇 博士、鍾智昕 副教授(線上)

興創知能股份有限公司：魏擇壹、吳笙緯、林子鈞

伍、記 錄：吳笙緯

陸、討論主題：森林覆蓋型辨識工具

一、目前的預測成果 shapefile 跟 DMC 航射影像套疊後，與林型圖 SHP 進行結果比較。與正射影像座標系不同，則辨識成果該如何套疊？

- 1 在農航所檢訂調查專案作業流程中使用 ArcGIS 的擴充套件進行，而目前模型產出的成果不確定能不能與該套件同時在螢幕上顯示。
- 2 林博士建議預測成果須能在立體像對上直接顯示才能方便農航所人員操作。
- 3 鍾教授建議將預測成果從 polygon 轉為該 polygon 的中心點，由 DEM 加入 Z 值，製作 pointZM 就能展示在立體像對上。農航所葉堃生科長可以提供協助。
- 4 林博士建議理想狀況是將辨識成果直接顯示於正射影像上。可以嘗試將預測的成果從航攝影像上再返投影回到正射影像。

二、工具判釋成果如何設計？

- 1 林博士建議可將判釋成果限縮在預測精度最高的三種樹種內，並依機率高低排序主、次要樹種。最後與實際樹





種(地真資料)比較，若三種樹種中包含地真資料的樹種，則視為判斷正確。

2 林博士建議是否有辦法在一定的樹種預測精度上，去逆推林型。建議與農航所進行溝通。

3 鍾教授建議: 不要以準確率為最後成果的依歸，而是以輔助成效以及幫助實際作業層面來敘述。

柒、散會：下午 3 時 00 分。







## 五、111 年 7 月 25 日會議紀錄

### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時間：民國 111 年 07 月 25 日星期一下午 3 時 00 分

貳、地點：農航所 3F 會議室

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、吳笙緯

伍、記錄：吳笙緯

陸、討論事項：

一、科技計畫實地查核作業準備，提請討論。

說明：依據行政院農業委員會科技計畫查核作業，本案被選為今年度的查核對象，具體查核時間與內容尚未通知，請廠商先有準備。

決定：廠商可先準備好相關資料，如行政文件、計畫人員、經費使用情形與技術成果等。

二、教育訓練時間規劃，提請討論。

說明：原定 8 月第一週舉行教育訓練，由於所內相關課室的同仁要出差，延至 8/8 該週，請廠商安排可行時間後提交農航所，確認雙方都可行的時間；另安排 8/1 行前準備。

決定：廠商可行時間為 8/8 下午、8/10 上午與 8/11 上午，請農航所確認最後可行時間。

三、特定樹種訓練與工具產出，提請討論。

說明：本案所設計的工具，無法提供指定 19 種樹種以外的訓練與預測，為使農航所同仁可自主訓練其他樹種的辨識模型，廠商須提供替代方案。

決定：廠商會提供模型訓練、預測的程式碼與操作說明，供農航所同仁學習與操作。

柒、臨時動議：無。

捌、散會：下午 4 時 00 分。





## 六、111 年 9 月 8 號會議紀錄

### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時間：民國 111 年 09 月 08 日星期四下午 2 時 00 分

貳、地點：農航所 3F 會議室

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、吳笙緯、魏擇壹

伍、記錄：吳笙緯

陸、討論事項：

一、教育訓練的時間與內容規劃，提請討論。

說明：在蒐集第一次教育訓練的回饋並修改後，更新工具並舉辦第二次教育訓練，對林務局與農航所同仁講解與上機操作。

決定：暫定為 9/28、9/29 兩天，教育訓練內容包含產出 SHP 說明、工具操作說明與計畫說明。

二、工具辨識速度更新，提請討論。

說明：在期中階段，工具產出一組檢訂專案的輔助 SHP，需耗時 10 個小時，時間太長無法實際應用，後經幾次的討論與修改，目前已可於 2 小時左右完成產出。

決定：在教育訓練前會提供新版模型的分析結果供農航所參考。

三、有關科技查核所需準備，提請討論。

說明：9/15 上午為科技查核，需確認當日來訪人員、行程與所需文件，以利查核進行。

決定：廠商需準備計畫簡報、會計文件等資料，以及歷年成果報告書，並提供地圖與導航位置供查核人員方便前往。

柒、臨時動議：下次工作會議時間暫定為 10 月初。

捌、散會：下午 4 時 00 分。





## 七、111 年 10 月 3 號會議紀錄

### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時間：民國 111 年 10 月 03 日星期一下午 2 時 00 分

貳、地點：農航所 3F 會議室

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、吳笙緯、魏擇壹

伍、記錄：吳笙緯

陸、討論事項：

一、教育訓練的時間與內容規劃，提請討論。

說明：由於農航所與林務局在原定時間有其他活動，故將教育訓練改期為 10 月中，第一天對象為林務局與農航所同仁，課程內容為計畫說明、產出成果說明與工具實作，第二天為辨識模型的建立教學，對象為農航所同仁。

決定：暫定第二次教育訓練時間為 10/13，如有異動另行通知。

二、辨識工具成果分析，提請討論。

說明：目前已將辨識產出時間縮短至約 2 小時左右，產出結果為正射坐標系下的 1/5000 圖幅範圍辨識成果。

決定：將相關分析成果放入期末報告。

三、科技查核林務局回饋，提請討論。

說明：肯定三年的努力，期許未來能輔助農航所相關業務，提升檢訂作業效率。

決定：建議持續優化成果，並納入效能提升量化評估。

柒、臨時動議：下次工作會議時間暫定為 10 月底。

捌、散會：下午 4 時 00 分。



## 八、111 年 10 月 31 會議紀錄

### 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)」工作會議紀錄

壹、時 間：民國 111 年 10 月 31 日星期一下午 2 時 00 分

貳、地 點：農航所 3F 會議室

參、出席人員：農航所：鄧國禎、黃宗仁

興創知能股份有限公司：鄭錦桐、魏擇壹、吳笙緯

伍、記 錄：魏擇壹

陸、討論事項：

一、關於工具的「檢訂專案成果匯入」功能該如何調整，提請討論。

說明：目前此功能的設計是以專案為單位，但此作法需要派一人在有新的檢訂專案完成時，從系統下載下來才能匯入，且目前檢訂專案編修系統尚在更新，是否考慮等下一期的檢訂作業開始時，在將前一次的全台編修成果直接下載後匯入，避免重複作業與人力資源浪費。

決定：由於本案為研究案，此工具是否能被林務局採納尚無法確認，若為來能順利推廣，可配合新的委託案，依照新流程設計相關功能。

二、本計畫之投稿工項，當前進度是否符合契約需求，提請討論。

說明：依契約工項本計畫需投稿至少一篇論文或期刊，目前已投稿至航測及遙測學刊，但還在審查階段並未刊登。

決定：審核通過便視為符合工項，另外也可以多投稿其他論文或期刊，避免不符合工項。



三、實證區域的統計結果中，針葉林的統計結果與其他 8 組相差甚大，提請討論。

說明：在實證區域的檢訂專案挑選時，2 組針葉林所在位置高程差均大於 1000 公尺，且反投影結果有數百公尺的偏移，導致林型框圈出的影像並非實際對應位置，從而讓模型預測結果與實際紀錄有所出入，需再次確認是否操作過程有誤。

決定：需重新檢查反投影過程是否哪裡出現問題，若無法在期末報告繳交前及時發現原因，先將針葉林結果移除。

四、特定樹種銀合歡的章節過於薄弱，提請討論。

說明：銀合歡為林務局與農航所重點關注的樹種，且所內提供的銀合歡地真資料為實際現勘而得，需善加利用。若本案的研究成果足以採信，未來亦可推廣至其他關注樹種。

決定：針對此章節需重新編排，完整說明資料處理、模型訓練過程，並透過多次資料統計(至少 3 組模型與 30 次辨識測試)，確保訓練結果可被複製，並非例外情形。

柒、臨時動議：無。

捌、散會：下午 4 時 00 分。





### 附錄三、教育訓練簡報

## 一、0811 教育訓練

(一) 王禹翔 課長

| THINKTRON                        |                                                                                              | 機器學習於航拍影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3) |         |  |  |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|--|--|
| 機器學習於航拍影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) 第一次教育訓練 |                                                                                              |                          |         |  |  |
| 課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識工具」實務應用         |                                                                                              |                          |         |  |  |
| 課程時間表                            |                                                                                              |                          |         |  |  |
| 時間                               | 課程                                                                                           |                          | 講師      |  |  |
| 9:15-9:30                        | 報到                                                                                           |                          |         |  |  |
| 9:30-9:40                        | 開場                                                                                           |                          | 鄭錦桐 博士  |  |  |
| 9:40-10:20                       | 主題：森林覆蓋型辨識工具實務說明<br>說明本計畫執行背景，包含資料運用、模型規格、辨識目標與森林覆蓋型辨識工具設計之構想，讓學員對於該工具有基本認識。                 |                          | 王禹翔 課長  |  |  |
| 10:20-10:30                      | 休息                                                                                           |                          |         |  |  |
| 10:30-11:00                      | 主題：森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明<br>說明工具如何操作，如何從模型變成工具，工具化後的輸入輸出設計與資料庫產出的結果，以及如何與現行檢訂調查作業流程進行整合。          |                          | 吳榮緯 工程師 |  |  |
| 11:00-11:40                      | 主題：森林覆蓋型辨識工具輸出成果說明<br>針對工具實際跑出來的結果，說明成果檔案格式、紀錄內容解讀方式與屬性資訊，並透過不同的視覺化屬性色色介紹操作邏輯，然後再實際搭配影像進行比對。 |                          | 吳榮緯 工程師 |  |  |
| 11:40-12:00                      | 問題討論與意見調查                                                                                    |                          | 鄭錦桐 博士  |  |  |



THINKBRAIN  
原創知識股份有限公司

111年08月11日

行政院農業委員會林務局森林航空測量所

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) 第一次教育訓練

課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識工具」實務應用

**THINKYRON**

機器學習於航空影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3)

# 課程大綱

1. 計畫目標介紹
2. 工具目標介紹
3. 工具如何建立




THINKTRON

機器學習於航攝影像森林類型圖解之研究 (2/3)

## 一、計畫目標介紹



**需求痛點：森林資源調查量大但人力不足**

- 臺灣森林占全島土地面積近六成比例。
- 林木林種複雜，同時也是臺灣之保水、水土保持、氣候調節、動植物棲息地及生物多样性維護之重要角色。
- 森林資源調查且多位於被地不明知遠之處，人力、資金及經費等匱乏，不敷應付調查。
- 航攝影像不易識別及辨識造成不易管理。



**解決方案：巨量航遙影像資料與技術**

- 國產前已建置有大規模之歷史航遙影像數據暨基礎資料庫。
- 研發智慧辨識方法快速檢索，國內已有許多林分資源調查的相關應用開發經驗。
- 透過發展航攝影像森林物件自動識別技術，降低人為主觀判斷成本，進而降低森林資源調查成本。



**目標：發展森林物件自動萃取技術與資料庫規範**

- 探討森林類型自動自動辨識輔助人工判斷影像作業及特定區劃分資訊提供之可行性。
- 分析歷史航攝影像航攝資料庫(總量約新舊50公尺以上)適用之機器學習辨識方法與發平台。
- 研擬制定航攝影像森林物件資料庫，並制定航攝影像資料庫之規格及存取規範。

資料活化再利用

機器學習提升效率

縮短專業人力斷層

**THINK+IRON**

機器學習於航遙影像森林變態型萃取之研究(2/3)

## 一、計畫目標介紹

模型研發設計

工具功能開發

109年度  
(前年成果)

資料蒐集 分類 方法  
蒐集 測試 評估

◆ 資料蒐集樣區規劃  
◆ 傳統遙測方法評估  
◆ 深度學習方法探討  
◆ 森林分類流程設計  
◆ 教育訓練

110年度  
(去年成果)

分類 效能 流程  
實作 評估 建置

◆ 資料蒐集圖樣式建構  
◆ 運算資源效能測試  
◆ 模型效能提升方案  
◆ 森林物件萃取流程建置  
◆ 教育訓練與期刊投稿

111年度  
(今年度目標)

成果 操作 介面  
實證 修正 設計

◆ 資料蒐集實證規劃  
◆ 軟體實作標準化  
◆ 效能評估實測修正  
◆ 特定物種偵測評估  
◆ 教育訓練與期刊投稿

已完成

# THINKTRON

智慧學習於航攝影像森林資源型萃取之研究(2/3)

## 一、計畫目標介紹

**檢訂森林調查計劃  
約10年更新  
全國森林資源調查**

**每15年~20年不定期更新**

**IPCC**  
針葉林、闊葉林、灌木、蕨類、草本、蘆葦間用植物、木質、其他植物；  
**IPCC2** 針葉樹種、闊葉樹種、木質植物、草本植物、木質、其他植物、蘆葦、竹、蔓草植物、藤本植物、竹等

**第二層分類  
type name**

**更新資料**

**AI訓練樣本資料**

**第四次森林資源調查  
林型圖**

**衛星影像前處理  
(波段重組、空間內插、系統校正)**

**A1訓練模型應用  
每條神經網路(CNN)**

**RGB、NIR、NDVI  
DEM、Aspect  
roughness、Slope  
TRI、TRI**

**農航所航照影像倉庫**

**光譜解析力、空間解析力  
時間解析力、輻射解析力**

**基於第四次森林資源調查與  
109年檢定調查之土地  
覆蓋型林型圖製圖**

**林型圖 林地FL  
IPCC name**

**特徵萃取概念應用**

其他：地塊、溝渠、河渠、陸路、立木、鬱閉狀

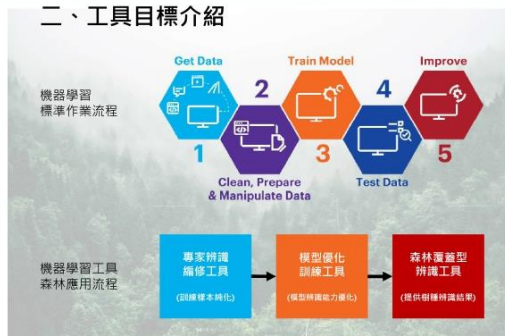




## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書

### THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3)

#### 二、工具目標介紹



#### 本計畫設計機器學習工具簡介

- 專家辨識編修工具: 針對訓練資料標籤進行編修, 透過模型重新訓練, 增進模型辨識正確性。
- 模型優化訓練工具:
  - 透過簡易操作完成模型重新訓練, 提升辨識精度。
  - 主體為一卷神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)模型, 共包含3個IPCC 2 林型辨識模型與19個IPCC 3樹種辨識模型。
- 森林覆蓋型辨識工具: 輸入檢定調查專案航攝影像, 產生樹種辨識結果。

