

行政院農業委員會林務局補助研究計畫 104 林發-07.1-保-28 (2)

利用生活史資料評估外來動物入侵衝擊之分析與應用

**Application and Analysis of the Life History Database
to Assess Invasion Impact of Exotic Animals**



補助機關：行政院農業委員會林務局

執行機關：國立高雄師範大學

中華民國 105 年 1 月

摘要

本研究以寵物店調查紀錄鳥種資料庫為基礎，將 285 種外來鳥種分為已成功逃逸至台灣野外(95 種)、未成功逃逸，或分為已在台灣野外成功繁殖(36) 、未成功繁殖兩狀況，以探討使外來鳥種在台灣野外逃逸成功或繁殖入侵成功的關鍵變數。進行分析之鳥類資料庫共包含 285 種，每種有 22 個變數；利用三種方法建立預測逃逸成功/繁殖入侵成功模式：(1)決策樹分析 (Decision tree analysis)、(2)邏輯迴歸分析(Logistic regression analysis)、及(3)類神經網路分析 (Auto-neural analysis)。為瞭解變數處理是否影響預測模式的篩選，我們並進行三種不同變數處理策略：(I)包含全部 22 個變數、(II)不含科別與目別兩個分類變數、及(III)不含科別與目別分類變數且類別變數全改為二項類別。在三種變數處理策略下，進行三種預測模式的比較，以驗證錯分率(validation misclassification rate)最小的原則，篩選最佳的預測模式。再者，因為決策樹是最易解釋的模式，所以在原有樣品數規模下，為增加決策樹模式預測的準確度，也比較三種建樹方式:套袋抽樣 (Bagging)、隨機森林 (Random Forest)、梯度提升(Gradient Boosting)。結果顯示，在預測繁殖入侵的模式中，決策樹模式在變數處理策略 II 與 III 不僅有最小的驗證錯分率，且驗證 ROC 圖及分類圖(classification chart)都是表現最好的；在不包括科別與目別兩個分類變數的決策樹

模式中，外來鳥種若有入侵其他國家紀錄且原產地緯度與台灣不重疊者則會成功入侵台灣繁殖。再者，預測繁殖入侵的決策樹建樹方式中，不管是套袋抽樣、隨機森林、或梯度提升方式，雖能降低建模訓練的錯分率，但驗證錯分率比單一建樹(no bagging)方式並無改善。在預測逃逸的模式中，決策樹也是在變數處理策略 II 與 III 有最小的驗證錯分率；且在不包括科別與目別兩個分類變數的決策樹模式中，入侵其他國家數仍是最關鍵因子，之後則是亞種數的多寡，如有入侵其他國家紀錄且亞種數小於 8.5 者，則會成功逃逸台灣野外。再者，預測逃逸成功的決策樹建樹方式中，梯度提升方式的驗證錯分率最低，但比起單一建樹的驗證錯分率，下降幅度並不明顯。總結而言，根據決策樹分析結果，預測外來鳥種在台灣繁殖入侵或逃逸野外，最關鍵因子是其有無在其他國家入侵，其次是原產地的緯度與該鳥種的亞種數。

關鍵詞：外來鳥種、入侵模式、生活史、決策樹分析

Abstract

According to a pet store survey database, 285 exotic bird species were classified in regard to two introduced conditions: 1) unsuccessful and successful (95 species) escaping and 2) unsuccessful and successful (36 species) breeding in the field of Taiwan. We established 22 predicting variables for each and every exotic bird species. Three analysis methods, including decision tree analysis, logistic regression, and auto-neural analysis, were used to generate escaping/breeding invasion models. Additionally, three variable management strategies were made to investigate their influences on the performance of models. These variable management strategies were 1) with all 22 variables, 2) with all variables but not order and family variables, and 3) without order and family variables and transforming ordinal variables into binary variables. The validation misclassification rate, the ROC curve, and the classification chart were used for model comparisons. Because the results of decision tree analysis have the advantage of easy explanation, three tree-building methods (bagging, random forest, and gradient boosting) were further used to investigate their prediction performances. The results of breeding invasion models showed that the decision tree models have the minimum validation misclassification rate and the better ROC and classification charts under variable management strategies 2) and 3). Exotic birds with

successful records of invading other countries and latitude of native range not overlapping with Taiwan will be able to breed successfully in Taiwan. Moreover, the three other tree-building methods (bagging, random forest, and gradient boosting) were able to decrease the training misclassification rate, but validation misclassification rate did not improve in comparison with the results of no-bagging decision tree analysis. The results of escaping invasion models also had a lower validation misclassification rate with variable management strategies 2) and 3). The number of invaded countries was the most important variable and followed by the number of subspecies in determining the escaping success of exotic bird in Taiwan. Exotic birds with invasion records in other countries and with fewer than 8.5 subspecies would be predicted to escape successfully into the field of Taiwan. In addition, models with gradient boosting had the lowest validation misclassification rate among all models, but not greatly improved when compared with the results of no-bagging decision tree analysis. In conclusion, to successfully predict the escaping/breeding of exotic birds into Taiwan, the most important characteristic of the species is the invasion record in other countries, followed by the latitude of native range and the number of subspecies.

Keywords: exotic birds, invasion models, life history, decision tree analysis

目錄

第一章前言.....	1
第二章計畫目的.....	3
第三章材料與方法.....	4
第四章結果.....	11
第五章討論.....	19
第六章參考文獻.....	21
附錄一.....	60

圖目錄

圖一、研究分析之流程圖:(a)三種建模方式，(b)三種建樹方式.....	23
圖二、決策樹分析建構繁殖入侵之模式.....	24
圖三、策略 I 之 ROC 圖.....	25
圖四、三種預測繁殖入侵模式分類圖.....	26
圖五、策略 II 之 ROC 圖.....	27
圖六、三種預測模式分類圖.....	28
圖七、變數處理策略 III 下，決策樹分析建構繁殖入侵之模式.....	29
圖八、策略 III 之 ROC 圖.....	30
圖九、三種預測模式分類圖.....	31
圖十、變數處理策略 I 下，不同建樹方式之 ROC 圖.....	32
圖十一、變數處理策略 I 下，不同建樹方式之分類圖.....	33
圖十二、變數處理策略 II 下，不同建樹方式之 ROC 圖.....	34
圖十三、變數處理策略 II 下，不同建樹方式之分類圖.....	35
圖十四、變數處理策略 III 下，不同建樹方式之 ROC 圖.....	36
圖十五、變數處理策略 III 下，不同建樹方式之分類圖.....	37
圖十六、變數處理策略 I 下，決策樹分析建構逃逸之模式.....	38
圖十七、變數處理策略 I 下，三種預測逃逸模式 ROC 圖.....	39

圖十八、變數處理策略 I 下，三種預測逃逸模式分類圖.....	40
圖十九、變數處理策略 II 下，決策樹分析建構逃逸之模式.....	41
圖二十、變數處理策略 II 下，三種預測逃逸模式 ROC 圖.....	42
圖二十一、變數處理策略 II 下，三種預測逃逸模式分類圖.....	43
圖二十二、變數處理策略 III 下，決策樹分析建構逃逸之模式.....	44
圖二十三、變數處理策略 III 下，三種預測逃逸模式之 ROC 圖.....	45
圖二十四、變數處理策略 III 下，三種預測逃逸模式之分類圖.....	46
圖二十五、變數處理策略 I 下，不同建樹方式預測逃逸之 ROC 圖...	47
圖二十六、變數處理策略 I 下，不同建樹方式預測逃逸之分類圖...	48
圖二十七、變數處理策略 II 下，不同建樹方式預測逃逸之 ROC 圖..	49
圖二十八、變數處理策略 II 下，不同建樹方式之分類圖.....	50
圖二十九、變數處理策略 III 下，不同建樹方式預測逃逸之 ROC 圖..	51
圖三十、變數處理策略 III 下，不同建樹方式之分類圖.....	52

表目錄

表一、輸入變數說明.....	53
表二、三種建模方式比較.....	54
表三、三種建樹方式.....	55
表四、外來鳥種繁殖入侵預測模式比較.....	56
表五、外來鳥種繁殖入侵預測決策樹建樹方式比較.....	57
表六、外來鳥種逃逸預測模式比較.....	58
表七、外來鳥種逃逸預測決策樹建樹方式比較.....	59

第一章前言

為世界貿易與交通日益方便與頻繁，外來生物對於世界生態及人類經濟所造成的威脅也日益加重。外來生物進入新生態系的途徑包含養殖、放生、研究、意外等，雖然許多外來物種在被引入新棲地後，並不易建立持續族群。不過，由於交通途徑增加及野外族群建立與被發現時間有差異等事實，外來生物在引入棲地建立新族群的數字正在逐漸上升。

若是以降低貿易的方式減少外來生物入侵，則對於社會與經濟之衝擊甚鉅。對於國際間寵物買賣及食物輸入等貿易通路的改變，合理的執行方式是避免引入後可能引起負面衝擊的外來生物進入國內棲地。所以，發展可利用生活史資料，以量化預測外來生物入侵本國生態系的可能性，便有必要。

早期生態學家認為外來物種入侵過程非常複雜，所以，對於預測外來物種引入後，可準確預測其負面衝擊的可能性存有疑慮。但是，近來的風險評估過程則已認為應以縮小地理區域和以物種為單位的方式進行，同時，也要將入侵過程分成運輸 (transport)、建立新族群 (establish population)、及散播和危害 (spread and harm) 等三步驟分別評估，方能提昇預測結果的準確性。例如 Kolar & Lodge (2001)在

五大湖利用魚類的 24 個生活史特徵，以將近 90% 成功率預測外來魚種引入後，將會建立族群及造成負面危害的外來魚種。類似成功案例也紀錄於 Reichard & Hamilton(1997)預測美國入侵之植物，Veltman *et al.*(1996)在紐西蘭建立外來入侵鳥類及產生生態系負面影響的高相關性。其他案例還包含加州外來魚類在不同入侵階段造成衝擊之風險評估(Marchetti *et al.*, 2004)。不過，類似的研究在台灣尚未有執行的前例。

本研究利用生活史等特徵預判外來生物進入台灣棲地後，建立野外族群的可能性。第一年將以淡水魚類為對象生物，第二年將以鳥類為對象生物，第三年將評估外來兩棲爬蟲類在台灣建立族群的發生機率及蒐尋決定其成功建立族群之關鍵生活史特徵，執行本計畫除有助於建立臺灣外來種入侵的相關理論基礎外，相關行政單位亦可利用本研究之結果，對於養殖、寵物等外來生物進出口管理及篩選，提供具有學術研究之依據，使台灣的生物多樣性保育能更健全與有效。

第二章計畫目的

本年度(104年)研究以寵物店調查紀錄鳥種資料庫為基礎，以台灣本島(不考慮金門)的285種外來鳥種為分析對象(附錄一)，分為已成功逃逸至台灣野外(95種)、未成功逃逸，或分為已在台灣野外成功繁殖(36)、未成功繁殖兩狀況，以探討使外來鳥種在台灣野外逃逸成功或繁殖入侵成功的關鍵變數。

第三章材料與方法

一、使用資料及鳥種數量

以梁等 (2010) 報告紀錄之寵物外來鳥種為基礎，利用中華鳥會資料庫、台灣野鳥手繪圖鑑(蕭等 2014)及其他台灣網站資料建立外來鳥種野外逃逸及繁殖紀錄。各鳥種的分類及生活史資料以 del Hoyo *et al.* (2011) 的世界鳥類叢書(*Handbooks of The Birds of The World*, vol. 1-16)為主要資料來源，各鳥種的重量若有缺失則以 Dunning Jr. (1992) 為輔，各鳥種在全球的分布面積，則以國際自然保育聯盟網站 (www.iucn.org)及鳥類生活網站(www.birdlife.org)的資料為依據。原選擇 18 個環境及生活史變數(表一)，但考慮生殖潛能應該以最大一窩蛋數、最小孵化天數而非只是平均值所以新加 4 個變數，共組成 22 個變數的資料庫，進行後續預測模式分析。另外，考慮樣品的特性避免重複，所以只考慮分析台灣本島(不包含金門)的外來鳥種，且同一鳥種有數種亞種引入台灣，則只以一種列入資料庫分析，所以共有 285 種外來鳥種組成本年度的資料庫(附錄一)。

本年度分析的 285 種台灣外來鳥種分屬 10 目(order)，31 科(family)，以鸚鵡科 Psittacidae 佔 108 種(37.9%)最多(附錄一)。285 種台灣外來鳥種中，共有 95 種(33.3%)，在台灣野外逃逸成功紀錄；36 種(12.6%)在台灣野外有繁殖成功紀錄。

進行分析之鳥類資料庫共包含 22 個變數(表一)，其中分類變數 4 個、環境分布相關變數 4 個、型態變數 5 個、食性變數 2 個、生殖相關變數 6 個、入侵國家數 1 個。

分析先以 SAS Enterprise Guide 5.1 進行資料整理與轉檔，再利用 SAS Enterprise Miner12.1 進行三種預測模式的建立分析。由於在第一年的魚類資料分析發現，科別分類變數的加入，會使得與其相關的生活史變數無法進入預測模式，所以也採用第一年三種變數的處理策略進行分析。再者，為了解決策樹模式預測的準確度(accuracy)，是否能因建樹(tree building)方式而改善，也用新版的 SAS Enterprise Miner13.1 進行套袋抽樣(Bagging)、隨機森林 (Random Forest)、梯度提升(Gradient Boosting)三種方式建立決策樹，並比較驗證錯分率(validation misclassification rate)。

二、建立預測模式方法

利用三種分析方法建立預測模式：決策樹分析 (decision tree analysis)、邏輯迴歸分析(logistic regression analysis)、及類神經網路分析 (Auto-neural analysis)。以這三種分析方法建立預測模式各有其優缺點(表二)(李 2015)，尤其是在資料收集上，決策樹分析較占優勢，因為其不須因為遺失值而需做補值或刪除資料等處理。

1. 決策樹分析 (Decision tree analysis)

決策樹分析利用一個或多個解釋變數(explanatory variables) 解釋單一反應變數(response variable)的變異。反應變數可以是項目變數(categorical)或數量變數(numeric)，解釋變數也可以包含項目或數量變數。本研究的反應變數有二：(1)逃逸成功與否；(2)繁殖成功與否。將就這兩個反應變數分別與 22 個解釋變數(表一)進行分析。

決策樹分析利用重覆將單一解釋變數分離為完全相異兩部分的方法完成分析，被分離之單一解釋變數兩組相異群組內的資料被歸類為具有相似性質的資料。將資料分離為兩群組的過程重覆進行，希望能依據解釋變數數量將反應變數變異來源予以分析。最後，將會所有解釋變數分隔成兩組的各種組合結果中，選擇能夠將各組內資料同質性最大化的計算，作為最佳的呈現。

決策樹分析的結果是呈現類似根系在上方的樹狀圖形，利用上方根結點(root node)表示尚未分離資料，再藉由根結點向外延伸拓展，建立分枝(branching)，至無法分枝後的點，則稱為葉(leaf)。

2. 邏輯迴歸分析 (Logistic regression analysis)

邏輯迴歸分析乃是為解決應變數 (dependent variable) 分布非屬於常態分布，所發展的分析方法。計算方式為透過非線性函數去估算感興

趣的參數值，計算使用 logit 函數，估算參數值介於 0 與 1 之間。

邏輯迴歸分析所利用之數學原理，並非是最小平方和 (least square)，而是利用最大可能性 (maximum likelihood)，即所預測產生的數值分別符合使用資料的整體可能性達到最大。達成方式為利用電腦一再嘗試重複計算 (iteration)，直到所找到的參數值達到最大可能性。所以 logit 函數可將如二次函數的原始資料轉換成不同區段或分隔(如年齡)的興趣變數之發生機率。

3. 類神經網路分析(Artificial neural network)

類神經網路分析因模擬人類神經模型得名，使用許多相連的神經元模仿生物神經網路，透過人工神經元從外界環境或其他來源(神經元)取得需要資訊，經過運算，將結果轉換成 0-1 的值輸出到外界環境或其他神經元，使資訊可進階作用。因為可解決非線性複雜模型的建構、沒有太多模型假設限制、及產生具有良好預測能力之模式，類神經網路分析被大量應用在各種產業。

類神經網路分析之計算方式為在解釋變數(輸入)與預測變數(輸出)間利用隱藏層建立資訊間的關係，隱藏層內將輸入變數藉由活化函數轉換，產生對應輸出值;輸出值再輸入直未越過某臨界值前會維持低數值，但若輸入值達到臨界值後，神經單元就會被活化而產生高

數值。類神經網路能正確運作，必須透過訓練(training)，使類神經反覆學習，修正模型權重直至每個輸入都能正確應對到所需輸出。

類神經網路分析具有以下缺點:

(1) 不易解釋

對於隱藏層複雜的活化函數轉換過程，無法直接說明輸入資訊與輸入預測值之間的關係，如可以列出入侵力強的鳥種名單，但不知鳥種的入侵原因為何。

(2) 沒有變數選擇能力

只要投入模型之變數，此計算均會將其帶入模型，進行各項權數計算與決定過程。因此，也可能產生過度配適的模型結果。所以本研究的變數，先經邏輯迴歸篩選後，再放入類神經網路分析

(3) 須進行遺失值(missing value)處理

類神經網路分析近似迴歸分析。所以，在進行許多分析前，必須對遺失數值進行處理，否則計算時，將會自動忽略具有遺失值的觀測資料，減少樣本數量。

三、變數處理策略

根據第一年魚類的資料分析，發現分類的科別與各種的生活史變數相關，因此若在變數篩選過程中，先放入分類的變數，則其他變數

都無法被選入。所以本年度鳥類的資料，也依據第一年三種變數使用的處理策略，探討變數的處理策略是否會影響預測模式。三種變數使用的處理策略分述如下：

策略 I (Strategy I)：包含所有變數。

策略 II (Strategy II)：不包含目別及科別兩個分類變數。

策略 III (Strategy III)：不包含目別及科別分類變數，且將所有類別變數調整為二項式（只有二個類型）的變數內容，如與台灣緯度重疊度只分有(=1)及無(=0)重疊兩項。

每個變數處理策略，均以相同流程進行三個方法的預測模式建立、並進行模式比較（圖一）。由於決策樹分析結果不受遺失數值及資料轉換之影響，所以在三種變數處理策略下，決策樹分析預測模式的驗證錯分率均呈現相同結果，而邏輯分析和類神經網路分析之分析結果在不同變數處理策略時，會產生較不同的結果。在進行模式建立時，邏輯分析會先篩選對於反應變數具有解釋能力之變數，以建立 logit 模式，類神經網路分析再利用邏輯分析所篩選之變數，建構類神經分析模式，即先進行邏輯分析，再依據邏輯分析之結果，提供篩選變數，使類神經網路分析得以執行。

預測模式的建立與模式分析，將會將資料先分為模式訓練資料

庫 (training) 及驗證資料庫 (validation)，前者目的為反覆練習與計算，以建立分析模式，後者目的則是驗證分析模式之預測能力的準確性，本研究的資料配適，訓練與驗證資料比是 70% 比 30%。

三種變數處理策略下各以三種方法(決策樹、邏輯迴歸、類神經網路)進行模式建立，每個變數處理策略下在模式比較時，以 ROC 圖 (Receiver Operating Characteristics)、驗證錯分率(validation misclassification rate)及分類圖(classification chart)評估之。驗證錯分率最小者則為最佳的預測模式。

四、建樹方法比較

雖然決策樹的分析具有容易解釋且運算快等許多優點(表一)，但驗證總分錯率在只建立單一樹時，有時並不如邏輯迴歸或類神經網路分析法，所以，在現有的資料庫規模下(不新增加樣品數)，提高準確度(accuracy)及降低驗證總分錯率，可以採用三種建樹方式(表三)，產生很多的決策樹，再整理成最後的結果 (<http://jessica2.msri.org/attachments/10778/10778-boost.pdf>)。

使用 SAS Enterprise Miner13.1，分別就逃逸成功或繁殖入侵成功兩個反應變數，在三種變數處理策略下，進行三種建樹方式的比較(圖一)。

第四章、結果

一、預測繁殖入侵

1. 變數處理策略 I

策略 I 為利用所有 22 個變數，進行決策樹分析、邏輯迴歸分析及類神經網路分析，以建立預測外來鳥種繁殖入侵的模式。

以決策樹建立的預測模式中，入侵國家數(invcountry)是最關鍵的決定因子 (圖二)。有入侵其他國家(invcountry ≥ 0.5)且與台灣緯度重疊度(Overlap)越少，則越可能在台灣野外繁殖成功。

在邏輯迴歸分析中嘗試利用 3 種變數選擇方法(forward selection, backward selection, stepwise selection)，發現以倒向選擇 (backward selection) 所得的驗證錯分率最小，所以以下邏輯迴歸分析都是以倒向選擇篩選變數。刪除變數至步驟 5 收斂，22 個變數刪除 5 個變數 (Dicromatism, Clutch, Incubation, Minincub, Family)，保留其他 17 個變數。

利用保留的 17 個變數進行後續類神經網路分析。

三種建模方法的比較，有三個評估方式，分別為 ROC 圖、驗證錯分率及分類圖(classification chart)。ROC 圖呈現敏感度(sensitivity)及特異度(specificity)的關係，最佳預測模式為曲線下方面積最大者。

檢視在資料變數處理策略 I 下，驗證 ROC 圖、三種模式的驗證錯分率及分類圖(表三)，發現邏輯迴歸預測模式雖具有最小驗證錯分率，但在 ROC 圖(圖三)及分類圖(圖四)，尤其是針對已繁殖入侵的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，以決策樹分析法為最少，所以若以此考量則決策樹方法較佳。

2. 變數處理策略 II

變數處理策略 II 為先刪除科別與目別兩變數，保留其他 20 個變數，利用決策樹分析、邏輯迴歸分析及類神經網路分析進行預測外來鳥種繁殖入侵成功模式。

由於決策樹分析並不受資料轉換及遺失資料之影響，故雖然本次分析將 2 個分類變數（目別及科別）移除，但是並不會改變決策樹的結果，如同策略 I 的決策樹，入侵國家數(invcountry)是最關鍵的決定因子（圖二）。

在邏輯迴歸分析以倒向選擇（backward selection）篩選變數。刪除變數至步驟 5 收斂，20 個變數依序刪除 5 個變數(Migration, Length, Feed, Taiwangenus, Clutch)，保留其他 15 個變數。

利用保留的 15 個變數進行後續類神經網路分析。

檢視在資料變數處理策略 II 下，驗證 ROC 圖、三種模式的驗證

錯分率及分類圖(表四)，發現決策樹預測模式不僅具有最小驗證錯分率，在驗證 ROC 圖(圖五)及分類圖(圖六)，尤其是針對已繁殖入侵的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，都是表現最佳。

3.變數處理策略 III

變數處理策略 III 為先刪除科別與目別兩變數，將保留的多項類別變數置換(Replacement)為二項類別變數，再利用決策樹分析、邏輯迴歸分析及類神經網路分析進行預測外來鳥種繁殖入侵成功模式。

