



公開  
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：0009031600

# 農業部林業及自然保育署113年度林業發展計畫執行成果 報告

計畫名稱：山麻雀繁殖生態暨保育行動(三) (第3年  
/全程4年)

(英文名稱) Breeding Ecology and  
Conservation Action of Russet  
Sparrow (3)

計畫編號：113林發-09.3-保-16

全程計畫期間：自 111年1月1日 至 114年12月31日

本年計畫期間：自 113年1月1日 至 113年12月31日

計畫聯絡人：蔡若詩  
執行機關：國立嘉義大學



1133363

## 摘要

山麻雀(*Passer cinnamomeus*)廣泛分布於東亞地區，雖然全球族群被列無危等級，然而在臺灣因數量稀少而被列為瀕臨絕種之保育類野生動物。目前山麻雀面臨的主要生存危機包括棲地改變和破壞、工程施作影響、食物和巢位資源不足，以及來自其他物種的競爭壓力。瞭解並找出影響山麻雀臺灣族群分布侷限且族群量稀少的原因是保育行動上重要且不容忽視的一環。

本計畫透過系統性調查建立山麻雀長期監測模式。我們採用分層逢機取樣劃設樣區，並進行兩輪加三輪的有條件重複取樣，搭配回播法調查。在 180 個樣區中，共有 34 個樣區有記錄到山麻雀。運用占據模型估算修正後占據率，推算至全臺網格，估計 2024 年山麻雀族群數量為 1,838 隻。與 2017 年及 2020 年的山麻雀調查資料相比，修正後占據率及估計族群量皆隨年份呈現增加趨勢，顯示山麻雀族群穩定成長中。

針對巢箱使用狀況的監測結果以卡方獨立性檢測進行分析後發現，調整巢箱地點後，北區和南區的巢箱使用鳥種皆與年份呈現顯著相關，尤其在地點調整後，山麻雀的使用次數顯著增加；相反的，麻雀在地點調整後的巢箱使用次數顯著減少，顯示地點調整有效提高山麻雀使用巢箱繁殖的機會。

為探討巢箱周圍的土地利用類型對山麻雀與麻雀利用巢箱繁殖的影響，根據廣義線性混合模型結果顯示，山麻雀偏好使用周圍的建物與人工鋪面比例較低、森林面積比例較高的巢箱；相反的，麻雀更傾向使用周圍建物與人工鋪面的比例高，而森林比例低的巢箱。另外從歷年巢箱使用狀況顯示，木巢箱的使用次數最多，塑膠巢箱次之，而竹筒巢箱的使用次數最少。未來在架設巢箱時，建議以木巢箱或塑膠巢箱為主，並選擇森林與農耕地比例較高，建物與人工鋪面比例較低的環境，提供山麻雀更多的繁殖機會。

今年度於嘉義縣瑞峰鄉共繫放 16 隻山麻雀，包含 10 隻雄鳥、6 隻雌鳥。值得注意的是，其中有 2 隻雄鳥為 2023 年繫放今年又重複捕捉的個體。目擊回收

了 9 隻個體，其中 6 隻尚有可辨識個體的色環，另外有 2 隻個體的色環已貴失無法辨識個體環號，還有 1 隻僅保留兩個色環，無法完全確認個體。個體移動的直線距離範圍從 0.03 公里至 14 公里不等，大部份回收山麻雀個體在原繫放地周圍被觀察到，直線距離小於 3 公里。

族群遺傳分析結果顯示，山麻雀的有效族群數量在冰河期內下降，推測與冰河時期嚴峻的氣候條件不利山麻雀生存有關。基因組溯祖模型的結果與過去 20 年間的山麻雀族群監測趨勢並不完全吻合，可能是近期的族群變動發生時間較短，模型無法反應較短時間內的族群動態。建議未來可進一步運用其他基因體工具來探討山麻雀族群結構與歷史演化，瞭解臺灣山麻雀的起源與族群交流模式。

本計畫提供全臺山麻雀族群的監測資訊，並提出合適架設巢箱的土地利用類型建議，作為保育行動的支持證據，建立山麻雀重要的生態資訊。

關鍵字：山麻雀、占據模型、族群量估計、巢箱監測、保育行動計畫

## Abstract

The Russet Sparrow (*Passer cinnamomeus*) is widely distributed in East Asia. Although the global population is listed as Least Concern, it is classified as an endangered protected wildlife species facing the risk of extinction in Taiwan due to its small population size. The main survival threats to the Russet Sparrow include habitat change and destruction, impacts from construction projects, insufficient food and nesting resources, and competition from other species. Understanding and identifying the factors that limit the population distribution and abundance of the Russet Sparrow is a crucial and urgent aspect of conservation efforts.

This project established a long-term monitoring model for the Russet Sparrow through systematic surveys. We employed stratified random sampling to design survey plots and conducted conditional repeated sampling method combined with response to playback. Out of 180 sample areas, 34 recorded the presence of the Russet Sparrow. Using an occupancy model to estimate the adjusted occupancy rate, we estimated the population size of the Eurasian Tree Sparrow in Taiwan to be 1,838 individuals in 2024. Compared to the survey data from 2017 and 2020, both the adjusted occupancy rate and estimated population size show an increasing trend over the years.

Monitoring the usage of nest boxes after location adjustments, using chi-square independence tests, showed that the bird species using nest boxes in the northern and southern regions were significantly related to the year. Especially after location adjustments, the number of times Russet Sparrow used the nest boxes significantly increased; conversely, the Eurasian Tree Sparrow (*Passer montanus*) used the nest boxes significantly decreased after location adjustments.

The best models for nest boxes used by Russet Sparrow showed a significant negative correlation with buildings and a significant positive correlation with forests. In contrast, these two factors of the Eurasian Tree Sparrow are the opposite.



Furthermore, from the annual nest box usage data, wooden boxes were used most frequently, followed by plastic boxes, and bamboo tubes were used the least. In the future, it suggests wooden or plastic boxes should be prioritized, and locations with a higher proportion of forest and farmland and a lower proportion of buildings should be selected to provide sufficient nesting sites for Russet Sparrow.

We banded 16 Russet Sparrows in Ruifeng Township, Chiayi County, including 10 males and 6 females. Notably, 2 of the males were recaptured individuals that had been tagged in 2023. A total of 9 individuals were resighted this year. The distance of individual movements ranged from 0.03 kilometers to 14 kilometers.

Population genetic analysis results indicated a decline in the effective population size of the Russet Sparrow during the Ice Age, which is presumed to relate to the severe climatic conditions unsuitable to their survival during that period. The results from genomic ancestry modeling did not fully align with the population monitoring trends of the Russet Sparrow over the past 20 years, possibly because recent population changes occurred over a shorter period, which the model could not adequately reflect. It is recommended that other genomic tools be utilized to explore the population structure and historical evolution of the Russet Sparrow to understand the origins and population dynamics of the species in Taiwan in the future.

This project provides valuable information on monitoring the Russet Sparrow in Taiwan and suitable land use types for nest boxes. It can support data-evidenced ecological information for the conservation actions of Russet Sparrow.

Keywords: Russet Sparrow, Occupancy Model, Population Size Estimation, Nest box Monitoring, Conservation Action Plan

# 目錄

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 摘要 .....                     | I    |
| Abstract.....                | III  |
| 目錄.....                      | V    |
| 圖目錄.....                     | VI   |
| 表目錄.....                     | VII  |
| 附錄.....                      | VIII |
| 一、 前言 .....                  | 1    |
| 二、 計畫目的 .....                | 4    |
| 三、 材料與方法 .....               | 5    |
| (一) 全臺山麻雀族群監測 .....          | 5    |
| (二) 監測調整後的巢箱使用狀況 .....       | 11   |
| (三) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響 .....    | 13   |
| (四) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式 ..... | 16   |
| (五) 山麻雀族群遺傳探討 .....          | 17   |
| 四、 結果 .....                  | 20   |
| (一) 全臺山麻雀族群監測 .....          | 20   |
| (二) 監測調整後的巢箱使用狀況 .....       | 25   |
| (三) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響 .....    | 29   |
| (四) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式 ..... | 35   |
| (五) 山麻雀族群遺傳探討 .....          | 37   |
| 五、 討論 .....                  | 39   |
| (一) 全臺山麻雀族群監測 .....          | 39   |
| (二) 監測調整後的巢箱使用狀況 .....       | 40   |
| (三) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響 .....    | 40   |
| (四) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式 ..... | 41   |
| (五) 山麻雀族群遺傳探討 .....          | 42   |
| 六、 結論與建議 .....               | 44   |
| 七、 參考文獻 .....                | 45   |
| 八、 附錄 .....                  | 52   |

## 圖目錄

|   |    |
|---|----|
| 圖 1、樣區篩選流程圖.....  | 6  |
| 圖 2、山麻雀調查時間規劃圖.....   | 7  |
| 圖 3、調查路線圖.....  | 8  |
| 圖 4、劃設預測範圍流程圖.....  | 10 |
| 圖 5、南區新舊巢箱位置圖.....  | 11 |
| 圖 6、北區新舊巢箱位置圖.....  | 11 |
| 圖 7、歷年巢箱架設位置圖.....  | 13 |
| 圖 8、血液樣本的收集地點。藍色點表示臺灣族群，橘色點表示西藏族群.....  | 17 |
| 圖 9、山麻雀分布樣區(34 個).....  | 21 |
| 圖 10、歷次山麻雀調查修正後占據率.....   | 24 |
| 圖 11、歷次山麻雀調查估計全臺山麻雀族群量.....   | 24 |
| 圖 12、巢箱使用年份頻度圖.....   | 29 |
| 圖 13、各年份、分區的山麻雀與麻雀巢箱使用次數長條圖.....  | 30 |
| 圖 14、山麻雀土地利用因子 Spearman 相關性檢定.....  | 31 |
| 圖 15、山麻雀三種尺度最佳模型係數圖(* $p < 0.05$ , ** $p < 0.01$ , *** $p < 0.001$ )....  | 32 |
| 圖 16、麻雀土地利用因子 Spearman 相關性檢定.....   | 33 |
| 圖 17、麻雀三種尺度最佳模型係數圖(* $p < 0.05$ , ** $p < 0.01$ , *** $p < 0.001$ ).....  | 34 |
| 圖 18、山麻雀目擊回收與原繫放點位圖.....  | 35 |
| 圖 19、SMC++結果圖。Last interglacial(LIG)為末次間冰期；Last glacial maximum(LGM)為末次冰盛期；Mid-Holocene(MH)為全新世.....                                | 37 |
| 圖 20、MaxEnt 生態棲位模型預測結果(a)末次間冰期 Last interglacial(LIG)、(b)末次冰盛期 Last glacial maximum(LGM)、(c)全新世 Mid-Holocene(MH)、(d)現代 Current..... | 38 |

## 表目錄

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 表 1、樣區篩選網格數.....             | 6  |
| 表 2、各年監測巢箱數.....             | 13 |
| 表 3、山麻雀調查成果.....             | 20 |
| 表 4、每輪調查山麻雀出現網格數.....        | 20 |
| 表 5、全部樣區之占據率與偵測率.....        | 21 |
| 表 6、分區之占據率與偵測率.....          | 22 |
| 表 7、分等級之占據率與偵測率.....         | 22 |
| 表 8、分區分等級之占據率與偵測率.....       | 22 |
| 表 9、山麻雀調查占據模型.....           | 22 |
| 表 10、2024 年山麻雀族群量估計.....     | 23 |
| 表 11、南區調整前後巢箱使用狀況.....       | 25 |
| 表 12、北區調整前後巢箱使用狀況.....       | 26 |
| 表 13、南區巢箱使用鳥種與年份列聯表.....     | 27 |
| 表 14、北區巢箱使用鳥種與年份列聯表.....     | 28 |
| 表 15、歷年各鳥種巢箱使用次數.....        | 29 |
| 表 16、山麻雀有無繁殖巢箱的土地利用類型比例..... | 31 |
| 表 17、麻雀巢箱有無繁殖的土地利用比例.....    | 33 |
| 表 18、山麻雀目擊回收資料.....          | 36 |

## 附錄

|  |    |
|--|----|
| 附錄 1、全臺山麻雀調查紀錄表(範例).....                 | 52 |
| 附錄 2、歷次山麻雀調查族群量變化.....                   | 53 |
| 附錄 3、歷年巢箱鳥種使用次數.....                     | 54 |
| 附錄 4、山麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子.....        | 56 |
| 附錄 5、山麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子(刪除因子後)...   | 56 |
| 附錄 6、山麻雀 50 公尺模型列表.....                  | 57 |
| 附錄 7、山麻雀 200 公尺模型列表.....                 | 58 |
| 附錄 8、山麻雀 400 公尺模型列表.....                 | 59 |
| 附錄 9、麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子.....         | 60 |
| 附錄 10、麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子(刪除因子後)..... | 60 |
| 附錄 11、麻雀 50 公尺模型列表.....                  | 61 |
| 附錄 12、麻雀 200 公尺模型列表.....                 | 65 |
| 附錄 13、麻雀 400 公尺模型列表.....                 | 69 |
| 附錄 14、2024 年山麻雀繫放之鋁環編號、色環排列及個體資訊.....    | 73 |

## 一、前言

山麻雀(*Passer cinnamomeus*)於全球廣泛分布於東亞地區，從庫頁島、韓國、日本、中國華中及華南至喜馬拉雅山脈地區均有分布，全世界族群屬無危等級(Summers-Smith, 2020)，然在臺灣地區的山麻雀族群稀少(劉小如等，2012；楊玉祥等，2020)，自 2008 年起被列為第一級瀕臨絕種之保育類野生動物(行政院農業委員會林務局，2024)。近二十年內間，山麻雀的分布範圍及族群數量愈顯下降，因此瞭解並找出影響山麻雀臺灣族群分布侷限且族群量稀少的原因是保育行動上重要且不容忽視的其中一環。

臺灣山麻雀的過往研究涵蓋了多個面向，包括臺灣與東亞尺度的族群分布預測(盧冠安，2004；謝承恩，2019)、曾文水庫地區的族群調查方法(廖晟宏，2016)、繁殖巢位與環境因子間之關係(林雅雯，2018)、山麻雀與麻雀(*Passer montanus*)分布之交互關係(劉奕炘，2019)，以及巢位密度與建築物的關係(劉晉崑，2019)。此外，近年由政府單位支持的的計畫及保育行動，包括屏東縣野鳥學會(2010)在屏東縣霧台地區的分布調查、國立嘉義大學及臺灣濕地保護聯盟團隊於曾文水庫地區進行的分布模式及繁殖生物學研究(蔡若詩，2015；王李廉，2016；蔡若詩，2017)、嘉義縣野鳥學會團隊於 108-112 年在嘉義縣梅山鄉地區推廣友善社區計畫(李灌霖，2019、2021、2023)以及於 107-110 年於全臺各區架設人工巢箱之保育行動計畫(蔡若詩，2021)。目前推測臺灣山麻雀族群的生存危機包括棲地改變和破壞、工程施作影響、食物和巢位資源不足及物種競爭(蔡若詩等，2022)。雖然前述這些調查與研究已為山麻雀基礎生態習性的瞭解奠定良好基礎，顯示近年在山麻雀的生態資訊及其棲地的經營管理逐漸受到重視。然對實際造成山麻雀族群數量與分布的限制因子、棲地品質與族群變動的關連、共域物種的互動關係等面向上的瞭解尚有不足，仍需投入更詳細且全面的研究及關注。

本期 111-114 年的計畫中，參考山麻雀保育行動計畫(蔡若詩等，2022)，從人工巢箱監測(策略 A；行動 A-1)、評估巢箱利用及影響繁殖成功率的原因(策略 D；行動 D-4)、持續個體繫放(策略 D；行動 D-3)、定期進行全臺族群監測(策略 D；行動 D-1)及山麻雀族群遺傳探討(策略 D；行動 D-2)等面向來分年執行。而本年度(113 年)所規畫之工作項目，將從(1)全臺族群監測、(2)巢箱調整後的繁殖監測、(3)不同土地利用與共存物種對巢箱利用及對山麻雀繁殖的影響、(4)持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式、(5)不同族群的遺傳變異等五個方向來執行，分述如下。

受威脅鳥種的保育及經營管理需要有效及長期的族群監測為基礎(Sanderson et al., 2006; Martin et al., 2007)。由於在調查稀有或隱密性較高的物種時，不完美的偵測率可能影響後續的推論(MacKenzie et al., 2002)，本計畫參考呂佳家等(2018)及蔡若詩(2020)的研究，以占據模型為架構，利用分層逢機取樣進行全臺的山麻雀族群估計。2020 年調查數量較 2017 年略微上升，但仍需持續關注及族群變化，以評估近年各項保育行動的成效。

山麻雀屬於次級洞巢鳥，無法自行挖掘出繁殖洞巢(劉小如等，2012)。即使在食物資源充足的合適棲地，山麻雀族群繁衍仍可能受到適用繁殖巢位的數量而受限制。依據不同單位累積多年的人工巢箱試驗結果得知，山麻雀會利用竹筒、塑膠巢箱及木巢箱等不同類型的人工巢箱作為繁殖巢位(蔡若詩，2017)。不同類型的巢箱，其成本、使用率及使用年限均不相同，塑膠巢箱可使用的年限最久，但在架設首兩年的使用率相對較低；竹筒的製作成本較木巢箱低，卻相對容易損壞；即便是山麻雀全區使用率最高的木巢箱，亦有少數到架設後第四年才被山麻雀利用，顯示山麻雀可能需要時間接受人工提供的繁殖巢位。過去研究曾觀察到外來種白尾八哥(*Acridotheres javanicus*)及白腰鵲鴿(*Copsychus malabaricus*)攻擊山麻雀的巢位，導致山麻雀繁殖失敗的案例(蔡若詩，2015)。在許多觀察中，與麻雀的競爭關係常被提出是山麻雀受到的威脅之一(馮雙等，

2010；方偉宏等，2010；丁昶升，2012；臺灣濕地保護聯盟，2014)，但目前仍缺乏更直接的證據。為瞭解共域物種間的分布消長，是否會影響山麻雀巢箱的使用，將針對調整後的巢箱繁殖持續蒐集資料，並從不同地景因子的角度，探討不同共域物種在巢箱利用上的差異，冀以作為後續巢箱架設位置調整上的參考方向。

山麻雀在繁殖季多為成對分散繁殖，而在非繁殖季時會成群活動，但出現地點並非固定(王李廉，2015)。由於山麻雀體型過小無法利用衛星追蹤定位的技術來瞭解其移動模式，目前僅能透過繫放，利用色環作個體辨識再經觀察回收蒐集資訊。從已回收的資料中得知，在不同季節間，山麻雀與原繫放地點直線距離可達 30 公里以上(林雅雯、蔡若詩，2020)。即使在同一繁殖季內的前後繁殖巢次，巢位間的距離也可能有數公里的差距(林雅雯、蔡若詩，2020)。目前對於山麻雀季節性的移動模式及棲地利用、對繁殖地點的忠誠度，以及小族群間是否互有交流等資訊仍不明確，除了透過繫放再觀察回收的方式來增進瞭解山麻雀不同繁殖狀態和不同年間的移動及棲地利用模式，本年度也將利用繫放過程所蒐集的血液或羽毛樣本進行後續分析，探討不同族群間是否在親緣上有隔離。對於未來保育策略的制定評估，將可提供極重要的資訊。



## 二、計畫目的

全程目標：

- (1) 繁殖巢箱調整及監測
- (2) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響
- (3) 共存物種的巢箱利用狀況及評估
- (4) 持續繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式
- (5) 113 年度全臺山麻雀族群監測
- (6) 山麻雀族群遺傳探討

本年度目標：

- (1) 全臺山麻雀族群監測
- (2) 調整後的巢箱繁殖狀況監測
- (3) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響
- (4) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式
- (5) 山麻雀族群遺傳探討

### 三、材料與方法

#### (一) 全臺山麻雀族群監測

##### 1. 調查樣區挑選

樣區挑選依循蔡若詩(2020)所建立的 160 個樣區，並參考山麻雀在臺灣的分布預測結果(Chang et al., 2022)，將出現機率分為 5 個等級。本研究挑選前三個等級作為樣區範圍，其中第一等級出現機率 0.68-0.99，第二等級出現機率 0.40-0.68，第三等級出現機率 0.21-0.40，共 5981 個網格。為了確保樣區分布的代表性，採用分層逢機取樣 5:3:2 的比例選取樣區，並投入較高的調查努力量在第一等級，以提升對山麻雀分布狀況的了解。為避免樣區過度集中在某個特定區域，並確保樣區在空間分布更具代表性，以濁水溪為界，將研究區域分為北區與南區。並針對 2020 年調查涵蓋較不足的區域，新增 20 個樣區，包含苗栗縣 5 個樣區、嘉義縣 5 個樣區及高雄市 10 個樣區，總計 180 個樣區。由於南區的可挑選網格多於北區，故南區挑選 95 個樣區，北區則選擇 85 個(圖 1、表 1)。

根據 Specht et al. (2017)提出利用有條件式重複取樣方法(conditional design)，本研究採用該策略來增加占據模型在調查上的效率。此方法的主要概念是在研究前期對全部樣區進行一至兩次的調查後，後期僅針對前期有調查到目標物種的樣區進行更多次的重複調查。此策略不僅可以減少在無目標物種樣區的人力浪費，並透過更多次的重複調查，提升估計偵測率的精確性。此外，在總調查努力量不變的前題下，前期也可涵蓋更多的樣區，提高在空間取樣的廣度及代表性。今年度調查採用兩輪加三輪的有條件重複取樣設計。若前兩輪樣區內有調查到山麻雀，則需要再進行後三輪的重複調查，以獲得更準確的占據機率與偵測率估計。

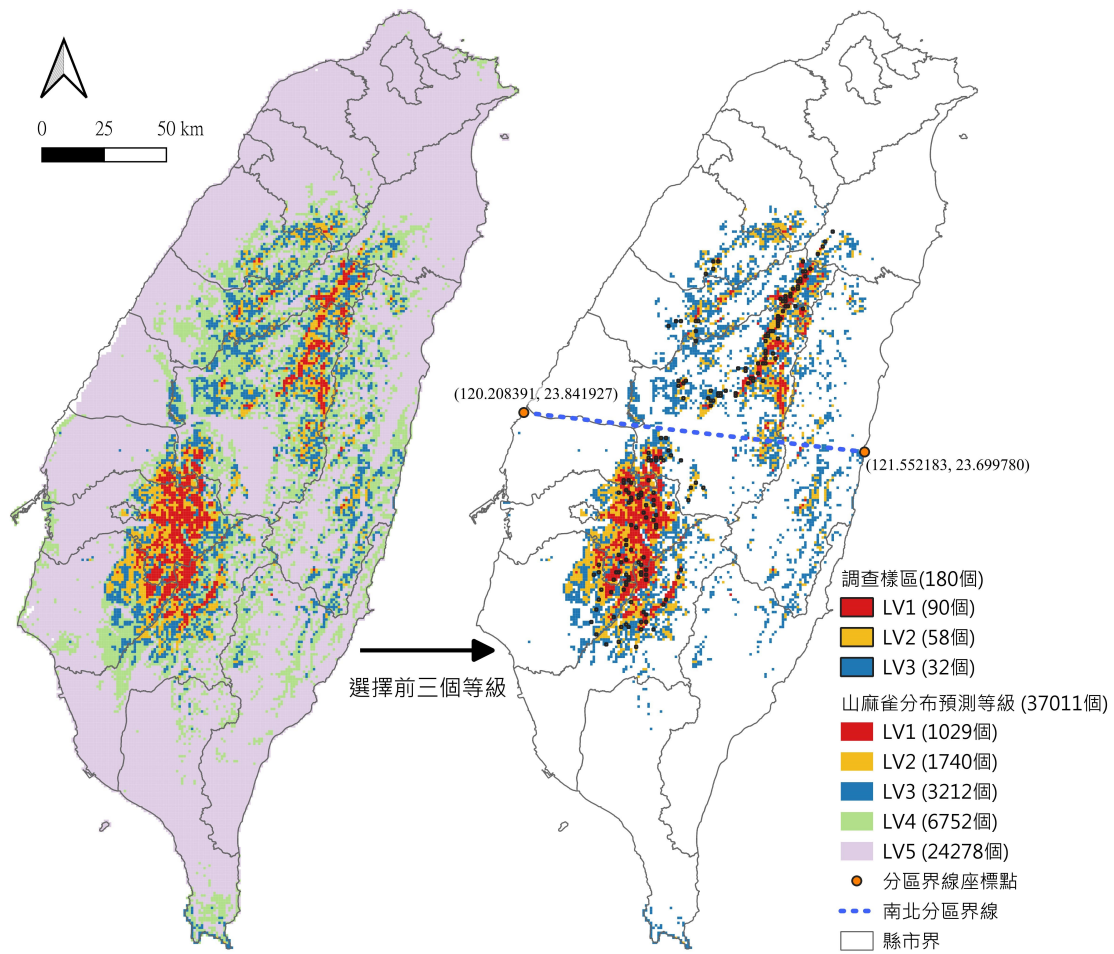


圖 1、樣區篩選流程圖

表 1、樣區篩選網格數

| 分布預測等級             | 北區    |     | 南區    |     | 總計    |     |
|--------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|                    | 原始網格數 | 樣區數 | 原始網格數 | 樣區數 | 原始網格數 | 樣區數 |
| LV1<br>(0.68-0.99) | 277   | 42  | 752   | 48  | 1029  | 90  |
| LV2<br>(0.40-0.68) | 692   | 27  | 1048  | 31  | 1740  | 58  |
| LV3<br>(0.21-0.40) | 1576  | 16  | 1636  | 16  | 3212  | 32  |
| 總計                 | 2545  | 85  | 3436  | 95  | 5981  | 180 |

