

國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所



碩士論文

Institute of Ecology and Evolutionary Biology

College of Life Science

National Taiwan University

Master thesis

影響都市公園陸生繁殖鳥群聚之探討

Study on terrestrial breeding bird community of
urban parks

王鈺瑋

Yu-Wei Wang

指導教授：李培芬 博士

Adviser: Pei-Fan Lee, Ph.D.

中華民國 103 年 7 月

July 2014

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

影響都市公園陸生繁殖鳥群聚之探討

Study on terrestrial breeding bird community of
urban parks

本論文係王鈺璋君 (R01B44005) 在國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所完成之碩士學位論文，於民國103年7月21日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

臺灣大學生態學與演化生物學研究所

李培芬 博士



臺灣大學森林環境暨資源學系

丁宗蘇 博士



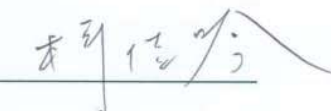
中國文化大學景觀學系

張琪如 博士



中央研究院環境變遷研究中心

柯佳吟 博士



所長

 (簽名)


致謝

本論文能順利完成，首先由衷的感謝指導教授李培芬博士，給予我這個機會，並總在關鍵的時候給予我指導與建議，也從老師身上學到許多做研究應有的態度，令學生終身受益匪淺。在論文的修正與編撰上，要特別感謝柯佳吟博士、丁宗蘇博士及張琪如博士，三位老師提供我許多寶貴且專業意見與指教，使本文論的內容更加的完整與確實，同時也使我再度獲得許多科學研究上的思想的啟發與收穫，在此衷心的感謝。

我還要特別感謝研究討論小組的成員。小柯學長總是樂於指導、傳承研究經驗並認真地指出問題，亞融、文琪和俊怡一直是從題目討論、調查到論文寫作過程中一起努力的夥伴，是這兩年來最溫暖的支持。感謝思懿、軒羽、Keven 在最後論文衝刺的時期，時時刻刻給予我關照和提醒。同時也要感謝空間生態研究的所有同仁，這兩年在研究室的想出，使我不論在課業、研究或生活上，都累積許多與以往不同的經歷，此生都將受用不盡，也讓我能夠順利完成我的研究。

此外，我還要感謝協助我調查的參與者，黃正宇、蕭聖哲、劉子揚，更特別感謝在調查和論文協作時無時無刻給予支持、鼓勵和陪伴的女朋友莊彥屏。我能你們說的不多，但由衷感覺有你們真好。最後還要感謝我的爸爸、媽媽一直以來對我的關心和照顧，讓我能沒有其他壓力的狀況下，專心投入這兩年的研究生活。我將這份喜悅與你們分享！

中文摘要



為探討影響都市公園鳥類群聚的重要因子，包含公園面積、森林隔離度、河流隔離度、植生指數、人造物覆蓋比例、樹冠覆蓋比例、與公園中水體之出現，本研究於 2013 年 3 月~7 月於臺北盆地（臺北市與新北市）都市區對 100 個面積大於 1 公頃的都市公園，以全部計數法進行三次鳥類群聚調查。利用數位大地影像與地理資訊系統數化各個公園的面積、森林隔離度、河流隔離度、NDVI、人造物覆蓋比例、樹冠覆蓋比例與水體之出現。以廣義線性模型與 Akaike's Information Criterion 分析七個重要因子與陸生繁殖鳥和其食性同功群與棲地同功群的鳥種豐富度、鳥類個體密度、與鳥類多樣性的關係。

本研究結果顯示公園面積是影響鳥類豐富度和個體密度的重要因子，較大的公園會有較多的鳥種、與較低的個體密度。水體之出現有助於增加總陸生鳥類豐富度與多樣性，在雜食鳥與廣布鳥同功群中特別明顯。河流隔離度與鳥類豐富度呈負相關，並在同功群間有不同的效應。人造物覆蓋比例與樹冠覆蓋比例兩者對總陸生鳥類豐富度有負面影響。森林隔離度與植生指數對總陸生繁殖鳥類豐富度沒有影響，但兩者對樹林鳥豐富度與多樣性有正面效應存在。總結來說，公園面積、水體之出現與河流隔離度是主要影響公園鳥類群聚結構的因子，且不同的同功群間對七個重要因子的反應有所不同。所以，根據本研究結果，都市公園規劃者可針對不同經營管理目標採取以下方式：(1) 增加面積時須同時考量公園內部的人造物與樹冠的覆蓋比例皆不宜過高，以避免對鳥類群聚產生負面影響。(2) 考量森林與河流對公園的相對位置能有效提升不同鳥類類群的多樣性。(3) 公園中增設水池能有效增加鳥類豐富度，應納入必要設施之一。(4) 增加都市公園中的灌叢以增加灌叢鳥出現的機會。

關鍵字： 鳥類群聚、都市公園、同功群、臺北盆地

Abstract

Parks are biodiversity hotspots in urban landscape, and has considered as “shelter” of creatures lived in urban. This research aims to understand the effect of the important factors on terrestrial breeding bird communities and its functional guilds in urban parks. Bird community surveys of 100 parks larger than 1 ha in Taipei basin were conducted three times during March to July in 2013 using total counting. I used generalized linear models and Akaike’s Information Criterion to analyze the seven important factors: park area, the degree of isolation of habitat, the degree of isolation of river, vegetation index, artifact coverage, canopy coverage and the presence of water bodies with the bird species richness, bird density, and bird diversity of terrestrial breeding birds and its feeding guilds and habitat guilds.

Park area were main factor affected the species richness and density, and larger parks tended to support more species but lower density. Presences of water bodies were found to enhance species richness and diversity, especially in omnivores and generalists guilds. In addition, degree of isolation of river showed negative relations with total species richness and had different responses within habitat guilds. Both artifact coverage and canopy coverage had negative effects on total bird richness. Degree of isolation of habitat and vegetation index did not have significant impacts on total species richness, density, and diversity, but only had positive effect on woodland bird richness and diversity. In conclusion, park area park size, presence of water bodies, and degree of isolation of river affected bird community structure, and different functional guilds had different response to seven important factors.

Keywords: Bird community, Urban parks, Guild, Taipei Basin

目錄

Contents



前言.....	1
材料與方法.....	4
研究範圍.....	4
樣區選取.....	4
鳥類調查.....	5
環境變數測量.....	5
鳥類生態指標計算.....	7
模型選擇與迴歸分析.....	8
研究結果.....	9
鳥類群聚組成.....	9
公園環境.....	10
鳥類豐富數.....	10
鳥類個體密度.....	11
鳥類多樣性.....	12
討論.....	13
棲地島嶼因子對鳥類群聚之影響.....	13
植被覆蓋度對鳥類群聚之影響.....	15
內部空間結構對鳥類群聚之影響.....	15
公園中水體之出現.....	16
公園規劃之建議.....	17
參考文獻.....	19

圖目錄

List of Figures



Fig. 1 Satellite image of Taipei Basin in 2013 which is captured by Google Earth Pro	26
Fig. 2 Location of the selected 100 urban parks in this study in Taipei Basin.	27
Fig. 3 Results of hierarchy clustering of original feeding guilds according to average linkage with height of 3 before comparing.	28
Fig. 4 Results of hierarchy clustering of original habitat guilds according to average linkage with height of 3 before comparing.	29
Fig. 5 Boxplot of water and other six variables including park area, distance to forest, distance to rive, NDVI, artifact cover, and canopy cover.....	30

表目錄

List of Tables



Table 1 Definition of the seven selected variables in this study.	31
Table 2 Original resource matrix of feeding guilds in use of hierarchy clustering.. ...	32
Table 3 Original resource matrix of habitat guilds in use of hierarchy clustering.. ...	33
Table 4 Original data of seven selected variables of the one hundred urban parks in this study.....	35
Table 5 Bird species observed in hundred urban parks. Included specie occurrence park number and its total number.....	40
Table 6 Bird communities composition of 100 urban parks. Included number of species, bird density, and diversity index. Average and Standard deviation is at the bottom of the table..	42
Table 7 Classification of food guilds of 24 bird species analyzed in the 100 urban parks in this study.....	45
Table 8 Classification of habitat guilds of 24 bird species analyzed in the 100 urban parks in this study.	46
Table 9 Spearman's correlation matrix among variables included in analyses of the effects of park area, distance to forest, distance to river, NDVI, canopy cover, and artifact cover on breeding terrestrial bird communities in parks of Taipei Basin in 2013-2014.	47
Table 10 Descriptive statistics of seven variables of the 100 urban parks in this study. Included maximum, minimum, average, standard deviation, and the presence of water.	48
Table 11 Results of regression analysis of species richness (number of species) to area, presence of water, distance to forest, distance to river, artifact cover, canopy cover, and NDVI.....	49
Table 12 Model Selection for identifying factors that affected number of species of urban parks. Model with $\Delta AIC < 2$ were selected as the best subset of models.	50

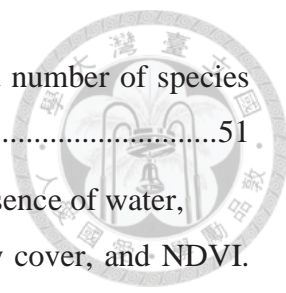


Table 13 Relative importance for identifying factors that affected number of species of urban parks. Values are from 0 to 1.51

Table 14 Results of regression analysis of bird density to area, presence of water, distance to forest, distance to river, artifact cover, canopy cover, and NDVI.52

Table 15 Model Selection for identifying factors that affected bird density of urban parks. Model with $\Delta AIC < 2$ were selected as the best subset of models.53

Table 16 Relative importance for identifying factors that affected bird density of urban parks. Values are from 0 to 1.55

Table 17 Results of regression analysis of bird diversity to area, presence of water, distance to forest, distance to river, artifact cover, canopy cover, and NDVI.56

Table 18 Model Selection for identifying factors that affected bird diversity of urban parks. Model with $\Delta AIC < 2$ were selected as the best subset of models.57

Table 19 Relative importance for identifying factors that affected bird diversity of urban parks. Values are from 0 to 1.58

前言

都市人口佔全球人口的比例迅速地成長，只要都市人口持續攀升，伴隨而來
的地景型態勢必增加 (Dearborn and Kark 2010)。都市發展的過程經常造成自然棲
地減少 (Czech et al. 2000)，造成許多原生物種因環境過度變遷而大量滅絕
(Marzuluff 2001)。但都市發展中產生的破碎棲地 (fragmented habitats) 能作為生物
避難所 (shelter) 與生態廊道 (corridor)，並達到保護生物多樣性的目的 (Gibb and
Hochuli 2002)。鳥類容易觀察和多變棲地選擇特性是研究都市破碎棲地生物群聚的
理想類群 (Chace and Walsh 2006；Oliver *et al.* 2011)。都市破碎棲地的鳥類群聚會
受到許多環境空間特性影響，包含棲地面積 (fragment area) (Opdam et al. 1985；
Jokimäki 1999)、森林隔離度 (fragment isolation) (Fernández-Juricic 2004)、河流隔
離度 (Knopf 1985；Rosenberg et al. 1997；葛兆年等 2008)、植被覆蓋度 (Zhou and
Chou 2012；簡筱帆 2007)，以及內部空間結構 (Sandström *et al.* 2006；簡筱帆 2007)
等等。


公園是都市中最主要都市破碎棲地，並被稱作「生物島嶼 (islands)」，同時
也是都市中的生物多樣性熱點 (biodiversity hotspots)，因此有許多以公園綠地為主
的鳥類群聚多樣性研究 (Jokimäki 1999；Oliver et al. 2011；洪嘉聰 2005；簡筱帆
2007)。公園面積在許多研究中被認為是反應鳥類豐富度與多樣性的良好指標
(Opdam *et al.* 1985；Jokimäki 1999；Zhou and Chu 2012)，並與鳥類豐富度存在正
向關係 (張相怡 2009；鄭蕙如等 2006)。根據物種面積理論 (species-area theory)，
當破碎棲地面積增加，其內包含更多棲地類型的可能性越高，可供生物利用的資
源種類與量也越多，使得環境能承載更多的物種與更大的族群量 (Connor and
McCoy 1979；MacArthur and Wilson 1967；Williams 1943)。而森林隔離度對公園
鳥類群聚的影響，則會受研究地點、研究季節與研究對象影響而有所不同。
Fernández-Juricic (2004) 發現森林隔離度對不同鳥種之間的效應不同；也有研究顯
示都市公園鳥類群聚與森林隔離度沒有顯著的關係 (Jokimäki 1999；簡筱帆



2007；葛兆年等 2008)。相較於森林隔離度，河流隔離度與公園間的關係則較少被研究。河流隔離度代表公園到河流的河濱環境的距離，有文獻認為河流的河濱環境可做為許多鳥類的移動通道，同時其河濱環境的周圍植被能提供許多的棲地資源，而吸引鳥類出現 (Knopf 1985；Rosenberg et al. 1997)。葛兆年等 (2008) 的研究結果便發現公園鳥類豐富度與河流隔離度有負向關係。植物覆蓋度被認為是影響公園鳥類群聚的重要因素 (Zhou and Chou 2012；簡筱帆 2007)，並顯示對鳥類群聚多樣性有正向效應 (王志聖 2002；簡筱帆 2007)。一般來說，植物覆蓋度可用於代表公園內的生產量。根據生產量理論，生產力較高的環境能容納較多的物種 (Connell and Orias 1964)。而林嘉聰 (2005) 認為固定棲地面積時若植被覆蓋度越高，其內部植被串連機會越大，較容易形成大面積的集中資源，故對鳥類群聚有正面效應。