由於決策樹分析雖不受資料轉換及遺失資料之影響，但因有變數置換(被置換的變數前加註 Replacement)，所以決策樹有些微更動(圖七)，但入侵國家數(invcountry)仍是最關鍵的決定因子。有入侵其他國家(invcountry ≥ 0.5)且原產地與台灣沒有緯度重疊度(Replacement Overlap = 0)的鳥種，就會在台灣野外繁殖入侵成功(target = 1, 100%；圖七)。

在邏輯迴歸分析以倒向選擇 (backward selection 篩選變數。刪除變數至步驟 8 收斂，20 個變數依序刪除 8 個變數(Replacement Feed, Replacement Overlap, Mclutch, Minincub, Mlength, Subspecies, Replacement Nesting, Dicromatism)，保留其他 12 個變數。

利用保留的 12 個變數進行後續類神經網路分析。

檢視在資料變數處理策略 III 下，驗證 ROC 圖、三種模式的驗證

錯分率及分類圖(表四)，發現決策樹預測模式不僅具有最小驗證錯分率，在驗證 ROC 圖(圖八)及分類圖(圖九)，尤其是針對已繁殖入侵的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，也都是表現最佳。

4. 三種建樹方式比較

在決策樹下，利用套袋法(Bagging, 抽樣 50 次)，分別抽樣 90% 及 100%，並新增逢機森林(Random Forest: SAS Enterprise Miner13.1 的 HP Forest 功能)及梯度提升(Gradient Boosting)兩方式建樹，建立外來鳥種在台灣繁殖入侵預測模式，比較分析結果，雖然套袋等可以降低訓練資料模式的錯分率，但驗證錯分率卻都沒有優於單一樹(no bagging)結果，不管是在策略 I、II、或 III 都是如此(表五)。雖然在訓練資料(train data)套袋等方式可以使錯分率下降，但就驗證 ROC 圖與分類圖而言，幾乎都是單一樹較佳，尤其是針對已繁殖入侵的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，都是單一樹表現最佳(圖十~圖十五)。

二、預測野外逃逸

1. 變數處理策略 I

策略 I 為利用所有 22 個變數，進行決策樹分析、邏輯迴歸分析

及類神經網路分析進行預測外來鳥種逃逸成功模式。

以決策樹建立的預測模式中，入侵國家數(invcountry)仍是最關鍵的決定因子(圖十六)。但之後則是分類的變數佔重要的地位，如有入侵其他國家(invcountry ≥ 0.5)且亞種數較少者(Subspecies < 8.5)，則在台灣野外就能逃逸成功(Target=1, 100%)。

在邏輯迴歸分析中嘗試利用 3 種變數選擇方法(forward selection, backward selection, stepwise selection)，發現以前向選擇 (forward selection) 所得的驗證錯分率最小，所以以下邏輯迴歸分析都是以前向選擇篩選變數。以前向選擇增加變數至步驟 6 停止，依序加入 6 個變數(Family, Invcountry, Habitat, Taiwangenus, Overlap, Range)。利用加入的 6 個變數進行後續類神經網路分析。

檢視在資料變數處理策略 I 下，驗證 ROC 圖、三種模式的驗證錯分率及分類圖(表六)，發現類神經網路預測模式具有最小驗證錯分率，且驗證 ROC 圖(圖十七)表現最好，但在分類圖(圖十八)，則以邏輯迴歸預測模式較佳。

2. 變數處理策略 II

變數處理策略 II 為先刪除科別與目別兩變數，保留其他 20 個變數，利用決策樹分析、邏輯迴歸分析及類神經網路分析進行預測外來

鳥種逃逸成功模式。

由於決策樹分析並不受資料轉換及遺失資料之影響，故雖然本次分析將 2 個分類變數(目別及科別)移除，雖不改變決策樹的錯分率，但因移除科別所以樹結構有些微變動。但如策略 I 入侵國家數(invcountry)仍是最關鍵的決定因子，且如有入侵其他國家(invcountry ≥ 0.5)且亞種數較少者(Subspecies < 8.5)，則在台灣野外就能逃逸成功(Target=1, 100%) (圖十九)。

在邏輯迴歸分析以前向選擇篩選變數。增加變數至步驟 20 停止，依序加入 20 個變數(Invcountry, Overlap, Habitat, Diet, Range, Mclutch, Mass, Incubation, Feed, Length, Migration, Nesting, Dicromatism, Minincub, Taiwangenus, Subspecies, Clutch, Mlength, Hole, Mmass)。利用加入的 20 個變數進行後續類神經網路分析。

檢視在資料變數處理策略 II 下，驗證 ROC 圖、三種模式的驗證錯分率及分類圖(表六)，發現決策樹預測模式不僅具有最小驗證錯分率，在驗證 ROC 圖(圖二十)及分類圖(圖二十一)，尤其是針對已逃逸成功的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，都是表現最佳。

3.變數處理策略 III

變數處理策略 III 為先刪除科別與目別兩變數，將保留的多項類別變數置換(Replacement)為二項類別變數，再利用決策樹分析、邏輯

迴歸分析及類神經網路分析進行預測外來鳥種逃逸成功模式。

由於決策樹分析雖不受資料轉換及遺失資料之影響，但因有變數置換(被置換的變數前加註 Replacement)，所以決策樹結構雖與策略 II 近似，但原有變數改成置換變數名(圖二十二)。入侵國家數(invcountry)仍是最關鍵的決定因子，且如有入侵其他國家(invcountry ≥ 0.5)且亞種數較少者(Subspecies < 8.5)，則在台灣野外就能逃逸成功(Target=1, 100%)。

在邏輯迴歸分析以前向選擇篩選變數。增加變數至步驟 20 停止，依序加入 20 個變數(Rep. Overlap, Invcountry, Incubation, Mass, Range, Rep. Nesting, Minincub, Length, Rep. Habitat, Subspecies, Rep. Feed, Rep. Migration, Rep. Dicromatism, Taiwangenus, Hole, Clutch, Rep. Diet, Mmass, Mlength, Mclutch)。利用加入的 20 個變數進行後續類神經網路分析。

檢視在資料變數處理策略 III 下，驗證 (Validation) ROC 圖、三種分析方法產生之模式的驗證錯分率及分類圖(表六)，發現決策樹預測模式具有最小驗證錯分率，在驗證 ROC 圖(圖二十三)及分類圖(圖二十四)，也表現較佳。

4. 三種建樹方式比較

在決策樹下，利用套袋法(Bagging, 抽樣 50 次)，分別抽樣 90%

及 100%，並新增逢機森林(Random Forest: SAS Enterprise Miner13.1 的 HP Forest 功能)及梯度提升(Gradient Boosting)兩方式建樹，建立外來鳥種在台灣逃逸成功預測模式，比較分析結果，不管是在策略 I、II、或 III 都是以梯度提升方式錯分率最小(表七)，但也只比單一建樹(no bagging)方式改善驗證錯分率 1%~3%，幅度並不高。且就驗證 ROC 圖與分類圖而言，也都是單一樹(no bagging)較佳，尤其是針對已逃逸成功的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，也都是單一樹(no bagging)表現最佳(圖二十五~圖三十)。

第五章、討論

一、模式選擇

在不含科別與目別的變數處理下，決策樹分析不管是在預測外來鳥種繁殖入侵或逃逸野外，都有最小的驗證錯分率，所以被選為最佳的預測模式。只有在包含所有變數時，邏輯迴歸預測模式驗證錯分率是最小的，但也只比決策樹下降 1.1%。再者，根據分類圖，針對已繁殖入侵或逃逸成功的鳥種(target=1)而言，利用模式預測錯誤的比率，都是以決策樹分析法為最少，所以若以此考量則決策樹方法是最佳選擇。

就決策樹的建樹方式而言，運用其他複雜的建樹方式，如套袋、逢機森林、梯度提升等，並不會比單一建樹要好，驗證錯分率並不因為建樹的複雜方式而大幅改善，反之，預測繁殖入侵或逃逸成功的鳥種(target=1)，套袋等複雜的建樹方式預測錯誤的比率還比單一建樹方式要高。所以在預測台灣外來鳥種繁殖入侵或逃逸野外模式中，單一建樹的決策樹不僅優於其他建模分析也比複雜的建樹方式要好。

在本次分析鳥類資料中新增加 4 個代表生殖最大潛力的變數 (Mmass, Mlength, Mclutch, Minincub)，但仍保留各鳥種的平均值變數 (Mass, Length, Clutch, Incub)。在邏輯迴歸分析發現，平均值的變數比最大潛能的變數重要，所以先被選入；但是在決策樹分析，卻發現最

大潛能的變數(Minincub, Mclutch, Mlength)仍被挑選進入決策樹中(圖二、七、十六、二十二)，可見這些最大潛能的變數仍有被分析的價值。

二、決定外來鳥種繁殖入侵或逃逸成功的關鍵因子

在預測外來鳥種繁殖入侵或逃逸成功的決策樹中，首要關鍵因子是該鳥種有無在其他國家入侵，其次是與台灣緯度的重疊(繁殖入侵模式)與該鳥種亞種數(逃逸成功)。

相較於魚類的決策樹入侵模式，形態特徵(最大體長)是首要關鍵因子，鳥類的形態特徵則不具關鍵重要性。入侵國家數在鳥類決策樹模式是首要決定因素，在魚類決策樹則是第二重要決定因素。可見在預測外來鳥類及魚類入侵模式中，入侵國家數是兩類動物入侵台灣共通重要決定因素。

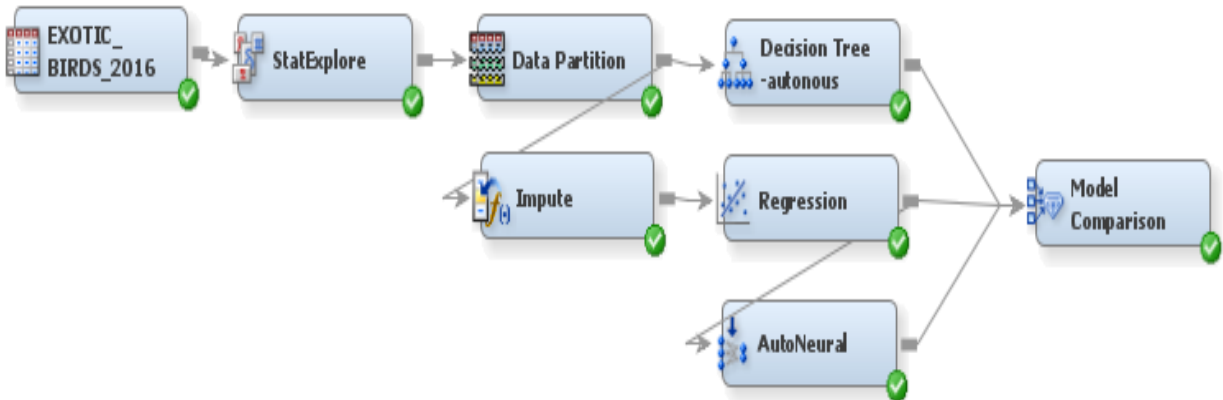
參考文獻

- 李淑娟，2010，資料採礦運用以 SAS Enterprise Miner 為工具，SAS Institute Taiwan Ltd.
- 梁世雄、陳俊宏、侯平君、謝寶森、杜銘章，2010，外來入侵動物物種資料收集及管理工具之建立，行政院農委會林務局。
- 蕭木吉等，2014，台灣野鳥手繪圖鑑，行政院農委會林務局、社團法人台北市野鳥學會。
- del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., & Christie, D. A. (1992). 2011 Handbook of the birds of the world, vol. 1–16. *Barcelona, Spain: Lynx Edicions.*
- Dunning Jr, J. B. (Ed.). (1992). CRC handbook of avian body masses. CRC press.
- Keller, R. P., J. M. Drake, and D. M. Lodge. 2007. Fecundity as a basis for risk assessment of nonindigenous freshwater mollusks. *Conservation Biology* 21(1): 191-200.
- Kolar, C. S., and D. M. Lodge. 2001. Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution* 16:199 – 204.
- Marchetti, M. P., P. B. Moyle, and R. Levine. 2004. Invasive species profiling? Exploring the characteristics of non-native fishes across invasion stages in California. *Freshwater Biology* 49: 646-661.

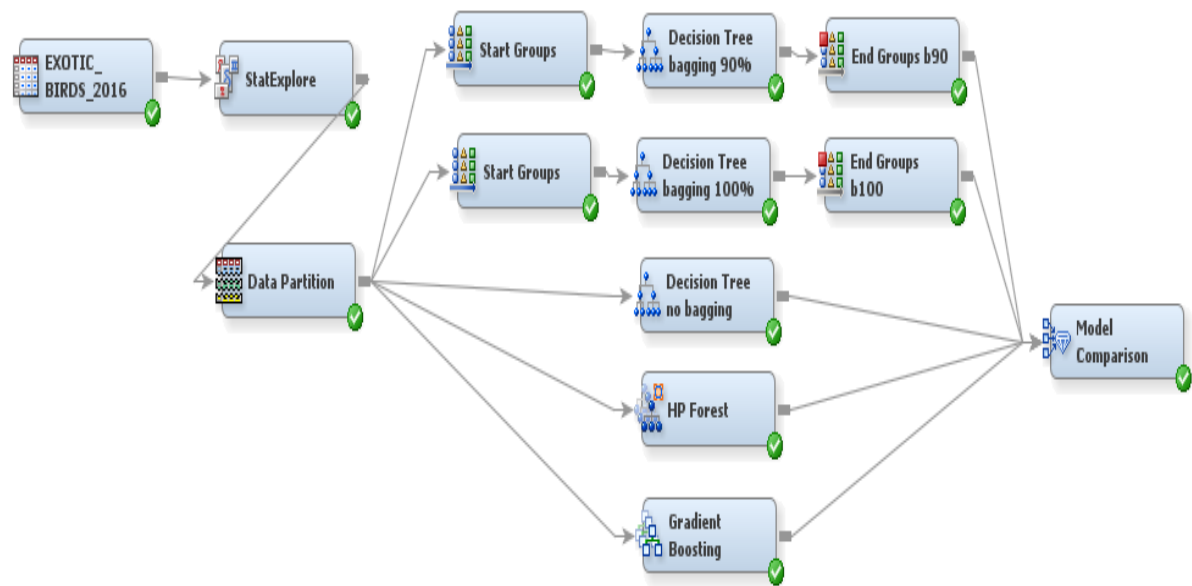
Reichard, S. H., and C. W. Hamilton. 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. *Conservation Biology* 11:193-203.

Veltman, C. J., S. Nee, and M. J. Crawley. 1996. Correlates of introduction success in exotic New Zealand birds. *The American Naturalist* 147: 542-557.