## 2. 回播調查

本年度山麻雀調查自 2024 年 4 月 1 日開始，每個樣區需在 20 天內完成兩輪調查。若在前兩輪調查中的任一次有調查到山麻雀，該樣區需要再額外進行三輪重複調查。為確保調查間隔適當，各個樣區兩輪調查至少間隔 4 天，並應在日出後 5 小時內完成，調查日期規劃如圖 2。

在每個樣區內劃設兩條 250 公尺的樣線，且兩條樣線之間至少相距 50 公尺(圖 3)。每條樣線的調查時間為 15 分鐘，行進速度約為每小時 1 公里。調查時調查員沿著樣線行走，並於樣線 1/2 處實施錄放反應法(response to playback)，利用播放山麻雀雄鳥之領域鳴叫聲來增加山麻雀的偵測機率，回播放時，回播器音量應調整到最大聲但避免破音。回播的音檔長度共 4 分鐘，每一回合有 30 秒山麻雀鳴叫聲加 30 秒無聲，共進行四回合，結束時有提示音提示結束。

調查時僅記錄山麻雀與麻雀，並以個體第一次被看到的狀態為紀錄點，分別記錄鳥種、隻數、距離段、性別、成幼、是否為回播時記錄的個體，以及對回播是否有反應等。重複觀察的個體則不予記錄。距離段的記錄以「鳥與樣線的垂直距離」為估計準則。若在調查時段之外觀察到山麻雀，則以附帶紀錄標記，並在備註欄標示座標，紀錄表如附錄 1。

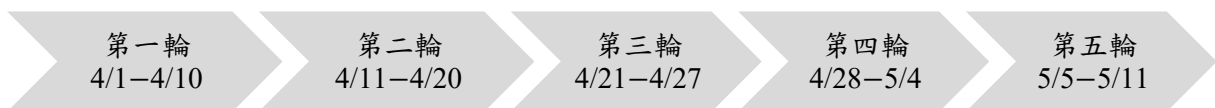


圖 2、山麻雀調查時間規劃圖

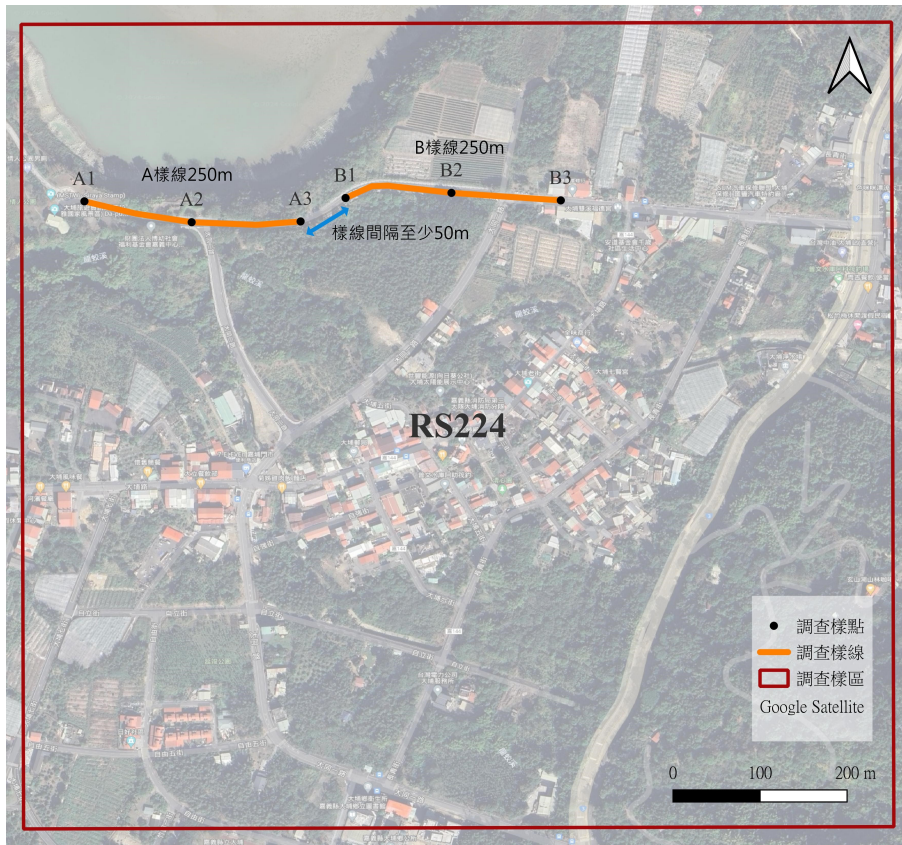


圖 3、調查路線圖

### 3. 族群估算方法

山麻雀族群量的估算方法結合修正占據率、平均最大隻數、預測範圍網格數，透過這三項數值相乘後加總得出，採用以下公式推算：

$$\text{族群量} = \sum (\text{修正後占據率} \times \text{平均最大隻數} \times \text{預測範圍網格數})$$

#### (1) 修正後占據率

原始占據率計算方法為物種出現樣區數與全部樣區數的比例。由於調查時偵測率通常無法達到 100%，即使物種實際存在於樣區內，但仍可能因未被偵測到而導致分布被低估。因此，以 Program PRESENCE 進行單物種單季節占據模型分析(Single-Species, Single-Season Occupancy Models)，並利用有條件式重複抽樣來估計調查偵測率與修正後占據率。占據模型的假設包括 1) 調查樣區是封閉的，即族群在研究期間沒有遷入、遷出、拓殖或滅絕；2) 調查的物種被正確地辨識；3) 各樣區之間的調查是獨立的。每次樣區調查結果以 1 表示有調查到山麻雀，0 為沒有調查到山麻雀。占據率可能受到樣區的特性(如棲地類型或棲地類型面積大小)影響，因此本研究參考過去調查結果(呂佳家等，2018；蔡若詩，2020)，將分區(北區、南區)及分布預測等級(LV1, LV2, LV3)作為共變數(Covariate)來建立占據模型的模型組。再利用赤池信量準則(Akaike information criterion, AIC)評估分區、分布預測等級以及分區和分級交互作用組合對占據率是否有影響，並挑選 $\Delta$ AIC 最小的模型作為最佳模型，得到偵測率及修正後占據率的估計值。

#### (2) 平均最大隻數

選取五輪調查中，樣線內出現的最大隻數代表該樣線的山麻雀隻數，根據樣區的分區及分級，計算平均最大隻數。

#### (3) 預測範圍網格數

選取山麻雀分布預測等級的前三個等級，並套疊 eBird 賞鳥資料庫中山

麻雀近 10 年間繁殖季(3 月至 8 月)的觀察點位，排除部分有疑慮的點位(如大雪山、臺南左鎮區)。接著以核密度分析(Kernel Density Estimation)計算 10 km 範圍的分布密度，並套疊出山麻雀的潛在分布範圍，最終得到 3453 個 1x1 km 網格，占全臺總網格數的 9.3%(圖 4)。

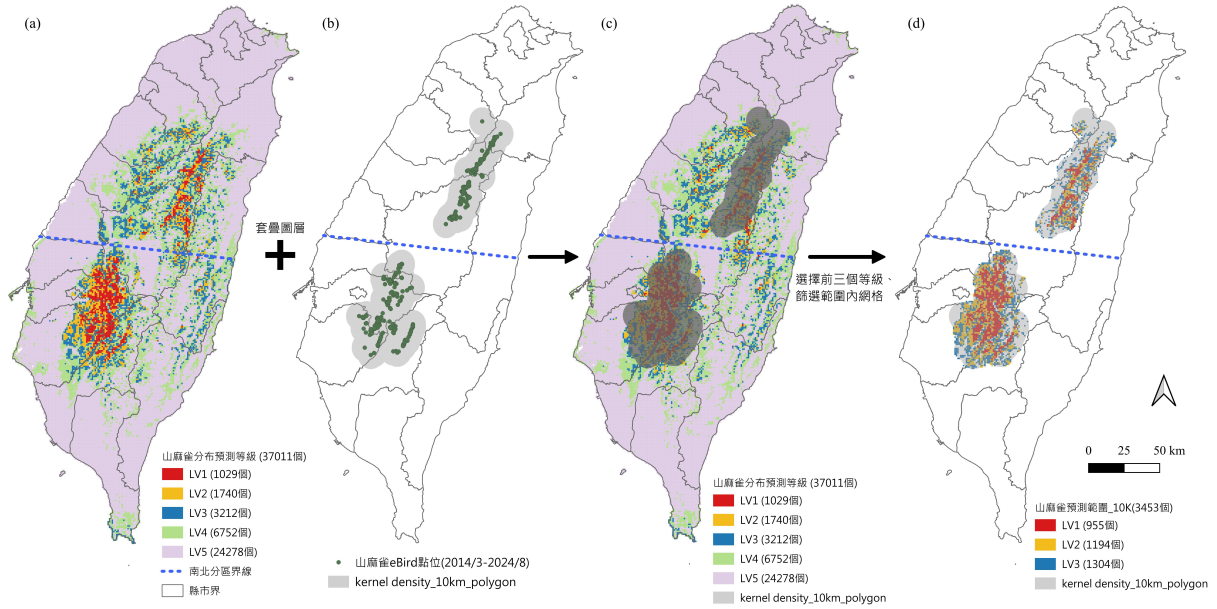


圖 4、劃設預測範圍流程圖



## (二) 監測調整後的巢箱使用狀況

### 1. 調整後的巢箱位置

根據過去巢箱監測結果，將使用率較低的巢箱做調整，2022 年於臺南市南化區移除 102 個巢箱，改設置 90 個巢箱在嘉義縣大埔鄉、臺南市白河區關子嶺(圖 5)。另 2023 年也移除北區使用率較低的 86 個巢箱，調整後架設 84 個巢箱(圖 6)。

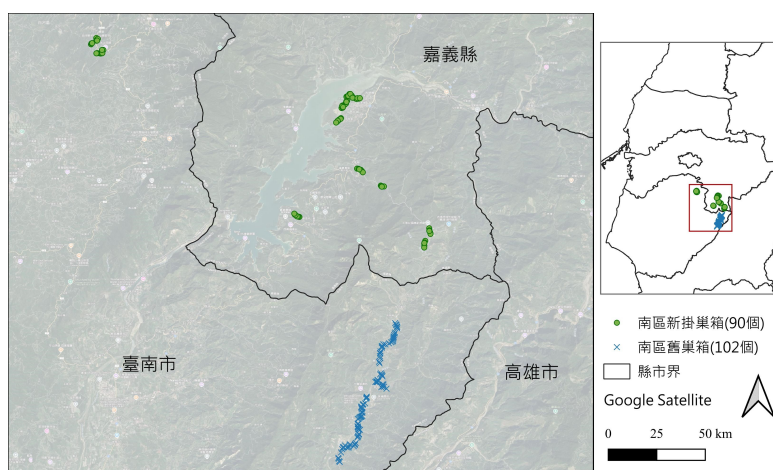


圖 5、南區新舊巢箱位置圖

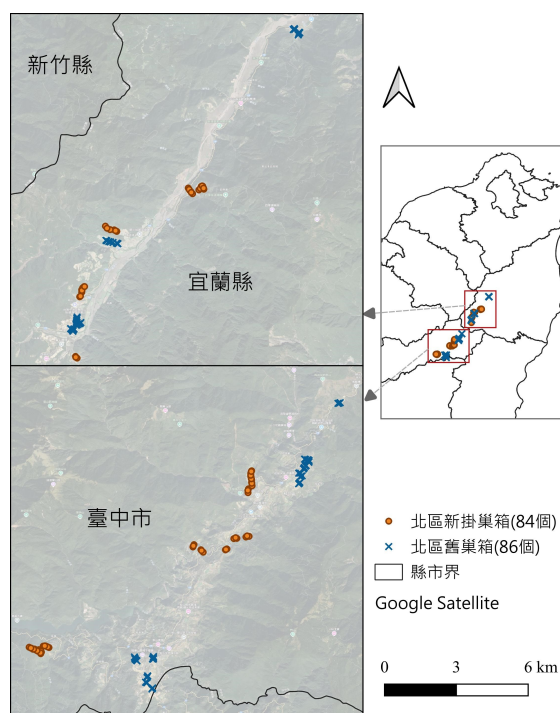


圖 6、北區新舊巢箱位置圖



## 2. 巢箱監測

於山麻雀繁殖季(3月至8月)使用探巢工具探視巢箱，記錄使用巢箱的物種與繁殖情形。巢箱的繁殖定義為至少觀察到一顆蛋或一隻雛鳥，記錄該繁殖的鳥種名(如：山麻雀、麻雀等)、蛋的數量、雛鳥數量與雛鳥日齡。因山麻雀和麻雀使用的巢材與巢結構很類似，在僅有蛋或尚未長出羽毛的雛鳥階段，如未觀察到親鳥在巢箱附近活動，難以準確判斷巢箱使用的鳥種，則以「未知」記錄。若巢箱內僅有巢材或發現其他動物(如螞蟻、蜂類、壁虎、蛇類等)使用巢箱，以「NA」記錄。若同一個巢箱在不同的時序上被不同鳥種使用，或同一鳥種在同一巢箱多次繁殖，則分別記錄為獨立的繁殖紀錄。

## 3. 資料分析

本研究利用卡方獨立性檢定(Chi-Square Test of Independence)探討不同鳥種使用巢箱繁殖的次數和年份之間是否存在相關性，並以 R 統計軟體版本 4.4.2 操作分析(R Core Team, 2021)。

### (三) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響

#### 1. 彙整巢箱利用資料

本研究整合 2019 年至 2024 年繁殖季(3 月至 8 月)巢箱使用資料，巢箱繁殖定義為至少有觀察到一顆蛋或一隻雛鳥，並記錄該繁殖的鳥種名。若無法判斷鳥種記錄為「未知」；若巢箱內僅有巢材或是其他動物合併以「NA」記錄。若同一個巢箱在不同的時序上被不同鳥種使用，或同一鳥種於同一巢箱多次繁殖，則分別記錄為不同次的繁殖紀錄，統整方法與上一節相同。扣除掉落的巢箱後，每年監測的巢箱數如表 2，巢箱位置的分布如圖 7。2024 年度監測範圍僅涵蓋北區(283 個巢箱)及南區的新大埔區域(74 個巢箱)。

表 2、各年監測巢箱數

| 分區/年份 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 北區    | 103  | 201  | 304  | 296  | 295  | 283  |
| 中區    | 101  | 206  | 308  | 300  | 294  | -    |
| 南區    | 102  | 202  | 300  | 287  | 262  | 74   |
| 總計    | 306  | 609  | 912  | 883  | 851  | 357  |

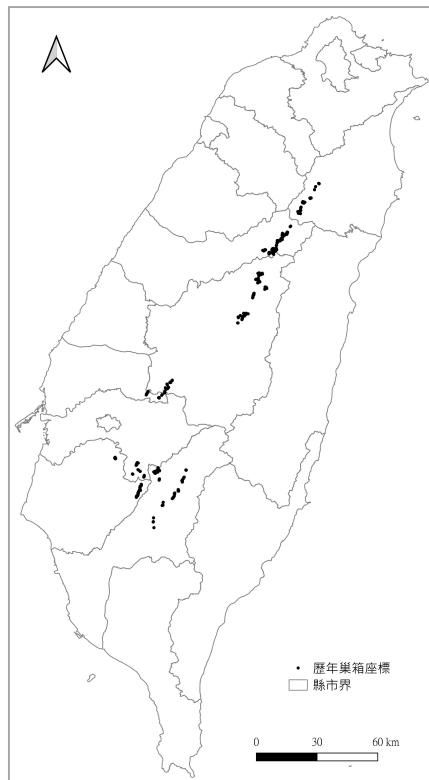


圖 7、歷年巢箱架設位置圖

## 2. 環境變數取得

本研究所使用的土地利用類型資料取自許皓捷(2016)臺灣環境因子資料庫，變數包含建物與人工鋪面、裸露地、灌叢、農耕地、森林、公園綠地、草生地、果園、水體、濕地及軍事用地等 11 項。

## 3. 資料分析

探討共存物種對巢箱的利用情形，並分析巢箱類型、使用年份、地區及不同地景特徵條件如何影響不同物種間的巢箱利用情形，尤其著重在山麻雀與麻雀這兩種巢箱使用比例最高的鳥種，以及兩物種間的變化。由於山麻雀巢位可以重複利用，且共域物種間也會交替重複使用巢箱，導致巢位資料間非彼此獨立，因此採用廣義線性混合模型(Generalized Linear Mixed Model, GLMM)進行分析。

反應變數(response variable)為鳥種使用巢箱繁殖的紀錄，以二項式變數(binomial variable)表示，1 代表有繁殖，0 代表沒有繁殖。所有模型的計算都以二項式分布和 logit 連結函數，分別建立山麻雀與麻雀的模型。解釋變數(explanatory variable)為土地利用類型因子，為瞭解不同尺度的地景特徵對山麻雀與麻雀在巢箱使用上的影響，根據林雅雯(2018)選擇三個不同尺度：半徑 50 公尺、半徑 200 公尺及半徑 400 公尺。以巢箱為中心點向外畫不同尺度的半徑圓，套疊土地利用類型資料(許皓捷，2016)，並計算圓內各項土地利用類型面積百分比。為確保模型穩定性，先檢視整體資料的分布，刪除比例非常低的因子，接著進行 Spearman 相關性檢定，並刪除相關性大於 0.7 的因子。最後將篩選出的解釋變數放入模型作為固定效應(fixed effect)因子。此外，將年份、地區、巢箱類型及前一年是否有繁殖 4 個變數作為隨機效應(random effect)因子。建立整體模型(global model)後計算變異數膨脹因子(Variance-inflation factors, VIF)，確認所有解釋變數間不存在多重共線性(multicollinearity)，並確認數值皆小於 2.5。接著建立不同變數組合的模型組

後，利用赤池信量準則(Akaike information criterion, AIC)評估並排序模型組中各模型的相對重要性，選擇 $\Delta AICc < 2$ 的模型並計算模型各項因子的平均係數。最終推論影響山麻雀與麻雀較具代表的土地利用類型模式，並綜合前述的分析結果，作為未來巢箱架設地點規劃的考量條件。所有資料分析以R統計軟體版本4.4.2進行(R Core Team, 2021)，使用的套件有‘lme4’，‘car’，‘MuMIn’，‘arm’。

#### (四) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式

##### 1. 繫放時間與地點

本研究於繁殖季開始前(2月至3月)及非繁殖季(12月)進行山麻雀繫放，並與嘉義縣野鳥學會團隊合作於嘉義縣梅山鄉瑞峰地區設置之粗糠餌站進行捕捉，採架設霧網方式進行。

##### 2. 繫放方法

捕捉後，山麻雀繫放個體先置於鳥袋中以降低緊迫，待其安定後再取出進行形質測量。量測項目包含全頭長、嘴長、自然翼長、最大翼長、尾長、跗趾長及體重等。並於個體腳上放置色環及中華民國野鳥學會統一標準編號的金屬鋁環，以利個體辨識及後續追蹤。為減少對鳥類的影響，每隻個體繫放過程控制在15分鐘內，並同時採集血液或羽毛樣本，以利後續分子遺傳相關的分析研究。繫放完成後即現場原地釋放。

##### 3. 再觀察方法

研究團隊於曾有山麻雀穩定出沒之區域進行觀察，包括宜蘭縣大同鄉、臺中市和平區、南投縣仁愛鄉、嘉義縣梅山鄉、阿里山鄉和大埔鄉、臺南市東山區及高雄市桃源區和那瑪夏區等。非繁殖季期間，研究人員透過望遠鏡搜尋已上環個體，並記錄出現時間、地點、性別及成幼資訊，同時以拍照記錄色環配置以確認個體身份，以評估個體移動距離與存活年限。此外，利用網路公開社群及 eBird 資料平台搜尋山麻雀紀錄，以增加觀察回收的個體資訊。

## (五) 山麻雀族群遺傳探討

### 1. 血樣來源及分布

自 2016 年起，本研究開始進行山麻雀繫放，並在農業部林業及自然保育署的核准下逐步累積山麻雀在不同地區及族群的血液樣本。至 2023 年共累積 278 隻個體的血樣，其中成鳥及雛鳥分別占 37 隻及 229 隻。從縣市分布來看，樣本來自南投縣、嘉義縣、高雄市、臺中市、宜蘭縣、臺南市及雲林縣等 7 縣市，其中南投縣(76 隻)、嘉義縣(67 隻)、高雄市(53 隻)及臺中市(40 隻)為主要採樣地點。

本研究選取臺灣的 10 個樣本進行族群基因體分析，以檢視臺灣的山麻雀族群結構及歷史，並透過合作取得西藏的 3 個樣本做為比較組進行對照分析。血液樣本收集地點如圖 8。

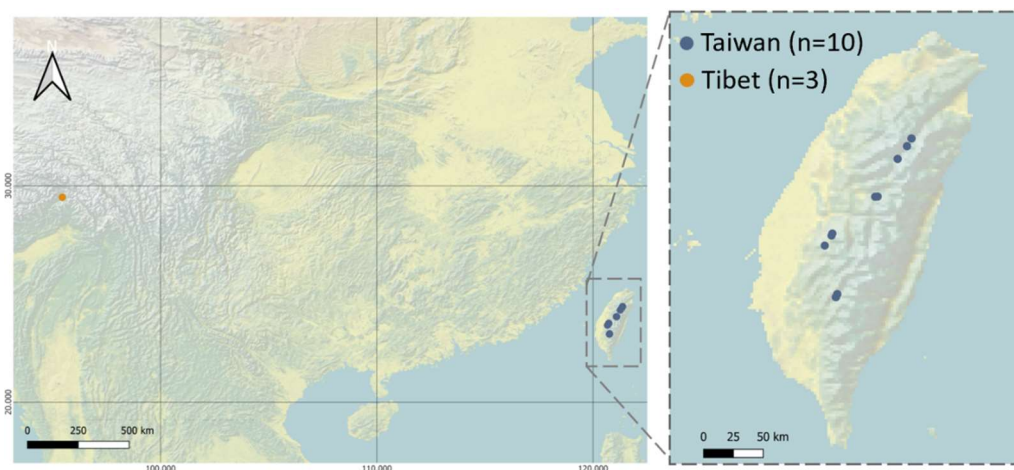


圖 8、血液樣本的收集地點。藍色點表示臺灣族群，橘色點表示西藏族群

### 2. 分析方法

相較於傳統的單一基因分析，基因體分析具有更高的檢測力，可以用較少的樣本獲得更全面的遺傳資訊測力。以下利用 1) DNA 萃取、定序與品質控制；2) 基因組變異估計；3) 有效族群變動；4) 生態棲位的變動等四步驟來探討山麻雀的遺傳結構與歷史變遷，包括：

#### (1) DNA 萃取、定序與品質控制

使用 DNeasy® Blood & Tissue Kit 萃取血液樣本中的 DNA。萃取完成後，將樣本送至 Illumina 測序平台進行全基因組定序(Whole Genome Sequencing, WGS)。定序後，利用 Trimmomatic v0.38 (Bolger et al., 2014)修剪測序平台殘留的接頭序列(adapter)，並對測序數據進行品質控制。

#### (2) 基因組變異估計

選擇與山麻雀高度相似的麻雀(Päckert et al., 2021)之基因組作為參考基因組(NCBI, 2020)。首先，利用 BWA (Li, 2013)將樣本的定序片段重新組裝成基因組，再使用 GATK (Van der Auwera et al., 2013)校正，最後再利用 BCFtools (Li, 2011)識別單核苷酸多態性(SNP)，以評估基因組變異程度。

#### (3) 有效族群變動

利用 SMC++ (Sequentially Markovian Coalescent, Terhorst et al., 2017)來推測歷史有效族群(Effective Population Size,  $N_e$ )的變動情形。此方法基於共祖理論(Coalescent Theory)，透過對核苷酸多樣性和變異頻率的分析，重建族群的歷史動態。為確定該模型的穩定性，各族群分析皆重複執行 20 次，以確保趨勢相同。

#### (4) 生態棲位的變動

為預測歷史上適合山麻雀生存的棲地分布，本研究應用最大熵模型(MaxEnt)(Phillips et al., 2006)，並使用來自 eBird 的觀察資料作為物種出現點位資料(eBird, 2021)。此外，本研究結合古氣候數據(paleoclim)進行分析，選擇古時期的溫度及降雨量作為環境變數(Brown et al., 2018)。為了避免環境變數之間高度相關性可能引發的多重共線性問題(multicollinearity)，則先計算皮爾森相關係數。當兩個變數之間的相關性係數超過 0.8 時，估選取一個作為後續分析的氣候變數。最後，利用這些變數預測不同時期的合適棲地分布，包括全新世(Mid-Holocene, Fordham et al., 2017)、末次冰盛期(Last

Glacial Maximum, Otto-Bliesner et al., 2006)及末次間冰期(Last Interglacial, Karger et al., 2017)等三個時期。



#### 四、結果

##### (一) 全臺山麻雀族群監測

###### 1. 2024 年調查結果

在 180 個樣區中，山麻雀出現於 34 個樣區，其中北區 24 個，南區 10 個。結果顯示，山麻雀的出現頻度隨著樣區等級的提升而加(表 3)。每一輪調查到山麻雀的網格數差異不大，介於 23 至 28 個樣區(表 4)。北區山麻雀分布集中在宜蘭南山、臺中梨山、南投力行產業道路及萬大林道等地；南區有山麻雀的樣區相對較分散，分別位於嘉義瑞峰、嘉義大埔、臺南關子嶺、高雄表湖、高雄桃源和梅山口等地(圖 9)。