#### 森林覆蓋型辨識工具



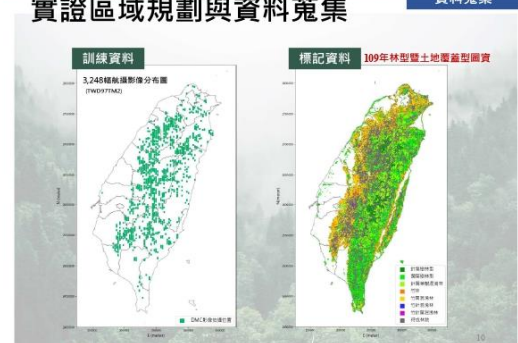
##### 工具目標

- 輔助影像判釋專業人員, 降低人為主觀判斷的差異。
- 融入農航所現行作業流程, 加速影像判釋工作。
- 保留模型擴充性, 加入新資料帶來更多模型應用可能性。

##### 工具設計

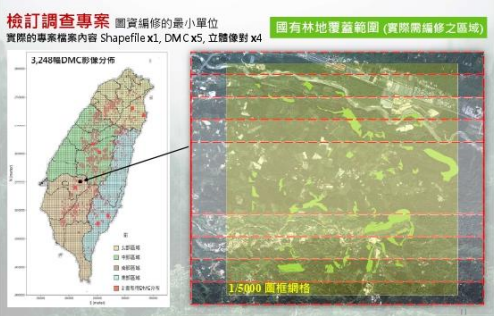
- 網格化與建立反投影關係: 林型圖與DEM進行反投影, 作為模型輸入。
- 航攝影像裁切: 為符合實務作業需求, 裁切航攝影像為256\*256像素。
- 產製模型訓練參數: 自動化資料前處理, 產製訓練資料集。
- 模型判釋: 透過3+19個(IPCC 2+IPCC 3)辨識模型, 紀錄各模型辨識結果。
- 輸出最終分類結果: 透過邏輯判斷, 整合並產生所有模型辨識結果。
- 與林型圖比對與輸出: 辨識結果與地真林型圖比對, 產生含地真資料與辨識結果的shapefile, 輔助影像判釋人員完成判釋工作。

### THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3) 實證區域規劃與資料蒐集 資料蒐集



### THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3) 實證區域規劃與資料蒐集 實證區域規劃

#### 檢訂調查專案 實證區域規劃



### THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(2/3) 實證區域規劃與資料蒐集 實證區域規劃

#### 檢訂調查實證區域篩選

檢訂調查實證區域篩選

3,248 DMC影像分佈

當天使用的檢定調查專案

篩選原則: 北中南東4個區域, 各挑選2組專案, 共計8組, 同時涵蓋針葉林、闊葉林、竹林影像先篩選。

| 檢訂調查專案編號 | 實證區域 | 樹種                            |
|----------|------|-------------------------------|
| 97222073 | 北部   | 柳杉、臺灣赤楊、其他闊                   |
| 97223036 | 北部   | 臺灣赤楊、其他闊、單種狀竹、叢生狀竹            |
| 95212057 | 中部   | 臺灣赤楊、松樹、杉木、臺灣赤楊、其他闊、叢生狀竹、單種狀竹 |
| 95212100 | 中部   | 臺灣赤楊、松樹、杉木、臺灣赤楊、其他闊、叢生狀竹、單種狀竹 |
| 95194023 | 南部   | 臺灣赤楊、其他闊、叢生狀竹、單種狀竹            |
| 95209095 | 南部   | 杉木、其他闊、叢生狀竹、單種狀竹              |
| 96184018 | 東部   | 臺灣赤楊、銀合歡、其他闊、叢生狀竹             |
| 96184043 | 東部   | 臺灣赤楊、臺灣杉、其他闊、叢生狀竹、單種狀竹        |

針葉林、闊葉林、竹林





## 實證區域規劃與資料蒐集

| 資料類型 | 資料來源                                                                  | 使用角色 |
|------|-----------------------------------------------------------------------|------|
| 航影展覽 | DMC 檢訂調查影像 3,248 幅<br>DMC 銀合影影像 242 幅 (新增)<br>(Red, Green, Blue, NIR) |      |
| 地文特徵 | 數值高程模型 DEM<br>地形因子 6 種<br>(Aspect, Roughness, Slope, TPI, TRI)        | 訓練資料 |
| 光譜特徵 | 光譜組合參數 6 種<br>(NDVI, SAVI, ARI, ExGI, GCC, GLI)                       |      |
| 現地資料 | 林型暨土地覆蓋類型圖資<br>鉅合歡調查圖資                                                | 標記資料 |
| 檢訂專案 | 檢訂調查專案檔 21 組 (新增)                                                     | 實測資料 |



## 實證區域規劃與資料蒐集

地文資訊彙整

內政部公告 20公尺DEM產製

光譜資料彙整

由 DMC 影像 四個波段計算

DEM

Aspect

Slope

TRI

TMI

TRI

NDVI

SAVI

ARVI

Excess Green Index (EGi)

Green Chromatic Coordinate (GCC)

Green Leaf Index (GLI)

NDVI

SAVI

ARVI

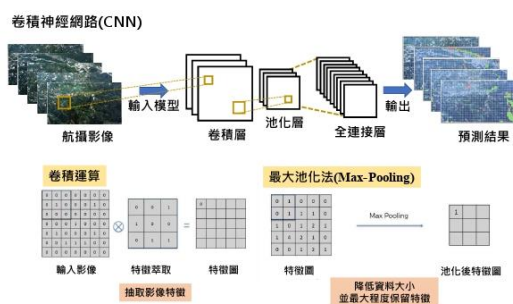
EGi

GCC

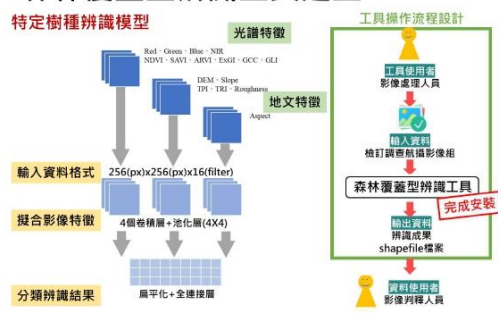
GLI

$P_{NIR}$  : 衛星影像近紅外線  
 $P_{Red}$  : 衛星影像紅外線  
 $P_{Blue}$  : 衛星影像藍光線  
 $P_{Green}$  : 衛星影像綠光線  
 $\rho_{Green}$  : 綠光反射率  
 $L$  : 修正光學反射率  
 $\rho_{Blue}$  : 藍光反射率  
 $\rho_{Red}$  : 紅光反射率  
 $\rho_{NIR}$  : 近紅外線反射率  
 $\rho_{SAVI}$  : SAVI/NDVI 修正係數  
 $\rho_{NDVI}$  : NDVI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{ARVI}$  : ARVI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{EGi}$  : EGi/SAVI 修正係數  
 $\rho_{GCC}$  : GCC/SAVI 修正係數  
 $\rho_{GLI}$  : GLI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TMI}$  : TMI/SAVI 修正係數  
 $\rho_{DEM}$  : DEM/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Aspect}$  : Aspect/SAVI 修正係數  
 $\rho_{Slope}$  : Slope/SAVI 修正係數  
 $\rho_{TRI}$  : TRI/SAVI

## 森林覆蓋型辨識工具建立



## 森林覆蓋型辨識工具建立



## THINK & RON 森林覆蓋型辨識工具建立

[illegible]

## THINK 4 R 森林覆蓋型辨識工具建立

**森林覆蓋型辨識工具** 屬性案例

| Feature  | Value  |
|----------|--------|
| * spc1   | 1 (分類) |
| * spc2   | 1 (分類) |
| * spc3   | 1 (分類) |
| * spc4   | 1 (分類) |
| * spc5   | 1 (分類) |
| * spc6   | 1 (分類) |
| * spc7   | 1 (分類) |
| * spc8   | 1 (分類) |
| * spc9   | 1 (分類) |
| * spc10  | 1 (分類) |
| * spc11  | 1 (分類) |
| * spc12  | 1 (分類) |
| * spc13  | 1 (分類) |
| * spc14  | 1 (分類) |
| * spc15  | 1 (分類) |
| * spc16  | 1 (分類) |
| * spc17  | 1 (分類) |
| * spc18  | 1 (分類) |
| * spc19  | 1 (分類) |
| * spc20  | 1 (分類) |
| * spc21  | 1 (分類) |
| * spc22  | 1 (分類) |
| * spc23  | 1 (分類) |
| * spc24  | 1 (分類) |
| * spc25  | 1 (分類) |
| * spc26  | 1 (分類) |
| * spc27  | 1 (分類) |
| * spc28  | 1 (分類) |
| * spc29  | 1 (分類) |
| * spc30  | 1 (分類) |
| * spc31  | 1 (分類) |
| * spc32  | 1 (分類) |
| * spc33  | 1 (分類) |
| * spc34  | 1 (分類) |
| * spc35  | 1 (分類) |
| * spc36  | 1 (分類) |
| * spc37  | 1 (分類) |
| * spc38  | 1 (分類) |
| * spc39  | 1 (分類) |
| * spc40  | 1 (分類) |
| * spc41  | 1 (分類) |
| * spc42  | 1 (分類) |
| * spc43  | 1 (分類) |
| * spc44  | 1 (分類) |
| * spc45  | 1 (分類) |
| * spc46  | 1 (分類) |
| * spc47  | 1 (分類) |
| * spc48  | 1 (分類) |
| * spc49  | 1 (分類) |
| * spc50  | 1 (分類) |
| * spc51  | 1 (分類) |
| * spc52  | 1 (分類) |
| * spc53  | 1 (分類) |
| * spc54  | 1 (分類) |
| * spc55  | 1 (分類) |
| * spc56  | 1 (分類) |
| * spc57  | 1 (分類) |
| * spc58  | 1 (分類) |
| * spc59  | 1 (分類) |
| * spc60  | 1 (分類) |
| * spc61  | 1 (分類) |
| * spc62  | 1 (分類) |
| * spc63  | 1 (分類) |
| * spc64  | 1 (分類) |
| * spc65  | 1 (分類) |
| * spc66  | 1 (分類) |
| * spc67  | 1 (分類) |
| * spc68  | 1 (分類) |
| * spc69  | 1 (分類) |
| * spc70  | 1 (分類) |
| * spc71  | 1 (分類) |
| * spc72  | 1 (分類) |
| * spc73  | 1 (分類) |
| * spc74  | 1 (分類) |
| * spc75  | 1 (分類) |
| * spc76  | 1 (分類) |
| * spc77  | 1 (分類) |
| * spc78  | 1 (分類) |
| * spc79  | 1 (分類) |
| * spc80  | 1 (分類) |
| * spc81  | 1 (分類) |
| * spc82  | 1 (分類) |
| * spc83  | 1 (分類) |
| * spc84  | 1 (分類) |
| * spc85  | 1 (分類) |
| * spc86  | 1 (分類) |
| * spc87  | 1 (分類) |
| * spc88  | 1 (分類) |
| * spc89  | 1 (分類) |
| * spc90  | 1 (分類) |
| * spc91  | 1 (分類) |
| * spc92  | 1 (分類) |
| * spc93  | 1 (分類) |
| * spc94  | 1 (分類) |
| * spc95  | 1 (分類) |
| * spc96  | 1 (分類) |
| * spc97  | 1 (分類) |
| * spc98  | 1 (分類) |
| * spc99  | 1 (分類) |
| * spc100 | 1 (分類) |

**森林覆蓋型辨識工具** 屬性案例

| Feature  | Value  |
|----------|--------|
| * spc1   | 1 (分類) |
| * spc2   | 1 (分類) |
| * spc3   | 1 (分類) |
| * spc4   | 1 (分類) |
| * spc5   | 1 (分類) |
| * spc6   | 1 (分類) |
| * spc7   | 1 (分類) |
| * spc8   | 1 (分類) |
| * spc9   | 1 (分類) |
| * spc10  | 1 (分類) |
| * spc11  | 1 (分類) |
| * spc12  | 1 (分類) |
| * spc13  | 1 (分類) |
| * spc14  | 1 (分類) |
| * spc15  | 1 (分類) |
| * spc16  | 1 (分類) |
| * spc17  | 1 (分類) |
| * spc18  | 1 (分類) |
| * spc19  | 1 (分類) |
| * spc20  | 1 (分類) |
| * spc21  | 1 (分類) |
| * spc22  | 1 (分類) |
| * spc23  | 1 (分類) |
| * spc24  | 1 (分類) |
| * spc25  | 1 (分類) |
| * spc26  | 1 (分類) |
| * spc27  | 1 (分類) |
| * spc28  | 1 (分類) |
| * spc29  | 1 (分類) |
| * spc30  | 1 (分類) |
| * spc31  | 1 (分類) |
| * spc32  | 1 (分類) |
| * spc33  | 1 (分類) |
| * spc34  | 1 (分類) |
| * spc35  | 1 (分類) |
| * spc36  | 1 (分類) |
| * spc37  | 1 (分類) |
| * spc38  | 1 (分類) |
| * spc39  | 1 (分類) |
| * spc40  | 1 (分類) |
| * spc41  | 1 (分類) |
| * spc42  | 1 (分類) |
| * spc43  | 1 (分類) |
| * spc44  | 1 (分類) |
| * spc45  | 1 (分類) |
| * spc46  | 1 (分類) |
| * spc47  | 1 (分類) |
| * spc48  | 1 (分類) |
| * spc49  | 1 (分類) |
| * spc50  | 1 (分類) |
| * spc51  | 1 (分類) |
| * spc52  | 1 (分類) |
| * spc53  | 1 (分類) |
| * spc54  | 1 (分類) |
| * spc55  | 1 (分類) |
| * spc56  | 1 (分類) |
| * spc57  | 1 (分類) |
| * spc58  | 1 (分類) |
| * spc59  | 1 (分類) |
| * spc60  | 1 (分類) |
| * spc61  | 1 (分類) |
| * spc62  | 1 (分類) |
| * spc63  | 1 (分類) |
| * spc64  | 1 (分類) |
| * spc65  | 1 (分類) |
| * spc66  | 1 (分類) |
| * spc67  | 1 (分類) |
| * spc68  | 1 (分類) |
| * spc69  | 1 (分類) |
| * spc70  | 1 (分類) |
| * spc71  | 1 (分類) |
| * spc72  | 1 (分類) |
| * spc73  | 1 (分類) |
| * spc74  | 1 (分類) |
| * spc75  | 1 (分類) |
| * spc76  | 1 (分類) |
| * spc77  | 1 (分類) |
| * spc78  | 1 (分類) |
| * spc79  | 1 (分類) |
| * spc80  | 1 (分類) |
| * spc81  | 1 (分類) |
| * spc82  | 1 (分類) |
| * spc83  | 1 (分類) |
| * spc84  | 1 (分類) |
| * spc85  | 1 (分類) |
| * spc86  | 1 (分類) |
| * spc87  | 1 (分類) |
| * spc88  | 1 (分類) |
| * spc89  | 1 (分類) |
| * spc90  | 1 (分類) |
| * spc91  | 1 (分類) |
| * spc92  | 1 (分類) |
| * spc93  | 1 (分類) |
| * spc94  | 1 (分類) |
| * spc95  | 1 (分類) |
| * spc96  | 1 (分類) |
| * spc97  | 1 (分類) |
| * spc98  | 1 (分類) |
| * spc99  | 1 (分類) |
| * spc100 | 1 (分類) |