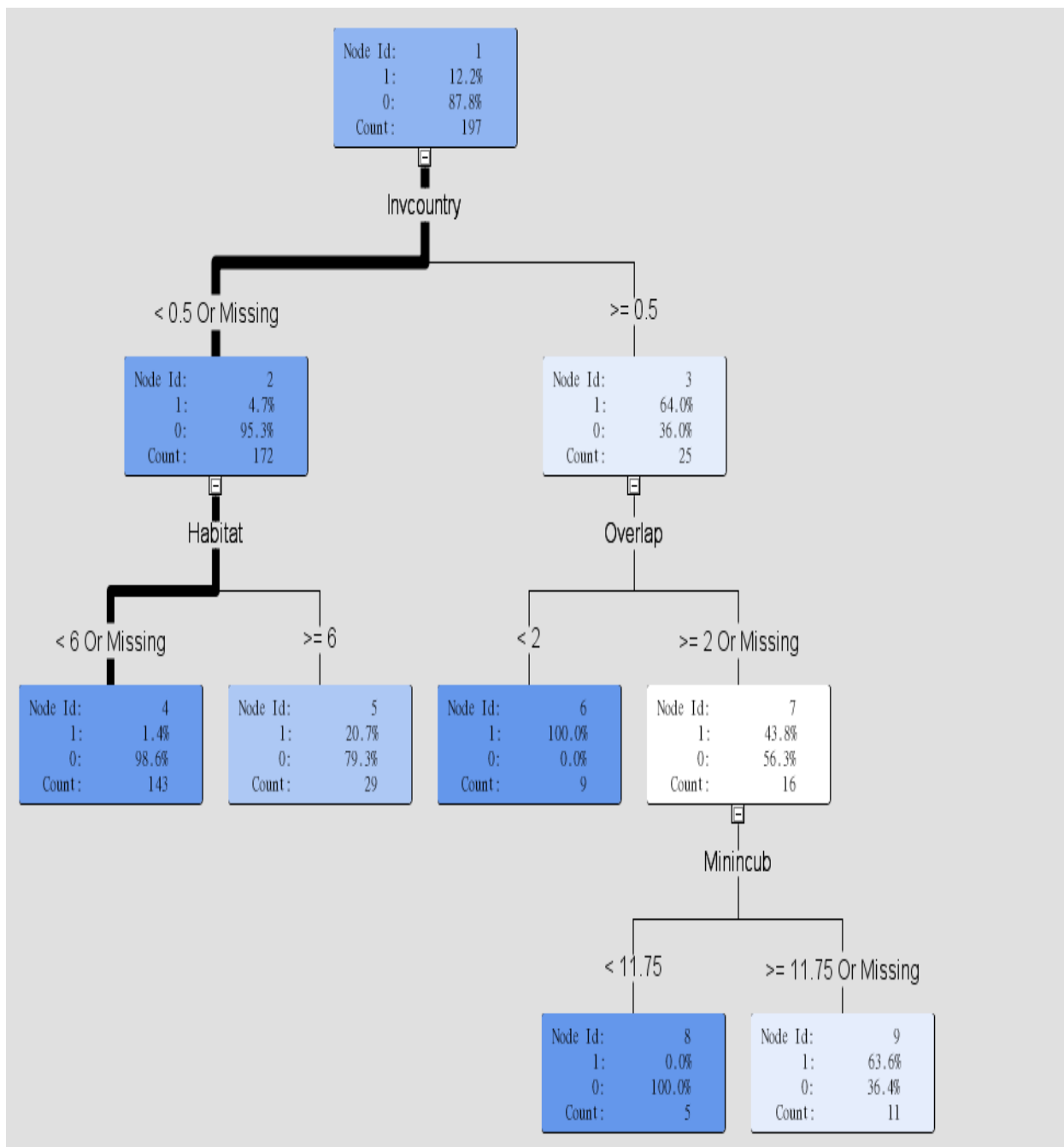
(a) 三種建模方式



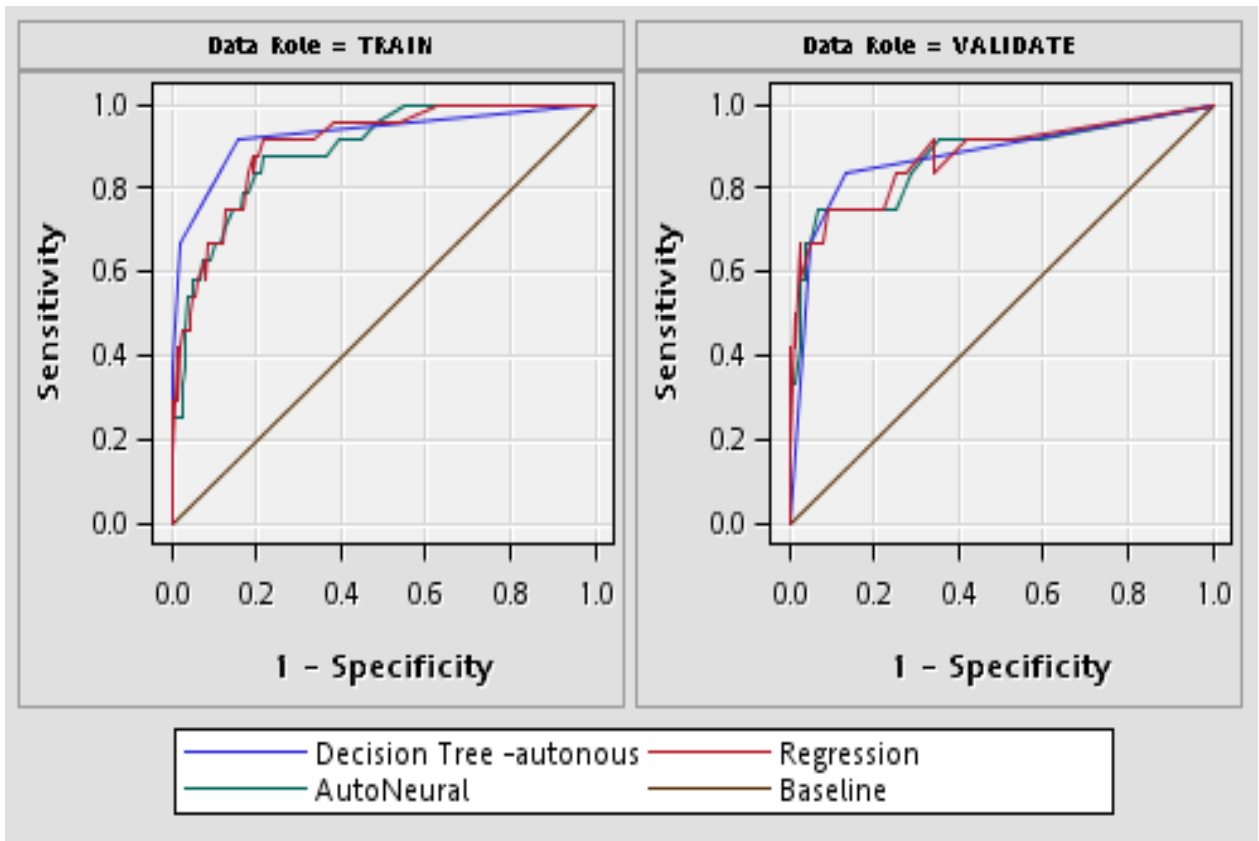
(b) 三種建樹方式



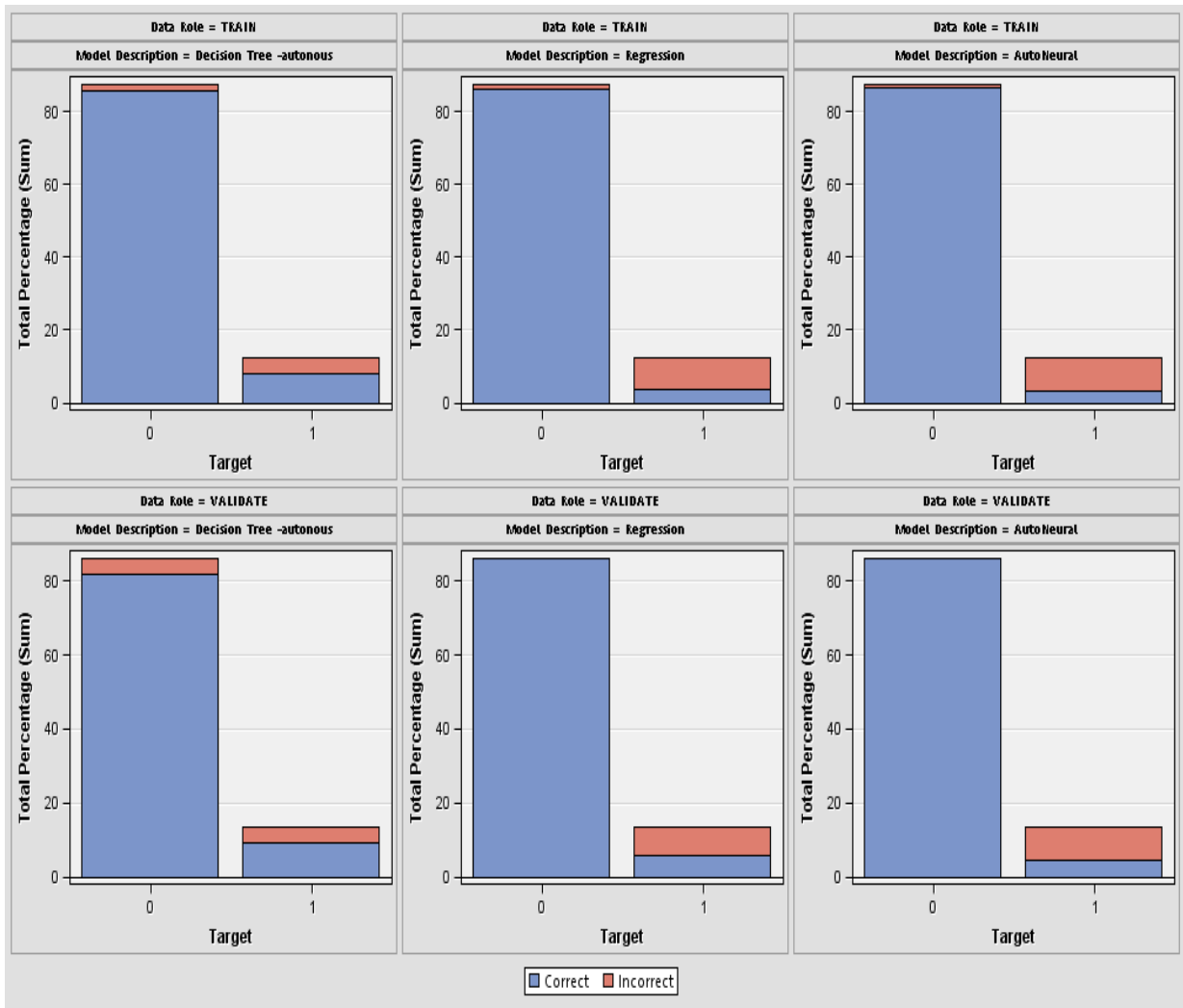
圖一、研究分析之流程圖:(a)三種建模方式，(b)三種建樹方式



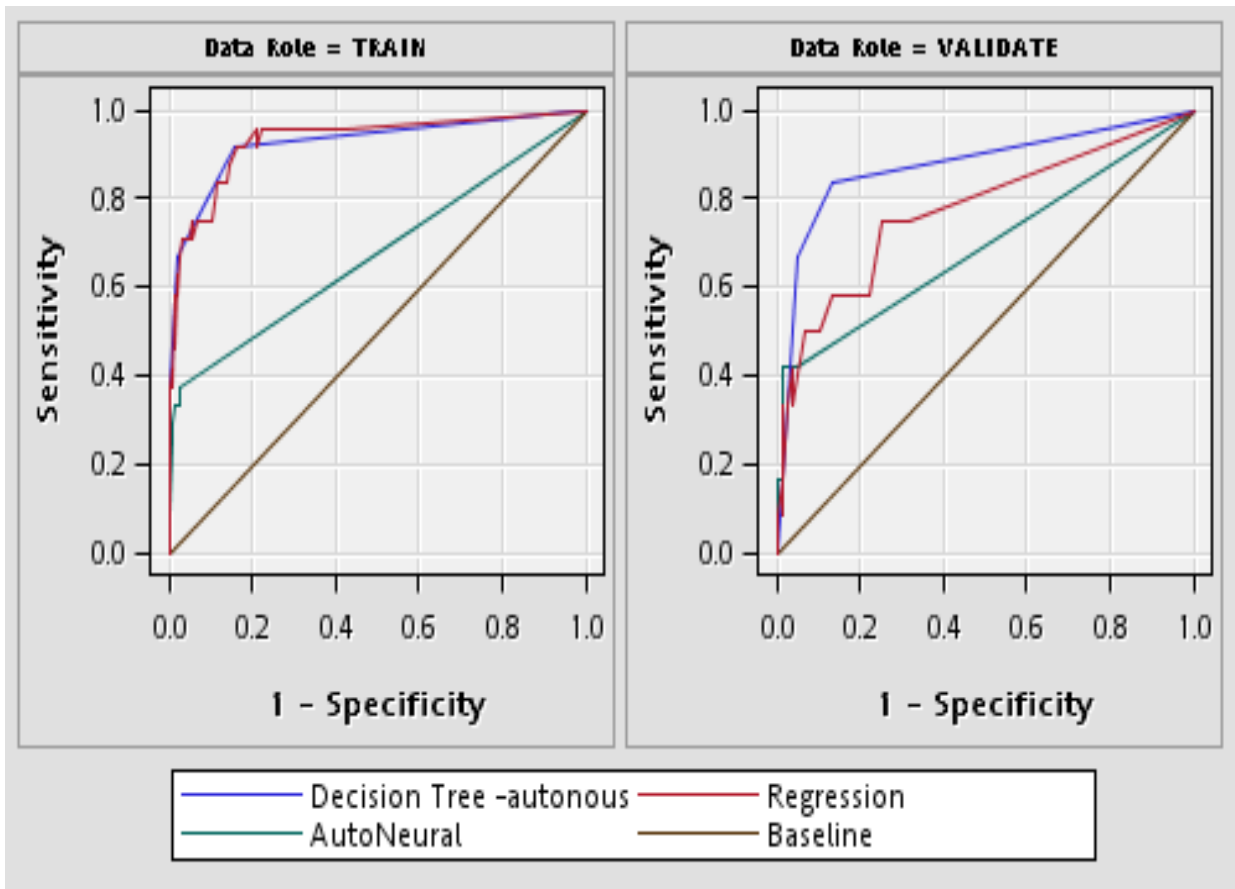
圖二、決策樹分析建構繁殖入侵之模式(變數名稱參考表一)



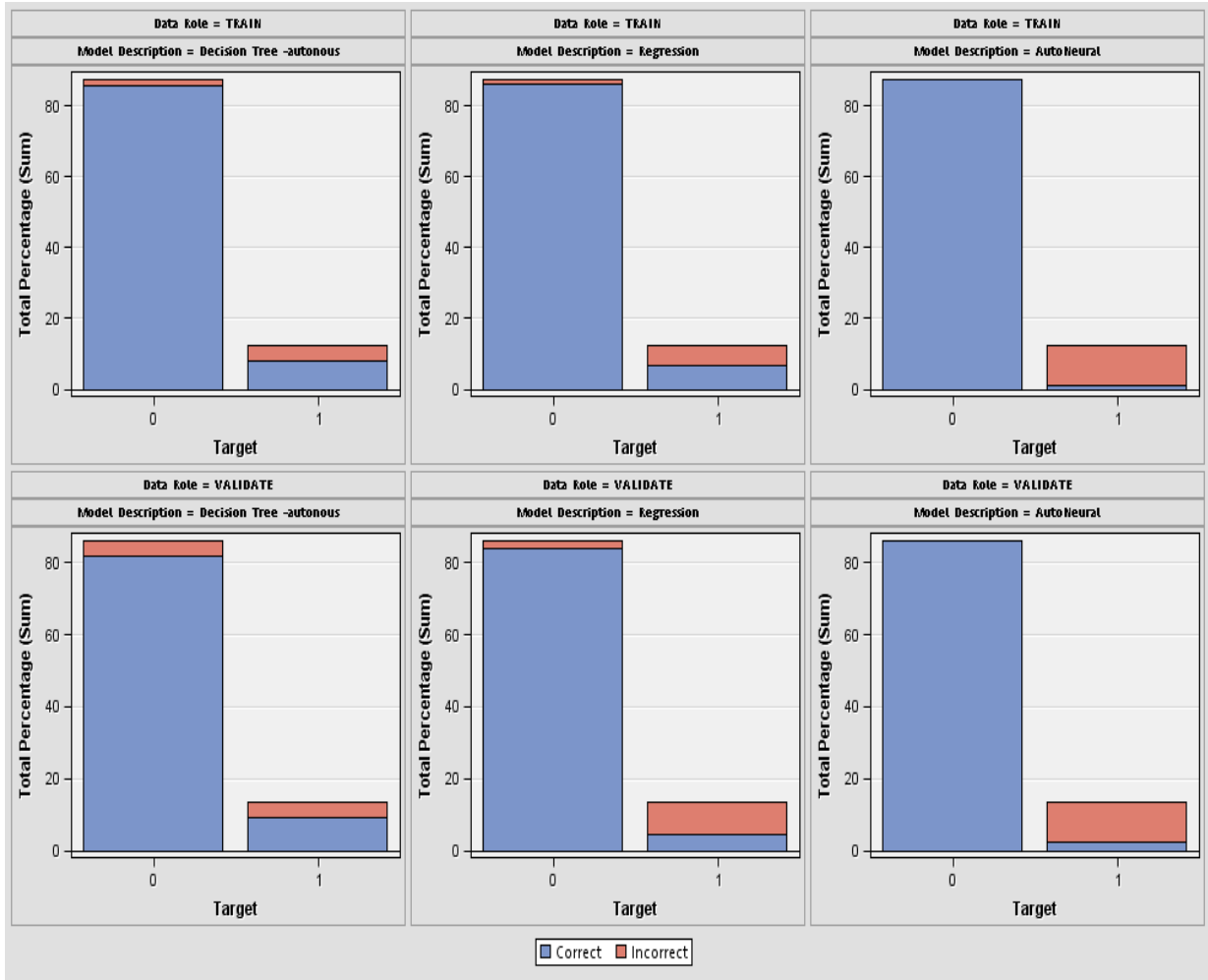
圖三、策略 I 之 ROC 圖，不同分析方法在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異度(specificity)。藍線為決策樹模式；紅線為邏輯迴規模式；綠線為類神經網路模式。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



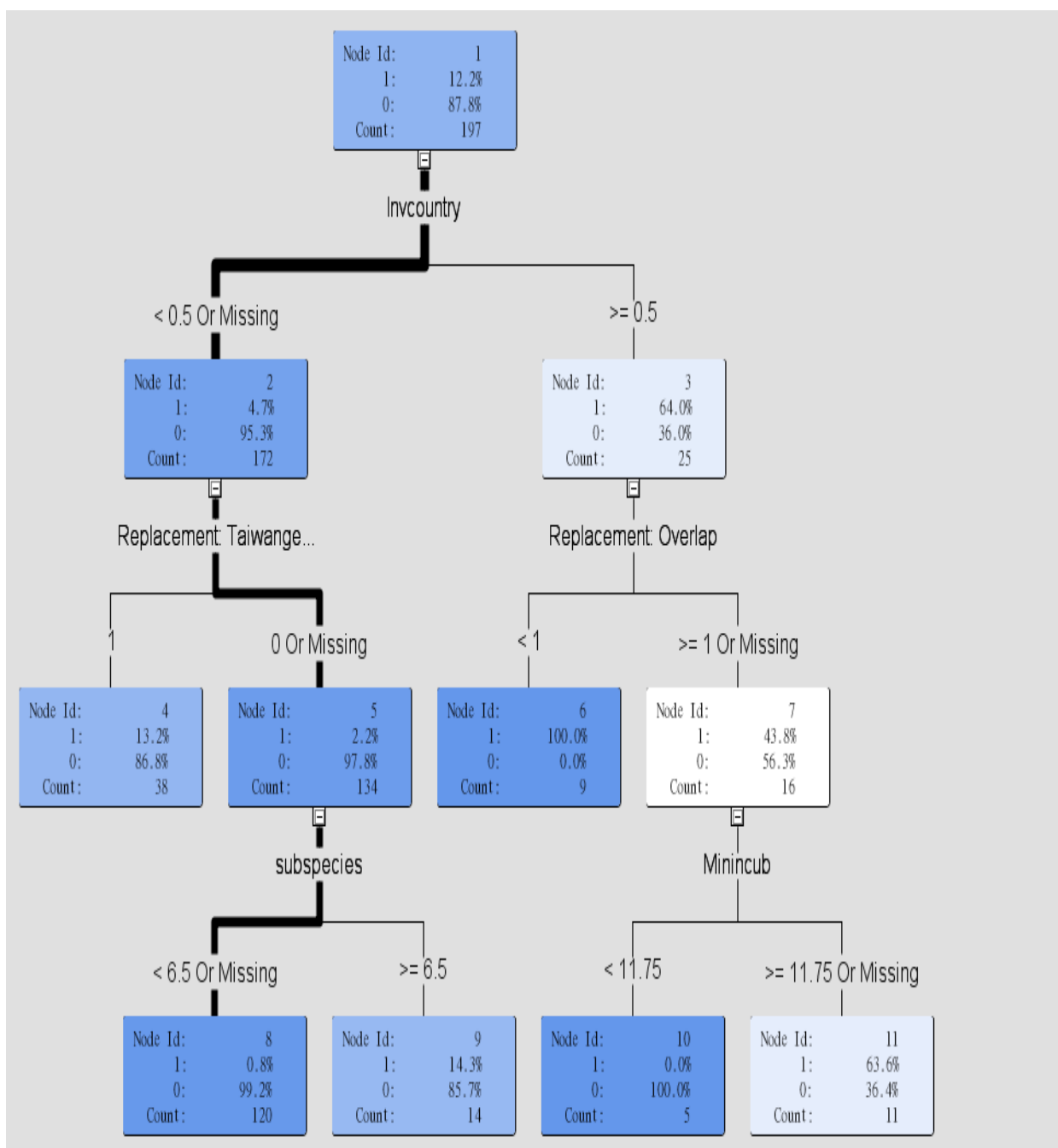
圖四、三種預測繁殖入侵模式分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外繁殖入侵失敗，Target =1 為在臺灣野外繁殖入侵成功。最左圖為決策樹預測模式。中間圖為邏輯迴歸預測模式。最右圖為類神經預測模式。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



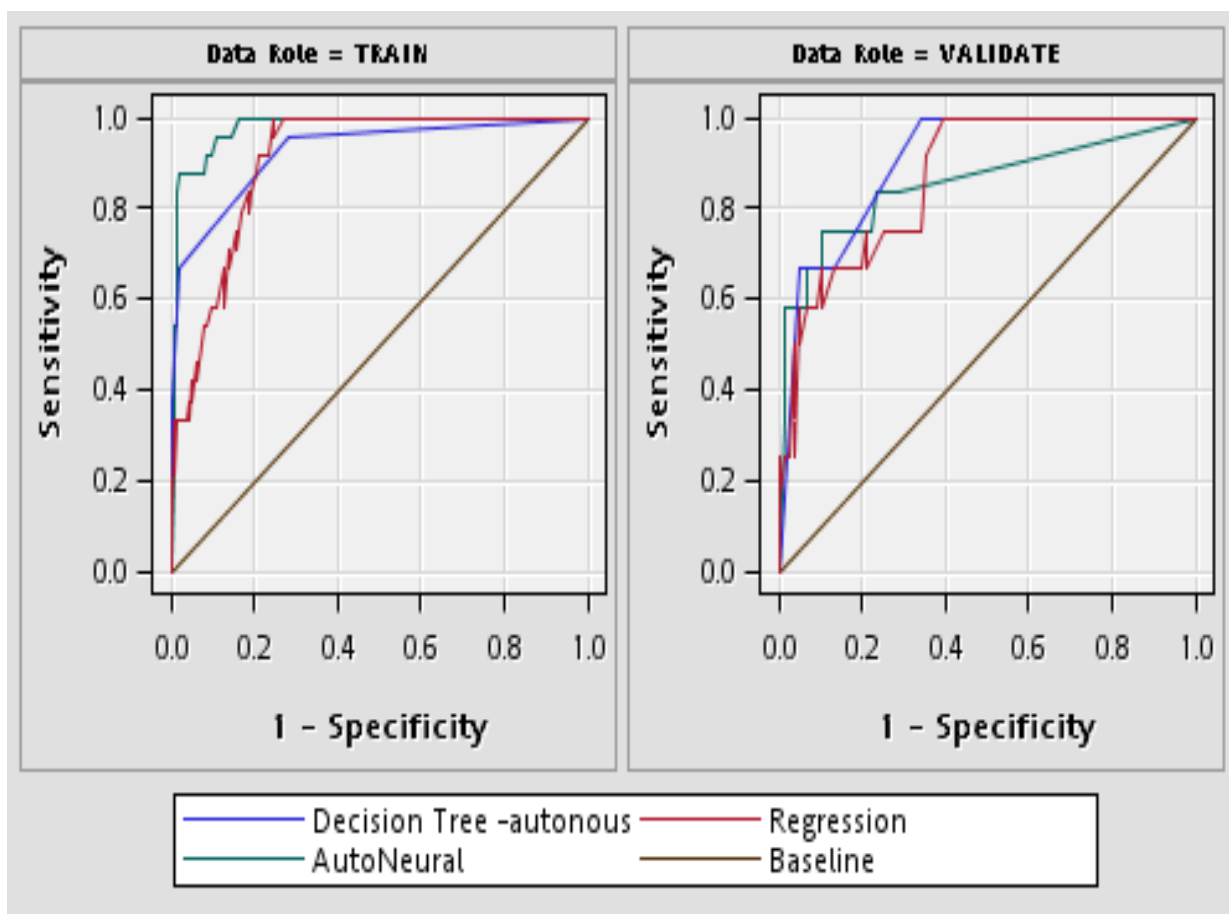
圖五、策略 II 之 ROC 圖，不同分析方法在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異度(specificity)。藍線為決策樹模式；紅線為邏輯迴規模式；綠線為類神經網路模式。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



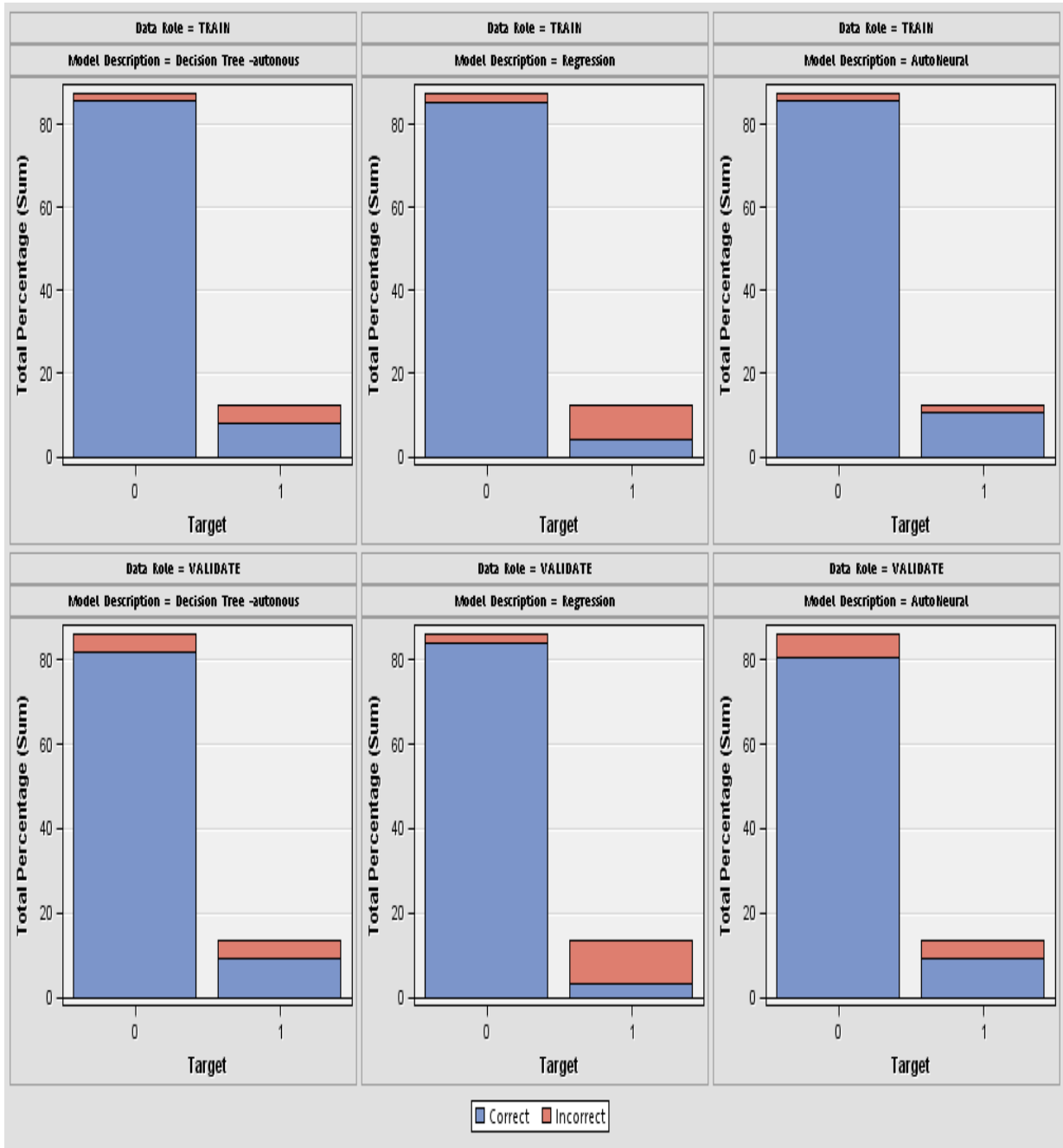
圖六、三種預測模式分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外繁殖入侵失敗，Target =1 為在臺灣野外繁殖入侵成功。最左圖為決策樹預測模式。中間圖為邏輯迴歸預測模式。最右圖為類神經預測模式。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