表 3、山麻雀調查成果

| 分布預測<br>等級 | 北區  |      | 南區  |      | 總計  |      |
|------------|-----|------|-----|------|-----|------|
|            | 樣區數 | 有山麻雀 | 樣區數 | 有山麻雀 | 樣區數 | 有山麻雀 |
| LV1        | 42  | 16   | 48  | 9    | 90  | 25   |
| LV2        | 27  | 6    | 31  | 1    | 58  | 7    |
| LV3        | 16  | 2    | 16  | 0    | 32  | 2    |
| 總計         | 85  | 24   | 95  | 10   | 180 | 34   |

表 4、每輪調查山麻雀出現網格數

| 分區 | 分布預測<br>等級 | 樣區數 | 每輪調查 |     |     |     |     |
|----|------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
|    |            |     | 第一輪  | 第二輪 | 第三輪 | 第四輪 | 第五輪 |
| 北區 | LV1        | 42  | 10   | 14  | 10  | 12  | 11  |
|    | LV2        | 27  | 5    | 6   | 5   | 4   | 5   |
|    | LV3        | 16  | 2    | 0   | 0   | 1   | 1   |
| 南區 | LV1        | 48  | 6    | 8   | 9   | 6   | 7   |
|    | LV2        | 31  | 1    | 0   | 0   | 0   | 1   |
|    | LV3        | 16  | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 總計 |            | 180 | 24   | 28  | 24  | 23  | 25  |

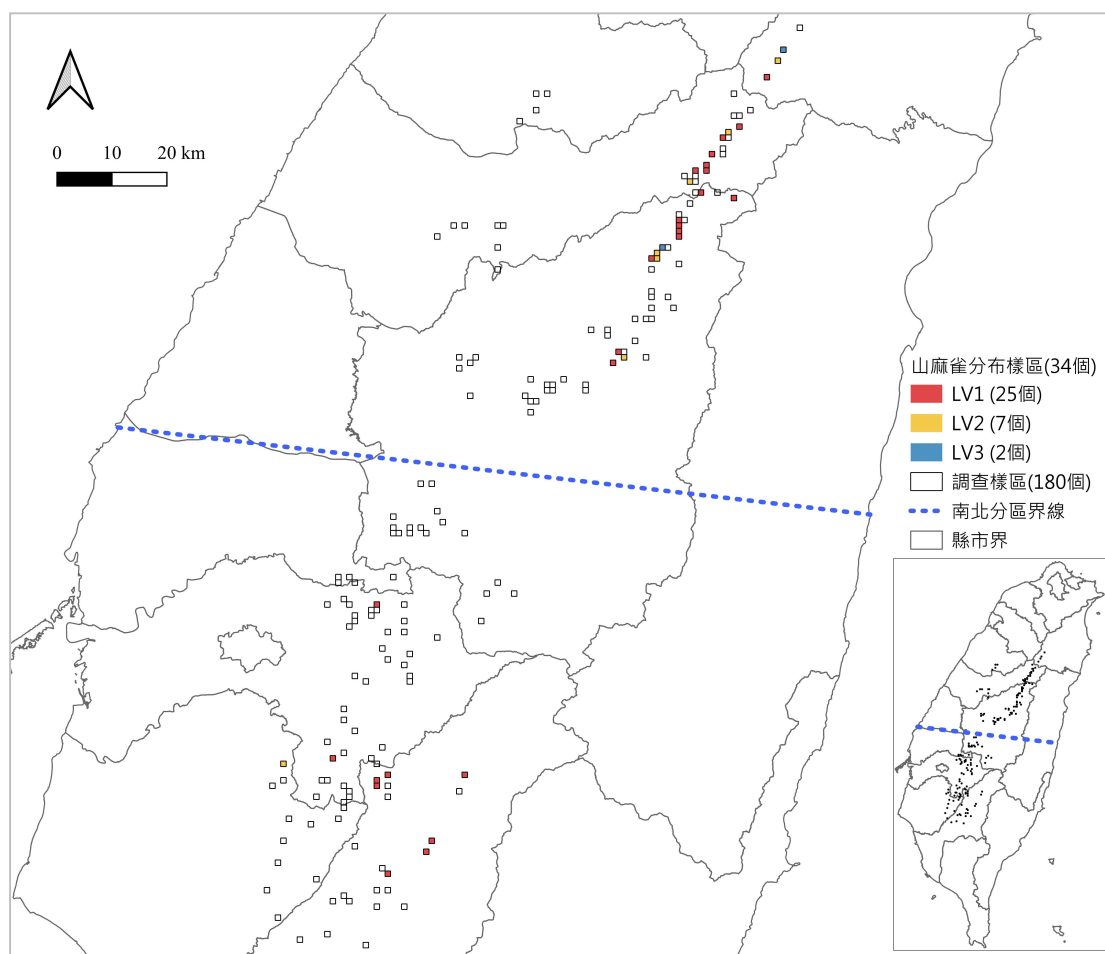


圖 9、山麻雀分布樣區(34 個)

以占據模型進行分析，山麻雀原始占據率為 0.189 (34/180)，修正後占據率為 0.207(95%信賴區間 0.151-0.278)，偵測率 0.702(95%信賴區間 0.622-0.771)(表 5)。進一步分析北區及南區的結果，北區的修正後占據率(0.313)高於南區(0.113)(表 6)。此外，以等級來比較，第一級的修正後占據率(0.301)高於第三級(0.130)及第二級(0.129)(表 7)。在分區與分等級的分析中，北區三個等級的修正後占據率皆分別高於南區，北區第一級的修正後占據率最高(0.420)，而南區第二級的修正後占據率最低(0.067)(表 8)。

表 5、全部樣區之占據率與偵測率

|            | 原始占據率 | 修正後占據率 |       |             | 偵測率   |       |             |
|------------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
|            | 數值    | 數值     | 標準差   | 95%信賴區間     | 數值    | 標準差   | 95%信賴區間     |
| 全區(34/180) | 0.189 | 0.207  | 0.032 | 0.151-0.278 | 0.702 | 0.038 | 0.622-0.771 |

表 6、分區之占據率與偵測率

| 分區        | 原始占據率 | 修正後占據率 |       |             | 偵測率   |       |             |
|-----------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
|           | 數值    | 數值     | 標準差   | 95%信賴區間     | 數值    | 標準差   | 95%信賴區間     |
| 北區(24/85) | 0.282 | 0.313  | 0.055 | 0.216-0.430 | 0.687 | 0.046 | 0.590-0.770 |
| 南區(10/95) | 0.105 | 0.113  | 0.034 | 0.061-0.199 | 0.738 | 0.067 | 0.588-0.848 |

表 7、分等級之占據率與偵測率

| 分布預測<br>等級 | 原始占據率 | 修正後占據率 |       |             | 偵測率   |       |             |
|------------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
|            | 數值    | 數值     | 標準差   | 95%信賴區間     | 數值    | 標準差   | 95%信賴區間     |
| LV1(25/90) | 0.278 | 0.301  | 0.052 | 0.210-0.412 | 0.719 | 0.044 | 0.626-0.797 |
| LV2(7/58)  | 0.121 | 0.129  | 0.046 | 0.062-0.248 | 0.752 | 0.079 | 0.569-0.874 |
| LV3(2/32)  | 0.063 | 0.130  | 0.110 | 0.022-0.501 | 0.279 | 0.166 | 0.072-0.660 |

表 8、分區分等級之占據率與偵測率

| 分區 | 分布預測<br>等級 | 原始占據率 | 修正後占據率 |       |             | 偵測率   |       |             |
|----|------------|-------|--------|-------|-------------|-------|-------|-------------|
|    |            | 數值    | 數值     | 標準差   | 95%信賴區間     | 數值    | 標準差   | 95%信賴區間     |
| 北區 | LV1(16/42) | 0.381 | 0.420  | 0.084 | 0.269-0.587 | 0.697 | 0.056 | 0.577-0.795 |
|    | LV2(6/27)  | 0.222 | 0.229  | 0.083 | 0.106-0.427 | 0.823 | 0.074 | 0.632-0.926 |
|    | LV3(2/16)  | 0.125 | 0.260  | 0.215 | 0.038-0.759 | 0.279 | 0.166 | 0.072-0.660 |
| 南區 | LV1(9/48)  | 0.188 | 0.199  | 0.060 | 0.106-0.343 | 0.759 | 0.069 | 0.601-0.868 |
|    | LV2(1/31)  | 0.032 | 0.067  | 0.081 | 0.006-0.477 | 0.279 | 0.234 | 0.038-0.791 |
|    | LV3(0/16)  | 0     | -      | -     | -           | -     | -     | -           |

以占據模型分析山麻雀占據率是否受到南北分區、分布預測等級或分區分級影響，並以 AIC 值判斷最佳模型。結果顯示，分區與分級的模型為最佳模型(表 9)。

表 9、山麻雀調查占據模型

| Model                | AIC    | ΔAIC  | AIC wgt | Model Likelihood | no.Par. | -2*LogLike |
|----------------------|--------|-------|---------|------------------|---------|------------|
| psi(Level+Part),p(.) | 354.59 | 0.00  | 0.9754  | 1.0000           | 4       | 346.59     |
| psi(Level),p(.)      | 362.92 | 8.33  | 0.0151  | 0.0155           | 3       | 356.92     |
| psi(Part),p(.)       | 363.92 | 9.33  | 0.0092  | 0.0094           | 3       | 357.92     |
| psi(.),p(.)          | 371.26 | 16.67 | 0.0002  | 0.0002           | 2       | 367.26     |
| psi(.),p(t)          | 377.94 | 23.35 | 0.0000  | 0.0000           | 6       | 365.94     |

psi: 占據率, p: 偵測率, Level: 分布預測等級, Part: 分區, t: 五輪調查偵測率不同

將預測範圍網格數、平均最大隻數、修正後占據率三個項目相乘後加總，得到 2024 年山麻雀族群估計量為 1,838.8 隻，95%信賴區間為 730.8-4,373.6 隻(表 10)。南區第一等級的估算隻數最高，其次為北區第一等級及北區第二等級，南、北區等三等級的估算隻數差距不大。

表 10、2024 年山麻雀族群量估計

| 分區         | 等級          | 預測範圍<br>網格數 | 平均最大<br>隻數 | 修正後占據率<br>(95%信賴區間) | 估算隻數<br>(95%信賴區間)     |
|------------|-------------|-------------|------------|---------------------|-----------------------|
| 北區         | LV1 (16/42) | 222         | 3.7        | 0.420 (0.269-0.587) | 345.0 (221.0-482.2)   |
|            | LV2 (6/27)  | 343         | 4.5        | 0.229 (0.106-0.427) | 353.5 (163.6-659.1)   |
|            | LV3 (2/16)  | 524         | 4          | 0.260 (0.038-0.759) | 545.0 (79.6-1590.9)   |
| 南區         | LV1 (9/48)  | 733         | 3.3        | 0.199 (0.106-0.343) | 481.4 (256.4-829.7)   |
|            | LV2 (1/31)  | 851         | 2          | 0.067 (0.006-.477)  | 114.0 (110.2-811.9)   |
|            | LV3 (0/16)  | 780         | 0          | 0.0                 | 0.0                   |
| 總計(34/180) |             | 3453        |            |                     | 1838.8 (730.8-4373.6) |

## 2. 歷次山麻雀調查族群量變化

根據前述方法，分別計算 2017 年和 2020 年山麻雀調查的修正後占據率及族群量。與 2024 年結果比較，顯示修正後占據率及估計族群量皆隨年份呈現增加趨勢(圖 10、圖 11)。在 2017 年及 2020 年的調查中，有部分等級僅有一個樣區調查到山麻雀，修正後占據率偏高，改以原始占據率計算，且不計算 95%信賴區間，故估計族群量的 95%信賴區間範圍較小，而 2024 年的估計族群量信賴區間較大。歷次山麻雀族群量估計詳細資訊見附錄 2。

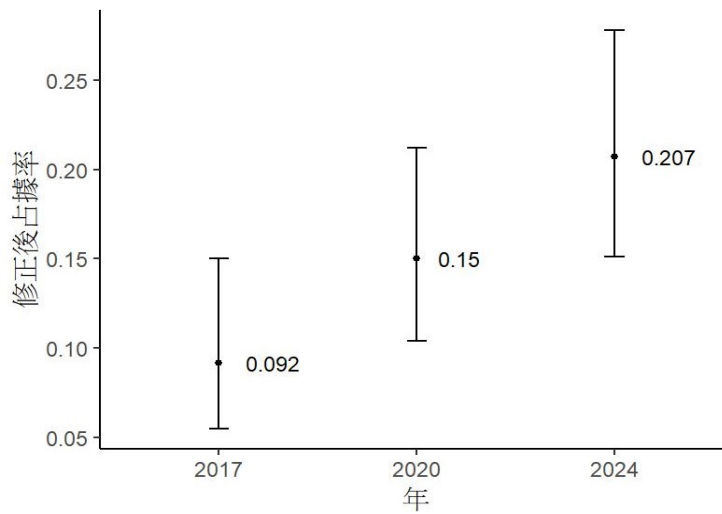


圖 10、歷次山麻雀調查修正後占據率

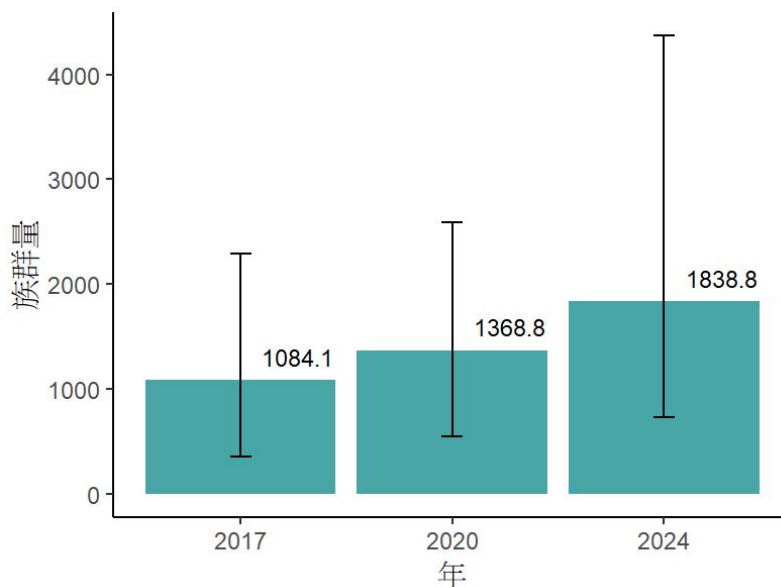


圖 11、歷次山麻雀調查估計全臺山麻雀族群量

(二) 監測調整後的巢箱使用狀況

本年度比較南區及北區的巢箱在調整地點前後的巢箱使用狀況。在南區巢箱架設的第一年，使用鳥種數不多，其中麻雀的使用次數隨年份增加，而山麻雀僅在 2021 年有一次使用紀錄。隨著巢箱位置調整後，山麻雀的使用次數明顯增加，且使用次數高於麻雀。然而調整後也觀察到外來種鳥種如灰頭椋鳥(*Sturnia malabarica*)與白腰鵲鴿(*Copsychus malabaricus*)開始使用巢箱(表 11)。

表 11、南區調整前後巢箱使用狀況

| 物種名   | 調整前    |        |        | 調整後    |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|       | 2019 年 | 2020 年 | 2021 年 | 2022 年 | 2023 年 | 2024 年 |
| 山麻雀   | 0      | 0      | 1      | 8      | 12     | 3      |
| 麻雀    | 1      | 4      | 10     | 3      | 3      | 1      |
| 灰頭椋鳥  | 0      | 0      | 0      | 3      | 1      | 1      |
| 白腰鵲鴿  | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      |
| 未知    | 2      | 0      | 3      | 4      | 4      | 0      |
| NA    | 100    | 97     | 88     | 73     | 64     | 62     |
| 巢次數   | 103    | 101    | 102    | 91     | 85     | 67     |
| 可用巢箱數 | 102    | 101    | 96     | 85     | 78     | 67     |

北區巢箱架設第一年的使用次數相對比南區多，尤其在調整地點前麻雀使用狀況隨年份大幅增加，第三年(2022年)達到67次使用紀錄。調整地點之後山麻雀使用狀況明顯增加，且在近兩年(2023年至2024年)未再這些巢箱中觀察到麻雀使用。同時調整地點後青背山雀(*Parus monticolus*)與棕面鶯(*Abroscopus albogularis*)的使用次數也增加(表 12)。

表 12、北區調整前後巢箱使用狀況

| 物種名   | 調整前   |       |       | 調整後   |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 2020年 | 2021年 | 2022年 | 2023年 | 2024年 |
| 山麻雀   | 4     | 6     | 1     | 20    | 6     |
| 麻雀    | 24    | 45    | 67    | 0     | 0     |
| 青背山雀  | 0     | 0     | 1     | 2     | 3     |
| 棕面鶯   | 0     | 0     | 0     | 5     | 3     |
| 未知    | 5     | 2     | 38    | 3     | 2     |
| NA    | 31    | 50    | 23    | 61    | 67    |
| 巢次數   | 64    | 103   | 130   | 91    | 81    |
| 可用巢箱數 | 46    | 88    | 86    | 84    | 81    |

南區鳥種使用巢箱繁殖次數與年份的卡方獨立性檢定結果呈顯著相關 ( $\chi^2=72.3, df=25, p<0.001$ )。檢視標準化殘差數值，因「未知鳥種」與「NA」無法確認到物種，故排除不納入結果討論。山麻雀在 2019 年及 2020 年使用巢箱次數顯著低於期望次數，在 2022 年及 2023 年使用次數顯著高於期望次數。麻雀在 2021 年、灰頭棕鳥在 2022 年與白腰鵲鴿在 2023 年使用巢箱的次數顯著高於期望次數(表 13)。

表 13、南區巢箱使用鳥種與年份列聯表

|        |             |  | 年份     |        |        |        |        |        | 列總合    |
|--------|-------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        |             |  | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   |        |
| 鳥種 山麻雀 | 次數          |  | 0      | 0      | 1      | 8      | 12     | 3      | 24     |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 0.0%   | 0.0%   | 4.2%   | 33.3%  | 50.0%  | 12.5%  | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 0.0%   | 0.0%   | 1.0%   | 8.8%   | 14.1%  | 4.5%   | 4.4%   |
|        | 標準化殘差       |  | -2.1   | -2.1   | -1.6   | 2.0    | 4.3    | 0.0    |        |
| 麻雀     | 次數          |  | 1      | 4      | 10     | 3      | 3      | 1      | 22     |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 4.5%   | 18.2%  | 45.5%  | 13.6%  | 13.6%  | 4.5%   | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 1.0%   | 4.0%   | 9.8%   | 3.3%   | 3.5%   | 1.5%   | 4.0%   |
|        | 標準化殘差       |  | -1.5   | 0.0    | 2.9    | -0.3   | -0.2   | -1.0   |        |
| 灰頭棕鳥   | 次數          |  | 0      | 0      | 0      | 3      | 1      | 1      | 5      |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 0.0%   | 0.0%   | 0.0%   | 60.0%  | 20.0%  | 20.0%  | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 0.0%   | 0.0%   | 0.0%   | 3.3%   | 1.2%   | 1.5%   | 0.9%   |
|        | 標準化殘差       |  | -1.0   | -1.0   | -1.0   | 2.4    | 0.3    | 0.5    |        |
| 白腰鵲鴿   | 次數          |  | 0      | 0      | 0      | 0      | 1      | 0      | 1      |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 0.0%   | 0.0%   | 0.0%   | 0.0%   | 100.0% | 0.0%   | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 0.0%   | 0.0%   | 0.0%   | 0.0%   | 1.2%   | 0.0%   | 0.2%   |
|        | 標準化殘差       |  | -0.4   | -0.4   | -0.4   | -0.4   | 2.1    | -0.3   |        |
| 未知     | 次數          |  | 2      | 0      | 3      | 4      | 4      | 0      | 13     |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 15.4%  | 0.0%   | 23.1%  | 30.8%  | 30.8%  | 0.0%   | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 1.9%   | 0.0%   | 2.9%   | 4.4%   | 4.7%   | 0.0%   | 2.4%   |
|        | 標準化殘差       |  | -0.3   | -1.5   | 0.4    | 1.3    | 1.4    | -1.3   |        |
| NA     | 次數          |  | 100    | 97     | 88     | 73     | 64     | 62     | 484    |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 20.7%  | 20.0%  | 18.2%  | 15.1%  | 13.2%  | 12.8%  | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 97.1%  | 96.0%  | 86.3%  | 80.2%  | 75.3%  | 92.5%  | 88.2%  |
|        | 標準化殘差       |  | 1.0    | 0.8    | -0.2   | -0.8   | -1.3   | 0.4    |        |
| 欄總合    | 次數          |  | 103    | 101    | 102    | 91     | 85     | 67     | 549    |
|        | (鳥種)列之內的百分比 |  | 18.8%  | 18.4%  | 18.6%  | 16.6%  | 15.5%  | 12.2%  | 100.0% |
|        | (年份)欄之內的百分比 |  | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

\*註：灰底表示觀察次數顯著高/低於期望次數



根據卡方獨立性檢定結果，北區鳥種使用巢箱繁殖的次數和年份呈顯著相關( $\chi^2=245.3, df=20, p<0.001$ )。同樣在排除「未知鳥種」與「NA」後無法確認鳥種檢視最高的標準化殘差數值。山麻雀在 2022 年使用巢箱次數顯著低於期望次數，在 2023 年使用次數顯著高於期望次數；麻雀在 2021 年及 2022 年使用巢箱的次數顯著高於期望次數，在 2023 年及 2024 年則顯著低於期望次數。另外，青背山雀在 2024 年及棕面鶯在 2023 年的使用次數也顯著高於期望次數(表 14)。

表 14、北區巢箱使用鳥種與年份列聯表

|      |     |             | 年份     |              |              |              |              | 列總合    |
|------|-----|-------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|
|      |     |             | 2020   | 2021         | 2022         | 2023         | 2024         |        |
| 鳥種   | 山麻雀 | 次數          | 4      | 6            | <b>1</b>     | <b>20</b>    | 6            | 37     |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 10.8%  | 16.2%        | <b>2.7%</b>  | <b>54.1%</b> | 16.2%        | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 6.3%   | 5.8%         | <b>.8%</b>   | <b>22.0%</b> | 7.4%         | 7.9%   |
|      |     | 標準化殘差       | -0.5   | -0.7         | <b>-2.9</b>  | <b>4.8</b>   | -0.2         |        |
| 麻雀   | 次數  | 次數          | 24     | <b>45</b>    | <b>67</b>    | <b>0</b>     | <b>0</b>     | 136    |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 17.6%  | <b>33.1%</b> | <b>49.3%</b> | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>  | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 37.5%  | <b>43.7%</b> | <b>51.5%</b> | <b>0.0%</b>  | <b>0.0%</b>  | 29.0%  |
|      |     | 標準化殘差       | 1.3    | <b>2.8</b>   | <b>4.8</b>   | <b>-5.1</b>  | <b>-4.8</b>  |        |
| 青背山雀 | 次數  | 次數          | 0      | 0            | 1            | 2            | <b>3</b>     | 6      |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 0.0%   | 0.0%         | 16.7%        | 33.3%        | <b>50.0%</b> | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 0.0%   | 0.0%         | 0.8%         | 2.2%         | <b>3.7%</b>  | 1.3%   |
|      |     | 標準化殘差       | -0.9   | -1.1         | -0.5         | 0.8          | <b>1.9</b>   |        |
| 棕面鶯  | 次數  | 次數          | 0      | 0            | 0            | <b>5</b>     | 3            | 8      |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 0.0%   | 0.0%         | 0.0%         | <b>62.5%</b> | 37.5%        | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 0.0%   | 0.0%         | 0.0%         | <b>5.5%</b>  | 3.7%         | 1.7%   |
|      |     | 標準化殘差       | -1.0   | -1.3         | -1.5         | <b>2.8</b>   | 1.4          |        |
| 未知   | 次數  | 次數          | 5      | <b>2</b>     | <b>38</b>    | <b>3</b>     | <b>2</b>     | 50     |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 10.0%  | <b>4.0%</b>  | <b>76.0%</b> | <b>6.0%</b>  | <b>4.0%</b>  | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 7.8%   | <b>1.9%</b>  | <b>29.2%</b> | <b>3.3%</b>  | <b>2.5%</b>  | 10.7%  |
|      |     | 標準化殘差       | -0.7   | <b>-2.7</b>  | <b>6.5</b>   | <b>-2.2</b>  | <b>-2.3</b>  |        |
| NA   | 次數  | 次數          | 31     | 50           | <b>23</b>    | <b>61</b>    | <b>67</b>    | 232    |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 13.4%  | 21.6%        | <b>9.9%</b>  | <b>26.3%</b> | <b>28.9%</b> | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 48.4%  | 48.5%        | <b>17.7%</b> | <b>67.0%</b> | <b>82.7%</b> | 49.5%  |
|      |     | 標準化殘差       | -0.1   | -0.1         | <b>-5.2</b>  | <b>2.4</b>   | <b>4.3</b>   |        |
| 欄總合  | 次數  | 次數          | 64     | 103          | 130          | 91           | 81           | 469    |
|      |     | (鳥種)列之內的百分比 | 13.6%  | 22.0%        | 27.7%        | 19.4%        | 17.3%        | 100.0% |
|      |     | (年份)欄之內的百分比 | 100.0% | 100.0%       | 100.0%       | 100.0%       | 100.0%       | 100.0% |