**THINKTRON** 機器學習於航攝影像 辨識成果 (2/3)

### 森林覆蓋型辨識工具建立

| 辨識結果 |      | 分類結果     |          |
|------|------|----------|----------|
|      |      | 類別 1     | 類別 N     |
| 預測類別 | 類別 1 | $X_{11}$ | $X_{1N}$ |
|      | 類別 N | $X_{N1}$ | $X_{NN}$ |

OA =  $\frac{TP+TN}{N}$ ，為全部樣本中，正確判釋結果的比例

PA =  $\frac{TP}{TP+FP}$ ，地真被正確分類比例

UA =  $\frac{TP}{TP+FN}$ ，模型正確預測的比例

Kappa =  $\frac{P_0 - P_c}{1 - P_c}$ ，其中  $P_0 = OA$ ， $P_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_{ij}} \sum_{k=1}^N (P_{k0} \times U_{kk})$

| 誤差矩陣 | 實際正確   | 實際錯誤   |
|------|--------|--------|
| 預測正確 | 真陽(TP) | 偽陽(FP) |
| 預測錯誤 | 偽陰(FN) | 真陰(TN) |

於樣本集，OA =  $\frac{TP+TN}{N}$

Kappa 指標 = K

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像 辨識成果 (2/3)

### 森林覆蓋型辨識工具建立

**模型評價比較** 固定樣本數量500筆測試

新版模型辨識平均整體精度74%

| 樣本  | 目標影像訓練集筆數 | 真陽 TP | 偽陽 FP | 真陰 TN | 偽陰 FN | 測試資料筆數 | 生產率 PA | 使用者精度 UA | 整體精度 OA | Kappa |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|---------|-------|
| 針葉林 | 319       | 246   | 12    | 167   | 75    | 500    | 95.3%  | 76.6%    | 82.6%   | 0.82  |
| 闊葉林 | 303       | 148   | 8     | 173   | 171   | 500    | 94.9%  | 48.4%    | 64.2%   | 0.83  |
| 灌木  | 317       | 271   | 137   | 46    | 46    | 500    | 66.4%  | 85.5%    | 63.4%   | 0.62  |
| 針葉林 | 302       | 301   | 127   | 72    | 0     | 500    | 70.3%  | 100.0%   | 74.6%   | 0.74  |
| 針葉林 | 303       | 310   | 110   | 80    | 0     | 500    | 73.8%  | 100.0%   | 78.0%   | 0.77  |
| 針葉林 | 318       | 300   | 128   | 72    | 0     | 500    | 70.1%  | 100.0%   | 74.4%   | 0.74  |
| 針葉林 | 315       | 315   | 112   | 73    | 0     | 500    | 73.8%  | 100.0%   | 77.6%   | 0.77  |
| 針葉林 | 300       | 294   | 116   | 69    | 51    | 500    | 69.5%  | 83.8%    | 66.6%   | 0.66  |
| 針葉林 | 312       | 217   | 149   | 48    | 86    | 500    | 59.3%  | 71.6%    | 53.0%   | 0.52  |
| 針葉林 | 312       | 314   | 112   | 74    | 0     | 500    | 73.7%  | 100.0%   | 77.6%   | 0.77  |
| 針葉林 | 313       | 294   | 94    | 106   | 6     | 500    | 73.6%  | 98.0%    | 80.0%   | 0.79  |
| 針葉林 | 324       | 297   | 132   | 66    | 5     | 500    | 69.2%  | 98.3%    | 72.6%   | 0.72  |
| 針葉林 | 304       | 320   | 88    | 92    | 0     | 500    | 78.4%  | 100.0%   | 82.4%   | 0.82  |
| 針葉林 | 313       | 301   | 122   | 77    | 0     | 500    | 71.2%  | 100.0%   | 76.6%   | 0.76  |
| 針葉林 | 322       | 304   | 116   | 80    | 0     | 500    | 72.4%  | 100.0%   | 78.6%   | 0.78  |
| 針葉林 | 318       | 300   | 118   | 82    | 0     | 500    | 71.8%  | 100.0%   | 78.4%   | 0.78  |
| 針葉林 | 314       | 318   | 77    | 105   | 0     | 500    | 89.5%  | 100.0%   | 84.6%   | 0.84  |
| 針葉林 | 317       | 315   | 101   | 84    | 0     | 500    | 75.7%  | 100.0%   | 79.8%   | 0.79  |
| 針葉林 | 319       | 320   | 114   | 66    | 0     | 500    | 73.7%  | 100.0%   | 77.2%   | 0.76  |
| 平均  |           |       |       |       |       |        | 74.1%  | 92.6%    | 74.9%   | 0.74  |

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像 軟體規劃 (2/3)

### 機器學習系統工具架構

專家輔助輔助流程

機器學習模型訓練流程

模型部署與預測流程

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像 軟體規劃 (2/3)

### 機器學習系統工具架構

**軟體安裝環境規劃：**

基於Docker進行軟體容器化開發

- 一致性的發布環境
- 程式可攜性高與輕量級運行
- 用於打包本計畫模型功能、介面、資料庫，安裝至農航所內電腦環境。

**硬體需求**

- 本計畫模型為影像辨識模型，硬體設備需求高。
- 農航所內設備足以應付工具運行。
- 目前已安裝至所內並順利運行。

| 硬體  | 農航所規格                                                 |
|-----|-------------------------------------------------------|
| CPU | Intel® Xeon® Gold 6226 (2.2GHz/24核/16MB 高速緩存)         |
| RAM | 64GB DDR4 2933MHz                                     |
| HDD | 4TB/7200rpm × 4                                       |
| SSD | 1TB NVMe × 2                                          |
| GPU | Nvidia Quadro P620 × 1<br>Nvidia GeForce RTX 3090 × 1 |

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像 模型擴充

### 機器學習系統工具架構

**模型更新**

機器學習模型未來更新：

- 本計畫設計的模型工具有更新與擴充的空間，透過模型訓練優化工具，可以針對辨識模型重新訓練。
- 更新方法：
  - 輸入人工純化後的森林覆蓋資料
  - 加入新樹種訓練資料
 即可達成模型的擴充與更新，透過混淆矩陣檢視更新成效。

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像 模型擴充

### 機器學習系統工具架構

**工具功能擴充評估**

| 模型優化訓練工具                       | 森林覆蓋型辨識工具                    |
|--------------------------------|------------------------------|
| 產出模型評價報表確認 (期末階段依需求擴充)         | 合併辨識結果至單一-SHP圖層 (教育訓練前依需求擴充) |
| 選擇19種已知樹種單一訓練 (保留彈性列為精進計畫進行擴充) | 選擇19種已知樹種單一辨識 (期末階段依需求擴充)    |
| 擴充任一未知樹種訓練 (保留彈性列為精進計畫進行擴充)    | 擴充任一未知樹種辨識 (保留彈性列為精進計畫進行擴充)  |

持續收集意見，評估擴充需求



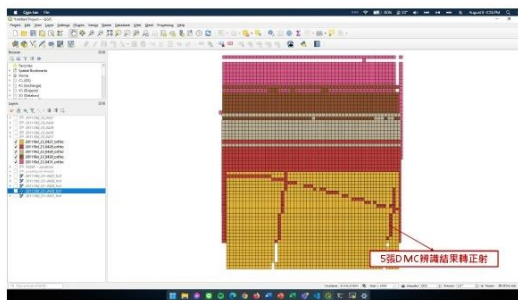
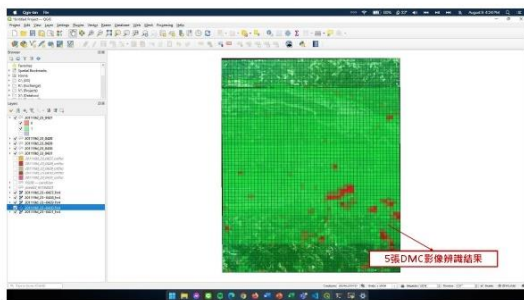
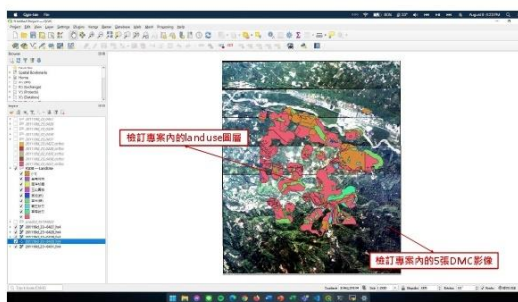
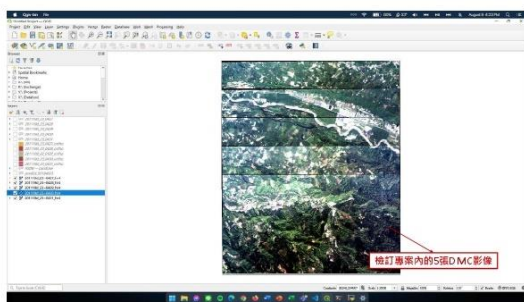


## (二) 吳笙緯 工程師



### 本節重點

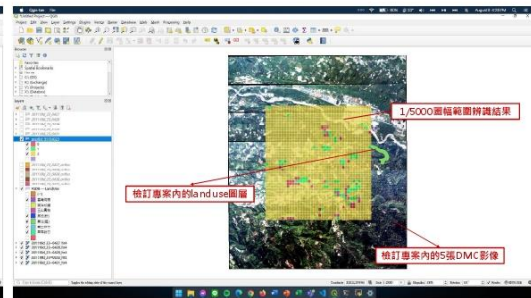
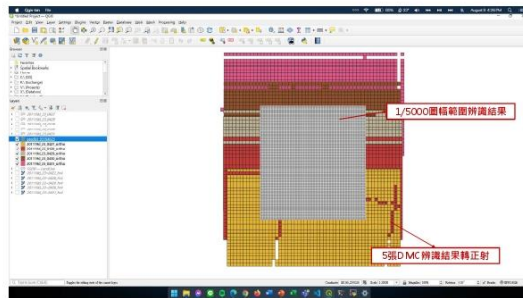
- 了解森林覆蓋型辨識工具產出的：
  - 5張DMC辨識成果(shp檔)
  - 1/5000圖幅範圍辨識成果(shp檔)
- 了解如何解讀辨識結果







## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書



### 屬性欄位說明

| Field   | Value |
|---------|-------|
| id      | 1     |
| name    | 針葉樹林  |
| area    | 1.1   |
| area2   | 1.1   |
| area3   | 1.1   |
| area4   | 1.1   |
| area5   | 1.1   |
| area6   | 1.1   |
| area7   | 1.1   |
| area8   | 1.1   |
| area9   | 1.1   |
| area10  | 1.1   |
| area11  | 1.1   |
| area12  | 1.1   |
| area13  | 1.1   |
| area14  | 1.1   |
| area15  | 1.1   |
| area16  | 1.1   |
| area17  | 1.1   |
| area18  | 1.1   |
| area19  | 1.1   |
| area20  | 1.1   |
| area21  | 1.1   |
| area22  | 1.1   |
| area23  | 1.1   |
| area24  | 1.1   |
| area25  | 1.1   |
| area26  | 1.1   |
| area27  | 1.1   |
| area28  | 1.1   |
| area29  | 1.1   |
| area30  | 1.1   |
| area31  | 1.1   |
| area32  | 1.1   |
| area33  | 1.1   |
| area34  | 1.1   |
| area35  | 1.1   |
| area36  | 1.1   |
| area37  | 1.1   |
| area38  | 1.1   |
| area39  | 1.1   |
| area40  | 1.1   |
| area41  | 1.1   |
| area42  | 1.1   |
| area43  | 1.1   |
| area44  | 1.1   |
| area45  | 1.1   |
| area46  | 1.1   |
| area47  | 1.1   |
| area48  | 1.1   |
| area49  | 1.1   |
| area50  | 1.1   |
| area51  | 1.1   |
| area52  | 1.1   |
| area53  | 1.1   |
| area54  | 1.1   |
| area55  | 1.1   |
| area56  | 1.1   |
| area57  | 1.1   |
| area58  | 1.1   |
| area59  | 1.1   |
| area60  | 1.1   |
| area61  | 1.1   |
| area62  | 1.1   |
| area63  | 1.1   |
| area64  | 1.1   |
| area65  | 1.1   |
| area66  | 1.1   |
| area67  | 1.1   |
| area68  | 1.1   |
| area69  | 1.1   |
| area70  | 1.1   |
| area71  | 1.1   |
| area72  | 1.1   |
| area73  | 1.1   |
| area74  | 1.1   |
| area75  | 1.1   |
| area76  | 1.1   |
| area77  | 1.1   |
| area78  | 1.1   |
| area79  | 1.1   |
| area80  | 1.1   |
| area81  | 1.1   |
| area82  | 1.1   |
| area83  | 1.1   |
| area84  | 1.1   |
| area85  | 1.1   |
| area86  | 1.1   |
| area87  | 1.1   |
| area88  | 1.1   |
| area89  | 1.1   |
| area90  | 1.1   |
| area91  | 1.1   |
| area92  | 1.1   |
| area93  | 1.1   |
| area94  | 1.1   |
| area95  | 1.1   |
| area96  | 1.1   |
| area97  | 1.1   |
| area98  | 1.1   |
| area99  | 1.1   |
| area100 | 1.1   |