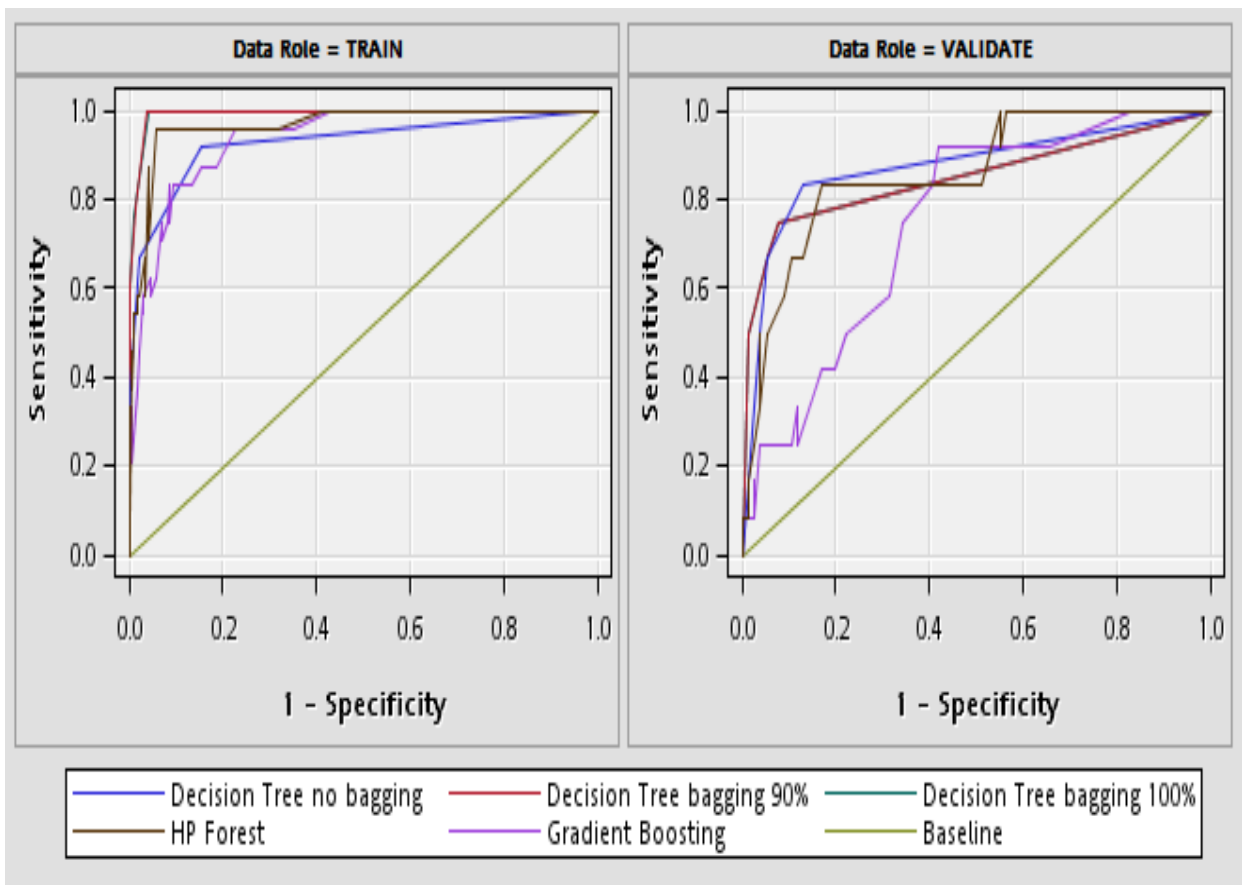
圖七、變數處理策略 III 下，決策樹分析建構繁殖入侵之模式(變數名稱參考表一)



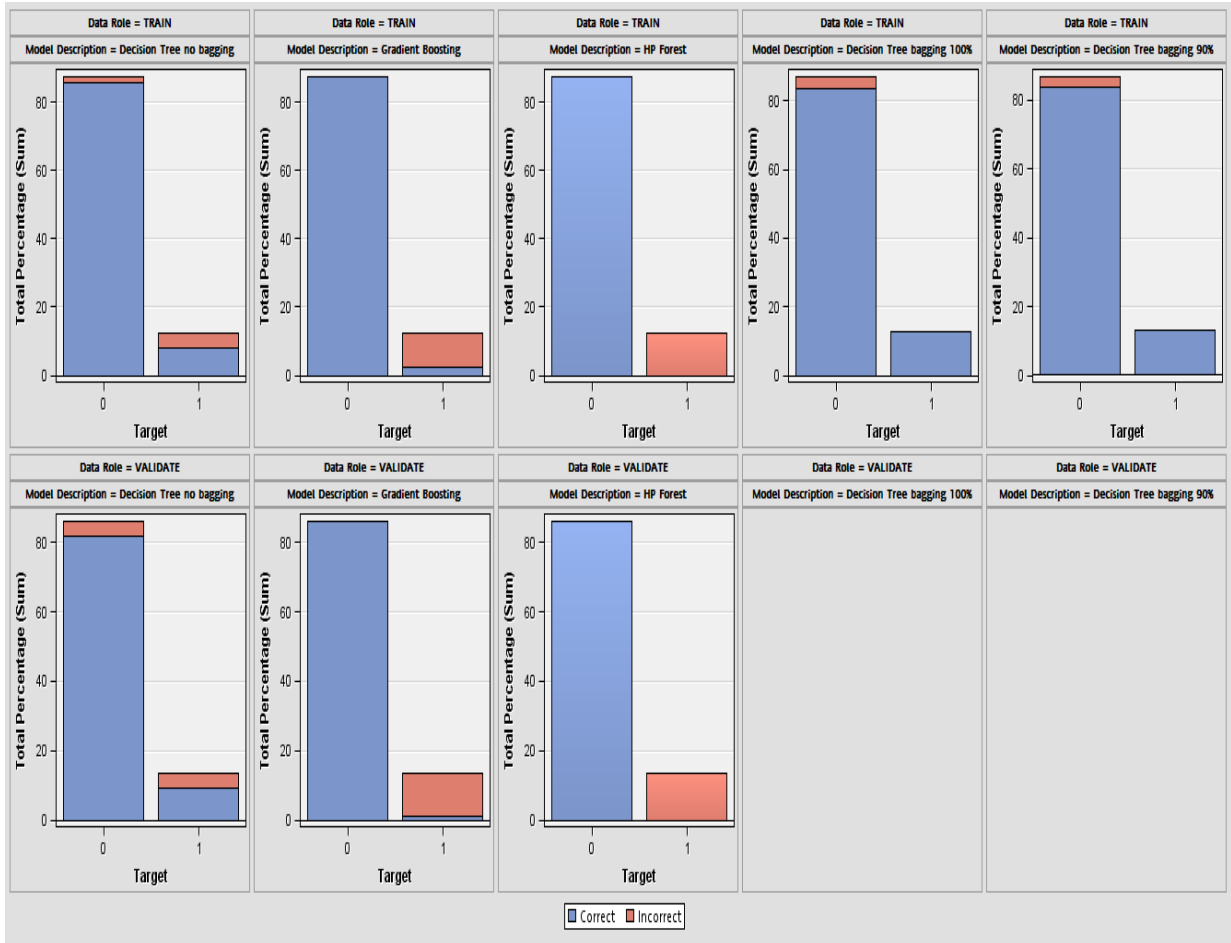
圖八、策略 III 之 ROC 圖，不同分析方法在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性(specificity)。藍線為決策樹模式；紅線為邏輯迴規模式；綠線為類神經網路模式。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



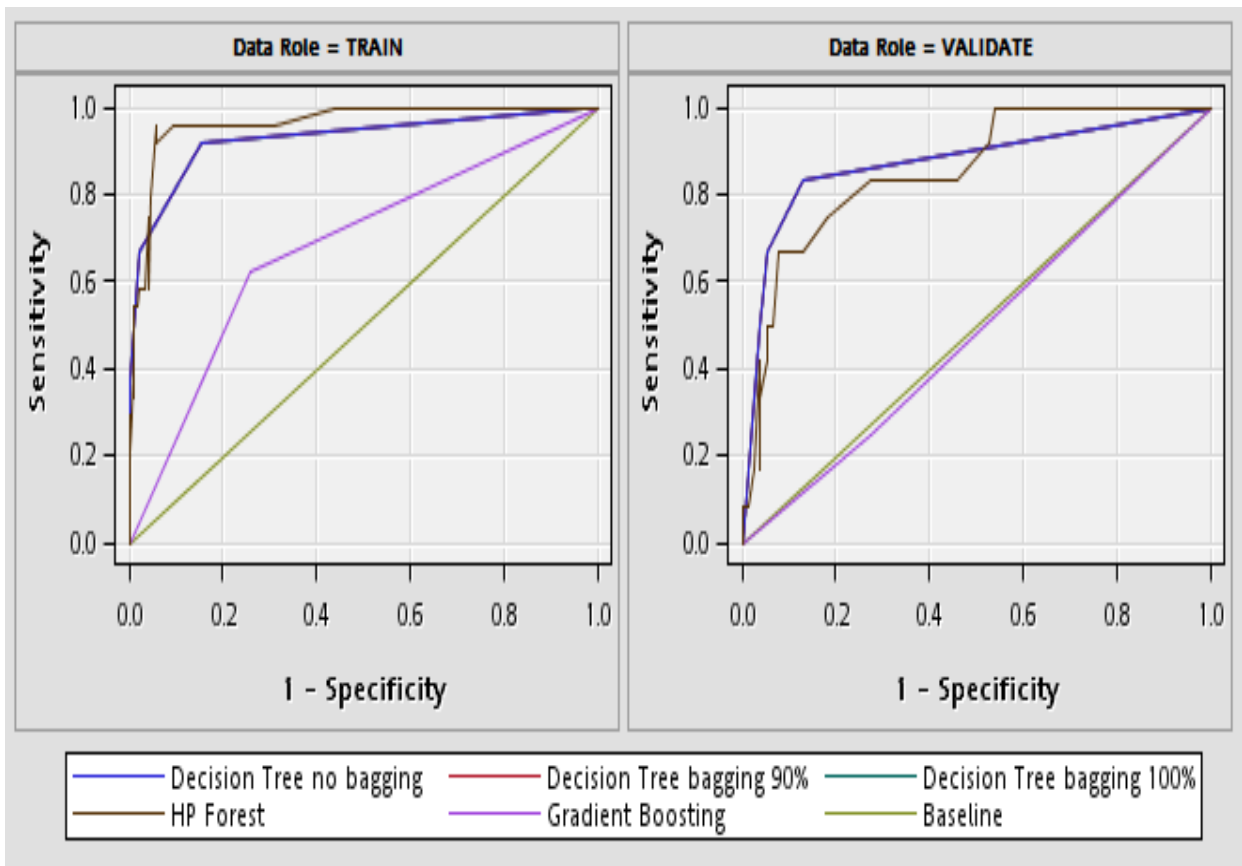
圖九、三種預測模式分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外繁殖入侵失敗，Target =1 為在臺灣野外繁殖入侵成功。最左圖為決策樹預測模式。中間圖為邏輯迴歸預測模式。最右圖為類神經預測模式。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



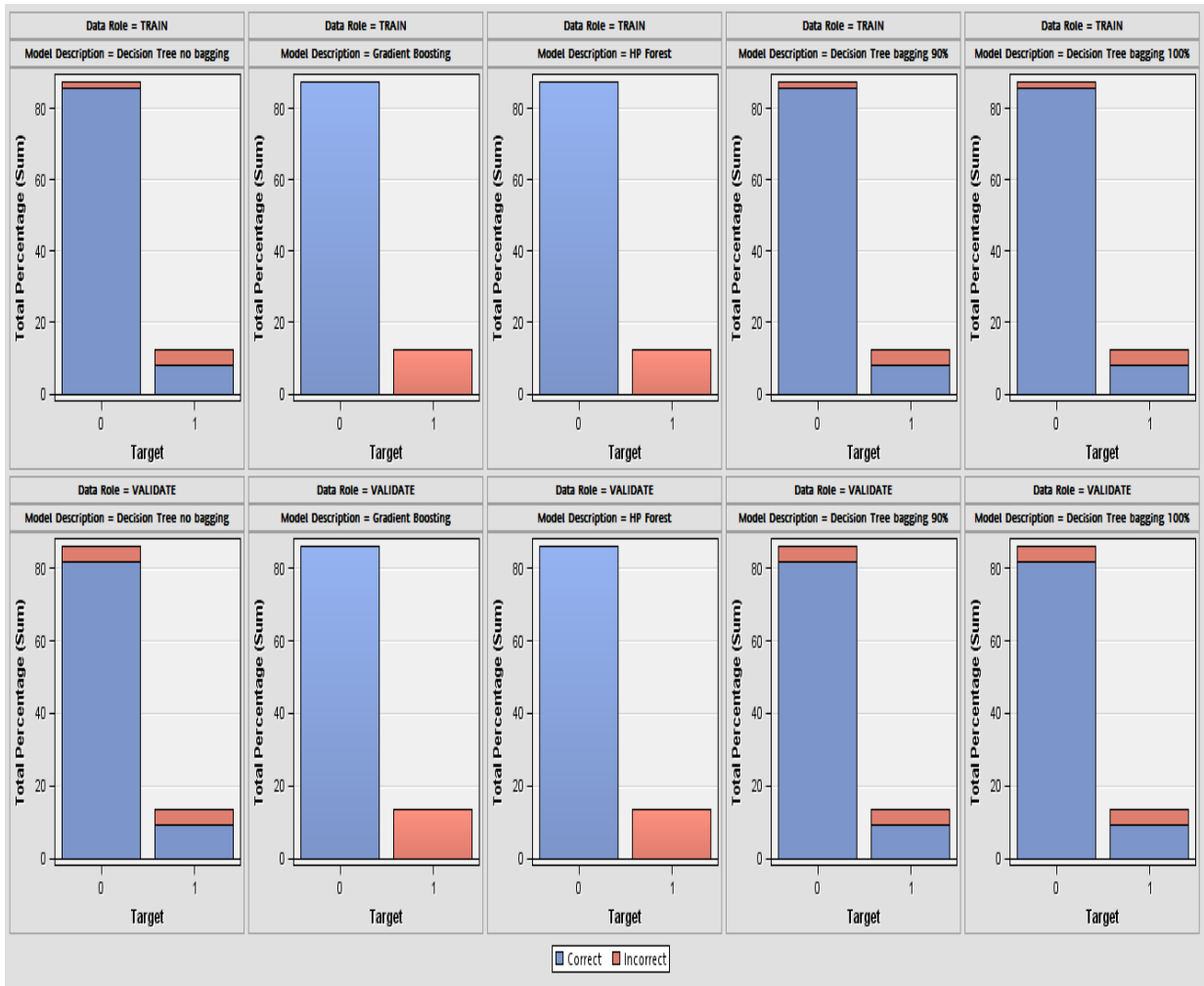
圖十、變數處理策略 I 下，不同建樹方式之 ROC 圖，不同建樹方式在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性 (specificity)。藍線為決策樹 1(no bagging)；紅線為決策樹 2(bagging 90%)；綠線為決策樹 3(bagging 100%)；灰線為逢機森林(HP Forest)；紫線為梯度提升(Gradient Boosting)。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



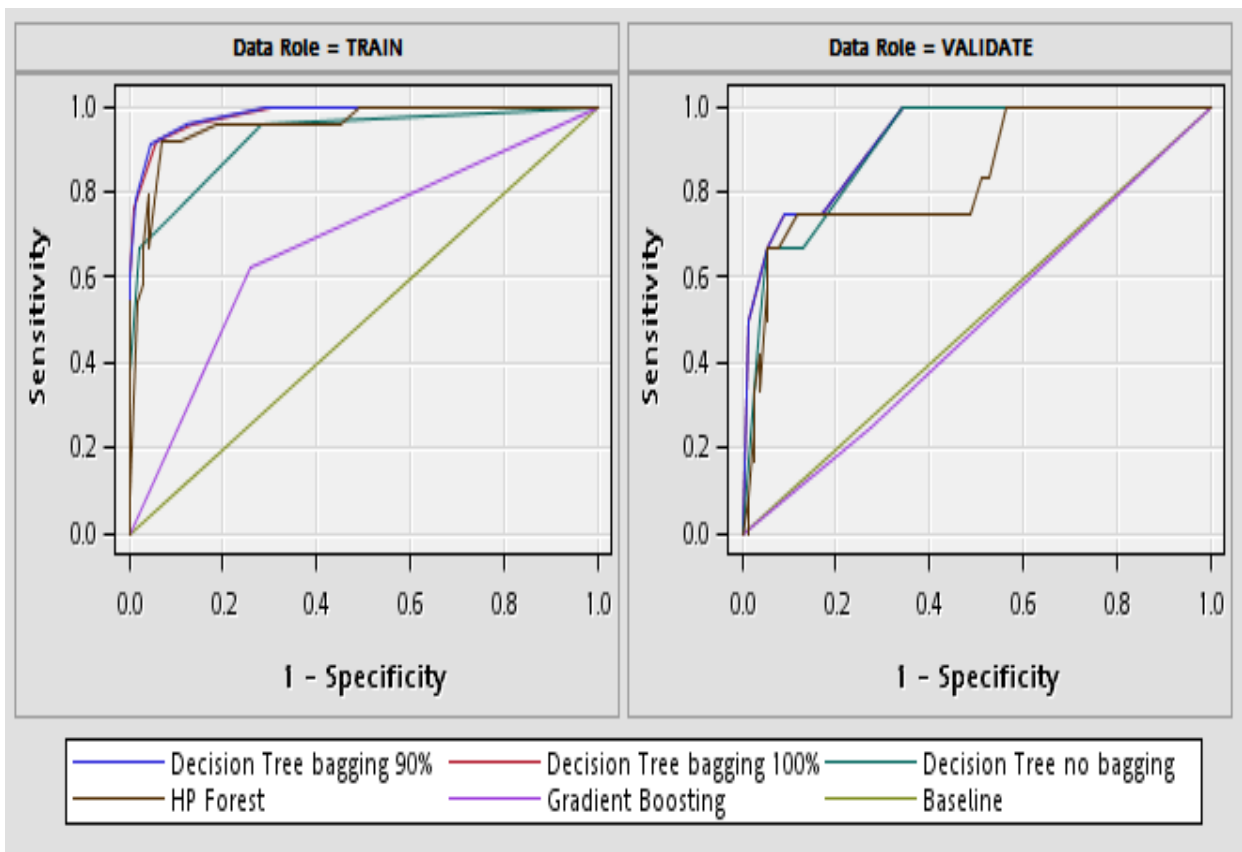
圖十一、變數處理策略 I 下，不同建樹方式之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在台灣野外繁殖入侵失敗，Target =1 為在台灣野外繁殖入侵成功。由左至右依序為決策樹 1(no bagging)、梯度提升(Gradient Boosting)、逢機森林(HP Forest)。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



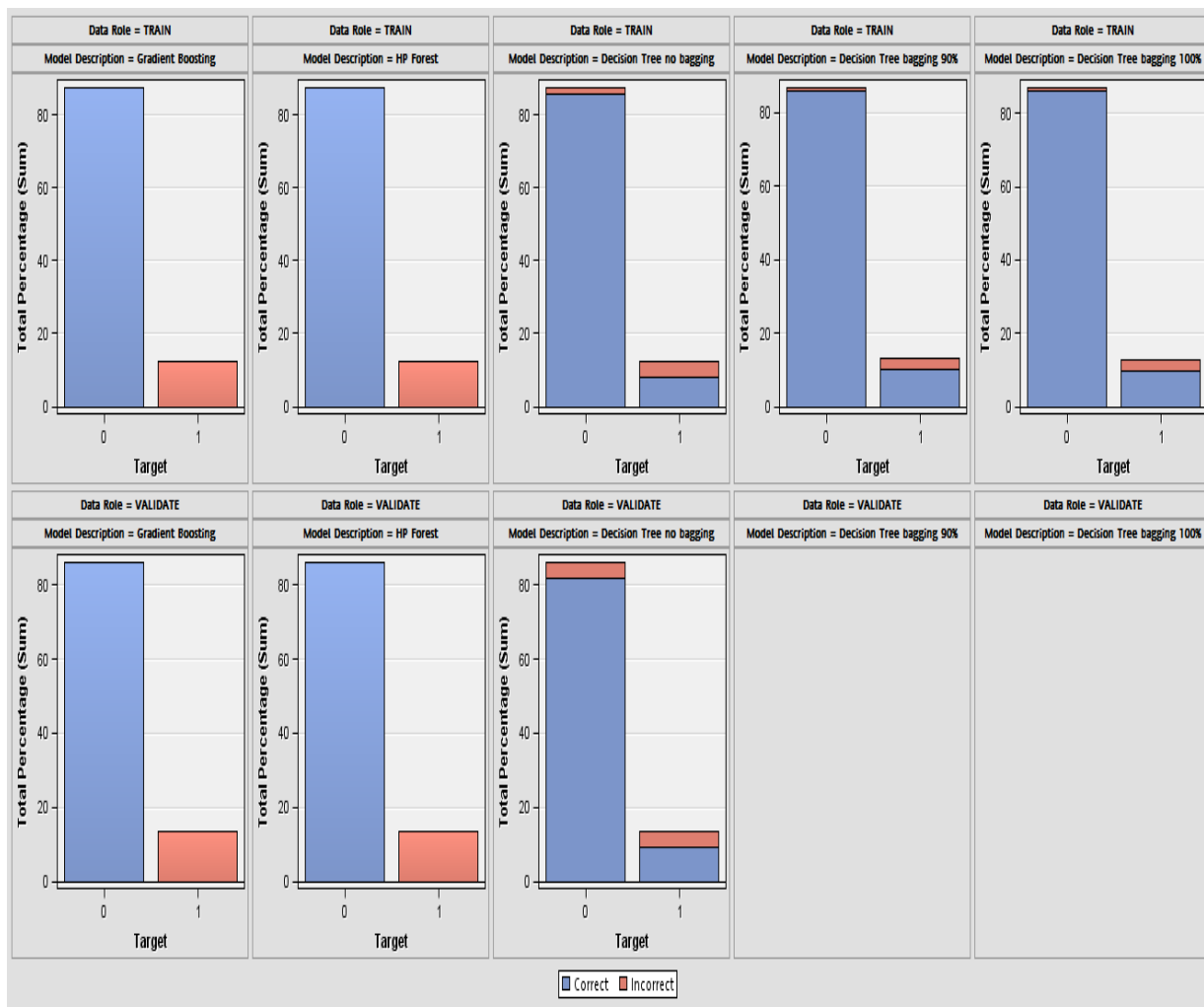
圖十二、變數處理策略 II 下，不同建樹方式之 ROC 圖，不同建樹方式在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性(specificity)。藍線為決策樹 1(no bagging)；紅線為決策樹 2(bagging 90%)；綠線為決策樹 3(bagging 100%)；灰線為逢機森林(HP Forest)；紫線為梯度提升(Gradient Boosting)。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