公園為滿足居民與遊客的使用需求所進行的空間規劃，使得公園內包含多樣的棲地類型 (樹林、水池、人造建物等)，造就公園複雜的內部空間結構。都市公園內部空間結構以樹林與人造物為主，又因其公園劃設之目的不同使得其內之樹林與人造物的覆蓋比例有所不同。其中，樹冠覆蓋比例會影響公園的鳥類群聚 (Jokimaki 1999；Fernandez-Juricic 2000a；簡筱帆 2007；Salvador and Montelongo 2013)。都市公園綠地的樹冠覆蓋度比天然森林環境來的低 (Erz 1966)，又許多鳥種的生存必須仰賴樹林所提供的食物與棲地。Lancaster and Rees (1979) 發現樹林覆蓋比例下降，相同大小之棲地內鳥類的物種與數量也會隨之下降。公園中人造物 (建築物、不透水鋪面與棲地板等) 的出現，雖不能提供鳥類食物資源，卻能提供更多樣的棲地類型。洪嘉聰 (2005) 研究結果指出公園內人造物比例的提升會造成總鳥類多樣性下降，但高度適應人造環境的耐受性物種的數量會隨之上升。

水是陸域生態系中不可或缺且經常受到限制的資源 (McCluney and Sabo 2009)。水的可用性經常用來預測物種豐富度、生物的數量 (Hawkins et al. 2003)，以及不同同功群的在空間上的分布 (Chown and Nicolson 2004；Gear and Schmitz



2005)。都市發展過程使得天然植被消失、不透水層增加與人為開發汙染，造成都市生態系中穩定、乾淨的水源之可用性減少，進而影響都市生態系動物群聚。目前探討水對於都市動物群聚的影響的相關研究非常缺乏，但已有研究發現公園中水體之出現對都市公園綠地鳥類群聚存在正面效應 (簡筱帆 2006; 葛兆年等 2008)。同功群 (guilds) 的定義是一群不同的物種以相同的方式利用相似的環境資源 (Dayan 1991)。當特定的環境資源變動時，便會影響其相對應同功群中的物種 (Severinghaus 1981)。而不同的同功群間會對不同的環境資源產生不同的反應。因此，同功群的概念經常作為生態評定與經營管理的參考依據 (Hawkins and MacMahon 1989)。

坐落於臺灣臺北盆地的臺北都會區 (Taipei Metropolis) 截至 2011 年有近 700 萬的人口 (行政院主計處 2011)。盆地地形的限制之下，臺北都會區和其他大城市不同，高度發展的都市緊鄰自然的低海拔森林。在高度發展的城市中分布許多被大樓與道路隔開的公園，是作為研究都市破碎棲地鳥類群聚的絕佳材料。過去對於都市公園鳥類群聚的研究，鮮少探討關於不同同功群間反應的差異。故本研究的目的有三：(1) 探討面積、隔離度 (森林隔離度、河流隔離度)、植物覆蓋度、和內部空間結構 (人造物覆蓋比例、樹冠覆蓋比例、公園中水體之出現) 共七個因子對都市公園總陸生繁殖鳥之豐富度、個體密度與多樣性之影響。預期總鳥類群聚與公園面積、植物覆蓋度、樹冠覆蓋比例、水體之出現呈正向關係；而與隔離度、人造物覆蓋比例呈負向關係。(2) 進一步瞭解七個因子對於不同的陸生繁殖鳥同功群 (guilds) 的影響。最後，(3) 希望能為都市公園管理者，提出能維護生物多樣性的規劃方式與建議。

材料與方法



研究範圍

臺北盆地海拔低於 20 公尺的面積約 24300 公頃，位於台灣北部，西北頂點位處關渡，東北角為南港，西南角為迴龍；盆地周圍山地丘陵環繞，北倚大屯火山群，西鄰林口台地，東南邊是雪山山脈山麓丘陵地 (文化部 2009)，區域內一共涵蓋臺北市與新北市兩個直轄市共 41 個行政區。根據中央氣象局臺北觀測站於 1981~2010 間的統計資料，盆地內氣候溫暖潮濕，年均溫 23.0°C，最高月均溫在 7 月達 34.3°C，最低月均溫在 1 月為 19.1°C，年平均日照為 1405.2 小時；且全年有雨，年平均降水量 2405.1 公釐，主要集中於 5~9 月，並以 9 月降雨量最高達 360.5 公釐。

臺北盆地內的都市規劃與發展受到特殊地形的影響，盆地平坦的底部發展為高度開發的都會區，四周環繞著山地丘陵所形成的淺山生態系 (Fig. 1)。而都會區內各處皆散布許多以公園為主的綠地，小型公園以簡單的人工植栽搭配步道；1 公頃以上的大型公園則常有樹林、土丘與廁所，並偶有水池與活動中心等特殊設施。本研究為瞭解臺北盆地都市公園綠地的鳥類群聚，故選取臺北盆地內海拔低於 100 公尺以下的核心都會區作為研究範圍，其內包括臺北市全區與新北市汐止、板橋、中和、永和、新店、新莊、蘆洲、三重、五股等共 21 個行政區。

樣區選取

根據鄭蕙如等 (2006) 研究報告指出，相較於大型公園，面積小於 1 公頃以下的公園因資源有限，可見到的總鳥種數不會超過 8 種，故本研究選取核心都會區內面積大於 1 公頃的公園綠地，並排除臺北市工務局 (2013) 定義之與鄰里、綜合公園以外形質差異較大的自然公園與河濱公園共 100 處作為研究樣區 (Fig. 2)，樣區平均面積 4.32 ± 5.21 公頃。面積介於 1 公頃至 10 公頃者共 88 處，平均面積 2.74 ± 2.18 公頃；面積大於 10 公頃者共 12 處，平均面積 16.17 ± 5.85 公頃。其中面積

最大者為萬華區青年公園，約為 26.08 公頃；面積最小者為新莊區五權公園，約為 1.02 公頃 (Table 4)。



鳥類調查

本研究於 2013 年 3~7 月鳥類繁殖季期間進行群聚多樣性調查，一個公園即為一個樣區。每調查 100 個樣區為一次重複，每次重複限制於 25~30 個工作天內完成，平均每天調查 4~8 個樣區，共重複 3 次。調查選定晴天或陰天進行，為降低每年 4~5 月梅雨季的影響，故非遇大雨仍進行鳥類觀察，調查在日出後 4 小時內完成 (Graham and Blake 2001)。每一個樣區按照其內部空間設有 3~5 條路線，每一次重複皆選定不同的路線，以全部計數法 (total count) 記錄目擊或聽到的鳥種與數量，包含空中持續飛行的個體。本研究紀錄之鳥種其學名與英文俗名參考自 IUCN (2009)，中文俗名與保育類依據在 TaiBNET 公布之臺灣物種名錄為準。

本研究參考翟鵬 (1977) 的鳥種紀錄、台灣鳥類誌第二版 (2012) 對鳥種在食性與棲地利用的描述與本研究之觀察記錄，整理出研究物種之食性利用矩陣 (Table 2) 及棲地利用矩陣 (Table 3)。採用群集分析法來分類研究樣點之鳥類群聚組成，以進一步判斷各個生態同功群的特性。以鳥類出現位置與食物類別之觀察記錄與參考資料作為特徵值 (character)，用歐基里德距離 (Euclidean distance) 計算各鳥種的相異度矩陣 (Dissimilarity matrix)，再以階層群集法 (Hierarchical clustering) 之平均連結法 (averaged linkage)，獲得群集分析法以距離值 3 為分界之結果 (Fig 3 and Fig 4)。進一步與張相怡 (2009) 的同功群分類表作比較，以獲得最後之食性與棲地同功群分類表。以及與前人研究之比較，本研究將陸生繁殖鳥依其食性與棲地的利用狀況分別分為五類食性同功群：蟲食者 (Insectivore, I)、果食者 (Frugivore, F)、穀食者 (Granivore, G)、雜食者 (Omnivore, O) 與其他 (Others)；以及四類棲地同功群：廣布型 (Generalist, Gn)、樹林型鳥 (Woodland Bird, WB)、灌叢型鳥 (Shrub Bird, SB) 與其他 (Others)。

環境變數測量

面積參考臺北市政府工程處 (2013) 與新北市公園設施暨路燈維護管理系統所公布之資料，並配合 2013 年 SPOT 衛星解析度為 2m*2m 之衛星影像與地理資訊系統 (ArcGIS 10.1) 和 Google Earth Pro 加以繪製樣區位置以計算樣區隔離度。本研究將隔離度依照物種可能的來源地分為兩個變數：(1) 樣區與其周圍海拔 100 公尺以上山區森林的最短距離，即為森林隔離度；(2) 樣區與其周圍河流河濱的最短距離，即為河流隔離度。測量時皆以最短之邊對邊距離 (edge-to edge distance) 為準 (Opdam *et al.* 1984 ; Opdam *et al.* 1985) (Table 1)。

植物覆蓋度經常用於代表一地區生產力。本研究採用衛星遙感影像的分析替代實地調查，而植群監測的遙感探測技術利用植物吸收光譜之紅光波段 (RI) 與反射近紅外光波段 (IR) 的特性，藉由此二波段運算監測植物的結構變化，這類的運算指標統稱為植生指數 (Vegetation Index, VI)。目前在植物遙測發展上，最常被使用為 NDVI (常態化差異植生指數 Normalized Difference Vegetation Index) (Goward *et al.*, 1985; Salinas-Zavala *et al.*, 2002)。本研究以 2013 年 SPOT 衛星影像，利用 Erdas imagine 萃取影像之紅光段 (R) 與近紅光段 (IR) 的光譜反射值，導出臺北盆地調查範圍內的 NDVI 值，再配合 ArcGIS 10.1 擷取出每一個調查樣區內的平均 NDVI 值，作為樣區內部的植物覆蓋度指標 (Table 1)。

$$\text{計算式：NDVI} = \frac{IR-R}{IR+R}$$

IR：近紅光段 R：紅光段

樣區內部的人造物與樹冠比例將同時影響人類和鳥類的利用狀況。本研究以航照圖數化時最上層所見之是否由人造物覆蓋為基準，描繪樣區內的人造物覆蓋面積，同時描繪樹冠覆蓋面積，最後將樣區草地、溪流與水池的覆蓋面積去除，以獲得樣區內部之人造物覆蓋面積與樹冠覆蓋面積，最後將其除以樣區總面積以計算覆蓋比例 (Table 1)。

$$\text{計算式：} P_a = \frac{a}{A} \quad \text{or} \quad P_c = \frac{c}{A}$$

P_a ：人造物覆蓋比例 P_c ：樹冠覆蓋比例

a：人造物覆蓋面積

c：樹冠覆蓋面積

A：樣區總面積



本研究以公園中水體之出現與否實地調查所蒐集之資料為主，有水體之出現記為 1；無水體之出現記為 0 (Table 1)。

由於自變數間之相關性會影響分析的結果，因此在統計分析前進行相關性檢定。本研究所包含之部分因子因具備二元變數與非常態分佈的特性，故採用斯皮爾曼相關性 (Spearman Rank Correlation) 分析。

鳥類生態指標計算

三次重複的調查資料皆以 Microsoft Excel 建檔與合併，並分別計算各個樣區中總鳥類與個別同功群的以下三個指標：1) 鳥種豐富度、2) 鳥類個體密度、與 3) 鳥類多樣性。

1) 鳥種豐富度 (richness; number of species)

鳥種豐富度是指某範圍內所有物種數，廣泛作為評定一地區生態狀況的指標。本研究將每一個樣區觀察到的鳥類種類加總作為該樣區鳥種豐富度。

計算式： $S = \text{某樣區內所有/特定生態群的鳥種總和}$

2) 鳥類個體密度 (bird density)

某樣區以全部計數法所記錄之鳥類個體數目，並除以的調查面積，即為該樣區的鳥類個體密度。若要計算特定生態群的密度，則以所記錄特定生態群之鳥類個體數目，除以調查面積。


計算式： $D = N/A$

D：單位面積下的鳥類隻數 (即個體密度)

N：某樣區所觀察到的鳥類隻數

A：某樣區的調查面積

3) 多樣性指數 (diversity index)



物種豐富度與密度並沒有辦法反應鳥種的分布情形，因此產生其他評估生物多樣性的方法。生物歧異度是可以同時反應物種的豐富度與均勻度的指標之一，其中以 Shannon's diversity index (H') (Shannon and Weaver, 1949) 最為廣泛使用。Shannon's diversity index 數值越大表示物種豐富度與均勻度越高；數值越小則物種豐富度與均勻度越低。

$$\text{計算式：} H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

H'：Shannon's diversity index

S：某區域的物種數總和

p_i ：第 i 個物種個體數佔總個體數的比例

模型選擇與迴歸分析

本研究使用廣義線性模型 (Generalized Linear Model) 來分析鳥種豐富度、鳥類個體密度、與鳥種多樣性等三個指標和七個解釋變數分別為公園面積 (A)、森林隔離度 (DF)、河流隔離度 (DR)、植生指數 (N)、人造物覆蓋比例 (Af)、樹冠覆蓋比例 (C) 與水體之出現 (W) 間的關係，再將解釋變數的選入與排除之 α 值設為 0.05。從利用 R 軟體 MuMIn package 中 dredging 篩選解釋變數的排列組合，根據 AIC (Akaike's information criterion) 選擇 ΔAIC 小於 2 的數個最佳模型，並依照 ΔAIC 與 Akaike weights (W_i) 的規則排序，而每個解釋變數在模型中相對重要性 (Relative importance) 由所有出現該解釋變數之模型的模型權重總和 (Burnham and Anderson 2002)。本研究之分析均以 R Studio 與 R 3.0.3 統計程式進行