### 屬性欄位說明

| Field   | Value |
|---------|-------|
| id      | 1     |
| name    | 針葉樹林  |
| area    | 1.1   |
| area2   | 1.1   |
| area3   | 1.1   |
| area4   | 1.1   |
| area5   | 1.1   |
| area6   | 1.1   |
| area7   | 1.1   |
| area8   | 1.1   |
| area9   | 1.1   |
| area10  | 1.1   |
| area11  | 1.1   |
| area12  | 1.1   |
| area13  | 1.1   |
| area14  | 1.1   |
| area15  | 1.1   |
| area16  | 1.1   |
| area17  | 1.1   |
| area18  | 1.1   |
| area19  | 1.1   |
| area20  | 1.1   |
| area21  | 1.1   |
| area22  | 1.1   |
| area23  | 1.1   |
| area24  | 1.1   |
| area25  | 1.1   |
| area26  | 1.1   |
| area27  | 1.1   |
| area28  | 1.1   |
| area29  | 1.1   |
| area30  | 1.1   |
| area31  | 1.1   |
| area32  | 1.1   |
| area33  | 1.1   |
| area34  | 1.1   |
| area35  | 1.1   |
| area36  | 1.1   |
| area37  | 1.1   |
| area38  | 1.1   |
| area39  | 1.1   |
| area40  | 1.1   |
| area41  | 1.1   |
| area42  | 1.1   |
| area43  | 1.1   |
| area44  | 1.1   |
| area45  | 1.1   |
| area46  | 1.1   |
| area47  | 1.1   |
| area48  | 1.1   |
| area49  | 1.1   |
| area50  | 1.1   |
| area51  | 1.1   |
| area52  | 1.1   |
| area53  | 1.1   |
| area54  | 1.1   |
| area55  | 1.1   |
| area56  | 1.1   |
| area57  | 1.1   |
| area58  | 1.1   |
| area59  | 1.1   |
| area60  | 1.1   |
| area61  | 1.1   |
| area62  | 1.1   |
| area63  | 1.1   |
| area64  | 1.1   |
| area65  | 1.1   |
| area66  | 1.1   |
| area67  | 1.1   |
| area68  | 1.1   |
| area69  | 1.1   |
| area70  | 1.1   |
| area71  | 1.1   |
| area72  | 1.1   |
| area73  | 1.1   |
| area74  | 1.1   |
| area75  | 1.1   |
| area76  | 1.1   |
| area77  | 1.1   |
| area78  | 1.1   |
| area79  | 1.1   |
| area80  | 1.1   |
| area81  | 1.1   |
| area82  | 1.1   |
| area83  | 1.1   |
| area84  | 1.1   |
| area85  | 1.1   |
| area86  | 1.1   |
| area87  | 1.1   |
| area88  | 1.1   |
| area89  | 1.1   |
| area90  | 1.1   |
| area91  | 1.1   |
| area92  | 1.1   |
| area93  | 1.1   |
| area94  | 1.1   |
| area95  | 1.1   |
| area96  | 1.1   |
| area97  | 1.1   |
| area98  | 1.1   |
| area99  | 1.1   |
| area100 | 1.1   |

依機率邏輯對照表決定林型分類

| 林型      | 針葉樹     | 闊葉樹     | 竹林      |
|---------|---------|---------|---------|
| 針葉樹林型   | 0.8↑    | 0.2↓    | 0.2↓    |
| 闊葉樹林型   | 0.2↓    | 0.8↑    | 0.2↓    |
| 針闊葉樹混生林 | 0.2-0.8 | 0.2-0.8 | 0.2↓    |
| 竹林      | 0.2↓    | 0.2↓    | 0.8↑    |
| 針闊葉樹混生林 | 0.2↓    | 0.2-0.8 | 0.2-0.8 |
| 針針混生林   | 0.2-0.8 | 0.2↓    | 0.2-0.8 |

### 屬性欄位說明

| Field   | Value |
|---------|-------|
| id      | 1     |
| name    | 針葉樹林  |
| area    | 1.1   |
| area2   | 1.1   |
| area3   | 1.1   |
| area4   | 1.1   |
| area5   | 1.1   |
| area6   | 1.1   |
| area7   | 1.1   |
| area8   | 1.1   |
| area9   | 1.1   |
| area10  | 1.1   |
| area11  | 1.1   |
| area12  | 1.1   |
| area13  | 1.1   |
| area14  | 1.1   |
| area15  | 1.1   |
| area16  | 1.1   |
| area17  | 1.1   |
| area18  | 1.1   |
| area19  | 1.1   |
| area20  | 1.1   |
| area21  | 1.1   |
| area22  | 1.1   |
| area23  | 1.1   |
| area24  | 1.1   |
| area25  | 1.1   |
| area26  | 1.1   |
| area27  | 1.1   |
| area28  | 1.1   |
| area29  | 1.1   |
| area30  | 1.1   |
| area31  | 1.1   |
| area32  | 1.1   |
| area33  | 1.1   |
| area34  | 1.1   |
| area35  | 1.1   |
| area36  | 1.1   |
| area37  | 1.1   |
| area38  | 1.1   |
| area39  | 1.1   |
| area40  | 1.1   |
| area41  | 1.1   |
| area42  | 1.1   |
| area43  | 1.1   |
| area44  | 1.1   |
| area45  | 1.1   |
| area46  | 1.1   |
| area47  | 1.1   |
| area48  | 1.1   |
| area49  | 1.1   |
| area50  | 1.1   |
| area51  | 1.1   |
| area52  | 1.1   |
| area53  | 1.1   |
| area54  | 1.1   |
| area55  | 1.1   |
| area56  | 1.1   |
| area57  | 1.1   |
| area58  | 1.1   |
| area59  | 1.1   |
| area60  | 1.1   |
| area61  | 1.1   |
| area62  | 1.1   |
| area63  | 1.1   |
| area64  | 1.1   |
| area65  | 1.1   |
| area66  | 1.1   |
| area67  | 1.1   |
| area68  | 1.1   |
| area69  | 1.1   |
| area70  | 1.1   |
| area71  | 1.1   |
| area72  | 1.1   |
| area73  | 1.1   |
| area74  | 1.1   |
| area75  | 1.1   |
| area76  | 1.1   |
| area77  | 1.1   |
| area78  | 1.1   |
| area79  | 1.1   |
| area80  | 1.1   |
| area81  | 1.1   |
| area82  | 1.1   |
| area83  | 1.1   |
| area84  | 1.1   |
| area85  | 1.1   |
| area86  | 1.1   |
| area87  | 1.1   |
| area88  | 1.1   |
| area89  | 1.1   |
| area90  | 1.1   |
| area91  | 1.1   |
| area92  | 1.1   |
| area93  | 1.1   |
| area94  | 1.1   |
| area95  | 1.1   |
| area96  | 1.1   |
| area97  | 1.1   |
| area98  | 1.1   |
| area99  | 1.1   |
| area100 | 1.1   |

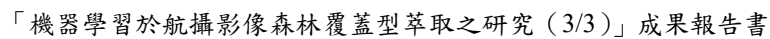
取機率前3高

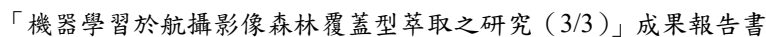
### 屬性欄位說明

| Field   | Value |
|---------|-------|
| id      | 1     |
| name    | 針葉樹林  |
| area    | 1.1   |
| area2   | 1.1   |
| area3   | 1.1   |
| area4   | 1.1   |
| area5   | 1.1   |
| area6   | 1.1   |
| area7   | 1.1   |
| area8   | 1.1   |
| area9   | 1.1   |
| area10  | 1.1   |
| area11  | 1.1   |
| area12  | 1.1   |
| area13  | 1.1   |
| area14  | 1.1   |
| area15  | 1.1   |
| area16  | 1.1   |
| area17  | 1.1   |
| area18  | 1.1   |
| area19  | 1.1   |
| area20  | 1.1   |
| area21  | 1.1   |
| area22  | 1.1   |
| area23  | 1.1   |
| area24  | 1.1   |
| area25  | 1.1   |
| area26  | 1.1   |
| area27  | 1.1   |
| area28  | 1.1   |
| area29  | 1.1   |
| area30  | 1.1   |
| area31  | 1.1   |
| area32  | 1.1   |
| area33  | 1.1   |
| area34  | 1.1   |
| area35  | 1.1   |
| area36  | 1.1   |
| area37  | 1.1   |
| area38  | 1.1   |
| area39  | 1.1   |
| area40  | 1.1   |
| area41  | 1.1   |
| area42  | 1.1   |
| area43  | 1.1   |
| area44  | 1.1   |
| area45  | 1.1   |
| area46  | 1.1   |
| area47  | 1.1   |
| area48  | 1.1   |
| area49  | 1.1   |
| area50  | 1.1   |
| area51  | 1.1   |
| area52  | 1.1   |
| area53  | 1.1   |
| area54  | 1.1   |
| area55  | 1.1   |
| area56  | 1.1   |
| area57  | 1.1   |
| area58  | 1.1   |
| area59  | 1.1   |
| area60  | 1.1   |
| area61  | 1.1   |
| area62  | 1.1   |
| area63  | 1.1   |
| area64  | 1.1   |
| area65  | 1.1   |
| area66  | 1.1   |
| area67  | 1.1   |
| area68  | 1.1   |
| area69  | 1.1   |
| area70  | 1.1   |
| area71  | 1.1   |
| area72  | 1.1   |
| area73  | 1.1   |
| area74  | 1.1   |
| area75  | 1.1   |
| area76  | 1.1   |
| area77  | 1.1   |
| area78  | 1.1   |
| area79  | 1.1   |
| area80  | 1.1   |
| area81  | 1.1   |
| area82  | 1.1   |
| area83  | 1.1   |
| area84  | 1.1   |
| area85  | 1.1   |
| area86  | 1.1   |
| area87  | 1.1   |
| area88  | 1.1   |
| area89  | 1.1   |
| area90  | 1.1   |
| area91  | 1.1   |
| area92  | 1.1   |
| area93  | 1.1   |
| area94  | 1.1   |
| area95  | 1.1   |
| area96  | 1.1   |
| area97  | 1.1   |
| area98  | 1.1   |
| area99  | 1.1   |
| area100 | 1.1   |

109年土地覆蓋型圖資紀錄



2425





THINKERON  
聯創智能股份有限公司

111年8月15日  
行政院農業委員會林務局森林航空測繪所

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)  
第一次教育訓練

課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識」與「實務應用」

森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明

授課講師：吳登緯  
時間：111/08/11



- 了解森林覆蓋型辨識工具的
  - 1. 設計邏輯與檔案結構
  - 2. 輸入檔案與輸出成果
  - 3. 操作方法與運作原理
- 了解此工具如何與既有流程結合
  - 1. 產製輔助檔案
  - 2. 使用輔助檔案

[illegible]

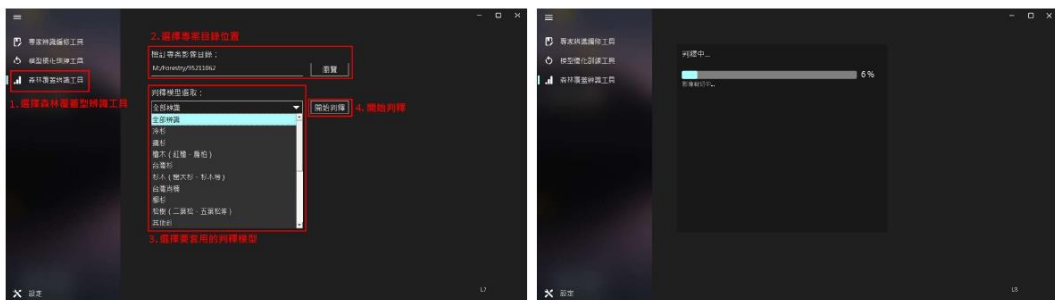
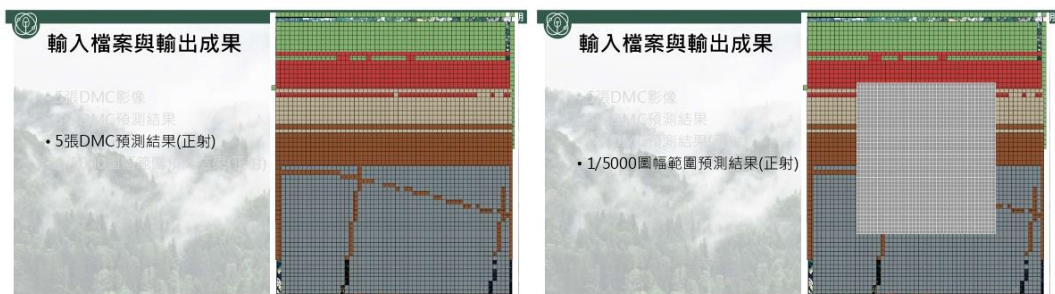
The screenshot shows a Jupyter Notebook environment. On the left, a file explorer displays a directory structure with folders 'input\_data' and 'model'. The main area contains a list of files with the following columns: file name, creation time, and size. A bracket highlights a subset of files from index 07 to 18.

|    | 文件名                            | 创建时间                 | 容量      |
|----|--------------------------------|----------------------|---------|
| 07 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 08 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 09 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 10 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 11 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 12 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 13 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 14 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 15 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 16 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 17 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |
| 18 | ET1115_35_0001_200_000_000.jpg | 2021/1/24 T-17:20:21 | 4.15 KB |