\*註：灰底表示觀察次數顯著高/低於期望次數

(三) 不同土地利用對山麻雀繁殖的影響

1. 歷年巢箱使用狀況

彙整 2019 至 2024 年巢箱使用情形，總計有 7 個物種使用巢箱繁殖。原生種使用次數多寡依序為麻雀、山麻雀、青背山雀、棕面鶯、茶腹鴉(*Sitta europaea*)，外來種則為灰頭棕鳥與白腰鵲鴿(表 15)。各鳥種在不同年間、分區及巢箱類型使用次數見附錄 3。

表 15、歷年各鳥種巢箱使用次數

| 年    | 麻雀  | 山麻雀 | 青背山雀 | 棕面鶯 | 茶腹鴉 | 灰頭棕鳥 | 白腰鵲鴿 | 未知  | NA  | 總使用次數 | 巢箱數 |
|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-------|-----|
| 2019 | 39  | 28  | 11   | 7   | 0   | 0    | 0    | 16  | 226 | 327   | 306 |
| 2020 | 120 | 83  | 22   | 13  | 1   | 0    | 0    | 15  | 448 | 702   | 609 |
| 2021 | 239 | 209 | 30   | 9   | 0   | 0    | 0    | 17  | 584 | 1088  | 912 |
| 2022 | 183 | 117 | 37   | 15  | 0   | 4    | 0    | 284 | 478 | 1118  | 884 |
| 2023 | 172 | 264 | 23   | 17  | 1   | 2    | 1    | 97  | 501 | 1078  | 851 |
| 2024 | 16  | 21  | 6    | 3   | 0   | 2    | 0    | 22  | 299 | 369   | 369 |

整體比較不同巢箱類型的使用年份，發現竹筒巢箱的使用次數最少，共有 217 個竹筒未被使用過。木箱巢箱的使用次數最多，塑膠巢箱次之。其中當巢箱使用年份大於兩年以上時，木巢箱的使用次數依然最高。顯示大部分鳥種偏好木箱材質，塑膠箱次之，而竹筒的使用率最低(圖 12)。

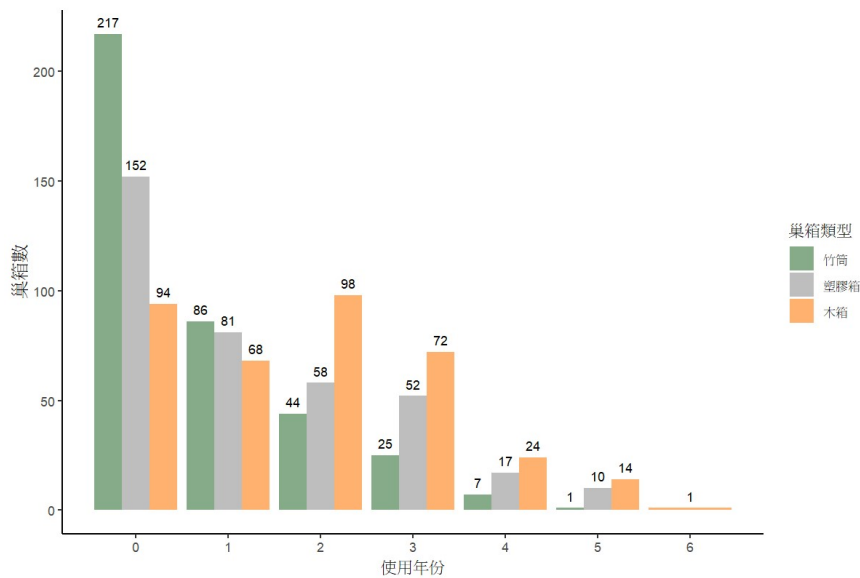


圖 12、巢箱使用年份頻度圖

在麻雀及山麻雀的比較中，山麻雀在前四年(2019 年至 2022 年)的總使用次數皆少於麻雀，但在 2023 年至 2024 年間，山麻雀的總使用次數則高於麻雀。從分區來比較，北區的麻雀使用次數高於山麻雀，中區兩物種使用次數差不多，南區山麻雀使用次數高於麻雀(圖 13)。

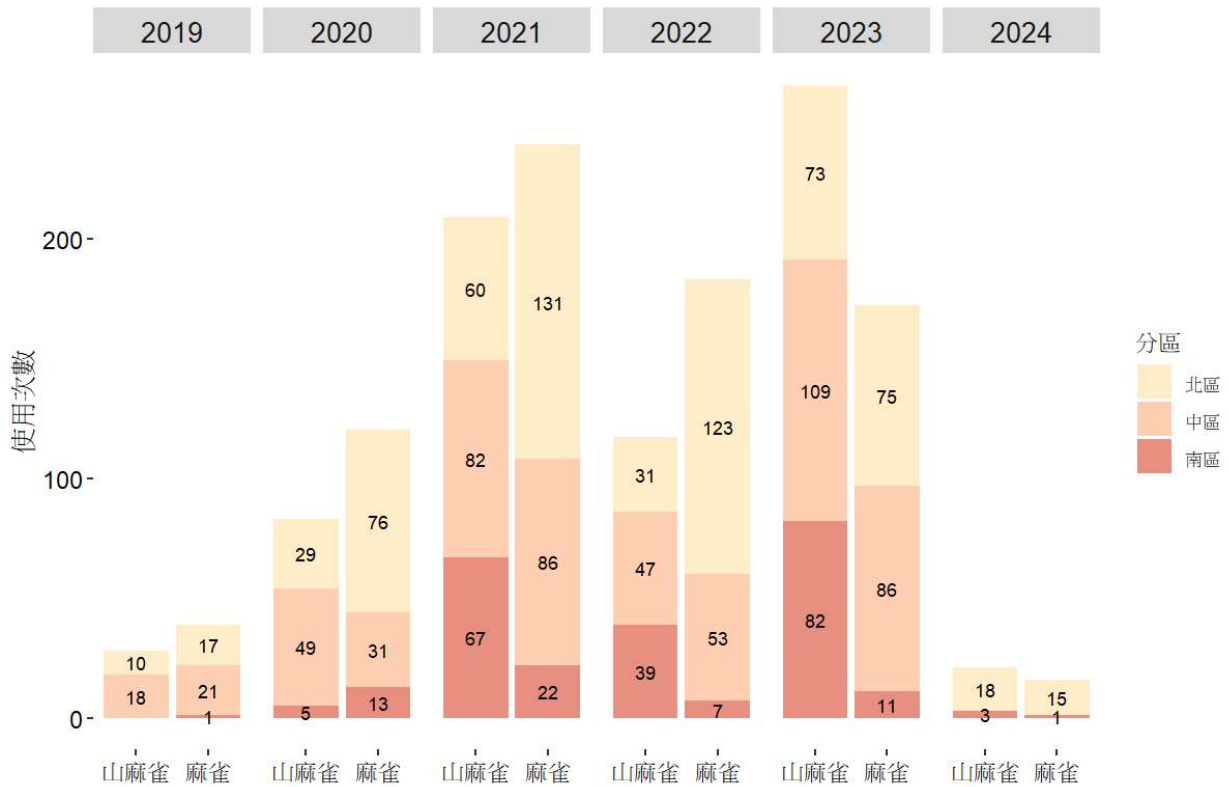


圖 13、各年份、分區的山麻雀與麻雀巢箱使用次數長條圖

## 2. 土地利用因子對巢箱使用影響

### (1) 山麻雀

首先檢視所有巢箱中，山麻雀的繁殖及非繁殖巢箱在土地利用類型的比例。其中灌叢、公園綠地、草生地、濕地 4 項因子的比例皆非常低，故刪除不放入後續分析(表 16)。

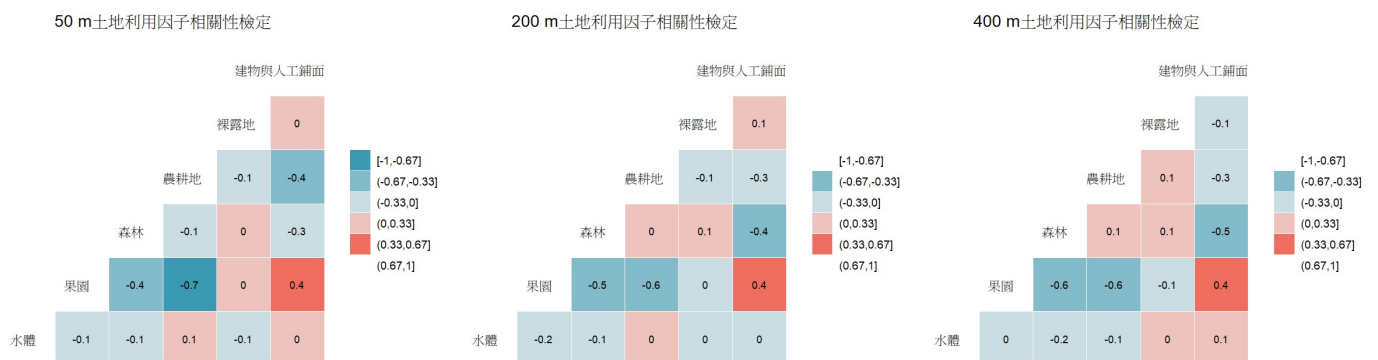
表 16、山麻雀有無繁殖巢箱的土地利用類型比例

| 山麻雀    |        | 建物與人<br>工鋪面 | 裸露地  | 灌叢   | 農耕地   | 森林    | 公園綠地 | 草生地  | 果園    | 水體   | 濕地   |
|--------|--------|-------------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 50 公尺  | 1(有繁殖) | 11.94       | 1.35 | 0.05 | 43.25 | 21.49 | 1.47 | 0.29 | 19.59 | 0.55 | 0.01 |
|        | 0(無繁殖) | 15.71       | 1.88 | 1.10 | 35.01 | 18.16 | 1.11 | 0.69 | 25.58 | 0.77 | 0.00 |
| 200 公尺 | 1(有繁殖) | 6.62        | 1.88 | 0.13 | 34.46 | 35.29 | 1.25 | 0.83 | 17.22 | 2.33 | 0.00 |
|        | 0(無繁殖) | 7.94        | 2.31 | 1.05 | 27.90 | 30.64 | 0.94 | 0.99 | 25.66 | 2.57 | 0.00 |
| 400 公尺 | 1(有繁殖) | 5.04        | 2.53 | 0.25 | 23.77 | 48.66 | 0.95 | 1.11 | 14.89 | 2.79 | 0.00 |
|        | 0(無繁殖) | 6.09        | 3.24 | 0.59 | 19.83 | 42.06 | 0.65 | 1.23 | 23.14 | 3.18 | 0.00 |

\*灰底表示比例太低，刪除因子後不放入後續分析

其次，為避免土地利用類型因子之間的共線性，以 Spearman 相關性檢定檢測三種尺度的圓內土地利用類型面積。若兩兩因子相關性數值大於 0.7，刪除其中一項因子。結果顯示，50 公尺尺度下的農耕地與果園相關性為-0.7，需刪除其中一項因子，而 200 公尺與 400 公尺尺度下，未發現有相關性大於 0.7 的因子(圖 14)。先將 6 個因子建立整體模型(global model)，以變異數膨脹因子(VIF)檢測，刪除數值最高的因子，保留其他因子建立模型。50 公尺尺度刪除農耕地、200 公尺及 400 公尺尺度下刪除果園(附錄 4、附錄 5)。

圖 14、山麻雀土地利用因子 Spearman 相關性檢定



根據廣義線性混合模型結果，顯示不論在何種尺度之下，山麻雀利用巢箱繁殖和「建物與人工鋪面」皆呈負相關；在 200 公尺與 400 公尺尺度下，和「森林」、「農耕地」呈現正相關。另外在 400 公尺尺度下，「裸露地」也呈現負相關(圖 15)。有關山麻雀各尺度的模型列表見附錄 6、附錄 7、附錄 8。

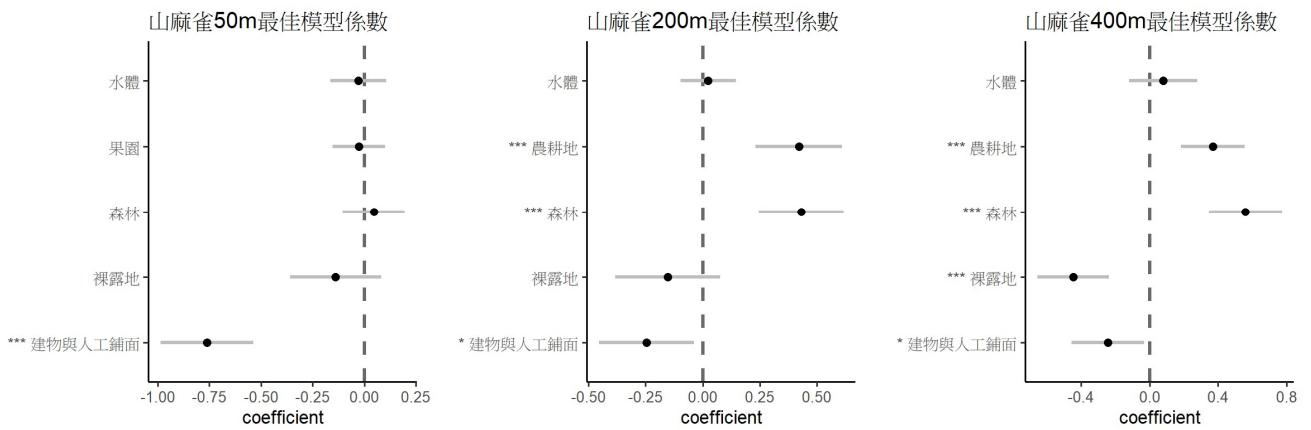


圖 15、山麻雀三種尺度最佳模型係數圖(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ )

(2) 麻雀

先檢視麻雀的繁殖與非繁殖巢箱在土地利用類型的比例。其中公園綠地、濕地 2 項因子的比例皆非常低，故刪除不放入後續分析(表 17)。

表 17、麻雀巢箱有無繁殖的土地利用比例

|        | 麻雀     | 建物與人<br>工鋪面 | 裸露地  | 灌叢   | 農耕地   | 森林    | 公園綠地 | 草地   | 果園    | 水體   | 濕地   |
|--------|--------|-------------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| 50 公尺  | 1(有繁殖) | 16.22       | 0.91 | 3.69 | 46.89 | 6.76  | 0.40 | 0.41 | 24.03 | 0.68 | 0.00 |
|        | 0(無繁殖) | 14.91       | 1.97 | 0.40 | 34.19 | 21.03 | 1.32 | 0.67 | 24.78 | 0.74 | 0.00 |
| 200 公尺 | 1(有繁殖) | 8.84        | 2.51 | 3.22 | 37.81 | 19.57 | 0.37 | 0.86 | 25.43 | 1.39 | 0.00 |
|        | 0(無繁殖) | 7.52        | 2.19 | 0.45 | 27.17 | 33.68 | 1.10 | 0.98 | 24.15 | 2.76 | 0.00 |
| 400 公尺 | 1(有繁殖) | 6.91        | 4.47 | 1.56 | 26.14 | 33.21 | 0.19 | 1.31 | 24.06 | 2.15 | 0.00 |
|        | 0(無繁殖) | 5.73        | 2.87 | 0.33 | 19.31 | 45.03 | 0.79 | 1.20 | 21.43 | 3.31 | 0.00 |

\*灰底表示比例太低，刪除因子後不放入後續分析

Spearman 相關性檢定結果，50 公尺尺度的農耕地與果園相關性為-0.7，需刪除其中一項因子，200 公尺與 400 公尺尺度皆無相關性大於 0.7 的因子(圖 16)。將 8 個因子建立整體模型(global model)後，以變異數膨脹因子(VIF)檢測，刪除數值最高的因子，保留其他因子建立模型。50 公尺尺度刪除農耕地、200 公尺及 400 公尺尺度刪除果園(附錄 9、附錄 10)。

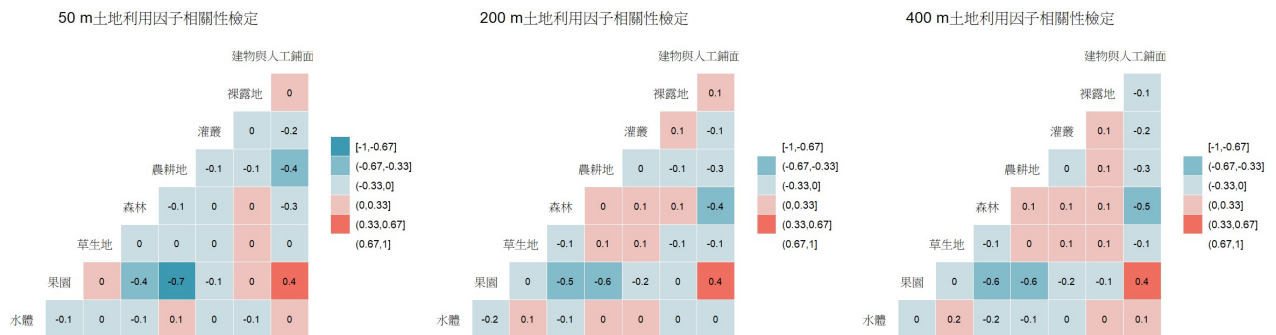


圖 16、麻雀土地利用因子 Spearman 相關性檢定

麻雀的最佳模型顯示不論在何種尺度之下，麻雀利用巢箱繁殖和「森林」皆呈負相關，和「灌叢」呈現正相關。在 50 公尺尺度下，「裸露地」和「果園」呈現負相關，在 200 公尺和 400 公尺尺度下，麻雀利用巢箱繁殖和「建物與人工鋪面」、「裸露地」及「農耕地」呈現正相關(圖 17)。麻雀各尺度的模型列表見附錄 11、附錄 12、附錄 13。

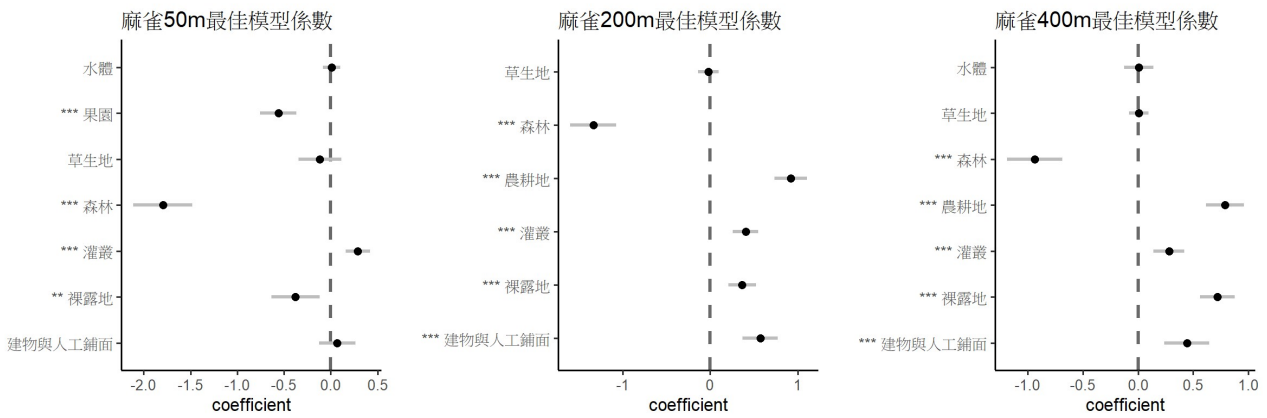


圖 17、麻雀三種尺度最佳模型係數圖(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ )



#### (四) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式

今年度於嘉義縣瑞峰鄉進行繫放工作，共累積 4 個工作日，繫放 16 隻山麻雀，包括 10 隻雄鳥及 6 隻雌鳥。值得注意的是，其中有 2 隻雄鳥曾於 2023 年繫放，今年再次被捕捉(個體環號與色環組合表見附錄 14)。

今年度共目擊回收 9 隻個體，其中 6 隻尚有色環可辨識個體，而 2 隻個體的色環已不見無法辨識個體環號，1 隻僅保留兩個色環，無法完全確認個體，但從距離判斷，推測是在南投萬大林道繫放的個體。回收個體的移動直線距離最大為 14 公里，最短為 0.03 公里。大部份觀察到的山麻雀仍主要活動於原繫放地周圍活動，且移動直線距離大多小於 3 公里(圖 18、表 18)。

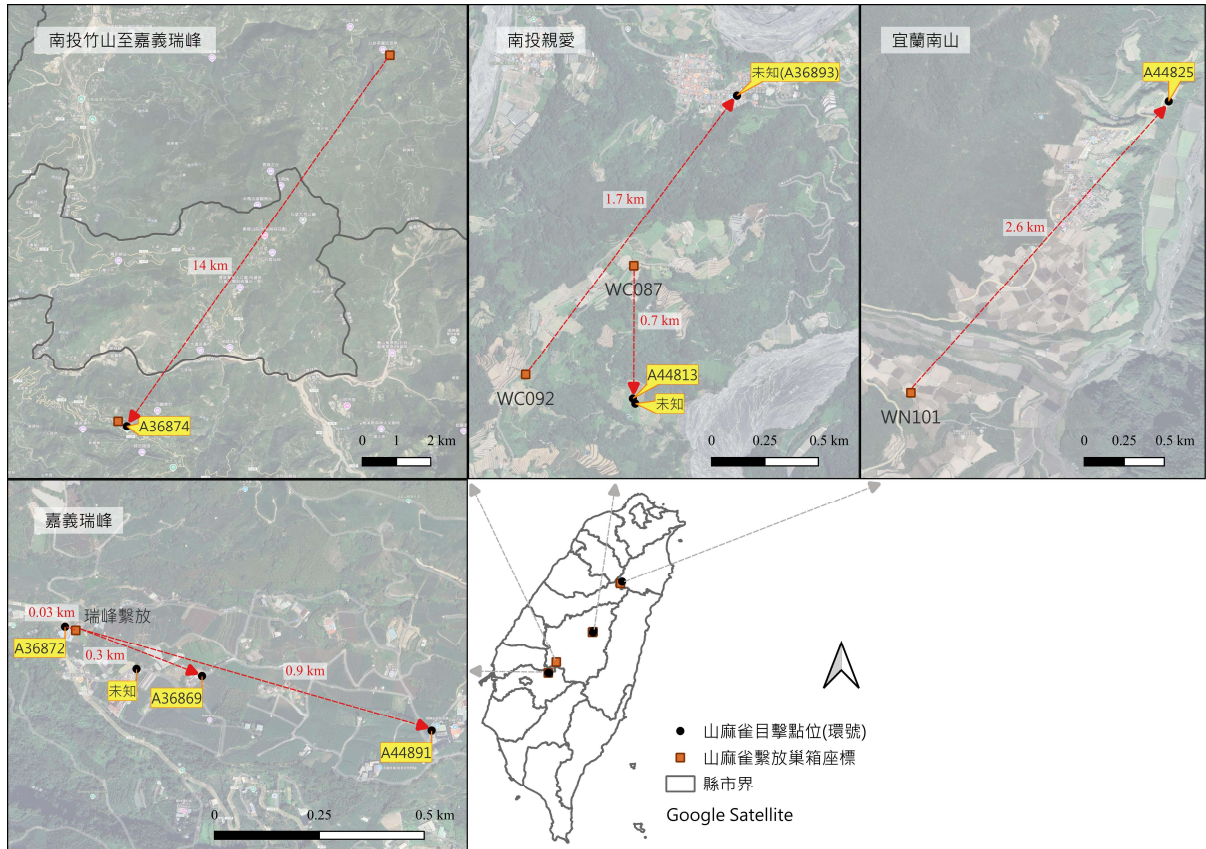




表 18、山麻雀目擊回收資料

| 環號                   | 第1色環<br>(地區)    | 第2色環<br>(左上) | 第3色環<br>(左下) | 年齡        | 性別 | 觀察日期       | 觀察地點      | 原繫放日期   | 原繫放地點                  | 移動直線距離     |
|----------------------|-----------------|--------------|--------------|-----------|----|------------|-----------|---|------------------------|------------|
| A36869               | 不見              | 紫            | 不見           | 二齡以上      | 公  | 2024/03/29 | 嘉義瑞峰      | 2023/02/28  | 嘉義瑞峰                   | 0.3 km     |
| A36874               | 黑               | 黃            | 深藍           | 二齡        | 公  | 2024/04/05 | 嘉義瑞峰      | 2023/05/01  | 竹山(WC070)              | 14 km      |
| 未知                   | 不見              | 紫            | 不見           | 一齡以上      | 公  | 2024/04/14 | 嘉義瑞峰      | 未知  | 未知                     | -          |
| 未知<br>*推測是<br>A36893 | 不見<br>*推測是<br>白 | 紅            | 黃            | *一齡<br>以上 | *母 | 2024/04/16 | 南投親愛      | *從距離判斷，推測是<br>2023/05/15<br>繫放的個體<br>(A36893 白<br>紅黃) | *南投萬<br>大林道<br>(WC092) | *1.7<br>km |
| A44813               | 淺藍              | 橘            | 橘            | 二齡        | 母  | 2024/04/16 | 南投親愛      | 2023/06/07  | 南投萬<br>大林道<br>(WC087)  | 0.7 km     |
| 未知                   | 淺藍              | 不見           | 不見           | 一齡以上      | 母  | 2024/04/16 | 南投親愛      | 未知  | 未知                     | -          |
| A44825               | 橘               | 螢光粉          | 紅            | 二齡        | 公  | 2024/04/22 | 宜蘭南山      | 2023/07/13  | 宜蘭南山<br>(WN101)        | 2.6 km     |
| A44891               | 黑               | 螢光粉          | 深藍           | 一齡以上      | 母  | 2024/05/07 | 嘉義空埔(塑13) | 2024/03/06  | 嘉義瑞峰                   | 0.9 km     |
| A36872               | 黑               | 紫            | 紫            | 二齡以上      | 母  | 2024/12/25 | 嘉義瑞峰      | 2023/02/28  | 嘉義瑞峰                   | 0.03 km    |