研究結果




鳥類群聚組成

本研究三次重複調查共記錄到 13948 隻，54 種鳥類，包括 35 種陸生繁殖鳥、7 種水鳥、11 種冬候鳥與 1 種籠中逸鳥 (Table 5)。其中有 7 種保育類：台灣藍鵲 (*Urocissa caerulea*)、八哥 (*Acridotheres cristatellus formosanus*)、黃鸝 (*Oriolus chinensis*)、大冠鷲 (*Spilornis cheela hoya*)、鳳頭蒼鷹 (*Accipiter trivirgatus formosae*)、松雀鷹 (*Accipiter virgatus fuscipectus*) 與紅尾伯勞 (*Lanius cristatus*)。而陸生繁殖留鳥中，其中 11 種因出現公園數低於五次或無直接利用公園資源的觀察紀錄而未納入分析 (Table 5)：黃鸝 (*Oriolus chinensis*)、頭烏線 (*Alcippe brunnea*)、繡眼畫眉 (*Alcippe morrisonia*)、黑枕藍鶺 (*Hypothymis azurea*)、竹雞 (*Bambusicola thoracicus*)、台灣紫嘯鶇 (*Myiophoneus insularis*)、綠鳩 (*Treron sieboldi*)、中杜鵑 (*Cuculus saturatus saturates*)、鳳頭蒼鷹 (*Accipiter trivirgatus formosae*)、松雀鷹 (*Accipiter virgatus fuscipectus*) 與大冠鷲 (*Spilornis cheela hoya*)。本研究將在野外可進行繁殖之引進種視為繁殖鳥，故實際分析鳥種共 24 種陸生繁殖鳥 (Table 5)。

白頭翁是陸生繁殖鳥中出現頻率最高與數量最多的鳥種，而紅嘴黑鵯、麻雀、綠繡眼、珠頸斑鳩、樹鵲、家燕與洋燕出現頻率均在 80% 以上，是臺北盆地都市公園綠地的常見陸生繁殖鳥，以上 8 種的數量佔總合的 68% (Table 5)。平均每個公園出現 11.5 ± 2.8 種鳥，最多出現 18 種 (中正紀念堂)，最少出現 5 種 (大同公園) (Table 6)。平均每公頃出現 14.9 ± 9.8 隻，最高為 60.3 隻/公頃 (汐止公園)，最低為 2.6 隻/公頃 (安康森林公園) (Table 6)。公園平均陸生繁殖鳥多樣性為 1.93 ± 0.32 ，最高為 2.47 (福林公園)，最低為 0.57 (汐止公園) (Table 6)。

食性同功群以雜食者同功群之物種最為豐富共 9 種，並以椋鳥科和鴉科為主要之組成佔其中之 7 種 (Table 7)；而雜食者同功群之個別物種中，又以白頭翁之出現頻度與數量最多 (Table 7)。穀食者同功群皆為鳩鴿科鳥類，以野鴿之數量最多，但以珠頸斑鳩之出現頻度最高 (Table 7)。果食者同功群之三種鳥類中，紅嘴




黑鶇與五色鳥之出現頻度均大於 60% (Table 7)；亞洲輝椋鳥僅有在七個公園有出現紀錄 (Table 7)。蟲食者同功群包含數量最多與次之的物種 (麻雀、綠繡眼) (Table 7)；除畫眉科鳥類外，蟲食者之出現頻度皆高於 50% (Table 7)。棲地同功群以廣布型鳥類同功群種類最多，佔 24 種中的 13 種，包含鳩鴿科、椋鳥科皆屬廣布型之鳥種 (Table 8)；以灌叢型鳥類最少僅兩種，分別為小彎嘴與山紅頭等兩種畫眉科之鳥類 (Table 8)。樹林鳥同功群共 7 種，包含台灣特有種之台灣藍鵲與五色鳥；同時對於都市具有高度適應之白頭翁與綠繡眼為樹林鳥同功群之成員 (Table 8)。家燕和洋燕在過去文獻與實際調查結果皆屬於空中覓食之鳥類，故不屬廣布型、樹林或灌叢等任一同功群 (Table 8)。

公園環境

因子間相關性檢定之結果顯示，除植物覆蓋度之 NDVI 與人造物覆蓋比例有較高的負相關性 ($|r| > 0.6$)，其餘因子間相關性均低於 0.5 (Table 9)；而水體的出現與否，與其他因子間亦無顯著相關 (Fig 5)。公園平均面積為 4.35 ± 5.22 公頃，最大為 26.01 公頃，最小為 1.01 公頃；公園與山區森林最短距離平均 1359.6 ± 1427.9 公尺，最遠為 4895.8 公尺，最近為 0 公尺；對河流最短距離平均為 831.6 ± 636.6 公尺，最遠為 2779.8 公尺，最近為 0 公尺；植物覆蓋度之 NDVI，全部公園的平均 NDVI 值為 -0.05 ± 0.13 ，最高為 0.32，最低為 -0.34 (Table 10)。人造物覆蓋比例平均為 $28.1 \pm 15.7\%$ ，最高為 82%，最低為 0%；公園的樹冠覆蓋比例平均為 $44.3 \pm 21.8\%$ ，最高為 99%，最低為 0% (Table 10)。有水體出現的公園共 35 個，這些公園的平均面積為 7.16 ± 7.35 公頃，最大為 26.08 公頃，最小為 1.05 公頃；而沒有水體出現的公園面積平均為 2.84 ± 2.59 公頃，最大為 11.00 公頃，最小為 1.02 公頃 (Table 10)。

鳥類豐富度

總陸生繁殖鳥種數與公園面積和水體之出現呈正相關，並與河流隔離度、人造物覆蓋比例、樹冠覆蓋比例呈負相關 (Table 11)。只有兩個模型 ΔAIC 小於 2 的




模型被選為總陸生繁殖鳥的最佳模型 (Model TR1~TR2) (Table 12)。公園面積、樹冠覆蓋比例、與水體之出現是影響總陸生繁殖鳥類豐富度最重要的因子，其相對重要性皆為 1.00 (Table 13)；而人造物覆蓋比例與河流隔離度次之，相對重要性分別為 0.98 與 0.82 (Table 13)。

公園面積與蟲食者、穀食者和雜食者物種數皆呈正相關 (Table 11)，同時公園面積也被選入為蟲食者、雜食者的最佳模型 (Model IR1, Model OR1~OR3) (Table 12)，有很高的相對重要性 0.97 與 0.98 (Table 13)。水體之出現與雜食者物種數呈正相關，河流隔離度、樹冠覆蓋比例皆與雜食者物種數呈負相關 (Table 11)，三者皆被選入 ΔAIC 小於 2 的最佳模型 (Model OR1~OR3) (Table 12)，其相對重要性分別為 1.00、0.75 與 0.96 (Table 13)。穀食者物種數因模型解釋力不足 ($R^2=0.18$) (Table 11)，故未進行模型選擇；而果食者之物種數僅 3 種，鳥種數可變化之幅度過低，故未納入分析 (Table 11)。

公園面積與廣布鳥和樹林鳥皆呈正相關 (Table 11)，同時也被選入兩者 ΔAIC 小於 2 的最佳模型中 (Model GR1~GR4 and Model trR1~trR2) (Table 12)，其相對重要性分別為 1.00 與 0.86 (Table 13)。河流隔離度對廣布鳥、樹林鳥之物種數的效應不同，分別為負相關和正相關 (Table 11)。河流隔離度被選入廣布鳥與樹林鳥之最佳模型中 (Model GR1~GR4 and Model trR1~trR2) (Table 12)，並有較高的相對重要性 1.00 與 0.92 (Table 13)。水體之出現和樹冠覆蓋比例與廣布鳥物種數分別呈正相關與負相關 (Table 11)，其相對重要性分別為 0.97 與 1.00 (Table 13)。森林隔離度、人造物覆蓋比例與樹林鳥物種樹呈正相關，而植物覆蓋度與樹林鳥物種數呈負相關 (Table 11)，相對重要性皆高於 0.90 (Table 13)。灌叢鳥同功群僅 2 種鳥類，故未列入分析。

鳥類個體密度

公園面積與總陸生繁殖鳥個體密度、同功群個體密度間皆呈負相關 (Table 14)，並出現於全部 ΔAIC 小於 2 的最佳模型中 (Table 15)，其相對重要性皆為 1.00 或



0.99 (Table 16)。河流隔離度與總陸生繁殖鳥個體密度、同功群個體密度間皆呈負相關，僅與果食者同功群呈不顯著 (Table 14)，並出現於果食者同功群外，其他全部 ΔAIC 小於 2 的的最佳模型中 (Table 15)，其相對重要性介於 0.76~0.95 間 (Table 16)。樹冠覆蓋比例與果食者和樹林鳥同功群之個體密度呈正相關，與廣布鳥個體密度呈負相關 (Table 14)，被選入此三同功群的最佳模型中 (Model FD1~FD7, Model GD1~GD7, and Model trD1~trD4) (Table 15)，相對重要性皆大於 0.90 (Table 14)。森林隔離度與果食者之個體密度呈負相關 (Table 14)，出現於七個最佳模型中 (Model FD1~FD7) (Table 15)，其相對重要性為 0.94 (Table 16)。穀食者同功群因模型解釋力不足 ($R^2=0.12$) (Table 14)，故未進行模型選擇。

鳥類多樣性


公園面積對總陸生繁殖鳥類多樣性無顯著效應 (Table 17)。水體之出現與總陸生繁殖鳥多樣性、同功群多樣性皆呈正相關 (Table 17)，並被選入全部 ΔAIC 小於 2 的的最佳模型中 (Table 18)，其相對重要性指數皆大於 0.9 (Table 19)。人造物覆蓋比例與總陸生繁殖鳥多樣性、棲地同功群多樣性呈負相關 (Table 19)，出現於總陸生繁殖鳥、廣布鳥、樹林鳥之多樣性最佳模型中 (Table 18)，其相對重要性皆大於 0.70 (Table 19)。河流隔離度與廣布鳥多樣性呈負相關 (Table 17)，並出現於 3 個最佳模型結果 (Model Gndi1~Gndi2) (Table 18)，相對重要性為 0.95 (Table 19)。森林隔離度與樹林鳥多樣性呈負相關 (Table 17)；而植物覆蓋度與樹林鳥多樣性呈正相關 (Table 17)。兩者均被選入 2 個最佳模型內 (Model trdi1~Model trdi2) (Table 18)，且相對重要性皆為 1.00 (Table 19)。

討論

本研究結果顯示公園面積是影響鳥類豐富度和個體密度的重要因子，較大的公園會有較多的鳥種、與較低的個體密度。水體之出現有助於增加總陸生鳥類豐富度與多樣性，在雜食鳥與廣布鳥同功群中特別明顯。河流隔離度與鳥類豐富度呈負相關，並在同功群間有不同的效應。人造物覆蓋比例與樹冠覆蓋比例兩者對總陸生鳥類豐富度有負面影響。森林隔離度與 NDVI 對總陸生繁殖鳥類豐富度沒有影響，但兩者對樹林鳥豐富度與多樣性有正面效應存在。

棲地島嶼因子對鳥類群聚之影響


本研究結果顯示公園面積是影響陸生繁殖鳥種數最重要的因素。很多森林與都市破碎地景的相關文獻指出破碎棲地的面積是解釋其物種豐富度變化的良好因子 (Park and Lee 2000; Oliver et al. 2011; Zhou and Chu 2012)。臺北盆地都市環境中大面積公園能較小面積的公園支持較多的鳥種，與物種面積理論 (species-area theory) 的預測結果一致 (Williams 1943; MacArthur and Wilson 1967)，也與其他文獻的研究結果相符 (Zhou and Chu 2012; Oliver et al. 2011)。相同的結果也顯示於公園面積對不同生態同功群的效應，不論是食性同功群，或是棲地同功群，其鳥種數均與公園面積有很大的關係。面積較大的公園包含較多樣的棲地環境與資源 (Triantis et al. 2005)，並能降低邊緣效應 (edge effects) 所造成的影響，使得鳥類能維持較穩定的族群 (Evans et al. 2009)。面積在本研究中對鳥類多樣性的影響不顯著。生物多樣性指數同時包含鳥類豐富度 (即物種數) 與鳥類均勻度的意涵，公園面積對鳥類豐富數呈正相關，但與鳥類多樣性不顯著，推測影響鳥類多樣性呈不顯著之主因可能為面積較大時雖出現較多種之陸生繁殖鳥，但隨面積出現增加之新出現物種之數量與都市廣泛出現物種之數量有懸殊的差距 (本研究中最多五種鳥之數量總和為 9466 隻；最少五種鳥之數量總和為 184 隻) (Table 5)。故面積大的公園雖有較多的物種，但物種間的數量確有懸殊的差距。本研究中面積與鳥類個體密度與公園面積呈負向關係，與許多研究結果不同 (Zhou and Chu



2012；張相怡 2009)。根據 MacArthur and Wilson (1967) 的平衡理論，特定類群之物種的個體數量會隨島嶼面積上升而增加，但其單位面積個體數量會維持不變，其理論與本研究結果不同。推測都市公園的內部環境屬於不均質之人造環境，其資源量未必與面積增加有直接關係，故與此理論不符。MacArthur et al. (1972) 認為若一物種同時出現於面積大與小之棲地，該物種在面積小的棲地中會有較高的個體密度，因為面積小的棲地中物種數較少，減少物種間的競爭 (lower interspecific competition)。本研究以出現頻度大於 80% 物種之總個體密度檢測鳥類個體密度與公園面積間的關係，顯示面積與物種之個體密度具負向關係，支持此理論之論述。但該理論屬族群層級的討論，是否在群聚層級有相同的結果待更進一步的確認。

本研究之森林隔離度與陸生繁殖鳥豐富度、個體密度與鳥類多樣性均不顯著，僅特定食性同功群之果食者鳥類與棲地同功群之樹林型鳥類與其有顯著負相關，此結果與過去許多文獻相符 (Jokimaki 1999；Watson et al. 2005；張相怡 2007)。都市公園間的隔離程度與島嶼的隔離程度不同。由於都市街道常有許多人造植栽 (如行道樹、學校等)，可作為鳥類在都市中移動的路徑。除非是飛行能力較差或對棲地有特殊需求的鳥類，才易與隔離度產生負向關係 (Opdam et al. 1985；Watson et al. 2005；張相怡 2007)。又探討隔離度須同時考慮物種之遷入來源。許多都市公園鳥類能直接利用公園以外的都市環境 (如河濱環境、屋簷等)，故對於該類群鳥類而言，森林棲地並非其種源，故與救援效應 (Rescue effect) (Levins 1969) 將綠地和森林視為 Source 和 Sink 的相互關係不同；亦平衡理論中島嶼物種由大陸補充之關係不同 (MacArthur and Wilson 1967)。因此，本研究僅果食者與樹林鳥兩類，對於樹林有高度依存的物種才與森林隔離度有顯著相關。

本研究發現距離河流越近之公園綠地具有較多的鳥種和較高的鳥類個體密度，能提升整體鳥類的群聚狀況。根據生物廊道理論 (corridor theory)，河流的河濱環境可作為鳥類移動通道，透過此通道使得不同時間與位置的鳥類族群得以進行個體交換，進而提高鳥類族群對環境的忍耐力 (Gillies and Clair 2008；Rosenberg et al.