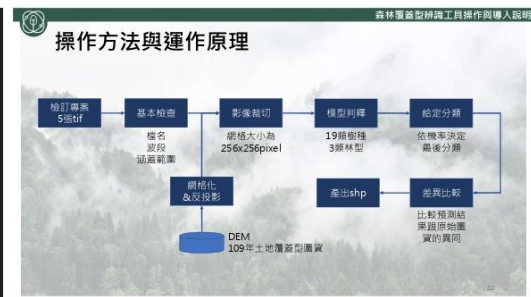
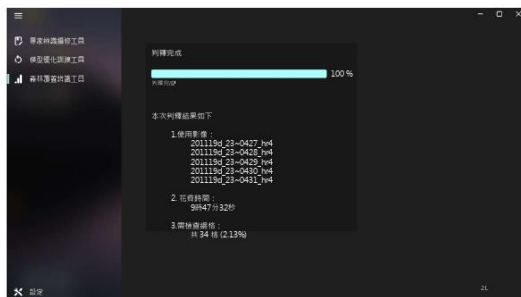
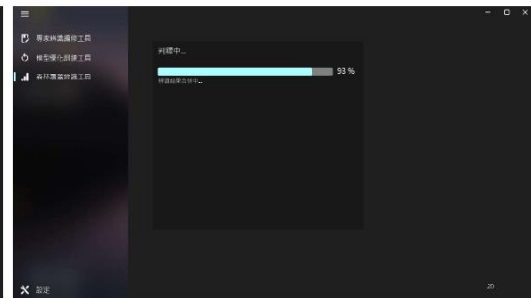
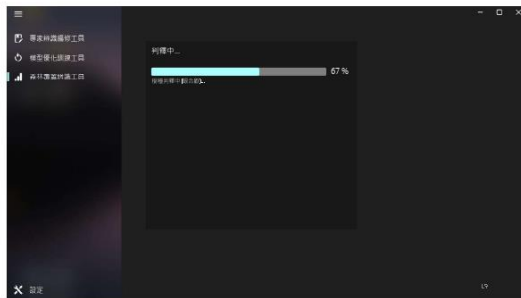
[illegible]















## 二、1012 教育訓練

### (一) 王禹翔 課長

| THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) |                                                                        |         |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------|
| 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) 第一次教育訓練   |                                                                        |         |
| 課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識工具」實務應用           |                                                                        |         |
| 課程時間表                              |                                                                        |         |
| 時間                                 | 課程                                                                     | 講師      |
| 09:30-09:50                        | 開場                                                                     | 鄭發煌 博士  |
| 09:50-10:00                        | 主講：森林覆蓋型辨識工具背景說明                                                       | 王禹翔 課長  |
| 10:00-10:45                        | 說明本計畫執行背景，包含資料運用、模型規格、辨識目標與森林覆蓋型辨識工具設計之機件，讓學員對於該工具有基本認識。               | 王禹翔 課長  |
| 10:45-11:00                        | 休息                                                                     |         |
| 11:00-11:40                        | 主講：如何訓練一個樹種辨識模型                                                        | 王禹翔 課長  |
| 11:00-11:40                        | 介紹常見的影像辨識模型與相關應用，並說明如何以CNN模型建立樹種辨識模型。                                  | 王禹翔 課長  |
| 11:40-12:00                        | 主講：專家辨識編修工具與林型圖優化訓練工具簡介                                                | 林子鈞 工程師 |
| 11:40-12:00                        | 介紹本計畫所開發的編修與訓練工具，說明如何透過這些工具提升樹種辨識模型。                                   | 林子鈞 工程師 |
| 12:00-14:00                        | 午休                                                                     |         |
| 14:00-14:50                        | 主講：森林覆蓋型辨識工具操作與導入與輸出(含實作)                                              | 吳建緯 工程師 |
| 14:00-14:50                        | 說明工具如何操作，如何從模型變成工具，工具化後的輸入輸出設計與資料產出的格式，以及如何與現行檢訂作業流程進行整合。              | 吳建緯 工程師 |
| 14:50-15:00                        | 休息                                                                     |         |
| 15:00-15:30                        | 主講：森林覆蓋型辨識工具產出成果說明(含實作)                                                | 吳建緯 工程師 |
| 15:00-15:30                        | 針對工具實際跑出來的結果，說明成果檔案格式，紀錄內容解讀方式與屬性資訊，並透過不同的視圖化圖性圖色介紹操作邏輯，然後再實際搭配影像進行比對。 | 吳建緯 工程師 |
| 15:30-16:00                        | 問題與討論                                                                  | 鍾國軒 副教授 |

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

11月08月11日 行政院農業委員會林務局農林航空測量所

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) 第一次教育訓練

課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識工具」實務應用

森林覆蓋型辨識工具背景說明

授課講師：王禹翔

日期時間：2022/10/12

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

課程大綱

一、計畫目標

二、工具目標

三、模型建立

四、工具產出

五、學習重點

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

一、計畫目標

計畫痛點、應用目標與解決方案

需求痛點：森林資源調查量大但人力不足

解決方案：巨量航遙測影像資料與AI技術

目標：發展森林物件自動萃取技術與資料庫規範

■ 臺灣森林占全島土地面積近六成，但人力不足。

■ 林木屬經濟價值，同時也是風土保安、水源涵養、氣候調節、鳥類棲息以及生物多樣性維護之重要角色。

■ 森林資源調查且多位於偏遠地區，不易到達之處，人力、安全及經費考量下，不易進行調查。

■ 航測資料人才不易培訓及訓練成效不易掌握。

■ 農林局已建置大量航空之歷史航遙測影像資料，但尚未有效利用。

■ 機器學習方法快速發展，國內外已有許多森林資源調查的相關應用議題被嘗試。

■ 透過發展航遙測影像森林物件自動判釋技術，降低人力主觀判釋成本，進而降低森林資源調查成本。

■ 探討森林覆蓋型自動判釋輔助人工判釋操作需求及制定森林分布資訊取之可行性。

■ 分析並提出農林局航遙測資料(地層解新圖0.5公尺以上)應用之機器學習演算法及開發平台。

■ 研擬制定航遙測影像發展特徵資料庫，提供AI模型訓練資料庫之規格及流程規範。

減緩專業人力斷層 機器學習提升效率 資料活化可再利用

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

一、計畫目標

計畫三年期目標演進

模型研發設計

工具功能開發

109年度(前年成果)

110年度(去年成果)

111年度(今年度目標)

資料 分類 方法 蒐集 測試 評估

◆ 資料蒐集與模型建構

◆ 傳統測測方法評估

◆ 深度學習方法探討

◆ 森林分類流程設計

◆ 教育訓練

分類 效能 流程 實作 評估 建置

◆ 資料蒐集與模型建構

◆ 運算資源效能測試

◆ 模型效能提升方案

◆ 森林物件萃取流程建置

◆ 教育訓練與期刊投稿

成果 操作 介面 實證 修正 設計

◆ 資料蒐集實證規劃

◆ 軟體實作標準化

◆ 效能評估實測修正

◆ 特定物種偵測評估

◆ 教育訓練與期刊投稿

已完成的

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

一、計畫目標

森林覆蓋型辨識模型架構

檢訂森林調查計劃

約10年更新

全國森林資源調查

每5年更新

森林圖資更新作業

第四次森林資源調查

林型圖

航攝影像

AI訓練模型資料

更新資料

AI模型建立

森林神經網路(CNN)

第二層分類

type name

RGB - NIR - NDVI

DEM - Aspect

Roughness - Slope

TLI - TLI

林型圖 林地FL

IPCC name

特徵萃取概念應用

分類：樹種、雜草、次生、開闢地、農地、森林、濕地、草地、其他、其他

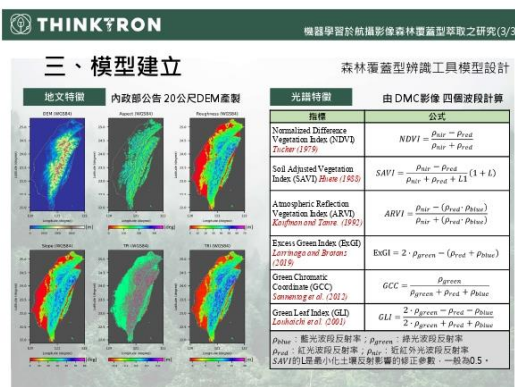
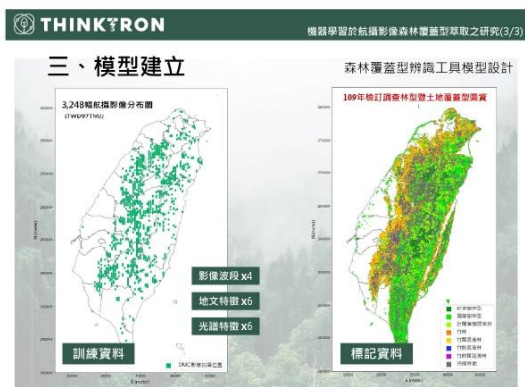
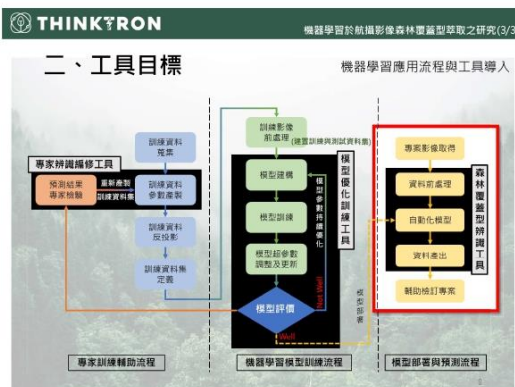
光譜解析力、空間解析力、時間解析力、解析力

基於前次森林資源調查與109年檢定調查之土地覆蓋型林型圖





## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書







# 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書

THINKTRON

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 三、模型建立

森林覆蓋型辨識工具模型設計

16個訓練特徵

256

單一模型

19個模型

**第一階段模型 IPCC2 單純樹種機率值**

- 針葉樹林型
- 闊葉樹林型
- 竹林

**第二階段模型 IPCC3 純粹樹種機率值**

- 針：冷杉、鐵杉、檜木、臺灣杉、杉木、臺灣肖楠、柳杉、松樹、其他針(9類)
- 闊：相思樹、大葉桃花心木、臺灣赤楊、鋸齒松、光臘樹、臺灣檫木、木油桐、其他闊(8類)
- 竹：叢生狀竹、單叢狀竹(2類)

THINKTRON

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 三、模型建立

IPCC3 模型建立獨立測試

固定樣本數量(500筆)進行19個模型的獨立測試 - 平均整體精度74%

| 樹種     | 目標樹種訓練樣本數 | 真陽 TP | 偽陽 FP | 真陰 TN | 偽陰 FN | 測試資料數量 | 生產者準確度 PA | 使用者準確度 UA | 整體精度 OA | Kappa |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|-----------|---------|-------|
| 冷杉     | 319       | 246   | 12    | 167   | 75    | 600    | 95.9%     | 76.6%     | 82.6%   | 0.82  |
| 鐵杉     | 303       | 148   | 8     | 173   | 171   | 500    | 94.9%     | 46.4%     | 64.2%   | 0.63  |
| 檜木     | 317       | 271   | 137   | 46    | 44    | 500    | 66.6%     | 85.5%     | 65.4%   | 0.62  |
| 臺灣杉    | 302       | 301   | 127   | 72    | 0     | 500    | 70.8%     | 100.0%    | 74.6%   | 0.74  |
| 杉木     | 303       | 310   | 110   | 80    | 0     | 500    | 73.8%     | 100.0%    | 75.0%   | 0.77  |
| 臺灣肖楠   | 318       | 300   | 128   | 72    | 0     | 500    | 70.1%     | 100.0%    | 74.4%   | 0.74  |
| 柳杉     | 315       | 315   | 112   | 73    | 0     | 500    | 73.8%     | 100.0%    | 77.6%   | 0.77  |
| 松樹     | 300       | 264   | 116   | 69    | 51    | 500    | 69.5%     | 83.8%     | 66.6%   | 0.66  |
| 其他針    | 312       | 217   | 149   | 43    | 66    | 500    | 59.3%     | 71.6%     | 55.0%   | 0.52  |
| 相思樹    | 312       | 314   | 112   | 74    | 0     | 500    | 73.7%     | 100.0%    | 77.6%   | 0.77  |
| 大葉桃花心木 | 313       | 294   | 94    | 106   | 6     | 500    | 75.8%     | 98.0%     | 80.0%   | 0.79  |
| 臺灣赤楊   | 304       | 297   | 132   | 66    | 5     | 500    | 69.2%     | 98.3%     | 72.6%   | 0.72  |
| 鋸齒松    | 304       | 320   | 88    | 92    | 0     | 500    | 78.4%     | 100.0%    | 82.4%   | 0.82  |
| 光臘樹    | 313       | 301   | 122   | 77    | 0     | 500    | 71.2%     | 100.0%    | 75.6%   | 0.75  |
| 臺灣檫木   | 322       | 304   | 116   | 80    | 0     | 500    | 72.4%     | 100.0%    | 76.8%   | 0.76  |
| 木油桐    | 318       | 300   | 118   | 82    | 0     | 500    | 71.8%     | 100.0%    | 76.4%   | 0.76  |
| 叢生狀竹   | 314       | 318   | 77    | 105   | 0     | 500    | 80.5%     | 100.0%    | 84.6%   | 0.84  |
| 單叢狀竹   | 317       | 315   | 100   | 84    | 0     | 500    | 75.7%     | 100.0%    | 79.8%   | 0.79  |
| 叢生狀竹   | 319       | 320   | 114   | 66    | 0     | 500    | 73.7%     | 100.0%    | 77.2%   | 0.76  |
| 平均     |           |       |       |       |       |        | 74.5%     | 92.6%     | 74.6%   | 0.74  |