\*註：該個體僅留 2 個色環，從距離判斷推測是萬大林道繫放之 A36893 白紅黃個體

### (五) 山麻雀族群遺傳探討

首先透過基因組溯組模型探討山麻雀的有效族群隨著冰河周期波動情形。SMC++的結果顯示，西藏和臺灣族群的祖先在約 20 萬年前有共同的族群成長曲線(圖 19)，之後在末次間冰期(Last interglacial, LIG)左右開始分化。此後，兩個族群皆持續下降，在末次冰盛期(Last glacial maximum, LGM)之後達到最低點。在全新世(Mid-Holocene, MH)期間，族群皆開始上升，直到大約一千年前或數百年前。然而，SMC++最近的估算在這兩個族群中均不穩定。

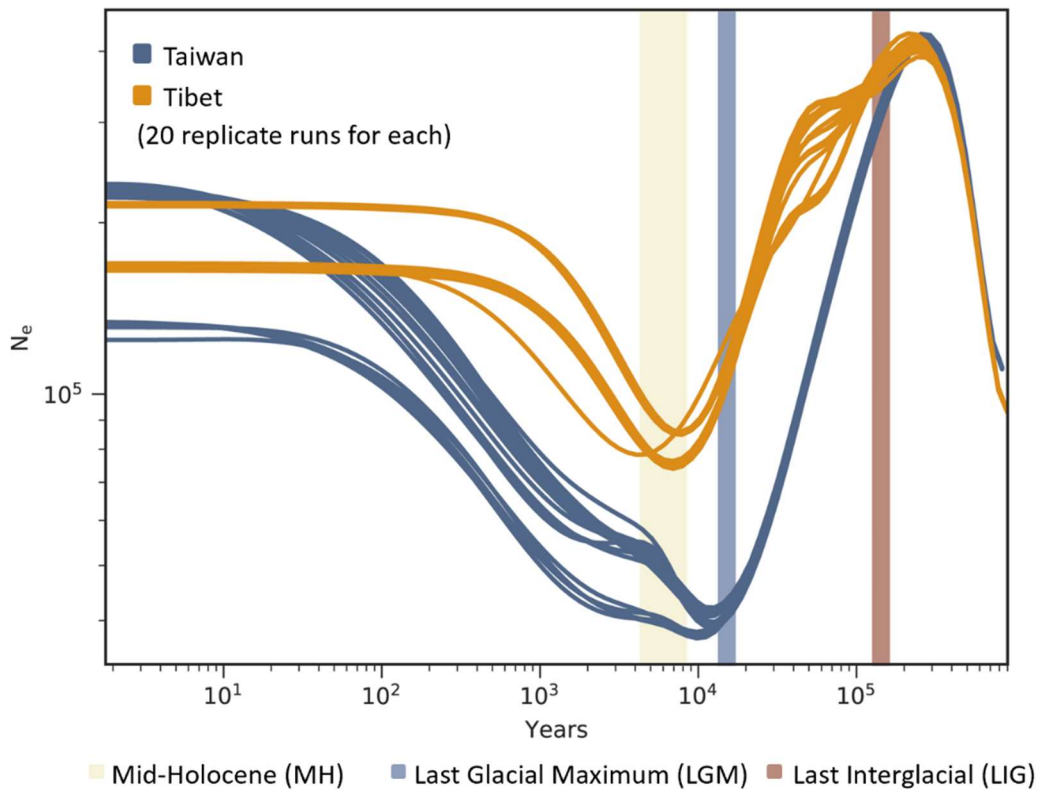


圖 19、SMC++結果圖。Last interglacial(LIG)為末次間冰期；Last glacial maximum(LGM)為末次冰盛期；Mid-Holocene(MH)為全新世

MaxEnt 的結果顯示，在 LIG 期間，山麻雀的合適棲地主要集中在橫斷山脈附近，且範圍廣大(圖 20)。隨著氣候進入冰河時期，合適棲地大幅縮減。比較(a)和(b)的變化，可以清楚看到冰河時期對合適棲地分布的影響，原本大範圍集中於橫斷山脈的棲地，分裂為濱海區域與喜馬拉雅山區的小範圍分布。

此外，在 LGM 時期，由於冰河影響，臺灣與歐亞大陸相連。待冰河時期結束，進入 MH，氣候逐漸回暖，山麻雀的合適棲地範圍擴張，並逐漸趨近現今的分布範圍。從(c)與(d)的對比可以看出，MH 時期的合適棲地已與現代的分布範圍相似。

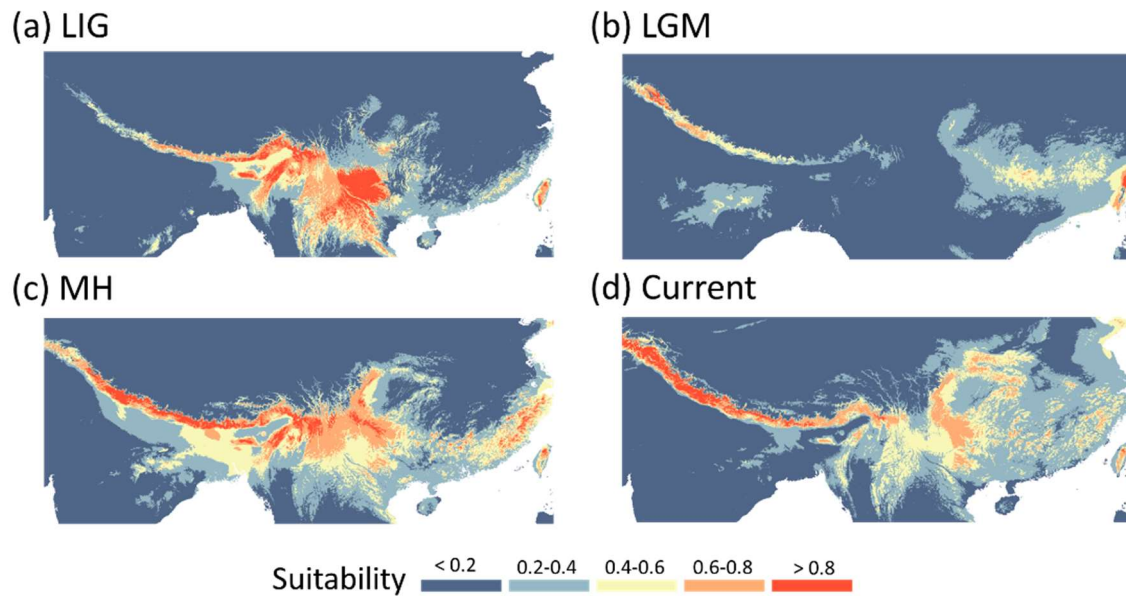


圖 20、MaxEnt 生態棲位模型預測結果(a)末次間冰期 Last interglacial(LIG)、(b)末次冰盛期 Last glacial maximum(LGM)、(c)全新世 Mid-Holocene(MH)、(d)現代 Current

## 五、討論

本研究持續針對全臺山麻雀族群現況及繁殖生態學進行調查與分析，本年度重點放在其族群數量及分布動態、巢箱調整後的使用情形、不同土地利用對巢箱利用的影響、繫放個體的移動模式及族群遺傳結構等方面。透過不同面向分析與監測結果，不僅對山麻雀的生態需求與行為有更進一步的了解，也為未來的保育行動提供了重要的科學依據。本章節將討論各項研究結果，並根據研究發現提出相關建議。

### (一) 全臺山麻雀族群監測

針對全臺山麻雀族群監測結果，歷次的山麻雀調查族群量估計及修正後占據率皆呈現增加趨勢，顯示山麻雀的族群狀態可能處於緩慢擴張階段。今年度的山麻雀調查結果顯示，相較於過去兩次的調查，山麻雀出現的樣區增加，且北區的分布預測等級第三等級也有兩個樣區首次調查到山麻雀，而過去兩次調查時該等級樣區皆沒有調查到山麻雀。顯示山麻雀的分布可能緩慢向過去分布預測等級較低的區域擴張。然而，未來還需進一步確認此擴展趨勢是否穩定，並評估可能影響其分布變化的關鍵因素。

整體而言，第一等級的修正占據率最高，且隨等級下降而遞減，符合物種分布預測的趨勢。但是當樣區數偏少且調查到山麻雀時，修正後占據率可能因樣本數不足而偏高，進而影響到族群量估計的精確度。原本在規劃樣區時，因想對山麻雀分布熱區的狀況有充分瞭解，因此相對於第二及第三級樣區，第一等級有較多的樣區數。因此，未來若人力與物力許可，在規劃山麻雀調查樣區時，可考量增加第三等級的調查樣區，以提升樣本數量，減少因樣區數不足導致的估計誤差。

本次分析僅從樣線角度推估至 1x1 公里網格的山麻雀隻數，然而在絕對族群數量的估計上仍存在諸多未知與限制，因此在解讀結果時仍應保持

審慎。例如，目前尚無研究探討山麻雀在繁殖季的活動範圍及領域大小，甚至棲地品質與活動範圍之間的關係，而這些因素將直接影響族群數量估計的準確性。未來可從山麻雀常利用的棲地角度，以合適棲地面積、棲地破碎化程度、適合的繁殖巢位等環境因子之間的關聯性，以更全面地評估影響其族群分布與數量的因素。

未來的監測計畫應綜合考量山麻雀的分布變化趨勢及環境因子影響，並透過監測方法的優化，確保族群估計的準確性，為保育策略提供更可靠的科學依據。

## （二）監測調整後的巢箱使用狀況

監測地點調整後的巢箱使用狀況顯示，北區和南區巢箱的使用鳥種皆與年份呈現顯著相關。尤其是巢箱地點調整後，山麻雀的使用次數大幅提升，而麻雀使用次數大幅減少，顯示地點調整確實有效地提升山麻雀的巢箱利用率。此結果也凸顯掛設的地點對山麻雀繁殖的影響。顯示適當選擇架設地點能夠降低與麻雀的競爭壓力，提升山麻雀的繁殖機會。此外，除了麻雀之外，部分區域亦記錄到其他鳥種，如外來種灰頭棕鳥與白腰鵲鴿，以及原生種青背山雀與棕面鶯，顯示不同地點的巢箱可能受其他共存鳥種的影響。因此，未來的巢箱架設策略應進一步考量地景特徵及物種間的競爭關係，以確保山麻雀能夠更有效地利用巢箱資源並穩定繁殖。

## （三）不同土地利用對山麻雀繁殖的影響

搭配前項研究結果，山麻雀和麻雀在巢箱使用上的土地利用類型選擇有一些區別。山麻雀利用的繁殖巢箱，其周圍的建物與人工鋪面比例較低，而周圍森林面積比例較高；相較之下，麻雀使用的巢箱則位於周圍建物與人工鋪面的比例較高、森林比例低的環境。這與過去的觀察紀錄相符——山麻雀較

少利用完整的森林環境。因此，雖然森林覆蓋度和山麻雀利用巢箱呈正相關，但仍需進一步研究森林覆蓋需達到或低於何種比例，才能有效支持山麻雀的繁殖。此外，森林與其他土地利用類型的鑲嵌程度如何影響山麻雀的巢箱選擇，還需要後續的研究分析。農耕地對山麻雀與麻雀皆呈現正相關，推測可能與兩個鳥種覓食需求有關。農耕地提供了豐富的昆蟲及種子資源，成為重要的覓食場域。因此未來在規劃人工巢箱掛設時，可優先選擇鄰近農耕地的區域，以提升巢箱的使用率並支持族群的穩定繁殖。

Ceia(2023)研究指出，在提供人工巢箱給次級洞巢者使用時，應根據物種的特定偏好考量巢箱的架設位置，以提升巢箱使用率，使其成為促進生物多樣性的管理工具。過去在掛設人工巢箱的地點時，主要先考量整體大範圍內有山麻雀出現，再由研究人員主觀判斷挑選適合架設巢箱的位置。未來在選擇掛設巢箱的環境時，除了先確認山麻雀的分布範圍，亦可進一步可選擇森林與農耕地比例較高、建物與人工鋪面比例較低的環境，以提供山麻雀足夠巢位繁殖。

另外，歷年巢箱使用狀況顯示，木箱的使用次數最多，塑膠箱次之，而竹筒的使用次數最少。木箱的使用率較高可能與其較好的隔熱與防潮特性有關，而塑膠箱亦有較佳的耐用性。然而，竹筒巢箱因易受潮腐壞、漏水，導致耐久性較差，因此不建議在未來的人工巢箱架設時使用竹筒，應以木箱或塑膠箱為主，以提升巢箱的長期使用效益及繁殖成功率。

#### (四) 持續利用繫放瞭解山麻雀移動及播遷模式

今年度觀察到的山麻雀回收紀錄顯示，大部分個體仍在原繫放地點附近被記錄到，表示部分個體仍然會在出生地附近活動。然而，由於山麻雀體型較小，個體的識別與追蹤相對困難，特別是隨著時間推移，色環可能掉落褪色，進一步增加後續觀察的困難度。此外，未來可結合族群基因體分析，進

一步探討臺灣山麻雀的族群遺傳結構與遺傳多樣性，瞭解不同族群之間的基因交流程度，以及是否存在地理隔離導致的遺傳分化。

#### (五) 山麻雀族群遺傳探討

基因組溯祖模型與生態棲位模型的變動顯示，山麻雀的族群變遷與冰河週期具有密切關聯。根據基因組模型推測，山麻雀的有效族群數量與 MaxEnt 模型預測的棲地適合性變化相互吻合，顯示在冰河期內有效族群數量下降，而在末次冰盛期後逐漸回升。這可能與冰河期間較嚴苛的環境條件有關，例如氣溫降低、資源減少以及棲地範圍的破碎化，進而影響山麻雀的生存與繁殖。然而，這些模式主要反映長時間尺度的變動，對於近代的族群變遷仍需進一步驗證。

值得注意的是，基因組溯祖模型的結果與過去 20 年間的族群監測趨勢並不完全吻合。先前研究顯示，山麻雀的族群數量近年來呈現下降趨勢(蔡若詩等, 2022)，但基因組溯祖分析並未顯示相同的下降模式。這可能是因為近期的族群變動發生時間較短，尚未在基因組留下顯著的遺傳訊號(Wang et al., 2022)。此外，SMC++模型的結果在近期數據上呈現較高的不確定性，顯示該模型可能無法準確解析短時間內的族群動態。未來研究應考慮採用解析度更高的模型，例如 GONE (Santiago et al., 2020)，以更精確地評估近年來的族群變化趨勢。

在生態棲位模型方面，目前的氣候變數主要包含降水量與溫度，然而，植被覆蓋變遷、物種間相互作用及人為干擾等因素同樣可能對山麻雀的族群動態產生重要影響(Dong et al., 2021)。這些環境變數的缺乏，可能會限制模型對於歷史與未來族群變遷的推測準確性。因此，未來可嘗試整合更完整的環境數據，例如土地利用變遷、棲地破碎化指標及農業活動影響，以提升模型對山麻雀分布變化的解釋力。

未來研究將進一步運用其他基因體工具來探討山麻雀族群結構與歷史演化。例如，透過 PLINK (Purcell et al., 2007) 和 ALStructure (Cabrerós & Storey, 2019) 來分析臺灣不同區域的小族群是否存在顯著的遺傳分化。此外，由於西藏與臺灣的地理距離較遠，為進一步解析族群遷徙與演化過程，未來計畫引入貴州地區的山麻雀樣本，進一步比較不同族群的歷史動態，藉此釐清臺灣山麻雀的起源與族群交流模式。



## 六、結論與建議

本年度計畫透過系統性調查建立山麻雀長期監測模式，並運用占據模型估計山麻雀族群量，結果顯示山麻雀族群量呈現穩定增加趨勢，此結果可作為政府機關、民間團體等對臺灣山麻雀整體數量的基礎參考，作為保育決策的依據。建議未來可持續監測，並在下一次調查時，依據山麻雀近 10 年分布狀態，適當調整樣區的配置及預測範圍。此外，若土地利用類型有更新的資訊，可進一步結合分析，瞭解山麻雀占據率和棲地環境的關係。

同時，應定期更新並調整山麻雀巢箱，汰除已腐爛或無法使用的巢箱，優先選擇木頭與塑膠材質的巢箱，並確保其架設於合適的棲地。後續可與林業及自然保育轄區範圍內有山麻雀分布的分署合作，提供山麻雀巢箱架設的相關知識，並鼓勵更多在地單位及地方農民參與山麻雀的保育行動。

## 七、參考文獻

- Alexander, D. H., Novembre, J., & Lange, K. 2009. Fast model-based estimation of ancestry in unrelated individuals. *Genome Research*, 19, 1655–1664. <https://doi.org/10.1101/gr.094052.109>
- Bolger, A. M., Lohse, M., & Usadel, B. 2014. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 30(15), 2114–2120. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu170>
- Brown, J. L., Hill, D. J., Dolan, A. M., Carnaval, A. C., & Haywood, A. M. 2018. PaleoClim, high spatial resolution paleoclimate surfaces for global land areas. *Scientific Data*, 5(1), 180254. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.254>
- Cabreros, I., & Storey, J. D. 2019. A Likelihood-Free Estimator of Population Structure Bridging Admixture Models and Principal Components Analysis. *Genetics*, 212(4), 1009–1029. <https://doi.org/10.1534/genetics.119.302159>
- Ceia, R. S., Lopes, P. B., & da Silva, L. P. 2023. Factors determining the occupancy of nest-boxes by Great Tits (*Parus major*) in eucalypt plantations. *Avian Research*, 14, 100098.
- Chang, A.-Y., W.-J. Chen, R.-Y. He, D.-L. Lin, Y.-L. Lin, T.-E. Lin, S.-P. Chou, C.-F. Lin, R.-S. Lin, L.-W. ChangChien, S.-W. Chang, H.-C. Cheng, Y.-H. Lin, J.-S. Tsai, & P.-F. Lee. 2022. Range map datasets for terrestrial vertebrates across Taiwan. *Data in Brief* 42: 108060. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2022.108060>
- Dong, F., Kuo, H.-C., Chen, G.-L., Wu, F., Shan, P.-F., Wang, J., Chen, D., Lei, F.-M., Hung, C.-M., Liu, Y., & Yang, X.-J. 2021. Population genomic, climatic and anthropogenic evidence suggest the role of human forces in endangerment of green peafowl (*Pavo muticus*). *Proceedings of the Royal*

Society B: Biological Sciences, 288(1948), 20210073.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2021.0073>

eBird. 2021. eBird: An online database of bird distribution and abundance. Version 2.

eBird, Ithaca, New York. Available: <http://www.ebird.org>. (Accessed: 2024/7/30).

Fordham, D. A., Saltr e, F., Haythorne, S., Wigley, T. M. L., Otto-Bliesner, B. L., Chan, K. C., & Brook, B. W. 2017. PaleoView: A tool for generating continuous climate projections spanning the last 21 000 years at regional and global scales. *Ecography*, 40(11), 1348–1358. <https://doi.org/10.1111/ecog.03031>

Haynes, T. B., Schmutz, J. A., Lindberg, M. S., Wright, K. G., Uher-Koch, B. D., Rosenberger, A. E. 2014. Occupancy of yellow-billed and Pacific loons: evidence for interspecific competition and habitat mediated co-occurrence. *Journal of Avian Biology*, 45 (3): 296-304.

Karger, D. N., Conrad, O., B hner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R. W., Zimmermann, N. E., Linder, H. P., & Kessler, M. 2017. Climatologies at high resolution for the earth’s land surface areas. *Scientific Data*, 4(1), 170122. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>

Li, H. 2011. A statistical framework for SNP calling, mutation discovery, association mapping and population genetical parameter estimation from sequencing data. *Bioinformatics*, 27(21), 2987–2993. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr509>

Li, H. 2013. Aligning sequence reads, clone sequences and assembly contigs with BWA-MEM (No. arXiv:1303.3997). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1303.3997>

Li, H., & Durbin, R. 2009. Fast and accurate short read alignment with Burrows-Wheeler transform. *Bioinformatics*, 25, 1754–1760.

- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Andrew Royle, J., & Langtimm, C. A. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 83(8), 2248-2255.
- Martin, J., Kitchens, W.M., Hines, J.E., 2007. Importance of Well-Designed Monitoring Programs for the Conservation of Endangered Species: Case Study of the Snail Kite. *Conservation Biology* 21, 472-481
- NCBI. 2020. National Center for Biotechnology Information (NCBI) *Passer montanus* genome assembly ASM1480565v1.
- Otto-Bliesner, B. L., Marshall, S. J., Overpeck, J. T., Miller, G. H., & Hu, A. 2006. Simulating Arctic climate warmth and icefield retreat in the last interglaciation. *Science (New York, N.Y.)*, 311(5768), 1751–1753. <https://doi.org/10.1126/science.1120808>
- Päckert, M., Hering, J., Belkacem, A. A., Sun, Y.-H., Hille, S., Lkhagvasuren, D., Islam, S., & Martens, J. 2021. A revised multilocus phylogeny of Old World sparrows (Aves: Passeridae). *Vertebrate Zoology*, 71, 353–366. <https://doi.org/10.3897/vz.71.e65952>
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3), 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M. A. R., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P. I. W., Daly, M. J., & Sham, P. C. 2007. PLINK: A Tool Set for Whole-Genome Association and Population-Based Linkage Analyses. *American Journal of Human Genetics*, 81(3), 559–575.
- R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

- Sanderson, F.J., Donald, P.F., Pain, D.J., Burfield, I.J., Van Bommel, F.P., 2006. Longterm population declines in Afro- Palearctic migrant birds. *Biological conservation* 131, 93-105
- Santiago, E., Novo, I., Pardiñas, A. F., Saura, M., Wang, J., & Caballero, A. 2020. Recent Demographic History Inferred by High-Resolution Analysis of Linkage Disequilibrium. *Molecular Biology and Evolution*, 37(12), 3642–3653. <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa169>
- Schoch, C. L., Ciufu, S., Domrachev, M., Hotton, C. L., Kannan, S., Khovanskaya, R., ... & Karsch-Mizrachi, I. 2020. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*, 2020, baaa062.
- Specht, H. M., Reich, H. T., Iannarilli, F., Edwards, M. R., Stapleton, S. P., Weegman, M. D., Johnson, M. K., Yohannes, B. J., T. W. Arnold. 2017. Occupancy surveys with conditional replicates: An alternative sampling design for rare species. *Methods of Ecology and Evolution* 8, 1725-1734
- Summers-Smith, D. 2020. Russet Sparrow (*Passer cinnamomeus*), version 1.0. In *Birds of the World* (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and E. de Juana, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.russpa2.01>
- Terhorst, J., Kamm, J. A., & Song, Y. S. 2017. Robust and scalable inference of population history from hundreds of unphased whole genomes. *Nature Genetics*, 49(2), 303–309. <https://doi.org/10.1038/ng.3748>
- Van der Auwera, G. A., Carneiro, M. O., Hartl, C., Poplin, R., Del Angel, G., Levy-Moonshine, A., Jordan, T., Shakir, K., Roazen, D., Thibault, J., Banks, E., Garimella, K. V., Altshuler, D., Gabriel, S., & DePristo, M. A. 2013. From FastQ data to high confidence variant calls: The Genome Analysis Toolkit

best practices pipeline. *Current Protocols in Bioinformatics*, 43(1110), 11.10.1-11.10.33. <https://doi.org/10.1002/0471250953.bi1110s43>

Wang, P., Hou, R., Wu, Y., Zhang, Z., Que, P., & Chen, P. 2022. Genomic status of yellow-breasted bunting following recent rapid population decline. *iScience*, 25(7), 104501. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104501>

丁昶升。2012。吱吱喳喳話麻雀。冠羽飛訊 220: 9-13。

方偉宏、王健得、林勝惠、蔡錦文、吳淑惠、馮雙。2010。臺灣鳥類全圖鑑。貓頭鷹出版。臺北。

王李廉。2015。山麻雀非繁殖期的遷移行為。臺灣濕地雜誌 96: 40-43。臺南。

王李廉。2016。山麻雀人工巢箱成果報告。台灣溼地雜誌，山麻雀專刊 II，2-9。臺南。

呂佳家、劉奕炘、吳采諭、林瑞興、蔡若詩。2018。叮咚~查水表！2017 全台山麻雀大調查。2018 動物行為暨生態學研討會。國立清華大學。新竹。

李灌霖。2019。嘉義縣山麻雀山村社區保育行動及宣導計畫。行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處。嘉義。

李灌霖。2021。110 年度嘉義縣山麻雀山村社區保育行動及宣導計畫。行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處。嘉義。