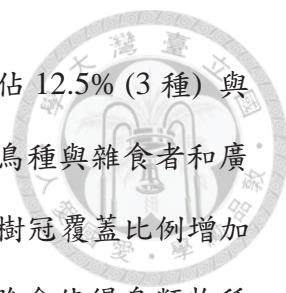
1997)；而河流的河濱環境能提供相較於河流兩旁環境更多的棲地資源，因而能吸引較多的繁殖鳥類 (Knopf 1985)。故本研究推測離河流環境較近的公園，其內物種應有較高的機會與河流環境做交換，使得鳥類由河流環境遷入公園綠地，進而提升公園的鳥類豐富度與個體密度。然而，亦有許多研究結果顯示河流河濱環境無法作為生態廊道 (Skagen et al. 1998；Hannon and Schmiegelow 2002)，例如河流與周遭環境的關係將會存在邊緣效應 (edge effect) (Baschak and Brown 1995)，使得河流河濱與都市公園綠地間物種的交換受到阻礙。因此，臺北盆地河濱環境是否能作為鳥類生物廊道需進一步的研究。

植被覆蓋度對鳥類群聚之影響

植物覆蓋度 (NDVI) 可代表棲地的生產量指標。許多研究發現植物覆蓋度與都市公園鳥類群聚有正面的影響 (簡筱帆 2007；鄭蕙如 2006)。本研究顯示植被覆蓋度 (NDVI) 對於整體鳥類群聚的影響效果不顯著，僅與樹林鳥的鳥種數與多樣性呈顯著關係。張相怡 (2009) 認為公園中之生產力除植物提供外，很多時候與人為活動有關，例如餵食行為或遊客殘餘的食物，使得高度適應都市的鳥類有充足的食物資源。而本研究中樹林鳥豐富度與植物覆蓋度有正相關，可能與樹林鳥棲地資源的增加有關。又洪嘉聰 (2005) 研究中提到 NDVI 用於代表植物覆蓋度在高孔隙率的情況下，代表性不佳，可能難以分辨人工草皮、灌叢與樹林在公園中的覆蓋情況，亦可能是本研究植被覆蓋度與鳥類群聚呈不顯著之原因。

內部空間結構對鳥類群聚之影響

許多文獻證實公園鳥類群聚會受到樹冠覆蓋比例的影響 (Jokimaki 1999；Fernandez-Juricic 2000a；簡筱帆 2007；Salvador and Montelongo 2013)。許多鳥種的生存必須仰賴樹林所提供的食物與棲地，因此若樹林覆蓋比例下降，相同大小之棲地內鳥類的物種與數量也會隨之下降 (Lancaster and Rees 1979)。根據本研究之結果，樹冠覆蓋比例與公園陸生繁殖鳥種數呈負向關係，同時也與雜食者與廣布鳥同功群呈負向關係。本研究結果顯示都市公園多數鳥種之生存可能需要樹林




以外的棲地，高度依賴樹林提供資源之果食者與樹林鳥，分別僅佔 12.5% (3 種) 與 29.1% (7 種) (Table 5)。因此，樹冠覆蓋度比例增加反而造成總鳥種與雜食者和廣布鳥同功群鳥種下降。樹冠覆蓋比例與鳥類密度的結果顯示，樹冠覆蓋比例增加會使得果食者與樹林鳥同功群鳥類密度增加，顯示樹林的增加雖會使得鳥類物種數下降，但特定的同功群在數量上有顯著的提升。推測鳥類群聚的變化與公園內部資源分配的改變有關。

公園內人造物的出現，提供都市鳥類除植被外的另一種棲地環境，但人造物與植被環境不同，並無法提供鳥類食物資源，但仍可能提供棲地資源。本研究結果顯示公園內部人造物覆蓋比例對公園陸生繁殖鳥種數與鳥類多樣性有顯著影響，而對鳥類個體密度沒有影響，與台灣公園鳥類群聚研究結果相符 (洪嘉聰 2005；簡筱帆 2007)。根據洪嘉聰 (2005) 對台南市公園環境對鳥類群聚的研究發現，公園內部建築物面積、不透水地面面積的增加會導致「非耐受類 (與本研究之樹林鳥相似)」的鳥種豐富度與多樣性下降，進而造成總鳥種數下降，與本研究結果相似；而人造物覆蓋比例的增加同時使得「人為干擾高度耐受 (與本研究之廣布鳥相似)」的鳥種數量上升，因此導致鳥類均勻度下降，而導致總鳥類多樣性下降。

公園中水體之出現

水可透過許多方式影響鳥類群聚，例如鳥類因生理飲水需求而聚集濕地 (Gereta et al. 2005)、鳥類仰賴乾淨水源洗澡以維持羽毛功能 (Slessers 1970) 等直接利用方式。鳥類亦可能間接受到水的影響，例如蟲食鳥受到水棲昆蟲等食物資源吸引而聚集河濱環境 (Iwata et al. 2003)。本研究結果顯示公園中水體之出現是影響公園鳥類豐富度與鳥類多樣性的重要因子，與前人研究相符 (簡筱帆 2007)。根據資源假說，公園中水體之出現會增加公園在食物及棲地資源的多樣性，將吸引更多樣的鳥類出現，並對總陸生繁殖鳥種數、個體密度與多樣性產生正向的影響。但總陸生繁殖鳥個體密度與水體之出現則無顯著關係，推測水體雖能吸引鳥類利用，但效果僅限於水體周圍。因為根據本人實際觀察，公園水體周圍確實有較多




的鳥類活動與鳥鳴；但礙於本研究以全部計數法為調查方式，無法以資料驗證水體對鳥類個體密度的影響，故尚待進一步研究。食性同功群結果顯示，水體與雜食鳥之鳥種數及多樣性有正向關係，與其他類群呈不顯著，僅部分與預期相符。原認為水體可間接提供水棲昆蟲作為蟲食鳥與雜食鳥同功群鳥類之食物來源，進而吸引更多的蟲食鳥與雜食鳥。造成結果與預期之差距的其可能原因有二：第一，蟲食者同功群物種 7 種中除小彎嘴與山紅頭外，其餘 5 種之出現頻率皆大於 50% (Table 5)。顯示蟲食者同功群鳥類物種普遍分布於全部的公園綠地，其都市內蟲食鳥，而臺北盆地潛在之可能遷入公園綠地之蟲食者多為畫眉科之灌叢型鳥類，其遷入將受限於公園綠地中灌叢棲地的缺乏所影響；第二，水體並無提供水棲昆蟲作為鳥類食物資源，而造成雜食者鳥種數與多樣性增加之原因為雜食者同功群與廣布鳥同功群有高度的相似性 (Table 7) (Table 8)。因為在雜食者同功群鳥類 9 種中，除白頭翁、樹鵲與台灣藍鵲外，有 65% 屬於廣布型鳥類，又廣布鳥之物種數與多樣性亦與水體之出現呈正向關係。水體出現與棲地同功群之廣布鳥物種數有顯著正相關。廣布鳥可利用較多樣化之棲地，包含樹林、人造物與開闊地等，而樹林鳥易受樹林而限制其活動範圍。而 Slessers (1970) 提到在公園內增設水池可作為提供鳥類可直接利用的水源，以利鳥類進行飲水與洗浴等活動，故水體之出現與廣布鳥鳥類群聚應有正向關係，與本研究結果相符。

公園規劃之建議

都市生態環境的永續經營是現代都市發展的方向，而都市公園綠地作為都市地景的生物避難所與生物熱點，是保護都市生態的重點。為此，本研究提出幾項公園規劃之建議：

- (1) 公園面積大小是影響鳥類豐富度最主要的因素，是都市公園規劃時須優先考量的要件。但面積在都市中往往是受限的因子，因此內部空間規劃經常才是能有效的提升鳥類多樣性的經營管理方式。

- 
- (2) 森林隔離度與河流隔離度所影響的鳥類類群不同，若為增加果食者、樹林鳥多樣性宜選擇鄰近或與山區森林有連結之位置。而鄰近河流的位置助於增加公園內雜食鳥與廣布鳥的多樣性。
- (3) 公園中水體的出現能有效增加公園中的鳥類豐富度與多樣性。除能吸引近水鳥利用，也能提供陸生繁殖鳥作為乾淨水源，未來應納入公園設施之規劃。
- (4) 公園內部的人造物與樹冠覆蓋度皆會影響公園內鳥類多樣性。因此，公園內部的樹林與人造設施的覆蓋比例皆不宜過高，便能有效增加鳥類豐富度與多樣性。
- (5) 本研究中灌叢鳥種類數量皆少，僅出現於鄰近山系之公園，可能與公園內部缺乏灌叢結構，以及都市破碎棲地間缺乏連續灌叢有關。公園內增加灌叢可能有助於增加灌叢鳥多樣性。

參考文獻



中央氣象局。 <http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>

文化部。 2009。 臺灣大百科全書。<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=1431>

王智聖。 2002。 都市公園生態空間特性之研究—以台南市公園鳥類為例。 國立成功大學都市計劃系碩士論文。

行政院主計處。 2011。 99年人口及住宅普查初步統計結果提要分析。 行政院主計處。

洪嘉聰。 2005。 公園環境與鳥類群聚關係之研究—以台南市公園為例。 國立成功大學建築研究所碩士論文。

新北市公園設施暨路燈維護管理系統。<http://parkfacilities.ntpc.gov.tw/pntcpems/>

張相怡。 2009。 都市棲地型島嶼之鳥類群聚組成、多樣性、與生殖活動。 國立成功大學生命科學所碩士論文。

葛兆年、李培芬、邱祈榮。 2008。 破碎棲地之面積、孤離度與棲地異質度對都市地景之鳥類群聚組成之影響—以臺北市公園綠地為例。 都市與計畫。卷 35：141-154。

簡筱帆。 2007。 臺北市都市公園空間結構與鳥類多樣性之相關性。 私立中國文化大學景觀學系研究所碩士論文。

翟鵬。 1977。 台灣鳥類生態隔離之研究。 私立東海大學生物學研究所碩士論文。

臺北市政府工務局公園路燈工程管理處。 2013。 公園管理相關規定。 臺北市政府工務局。 <http://pkl.taipei.gov.tw/>

臺灣物種名錄 (TaiBNET)。 <http://taibnet.sinica.edu.tw/>

台灣鳥類誌第二版。 2012。 <http://taibif.tw/download/avifauna/flipviewerxpress.html>

鄭亞嵐。 2003。 都市公園綠地連接度與鳥類群聚關係之研究。 國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。

鄭蕙如、李培芬。 2006。 永續臺北城的生態指表—公園綠地的鳥類。 全球變遷
通訊雜誌。 期 49：20-22。

Ambuel, B. and Temple, S. A. 1983. Area-dependent changes in the bird communities
and vegetation of southern Wisconsin forests. *Ecology* 64: 1057-1068.

Askins, R. A., Philbrick, M. J., Sugeno, D. S. 1987. Relationship between the regional
abundance of forest and the composition of forest bird communities. *Biological
Conservation* 39: 129-152.

Baschak, L. A. and Brown, R. D. 1995. An ecological framework for the planning,
design and management of urban river greenways. *Landscape and Urban Planning*
33: 211-225.

Baxter, C. V., Fausch, K. D., Saunders, W. C. 2005. Tangled webs: reciprocal flows of
invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology* 50: 201-220.


Brotons, L., Monkkonen, M., Martin, J. J. 2003. Are fragments islands? Landscape
context and density-area relationships in boreal forest birds. *The American
Naturalist* 162: 343-357.

Burnham, K.P. and Anderson, D. R. 2002. *Model Selection and Multiple Inference: A
Practical Information-Theoretic Approach* (2nd ed.). Springer Verlag: ISBN
978-0-387-22456-5

Chace, J. F., and Walsh, J. J. 2006. Urban effects on native avifauna: a review.
Landscape and Urban Planning 74: 46-69.

Chown, S. L. and Nicolson, S. W. 2004. Water balance physiology. In S. L. Chown and
S. W. Nicolson (Eds.). *Insect physiological ecology* (pp. 87-111). New York:
Oxford University Press.

Collinge, S. K. 1996. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications
for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning* 36: 59-77.

- 
- Connell, J. H. and Orias, E. 1964. The ecological regulation of species diversity. *The American Naturalist* 98: 399-414.
- Connor, E. C. and McCoy, E. D. 1979. The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist* 113: 791-833.
- Czech, B., Krausman, P. R., and Devers, P. K. 2000. Economic Associations among Causes of Species Endangerment in the United States. *BioScience* 50: 593-601.
- Dayan, T. 1991. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 22: 115-143.
- Dearborn, D. C. and Kark, S. 2010. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology* 24: 432-440.
- Dunning, J. B., Danielson, J. B., Pulliam, H. R. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65: 169-175.
- Evans, K. L., Newson, S. E., Gaston, K. J. 2009. Habitat influences on urban avian assemblages. *Ibis* 151: 19-39.
- Erz, W. 1966. Ecological principles in the urbanization of birds. *Ostrich* 6: 357-364.
- Fernández-Juricic, E. 2004. Spatial and temporal analysis of the distribution of forest specialists in an urban-fragmented landscape (Madrid, Spain) Implications for local and regional bird conservation. *Landscape and Urban Planning* 69: 17-32.
- Gibb, H., and Hochuli, D. F. 2002. Habitat fragmentation in an urban environment: large and small fragments support different arthropod assemblages. *Biological Conservation* 106: 91-100.
- Gillies, C. S. and Clair, C. C. 2008. Riparian corridors enhance movement of a forest specialist bird in fragmented tropical forest. *PNAS* 105: 19774-19779.