THINKTRON

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 三、模型建立

IPCC3 模型建立交叉測試

固定樣本數量(190筆)對19個模型進行交叉測試 - 整體精度(OA)65.8%

| 編號對照     | 0    | 1    | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18    | Sum  | PA    |     |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-----|
| 1冷杉      | 0    | 7    | 1   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.7   |     |
| 2鐵杉      | 1    | 0    | 0   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.9   |     |
| 3檜木      | 2    | 0    | 0   | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.8   |     |
| 4臺灣杉     | 3    | 0    | 0   | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.9   |     |
| 5杉木      | 4    | 0.33 | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.05 | 0.33 | 0.43 | 0.83 | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.2   |     |
| 6臺灣肖楠    | 5    | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.5   |     |
| 7柳杉      | 6    | 0    | 0   | 0    | 0    | 0.62 | 0.17 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.98 | 1.12 | 0    | 2.53 | 2.37 | 0    | 0     | 0.31 | 10    | 0.3 |
| 8松樹      | 7    | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.9   |     |
| 9其他針     | 8    | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.9   |     |
| 10相思樹    | 9    | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 1     |     |
| 11大葉桃花心木 | 10   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.33 | 0    | 0.33 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.33 | 0    | 0     | 10   | 0.8   |     |
| 12臺灣赤楊   | 11   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0.11 | 0.11 | 0    | 0.11 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0     | 10   | 0.9   |     |
| 13鋸齒松    | 12   | 1    | 0   | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.5   |     |
| 14光臘樹    | 13   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 1     |     |
| 15臺灣檫木   | 14   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 1     |     |
| 16木油桐    | 15   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.4   |     |
| 17叢生狀竹   | 16   | 0.25 | 0   | 0    | 0.89 | 0.73 | 0    | 0.48 | 0    | 0.25 | 0    | 0.58 | 0.89 | 0    | 0.89 | 0.89 | 0    | 0    | 0.17  | 10   | 0.4   |     |
| 18單叢狀竹   | 17   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0.69 | 0.65 | 0    | 0.49 | 0    | 0    | 0    | 0.45 | 0.65 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 10   | 0.5   |     |
| Sum      | 18   | 0    | 0   | 0    | 0.87 | 0.87 | 0    | 0.49 | 0    | 0    | 0.38 | 0.5  | 1.37 | 0    | 1.62 | 2.37 | 0.47 | 0.11 | 1     | 10   | 0.1   |     |
| PA       | 0.58 | 10   | 10  | 12   | 5    | 14   | 7.53 | 0    | 16.9 | 13   | 10.6 | 8.35 | 12.5 | 10.7 | 10   | 11.9 | 31.6 | 4.58 | 2.2   | 1.45 | 0.658 |     |
| UA       | 0.32 | 0.9  | 0.8 | 0.75 | 0.99 | 0    | 0.33 | 0.77 | 0.95 | 0.96 | 0.72 | 0.47 | 1    | 0.34 | 0.52 | 0.87 | 0.96 | 0.69 | 0.658 |      |       |     |

PA =  $\frac{TP}{TP+FP}$  - 地真正確率的比例 UA =  $\frac{TP}{TP+FN}$  - 模型正確預測的比例

THINKTRON

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 四、工具產出

森林覆蓋型辨識模型運作方式

航攝影像 → 輸入模型 → 卷積層 → 池化層 → 全連接層 → 預測結果

推演神經網路 CNN

森林覆蓋型辨識模型 採用策略

影像分類 Image Classification

影像局部分類 Local Classification

語意分割 Semantic segmentation

THINKTRON

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 四、工具產出

森林覆蓋型辨識模型運作方式

1. 模型辨識結果(IPCC2/IPCC3) 機率呈現

| ID | 針葉林    | 闊葉林    | 竹林     | ID | 冷杉    | 鐵杉    | 檜木    | 臺灣杉   | 杉木 | 臺灣肖楠  | 柳杉    | 松樹  | 其他針 | 相思樹 | 大葉桃花心木 | 臺灣赤楊 | 鋸齒松    | 光臘樹 | 臺灣檫木 | 木油桐   | 其他闊 | 叢生狀竹 | 單叢狀竹  |   |
|----|--------|--------|--------|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-----|-----|-----|--------|------|--------|-----|------|-------|-----|------|-------|---|
| 1  | 0.8881 | 0.3076 | 0.0043 | 1  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0  | 0.910 | 0.399 | 1.0 | 1.0 | 0   | 0      | 0    | 0.0339 | 0   | 0    | 0.025 | 0   | 0    | 0     | 0 |
| 2  | 0.4297 | 0.3976 | 0.1727 | 2  | 0.024 | 0.142 | 0     | 0.070 | 0  | 0     | 0.199 | 0   | 0   | 0   | 0      | 0    | 0      | 0   | 0    | 0     | 1.0 | 1.0  | 0     | 0 |
| 3  | 0.1447 | 0.8343 | 0.021  | 3  | 0.005 | 0.087 | 0.235 | 0     | 0  | 0     | 0     | 0   | 0   | 0   | 0      | 0    | 0      | 0   | 0    | 0     | 1.0 | 1.0  | 0.997 | 0 |
| 4  | 0.8737 | 0.1261 | 0.0002 | 4  | 0.985 | 1.0   | 1.0   | 0.999 | 0  | 0     | 0     | 0   | 0   | 0   | 0      | 0    | 0      | 0   | 0    | 0     | 0   | 0    | 0     | 0 |

2. 邏輯機率對照表

| ID | 工具預測 IPCC2 | 林型 IPCC2 | Acc IPCC2 | 林型  | 針葉型 | 闊葉型  | 竹林      | ID | 工具預測 IPCC3   | 林型 IPCC3 | Acc IPCC3 |
|----|------------|----------|-----------|-----|-----|------|---------|----|--------------|----------|-----------|
| 1  | 針葉林        | 針葉林      | True      | 針葉型 | 針葉型 | 0.81 | 0.21    | 1  | 松樹、檜木        | 松樹       | True      |
| 2  | 針葉林        | 針葉林      | True      | 針葉型 | 針葉型 | 0.21 | 0.81    | 2  | 台灣赤楊、木油桐、其他闊 | 柳杉       | False     |
| 3  | 闊葉林        | 針葉林      | False     | 針葉型 | 針葉型 | 0.21 | 0.2-0.8 | 3  | 台灣赤楊、木油桐     | 其他闊      | False     |
| 4  | 針葉林        | 針葉林      | True      | 針葉型 | 針葉型 | 0.21 | 0.21    | 4  | 鐵杉、檜木        | 冷杉       | False     |

3. IPCC2 邏輯屬性填列

4. IPCC3 邏輯屬性填列

THINKTRON

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 四、工具產出

森林覆蓋型辨識模型運作方式

邏輯原則

- IPCC2 機率值等於比例值，由三類對照出七類
- IPCC3 模型機率值由大到小排序，取前兩名
- IPCC3 若第一名模型機率值相同則一併納入







## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書





**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 四、工具產出

森林覆蓋型辨識工具設計構想

- 融入農航所現行檢訂作業流程，加速影像判釋工作。
  - 人工判釋前可參考模型判釋結果，藉此優先確認判釋有疑異的地方。
- 輔助影像判釋專業人員，降低人為主觀判斷的差異。
  - 透過巨量影像樣本進行訓練，讓模型學習樹種特徵，做出判釋建議。
- 保留模型擴充性，提供未來增加新樹種辨識之運用。
  - 工具功能模組化，未來因應模型優化或新的樹種辨識，皆可擴充。

```
graph LR; A[專家辨識  
(訓練樣本精化)] --> B[模型優化  
(模型辨識能力優化)]; B --> C[森林覆蓋型  
辨識工具  
(提供樹種辨識結果)]; C --> D[檢訂調查  
作業流程  
(針對樹種型異設有檢修工作)];
```

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 五、學習重點

工具需求

- DMC航射影像日益增加，影像編修任務大幅提升，人力成本增加，辨識品質與效率不易維持。因而發展機器學習模型來尋求合適的作業優化方案。
- 本計畫自模型設計訓練到工具功能開發，優先針對常見的樹種進行模型辨識之研究，以AI工具化的思維打包模型，並試圖導入五年更新一次的檢訂調查作業。
- 森林覆蓋型辨識工具為本計畫三個工具之一，是本次(第一次)教育訓練之重點，工具的產出將應用於檢訂調查作業的林型圖框檢修工作。

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 五、學習重點

模型設計

- 為了建立森林覆蓋型辨識模型，本計畫蒐集超過3,000張的航攝影像、數值地形模型與林型暨土地覆蓋型圖資進行建模與訓練。
- 該模型以局部影像分類為原則，判釋固定大小的影像(256x256)，並通過1個IPCC2模型與19個IPCC3模型，來進行樹種的辨識。
- 辨識結果記錄了三類IPCC2單純林型與19類IPCC3純林樹種的各別機率值，其類別機率、新舊筆劃與邏輯排序得做為影像判釋之參考資訊。

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 五、學習重點

工具使用

- 目前森林覆蓋型辨識模型之整體精度約65.8%，將其工具化後打包為森林覆蓋型辨識工具，並應用於檢訂調查作業之中，針對比較有疑異的地方建議優先檢查。
- 目前森林覆蓋型辨識工具可批次處理檢調調查所需之DMC影像組(5張為一個單位)，產出的結果包含五張網格SHP辨識結果，以及一幅1/5000的網格SHP辨識結果。
- 森林覆蓋型辨識工具具備可擴充性，除了舊模型優化後可重新佈署使用，亦可支援新模型的擴充。將持續收集使用者經驗於工具維護期間進行改善與調教。





# 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書

## (二) 王禹翔 課長

| THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) |                                                                        |         |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------|
| 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) 第一次教育訓練   |                                                                        |         |
| 課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識工具」實務應用           |                                                                        |         |
| 時間                                 | 課程                                                                     | 講師      |
| 09:30-09:50                        | 開場、報到                                                                  | 鄭發煌 博士  |
| 09:50-10:00                        | 主題：森林覆蓋型辨識工具背景說明                                                       | 王禹翔 課長  |
| 10:00-10:45                        | 說明本計畫執行背景，包含資料應用、模型規格、辨識目標與森林覆蓋型辨識工具設計之概念，讓學員對於該工具有基本認識。               | 王禹翔 課長  |
| 10:45-11:00                        | 休息                                                                     |         |
| 11:00-11:40                        | 主題：如何訓練一個影像辨識模型                                                        | 王禹翔 課長  |
| 11:40-12:00                        | 介紹常見影像辨識模型與相關應用，並說明如何以CNN模型建立影像辨識模型。                                   | 王禹翔 課長  |
| 12:00-14:00                        | 主題：專家辨識補修工具與林型優化訓練工具簡介                                                 | 林子鈞 工程師 |
| 14:00-14:50                        | 介紹本計畫所開發的補修與訓練工具，說明如何透過這些工具提升影像辨識模型。                                   | 吳聖緯 工程師 |
| 14:50-15:00                        | 主題：森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明(含實作)                                               | 吳聖緯 工程師 |
| 15:00-15:30                        | 說明工具如何操作，如何從模型變成工具，工具化後的輸入輸出設計與資料產出的格式，以及如何與現行機訂作業流程進行整合。              | 吳聖緯 工程師 |
| 15:30-16:00                        | 主題：森林覆蓋型辨識工具產出成果說明(含實作)                                                | 鍾智軒 副教授 |
|                                    | 針對工具實際跑出來的結果，說明成果檔案格式，紀錄內容解讀方式與屬性資訊，並透過不同的視圖化屬性色色介紹操作邏輯，然後再實際搭配影像進行比較。 |         |

**THINKTRON**  
 貝創知能股份有限公司

111年10月12日  
 行政院農業委員會林務局森林航空測量所

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3) 第一次教育訓練  
 課程主題：機器學習「森林覆蓋型辨識工具」實務應用

### 如何訓練一個影像辨識模型

授課講師：王禹翔  
日期時間：2022/10/12



THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 1. Get Data (資料收集)

資料集 (Datasets)

用來教導 AI 認識世界的資訊。

資料 + 標記

常見的資料來源

- GitHub
- UIC dataset
- ImageNet
- Mozilla Common Voice
- scikit-learn dataset
- PyTorch TORCHVISION
- Tensorflow Dataset
- Kaggle
- COCO dataset

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 1. Get Data (資料收集)

一個完整的開源資料集本身就包含資料標記

<https://www.kaggle.com/datasets>

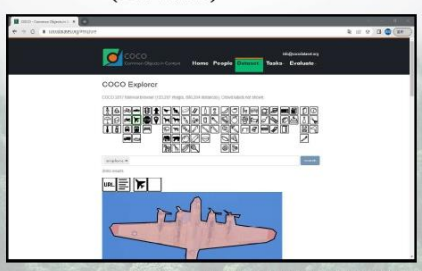






THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 1. Get Data (資料收集)



一個完整的開源資料集本身就包含資料標記

<https://cocodataset.org/#explore>

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

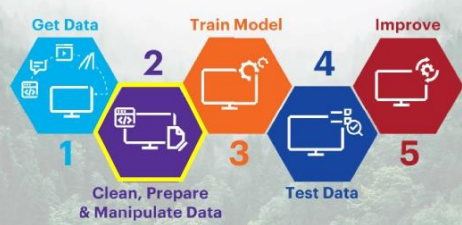
### 1. Get Data (資料收集)



THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 大綱

資料收集 / 資料標記 / 特徵選擇 / 演算方法 / 模型訓練 / 模型評價 / 模型部署 / 模型優化



1 Get Data 2 Clean, Prepare & Manipulate Data 3 Train Model 4 Test Data 5 Improve

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 2. Manipulate Data (資料標記)

| 影像分類<br>Image Classification                                                                         | 物件辨識<br>Object Detection                                                                                                 | 影像分割<br>Image Segmentation                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Is this a dog?<br> | What is there in image and where?<br> | Which pixels belong to which object?<br> |
| 不同標記方法對應到不同的辨識問題<br>不同的辨識問題對應到不同的演算法                                                                 |                                                                                                                          | 這些標記怎麼做？                                                                                                                     |

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 2. Manipulate Data (資料標記)

Classification labeling

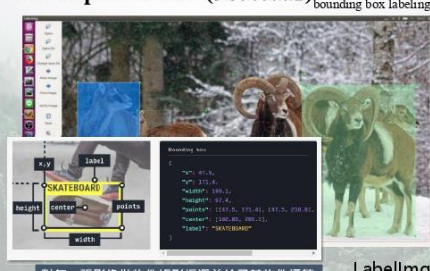


對每一張影像單純做標記

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 2. Manipulate Data (資料標記)

bounding box labeling



對每一張影像做物件矩形框選並給予其物件標記

Labelling

[blog.gtwang.org/Useful-tools/labelling-graphical-image-annotation-tool-tutorial/](http://blog.gtwang.org/Useful-tools/labelling-graphical-image-annotation-tool-tutorial/)





THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (資料標記)

Segmentation labeling

對每一張影像做物件外框圈繪並給予物件標號

Labelme

<https://github.com/labelme/labelme/>

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (資料標記)

bounding box labeling

Segmentation labeling

Cityscapes Examples

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (資料標記)

Segmentation labeling

野外調查、影像辨識、人工數位

<https://www.youtube.com/watch?v=VnRkdeY4>

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (資料標記)

以單純林型為主

混淆矩陣表

| 林型      | 針葉樹     | 闊葉樹     | 竹類      |
|---------|---------|---------|---------|
| 針葉樹林型   | 80% ↑   | 20% ↓   | 20% ↓   |
| 闊葉樹林型   | 20% ↓   | 80% ↑   | 20% ↓   |
| 針闊葉樹混生林 | 20%-80% | 20%-80% | 20% ↓   |
| 竹林      | 20% ↓   | 20% ↓   | 80% ↑   |
| 竹闊葉樹混生林 | 20% ↓   | 20%-80% | 20%-80% |
| 竹針葉樹混生林 | 20%-80% | 20% ↓   | 20%-80% |

第四次森林資源調查統計資料(110年)

| 林型       | 總面積(公頃)   | 覆蓋率     |
|----------|-----------|---------|
| 闊葉樹林型    | 1,348,106 | 66.52 % |
| 針葉樹林型    | 295,802   | 14.60 % |
| 竹林       | 97,884    | 4.83 %  |
| 針闊葉樹混生林  | 167,441   | 8.26 %  |
| 竹闊葉樹混生林  | 89,177    | 4.40 %  |
| 竹針葉樹混生林  | 673       | 0.03 %  |
| 竹針闊葉樹混生林 | 209       | 0.01 %  |
| 待成林地     | 27,362    | 1.35 %  |
| 合計       | 2,026,655 | 100 %   |

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (特徵選擇)

航遙測 + 森林學 + 地形學

Red, Green, Blue

Monochrome RGB Spectroscopy Multispectral Hyperspectral

RGB Image

RGB, NIR, Vegetation Index, DEM Index

Mehra, N., Shaik, S., Devireddy, R., and Garcia, M. R. (January 12, 2018). "Single-Cell Analysis Using Hyperspectral Imaging Modalities." ASME / J Biomech Eng. February 2018; 140(2): 020902. <https://doi.org/10.1115/1.4036538>

THINKTRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (特徵選擇)

一筆資料樣本有多大?