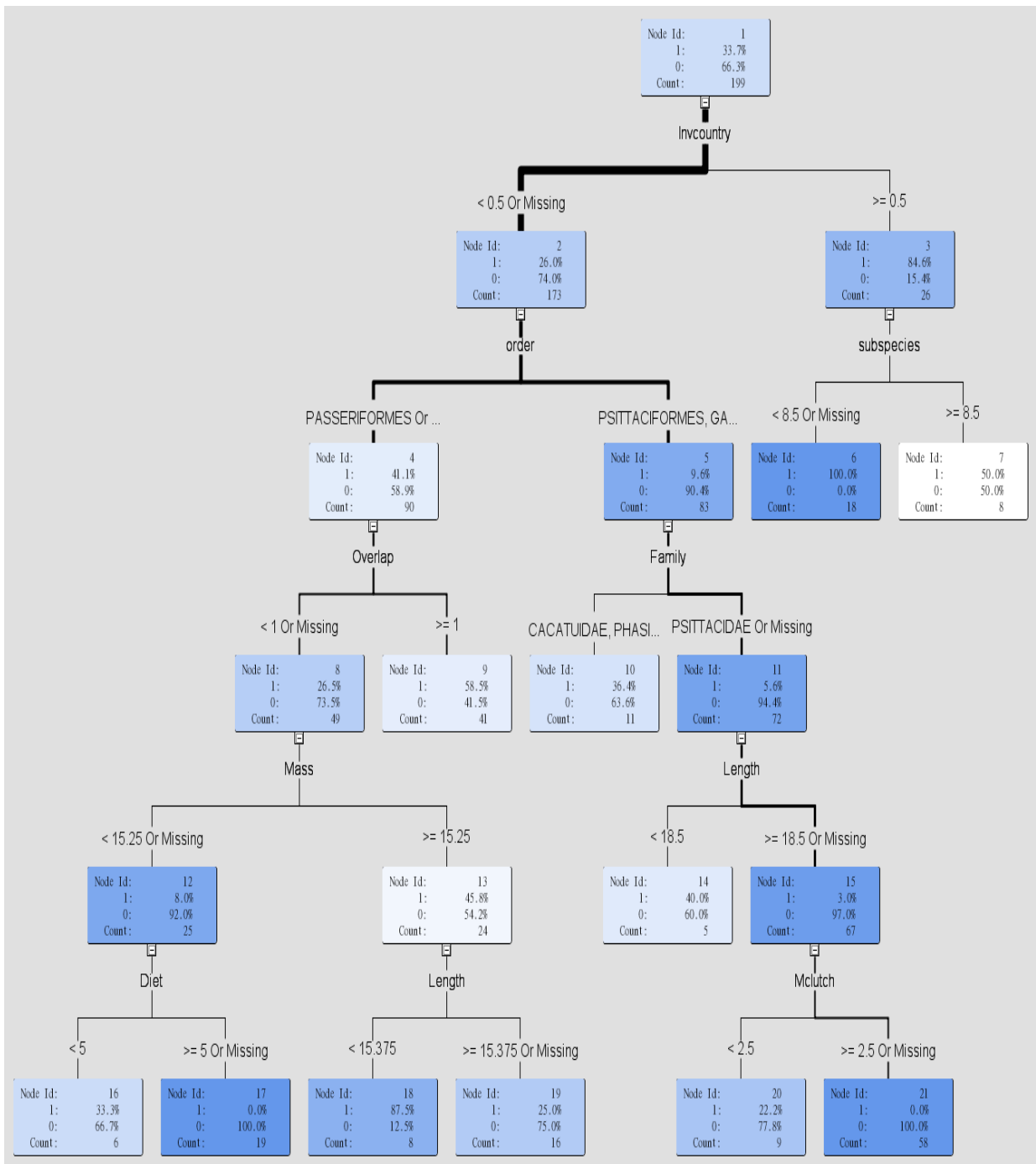
圖十三、變數處理策略 II 下，不同建樹方式之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外繁殖入侵失敗，Target =1 為在臺灣野外繁殖入侵成功。由左至右依序為決策樹 1(no bagging)、梯度提升(Gradient Boosting)、逢機森林(HP Forest)、決策樹 2(bagging 90%)、決策樹 3(bagging 100%)。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



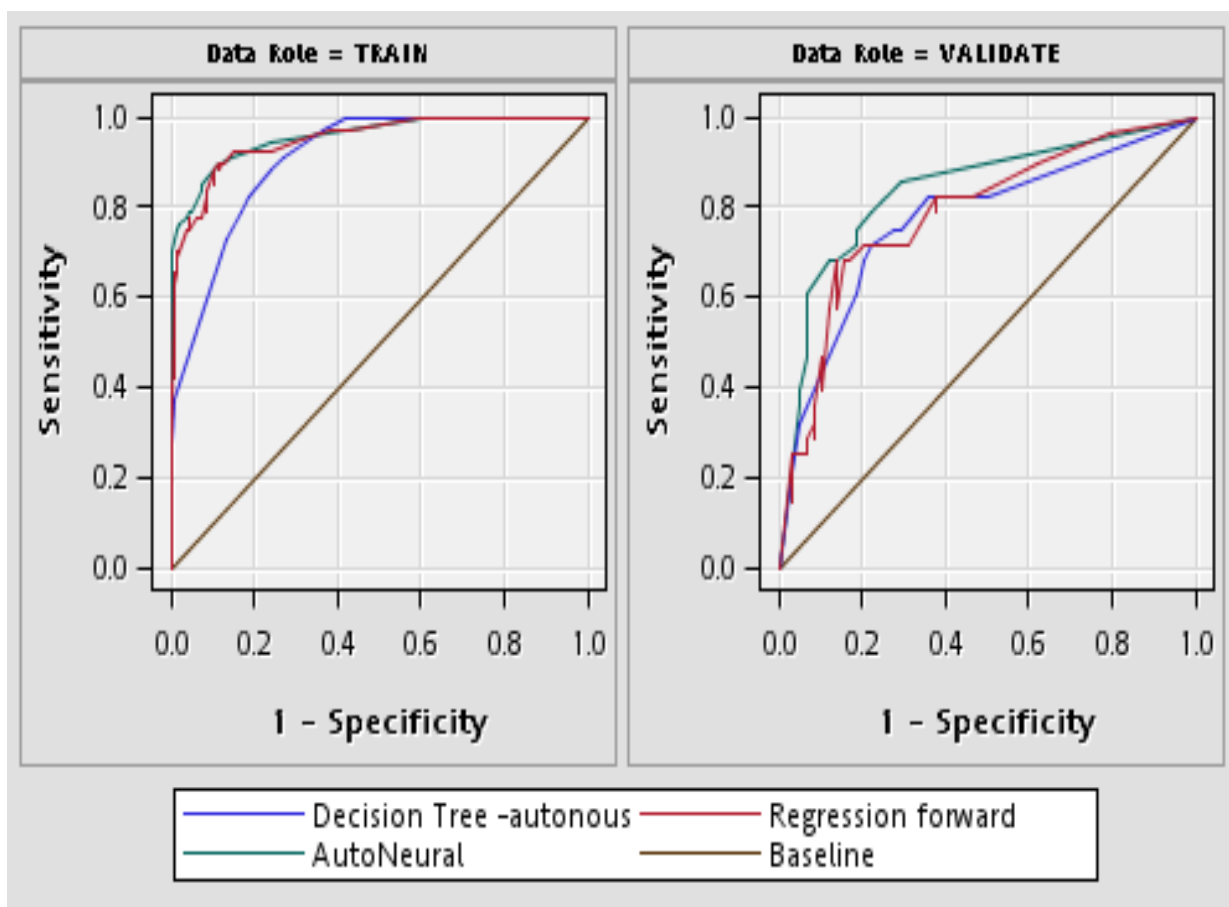
圖十四、變數處理策略 III 下，不同建樹方式之 ROC 圖，不同建樹方式在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性(specificity)。綠線為決策樹 1(no bagging)；藍線為決策樹 2(bagging 90%)；紅線為決策樹 3(bagging 100%)；灰線為逢機森林(HP Forest)；紫線為梯度提升(Gradient Boosting)。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



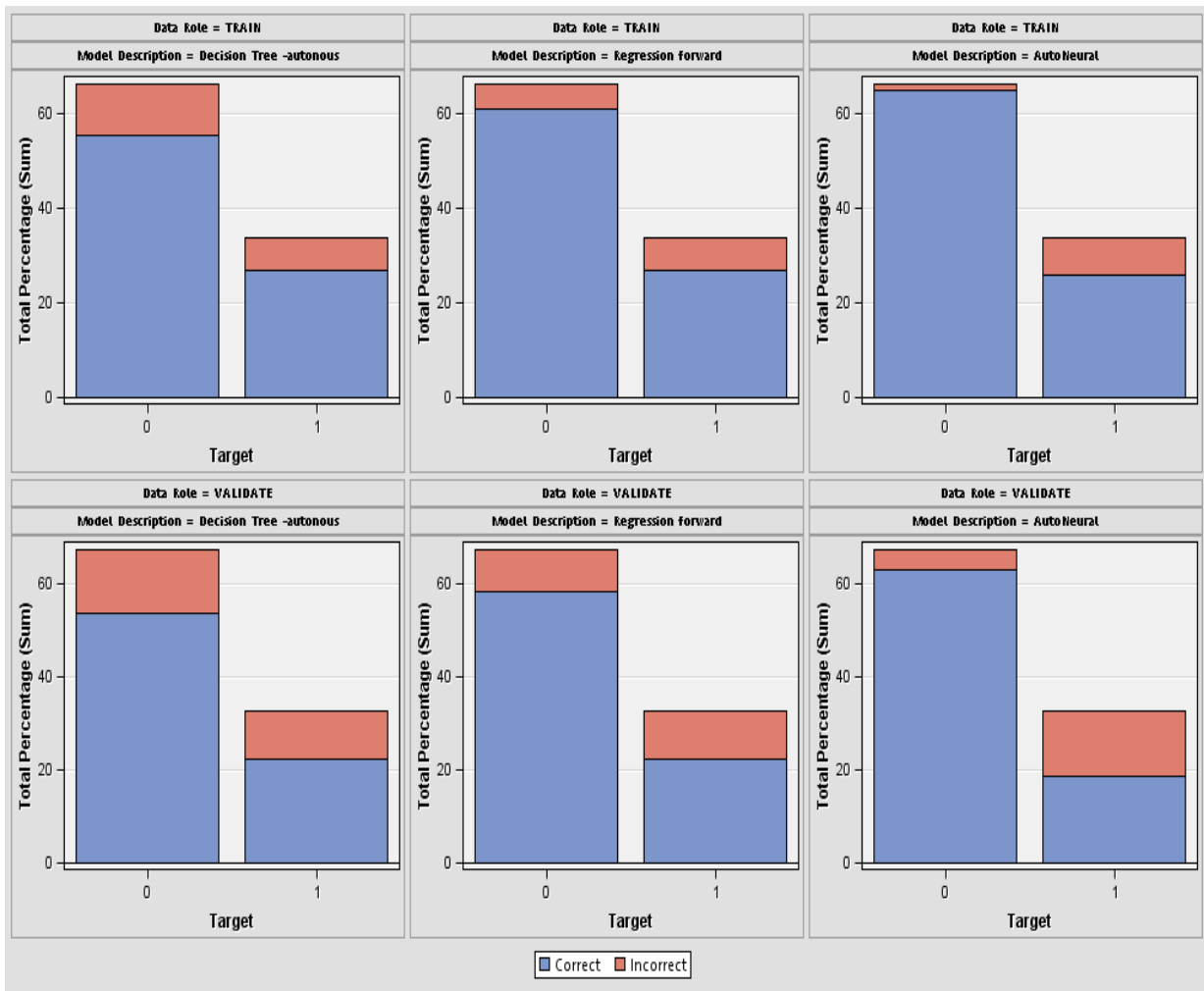
圖十五、變數處理策略 III 下，不同建樹方式之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外繁殖入侵失敗，Target =1 為在臺灣野外繁殖入侵成功。由左至右依序為梯度提升(Gradient Boosting)、逢機森林(HP Forest)、決策樹 1(no bagging)、。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



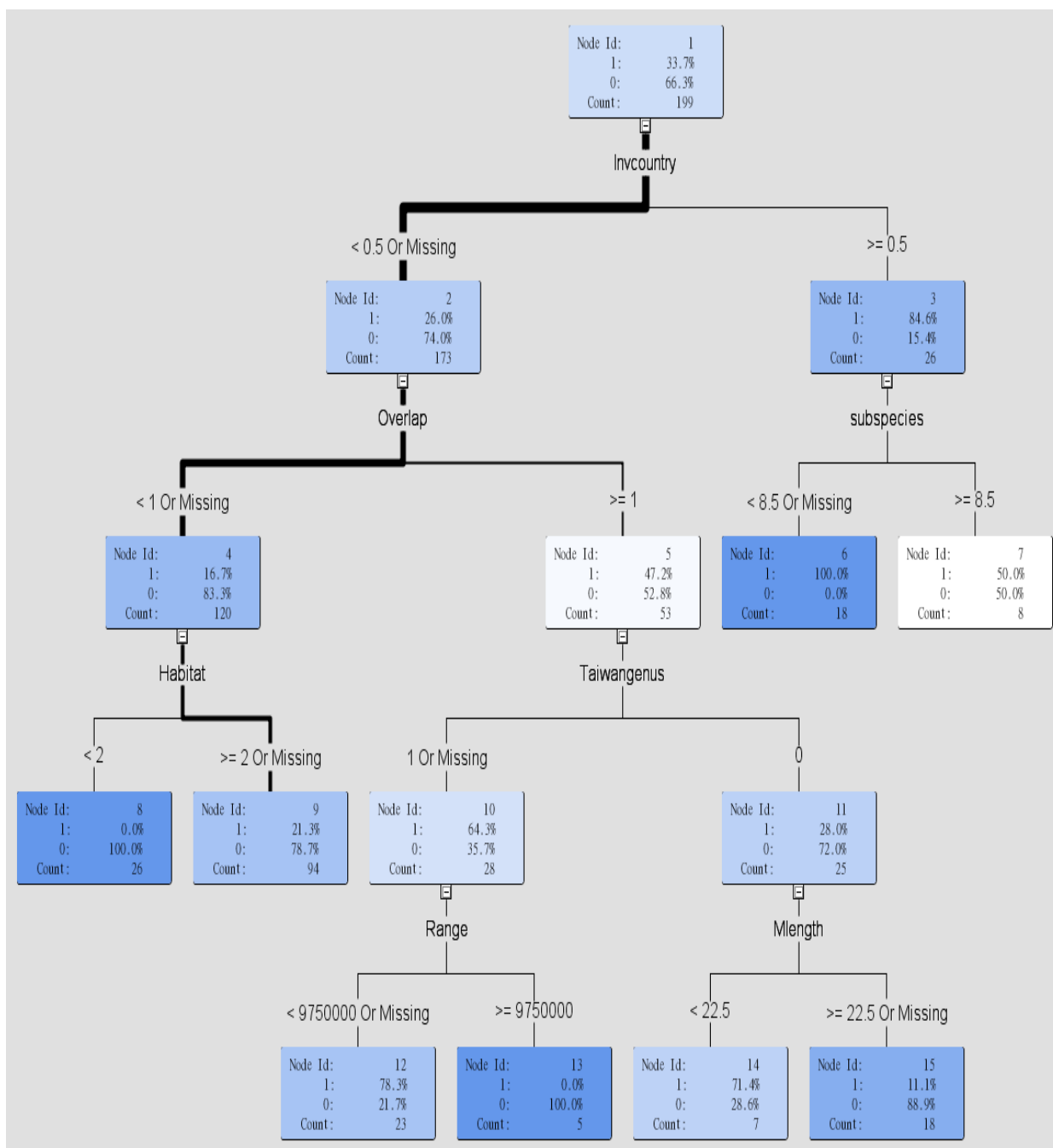
圖十六、變數處理策略 I 下，決策樹分析建構逃逸之模式(變數名稱請參考表一)



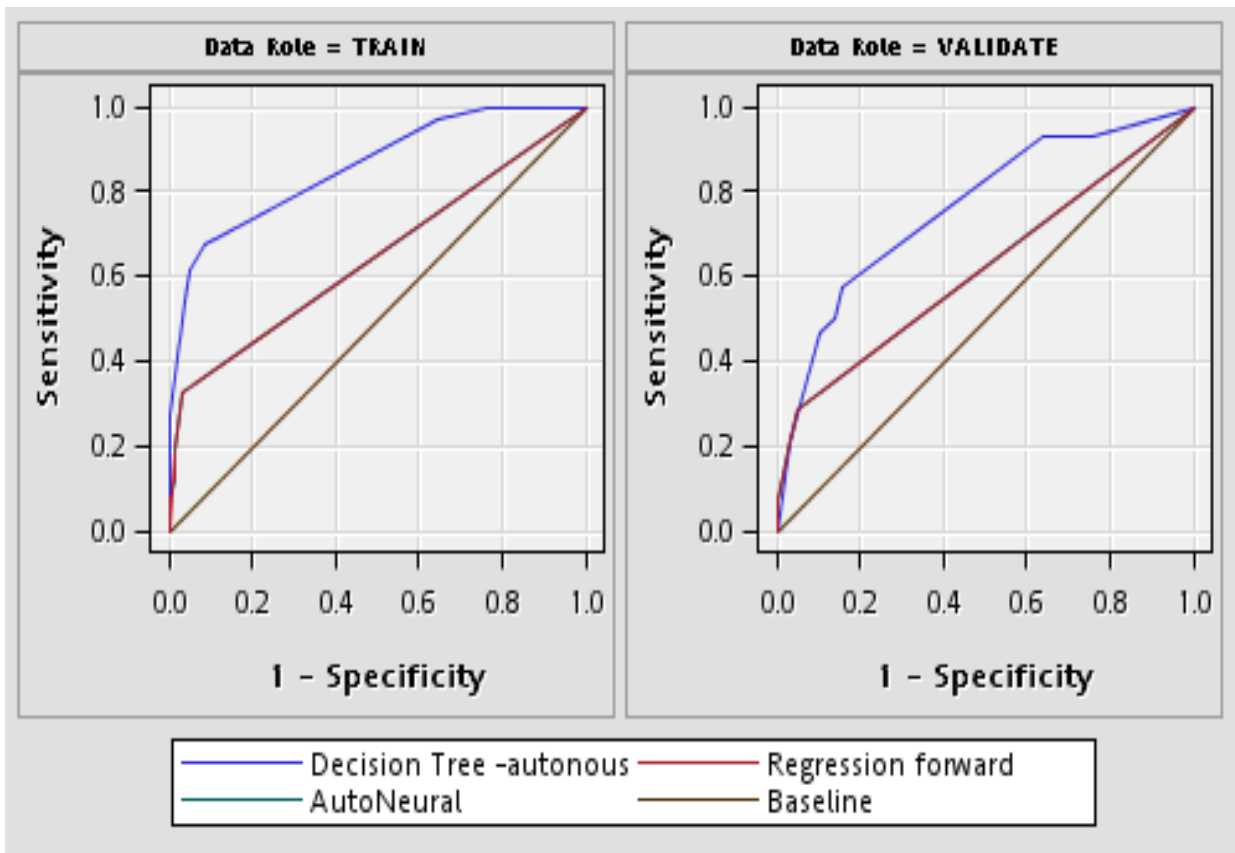
圖十七、變數處理策略 I 下，三種預測逃逸模式 ROC 圖，不同分析方法在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特异性(specificity)。藍線為決策樹模式；紅線為邏輯迴規模式；綠線為類神經網路模式。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



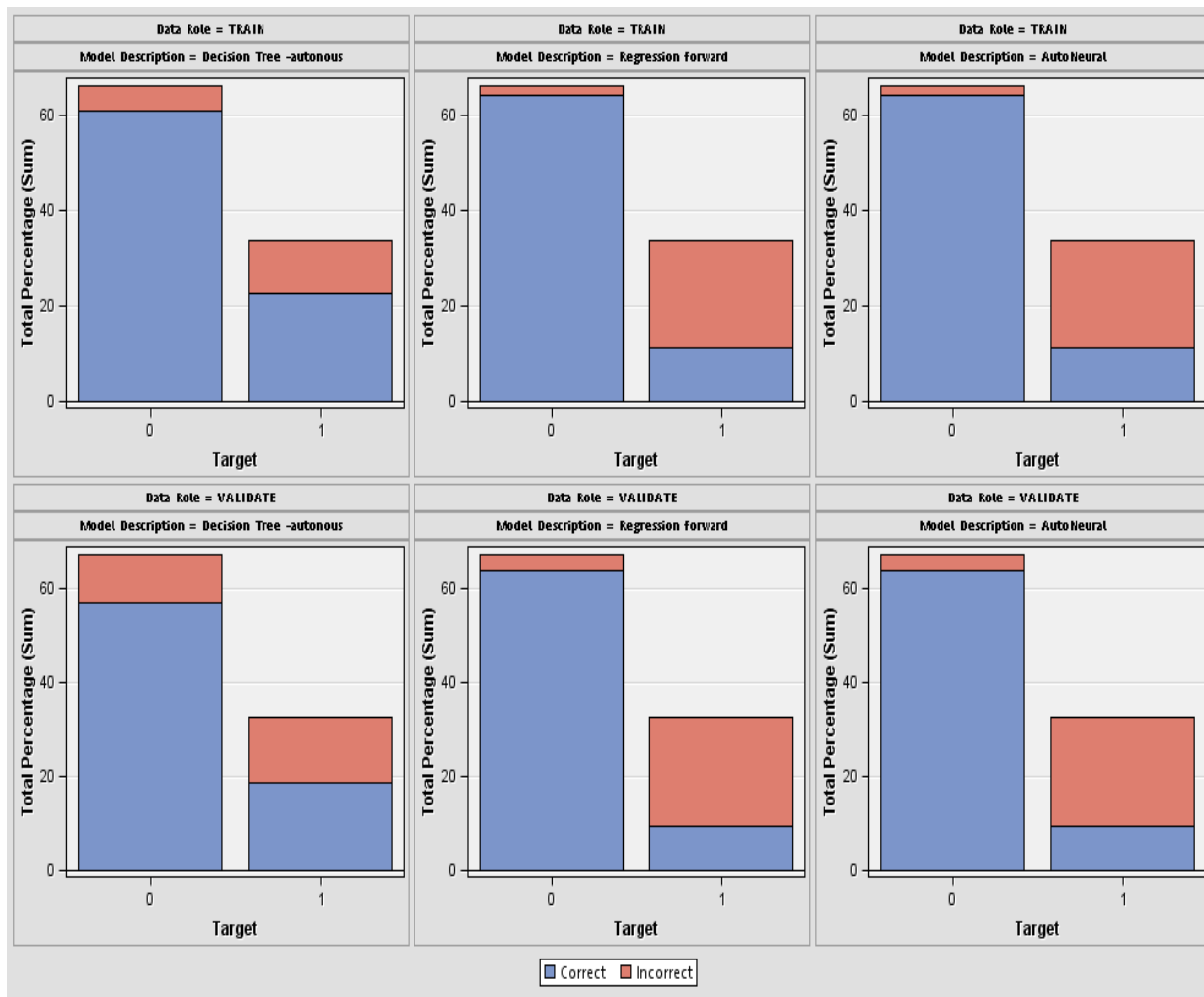
圖十八、變數處理策略 I 下，三種預測逃逸模式分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外逃逸失敗，Target =1 為在臺灣野外逃逸成功。最左圖為決策樹預測模式。中間圖為邏輯迴歸預測模式。最右圖為類神經預測模式。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