林雅雯、蔡若詩。2020。山麻雀保育行動。2020 動物行為暨生態學研討會。澎湖。

林雅雯。2018。環境因子對山麻雀(*Passer rutilans*)巢位選擇及繁殖成敗的影響。碩士論文。國立嘉義大學。嘉義。

屏東縣野鳥學會。2010。高屏地區山麻雀族群分佈現況調查計畫成果報告。行政院農業委員會屏東林區管理處。屏東。

張俊怡。2015。影響三種共域八哥族群數量的因子：以臺北市河濱為例。碩士論文。國立臺灣大學。臺北。

- 許皓捷。2016。臺灣及澎湖群島環境因子 GIS 資料庫。http://mountainecology.blogspot.tw/2016/06/gis.html。
- 馮雙、翁嘉駿、陳怡如。2010。臺灣地區保育類野生動物圖鑑。行政院農業委員會林務局。臺北。
- 楊玉祥、丁宗蘇、吳森雄、吳建龍、阮錦松、林瑞興、蔡乙榮。2020。2020 年臺灣鳥類名錄。中華民國野鳥學會。臺北，臺灣。
- 農業部林業及自然保育署。2024。修正陸域保育類野生動物名錄。臺北。
- 廖晟宏。2016。使用占據模型探討棲地對山麻雀(*Passer rutilans*)分布的影響。碩士論文。國立嘉義大學。嘉義。
- 臺灣濕地保護聯盟。2014。濕盟山麻雀保育計畫：以霧台、大埔、關仔嶺為保育據點。臺灣濕地雜誌 89: 4-9。
- 劉小如、丁宗蘇、方偉宏、林文宏、蔡牧起、顏重威。2012。臺灣鳥類誌第二版。行政院農業委員會林務局。臺北。
- 劉奕炘。2019。探討山麻雀(*Passer cinnamomeus*)與麻雀(*Passer montanus*)交互關係：條件式兩物種占據模型之應用。碩士論文。國立嘉義大學。嘉義。
- 劉晉豈。2019。山麻雀(*Passer cinnamomeus*)與麻雀(*Passer montanus*)之巢位密度與建築物覆蓋度的關係。碩士論文。國立嘉義大學。嘉義。
- 蔡若詩、林雅雯、呂佳家、林瑞興。2022。2022 年瀕危物種山麻雀保育行動計畫。行政院農業委員會林務局、行政院農業委員會特有生物研究保育中心。臺灣。
- 蔡若詩。2015。曾文水庫及臨近地區山麻雀調查成果報告書。經濟部水利署南區水資源局。臺南。
- 蔡若詩。2017。105 年度曾文水庫及臨近地區山麻雀調查及保育對策評估成果報告書。經濟部水利署南區水資源局。臺南。
- 蔡若詩。2020。山麻雀保育行動計畫 (三)。行政院農業委員會林務局。臺北。

- 蔡若詩。2021。山麻雀保育行動計畫（四）。行政院農業委員會林務局。臺北。
- 盧冠安。2004。臺灣山麻雀的分布模式及棲地選擇。碩士論文。國立臺灣大學。  
臺北。
- 謝承恩。2019。山麻雀物種分布模式。碩士論文。國立臺灣大學。臺北。



## 八、附錄

附錄 1、全臺山麻雀調查紀錄表(範例)

| 樣區<br>編號 | 樣線<br>編號 | 日期  | 開始<br>時間 | 天氣 | 風速 | 調查員 | 鳥種  | 距離   |         |       |    |      | 性別<br>(M/F/X) | 成幼<br>(A/J/X) | 調查員的位置<br>(A1/A2/A3/B1/B2/B3) | 於回播時<br>記錄(Y/N) | 對回播<br>的反應 | 備註<br>(盡量描述物種<br>情況)                 |
|----------|----------|-----|----------|----|----|-----|-----|------|---------|-------|----|------|---------------|---------------|-------------------------------|-----------------|------------|--------------------------------------|
|          |          |     |          |    |    |     |     | <25m | 25-100m | >100m | 飛過 | 附帶紀錄 |               |               |                               |                 |            |                                      |
| RS023    | A        | 4/1 | 0630     | A  | 0  | 甲,乙 | 麻雀  | 5    |         |       |    |      | X             | A             | A2                            | Y               | AC         | 回播後出現並開始鳴叫                           |
| RS023    | A        | 4/1 | 0650     | A  | 0  | 甲,乙 | 山麻雀 |      |         |       |    | 1    | M             | A             |                               |                 |            | A 樣線到 B 樣線之間，座標(24.39318, 121.30628) |
| RS023    | B        | 4/1 | 0700     | A  | 0  | 甲,乙 | 山麻雀 |      | 1       |       |    |      | M             | A             | B1                            | N               |            | 站在電線上                                |
| RS161    | A        | 4/1 | 0810     | A  | 0  | 甲,乙 | 山麻雀 | 1    |         |       |    |      | F             | A             | A2                            | Y               | AG         | 回播後出現但無鳴叫                            |
|          |          |     |          |    |    |     |     |      |         |       |    |      |               |               |                               |                 |            |                                      |

**天氣：**A 無雲、B 部分有雲、C 雲層滿布和陰天、D 濃霧、E 毛毛雨、F 陣雨

**風速：**0 無風，草莖不動、1 微風，草莖擺動、2 塵土飛揚，小樹幹搖動、3 大風，大樹搖動

**性別：**M 雄鳥、F 雌鳥、X 無法判斷

**成幼：**A 成鳥、J 幼鳥、X 無法判斷

**距離：**第一次記錄到物種時，物種與道路沿線的垂直距離，填寫隻數。在調查樣線或調查時間以外發現山麻雀，為附帶紀錄，需在備註欄記錄鳥的座標

**記錄時調查員的位置：**記錄到物種時，調查員的位置，選最接近的樣點(A1、A2、A3、B1、B2、B3)

**是否於回播時(4分鐘內)記錄：**於回播時記錄到為 Y、於回播前發現記錄為 N

**回播的反應(可複選)：**A 出現(回播前未發現)、B 靠近(與第一次發現相比距離縮減，記錄最短距離)、C 開始鳴叫(回播後開始出現鳴叫行為)

D 鳴叫速度加快(與第一次發現相比鳴叫速度變快)、E 鳴叫速度減慢(與第一次發現相比鳴叫速度變慢)、F 停止鳴叫(回播開始後停止鳴叫)

G 無反應(回播後仍持續原本的行為)和 H 其它(有別於以上情況，請盡可能的詳細描述在備註欄)

**注意：**若同時出現 2 隻以上的山麻雀，請盡可能詳細記述每隻個體並分開記錄

附錄 2、歷次山麻雀調查族群量變化

| 年份         | 分區 | 等級         | 預測範圍網格數 | 平均最大隻數 | 修正後占據率(95%信賴區間)       | 估算隻數(95%信賴區間)        |
|------------|----|------------|---------|--------|-----------------------|----------------------|
| 2017 年     | 北區 | LV1(7/23)  | 222     | 4.3    | 0.309 (0.154-0.523)   | 295.0 (147.0-499.3)  |
|            |    | LV2(3/19)  | 343     | 4.7    | 0.185 (0.055-0.469)   | 298.2 (88.7-756.1)   |
|            |    | LV3(0/11)  | 524     | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            |    | LV4(0/16)  | -       | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            |    | LV5(0/11)  | -       | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            | 南區 | LV1(3/42)  | 733     | 6.7    | 0.075 (0.024-0.211)   | 368.3 (117.9-1036.2) |
|            |    | LV2(1/21)  | 851     | 3.0    | *0.048 (0-1)          | *122.5               |
|            |    | LV3(0/9)   | 780     | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            |    | LV4(0/8)   | -       | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
| 總計(14/160) |    | 3453       |         |        | 1084.1 (353.5-2291.6) |                      |
| 2020 年     | 北區 | LV1(15/40) | 222     | 2.9    | 0.387 (0.246-0.548)   | 249.2 (158.4-352.8)  |
|            |    | LV2(5/25)  | 343     | 3.4    | 0.292 (0.088-0.638)   | 340.5 (102.6-744.0)  |
|            |    | LV3(0/15)  | 524     | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            |    | LV4(0/15)  | -       | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            |    | LV5(0/11)  | -       | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
|            | 南區 | LV1(5/40)  | 733     | 7.2    | 0.131 (0.055-0.282)   | 691.4 (290.3-1488.3) |
|            |    | LV2(1/26)  | 851     | 1      | *0.038 (0-1)          | *32.3                |
|            |    | LV3(1/14)  | 780     | 1      | *0.071 (0-1)          | *55.4                |
|            |    | LV4(0/8)   | -       | 0.0    | 0.0                   | 0.0                  |
| 總計(27/194) |    | 3453       |         |        | 1368.8 (551.3-2585.1) |                      |
| 2024 年     | 北區 | LV1(16/42) | 222     | 3.7    | 0.420 (0.269-0.587)   | 345.0 (221.0-482.2)  |
|            |    | LV2(6/27)  | 343     | 4.5    | 0.229 (0.106-0.427)   | 353.5 (163.6-659.1)  |
|            |    | LV3(2/16)  | 524     | 4      | 0.260 (0.038-0.759)   | 545.0 (79.6-1590.9)  |
|            | 南區 | LV1(9/48)  | 733     | 3.3    | 0.199 (0.106-0.343)   | 481.4 (256.4-829.7)  |
|            |    | LV2(1/31)  | 851     | 2      | 0.067 (0.006-0.477)   | 114.0 (10.2-811.9)   |
|            |    | LV3(0/16)  | 780     | 0      | 0.0                   | 0.0                  |
| 總計(34/180) |    | 3453       |         |        | 1838.8 (730.8-4373.6) |                      |

\*註：因修正占據率太高，以原始占據率估算隻數，且不計算 95%信賴區間

附錄 3、歷年巢箱鳥種使用次數

| 年    | 分區 | 巢箱類型 | 山麻雀 | 麻雀 | 青背山雀 | 棕面鶯 | 茶腹鶇 | 灰頭棕鳥 | 白腰鵲鴿 | 未知 | NA | 總使用次數 | 巢箱數 |
|------|----|------|-----|----|------|-----|-----|------|------|----|----|-------|-----|
| 2019 | 北區 | 竹筒   | 3   | 3  | 2    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 27 | 35    | 34  |
|      |    | 塑膠箱  | 0   | 4  | 2    | 1   | 0   | 0    | 0    | 0  | 29 | 36    | 35  |
|      |    | 木箱   | 7   | 10 | 4    | 0   | 0   | 0    | 0    | 5  | 15 | 41    | 34  |
|      | 中區 | 竹筒   | 3   | 3  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 1  | 25 | 32    | 32  |
|      |    | 塑膠箱  | 7   | 5  | 0    | 3   | 0   | 0    | 0    | 4  | 20 | 39    | 35  |
|      |    | 木箱   | 8   | 13 | 3    | 3   | 0   | 0    | 0    | 4  | 10 | 41    | 34  |
|      | 南區 | 竹筒   | 0   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 34 | 34    | 34  |
|      |    | 塑膠箱  | 0   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 34 | 34    | 34  |
|      |    | 木箱   | 0   | 1  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 2  | 32 | 35    | 34  |
| 2020 | 北區 | 竹筒   | 5   | 13 | 1    | 0   | 0   | 0    | 0    | 3  | 54 | 76    | 68  |
|      |    | 塑膠箱  | 10  | 22 | 2    | 1   | 0   | 0    | 0    | 2  | 48 | 85    | 67  |
|      |    | 木箱   | 14  | 41 | 6    | 1   | 1   | 0    | 0    | 7  | 24 | 94    | 66  |
|      | 中區 | 竹筒   | 7   | 4  | 2    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 56 | 69    | 67  |
|      |    | 塑膠箱  | 20  | 6  | 1    | 7   | 0   | 0    | 0    | 0  | 47 | 81    | 70  |
|      |    | 木箱   | 22  | 21 | 8    | 4   | 0   | 0    | 0    | 1  | 35 | 91    | 69  |
|      | 南區 | 竹筒   | 1   | 4  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 1  | 63 | 69    | 68  |
|      |    | 塑膠箱  | 0   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 68 | 68    | 67  |
|      |    | 木箱   | 4   | 9  | 2    | 0   | 0   | 0    | 0    | 1  | 53 | 69    | 67  |
| 2021 | 北區 | 竹筒   | 14  | 19 | 0    | 1   | 0   | 0    | 0    | 1  | 75 | 110   | 102 |
|      |    | 塑膠箱  | 8   | 46 | 4    | 0   | 0   | 0    | 0    | 5  | 60 | 123   | 102 |
|      |    | 木箱   | 38  | 66 | 2    | 0   | 0   | 0    | 0    | 3  | 37 | 146   | 100 |
|      | 中區 | 竹筒   | 11  | 28 | 1    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 73 | 113   | 101 |
|      |    | 塑膠箱  | 26  | 22 | 5    | 4   | 0   | 0    | 0    | 1  | 65 | 123   | 103 |
|      |    | 木箱   | 45  | 36 | 14   | 3   | 0   | 0    | 0    | 2  | 40 | 140   | 104 |
|      | 南區 | 竹筒   | 8   | 3  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 91 | 102   | 101 |
|      |    | 塑膠箱  | 22  | 4  | 2    | 0   | 0   | 0    | 0    | 2  | 82 | 112   | 102 |
|      |    | 木箱   | 37  | 15 | 2    | 1   | 0   | 0    | 0    | 3  | 61 | 119   | 97  |
| 2022 | 北區 | 竹筒   | 6   | 28 | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 27 | 56 | 117   | 101 |
|      |    | 塑膠箱  | 8   | 50 | 4    | 1   | 0   | 0    | 0    | 38 | 40 | 141   | 100 |
|      |    | 木箱   | 17  | 45 | 1    | 1   | 0   | 0    | 0    | 52 | 28 | 144   | 95  |
|      | 中區 | 竹筒   | 5   | 10 | 2    | 0   | 0   | 0    | 0    | 21 | 73 | 111   | 99  |
|      |    | 塑膠箱  | 18  | 23 | 7    | 8   | 0   | 0    | 0    | 30 | 46 | 132   | 101 |
|      |    | 木箱   | 24  | 20 | 16   | 4   | 0   | 0    | 0    | 60 | 25 | 149   | 100 |
|      | 南區 | 竹筒   | 7   | 1  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 14 | 79 | 101   | 95  |
|      |    | 塑膠箱  | 11  | 1  | 3    | 1   | 0   | 0    | 0    | 25 | 68 | 109   | 97  |

| 年    | 分區   | 巢箱類型 | 山麻雀 | 麻雀 | 青背山雀 | 棕面鶯 | 茶腹鶯 | 灰頭棕鳥 | 白腰鵲鴿 | 未知 | NA | 總使用次數 | 巢箱數 |    |
|------|------|------|-----|----|------|-----|-----|------|------|----|----|-------|-----|----|
| 2023 | 北區   | 木箱   | 21  | 5  | 4    | 0   | 0   | 4    | 0    | 17 | 62 | 113   | 95  |    |
|      |      | 竹筒   | 11  | 21 | 0    | 1   | 0   | 0    | 0    | 11 | 72 | 116   | 101 |    |
|      |      | 塑膠箱  | 19  | 29 | 3    | 3   | 0   | 0    | 0    | 7  | 58 | 119   | 100 |    |
|      |      | 木箱   | 43  | 25 | 2    | 2   | 1   | 0    | 0    | 8  | 43 | 124   | 94  |    |
|      | 中區   | 竹筒   | 19  | 32 | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 8  | 66 | 125   | 98  |    |
|      |      | 塑膠箱  | 35  | 37 | 2    | 5   | 0   | 0    | 0    | 22 | 42 | 143   | 99  |    |
|      |      | 木箱   | 55  | 17 | 12   | 4   | 0   | 0    | 0    | 25 | 33 | 146   | 97  |    |
|      | 南區   | 竹筒   | 10  | 2  | 0    | 0   | 0   | 0    | 1    | 5  | 72 | 90    | 87  |    |
|      |      | 塑膠箱  | 35  | 1  | 1    | 1   | 0   | 0    | 0    | 5  | 62 | 105   | 89  |    |
|      |      | 木箱   | 37  | 8  | 3    | 1   | 0   | 2    | 0    | 6  | 53 | 110   | 86  |    |
|      | 2024 | 北區   | 竹筒  | 0  | 3    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 5  | 88    | 96  | 96 |
|      |      |      | 塑膠箱 | 9  | 6    | 5   | 2   | 0    | 0    | 0  | 10 | 66    | 98  | 98 |
| 木箱   |      |      | 9   | 6  | 1    | 1   | 0   | 0    | 0    | 7  | 65 | 89    | 89  |    |
| 南區   |      | 竹筒   | 1   | 0  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 23 | 24    | 24  |    |
|      |      | 塑膠箱  | 0   | 1  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0  | 24 | 25    | 25  |    |
|      |      | 木箱   | 2   | 0  | 0    | 0   | 0   | 2    | 0    | 0  | 21 | 25    | 25  |    |

附錄 4、山麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子

| 山麻雀    | 建物與人工鋪面 | 裸露地 | 農耕地  | 森林   | 果園   | 水體  |
|--------|---------|-----|------|------|------|-----|
| 50 公尺  | 1.6     | 1.3 | 10.4 | 6.5  | 8.6  | 1.1 |
| 200 公尺 | 1.4     | 1.2 | 8.0  | 5.9  | 8.9  | 1.8 |
| 400 公尺 | 1.6     | 1.6 | 8.8  | 11.6 | 13.2 | 2.9 |

\*註：灰底表示 VIF 數值太高，刪除該因子後不放入後續分析

附錄 5、山麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子(刪除因子後)

| 山麻雀    | 建物與人工鋪面 | 裸露地 | 農耕地 | 森林  | 果園  | 水體  |
|--------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 50 公尺  | 1.2     | 1.0 | -   | 1.2 | 1.2 | 1.0 |
| 200 公尺 | 1.3     | 1.0 | 1.3 | 1.2 | -   | 1.1 |
| 400 公尺 | 1.3     | 1.0 | 1.2 | 1.4 | -   | 1.2 |

\*註：刪除 VIF 數值太高的因子後，其餘 VIF 數值 < 2.5

附錄 6、山麻雀 50 公尺模型列表

| 模型                              | df | logLik  | AICc   | $\Delta$ AICc | weight |
|---------------------------------|----|---------|--------|---------------|--------|
| 1 建物與人工鋪面 + 裸露地                 | 7  | -1831.1 | 3676.3 | 0.0           | 0.1    |
| 2 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林            | 8  | -1830.2 | 3676.5 | 0.2           | 0.1    |
| 3 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 果園            | 8  | -1830.5 | 3676.9 | 0.6           | 0.1    |
| 4 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 水體            | 8  | -1830.6 | 3677.2 | 0.9           | 0.1    |
| 5 建物與人工鋪面 + 森林                  | 7  | -1831.7 | 3677.5 | 1.2           | 0.1    |
| 6 建物與人工鋪面                       | 6  | -1832.8 | 3677.6 | 1.3           | 0.1    |
| 7 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 水體       | 9  | -1829.8 | 3677.6 | 1.3           | 0.1    |
| 8 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 果園 + 水體       | 9  | -1829.9 | 3677.8 | 1.6           | 0.1    |
| 9 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 果園       | 9  | -1829.9 | 3677.9 | 1.6           | 0.1    |
| 10 建物與人工鋪面 + 果園                 | 7  | -1832.1 | 3678.3 | 2.0           | 0.0    |
| 11 建物與人工鋪面 + 水體                 | 7  | -1832.3 | 3678.7 | 2.4           | 0.0    |
| 12 建物與人工鋪面 + 森林 + 水體            | 8  | -1831.4 | 3678.8 | 2.5           | 0.0    |
| 13 建物與人工鋪面 + 森林 + 果園            | 8  | -1831.5 | 3678.9 | 2.6           | 0.0    |
| 14 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 果園 + 水體 | 10 | -1829.5 | 3679.0 | 2.7           | 0.0    |
| 15 建物與人工鋪面 + 果園 + 水體            | 8  | -1831.7 | 3679.4 | 3.1           | 0.0    |
| 16 建物與人工鋪面 + 森林 + 果園 + 水體       | 9  | -1831.1 | 3680.2 | 3.9           | 0.0    |
| 17 裸露地 + 森林 + 果園                | 8  | -1850.8 | 3717.6 | 41.3          | 0.0    |
| 18 裸露地 + 果園                     | 7  | -1851.9 | 3717.9 | 41.6          | 0.0    |
| 19 森林 + 果園                      | 7  | -1852.4 | 3718.9 | 42.6          | 0.0    |
| 20 裸露地 + 森林                     | 7  | -1852.7 | 3719.4 | 43.1          | 0.0    |
| 21 裸露地 + 森林 + 果園 + 水體           | 9  | -1850.7 | 3719.4 | 43.2          | 0.0    |
| 22 裸露地 + 果園 + 水體                | 8  | -1851.8 | 3719.7 | 43.4          | 0.0    |
| 23 果園                           | 6  | -1853.9 | 3719.8 | 43.5          | 0.0    |
| 24 森林                           | 6  | -1854.3 | 3720.7 | 44.4          | 0.0    |
| 25 森林 + 果園 + 水體                 | 8  | -1852.4 | 3720.8 | 44.5          | 0.0    |
| 26 裸露地 + 森林 + 水體                | 8  | -1852.7 | 3721.3 | 45.0          | 0.0    |
| 27 果園 + 水體                      | 7  | -1853.8 | 3721.6 | 45.3          | 0.0    |
| 28 裸露地                          | 6  | -1855.0 | 3721.9 | 45.6          | 0.0    |
| 29 森林 + 水體                      | 7  | -1854.3 | 3722.7 | 46.4          | 0.0    |
| 30 裸露地 + 水體                     | 7  | -1854.9 | 3723.8 | 47.5          | 0.0    |
| 31 Null model                   | 5  | -1857.0 | 3724.0 | 47.7          | 0.0    |
| 32 水體                           | 6  | -1857.0 | 3725.9 | 49.6          | 0.0    |

\*註：灰底表示  $\Delta$ AICc < 2 的模型組合

附錄 7、山麻雀 200 公尺模型列表

| 模型                              | df | logLik  | AICc   | $\Delta$ AICc | weight |
|---------------------------------|----|---------|--------|---------------|--------|
| 1 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林      | 9  | -1829.2 | 3676.5 | 0.0           | 0.4    |
| 2 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體 | 10 | -1828.8 | 3677.7 | 1.2           | 0.2    |
| 3 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林            | 8  | -1831.2 | 3678.4 | 2.0           | 0.1    |
| 4 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 水體       | 9  | -1830.7 | 3679.4 | 2.9           | 0.1    |
| 5 裸露地 + 農耕地 + 森林                | 8  | -1832.2 | 3680.4 | 4.0           | 0.1    |
| 6 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體           | 9  | -1831.3 | 3680.6 | 4.2           | 0.0    |
| 7 農耕地 + 森林 + 水體                 | 8  | -1832.9 | 3681.9 | 5.4           | 0.0    |
| 8 農耕地 + 森林                      | 7  | -1834.0 | 3682.1 | 5.6           | 0.0    |
| 9 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地           | 8  | -1838.3 | 3692.7 | 16.2          | 0.0    |
| 10 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林           | 8  | -1838.6 | 3693.2 | 16.8          | 0.0    |
| 11 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 水體     | 9  | -1838.3 | 3694.7 | 18.2          | 0.0    |
| 12 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 水體      | 9  | -1838.6 | 3695.2 | 18.7          | 0.0    |
| 13 建物與人工鋪面 + 農耕地                | 7  | -1841.1 | 3696.2 | 19.7          | 0.0    |
| 14 建物與人工鋪面 + 森林                 | 7  | -1841.5 | 3697.1 | 20.6          | 0.0    |
| 15 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 水體           | 8  | -1841.0 | 3698.1 | 21.6          | 0.0    |
| 16 建物與人工鋪面 + 森林 + 水體            | 8  | -1841.5 | 3699.1 | 22.6          | 0.0    |
| 17 建物與人工鋪面 + 裸露地                | 7  | -1843.7 | 3701.4 | 25.0          | 0.0    |
| 18 裸露地 + 農耕地                    | 7  | -1843.8 | 3701.7 | 25.2          | 0.0    |
| 19 裸露地 + 農耕地 + 水體               | 8  | -1843.5 | 3703.1 | 26.6          | 0.0    |
| 20 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 水體           | 8  | -1843.6 | 3703.2 | 26.8          | 0.0    |
| 21 農耕地                          | 6  | -1846.7 | 3705.4 | 29.0          | 0.0    |
| 22 農耕地 + 水體                     | 7  | -1846.3 | 3706.6 | 30.1          | 0.0    |
| 23 建物與人工鋪面                      | 6  | -1847.3 | 3706.7 | 30.2          | 0.0    |
| 24 裸露地 + 森林                     | 7  | -1846.7 | 3707.4 | 31.0          | 0.0    |
| 25 建物與人工鋪面 + 水體                 | 7  | -1847.3 | 3708.5 | 32.0          | 0.0    |
| 26 裸露地 + 森林 + 水體                | 8  | -1846.6 | 3709.3 | 32.8          | 0.0    |
| 27 森林                           | 6  | -1850.0 | 3712.1 | 35.6          | 0.0    |
| 28 森林 + 水體                      | 7  | -1849.9 | 3713.9 | 37.4          | 0.0    |
| 29 裸露地                          | 6  | -1852.8 | 3717.6 | 41.1          | 0.0    |
| 30 裸露地 + 水體                     | 7  | -1852.8 | 3719.6 | 43.1          | 0.0    |
| 31 Null model                   | 5  | -1857.0 | 3724.0 | 47.5          | 0.0    |
| 32 水體                           | 6  | -1856.9 | 3725.9 | 49.4          | 0.0    |