Red, Green, Blue

NIR NDVI SAVI AVIRI E-GI GCC GLI DEM Aspect Roughness Slope TPI TRI

IPCC Target, IPCC Target 學習目標

256 x 256 x (1.6+2) x N 筆

一張DMC影像可切出 54 x 30 張 (1,620張)

IPCC2 單純林型 IPCC3 純林樹種

| 目標樣本 | 冷杉    | 鐵杉    | 樟木  | 台灣杉 | 杉木    | 臺灣杉 | 柳杉    | 其他針   | 大葉桃花心木 | 台灣赤楊  | 闊葉樹 | 光葉樹 | 台灣櫟   | 木油櫟 | 其他闊 | 單種樹 | 雜生樹   |
|------|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-------|-------|--------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|
| 目標樣本 | 8,938 | 9,335 | 971 | 557 | 5,859 | 231 | 4,003 | 6,933 | 547    | 6,025 | 192 | 745 | 6,877 | 129 | 788 | 239 | 8,938 |







THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 2. Manipulate Data (特徵選擇)

樹種訓練樣本

THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 大綱

資料收集 / 資料標記 / 特徵選擇 / 演算方法 / 模型訓練 / 模型評價 / 模型部署 / 模型優化

1 Get Data  
2 Clean, Prepare & Manipulate Data  
3 Train Model  
4 Test Data  
5 Improve

THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 3. Train Model (演算方法)

機器學習 > 監督式 深度學習

人工智慧(Artificial Intelligence, AI)  
機器學習(Machine Learning, ML)  
監督式學習 (Supervised Learning)  
強化式學習 (Reinforcement Learning)  
非監督式學習 (Unsupervised Learning)  
深度學習(Deep Learning, DL)  
神經網路(NN)  
DNN · CNN · RNN · GAN

有數據、有標記，電腦透過標準答案進行訓練  
有數據、沒標記，電腦自行尋找資料潛在規則

THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 3. Train Model (演算方法)

卷積神經網絡 (Convolutional Neural Network, CNN)

模型優化超過十年，發展出各自擅長處理環境，有的擅長處理大圖片，有的擅長處理小圖片，有的擅長處理分類，有的擅長處理分割，甚至有的擅長處理隨時間變化的圖片。

Wu, Xiongwei, Deyan Sahoo, and Steven CH Hoi. "Recent advances in deep learning for object detection." *Neurocomputing* 398 (2020): 39-64.

THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 3. Train Model (演算方法)

航攝影像 輸入模型 卷積層 池化層 全連接層 輸出 預測結果

卷積神經網路 CNN

森林覆蓋型辨識模型 採用策略

影像分類 Image Classification  
影像局部分類 Local Classification  
語意分割 Semantic Segmentation

THINKIRON 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

## 3. Train Model (演算方法)

模型使用情境評估：

- 運用高解析、多光譜航攝影像進行訓練與辨識。
- 硬體運算資源評估：影像解析度高，語意分割相關演算法消耗資源。
- 標記資料品質評估：森林邊界模糊，人工圈繪差異，航攝投影誤差。

| 名稱        | 像素(長x寬)      | 有效像素        | 簡稱    |
|-----------|--------------|-------------|-------|
| 4x6(英尺)相片 | 1,200x1,800  | 2,160,000   | 兩百萬像素 |
| 1080p螢幕   | 1,920x1,080  | 2,073,600   | 兩百萬像素 |
| 4K螢幕      | 4,096x2,160  | 8,847,360   | 八百萬像素 |
| DMC影像     | 13,824x7,680 | 106,168,320 | 一億像素  |

影像局部分類 Local Classification





**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 3. Train Model (模型訓練)

訓練集、驗證集、測試集

| 驗證方法                           | 方法說明                            | 資料切分           | 備註                                                         |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|
| 留出法 (Holdout method)           | 按照固定比例切分資料集(訓練、驗證、測試)，是為靜態劃分方法。 | 6:2:2 or 8:1:1 | 資料集數量小 (<10,000筆)                                          |
| k-fold 交叉驗證 (Cross validation) | 將訓練與測試切分後，再把訓練資料集切為k份並重複進行驗證。   | 100:1:1        | 資料集數量小 (<10,000筆)                                          |
|                                |                                 | 6:4 or 8:2     | 優點：最大程度運用資料找到最佳模型提升模型預測效能。<br>缺點：反覆訓練時間消耗巨大，切分越細時間與硬體成本越高。 |

**Holdout method**

**Cross validation**

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 3. Train Model (模型訓練)

| 名詞               | 解釋                                                                   |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Epoch            | 指的是訓練模型過程裡模型處理資料的狀態，1個Epoch代表演算法完整使用過資料集，且每筆資料被看過1次。                 |
| Batch size       | 為了避免資料過大記憶體不足，會設計批次處理資料的資料單元，若Batch size為5，表示記憶體一次處理5筆的資料。           |
| Iteration        | 代表面對整個訓練資料集，模型需要批次處理幾次才能完成排定的Epoch數量，等於訓練資料數量先除以Batch size，再乘上Epoch。 |
| Gradient Descent | 梯度下降法是最佳化理論裡面的一個一階找最佳解的一種方法，主要是希望透過梯度下降的過程找到函數的局部最小值。                |
| Learning Rate    | 學習率則是指在梯度下降法運作時，決定每一次要學習，要前進多少單位的一個參數。                               |
| Loss function    | 主要用來評估模型預測值與真實值的差異程度，在一個模型訓練或優化的過程中，損失函數越小，說明預測值越接近真實值，代表模型效率越高。     |

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 3. Train Model (模型訓練)

accuracy vs epoch, loss vs epoch, loss vs learning rate

learning rate is too low, loss function doesn't improve

learning rate is too high, begins to diverge

optimal learning rate range

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 3. Train Model (模型訓練)

冷杉單一樹種判釋模型

| 資料類型 | 數量                | 說明                 |
|------|-------------------|--------------------|
| 訓練資料 | 500張人工挑選高純度冷杉影像   | 驗證資料 Accuracy: 94% |
| 驗證資料 | 1,000張其他18類樹種隨機挑選 | 全部冷杉: 74%          |
| 測試資料 | 100張人工挑選高純度冷杉影像   | 測試資料 Accuracy: 81% |
| 測試資料 | 200張其他18類樹種隨機挑選   | 全部冷杉: 84.5%        |

訓練時間約90分鐘

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 大綱

資料收集 / 資料標記 / 特徵選擇 / 演算方法 / 模型訓練 / 模型評價 / 模型部署 / 模型優化

**THINKTRON** 機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)

### 4. Test Data (模型評價)

| Predicted Label \ Real Label | Positive           | Negative            |
|------------------------------|--------------------|---------------------|
|                              | True Positive (TP) | False Positive (FP) |
| False Negative (FN)          | True Negative (TN) |                     |

Precision =  $\frac{\sum TP}{\sum TP + \sum FP}$

Recall =  $\frac{\sum TP}{\sum TP + \sum FN}$

Accuracy =  $\frac{\sum TP + \sum TN}{\sum TP + \sum FP + \sum FN + \sum TN}$

F<sub>1</sub> =  $\left( \frac{2}{\frac{1}{\text{recall}} + \frac{1}{\text{precision}}} \right) = 2 \cdot \frac{\text{precision} \cdot \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}$

F-score 是一個同時考慮精確率與召回率表現的數值指標







#### 4. Test Data (模型評價)

固定樣本數量(190筆)對19個模型進行交叉測試，整體精度(OA)65.8%

| 樣本類別   | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    | 18    | Sum   | OA    |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 針葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 1 闊葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 2 裸地   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 3 灌木   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 4 針葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 5 針葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 6 闊葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 7 針葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 8 針葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 9 針葉林  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 10 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 11 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 12 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 13 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 14 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 15 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 16 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 17 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 18 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| 19 針葉林 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0.00  |
| Sum    | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   | 190   |
| OA     | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 | 0.658 |

$PA = \frac{TP}{TP+FP}$  地真被正確分類之比例  $UA = \frac{TP}{TP+FN}$  模型正確預測之比例

#### 大綱

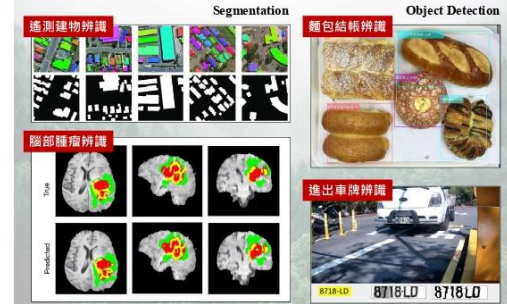
資料收集 / 資料標記 / 特徵選擇 / 演算方法 / 模型訓練 / 模型評價 / 模型部署 / 模型優化



#### 5. Improve (模型部署)



#### 5. Improve (使用情境)

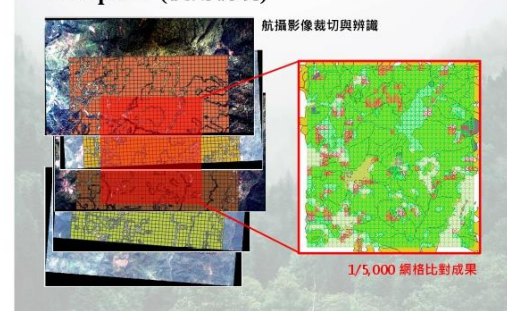


#### 5. Improve (使用情境)

檢訂調查使用情境

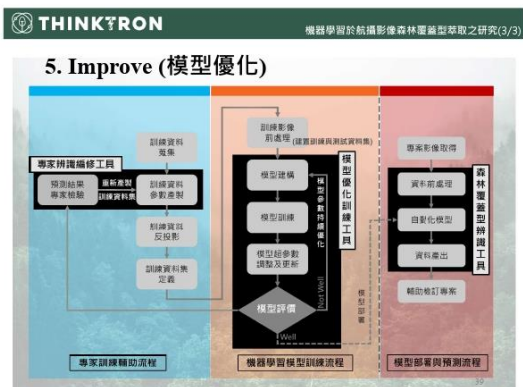
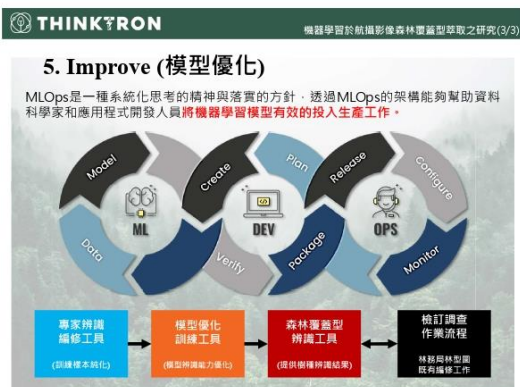
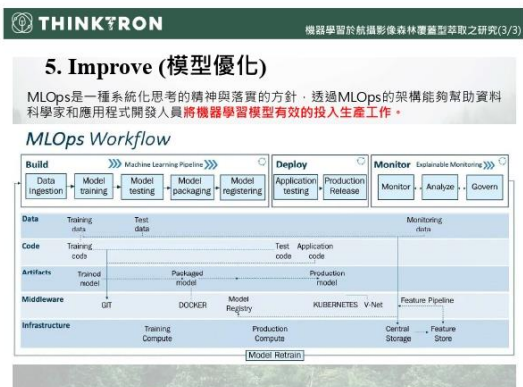


#### 5. Improve (使用情境)





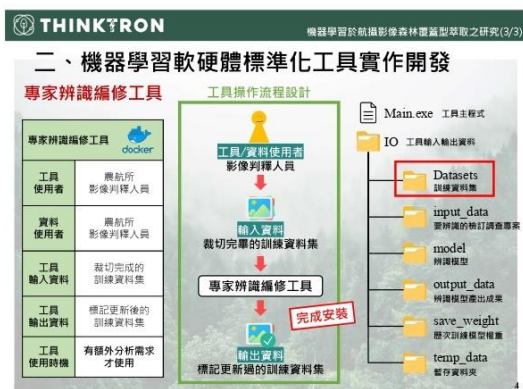
## 「機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究 (3/3)」成果報告書