Goward, S. N., Tucker, C. J., Dye, D. G. 1985. North American vegetation patterns observed with the NOAA-7 advanced very high resolution radiometer. *Vegetation* 64: 3-14.



Graham, C. H. and Blake, J. G. Influence of patch- and landscape-level factors on bird assemblages in a fragmented tropical landscape. 2001. *Ecological Applications* 11: 1709-1721.

Grear, J. S. and Schimitz, O. J. 2005. Effects of grouping behavior and predators on the spatial distribution of a forest floor arthropod. *Ecology* 86: 960-971.

Hawkins, B. A., Field, R., Cornell, H. V., Currie, D. J., Guegan, J. F., Kaufman, D. M. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84: 3105-3117.

Hawkins, C. P. and MacMahon, J. A. 1989. Guilds: the multiple meanings of concept. *Annual Review of Entomology* 34: 423-451.


IUCN. 2009. IUCN Red List of Threatened Species. <http://www.iucnredlist.org/>

Iwata, T., Nakano, S., Murakami, M. 2003. Stream meanders increase insectivorous bird abundance in riparian deciduous forests. *Ecography* 26: 325-337.

Jokimäki, J. 1999. Occurrence of breeding bird species in urban parks: Effects of park structure and broad-scale variables. *Urban Ecosystems* 3: 21-34.

Jonsson, M., Strasevicius, D., Malmqvist, B. 2012. Influences of river regulation and environmental variables on upland bird assemblages in northern Sweden. *Ecological Research* 27: 945-954.

Knopf, L. F. 1985. Significance of riparian vegetation to breeding birds across an altitudinal cline. In *Riparian ecosystems and their management: reconciling conflicting uses*. First North American Riparian Conference 150-111.

- 
- Lancaster, R. K. and Rees, W. E. 1979. Bird communities and the structure of urban habitats. *Canadian Journal of Zoology* 57: 2358-2368.
- Leavesley, A. J. and Cary, G. J. 2013. The effect of patch area on birds in central Australian Mulga woodland of different times-since fire.
- Ledger, M. E., Brown, L. E., Edwards, K. E., Milner, A. M., Woodward, G. 2013. Drought alters the structure and functioning of complex food webs. *Nature Climate Change* 3: 223-227.
- Levins, R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of ESA* 15: 237-240.
- MacArthur, R. H., and Wilson, E. O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- MacArthur, R. H., Diamond, J. M., Karr, J. R. 1972. Density compensation in island faunas. *Ecology* 53: 330-342.
- Marzluff, J. M. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*, Chapter 2: 19-47.
- McCluney, K. E. and Sabo, J. L. 2009. Water availability directly determines percapita consumption at two trophic levels. *Ecology* 98: 1463-1469.
- Mckinney, M. L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience* 52: 883-890.
- Moilanen, A. and Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure. *Ecology* 79: 2503-2515.
- Norton, M. R., Hannon, S., Schmiegelow, F. K. 2000. Fragments are not islands: patch vs. landscape perspectives on songbird presence and abundance in harvested boreal forest. *Ecography* 23: 209-223.

Oliver, A. J., Hong-Wa, C., Devonshire, J., Olea, K. R., Rivas, G. F., Gahl, M. K. 2011.

Avifauna richness enhanced in large, isolated urban parks. *Landscape and Urban Planning* 102: 215-225.

Opdam, P., Van Dorp, Ter Brak, C. J. F. 1984. The effect of isolation on the number of woodland birds in small woods in the Netherlands. *Journal of Biogeography* 11: 473-478.

Opdam, P., Rijdsdijk, G., Hustings, F. 1985. Bird communities in small woods in an agricultural landscape: effects of area and isolation. *Biological Conservation* 34: 333-352.

Park, C. R. and Lee, W. S. 2000. Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea. *Landscape and Urban Planning* 51: 29-36.

Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards. *Ecological Monographs* 45: 95-120.

Rosenberg, D. K., Noon, B. R., Meslow, E. C. 1997. Biological corridors: form, function, and efficacy. *BioScience* 47: 677-687.

Salinas-Zavala, C. A., Douglas, A. V., Diaz, H. F. 2002. Interannual variability of NDVI in northwest Mexico. Associated climatic mechanisms and ecological implications. *Remote Sensing of Environment* 82: 417-430.

Salvador, P. and Montelongo, T. 2014. Birds and small urban parks: a study in a high plateau city. *Turkish Journal of Zoology* 38: 316-325.

Sandström, U. G., Angelstam, P., Mikisiński, G. 2006. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning* 77: 39-53.

Severinghaus, W. D. 1981. Guild theory development as a mechanism for assessing environmental impact. *Environmental Management* 5: 187-190.

Shannon, C. and Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press. 117p.

Skagen, S. K., Melcher, C. P., Howe, W. H., Knopf, F. L. 1998. Comparative use of riparian corridors and oases by migrating birds in southeast Arizona. *Conservation Biology* 12: 896-909.

Slessers, M. 1970. Bathing behavior of land birds. *The Auk* 87: 91-99.

Triantis, K. A., Mylonas, M., Lika, K., Vardinoyannis, K. 2003. A model for the species-area-habitat relationship. *Journal of Biogeography* 30: 19-27.

United Nation Department of Economic and Social Affairs. 2009. *World Urbanization Prospects The 2009 Revision Highlights*. United Nations.

Watson, J. E. M., Whittakerr, R. J., Freudenberger, D. 2005. Bird community responses to habitat fragmentation: how consistent are they across landscapes? *Journal of Biogeography* 32: 1353-1370.

Williams, C. B. 1943. Area and Number of Species. *Nature* 152: 264-267.

Zhou, D. and Chu, L. M. 2012. How would size, age, human disturbance, and vegetation structure affect bird communities of urban parks in different seasons? *Journal of Ornithology* 153: 1101-1112.



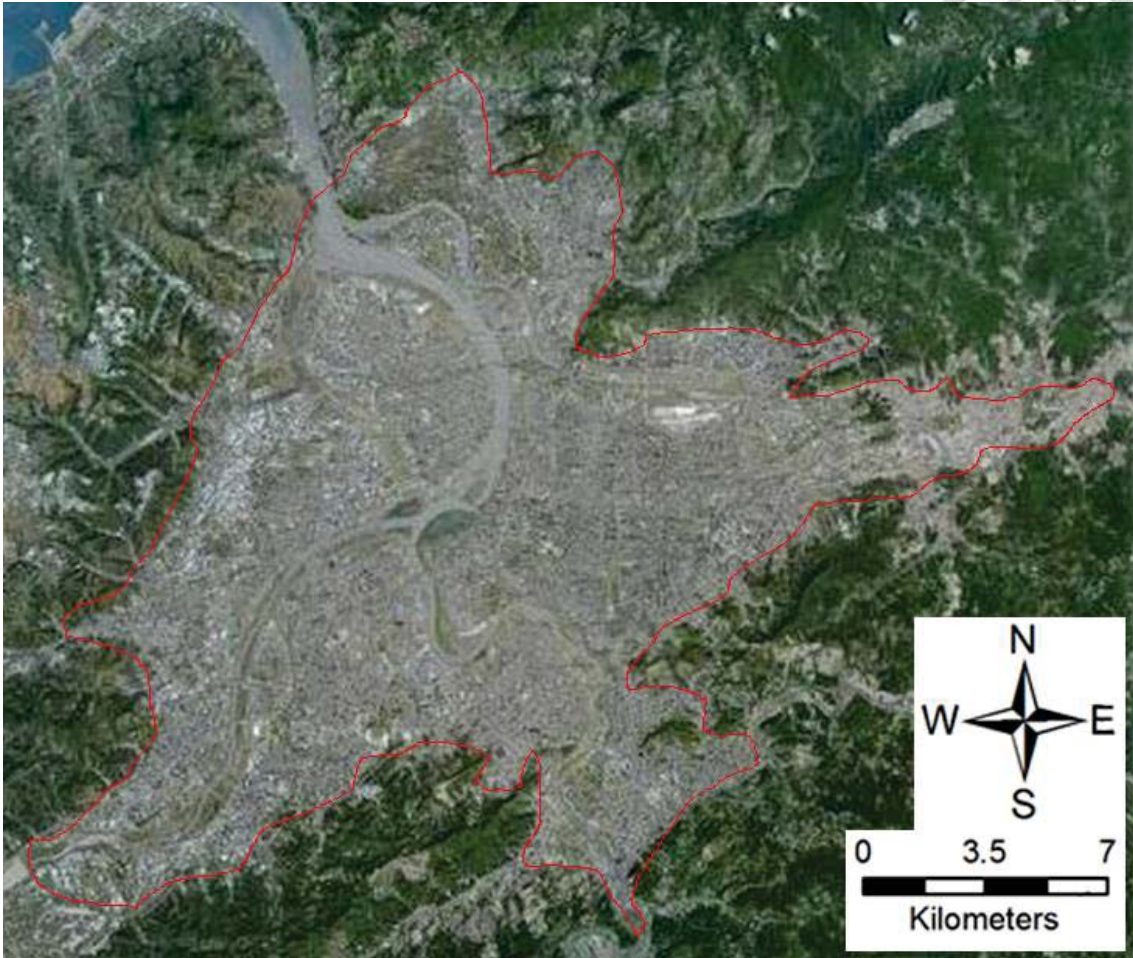


Fig. 1 Satellite image of Taipei Basin in 2013 which is captured by Google Earth Pro. Part circling by the red line is the Taipei metropolis. All city are surrounded by the mountain forest.

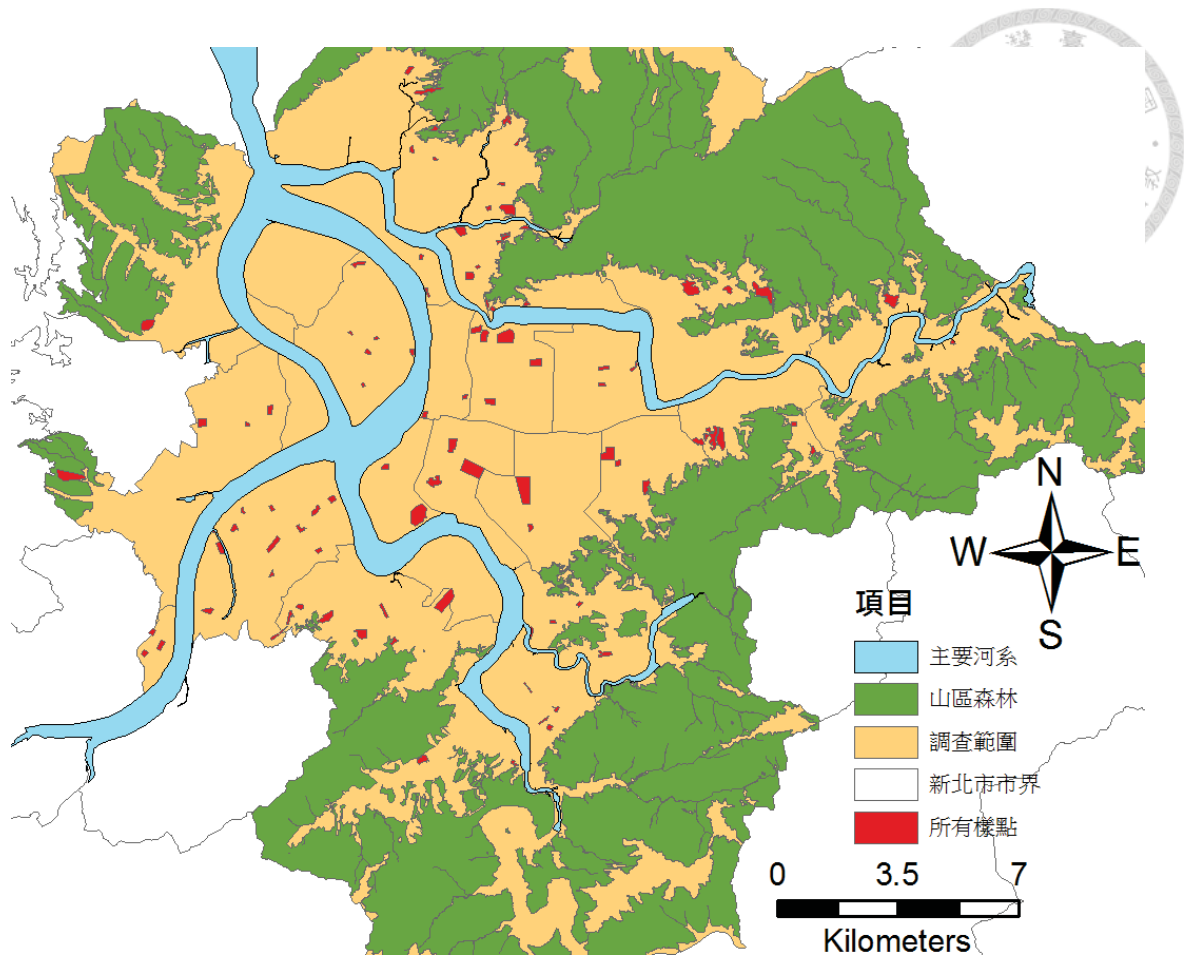


Fig. 2 Location of the selected 100 urban parks in this study in Taipei Basin. Red area is the 100 sites in this study. Green area, mountain forest, refers to nature habitat. Blue area, Danshui river riparian zone, refers to river. Orange area is the surveyed area included the whole Taipei city and the 9 districts of Xinbei city.