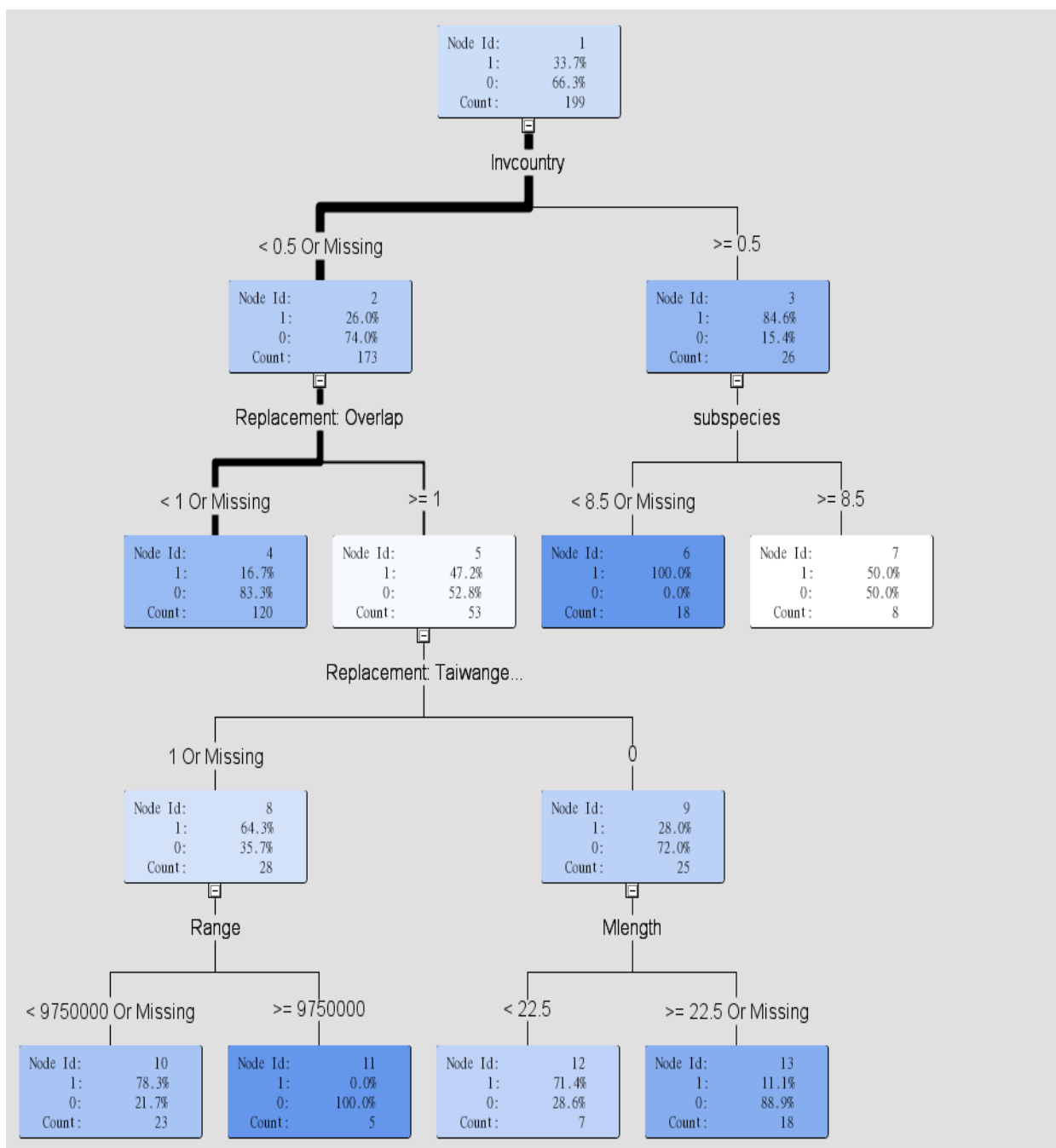
圖十九、變數處理策略 II 下，決策樹分析建構逃逸之模式(變數名稱請參考表一)。



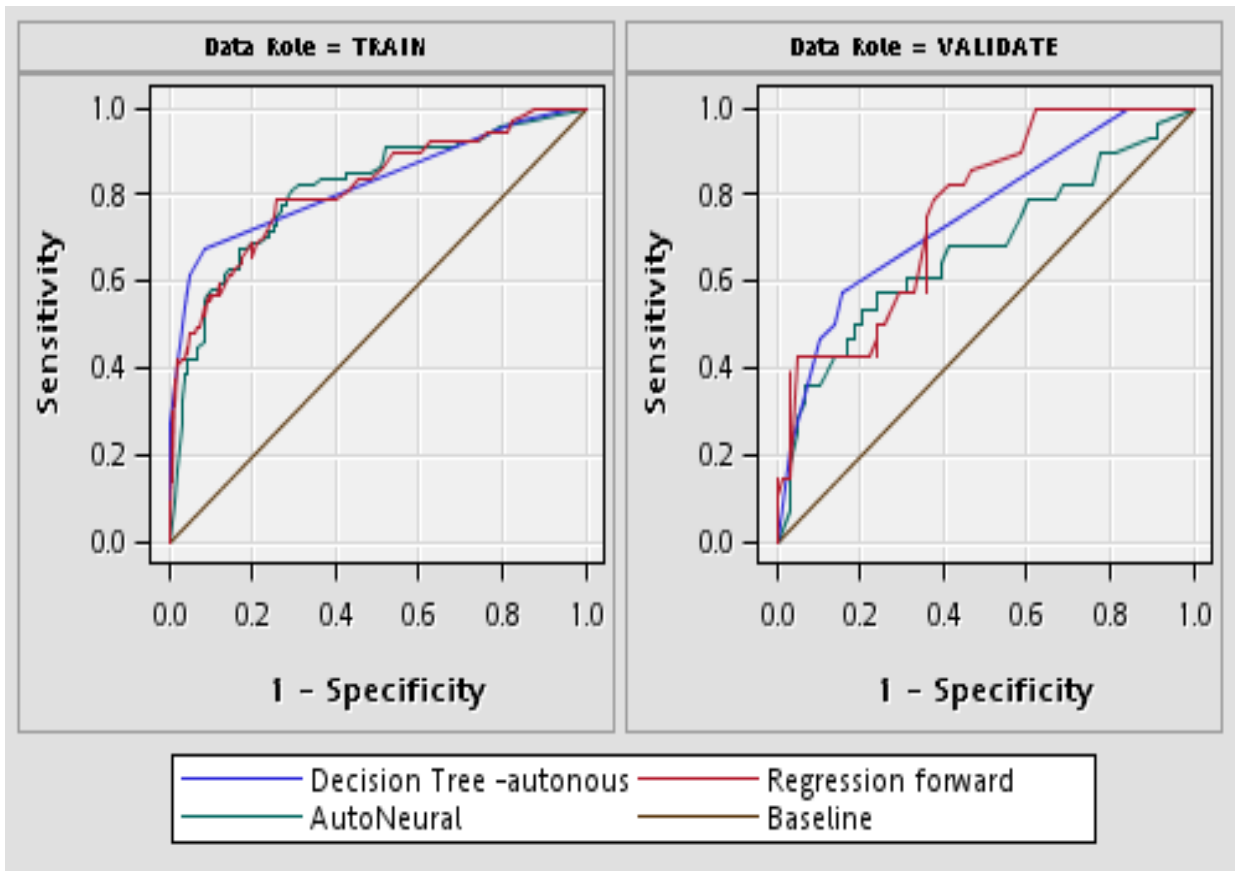
圖二十、變數處理策略 II 下，三種預測逃逸模式 ROC 圖，不同分析方法在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特异性(specificity)。藍線為決策樹模式；紅線為邏輯迴規模式；綠線為類神經網路模式。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



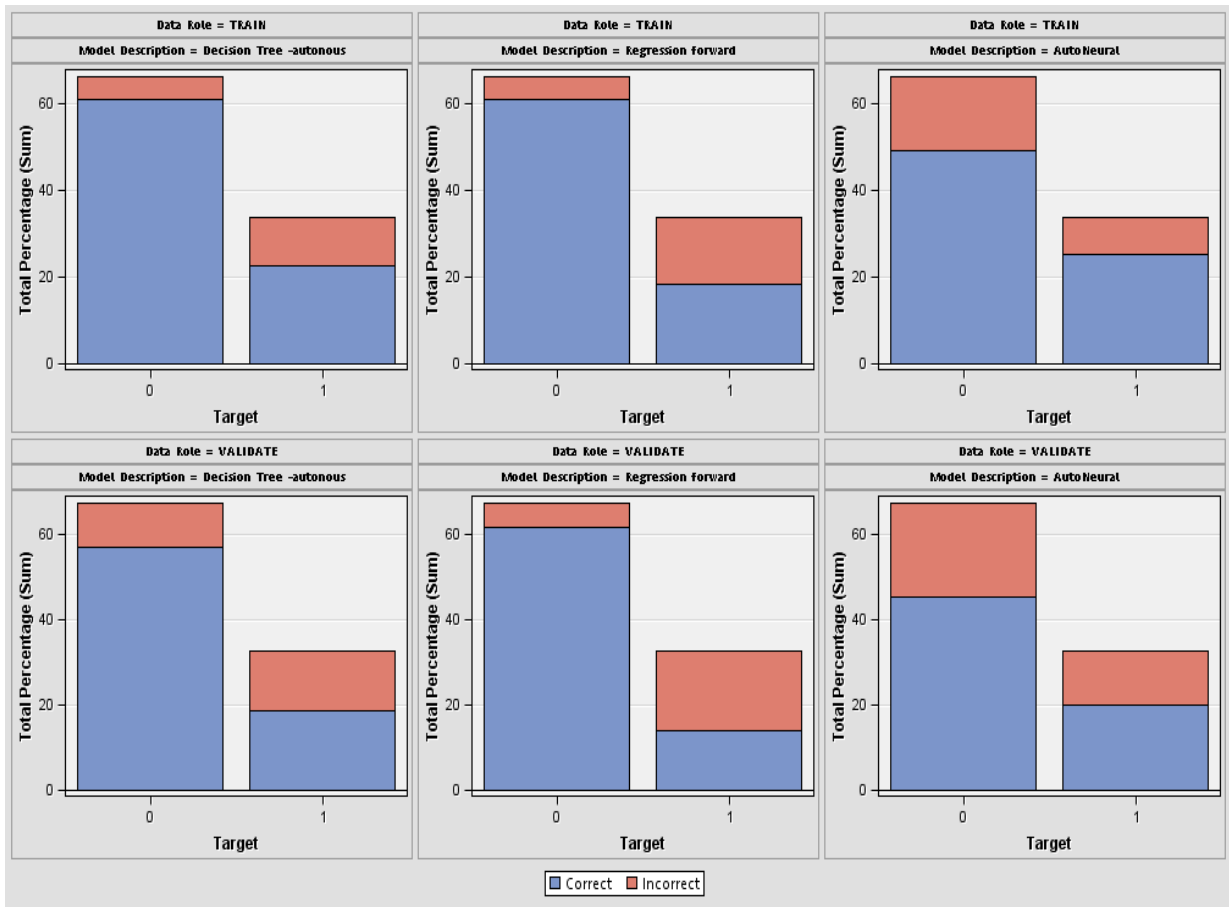
圖二十一、變數處理策略 II 下，三種預測逃逸模式分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target = 0 為在台灣野外逃逸失敗，Target = 1 為在台灣野外逃逸成功。最左圖為決策樹預測模式。中間圖為邏輯迴歸預測模式。最右圖為類神經預測模式。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



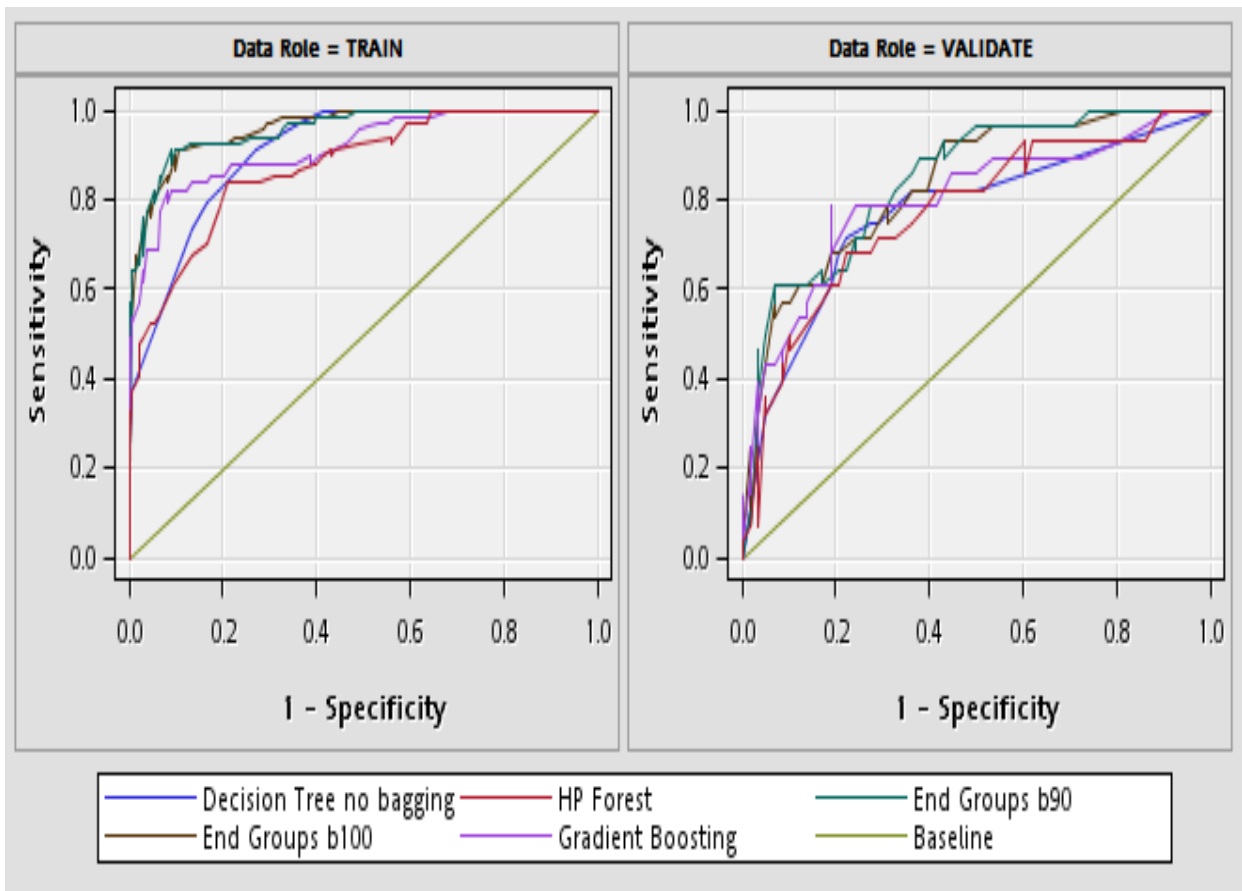
圖二十二、變數處理策略 III 下，決策樹分析建構逃逸之模式(變數名稱請參考表一)。



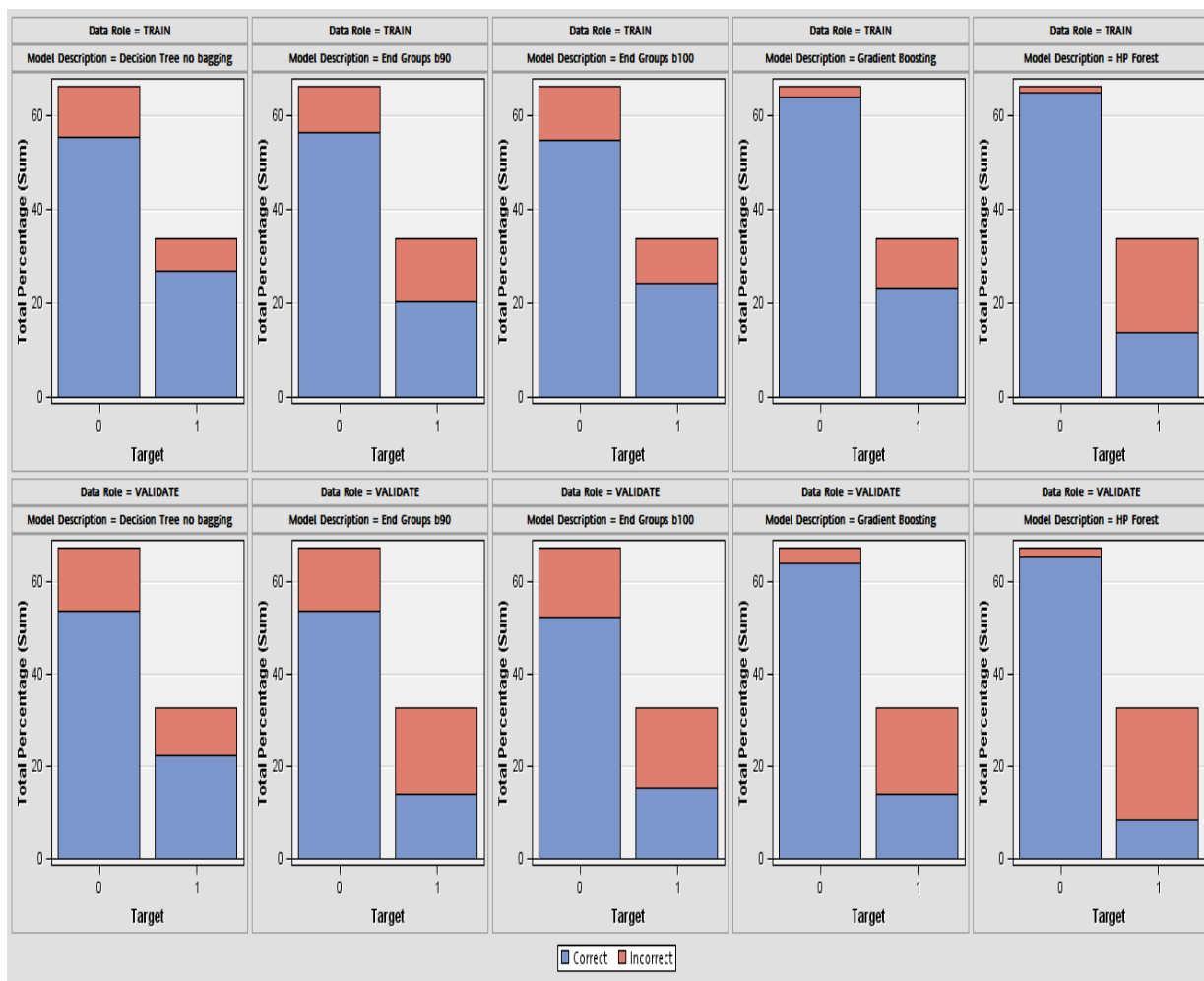
圖二十三、變數處理策略 III 下，三種預測逃逸模式之 ROC 圖，不同分析方法在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性(specificity)。藍線為決策樹模式；紅線為邏輯迴規模式；綠線為類神經網路模式。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



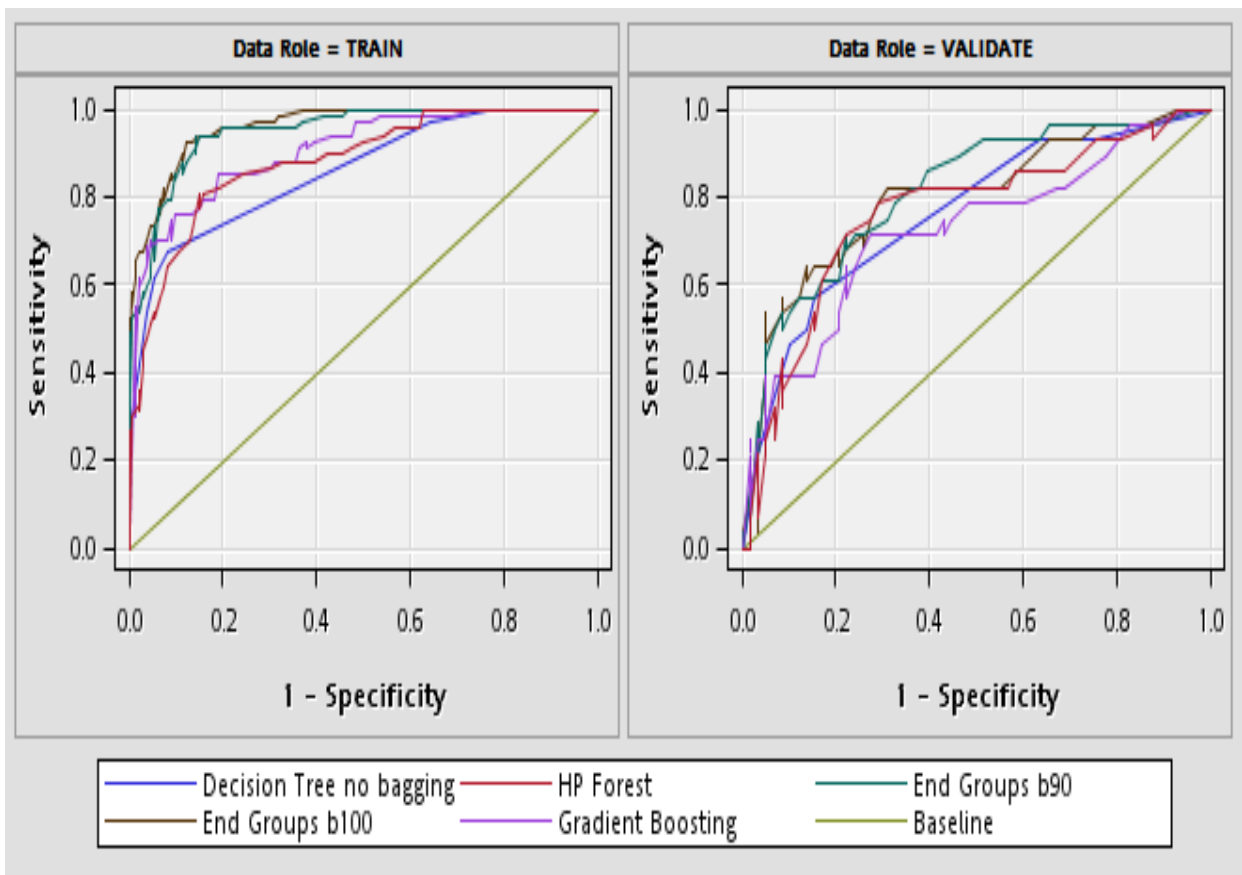
圖二十四、變數處理策略 III 下，三種預測逃逸模式之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在台灣野外逃逸失敗，Target =1 為在台灣野外逃逸成功。最左圖為決策樹預測模式。中間圖為邏輯迴歸預測模式。最右圖為類神經預測模式。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