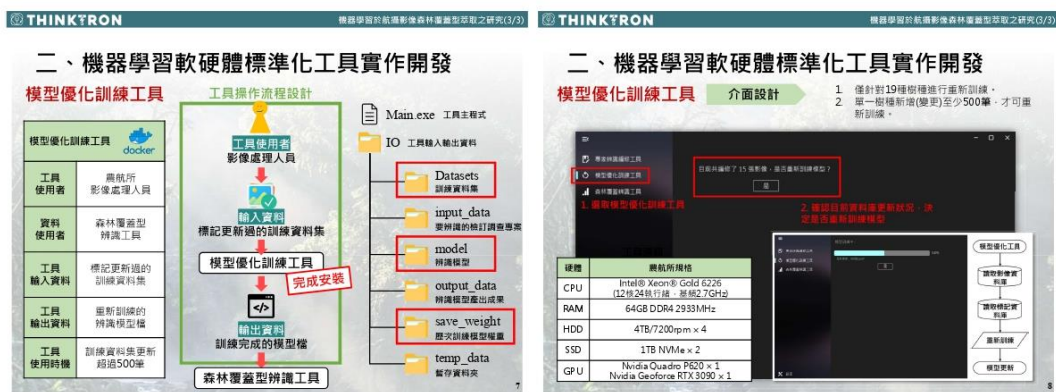




### (三) 林子均 工程師









## (四) 吳笙緯 工程師

THINKTRON  
真創知能股份有限公司

111年10月12日  
行政院農業委員會林務局森林航空測量所

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)  
第二次教育訓練

森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

授課講師：吳笙緯  
時間：111/10/12

本節課目標

學習森林覆蓋型辨識工具的

1. 設計邏輯與檔案結構
2. 輸入檔案與輸出成果
3. 操作方法與運作原理

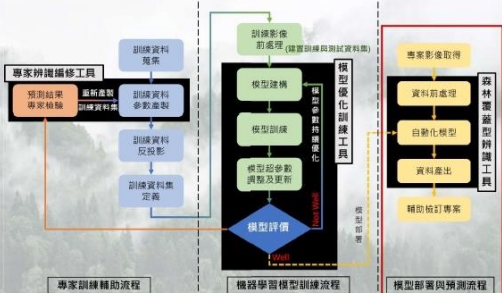
學習此工具如何與既有流程結合

1. 產製輔助檔案
2. 使用輔助檔案

實際操作

森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

設計邏輯與檔案結構



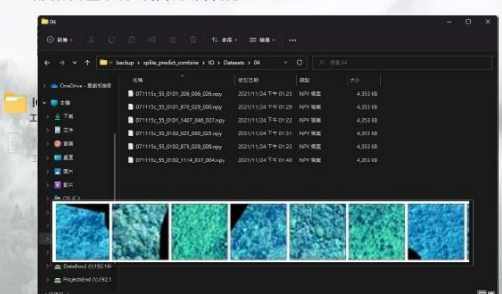
森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

設計邏輯與檔案結構



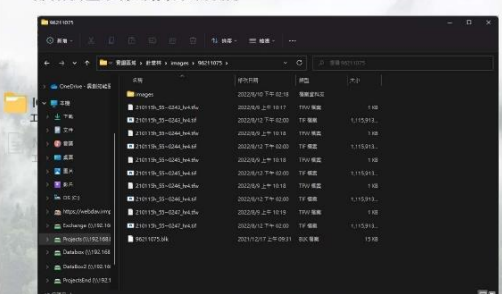
森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

設計邏輯與檔案結構

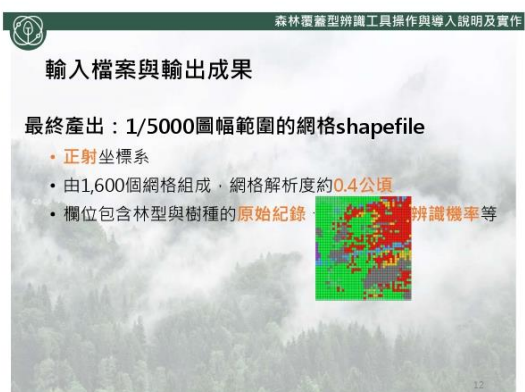
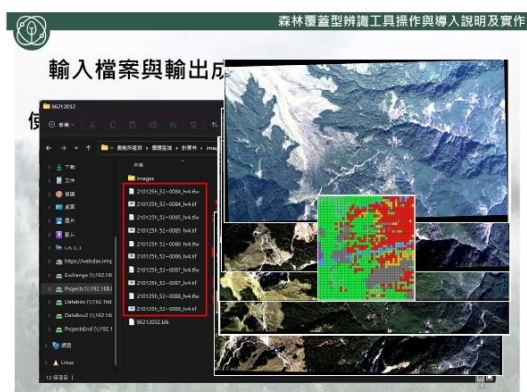
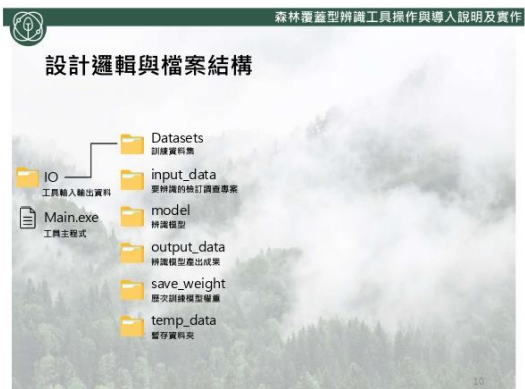
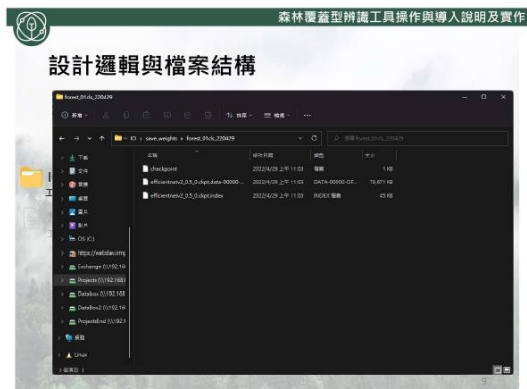
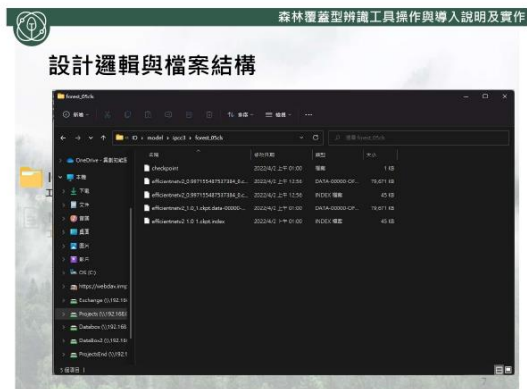


森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

設計邏輯與檔案結構









森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

### 操作方法與運作原理

1. 選擇森林覆蓋型辨識工具

2. 選擇專案目錄位置

3. 選擇要套用的判釋模型

4. 開始判釋

森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

### 操作方法與運作原理

判釋中...

森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

### 操作方法與運作原理

判釋中...

森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

### 操作方法與運作原理

判釋中...

本次判釋結果如下

1. 使用影像:

- 201118d\_23-0427\_h4
- 201118d\_23-0428\_h4
- 201118d\_23-0429\_h4
- 201118d\_23-0430\_h4
- 201118d\_23-0431\_h4

2. 花費時間: 2時17分32秒

3. 需檢查圖格: 共 34 格 (2.13%)

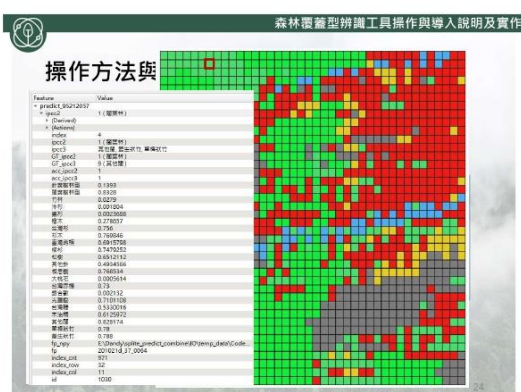
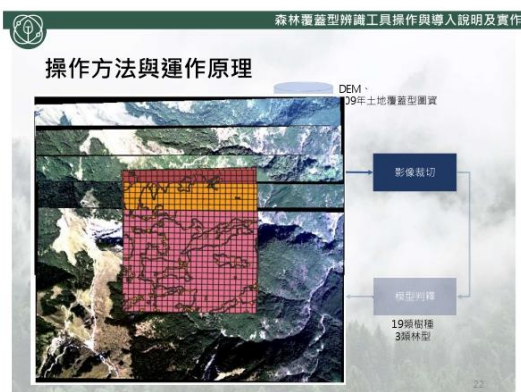
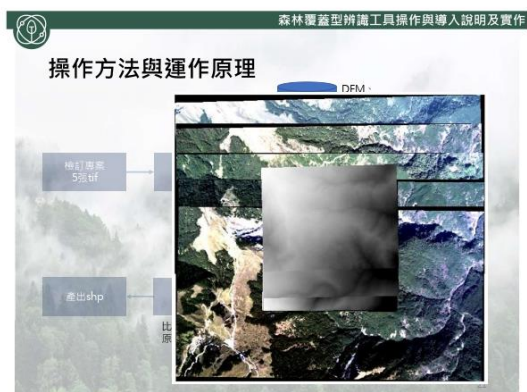
森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

### 操作方法與運作原理

```
graph TD; A[DEM、109年土地覆蓋型圖資] --> B[檢訂專案 5張tif]; B --> C[基本校正  
檔名  
波段  
設置範圍]; C --> D[網格化 & 投影  
網格大小為 256x256pixel]; D --> E[影像裁切]; E --> F[產出shp]; F --> G[差異比較  
比較預測結果跟原始圖資的異同]; G --> H[給定分類  
依機率決定最後分類]; H --> I[模型判釋  
19種樹種 3類林型];
```











森林覆蓋型辨識工具操作與導入說明及實作

### 本節重點

- 了解森林覆蓋型辨識工具的檔案架構
- 了解森林覆蓋型辨識工具的運作原理

工具產出成果的定位为輔助角色，不能取代專業人員

27





## (五) 吳笙緯 工程師

THINKTRON 111年10月12日  
昇創科技股份有限公司 行政院農業委員會林務局農林航空測量所

機器學習於航攝影像森林覆蓋型萃取之研究(3/3)  
第二次教育訓練

森林覆蓋型辨識工具產出成果說明及實作

授課講師：吳笙緯  
時間：111/10/12

森林覆蓋型辨識工具產出成果說明及實作

本節課目標

- 了解森林覆蓋型辨識工具產出成果
- 學習如何使用工具產出成果

森林覆蓋型辨識工具產出成果說明及實作

各階段辨識成果

以專案 95212057 為例

5張DMC影像裁切後辨識成果

森林覆蓋型辨識工具產出成果說明及實作

各階段辨識成果

以專案 95212057 為例

5張DMC影像裁切後辨識成果

森林覆蓋型辨識工具產出成果說明及實作

各階段辨識成果

以專案 95212057 為例

5張DMC影像裁切後辨識成果

森林覆蓋型辨識工具產出成果說明及實作

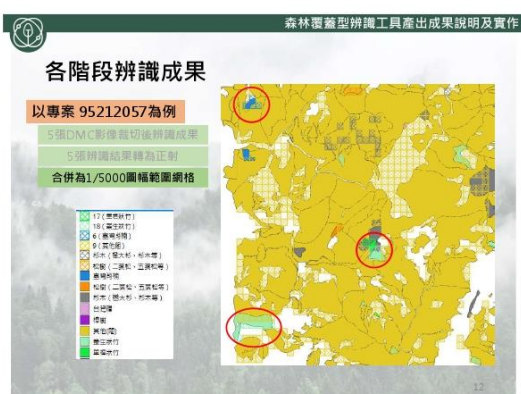
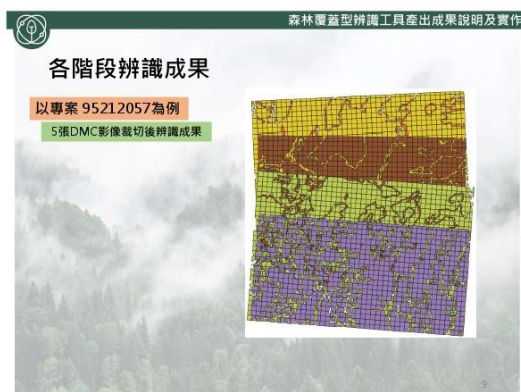
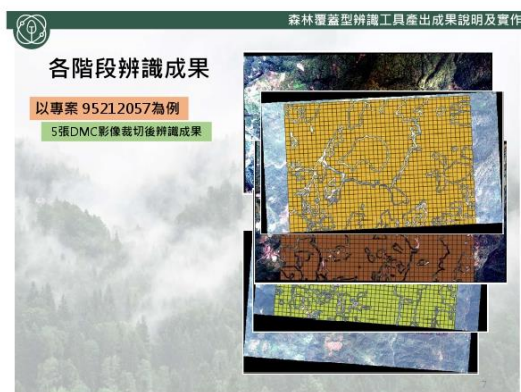
各階段辨識成果

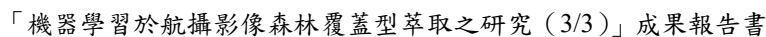
以專案 95212057 為例

5張DMC影像裁切後辨識成果

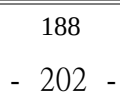
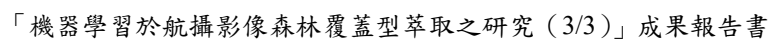












1111254



### 三、1021 教育訓練

#### (一) 張浚誠 工程師

## Docker

Presenter: 興創知能 張浚誠

## 前言 - 虛擬化

- 虛擬化目的：模擬一個環境，讓我電腦上的程式，也能在你電腦上運行。
- 儘管新興的程式語言開發，透過語言本身的運行環境能夠達到虛擬化目的（例如：Java JVM），但在實際的環境建立過程中，在運行中有許多動作依然需要作業系統的參與（例如：程序排程、檔案系統操作）。所以導致許多程式依舊無法順利移機。

## 虛擬機器

- 透過軟體模擬硬體程序，使得作業系統在軟體上運行。架構如下：

**Virtual Machines**  
Each virtualized application includes not only the application - which may be only 10% of app - and the necessary libraries and binaries, but also an entire guest operating system - which may weigh 10% of OS.

## Docker

- 透過Linux核心中的容器技術（Linux Container, LXC），運行建立獨立的軟體運行環境。
- 簡化：Windows下需透過Hyper-V才可使用。

**Docker**  
The Docker Engine container comprises just the application and its dependencies, it runs as an isolated process in userpace on the host operating system, sharing the kernel with other containers. Thus, it enjoys the resource isolation and allocation benefits of VMs, but is much more portable and efficient.

## Why Container?

|         | Container | VM |
|---------|-----------|----|
| 硬體資源消耗量 | 少         | 多  |
| 效能      | 高         | 低  |
| 部署時間    | 少         | 多  |
| 啟動時間    | 少         | 多  |
| 遷移和擴容時間 | 少         | 多  |
| 靈活性     | 高         | 低  |

## 安裝Docker