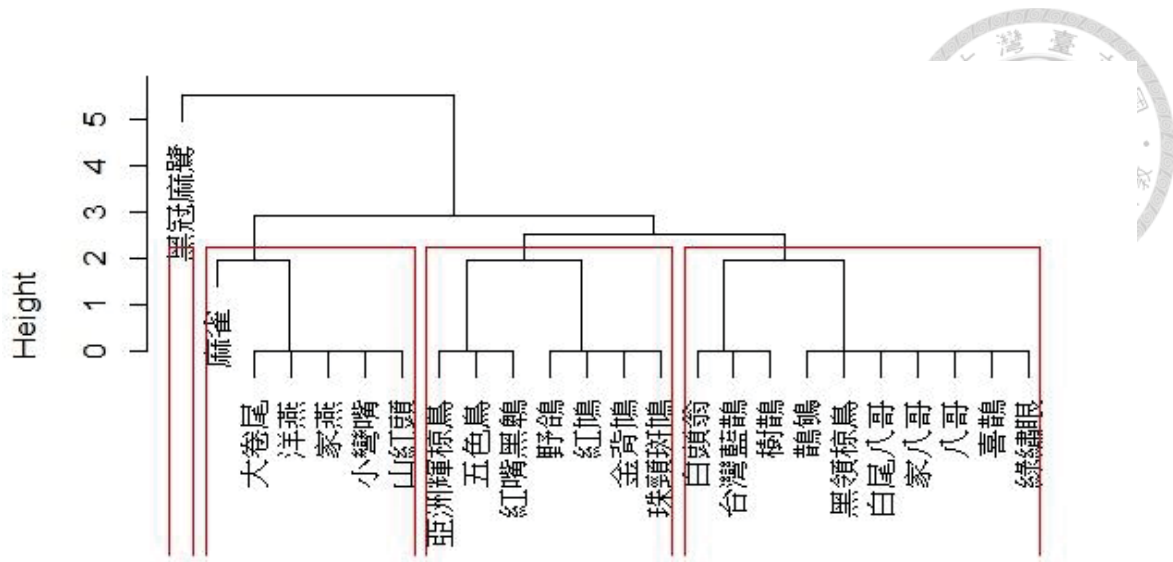


Fig. 3 Results of hierarchy clustering of original feeding guilds according to average linkage with height of 3 before comparing.

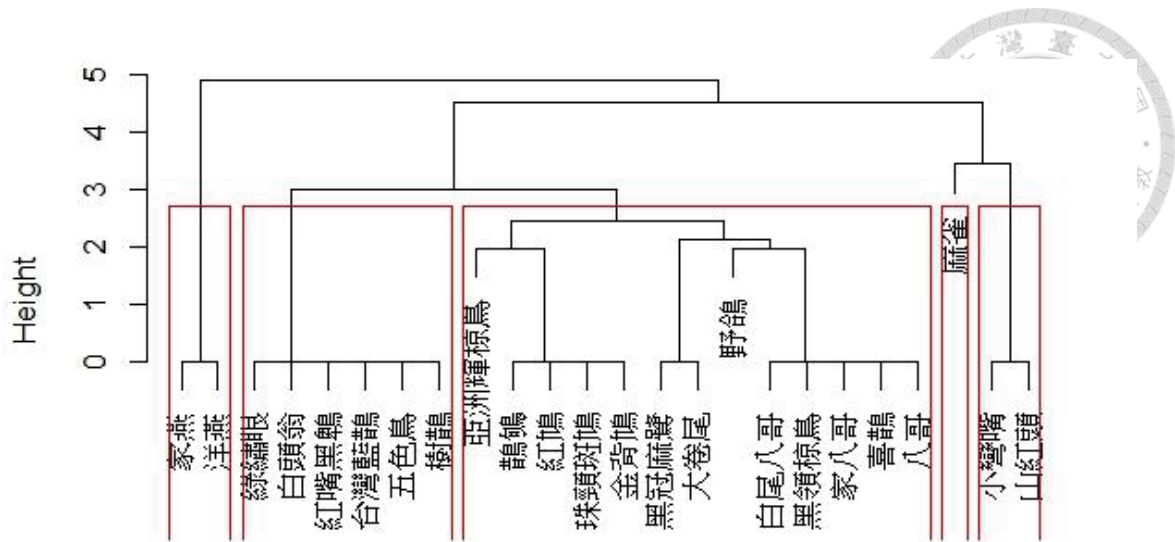


Fig. 4 Results of hierarchy clustering of original habitat guilds according to average linkage with height of 3 before comparing.

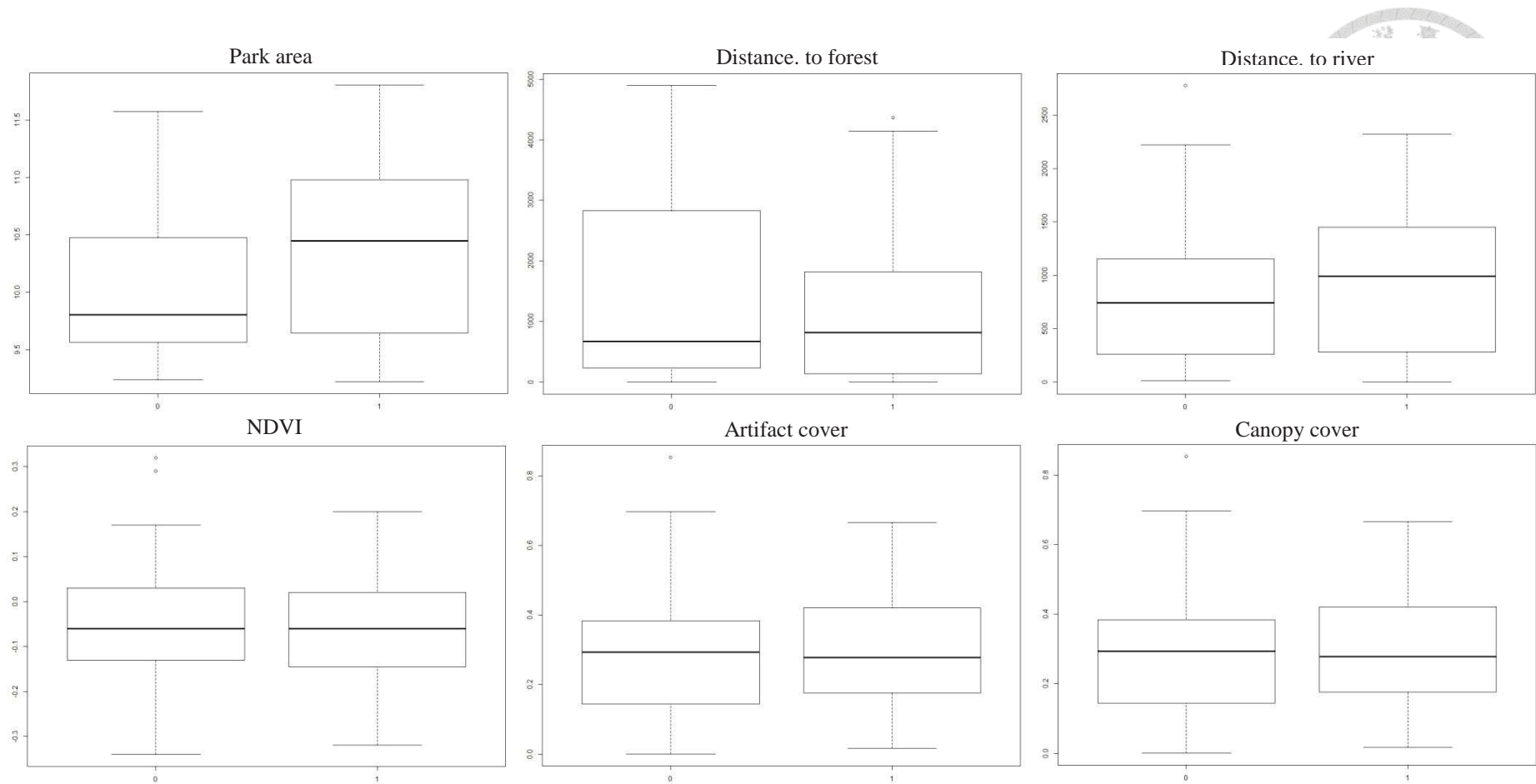


Fig. 5 Boxplot of water and other six variables including park area, distance to forest, distance to rive, NDVI, artifact cover, and canopy cover.

Table 1 Definition of the seven selected variables in this study.

Variables	Definition
Area (A)	Total area of park (ha)
Distance to forest (DF)	Minimum distance from park boundary to border of 100m contour line (m)
Distance to river (DR)	Minimum distance from park boundary to border of main river (m)
NDVI (N)	Average of the NDVI of the park (between -1 and 1)
Canopy cover (C)	Coverage of the canopy in the park (%)
Artifact cover (Af)	Coverage of the impermeable layer in the park (%)
Presence of water (W)	Presence of water (Presence:1 ; Absence:0)



Table 2 Original resource matrix of feeding guilds in use of hierarchy clustering.



	Species	Food type			
		Insect	Fruit	Seed	Others
台灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i>	1	1		
喜鵲	<i>Pica pica</i>	1	1		
樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	1	1		
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	1			
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	1			
綠繡眼	<i>Zosterops japonicas</i>	1	1		
麻雀	<i>Passer montanus</i>			1	
五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i>		1		
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	1			
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	1			
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	1	1		
紅嘴黑鵯	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>		1		
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	1			
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	1	1	1	
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>			1	
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>			1	
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>			1	
家八哥	<i>Acridotheres tristis</i>	1	1	1	
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>	1	1	1	
黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	1	1	1	1
亞洲輝椋鳥	<i>Aplonis panayensis</i>		1		
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>	1			1
野鴿	<i>Columba livia</i>			1	
鵲鴿	<i>Copsychus saularis</i>	1	1	1	



Table 3 Original resource matrix of habitat guilds in use of hierarchy clustering.

Species	Habitat type							
	Tree	Shrub	Grass	Water	Ground	Artifact	Air	
黑冠麻鷺 <i>Gorsachius melanolophus</i>	1		1		1			
野鴿 <i>Columba livia</i>	1				1	1		
珠頸斑鳩 <i>Streptopelia chinensis</i>	1		1		1			
金背鳩 <i>Streptopelia orientalis</i>	1		1		1			
紅鳩 <i>Streptopelia tranquebarica</i>	1		1		1			
五色鳥 <i>Megalaima nuchalis</i>	1							
家燕 <i>Hirundo rustica</i>						1	1	
洋燕 <i>Hirundo tahitica</i>						1	1	
大卷尾 <i>Dicrurus macrocercus</i>	1				1			
樹鵲 <i>Dendrocitta formosae</i>	1							
喜鵲 <i>Pica pica</i>	1					1		
台灣藍鵲 <i>Urocissa caerulea</i>	1							
小彎嘴 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>		1						
山紅頭 <i>Stachyris ruficeps</i>		1						
紅嘴黑鵯 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>	1							
白頭翁 <i>Pycnonotus sinensis</i>	1	1						
八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	1		1		1			
家八哥 <i>Acridotheres tristis</i>			1		1	1		
亞洲輝椋鳥 <i>Aplonis panayensis</i>	1					1		
黑領椋鳥 <i>Gracupica nigricollis</i>	1		1		1			



Table 3 (Continued)

Species		Habitat type						
		Tree	Shrub	Grass	Water	Ground	Artifact	Air
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>			1		1	1	
綠繡眼	<i>Zosterops japonicas</i>	1						
麻雀	<i>Passer montanus</i>		1	1		1	1	
鵲鴝	<i>Copsychus saularis</i>	1		1		1	1	

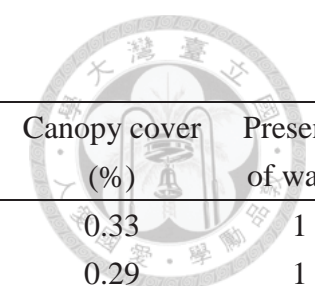


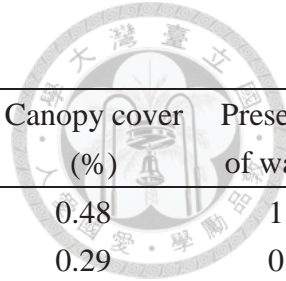
Table 4 Original data of seven selected variables of the one hundred urban parks in this study.

Park ID	Area (ha)	Distance to forest (m)	Distance to river (m)	NDVI	Artifact cover (%)	Canopy cover (%)	Presence of water
二二八紀念公園	8.08	4360.9	1112.2	-0.08	0.22	0.33	1
八二三紀念公園	10.80	1026.2	1153.4	-0.16	0.36	0.29	1
八德公園	2.81	2825.4	683.8	-0.1	0.39	0.46	0
三民公園	1.12	2713.2	16	-0.06	0.23	0.41	0
三張公園	1.06	3404.8	1152.6	-0.11	0.29	0.29	0
大公雞公園	2.29	0	794.5	0.32	0.02	0.13	0
大同公園	1.25	3537.5	1087.7	-0.21	0.47	0.70	0
大安森林公園	25.56	1732.4	1440.8	0.06	0.15	0.27	1
大湖公園	14.60	0	1597.9	-0.14	0.21	0.13	1
大豐公園	1.20	1567.3	860.9	-0.16	0.52	0.28	0
中平公園	2.01	3208.6	1523.6	-0.23	0.41	0.27	1
中正紀念堂	23.85	3129.3	1736.5	-0.11	0.46	0.19	1
中研公園	1.47	0	1385.8	0.01	0.18	0.54	0
中強公園	5.55	13.8	2075.2	0.11	0.19	0.65	0
中興公園	3.14	0	1899.4	0.11	0.21	0.61	0
丹鳳公園	1.06	0	1301.8	0.15	0.02	0.51	1
五權公園	1.02	290.3	1556.9	-0.06	0.31	0.58	0
天母公園	3.47	356.4	469.9	0.2	0.07	0.62	1
天和公園	1.31	122.4	724.7	0.02	0.19	0.61	1
太平運動公園	1.50	170.8	201.6	-0.27	0.2	0.13	0

Table 4 (Continued).