\*註：灰底表示  $\Delta$ AICc < 2 的模型組合

附錄 8、山麻雀 400 公尺模型列表

| 模型                              | df | logLik  | AICc   | $\Delta$ AICc | weight |
|---------------------------------|----|---------|--------|---------------|--------|
| 1 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體 | 10 | -1813.8 | 3647.7 | 0.0           | 0.4    |
| 2 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林      | 9  | -1815.0 | 3648.0 | 0.3           | 0.4    |
| 3 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體           | 9  | -1816.2 | 3650.5 | 2.7           | 0.1    |
| 4 裸露地 + 農耕地 + 森林                | 8  | -1818.0 | 3652.0 | 4.3           | 0.1    |
| 5 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林            | 8  | -1822.3 | 3660.7 | 12.9          | 0.0    |
| 6 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 水體       | 9  | -1822.2 | 3662.4 | 14.7          | 0.0    |
| 7 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 水體       | 9  | -1823.4 | 3664.9 | 17.2          | 0.0    |
| 8 農耕地 + 森林 + 水體                 | 8  | -1824.6 | 3665.3 | 17.6          | 0.0    |
| 9 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林            | 8  | -1825.1 | 3666.3 | 18.6          | 0.0    |
| 10 農耕地 + 森林                     | 7  | -1826.9 | 3667.8 | 20.0          | 0.0    |
| 11 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地          | 8  | -1826.7 | 3669.5 | 21.8          | 0.0    |
| 12 裸露地 + 森林                     | 7  | -1828.7 | 3671.4 | 23.7          | 0.0    |
| 13 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 水體     | 9  | -1826.7 | 3671.5 | 23.8          | 0.0    |
| 14 裸露地 + 森林 + 水體                | 8  | -1828.4 | 3672.8 | 25.1          | 0.0    |
| 15 建物與人工鋪面 + 裸露地                | 7  | -1830.9 | 3675.8 | 28.1          | 0.0    |
| 16 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 水體           | 8  | -1830.8 | 3677.6 | 29.9          | 0.0    |
| 17 建物與人工鋪面 + 森林                 | 7  | -1833.6 | 3681.2 | 33.5          | 0.0    |
| 18 建物與人工鋪面 + 森林 + 水體            | 8  | -1833.4 | 3682.7 | 35.0          | 0.0    |
| 19 裸露地 + 農耕地                    | 7  | -1836.4 | 3686.9 | 39.2          | 0.0    |
| 20 森林                           | 6  | -1838.1 | 3688.2 | 40.5          | 0.0    |
| 21 裸露地 + 農耕地 + 水體               | 8  | -1836.4 | 3688.8 | 41.1          | 0.0    |
| 22 森林 + 水體                      | 7  | -1837.7 | 3689.3 | 41.6          | 0.0    |
| 23 建物與人工鋪面 + 農耕地                | 7  | -1840.7 | 3695.5 | 47.8          | 0.0    |
| 24 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 水體           | 8  | -1840.7 | 3697.5 | 49.8          | 0.0    |
| 25 裸露地                          | 6  | -1843.4 | 3698.8 | 51.0          | 0.0    |
| 26 裸露地 + 水體                     | 7  | -1843.3 | 3700.7 | 53.0          | 0.0    |
| 27 建物與人工鋪面                      | 6  | -1845.8 | 3703.6 | 55.9          | 0.0    |
| 28 建物與人工鋪面 + 水體                 | 7  | -1845.7 | 3705.5 | 57.8          | 0.0    |
| 29 農耕地                          | 6  | -1849.1 | 3710.3 | 62.6          | 0.0    |
| 30 農耕地 + 水體                     | 7  | -1849.1 | 3712.1 | 64.4          | 0.0    |
| 31 Null model                   | 5  | -1857.0 | 3724.0 | 76.3          | 0.0    |
| 32 水體                           | 6  | -1857.0 | 3726.0 | 78.2          | 0.0    |

\*註：灰底表示  $\Delta$ AICc < 2 的模型組合



附錄 9、麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子

| 麻雀     | 建物與人工鋪面 | 裸露地 | 灌叢  | 農耕地  | 森林   | 草地  | 果園    | 水體  |
|--------|---------|-----|-----|------|------|-----|-------|-----|
| 50 公尺  | 3.5     | 1.6 | 4.7 | 29.6 | 6.0  | 1.3 | 22.4  | 1.4 |
| 200 公尺 | 2.8     | 2.8 | 6.6 | 39.5 | 13.6 | 1.5 | 42.2  | 2.6 |
| 400 公尺 | 4.7     | 7.1 | 5.0 | 65.4 | 50.7 | 2.2 | 106.9 | 6.5 |

\*註：灰底表示 VIF 數值太高，刪除該因子後不放入後續分析

附錄 10、麻雀模型以變異數膨脹因子檢測土地利用類型因子(刪除因子後)

| 麻雀     | 建物與人工鋪面 | 裸露地 | 灌叢  | 農耕地 | 森林  | 草地  | 果園  | 水體  |
|--------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 50 公尺  | 1.0     | 1.0 | 1.0 | -   | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 1.0 |
| 200 公尺 | 1.2     | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | -   | 1.1 |
| 400 公尺 | 1.3     | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | -   | 1.2 |

\*註：刪除 VIF 數值太高的因子後，其餘 VIF 數值 < 2.5

附錄 11、麻雀 50 公尺模型列表

| 模型  | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|---|----|----------|---------|---------------|--------|
| 1 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園                | 10 | -1695.96 | 3411.97 | 0.00          | 0.23   |
| 2 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園      | 11 | -1695.06 | 3412.18 | 0.20          | 0.21   |
| 3 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 果園            | 10 | -1696.46 | 3412.97 | 0.99          | 0.14   |
| 4 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 果園                      | 9  | -1697.54 | 3413.11 | 1.14          | 0.13   |
| 5 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體           | 11 | -1695.89 | 3413.84 | 1.87          | 0.09   |
| 6 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體 | 12 | -1694.94 | 3413.94 | 1.97          | 0.08   |
| 7 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 果園 + 水體       | 11 | -1696.31 | 3414.68 | 2.71          | 0.06   |
| 8 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 果園 + 水體                 | 10 | -1697.45 | 3414.95 | 2.97          | 0.05   |
| 9 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園                      | 9  | -1701.14 | 3420.33 | 8.35          | 0.00   |
| 10 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園           | 10 | -1700.31 | 3420.67 | 8.70          | 0.00   |
| 11 灌叢 + 森林 + 果園                           | 8  | -1702.62 | 3421.27 | 9.30          | 0.00   |
| 12 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 果園                 | 9  | -1701.63 | 3421.31 | 9.33          | 0.00   |
| 13 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體                | 10 | -1701.01 | 3422.06 | 10.09         | 0.00   |
| 14 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體      | 11 | -1700.11 | 3422.29 | 10.31         | 0.00   |
| 15 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 果園 + 水體            | 10 | -1701.41 | 3422.86 | 10.89         | 0.00   |
| 16 灌叢 + 森林 + 果園 + 水體                      | 9  | -1702.46 | 3422.97 | 10.99         | 0.00   |
| 17 裸露地 + 森林 + 草生地 + 果園                    | 9  | -1705.91 | 3429.87 | 17.89         | 0.00   |
| 18 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草生地 + 果園          | 10 | -1705.52 | 3431.09 | 19.11         | 0.00   |
| 19 裸露地 + 森林 + 果園                          | 8  | -1707.74 | 3431.51 | 19.54         | 0.00   |
| 20 裸露地 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體               | 10 | -1705.87 | 3431.78 | 19.81         | 0.00   |
| 21 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 果園                | 9  | -1707.22 | 3432.49 | 20.51         | 0.00   |
| 22 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體     | 11 | -1705.45 | 3432.96 | 20.98         | 0.00   |
| 23 裸露地 + 森林 + 果園 + 水體                     | 9  | -1707.68 | 3433.40 | 21.42         | 0.00   |
| 24 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 果園 + 水體           | 10 | -1707.13 | 3434.31 | 22.34         | 0.00   |
| 25 森林 + 草生地 + 果園                          | 8  | -1711.75 | 3439.53 | 27.56         | 0.00   |
| 26 建物與人工鋪面 + 森林 + 草生地 + 果園                | 9  | -1711.42 | 3440.88 | 28.91         | 0.00   |
| 27 森林 + 果園                                | 7  | -1713.47 | 3440.96 | 28.99         | 0.00   |
| 28 森林 + 草生地 + 果園 + 水體                     | 9  | -1711.65 | 3441.34 | 29.36         | 0.00   |
| 29 建物與人工鋪面 + 森林 + 果園                      | 8  | -1713.04 | 3442.10 | 30.13         | 0.00   |
| 30 建物與人工鋪面 + 森林 + 草生地 + 果園 + 水體           | 10 | -1711.29 | 3442.62 | 30.65         | 0.00   |
| 31 森林 + 果園 + 水體                           | 8  | -1713.35 | 3442.73 | 30.75         | 0.00   |
| 32 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地                    | 9  | -1712.76 | 3443.56 | 31.58         | 0.00   |
| 33 建物與人工鋪面 + 森林 + 果園 + 水體                 | 9  | -1712.88 | 3443.79 | 31.82         | 0.00   |
| 34 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體               | 10 | -1712.19 | 3444.43 | 32.46         | 0.00   |
| 35 裸露地 + 灌叢 + 森林                          | 8  | -1714.25 | 3444.53 | 32.55         | 0.00   |

| 模型                                   | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|--------------------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 36 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草地      | 10 | -1712.61 | 3445.26 | 33.28         | 0.00   |
| 37 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 水體                | 9  | -1713.64 | 3445.31 | 33.34         | 0.00   |
| 38 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草地 + 水體 | 11 | -1711.97 | 3446.00 | 34.03         | 0.00   |
| 39 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林           | 9  | -1714.01 | 3446.06 | 34.09         | 0.00   |
| 40 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 水體      | 10 | -1713.32 | 3446.68 | 34.71         | 0.00   |
| 41 灌叢 + 森林 + 草地                      | 8  | -1718.25 | 3452.54 | 40.56         | 0.00   |
| 42 灌叢 + 森林 + 草地 + 水體                 | 9  | -1717.52 | 3453.08 | 41.10         | 0.00   |
| 43 灌叢 + 森林                           | 7  | -1719.64 | 3453.31 | 41.33         | 0.00   |
| 44 灌叢 + 森林 + 水體                      | 8  | -1718.86 | 3453.75 | 41.77         | 0.00   |
| 45 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草地            | 9  | -1718.14 | 3454.32 | 42.34         | 0.00   |
| 46 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草地 + 水體       | 10 | -1717.34 | 3454.72 | 42.75         | 0.00   |
| 47 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林                 | 8  | -1719.46 | 3454.95 | 42.98         | 0.00   |
| 48 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 水體            | 9  | -1718.59 | 3455.22 | 43.25         | 0.00   |
| 49 裸露地 + 森林 + 草地                     | 8  | -1724.31 | 3464.64 | 52.67         | 0.00   |
| 50 裸露地 + 森林 + 草地 + 水體                | 9  | -1723.79 | 3465.63 | 53.65         | 0.00   |
| 51 裸露地 + 森林                          | 7  | -1726.05 | 3466.12 | 54.15         | 0.00   |
| 52 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草地           | 9  | -1724.31 | 3466.65 | 54.68         | 0.00   |
| 53 裸露地 + 森林 + 水體                     | 8  | -1725.49 | 3467.01 | 55.04         | 0.00   |
| 54 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草地 + 水體      | 10 | -1723.79 | 3467.62 | 55.64         | 0.00   |
| 55 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林                | 8  | -1726.04 | 3468.10 | 56.13         | 0.00   |
| 56 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 水體           | 9  | -1725.46 | 3468.95 | 56.98         | 0.00   |
| 57 森林 + 草地                           | 7  | -1730.57 | 3475.16 | 63.18         | 0.00   |
| 58 森林 + 草地 + 水體                      | 8  | -1729.89 | 3475.80 | 63.83         | 0.00   |
| 59 森林                                | 6  | -1732.20 | 3476.41 | 64.44         | 0.00   |
| 60 森林 + 水體                           | 7  | -1731.46 | 3476.95 | 64.98         | 0.00   |
| 61 建物與人工鋪面 + 森林 + 草地                 | 8  | -1730.56 | 3477.16 | 65.18         | 0.00   |
| 62 建物與人工鋪面 + 森林 + 草地 + 水體            | 9  | -1729.88 | 3477.81 | 65.83         | 0.00   |
| 63 建物與人工鋪面 + 森林                      | 7  | -1732.20 | 3478.41 | 66.44         | 0.00   |
| 64 建物與人工鋪面 + 森林 + 水體                 | 8  | -1731.45 | 3478.93 | 66.96         | 0.00   |
| 65 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 果園           | 9  | -1779.18 | 3576.41 | 164.43        | 0.00   |
| 66 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 果園 + 水體      | 10 | -1778.49 | 3577.03 | 165.05        | 0.00   |
| 67 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草地 + 果園      | 10 | -1778.98 | 3578.00 | 166.03        | 0.00   |
| 68 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草地 + 果園 + 水體 | 11 | -1778.30 | 3578.66 | 166.69        | 0.00   |
| 69 裸露地 + 灌叢 + 果園                     | 8  | -1782.44 | 3580.91 | 168.93        | 0.00   |
| 70 裸露地 + 灌叢 + 果園 + 水體                | 9  | -1781.97 | 3581.97 | 170.00        | 0.00   |
| 71 裸露地 + 灌叢 + 草地 + 果園                | 9  | -1782.11 | 3582.25 | 170.28        | 0.00   |
| 72 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 果園                 | 8  | -1783.49 | 3583.00 | 171.03        | 0.00   |

| 模型                               | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|----------------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 73 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 果園 + 水體        | 9  | -1782.66 | 3583.35 | 171.38        | 0.00   |
| 74 裸露地 + 灌叢 + 草地 + 果園 + 水體       | 10 | -1781.65 | 3583.35 | 171.38        | 0.00   |
| 75 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 水體       | 9  | -1782.98 | 3584.00 | 172.02        | 0.00   |
| 76 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢            | 8  | -1784.06 | 3584.16 | 172.19        | 0.00   |
| 77 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草地 + 果園        | 9  | -1783.30 | 3584.64 | 172.67        | 0.00   |
| 78 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草地 + 果園 + 水體   | 10 | -1782.49 | 3585.03 | 173.05        | 0.00   |
| 79 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草地 + 水體  | 10 | -1782.76 | 3585.57 | 173.60        | 0.00   |
| 80 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草地       | 9  | -1783.82 | 3585.68 | 173.70        | 0.00   |
| 81 裸露地 + 灌叢                      | 7  | -1786.28 | 3586.58 | 174.61        | 0.00   |
| 82 裸露地 + 灌叢 + 水體                 | 8  | -1785.48 | 3587.00 | 175.02        | 0.00   |
| 83 灌叢 + 果園                       | 7  | -1786.56 | 3587.15 | 175.17        | 0.00   |
| 84 裸露地 + 灌叢 + 草地                 | 8  | -1785.92 | 3587.88 | 175.90        | 0.00   |
| 85 灌叢 + 果園 + 水體                  | 8  | -1785.97 | 3587.98 | 176.00        | 0.00   |
| 86 裸露地 + 灌叢 + 草地 + 水體            | 9  | -1785.15 | 3588.34 | 176.37        | 0.00   |
| 87 灌叢 + 草地 + 果園                  | 8  | -1786.26 | 3588.56 | 176.58        | 0.00   |
| 88 灌叢 + 草地 + 果園 + 水體             | 9  | -1785.69 | 3589.42 | 177.45        | 0.00   |
| 89 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 水體             | 8  | -1787.29 | 3590.61 | 178.64        | 0.00   |
| 90 建物與人工鋪面 + 灌叢                  | 7  | -1788.55 | 3591.12 | 179.15        | 0.00   |
| 91 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草地 + 水體        | 9  | -1787.10 | 3592.23 | 180.26        | 0.00   |
| 92 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草地             | 8  | -1788.33 | 3592.69 | 180.71        | 0.00   |
| 93 灌叢                            | 6  | -1790.59 | 3593.19 | 181.21        | 0.00   |
| 94 灌叢 + 水體                       | 7  | -1789.63 | 3593.28 | 181.31        | 0.00   |
| 95 灌叢 + 草地                       | 7  | -1790.27 | 3594.56 | 182.58        | 0.00   |
| 96 灌叢 + 草地 + 水體                  | 8  | -1789.33 | 3594.70 | 182.72        | 0.00   |
| 97 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 果園            | 8  | -1802.95 | 3621.94 | 209.96        | 0.00   |
| 98 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 果園 + 水體       | 9  | -1802.40 | 3622.84 | 210.87        | 0.00   |
| 99 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草地 + 果園       | 9  | -1802.64 | 3623.33 | 211.35        | 0.00   |
| 100 裸露地 + 果園                     | 7  | -1804.90 | 3623.83 | 211.85        | 0.00   |
| 101 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草地 + 果園 + 水體 | 10 | -1802.11 | 3624.27 | 212.30        | 0.00   |
| 102 裸露地 + 草地 + 果園                | 8  | -1804.48 | 3625.00 | 213.02        | 0.00   |
| 103 裸露地 + 果園 + 水體                | 8  | -1804.50 | 3625.04 | 213.07        | 0.00   |
| 104 裸露地 + 草地 + 果園 + 水體           | 9  | -1804.10 | 3626.24 | 214.27        | 0.00   |
| 105 建物與人工鋪面 + 果園                 | 7  | -1808.03 | 3630.08 | 218.10        | 0.00   |
| 106 建物與人工鋪面 + 裸露地                | 7  | -1808.12 | 3630.25 | 218.28        | 0.00   |
| 107 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 水體           | 8  | -1807.21 | 3630.44 | 218.47        | 0.00   |
| 108 裸露地                          | 6  | -1809.24 | 3630.49 | 218.52        | 0.00   |
| 109 建物與人工鋪面 + 果園 + 水體            | 8  | -1807.35 | 3630.73 | 218.76        | 0.00   |

| 模型                          | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|-----------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 110 裸露地 + 水體                | 7  | -1808.52 | 3631.06 | 219.09        | 0.00   |
| 111 建物與人工鋪面 + 草地 + 果園       | 8  | -1807.75 | 3631.52 | 219.55        | 0.00   |
| 112 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草地      | 8  | -1807.76 | 3631.54 | 219.57        | 0.00   |
| 113 裸露地 + 草地                | 7  | -1808.79 | 3631.60 | 219.63        | 0.00   |
| 114 果園                      | 6  | -1809.80 | 3631.61 | 219.64        | 0.00   |
| 115 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草地 + 水體 | 9  | -1806.88 | 3631.79 | 219.82        | 0.00   |
| 116 建物與人工鋪面 + 草地 + 果園 + 水體  | 9  | -1807.09 | 3632.22 | 220.24        | 0.00   |
| 117 裸露地 + 草地 + 水體           | 8  | -1808.10 | 3632.22 | 220.25        | 0.00   |
| 118 果園 + 水體                 | 7  | -1809.29 | 3632.60 | 220.62        | 0.00   |
| 119 草地 + 果園                 | 7  | -1809.42 | 3632.86 | 220.89        | 0.00   |
| 120 草地 + 果園 + 水體            | 8  | -1808.93 | 3633.88 | 221.91        | 0.00   |
| 121 建物與人工鋪面 + 水體            | 7  | -1812.33 | 3638.68 | 226.71        | 0.00   |
| 122 Null model              | 5  | -1814.37 | 3638.75 | 226.77        | 0.00   |
| 123 建物與人工鋪面                 | 6  | -1813.41 | 3638.83 | 226.86        | 0.00   |
| 124 水體                      | 6  | -1813.48 | 3638.99 | 227.01        | 0.00   |
| 125 草地                      | 6  | -1813.96 | 3639.95 | 227.97        | 0.00   |
| 126 建物與人工鋪面 + 草地 + 水體       | 8  | -1812.03 | 3640.10 | 228.12        | 0.00   |
| 127 建物與人工鋪面 + 草地            | 7  | -1813.08 | 3640.18 | 228.21        | 0.00   |
| 128 草地 + 水體                 | 7  | -1813.11 | 3640.24 | 228.26        | 0.00   |

\*註：灰底表示 $\Delta$ AICc < 2 的模型組合

附錄 12、麻雀 200 公尺模型列表

| 模型  | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|---|----|----------|---------|---------------|--------|
| 1 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林           | 10 | -1649.38 | 3318.81 | 0.00          | 0.50   |
| 2 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地      | 11 | -1649.12 | 3320.29 | 1.48          | 0.24   |
| 3 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體      | 11 | -1649.38 | 3320.82 | 2.01          | 0.18   |
| 4 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體 | 12 | -1649.12 | 3322.30 | 3.49          | 0.09   |
| 5 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林                 | 9  | -1658.55 | 3335.13 | 16.32         | 0.00   |
| 6 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地            | 10 | -1658.04 | 3336.12 | 17.31         | 0.00   |
| 7 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體            | 10 | -1658.54 | 3337.14 | 18.32         | 0.00   |
| 8 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體       | 11 | -1658.04 | 3338.13 | 19.32         | 0.00   |
| 9 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林                     | 9  | -1664.24 | 3346.53 | 27.71         | 0.00   |
| 10 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地               | 10 | -1663.64 | 3347.32 | 28.50         | 0.00   |
| 11 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體               | 10 | -1663.99 | 3348.02 | 29.20         | 0.00   |
| 12 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體          | 11 | -1663.35 | 3348.75 | 29.94         | 0.00   |
| 13 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林               | 9  | -1665.79 | 3349.61 | 30.80         | 0.00   |
| 14 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草地          | 10 | -1665.44 | 3350.92 | 32.11         | 0.00   |
| 15 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體          | 10 | -1665.53 | 3351.10 | 32.29         | 0.00   |
| 16 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體     | 11 | -1665.21 | 3352.47 | 33.65         | 0.00   |
| 17 灌叢 + 農耕地 + 森林                          | 8  | -1672.90 | 3361.83 | 43.01         | 0.00   |
| 18 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地                     | 9  | -1671.93 | 3361.89 | 43.07         | 0.00   |
| 19 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體                | 10 | -1671.63 | 3363.30 | 44.49         | 0.00   |
| 20 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體                     | 9  | -1672.64 | 3363.31 | 44.50         | 0.00   |
| 21 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林                     | 8  | -1674.29 | 3364.61 | 45.79         | 0.00   |
| 22 裸露地 + 農耕地 + 森林                         | 8  | -1674.56 | 3365.15 | 46.33         | 0.00   |
| 23 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 草地                | 9  | -1673.66 | 3365.36 | 46.54         | 0.00   |
| 24 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草地                    | 9  | -1673.94 | 3365.92 | 47.11         | 0.00   |
| 25 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 水體                | 9  | -1674.06 | 3366.16 | 47.35         | 0.00   |
| 26 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體           | 10 | -1673.47 | 3366.99 | 48.17         | 0.00   |
| 27 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體                    | 9  | -1674.56 | 3367.16 | 48.34         | 0.00   |
| 28 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體               | 10 | -1673.94 | 3367.92 | 49.11         | 0.00   |
| 29 農耕地 + 森林                               | 7  | -1682.81 | 3379.65 | 60.84         | 0.00   |
| 30 農耕地 + 森林 + 草地                          | 8  | -1681.83 | 3379.68 | 60.87         | 0.00   |
| 31 農耕地 + 森林 + 水體                          | 8  | -1682.81 | 3381.65 | 62.84         | 0.00   |
| 32 農耕地 + 森林 + 草地 + 水體                     | 9  | -1681.82 | 3381.68 | 62.87         | 0.00   |
| 33 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草地           | 10 | -1696.61 | 3413.26 | 94.45         | 0.00   |
| 34 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林                | 9  | -1697.71 | 3413.46 | 94.65         | 0.00   |
| 35 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草地 + 水體      | 11 | -1696.31 | 3414.67 | 95.85         | 0.00   |