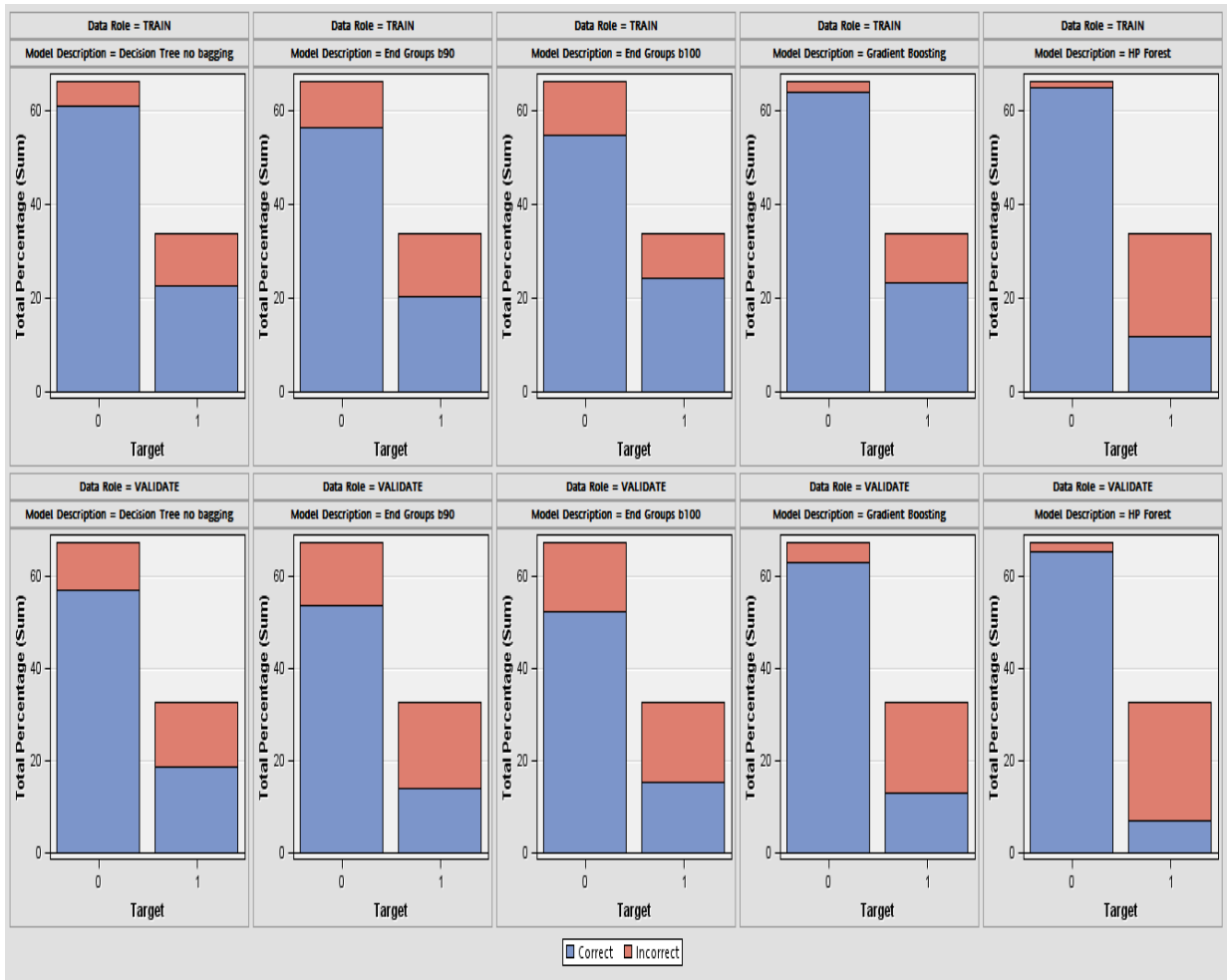
圖二十五、變數處理策略 I 下，不同建樹方式預測逃逸之 ROC 圖，不同建樹方式在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性(specificity)。藍線為決策樹 1(no bagging)；綠線為決策樹 2(bagging 90%)；棕線為決策樹 3(bagging 100%)；紅線為逢機森林(HP Forest)；紫線為梯度提升(Gradient Boosting)。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



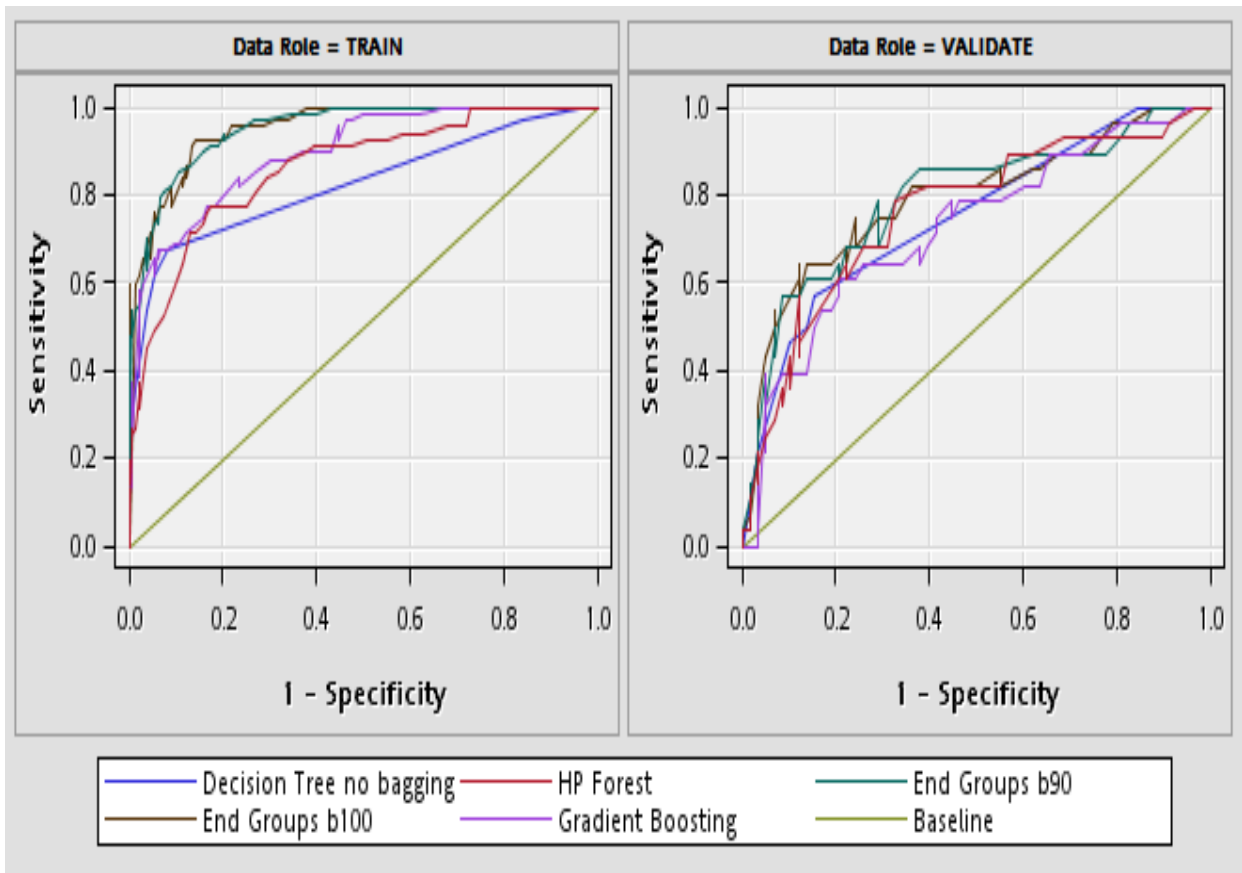
圖二十六、變數處理策略 I 下，不同建樹方式預測逃逸之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在台灣野外逃逸失敗，Target =1 為在台灣野外逃逸成功。由左至右依序為決策樹 1(no bagging)、決策樹 2(bagging 90%)、決策樹 3(bagging 100%)、梯度提升(Gradient Boosting)、逢機森林(HP Forest)。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



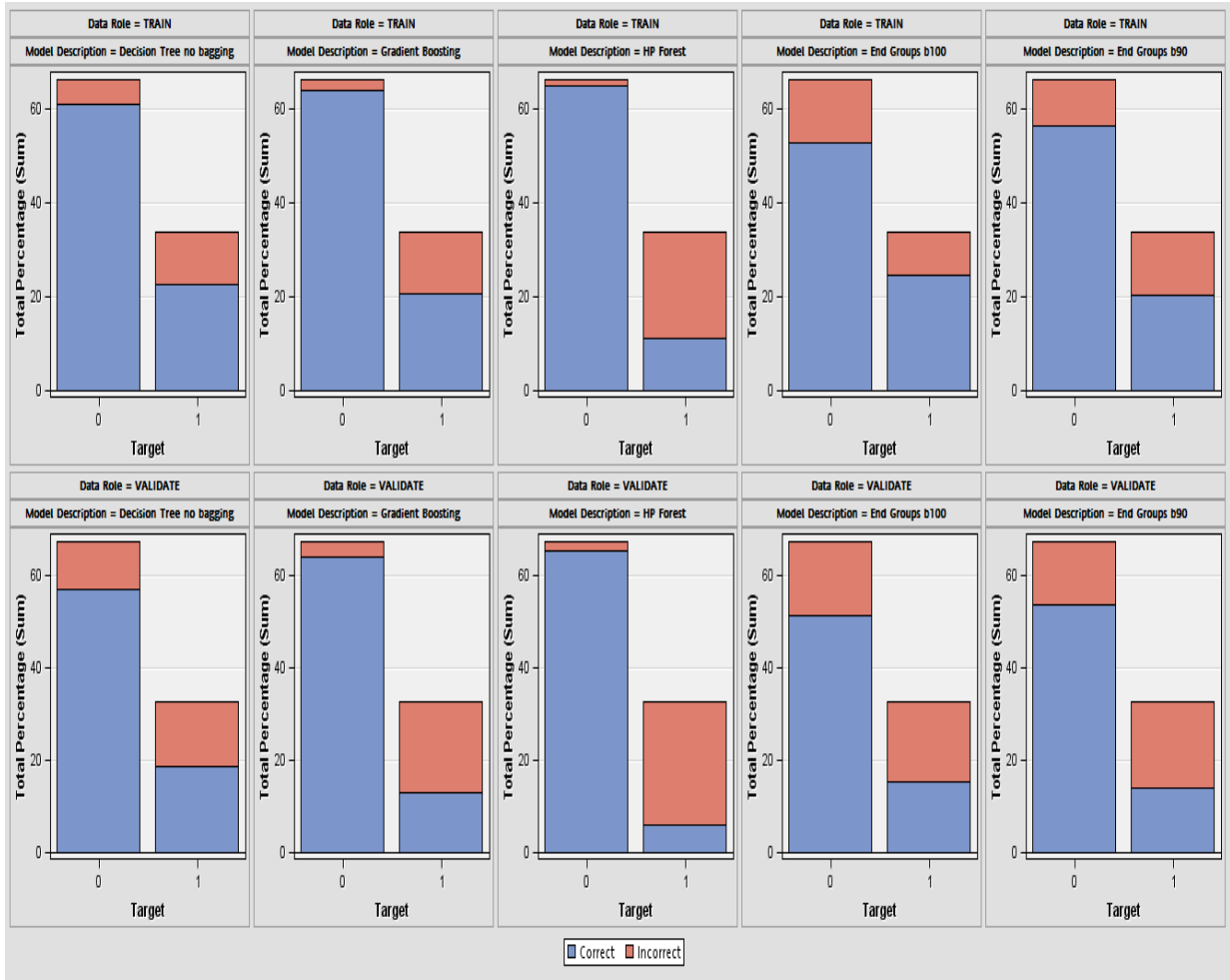
圖二十七、變數處理策略 II 下，不同建樹方式預測逃逸之 ROC 圖，不同建樹方式在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度(sensitivity)與 1-特異性(specificity)。藍線為決策樹 1(no bagging)；綠線為決策樹 2(bagging 90%)；棕線為決策樹 3(bagging 100%)；紅線為隨機森林(HP Forest)；紫線為梯度提升(Gradient Boosting)。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



圖二十八、變數處理策略 II 下，不同建樹方式之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外逃逸失敗，Target =1 為在臺灣野外逃逸成功。由左至右依序為決策樹 1(no bagging)、決策樹 2(bagging 90%)、決策樹 3(bagging 100%)、梯度提升(Gradient Boosting)、逢機森林(HP Forest)。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。



圖二十九、變數處理策略 III 下，不同建樹方式預測逃逸之 ROC 圖，不同建樹方式在圖中涵蓋面積越大，顯示建構模式有最佳敏感度 (sensitivity) 與 1-特異性 (specificity)。藍線為決策樹 1 (no bagging)；綠線為決策樹 2 (bagging 90%)；棕線為決策樹 3 (bagging 100%)；紅線為逢機森林 (HP Forest)；紫線為梯度提升 (Gradient Boosting)。左圖是依據訓練資料；右圖是依據驗證資料。



圖三十、變數處理策略 III 下，不同建樹方式之分類圖。藍色部分表示預測正確，紅色部分表示預測錯誤。Target =0 為在臺灣野外逃逸失敗，Target =1 為在臺灣野外逃逸成功。由左至右依序為決策樹 1(no bagging)、梯度提升(Gradient Boosting)、逢機森林(HP Forest)、決策樹 2(bagging 90%)、決策樹 3(bagging 100%)。上方為依據訓練資料。下方為依據驗證資料。

表一、輸入變數說明

變數名	說明	變數類別
Order	目別	Nominal
Family	科別	Nominal
Clutch	一窩蛋數(平均值)	Interval
Mclutch	最大一窩蛋數	Interval
Incubation	孵蛋天數(平均值)	Interval
Minincub	最小孵蛋天數	Interval
Length	體長平均值(cm)	Interval
Mlength	最大體長值(cm)	Interval
Mass	體重平均值(g)	Interval
Mmass	體重最大值(g)	Interval
Invcountry	入侵國家數	Interval
Range	分布範圍(km ²)	Interval
Subspecies	亞種數	Interval
Overlap	棲息環境緯度與台灣重疊度 (全包含台灣本島範圍=2/部分=1/無=0)	Ordinal
Migration	遷徙性 (居留 0/區域移動 1/部分遷徙 2/遷徙 3)	Ordinal
Nesting	築巢 (地面 0/灌木 1/樹冠樹上 2/樹洞 3)	Ordinal
Hole	樹洞巢 (無=0/有=1)	Ordinal
Feed	食性 (草食 1/雜食 2/肉食 3)	Ordinal
Diet	食物種類 (植物 1/種子穀粒 2/莓果等 3/花粉蜜 4/昆蟲等/腐肉 6)	Ordinal
Habitat	棲地 (森林 1/草原 2/灌木 3/濕地 4/耕作區 5/市區 6)	Ordinal
Taiwangenus	台灣是否有同屬的種類 (無=0/有=1)	Ordinal
Dicromatism	成體雌雄是否異色 (無=0/有=1)	Ordinal

表二、三種建模方式比較

建模方式	優點及缺點
決策樹	遺失值及變數轉換不影響樹結構，不須補值 (impute)，結果較不受離群值(outliers)影響，易由原變數解釋說明，名稱變數不須數字化
邏輯迴歸	遺失值須刪除或補值，刪除則影響樣本數數量，變數可能需要轉換。
類神經網路	遺失值須刪除或補值，刪除則影響樣本數數量，無法包含太多類別變數，結果難解釋。

表三、三種建樹方式

名稱	建樹方式特點
套袋 (Bagging)	不加權抽樣，產生很多樹後平均
逢機森林 (Random Forest)	不置回抽樣，過度訓練產生非常多的樹後，再用聰明的方式平均
梯度提升 (Gradient Boosting)	加權抽樣，產生很多樹後，用最聰明的方式平均

表四、外來鳥種繁殖入侵預測模式比較

	驗證 ROC 圖 最佳模式	驗證錯分率			驗證 分類圖 最佳模式
		決策樹	邏輯迴歸	類神經	
模式 I	決策樹	0.091	0.080	0.091	決策樹
模式 II	決策樹	0.091	0.114	0.114	決策樹
模式 III	決策樹	0.091	0.125	0.102	決策樹

表五、外來鳥種繁殖入侵預測決策樹建樹方式比較

	驗證 ROC 圖 最佳模式	驗證錯分率					驗證 分類圖 最佳模式
		決策樹 1 (No bagging)	決策樹 2 (Bagging 90%)	決策樹 3 (Bagging 100%)	逢機森林 (HP Forest)	梯度提升 (Gradient Boosting)	
策略 I	決策樹 1	0.091	0.102	0.102	0.136	0.125	決策樹 1
策略 II	決策樹 2	0.091	0.091	0.091	0.136	0.136	決策樹 1
策略 III	決策樹 1	0.091	0.091	0.091	0.136	0.136	決策樹 1

表六、外來鳥種逃逸預測模式比較

	驗證 ROC 圖 最佳模式	驗證錯分率			驗證 分類圖 最佳模式
		決策樹	邏輯迴歸	類神經	
模式 I	類神經	0.244	0.198	0.186	邏輯迴歸
模式 II	決策樹	0.244	0.267	0.267	決策樹
模式 III	決策樹	0.244	0.244	0.349	決策樹

表七、外來鳥種逃逸預測決策樹建樹方式比較

	驗證 ROC 圖 最佳模式	驗證錯分率					驗證 分類圖 最佳模式
		決策樹 1 (No bagging)	決策樹 2 (Bagging 90%)	決策樹 3 (Bagging 100%)	逢機森林 (HP Forest)	梯度提升 (Gradient Boosting)	
策略 I	決策樹 1	0.244	0.326	0.326	0.267	0.221	決策樹 1
策略 II	決策樹 2	0.244	0.326	0.326	0.279	0.244	決策樹 1
策略 III	決策樹 1	0.244	0.326	0.327	0.291	0.233	決策樹 1

附錄一、原始分析鳥種之科名、中文俗名、學名、野外族群現況(0:失敗，1:成功)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Sturnidae	葡萄胸棕鳥	<i>Acridotheres</i> (<i>Sturnus</i>)	<i>burmannicus</i>	1	1
Sturnidae	林八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>fuscus</i>	1	1
Sturnidae	白尾八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>javanicus</i>	1	1
Sturnidae	家八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>tristis</i>	1	1
Sturnidae	輝棕鳥	<i>Aplonis</i>	<i>panayensis</i>	1	1
Cacatuidae	大白鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>alba</i>	1	1
Cacatuidae	葵花鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>galerita</i>	1	1
Cacatuidae	戈芬氏鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>goffini</i>	1	1
Cacatuidae	鮭色鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>moluccensis</i>	1	1
Turdidae	白腰鵲鸚	<i>Copsychus</i>	<i>malabaricus</i>	1	1
Turdidae	鵲鸚	<i>Copsychus</i>	<i>sularis</i>	1	1
Corvidae	灰喜鵲	<i>Cyanopica</i>	<i>cyanus</i>	1	1
Timaliidae	黑喉噪眉	<i>Dryonastes</i> (<i>Garrulax</i>)	<i>chinensis</i>	1	1
Psittacidae	紅色吸蜜鸚鵡	<i>Eos</i>	<i>bornea</i>	1	1
Estrildidae	橫斑梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>astrild</i>	1	1
Estrildidae	橙頰梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>melpoda</i>	1	1
Estrildidae	印度銀嘴文鳥	<i>Euodice</i> (<i>Lonchura</i>)	<i>malabarica</i>	1	1
Cuculidae	噪鵲	<i>Eudynamis</i>	<i>scolopacea</i>	1	1
Columbidae	斑馬鳩	<i>Geopelia</i>	<i>striata</i>	1	1
Sturnidae	烏領棕鳥	<i>Gracupica</i>	<i>nigricollis</i>	1	1
Sturnidae	九官鳥	<i>Gracula</i>	<i>religiosa</i>	1	1
Timaliidae	大陸畫眉	<i>Leucodioptron</i> (<i>Garrulax</i>)	<i>canorum</i> (<i>canorus</i>)	1	1
Estrildidae	白頭文鳥	<i>Lonchura</i>	<i>maja</i>	1	1
Estrildidae	栗腹文鳥	<i>Lonchura</i>	<i>malacca</i> (<i>atricapilla</i>)	1	1
Estrildidae	爪哇雀	<i>Lonchura</i> (<i>Padda</i>)	<i>oryzivora</i>	1	1
Emberizidae	紅冠雀	<i>Paroaria</i>	<i>coronata</i>	1	1
Ploceidae	橙色織布鳥	<i>Ploceus</i>	<i>aurantius</i>	1	1
Ploceidae	黑頭棲群織布鳥	<i>Ploceus</i>	<i>cucullatus</i>	1	1
Timaliidae	白頰噪眉	<i>Pterorhinus</i> (<i>Garrulax</i>)	<i>sannio</i>	1	1
Pycnonotidae	紅耳鶉	<i>Pycnonotus</i>	<i>jocosus</i>	1	1
Fringillidae	黃額絲雀	<i>Serinus</i>	<i>mozambicus</i>	1	1
Sturnidae	栗尾棕鳥	<i>Sturnia</i> (<i>Sturnus</i>)	<i>malabarica</i> (<i>malabaricus</i>)	1	1