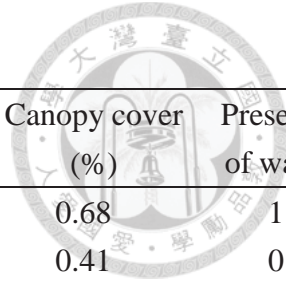
Park ID	Area (ha)	Distance to forest (m)	Distance to river (m)	NDVI	Artifact cover (%)	Canopy cover (%)	Presence of water
木柵公園	4.07	0	308.9	0.12	0.1	0.63	1
水碓觀景公園	10.50	0	1106.3	0.17	0.02	0.92	0
北安公園	1.12	198.6	29.2	0.13	0.11	0.71	0
北投公園	3.35	0	1850.4	0.02	0.09	0.47	1
台大醉月湖	2.67	1142.8	1206.2	-0.09	0	0.28	1
臺北植物園	9.89	3814.6	803.7	-0.04	0.18	0.61	1
四維公園	1.95	3122.3	669.6	-0.11	0.39	0.54	0
市民廣場	3.27	909	1674.7	-0.15	0.48	0.22	1
民生公園	1.43	3191.3	1079.1	-0.05	0.25	0.44	0
民權公園	1.52	2879	834.3	-0.04	0.4	0.49	0
玉成公園	4.53	447.4	1071.9	0.03	0.39	0.61	0
玉泉公園	1.96	3389.1	121.5	-0.06	0.27	0.17	0
石牌公園	1.09	779.6	965	-0.08	0.27	0.62	0
立農公園	1.34	511.7	492.9	0.02	0.28	0.44	0
名山公園	1.31	296.2	53.5	-0.01	0.28	0.41	1
安邦公園	1.10	540.6	740.2	-0.08	0.3	0.31	0
安康森林公園	7.38	184.3	1474.1	-0.22	0.14	0.69	0
汐止公園	1.99	494.7	75.2	0.12	0.23	0.20	0
自強公園	1.60	324	1786.7	0.06	0.21	0.86	0
至善公園	3.01	121.2	0	0.1	0.15	0.53	1

Table 4 (Continued).



Park ID	Area (ha)	Distance to forest (m)	Distance to river (m)	NDVI	Artifact cover (%)	Canopy cover (%)	Presence of water
志成公園	1.43	343.6	249.5	-0.02	0.23	0.48	1
和平公園	2.73	3846.2	1215.4	-0.18	0.42	0.29	0
忠誠公園	1.42	698.2	260.6	0.03	0.17	0.61	1
承德公園	1.06	385.4	645.3	-0.27	0.48	0.37	0
明水公園	1.30	762.6	37.4	-0.11	0.33	0.40	0
明德公園	2.38	246	1628.9	-0.06	0.31	0.65	0
東華公園	1.46	163.8	956.9	-0.05	0.43	0.95	0
板橋民生公園	1.07	1688.9	983.1	-0.28	0.56	0.30	0
林森公園	4.30	4224.6	1671.6	-0.01	0.17	0.20	0
玫瑰公園	1.92	3456.3	260	-0.06	0.26	0.52	0
社子公園	1.12	1873.8	271.6	-0.32	0.23	0.50	1
芝山公園	10.51	230.9	48.8	0.17	0.09	0.81	0
青年公園	26.08	3608	65.7	0.01	0.16	0.38	1
前港公園	3.88	431.9	325.8	0.04	0.22	0.59	0
南港公園	15.60	157.6	983.3	0.05	0.2	0.33	1
建成公園	1.48	2624.8	1019.5	-0.2	0.45	0.62	0
後山埤公園	7.20	287.6	936.1	0.16	0.05	0.36	0
思賢公園	1.05	4005.9	1017.5	-0.13	0.33	0.38	0
美崙公園	6.00	936.4	21.9	0.01	0.41	0.19	0
美術公園	7.90	774.4	94.5	-0.16	0.34	0.08	1

Table 4 (Continued).



Park ID	Area (ha)	Distance to forest (m)	Distance to river (m)	NDVI	Artifact cover (%)	Canopy cover (%)	Presence of water
胡適公園	1.62	30.1	1590.1	0.11	0.15	0.68	1
重陽公園	1.37	4602.9	308.6	-0.34	0.32	0.41	0
重慶公園	1.21	1591.3	995.3	-0.19	0.59	0.58	0
音樂公園	3.11	3162.4	158.3	-0.11	0.3	0.18	0
原野公園	1.10	669.6	924.9	0.04	0.21	0.76	0
浮州運動公園	4.12	2881.7	273.6	0.01	0.23	0.23	0
浮洲親民公園	3.20	2403.5	221.3	-0.05	0.27	0.15	0
海光公園	1.23	1535.5	44.2	-0.28	0.26	0.22	0
留公公園	1.56	684.7	313.6	-0.13	0.34	0.30	0
馬公公園	1.34	250.3	500.3	-0.11	0.4	0.34	0
國父紀念館	13.37	1170.2	1460	-0.11	0.48	0.18	1
國光公園	1.95	3192.5	392	-0.09	0.38	0.67	0
崑崙公園	1.13	1062.2	536.4	-0.1	0.41	0.46	1
清白公園	3.90	163.7	2223.8	0.16	0.2	0.60	0
復興公園	2.64	48	2324.9	-0.16	0.33	0.53	1
景華公園	1.68	266	606.6	-0.14	0.38	0.20	0
紫陽陽光公園	1.58	101.2	1258.2	0.01	0.55	0.57	0
華中公園	1.07	3598.8	12	-0.25	0.47	0.39	0
華江莊敬公園	2.65	2307	1284.2	-0.19	0.26	0.33	0
開元公園	1.37	2345.1	30.3	-0.12	0.32	0.20	0

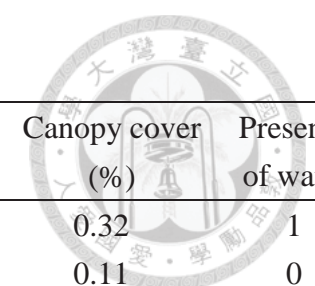


Table 4 (Continued).

Park ID	Area (ha)	Distance to forest (m)	Distance to river (m)	NDVI	Artifact cover (%)	Canopy cover (%)	Presence of water
集賢環保公園	3.69	3400	311.8	-0.26	0.14	0.32	1
圓山公園	11.00	670.8	111.2	-0.09	0.58	0.11	0
新生公園	15.90	818.7	157.9	-0.06	0.27	0.27	1
新板萬坪公園	7.70	2151.2	1094.2	-0.21	0.39	0.11	1
新莊青年公園	8.96	0	2779.8	0.29	0.01	0.99	0
溪北公園	3.11	1398.3	293.3	-0.12	0.43	0.51	1
溪州公園	1.72	977.8	659.6	-0.05	0.4	0.70	0
萬慶公園	1.72	618.1	12.1	0.03	0.17	0.49	0
嘉穗公園	7.05	0	1420.3	0.08	0.18	0.94	0
榮星公園	6.63	1765.3	991.8	-0.02	0.12	0.35	1
碧湖公園	16.30	149.3	1222.9	-0.06	0.04	0.39	1
福林公園	1.50	206.5	344.5	-0.06	0.16	0.43	0
艋舺公園	1.18	4895.8	476.9	-0.33	0.82	0.77	0
劍潭公園	1.07	0	112.6	0.1	0.13	0.77	0
廣福公園	1.34	427.7	1402.8	-0.2	0.74	0.53	0
興隆公園	1.46	70.2	1541.9	-0.05	0.21	0.62	1
錦和運動公園	8.77	181.7	1583.2	-0.02	0.51	0.32	0
頭前運動公園	3.57	4143.7	1003.1	-0.19	0.19	0.29	1
雙溪公園	1.65	212.9	33	-0.05	0.12	0.26	1
蘭雅公園	1.62	254	343.1	0.05	0.19	0.78	0

Table 5 Bird species observed in hundred urban parks. Included specie occurrence park number and its total number.

中文俗名	Species Scientific name	Category	Occurrence park number	Total number
大白鷺	<i>Ardea alba</i>	W	1	2
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i> *	B	51	153
大冠鷺	<i>Spilornis cheela</i>	B	6	8
小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>	W	17	144
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i> *	B	8	22
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i> *	B	7	32
中杜鵑	<i>Cuculus saturatus saturates</i>	B	1	1
五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i> *	B	61	319
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i> *	B	9	29
台灣紫嘯鶇	<i>Myiophoneus insularis</i>	B	4	5
台灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i> *	B	11	46
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i> *	B	46	191
白腹秧雞	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	W	3	5
白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>	M	13	59
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i> *	B	100	1903
灰鶇鶇	<i>Motacilla cinerea</i>	M	3	5
竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	B	2	2
赤腹鶇	<i>Turdus chrysolaus</i>	M	3	9
亞洲輝椋鳥	<i>Aplonis panayensis</i> *	B	7	434
夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>	W	15	100
松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	B	1	1
虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>	M	1	1
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i> *	B	44	105
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i> *	B	94	186
紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	M	12	15
紅冠水雞	<i>Gallinula chloropus</i>	W	7	70
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i> *	B	13	55
紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i> *	B	88	837
家八哥	<i>Acridotheres tristis</i> *	B	57	309
家燕	<i>Hirundo rustica</i> *	B	94	540
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i> *	B	89	466
野鴿	<i>Columba livia</i> *	B	55	1791
麻雀	<i>Passer montanus</i> *	B	87	2505
喜鵲	<i>Pica pica</i> *	B	59	215

Table 5 (Continued).

Species		Category	Occurrence park number	Total number
中文俗名	Scientific name			
短翅樹鶯	<i>Cettia diphone</i>	M	2	2
斑點鶇	<i>Turdus naumanni</i>	M	1	1
黃尾鶇	<i>Phoenicurus aureoreus</i>	M	3	3
黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>	M	1	1
黃頭鶯	<i>Bubulcus ibis</i>	W	10	35
黃鶇鶇	<i>Motacilla flava</i>	M	2	3
黃鶇	<i>Oriolus chinensis</i>	B	4	13
黑枕藍鶇	<i>Hypothymis azurea</i>	B	2	10
黑冠麻鶯	<i>Gorsachius melanolophus</i> *	B	35	86
黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i> *	B	19	55
黑鶇	<i>Turdus merula</i>	M	1	1
綠鳩	<i>Treron sieboldi</i>	B	1	1
綠頭鴨	<i>Anas platyrhynchos</i>	I	1	2
綠繡眼	<i>Zosterops japonicas</i> *	B	99	2430
翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>	O	7	9
蒼鶯	<i>Ardea cinerea</i>	W	1	1
鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	B	4	4
樹鶇	<i>Dendrocitta formosae</i> *	B	81	605
頭烏線	<i>Alcippe brunnea</i>	B	1	1
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	B	2	16
鶇鶇	<i>Copsychus saularis</i> *	B	40	104

*24 species that take into analysis in this study.

*Category: W-wading birds; I-introduced species; B-terrestrial breeding birds; M-migratory; O-others

Table 6 Bird communities composition of 100 urban parks. Included number of species, bird density, and diversity index. Average and Standard deviation is at the bottom of the table.

Park ID	Number of species	Bird density (ind./ha)	Diversity index
二二八紀念公園	14	12.46	2.16
八二三紀念公園	15	9.90	1.96
八德公園	10	9.60	1.82
三民公園	11	25.95	1.99
三張公園	8	14.15	1.76
大公雞公園	12	16.02	2.17
大同公園	5	13.07	1.06
大安森林公園	16	2.99	2.22
大湖公園	16	5.48	2.30
大豐公園	14	15.28	2.46
中平公園	8	9.97	1.74
中正紀念堂	18	14.66	1.88
中研公園	12	15.87	2.15
中強公園	9	3.55	1.85
中興公園	7	2.76	1.76
丹鳳公園	13	24.26	2.27
五權公園	11	22.63	2.16
天母公園	12	10.19	2.00
天和公園	11	17.61	2.15
太平運動公園	9	12.67	1.97
木柵公園	15	10.41	2.33
水碓觀景公園	8	3.27	1.70
北安公園	10	23.79	1.59
北投公園	10	8.95	1.86
台大醉月湖	14	20.36	1.54
臺北植物園	15	11.49	2.13
四維公園	10	30.53	1.76
市民廣場	11	8.77	2.23
民生公園	12	18.85	2.06
民權公園	11	10.29	1.98
玉成公園	14	8.83	2.12
玉泉公園	11	10.36	2.12
石牌公園	13	27.50	1.77

Table 6 (Continued)

Park ID	Number of species	Bird density (ind./ha)	Diversity index
名山公園	13	29.17	2.26
安邦公園	11	27.58	1.80
立農公園	13	50.43	1.26
安康森林公園	9	2.62	1.86
汐止公園	11	60.30	0.57
自強公園	11	14.79	1.70
至善公園	15	10.07	2.29
志成公園	13	14.66	2.11
和平公園	10	8.42	1.76
忠誠公園	14	14.10	2.38
承德公園	8	15.11	1.85
明水公園	12	20.04	1.98
明德公園	10	20.19	1.83
東華公園	13	18.90	1.96
板橋民生公園	8	14.68	1.70
林森公園	14	11.94	2.11
玫瑰公園	9	15.62	2.04
社子公園	11	36.41	1.83
芝山公園	15	6.37	2.06
青年公園	16	5.59	2.17
前港公園	10	10.15	1.92
南港公園	15	3.23	2.16
建成公園	9	31.03	1.36
後山埤公園	15	6.11	2.28
思賢公園	11	17.51	2.06
美崙公園	16	8.17	2.41
美術公園	17	6.16	2.00
胡適公園	8	10.69	1.68
重陽公園	9	16.06	1.79
重慶公園	11	37.60	1.76
音樂公園	10	9.65	1.84
原野公園	9	18.18	1.59
浮洲運動公園	11	15.13	1.61
浮洲親民公園	13	14.38	2.07
海光公園	6	12.76	1.47