| 模型                                     | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|--|----|----------|---------|---------------|--------|
| 36 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 水體        | 10 | -1697.46 | 3414.97 | 96.16         | 0.00   |
| 37 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地                 | 9  | -1700.18 | 3418.41 | 99.59         | 0.00   |
| 38 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草生地             | 9  | -1700.50 | 3419.04 | 100.22        | 0.00   |
| 39 裸露地 + 灌叢 + 森林                       | 8  | -1701.50 | 3419.04 | 100.23        | 0.00   |
| 40 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體            | 10 | -1699.55 | 3419.15 | 100.33        | 0.00   |
| 41 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林                   | 8  | -1701.88 | 3419.79 | 100.98        | 0.00   |
| 42 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 水體                  | 9  | -1700.94 | 3419.92 | 101.11        | 0.00   |
| 43 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體        | 10 | -1700.18 | 3420.40 | 101.58        | 0.00   |
| 44 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草生地            | 9  | -1701.48 | 3421.01 | 102.19        | 0.00   |
| 45 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林                  | 8  | -1702.58 | 3421.20 | 102.38        | 0.00   |
| 46 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 水體              | 9  | -1701.62 | 3421.27 | 102.46        | 0.00   |
| 47 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地            | 9  | -1702.25 | 3422.53 | 103.72        | 0.00   |
| 48 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草生地 + 水體       | 10 | -1701.42 | 3422.88 | 104.06        | 0.00   |
| 49 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 水體             | 9  | -1702.54 | 3423.12 | 104.30        | 0.00   |
| 50 裸露地 + 森林 + 草生地                      | 8  | -1703.85 | 3423.72 | 104.91        | 0.00   |
| 51 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 水體       | 10 | -1702.01 | 3424.06 | 105.25        | 0.00   |
| 52 裸露地 + 森林                            | 7  | -1705.12 | 3424.27 | 105.45        | 0.00   |
| 53 灌叢 + 森林 + 草生地                       | 8  | -1704.19 | 3424.42 | 105.60        | 0.00   |
| 54 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地      | 10 | -1702.25 | 3424.54 | 105.73        | 0.00   |
| 55 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體                  | 9  | -1703.52 | 3425.09 | 106.27        | 0.00   |
| 56 裸露地 + 森林 + 草生地 + 水體                 | 9  | -1703.60 | 3425.24 | 106.42        | 0.00   |
| 57 灌叢 + 森林                             | 7  | -1705.84 | 3425.70 | 106.89        | 0.00   |
| 58 裸露地 + 森林 + 水體                       | 8  | -1704.92 | 3425.86 | 107.05        | 0.00   |
| 59 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體 | 11 | -1702.01 | 3426.07 | 107.25        | 0.00   |
| 60 灌叢 + 森林 + 水體                        | 8  | -1705.25 | 3426.53 | 107.72        | 0.00   |
| 61 建物與人工鋪面 + 森林 + 草生地                  | 8  | -1705.46 | 3426.96 | 108.14        | 0.00   |
| 62 建物與人工鋪面 + 森林                        | 7  | -1706.85 | 3427.73 | 108.91        | 0.00   |
| 63 建物與人工鋪面 + 森林 + 草生地 + 水體             | 9  | -1705.39 | 3428.81 | 109.99        | 0.00   |
| 64 建物與人工鋪面 + 森林 + 水體                   | 8  | -1706.80 | 3429.64 | 110.82        | 0.00   |
| 65 森林 + 草生地                            | 7  | -1707.92 | 3429.87 | 111.05        | 0.00   |
| 66 森林                                  | 6  | -1709.52 | 3431.07 | 112.25        | 0.00   |
| 67 森林 + 草生地 + 水體                       | 8  | -1707.65 | 3431.33 | 112.52        | 0.00   |
| 68 森林 + 水體                             | 7  | -1709.30 | 3432.63 | 113.82        | 0.00   |
| 69 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地                  | 8  | -1712.75 | 3441.53 | 122.72        | 0.00   |
| 70 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 水體             | 9  | -1712.53 | 3443.09 | 124.27        | 0.00   |
| 71 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地            | 9  | -1712.72 | 3443.48 | 124.66        | 0.00   |
| 72 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體       | 10 | -1712.49 | 3445.02 | 126.21        | 0.00   |

| 模型                                | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|-----------------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 73 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 水體            | 9  | -1732.53 | 3483.10 | 164.28        | 0.00   |
| 74 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體      | 10 | -1732.40 | 3484.84 | 166.03        | 0.00   |
| 75 裸露地 + 灌叢 + 農耕地                 | 8  | -1734.57 | 3485.17 | 166.35        | 0.00   |
| 76 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地           | 9  | -1734.47 | 3486.97 | 168.16        | 0.00   |
| 77 灌叢 + 農耕地 + 水體                  | 8  | -1742.70 | 3501.42 | 182.61        | 0.00   |
| 78 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體            | 9  | -1742.41 | 3502.86 | 184.05        | 0.00   |
| 79 灌叢 + 農耕地                       | 7  | -1744.69 | 3503.40 | 184.59        | 0.00   |
| 80 灌叢 + 農耕地 + 草生地                 | 8  | -1744.45 | 3504.94 | 186.12        | 0.00   |
| 81 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地            | 8  | -1749.48 | 3514.98 | 196.17        | 0.00   |
| 82 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 水體       | 9  | -1749.41 | 3516.86 | 198.05        | 0.00   |
| 83 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 草生地      | 9  | -1749.47 | 3516.97 | 198.16        | 0.00   |
| 84 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 草生地 + 水體 | 10 | -1749.40 | 3518.86 | 200.04        | 0.00   |
| 85 建物與人工鋪面 + 農耕地                  | 7  | -1759.17 | 3532.37 | 213.55        | 0.00   |
| 86 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 水體             | 8  | -1759.12 | 3534.27 | 215.46        | 0.00   |
| 87 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 草生地            | 8  | -1759.17 | 3534.37 | 215.55        | 0.00   |
| 88 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 草生地 + 水體       | 9  | -1759.12 | 3536.27 | 217.46        | 0.00   |
| 89 裸露地 + 農耕地                      | 7  | -1771.23 | 3556.48 | 237.67        | 0.00   |
| 90 裸露地 + 農耕地 + 水體                 | 8  | -1770.88 | 3557.79 | 238.97        | 0.00   |
| 91 裸露地 + 農耕地 + 草生地                | 8  | -1771.20 | 3558.43 | 239.61        | 0.00   |
| 92 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 水體        | 9  | -1770.83 | 3559.70 | 240.88        | 0.00   |
| 93 裸露地 + 農耕地 + 草生地 + 水體           | 9  | -1770.84 | 3559.73 | 240.91        | 0.00   |
| 94 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢             | 8  | -1772.09 | 3560.22 | 241.40        | 0.00   |
| 95 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草生地 + 水體  | 10 | -1770.62 | 3561.29 | 242.47        | 0.00   |
| 96 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草生地       | 9  | -1771.93 | 3561.89 | 243.08        | 0.00   |
| 97 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 水體              | 8  | -1775.92 | 3567.88 | 249.06        | 0.00   |
| 98 建物與人工鋪面 + 灌叢                   | 7  | -1777.18 | 3568.39 | 249.57        | 0.00   |
| 99 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草生地 + 水體        | 9  | -1775.62 | 3569.27 | 250.46        | 0.00   |
| 100 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草生地            | 8  | -1776.93 | 3569.89 | 251.07        | 0.00   |
| 101 農耕地                           | 6  | -1780.77 | 3573.55 | 254.74        | 0.00   |
| 102 農耕地 + 水體                      | 7  | -1780.40 | 3574.81 | 256.00        | 0.00   |
| 103 農耕地 + 草生地                     | 7  | -1780.66 | 3575.35 | 256.53        | 0.00   |
| 104 農耕地 + 草生地 + 水體                | 8  | -1780.28 | 3576.59 | 257.77        | 0.00   |
| 105 裸露地 + 灌叢 + 水體                 | 8  | -1782.58 | 3581.20 | 262.38        | 0.00   |
| 106 裸露地 + 灌叢 + 草生地 + 水體           | 9  | -1782.20 | 3582.44 | 263.63        | 0.00   |
| 107 裸露地 + 灌叢                      | 7  | -1785.32 | 3584.67 | 265.85        | 0.00   |
| 108 裸露地 + 灌叢 + 草生地                | 8  | -1785.01 | 3586.06 | 267.25        | 0.00   |
| 109 灌叢 + 水體                       | 7  | -1788.02 | 3590.06 | 271.24        | 0.00   |



| 模型                           | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|------------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 110 灌叢 + 草生地 + 水體            | 8  | -1787.49 | 3591.00 | 272.19        | 0.00   |
| 111 灌叢                       | 6  | -1790.77 | 3593.56 | 274.75        | 0.00   |
| 112 灌叢 + 草生地                 | 7  | -1790.33 | 3594.69 | 275.87        | 0.00   |
| 113 建物與人工鋪面 + 裸露地            | 7  | -1799.25 | 3612.53 | 293.72        | 0.00   |
| 114 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 水體       | 8  | -1799.05 | 3614.12 | 295.31        | 0.00   |
| 115 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草生地      | 8  | -1799.18 | 3614.40 | 295.58        | 0.00   |
| 116 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草生地 + 水體 | 9  | -1798.96 | 3615.97 | 297.15        | 0.00   |
| 117 建物與人工鋪面                  | 6  | -1804.58 | 3621.17 | 302.35        | 0.00   |
| 118 建物與人工鋪面 + 水體             | 7  | -1804.36 | 3622.75 | 303.93        | 0.00   |
| 119 建物與人工鋪面 + 草生地            | 7  | -1804.44 | 3622.91 | 304.10        | 0.00   |
| 120 建物與人工鋪面 + 草生地 + 水體       | 8  | -1804.22 | 3624.46 | 305.65        | 0.00   |
| 121 裸露地                      | 6  | -1808.72 | 3629.46 | 310.64        | 0.00   |
| 122 裸露地 + 水體                 | 7  | -1807.82 | 3629.67 | 310.86        | 0.00   |
| 123 裸露地 + 草生地                | 7  | -1808.56 | 3631.14 | 312.33        | 0.00   |
| 124 裸露地 + 草生地 + 水體           | 8  | -1807.64 | 3631.31 | 312.49        | 0.00   |
| 125 Null model               | 5  | -1814.37 | 3638.75 | 319.93        | 0.00   |
| 126 水體                       | 6  | -1813.44 | 3638.91 | 320.09        | 0.00   |
| 127 草生地                      | 6  | -1814.11 | 3640.24 | 321.42        | 0.00   |
| 128 草生地 + 水體                 | 7  | -1813.15 | 3640.33 | 321.52        | 0.00   |

\*註：灰底表示 $\Delta$ AICc < 2 的模型組合

附錄 13、麻雀 400 公尺模型列表

| 模型   | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|--|----|----------|---------|---------------|--------|
| 1 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林            | 10 | -1670.93 | 3361.90 | 0.00          | 0.53   |
| 2 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地      | 11 | -1670.89 | 3363.84 | 1.94          | 0.20   |
| 3 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體       | 11 | -1670.91 | 3363.88 | 1.97          | 0.20   |
| 4 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體 | 12 | -1670.87 | 3365.81 | 3.91          | 0.07   |
| 5 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林                 | 9  | -1679.12 | 3376.28 | 14.38         | 0.00   |
| 6 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體            | 10 | -1678.12 | 3376.29 | 14.39         | 0.00   |
| 7 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草生地           | 10 | -1678.51 | 3377.06 | 15.16         | 0.00   |
| 8 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體      | 11 | -1677.55 | 3377.16 | 15.26         | 0.00   |
| 9 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林                      | 9  | -1679.79 | 3377.61 | 15.71         | 0.00   |
| 10 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地               | 10 | -1679.68 | 3379.42 | 17.51         | 0.00   |
| 11 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體                | 10 | -1679.76 | 3379.57 | 17.67         | 0.00   |
| 12 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體          | 11 | -1679.66 | 3381.38 | 19.48         | 0.00   |
| 13 裸露地 + 農耕地 + 森林                          | 8  | -1684.97 | 3385.98 | 24.07         | 0.00   |
| 14 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 水體                     | 9  | -1684.60 | 3387.23 | 25.33         | 0.00   |
| 15 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草生地                    | 9  | -1684.92 | 3387.87 | 25.97         | 0.00   |
| 16 裸露地 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體               | 10 | -1684.56 | 3389.16 | 27.26         | 0.00   |
| 17 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地                | 9  | -1698.21 | 3414.46 | 52.56         | 0.00   |
| 18 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地          | 10 | -1697.72 | 3415.49 | 53.59         | 0.00   |
| 19 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 水體           | 10 | -1698.21 | 3416.47 | 54.57         | 0.00   |
| 20 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體     | 11 | -1697.72 | 3417.50 | 55.60         | 0.00   |
| 21 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林                 | 9  | -1708.75 | 3435.53 | 73.63         | 0.00   |
| 22 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地           | 10 | -1708.68 | 3437.41 | 75.51         | 0.00   |
| 23 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體            | 10 | -1708.75 | 3437.54 | 75.64         | 0.00   |
| 24 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體      | 11 | -1708.68 | 3439.42 | 77.51         | 0.00   |
| 25 灌叢 + 農耕地 + 森林                           | 8  | -1712.83 | 3441.69 | 79.78         | 0.00   |
| 26 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林                 | 9  | -1711.83 | 3441.69 | 79.79         | 0.00   |
| 27 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 水體            | 10 | -1710.98 | 3442.00 | 80.10         | 0.00   |
| 28 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 水體                      | 9  | -1712.79 | 3443.62 | 81.72         | 0.00   |
| 29 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地                     | 9  | -1712.81 | 3443.66 | 81.76         | 0.00   |
| 30 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地           | 10 | -1711.81 | 3443.67 | 81.77         | 0.00   |
| 31 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體      | 11 | -1710.95 | 3443.96 | 82.06         | 0.00   |
| 32 灌叢 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體                | 10 | -1712.77 | 3445.59 | 83.69         | 0.00   |
| 33 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 水體                      | 9  | -1714.34 | 3446.71 | 84.81         | 0.00   |
| 34 裸露地 + 灌叢 + 森林                           | 8  | -1715.44 | 3446.91 | 85.01         | 0.00   |
| 35 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林                      | 8  | -1715.94 | 3447.92 | 86.02         | 0.00   |

| 模型                               | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|----------------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 36 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體      | 10 | -1714.10 | 3448.25 | 86.35         | 0.00   |
| 37 裸露地 + 灌叢 + 森林 + 草生地           | 9  | -1715.23 | 3448.50 | 86.60         | 0.00   |
| 51 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 草生地      | 9  | -1720.10 | 3458.24 | 96.34         | 0.00   |
| 39 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 水體       | 9  | -1715.90 | 3449.83 | 87.93         | 0.00   |
| 52 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體 | 10 | -1719.17 | 3458.40 | 96.49         | 0.00   |
| 41 裸露地 + 森林                      | 7  | -1718.32 | 3450.66 | 88.76         | 0.00   |
| 89 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草生地           | 8  | -1755.18 | 3526.39 | 164.48        | 0.00   |
| 43 裸露地 + 森林 + 水體                 | 8  | -1718.15 | 3452.33 | 90.42         | 0.00   |
| 90 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 草生地 + 水體      | 9  | -1755.12 | 3528.28 | 166.38        | 0.00   |
| 45 裸露地 + 森林 + 草生地                | 8  | -1718.32 | 3452.66 | 90.76         | 0.00   |
| 46 裸露地 + 森林 + 草生地 + 水體           | 9  | -1718.15 | 3454.33 | 92.43         | 0.00   |
| 47 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 水體      | 9  | -1718.42 | 3454.88 | 92.97         | 0.00   |
| 48 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地           | 8  | -1720.76 | 3457.55 | 95.65         | 0.00   |
| 49 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林            | 8  | -1720.89 | 3457.82 | 95.92         | 0.00   |
| 50 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 森林 + 水體       | 9  | -1719.99 | 3458.01 | 96.11         | 0.00   |
| 38 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草生地      | 9  | -1715.85 | 3449.73 | 87.83         | 0.00   |
| 42 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 森林 + 草生地 + 水體 | 10 | -1715.80 | 3451.64 | 89.74         | 0.00   |
| 53 農耕地 + 森林                      | 7  | -1722.42 | 3458.87 | 96.97         | 0.00   |
| 54 農耕地 + 森林 + 水體                 | 8  | -1721.84 | 3459.72 | 97.81         | 0.00   |
| 55 農耕地 + 森林 + 草生地                | 8  | -1722.09 | 3460.22 | 98.32         | 0.00   |
| 56 農耕地 + 森林 + 草生地 + 水體           | 9  | -1721.54 | 3461.11 | 99.21         | 0.00   |
| 57 裸露地 + 灌叢 + 農耕地                | 8  | -1727.19 | 3470.42 | 108.52        | 0.00   |
| 58 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 水體           | 9  | -1726.54 | 3471.11 | 109.21        | 0.00   |
| 59 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地          | 9  | -1727.19 | 3472.43 | 110.52        | 0.00   |
| 60 裸露地 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體     | 10 | -1726.54 | 3473.12 | 111.22        | 0.00   |
| 61 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 水體       | 9  | -1740.49 | 3499.03 | 137.12        | 0.00   |
| 62 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢            | 8  | -1741.89 | 3499.82 | 137.92        | 0.00   |
| 63 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地            | 8  | -1742.16 | 3500.36 | 138.46        | 0.00   |
| 64 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地      | 9  | -1741.17 | 3500.38 | 138.47        | 0.00   |
| 65 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草生地 + 水體 | 10 | -1740.29 | 3500.63 | 138.73        | 0.00   |
| 66 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 灌叢 + 草生地      | 9  | -1741.64 | 3501.31 | 139.41        | 0.00   |
| 67 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 水體        | 9  | -1742.15 | 3502.34 | 140.44        | 0.00   |
| 68 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 水體       | 9  | -1742.16 | 3502.35 | 140.45        | 0.00   |
| 69 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林             | 8  | -1743.17 | 3502.38 | 140.47        | 0.00   |
| 70 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體 | 10 | -1741.17 | 3502.38 | 140.48        | 0.00   |
| 71 灌叢 + 森林 + 水體                  | 8  | -1743.25 | 3502.53 | 140.63        | 0.00   |
| 72 灌叢 + 森林                       | 7  | -1744.42 | 3502.87 | 140.96        | 0.00   |

| 模型                                | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|-----------------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 73 裸露地 + 農耕地 + 草生地                | 8  | -1743.69 | 3503.41 | 141.51        | 0.00   |
| 74 裸露地 + 農耕地                      | 7  | -1744.86 | 3503.74 | 141.84        | 0.00   |
| 75 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體             | 9  | -1743.10 | 3504.24 | 142.34        | 0.00   |
| 76 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草生地 + 水體   | 10 | -1742.12 | 3504.29 | 142.38        | 0.00   |
| 77 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 森林 + 草生地        | 9  | -1743.16 | 3504.35 | 142.45        | 0.00   |
| 78 裸露地 + 農耕地 + 草生地 + 水體           | 9  | -1743.23 | 3504.50 | 142.60        | 0.00   |
| 79 裸露地 + 農耕地 + 水體                 | 8  | -1744.30 | 3504.63 | 142.73        | 0.00   |
| 80 灌叢 + 森林 + 草生地                  | 8  | -1744.30 | 3504.64 | 142.74        | 0.00   |
| 81 森林                             | 6  | -1750.64 | 3513.30 | 151.40        | 0.00   |
| 82 建物與人工鋪面 + 森林                   | 7  | -1750.34 | 3514.70 | 152.80        | 0.00   |
| 83 森林 + 草生地                       | 7  | -1750.59 | 3515.19 | 153.29        | 0.00   |
| 84 森林 + 水體                        | 7  | -1750.59 | 3515.20 | 153.30        | 0.00   |
| 85 建物與人工鋪面 + 森林 + 草生地             | 8  | -1750.19 | 3516.41 | 154.51        | 0.00   |
| 86 建物與人工鋪面 + 森林 + 水體              | 8  | -1750.31 | 3516.66 | 154.75        | 0.00   |
| 87 森林 + 草生地 + 水體                  | 8  | -1750.53 | 3517.09 | 155.19        | 0.00   |
| 88 建物與人工鋪面 + 森林 + 草生地 + 水體        | 9  | -1750.17 | 3518.37 | 156.47        | 0.00   |
| 40 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 草生地 + 水體 | 10 | -1715.10 | 3450.24 | 88.34         | 0.00   |
| 44 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 農耕地 + 草生地      | 9  | -1717.24 | 3452.51 | 90.61         | 0.00   |
| 91 建物與人工鋪面 + 裸露地                  | 7  | -1757.43 | 3528.88 | 166.97        | 0.00   |
| 92 建物與人工鋪面 + 裸露地 + 水體             | 8  | -1757.34 | 3530.72 | 168.81        | 0.00   |
| 93 裸露地 + 灌叢 + 水體                  | 8  | -1757.71 | 3531.46 | 169.55        | 0.00   |
| 94 裸露地 + 灌叢 + 草生地 + 水體            | 9  | -1757.69 | 3533.41 | 171.51        | 0.00   |
| 95 裸露地 + 灌叢                       | 7  | -1760.53 | 3535.08 | 173.18        | 0.00   |
| 96 裸露地 + 灌叢 + 草生地                 | 8  | -1760.52 | 3537.06 | 175.16        | 0.00   |
| 97 灌叢 + 農耕地                       | 7  | -1763.95 | 3541.91 | 180.01        | 0.00   |
| 98 灌叢 + 農耕地 + 水體                  | 8  | -1763.41 | 3542.84 | 180.94        | 0.00   |
| 99 灌叢 + 農耕地 + 草生地                 | 8  | -1763.86 | 3543.75 | 181.85        | 0.00   |
| 100 灌叢 + 農耕地 + 草生地 + 水體           | 9  | -1763.33 | 3544.70 | 182.80        | 0.00   |
| 101 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 草生地 + 水體      | 9  | -1766.43 | 3550.89 | 188.99        | 0.00   |
| 102 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 草生地           | 8  | -1768.88 | 3553.78 | 191.88        | 0.00   |
| 103 裸露地                           | 6  | -1773.44 | 3558.91 | 197.00        | 0.00   |
| 104 建物與人工鋪面 + 農耕地 + 水體            | 8  | -1771.50 | 3559.03 | 197.13        | 0.00   |
| 105 裸露地 + 草生地                     | 7  | -1772.76 | 3559.54 | 197.63        | 0.00   |
| 106 裸露地 + 水體                      | 7  | -1773.39 | 3560.81 | 198.91        | 0.00   |
| 107 裸露地 + 草生地 + 水體                | 8  | -1772.68 | 3561.39 | 199.49        | 0.00   |
| 108 建物與人工鋪面 + 農耕地                 | 7  | -1773.89 | 3561.81 | 199.91        | 0.00   |
| 109 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 水體             | 8  | -1778.05 | 3572.13 | 210.23        | 0.00   |

| 模型                         | df | logLik   | AICc    | $\Delta$ AICc | weight |
|----------------------------|----|----------|---------|---------------|--------|
| 110 建物與人工鋪面 + 灌叢           | 7  | -1779.46 | 3572.94 | 211.04        | 0.00   |
| 111 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草地 + 水體 | 9  | -1777.66 | 3573.36 | 211.45        | 0.00   |
| 112 建物與人工鋪面 + 灌叢 + 草地      | 8  | -1778.97 | 3573.98 | 212.08        | 0.00   |
| 113 農耕地 + 草地               | 7  | -1788.10 | 3590.21 | 228.31        | 0.00   |
| 114 農耕地 + 草地 + 水體          | 8  | -1787.25 | 3590.54 | 228.64        | 0.00   |
| 115 農耕地                    | 6  | -1790.39 | 3592.79 | 230.89        | 0.00   |
| 116 農耕地 + 水體               | 7  | -1789.48 | 3592.98 | 231.07        | 0.00   |
| 117 灌叢 + 水體                | 7  | -1790.94 | 3595.91 | 234.01        | 0.00   |
| 118 灌叢 + 草地 + 水體           | 8  | -1790.94 | 3597.91 | 236.01        | 0.00   |
| 119 灌叢                     | 6  | -1793.50 | 3599.02 | 237.11        | 0.00   |
| 120 灌叢 + 草地                | 7  | -1793.49 | 3601.00 | 239.10        | 0.00   |
| 121 建物與人工鋪面 + 草地           | 7  | -1800.14 | 3614.31 | 252.40        | 0.00   |
| 122 建物與人工鋪面 + 草地 + 水體      | 8  | -1799.94 | 3615.91 | 254.01        | 0.00   |
| 123 建物與人工鋪面                | 6  | -1803.47 | 3618.95 | 257.05        | 0.00   |
| 124 建物與人工鋪面 + 水體           | 7  | -1803.27 | 3620.55 | 258.65        | 0.00   |
| 125 草地                     | 6  | -1812.85 | 3637.71 | 275.81        | 0.00   |
| 126 Null model             | 5  | -1814.37 | 3638.75 | 276.84        | 0.00   |
| 127 草地 + 水體                | 7  | -1812.85 | 3639.72 | 277.81        | 0.00   |
| 128 水體                     | 6  | -1814.36 | 3640.74 | 278.84        | 0.00   |

\*註：灰底表示 $\Delta$ AICc < 2 的模型組合

附錄 14、2024 年山麻雀繫放之鋁環編號、色環排列及個體資訊

| 狀態   | 金屬環號<br>(右腳上) | 色環一<br>(右腳下) | 色環二<br>(左腳上) | 色環三<br>(左腳下) | 年齡   | 性別 | 日期         | 地點     |
|------|---------------|--------------|--------------|--------------|------|----|------------|--------|
| 新鳥   | A44884        | 黑            | 螢光粉          | 白            | 一齡以上 | 公  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44885        | 黑            | 螢光粉          | 紅            | 一齡以上 | 公  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 重複捕捉 | A36871        | 黑            | 紫            | 深綠           | 二齡以上 | 公  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 重複捕捉 | A41809        | 黑            | 紫            | 橘            | 二齡以上 | 公  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44886        | 黑            | 螢光粉          | 深綠           | 一齡以上 | 母  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44887        | 黑            | 螢光粉          | 紫            | 一齡以上 | 公  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44888        | 黑            | 螢光粉          | 黃            | 一齡以上 | 公  | 2024/02/28 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44889        | 黑            | 螢光粉          | 黑            | 一齡以上 | 公  | 2024/03/06 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44890        | 黑            | 螢光粉          | 橘            | 一齡以上 | 母  | 2024/03/06 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44891        | 黑            | 螢光粉          | 深藍           | 一齡以上 | 母  | 2024/03/06 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44892        | 黑            | 紅            | 深藍           | 一齡以上 | 母  | 2024/03/06 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44830        | 黑            | 紅            | 螢光粉          | 一齡   | 公  | 2024/12/25 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44831        | 黑            | 深綠           | 橘            | 一齡以上 | 公  | 2024/12/25 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44832        | 黑            | 深綠           | 深藍           | 一齡   | 公  | 2024/12/25 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44833        | 黑            | 紫            | 螢光粉          | 一齡   | 母  | 2024/12/25 | 嘉義縣梅山鄉 |
| 新鳥   | A44834        | 黑            | 深綠           | 螢光粉          | 一齡   | 母  | 2024/12/25 | 嘉義縣梅山鄉 |