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Threskiornithidae	聖環	<i>Threskiornis</i>	<i>aethiopicus</i>	1	1
Psittacidae	史望森氏吸蜜鸚鵡	<i>Trichoglossus</i>	<i>haematodus</i>	1	1
Corvidae	紅嘴藍鵲	<i>Urocissa</i>	<i>erythroryncha</i>	1	1
Viduidae	針尾維達鳥	<i>Vidua</i>	<i>macroura</i>	1	1
Sturnidae	白領八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>albocinctus</i>	1	0
Sturnidae	大陸八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>cristatellus</i>	1	0
Sturnidae	岸八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>ginginianus</i>	1	0
Sturnidae	泰國八哥	<i>Acridotheres</i>	<i>grandis</i>	1	0
Sturnidae	黑翅掠鳥	<i>Acridotheres</i> (<i>Sturnus</i>)	<i>melanopterus</i>	1	0
Psittacidae	牡丹	<i>Agapornis</i>	<i>fischeri</i>	1	0
Psittacidae	面罩情侶鸚鵡	<i>Agapornis</i>	<i>personatus</i>	1	0
Psittacidae	桃臉情侶鸚鵡	<i>Agapornis</i>	<i>roseicollis</i>	1	0
Anatidae	美洲鴛鴦	<i>Aix</i>	<i>sponsa</i>	1	0
Phasianidae	石雞	<i>Alectoris</i>	<i>chukar</i>	1	0
Estrildidae	紅梅花雀	<i>Amandava</i>	<i>amandava</i>	1	0
Estrildidae	橙腹紅梅花雀	<i>Amandava</i>	<i>subflava</i>	1	0
Bombycillidae	黃連雀	<i>Bombycilla</i>	<i>garrulus</i>	1	0
Bombycillidae	朱連雀	<i>Bombycilla</i>	<i>japonica</i>	1	0
Cacatuidae	米切氏鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>leadbeateri</i>	1	0
Cacatuidae	小葵花鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>sulphurea</i>	1	0
Phasianidae	銀雞	<i>Chrysolophus</i>	<i>amherstiae</i>	1	0
Chloropseidae	藍翅葉鶇	<i>Chloropsis</i>	<i>cochinchinensis</i>	1	0
Chloropseidae	橙腹葉鶇	<i>Chloropsis</i>	<i>hardwickii</i>	1	0
Fringillidae	紅頰臘嘴雀	<i>Coccothraustes</i>	<i>coccothraustes</i>	1	0
Dicruridae	髮冠卷尾	<i>Dicrurus</i>	<i>hottentottus</i>	1	0
Psittacidae	折衷鸚鵡	<i>Eclectus</i>	<i>roratus</i>	1	0
Fringillidae	小桑鳩	<i>Eophona</i>	<i>migratoria</i>	1	0
Fringillidae	桑鳩	<i>Eophona</i> (<i>Coccothraustes</i>)	<i>personata</i>	1	0
Psittacidae	藍耳吸蜜鸚鵡	<i>Eos</i>	<i>semilarvata</i>	1	0
Estrildidae	黑腰梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>troglodytes</i>	1	0
Ploceidae	黃頂寡婦鳥	<i>Euplectes</i>	<i>afer</i>	1	0
Ploceidae	黑翅紅寡婦鳥	<i>Euplectes</i>	<i>hordeaceus</i>	1	0
Ploceidae	黃肩羽寡婦鳥	<i>Euplectes</i>	<i>macroura</i> (<i>macrourus</i>)	1	0
Ploceidae	紅寡婦鳥	<i>Euplectes</i>	<i>orix</i>	1	0
Ploceidae	長尾寡婦鳥	<i>Euplectes</i>	<i>progne</i>	1	0
Timaliidae	白冠噪眉	<i>Garrulax</i>	<i>leucolophus</i>	1	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Timaliidae	小黑領噪眉	<i>Garrulax</i>	<i>monileger</i>	1	0
Timaliidae	黑領噪眉	<i>Garrulax</i>	<i>pectoralis</i>	1	0
Sturnidae	斑椋鳥	<i>Gracupica</i>	<i>contra</i>	1	0
Pycnonotidae	栗背短腳鶇	<i>Hemixos</i>	<i>castanonotus</i>	1	0
Sturnidae	金胸椋鳥	<i>Lamprotornis</i>	<i>regius</i>	1	0
Sturnidae	栗頭麗椋鳥	<i>Lamprotornis</i>	<i>superbus</i>	1	0
Timaliidae	紅嘴相思鳥	<i>Leiothrix</i>	<i>lutea</i>	1	0
Psittacidae	喋喋吸蜜鸚鵡	<i>Lorius</i>	<i>garrulus</i>	1	0
Turdidae	鷓鴣鳥	<i>Luscinia</i> (<i>Erithacus</i>)	<i>akahige</i>	1	0
Timaliidae	銀耳相思鳥	<i>Mesia</i>	<i>argentauris</i>	1	0
Psittacidae	虎皮鸚鵡	<i>Melopsittacus</i>	<i>undulatus</i>	1	0
Cacatuidae	玄鳳鸚鵡	<i>Nymphicus</i>	<i>hollandicus</i>	1	0
Paridae	黃頰山雀	<i>Parus</i>	<i>spilonotus</i>	1	0
Phoenicopteridae	大紅鸛	<i>Phoenicopus</i>	<i>ruber</i>	1	0
Psittacidae	深紅玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>elegans</i>	1	0
Sturnidae	白頰椋鳥	<i>Poliopsar</i> (<i>Sturnus</i>)	<i>cineraceus</i>	1	0
Sturnidae	絲光椋鳥	<i>Poliopsar</i> (<i>Sturnus</i>)	<i>sericeus</i>	1	0
Psittacidae	環頸鸚鵡	<i>Psittacula</i>	<i>krameri</i>	1	0
Pycnonotidae	紅臀鶇	<i>Pycnonotus</i>	<i>aurigaster</i>	1	0
Pycnonotidae	黃臀鶇	<i>Pycnonotus</i>	<i>xanthorrhous</i>	1	0
Fringillidae	黑喉絲雀	<i>Serinus</i>	<i>atroregularis</i>	1	0
Fringillidae	黑臉絲雀	<i>Serinus</i>	<i>capistratus</i>	1	0
Fringillidae	金絲雀	<i>Serinus</i>	<i>canaria</i>	1	0
Sturnidae	歐洲椋鳥	<i>Sturnus</i>	<i>vulgaris</i>	1	0
Turdidae	藍尾鷓	<i>Tarsiger</i>	<i>cyanurus</i>	1	0
Estrildidae	斑胸草雀	<i>Taeniopygia</i>	<i>guttata</i>	1	0
Viduidae	樂園維達鳥	<i>Vidua</i>	<i>paradisaea</i>	1	0
Nectariniidae	叉尾太陽鳥	<i>Aethopyga</i>	<i>christinae</i>	0	0
Nectariniidae	特氏太陽鳥	<i>Aethopyga</i>	<i>temminckii</i>	0	0
Psittacidae	灰頭情侶鸚鵡	<i>Agapornis</i>	<i>canus</i>	0	0
Alaudidae	大陸雲雀	<i>Alauda</i>	<i>arvensis</i>	0	0
Psittacidae	澳洲國王鸚鵡	<i>Alisterus</i>	<i>scapularis</i>	0	0
Psittacidae	藍帽亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>aestiva</i>	0	0
Psittacidae	白帽亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>albifrons</i>	0	0
Psittacidae	橙翅亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>amazonica</i>	0	0
Psittacidae	紅帽亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>autumnalis</i>	0	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Psittacidae	黃肩亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>barbadensis</i>	0	0
Estrildidae	環喉雀	<i>Amadina</i>	<i>fasciata</i>	0	0
Psittacidae	紫帽亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>finschi</i>	0	0
Psittacidae	黃帽亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>ochrocephala</i>	0	0
Psittacidae	黃領帽亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>ochrocephala (auropalliata)</i>	0	0
Psittacidae	土庫曼亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>tucumana</i>	0	0
Psittacidae	葡萄亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>vinacea</i>	0	0
Psittacidae	黃臉亞馬遜鸚鵡	<i>Amazona</i>	<i>xanthops</i>	0	0
Nectariniidae	環頸直嘴太陽鳥	<i>Anthodiaeta</i>	<i>collaris</i>	0	0
Bucerotidae	黑犀鳥	<i>Anthracoceros</i>	<i>malayanus</i>	0	0
Psittacidae	紅翅鸚鵡	<i>Aprosmictus</i>	<i>erythropterus</i>	0	0
Psittacidae	藍冠錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Psittacara)</i>	<i>acuticaudata</i>	0	0
Psittacidae	琉璃/藍黃金剛鸚鵡	<i>Ara</i>	<i>ararauna</i>	0	0
Psittacidae	金額錐尾鸚鵡	<i>Aratinga</i>	<i>auricapilla</i>	0	0
Psittacidae	桃額錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Eupsittula)</i>	<i>aurea</i>	0	0
Psittacidae	橙額錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Eupsittula)</i>	<i>canicularis</i>	0	0
Psittacidae	紅綠金剛鸚鵡	<i>Ara</i>	<i>chloroptera</i>	0	0
Psittacidae	紅面具錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Psittacara)</i>	<i>erythrogenys</i>	0	0
Psittacidae	深紅額錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Psittacara)</i>	<i>finschi</i>	0	0
Psittacidae	綠錐尾鸚鵡	<i>Aratinga</i>	<i>holochlora</i>	0	0
Psittacidae	珍達錐尾鸚鵡	<i>Aratinga</i>	<i>jandaya</i>	0	0
Psittacidae	白眼錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Psittacara)</i>	<i>leucophthalmus</i>	0	0
Psittacidae	米特雷錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Psittacara)</i>	<i>mitrata</i>	0	0
Psittacidae	橄欖喉錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Eupsittula)</i>	<i>nana</i>	0	0
Psittacidae	湯馬氏錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Eupsittula)</i>	<i>pertinax</i>	0	0
Psittacidae	栗額金剛鸚鵡	<i>Ara</i>	<i>severa</i>	0	0
Psittacidae	太陽錐尾鸚鵡	<i>Aratinga</i>	<i>solstitialis</i>	0	0
Psittacidae	紅額錐尾鸚鵡	<i>Aratinga (Psittacara)</i>	<i>wagleri</i>	0	0
Phasianidae	山竹雞	<i>Bambusicola</i>	<i>fythii</i>	0	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Psittacidae	林肯港鸚鵡	<i>Barnardius</i>	<i>zonarius</i>	0	0
Psittacidae	橫斑鸚鵡	<i>Bolborhynchus</i>	<i>lineola</i>	0	0
Odontophoridae	加州鶴鶉	<i>Callipepla</i>	<i>californica</i>	0	0
Cacatuidae	杜可波氏巴丹	<i>Cacatua</i>	<i>ducorspii</i>	0	0
Odontophoridae	甘柏氏鶴鶉	<i>Callipepla</i>	<i>gambelii</i>	0	0
Cacatuidae	藍眼巴丹	<i>Cacatua</i>	<i>ophthalmica</i>	0	0
Cacatuidae	鳳頭鸚鵡	<i>Cacatua</i>	<i>sanguinea</i>	0	0
Fringillidae	金翅雀	<i>Carduelis</i>	<i>sinica</i>	0	0
Psittacidae	黑色吸蜜鸚鵡	<i>Chalcopsitta</i>	<i>atra</i>	0	0
Chloropseidae	黃頂葉鶉	<i>Chloropsis</i>	<i>aurifrons</i>	0	0
Psittacidae	卡迪娜吸蜜鸚鵡	<i>Chalcopsitta</i>	<i>cardinalis</i>	0	0
Chloropseidae	小彩綠	<i>Chloropsis</i>	<i>cyanopogon</i>	0	0
Phasianidae	金雞	<i>Chrysolophus</i>	<i>pictus</i>	0	0
Chloropseidae	大彩綠	<i>Chloropsis</i>	<i>sonnerati</i>	0	0
Corvidae	藍綠鵲	<i>Cissa</i>	<i>chinensis</i>	0	0
Nectariniidae	白胸太陽鳥	<i>Cinnyris</i>	<i>talatala</i>	0	0
Phasianidae	鶴鶉	<i>Coturnix</i>	<i>coturnix</i>	0	0
Turdidae	白冠白腰鵲鶉	<i>Copsychus</i>	<i>malabaricus</i>	0	0
Psittacidae	非洲黑鸚鵡	<i>Coracopsis</i>	<i>nigra</i>	0	0
Psittacidae	大馬島鸚鵡	<i>Coracopsis</i>	<i>vasa</i>	0	0
Odontophoridae	山齒鶉	<i>Colinus</i>	<i>virginianus</i>	0	0
Psittacidae	黃額鸚鵡	<i>Cyanoramphus</i>	<i>auriceps</i>	0	0
Psittacidae	紅額鸚鵡	<i>Cyanoramphus</i>	<i>novaezelandiae</i>	0	0
Psittacidae	巴塔哥尼亞錐尾鸚鵡	<i>Cyanoliseus</i>	<i>patagonus</i>	0	0
Psittacidae	紅肩金剛鸚鵡	<i>Diopsittaca</i>	<i>nobilis</i>	0	0
Emberizidae	三道眉草鶉	<i>Emberiza</i>	<i>cioides</i>	0	0
Emberizidae	黃喉鶉	<i>Emberiza</i>	<i>elegans</i>	0	0
Emberizidae	圃鶉	<i>Emberiza</i>	<i>hortulana</i>	0	0
Emberizidae	銹鶉	<i>Emberiza</i>	<i>rutila</i>	0	0
Psittacidae	閃電吸蜜鸚鵡	<i>Eos</i>	<i>reticulata</i>	0	0
Cacatuidae	賈拉粉紅胸鳳頭鸚鵡	<i>Eolophus</i>	<i>roseicapillus</i>	0	0
Psittacidae	緋紅吸蜜鸚鵡	<i>Eos</i>	<i>squamata</i>	0	0
Estrildidae	七彩文鳥	<i>Erythrura</i> (<i>Chloebia</i>)	<i>gouldiae</i>	0	0
Estrildidae	青紅雀	<i>Erythrura</i>	<i>prasina</i>	0	0
Turdidae	歐洲鵲	<i>Erithacus</i>	<i>rubecula</i>	0	0
Estrildidae	黑頰梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>erythronotos</i>	0	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Estrildidae	黑尾梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>perreini</i>	0	0
Estrildidae	深紅腰梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>rhodopyga</i>	0	0
Estrildidae	紅尾梅花雀	<i>Estrilda</i>	<i>thomensis</i>	0	0
Psittacidae	太平洋鸚鵡	<i>Forpus</i>	<i>coelestis</i>	0	0
Timaliidae	白頭貝眉	<i>Gampsorhynchus</i>	<i>rufulus</i>	0	0
Columbidae	珍珠斑鳩	<i>Geopelia</i>	<i>cuneata</i>	0	0
Estrildidae	藍腹藍頰梅花雀	<i>Granatina</i> (<i>Uraeginthus</i>)	<i>ianthinogaster</i>	0	0
Psittacidae	金色錐尾鸚鵡	<i>Guarouba</i>	<i>guarouba</i>	0	0
Pycnonotidae	灰短腳鶉	<i>Hemixos</i>	<i>flavala</i>	0	0
Irenidae	和平鳥	<i>Irena</i>	<i>puella</i>	0	0
Estrildidae	傑森氏火雀	<i>Lagonosticta</i>	<i>rhodopareia</i>	0	0
Psittacidae	黃兜吸蜜鸚鵡	<i>Lorius</i>	<i>chlorocercus</i>	0	0
Estrildidae	白冠文鳥	<i>Lonchura</i>	<i>ferruginosa</i>	0	0
Psittacidae	黑頂吸蜜鸚鵡	<i>Lorius</i>	<i>lory</i>	0	0
Phasianidae	白鸚	<i>Lophura</i>	<i>nycthemera</i>	0	0
Turdidae	新疆歌鸚	<i>Luscinia</i>	<i>megarhynchos</i>	0	0
Turdidae	藍喉鸚	<i>Luscinia</i>	<i>svecica</i>	0	0
Capitonidae	鬚擬啄木鳥	<i>Lybius</i> (<i>Pogonornis</i>)	<i>dubius</i>	0	0
Timaliidae	灰奇眉	<i>Malacias</i> (<i>Heterophasia</i>)	<i>gracilis</i>	0	0
Estrildidae	斑點胸綠翅梅花雀	<i>Mandingoa</i>	<i>nitidula</i>	0	0
Alaudidae	蒙古(百靈)	<i>Melanocorypha</i>	<i>mongolica</i>	0	0
Sturnidae	黃面掠鳥	<i>Mino</i>	<i>dumontii</i>	0	0
Turdidae	藍腹藍磯鶉(大陸)	<i>Monticola</i>	<i>solitarius</i>	0	0
Musophagidae	紫藍蕉鶉	<i>Musophaga</i>	<i>violacea</i>	0	0
Fringillidae	黃頸擬臘嘴雀	<i>Mycerobas</i>	<i>affinis</i>	0	0
Turdidae	大陸紫嘯鶉	<i>Myophonus</i>	<i>caeruleus</i>	0	0
Psittacidae	和尚鸚鵡	<i>Myiopsitta</i>	<i>monachus</i>	0	0
Psittacidae	柏克氏鸚鵡	<i>Neopsephotus</i>	<i>bourkii</i>	0	0
Estrildidae	小紋	<i>Neochmia</i>	<i>ruficauda</i>	0	0
Psittacidae	鮮紅胸鸚鵡	<i>Neophema</i>	<i>splendida</i>	0	0
Columbidae	非洲斑鳩	<i>Oena</i>	<i>capensis</i>	0	0
Estrildidae	鶴鶉雀	<i>Ortygospiza</i>	<i>atricollis</i>	0	0
Oriolidae	黑深紅鸚	<i>Oriolus</i>	<i>cruentus</i>	0	0
Psittacidae	紅腹金剛鸚鵡	<i>Orthopsittaca</i>	<i>manilata</i>	0	0
Timaliidae	文鬚雀	<i>Panurus</i>	<i>biarmicus</i>	0	0
Paridae	白頰山雀	<i>Parus</i>	<i>major</i>	0	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Phasianidae	綠孔雀	<i>Pavo</i>	<i>muticus</i>	0	0
Psittacidae	青銅翅鸚鵡	<i>Pionus</i>	<i>chalcopterus</i>	0	0
Psittacidae	達士奇鸚鵡	<i>Pionus</i>	<i>fuscus</i>	0	0
Psittacidae	鱗頭鸚鵡	<i>Pionus</i>	<i>maximiliani</i>	0	0
Psittacidae	黑頭凱克鸚鵡	<i>Pionites</i>	<i>melanocephala</i>	0	0
Psittacidae	藍頭鸚鵡	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	0	0
Psittacidae	白額/白帽鸚鵡	<i>Pionus</i>	<i>senilis</i>	0	0
Psittacidae	阿德雷德玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>adelaidae</i>	0	0
Psittacidae	蒼頭玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>adscitus</i>	0	0
Psittacidae	綠色玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>caledonicus</i>	0	0
Psittacidae	東玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>eximius</i>	0	0
Psittacidae	黃色玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>flaveolus</i>	0	0
Psittacidae	西玫瑰鸚鵡	<i>Platycercus</i>	<i>icterotis</i>	0	0
Emberizidae	雪鴉	<i>Plectrophenax</i>	<i>nivalis</i>	0	0
Estrildidae	錦靜	<i>Poephila</i>	<i>acuticauda</i>	0	0
Psittacidae	公主鸚鵡	<i>Polytelis</i>	<i>alexandrae</i>	0	0
Estrildidae	黑嘴錦靜	<i>Poephila</i>	<i>cincta</i>	0	0
Psittacidae	棕頭鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>cryptoxanthus</i>	0	0
Psittacidae	賈丁氏鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>gulielmi</i>	0	0
Psittacidae	麥耶氏鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>meyeri</i>	0	0
Estrildidae	蠟嘴錦靜	<i>Poephila</i>	<i>personata</i>	0	0
Psittacidae	海角鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>robustus</i>	0	0
Psittacidae	魯佩(爾)氏鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>rueppellii</i>	0	0
Psittacidae	紅腹鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>rufiventris</i>	0	0
Psittacidae	塞內加爾鸚鵡	<i>Poicephalus</i>	<i>senegalus</i>	0	0
Psittacidae	超級鸚鵡	<i>Polytelis</i>	<i>swainsonii</i>	0	0
Psittacidae	黃領金剛鸚鵡	<i>Propyrrhura</i>	<i>auricollis</i>	0	0
Psittacidae	鬍子鸚鵡	<i>Psittacula</i>	<i>alexandri</i>	0	0
Psittacidae	紫紅頭鸚鵡	<i>Psittacula</i>	<i>cycnocephala</i>	0	0
Psittacidae	藍腰鸚鵡	<i>Psittinus</i>	<i>cyanurus</i>	0	0
Psittacidae	大達摩鸚鵡	<i>Psittacula</i>	<i>derbiana</i>	0	0
Psittacidae	非洲灰鸚鵡	<i>Psittacus</i>	<i>erithacus</i>	0	0
Psittacidae	亞歷山大鸚鵡	<i>Psittacula</i>	<i>eupatria</i>	0	0
Psittacidae	暗色吸蜜鸚鵡	<i>Pseudeos</i>	<i>fuscata</i>	0	0
Psittacidae	戈迪氏吸蜜鸚鵡	<i>Psitteuteles</i>	<i>goldiei</i>	0	0
Psittacidae	紅腰鸚鵡	<i>Psephotus</i>	<i>haematonotus</i>	0	0
Capitonidae	火簇擬啄木鳥	<i>Psilopogon</i>	<i>pyrolophus</i>	0	0
Psittacidae	瑪加鸚鵡	<i>Psephotus</i>	<i>varius</i>	0	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	Genus(舊 Genus)	species(舊 species)	逃逸	繁殖
Psittacidae	火肩錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>egregia</i>	0	0
Psittacidae	赤褐腹錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>frontalis</i>	0	0
Psittacidae	珍珠頭錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>lepida</i>	0	0
Estrildidae	綠翅斑腹雀	<i>Pytilia</i>	<i>melba</i>	0	0
Psittacidae	綠頰錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>molinae</i>	0	0
Psittacidae	彩繪錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>picta</i>	0	0
Psittacidae	玫瑰頭錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>rhodocephala</i>	0	0
Psittacidae	黑帽錐尾鸚鵡	<i>Pyrrhura</i>	<i>rupicola</i>	0	0
Rhipiduridae	白喉扇尾鶇	<i>Rhipidura</i>	<i>albicollis</i>	0	0
Timaliidae	栗頂噪眉	<i>Rhinocichla</i> (<i>Garrulax</i>)	<i>mitrata</i> (<i>mitratus</i>)	0	0
Turdidae	白斑黑石叻	<i>Saxicola</i>	<i>caprata</i>	0	0
Sturnidae	雀嘴八哥	<i>Scissirostrum</i>	<i>dubium</i>	0	0
Fringillidae	灰頭絲雀	<i>Serinus</i>	<i>canicollis</i>	0	0
Fringillidae	黃胸絲雀	<i>Serinus</i>	<i>citrinipectus</i>	0	0
Fringillidae	黑喉灰燕	<i>Serinus</i>	<i>leucopygius</i>	0	0
Sturnidae	鵲棕鳥	<i>Speculipastor</i>	<i>bicolor</i>	0	0
Columbidae	灰斑鳩	<i>Streptopelia</i>	<i>decaocto</i>	0	0
Sturnidae	白頭棕鳥	<i>Sturnia</i> (<i>Sturnus</i>)	<i>erythropygia</i> (<i>erythropygius</i>)	0	0
Timaliidae	白兜畫眉	<i>Stachyris</i>	<i>thoracica</i>	0	0
Phasianidae	白冠長尾雉	<i>Syrnaticus</i>	<i>reevesii</i>	0	0
Musophagidae	綠冠鷓鴣	<i>Tauraco</i>	<i>corythaix</i>	0	0
Psittacidae	巨嘴鸚鵡	<i>Tanygnathus</i>	<i>megalorynchos</i>	0	0
Psittacidae	鱗胸吸蜜鸚鵡	<i>Trichoglossus</i>	<i>chlorolepidotus</i>	0	0
Capitonidae	紅黃擬啄木鳥	<i>Trachyphonus</i>	<i>erythrocephalus</i>	0	0
Psittacidae	完美吸蜜鸚鵡	<i>Trichoglossus</i>	<i>euteles</i>	0	0
Psittacidae	黃綠吸蜜鸚鵡	<i>Trichoglossus</i>	<i>flavoviridis</i>	0	0
Timaliidae	麗色噪眉	<i>Trochalopteron</i> (<i>Garrulax</i>)	<i>formosum</i> (<i>formosus</i>)	0	0
Psittacidae	蜜雪兒吸蜜鸚鵡	<i>Trichoglossus</i>	<i>haematodus</i>	0	0
Psittacidae	奧蘭多吸蜜鸚鵡	<i>Trichoglossus</i>	<i>ornatus</i>	0	0
Turdidae	烏鶇	<i>Turdus</i>	<i>merula</i>	0	0
Turdidae	紅點鶇	<i>Turdus</i>	<i>naumanni</i>	0	0
Estrildidae	青輝	<i>Uraeginthus</i>	<i>angolensis</i>	0	0
Psittacidae	藍冠吸蜜鸚鵡	<i>Vini</i>	<i>australis</i>	0	0
Viduidae	帝王雀	<i>Vidua</i>	<i>regia</i>	0	0
Zosteropidae	黑頭綠繡眼	<i>Zosterops</i>	<i>atricapilla</i>	0	0
Turdidae	橙頭地鶇雲南亞種	<i>Zoothera</i>	<i>citrina</i>	0	0

附錄一、(續)

科名	中文俗名	<i>Genus</i> (舊 <i>Genus</i>)	<i>species</i> (舊 <i>species</i>)	逃逸	繁殖
Zosteropidae	紅肋綠繡眼	<i>Zosterops</i>	<i>erythropleurus</i>	0	0
Turdidae	栗頂花地鸛	<i>Zoothera</i>	<i>interpres</i>	0	0
Zosteropidae	非洲綠背綠繡眼	<i>Zosterops</i>	<i>pallidus</i>	0	0
Zosteropidae	東方綠繡眼	<i>Zosterops</i>	<i>palpebrosus</i>	0	0
Zosteropidae	吉庫尤綠繡眼	<i>Zosterops</i>	<i>poliogastrus</i>	0	0
Zosteropidae	非洲黃腹綠繡眼	<i>Zosterops</i>	<i>senegalensis</i>	0	0