Table 6 (Continued)

Park ID	Number of species	Bird density (ind./ha)	Diversity index
馬公公園	7	9.45	1.58
國父紀念館	14	12.49	1.79
留公公園	13	20.94	2.21
國光公園	11	17.47	2.09
崑崙公園	9	12.40	1.94
清白公園	12	5.38	2.11
復興公園	10	9.22	1.77
景華公園	10	20.83	1.70
紫陽陽光公園	8	5.92	1.82
華中公園	7	7.16	1.73
華江莊敬公園	8	14.82	1.84
開元公園	11	12.17	1.92
集賢環保公園	13	10.03	2.06
圓山公園	14	6.70	2.12
新生公園	18	7.67	2.30
新板萬坪公園	12	4.89	2.06
新莊青年公園	9	3.83	2.05
溪北公園	14	15.44	2.24
溪州公園	9	16.23	1.92
萬慶公園	15	20.98	2.45
嘉穗公園	10	7.24	1.78
榮星公園	16	13.53	2.04
碧湖公園	12	3.64	1.94
福林公園	16	21.31	2.47
艋舺公園	6	35.65	0.67
劍潭公園	8	6.23	1.90
廣福公園	11	26.85	2.12
興隆公園	12	22.82	2.15
錦和運動公園	12	6.61	1.95
頭前運動公園	11	10.46	2.11
雙溪公園	14	23.22	2.10
蘭雅公園	10	13.15	1.91
平均值	11.5	14.9	1.93
標準差	2.8	9.8	0.32

Table 7 Classification of food guilds of 24 bird species analyzed in the 100 urban parks in this study.

Species		Occurrence Park number	Total number
Insectivore (I)			
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	51	153
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	94	540
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	87	186
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	8	22
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	7	32
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	99	2430
麻雀	<i>Passer montanus</i>	87	2505
Frugivore (F)			
亞洲輝椋鳥	<i>Aplonis panayensis</i>	7	434
紅嘴黑鵯	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	88	837
五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i>	61	319
Granivore (G)			
野鴿	<i>Columba livia</i>	55	1791
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>	89	466
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	44	105
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	13	55
Omnivore (O)			
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	9	29
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>	46	191
家八哥	<i>Acridotheres tristis</i>	57	309
鵲鴿	<i>Copsychus saularis</i>	40	104
樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	81	605
黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	19	55
喜鵲	<i>Pica pica</i>	59	215
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	100	1903
台灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i>	11	46
Others			
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>	35	86

Table 8 Classification of habitat guilds of 24 bird species analyzed in the 100 urban parks in this study.

Species		Occurrence Park number	Total number
Generalist (Gn)			
八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	9	29
白尾八哥	<i>Acridotheres javanicus</i>	46	191
家八哥	<i>Acridotheres tristis</i>	57	309
野鴿	<i>Columba livia</i>	55	1791
鵲鴿	<i>Copsychus saularis</i>	40	104
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	51	153
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>	35	86
黑領椋鳥	<i>Gracupica nigricollis</i>	19	55
麻雀	<i>Passer montanus</i>	87	2505
喜鵲	<i>Pica pica</i>	59	215
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia Chinensis</i>	89	466
金背鳩	<i>Streptopelia orientalis</i>	44	105
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>	13	55
Woodland Bird (tr)			
亞洲輝椋鳥	<i>Aplonis panayensis</i>	7	434
樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	81	605
紅嘴黑鵯	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	88	837
五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i>	61	319
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	100	1903
台灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i>	11	46
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>	99	2430
Shrub Bird (S)			
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	8	22
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	7	32
Others			
家燕	<i>Hirundo rustica</i>	94	540
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>	87	186

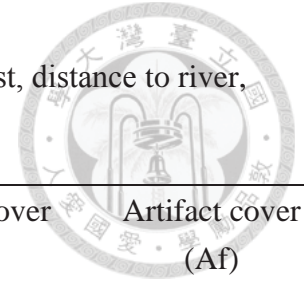


Table 9 Spearman's correlation matrix among variables included in analyses of the effects of park area, distance to forest, distance to river, NDVI, canopy cover, and artifact cover on breeding terrestrial bird communities in parks of Taipei Basin in 2013-2014

Variables	Park area (A)	Distance to forest (DF)	Distance to river (DR)	NDVI (N)	Canopy cover (C)	Artifact cover (Af)
Park area (A)	1.000					
Distance to forest (DF)	-0.071	1.000				
Distance to river (DR)	0.223	-0.222	1.000			
NDVI (N)	0.249	-0.452	0.036	1.000		
Canopy cover (C)	-0.133	-0.396	0.189	0.435	1.000	
Artifact cover (Af)	-0.256	0.416	0.004	-0.621	-0.365	1.000

Presence of water body is a categorized variable and is not included in correlation matrix

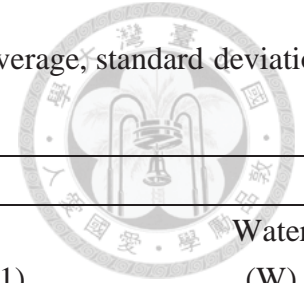


Table 10 Descriptive statistics of seven variables of the 100 urban parks in this study. Included maximum, minimum, average, standard deviation, and the presence of water.

	Variables							Water (W)
	Area (A) (ha)	Distance to forest (DF) (m)	Distance to river (DR) (m)	Artifact cover (Af) (%)	Canopy cover (C) (%)	NDVI (N) (-1~1)		
Maximum	26.01	4895.8	2779.8	82	99	0.32	Presence	35
Minimum	1.01	0	0	0	0	-0.34	Absence	65
Average	4.35	1359.6	831.6	28.1	44.3	-0.05		
Std. dev	5.22	1427.9	636.6	15.7	21.8	0.13		

Std. dev – standard deviation

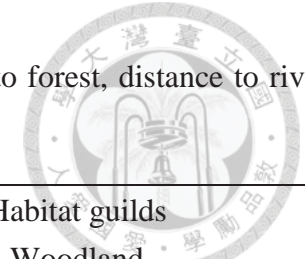


Table 11 Results of regression analysis of species richness (number of species) to area, presence of water, distance to forest, distance to river, artifact cover, canopy cover, and NDVI.

Variables	Total species	Food guilds				Habitat guilds		
		Insectivores	Frugivores	Granivores	Omnivores	Generalists	Woodland birds	Shrub birds
Area (A)	0.01***	0.00*	-	0.01*	0.02**	0.00***	0.01*	-
Water (W)	1.60**	-	-	-	3.43**	1.17**	-	-
Dist._F (DF)	-	-	-	-	-	-	-0.03**	-
Dist._R (DR)	-0.15*	-	-	-	-0.08*	-0.05***	0.05*	-
Artifact cover (Af)	-3.81*	-	-	-	-	-	-1.93***	-
Canopy cover (C)	-3.72**	-	-	-	-2.16**	-3.55***	-	-
NDVI (N)	-	-	-	-	-	-	1.82*	-
R ²	0.53	0.31	NA	0.18	0.41	0.47	0.58	NA

Values for the variables are estimated regression coefficient; levels of significance denote the effects of variables on number of species
 *p<0.05 (significant) ; **p<0.01 (highly significant) ; ***p<0.001 (extremely significant)

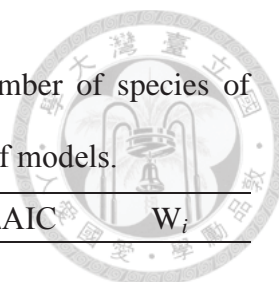


Table 12 Model Selection for identifying factors that affected number of species of urban parks. Model with $\Delta AIC < 2$ were selected as the best subset of models.

Model	Model ID	AIC	ΔAIC	W_i
Total species				
TR~Af+C+N+DR+A+W	TR1	432.45	0	0.38
TR~Af+C+DR+A+W	TR2	434.04	1.59	0.17
Feeding guilds				
Insectivore (I)				
IR~DF+DR+A	IR1	247.8	0	0.07
Omnivore (O)				
OR~Af+C+DR+A+W	OR1	329.47	0	0.21
OR~Af+C+N+DR+A+W	OR2	330.24	0.78	0.14
OR~Af+C+A+W	OR3	331.03	1.56	0.1
Habitat guilds				
Generalists (Gn)				
GnR~Af+C+DR+A+W	GR1	403.33	0	0.26
GnR~C+N+DR+A+W	GR2	404.07	0.74	0.18
GnR~C+DR+A+W	GR3	404.11	0.79	0.18
GnR~Af+C+N+DR+A+W	GR4	404.94	1.61	0.12
Woodland birds (tr)				
trR~Af+DF+N+DR+A+W	trR1	231.58	0	0.34
trR~Af+DF+N+DR+A	trR2	233	1.42	0.17

TR – total richness ; IR – insectivore richness ; OR – omnivore richness ; GnR – generalists richness ; trR – woodland bird richness (tree bird richness)

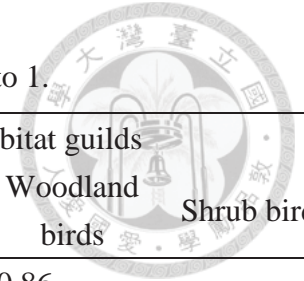


Table 13 Relative importance for identifying factors that affected number of species of urban parks. Values are from 0 to 1.

Variables	Total species	Food guilds				Habitat guilds		
		Insectivores	Frugivores	Granivores	Omnivores	Generalists	Woodland birds	Shrub birds
Area (A)	1	0.97	-	1	0.98	1	0.86	-
Water (W)	1	-	-	-	1	0.97	0.71	-
Dist._F (DF)	-	-	-	-	-	-	0.97	-
Dist._R (DR)	0.82	0.71	-	-	0.75	1	0.92	-
Artifact cover (Af)	0.98	0.76	-	-	-	-	1	-
Canopy cover (C)	1	-	-	0.75	0.96	1	-	-
NDVI (N)	-	-	-	-	-	-	0.9	-

Dist_F - Distance to forest ; Dist_R – Distance to river

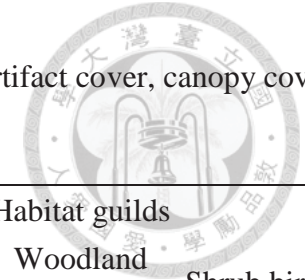


Table 14 Results of regression analysis of bird density to area, presence of water, distance to forest, distance to river, artifact cover, canopy cover, and NDVI.

Variables	Total species	Food guilds				Habitat guilds		
		Insectivores	Frugivores	Granivores	Omnivores	Generalists	Woodland birds	Shrub birds
Area (A)	-0.01***	-0.02***	-0.02***	-	-0.02**	-0.02**	-0.01**	-
Water (W)	-	-	-	-	-	-	-	-
Dist._F (DF)	-	-	-0.02*	-	-	-	-	-
Dist._R (DR)	-0.04*	-0.05.	-	-	-0.05**	-0.07*	-0.03*	-
Artifact cover (Af)	-	-	-	-	-	-	-	-
Canopy cover (C)	-	-	1.27**	-	-	-1.09*	2.94**	-
NDVI (N)	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²	0.33	0.22	0.46	0.12	0.39	0.38	0.37	NA

Values for the variables are estimated regression coefficient; levels of significance denote the effects of variables on number of species
 *p<0.05 (significant) ; **p<0.01 (highly significant) ; ***p<0.001 (extremely significant)

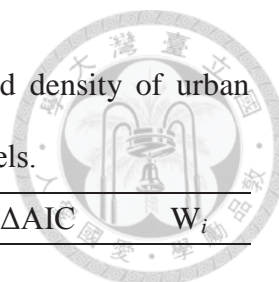


Table 15 Model Selection for identifying factors that affected bird density of urban parks. Model with $\Delta AIC < 2$ were selected as the best subset of models.

Model	Model ID	AIC	ΔAIC	W_i
Total species				
TD~Af+DR+A	TD1	167.37	0	0.14
TD~N+DR+A	TD2	168.66	1.29	0.07
TD~DF+DR+A	TD3	168.72	1.35	0.07
TD~DR+A	TD4	168.95	1.58	0.06
TD~Af+DF+DR+A	TD5	169.11	1.74	0.06
TD~Af+DR+A+W	TD6	169.18	1.81	0.05
TD~Af+N+DR+A	TD7	169.27	1.9	0.05
Feeding guilds				
Insectivore (I)				
ID~DR+A	ID1	231.96	0	0.17
ID~DF+DR+A	ID2	233.07	1.12	0.1
ID~C+DR+A	ID3	233.94	1.98	0.06
Frugivore (F)				
FD~C+DF+N+A+W	FD1	187.43	0	0.15
FD~C+DF+A+W	FD2	187.54	0.11	0.14
FD~C+DF+A	FD3	188.39	0.96	0.09
FD~Af+C+DF+A+W	FD4	188.4	0.97	0.09
FD~C+DF+N+A	FD5	189.05	1.62	0.07
FD~Af+C+DF+A+W	FD6	189.15	1.72	0.06
FD~C+DF+DR+A+W	FD7	189.2	1.77	0.06
Omnivore (O)				
OD~N+DR+A	OD1	174.09	0	0.19
OD~DF+N+DR+A	OD2	175.1	1	0.11
OD~Af+N+DR+A	OD3	175.89	1.8	0.08

TR – total richness ; IR – insectivore richness ; FR – frugivore richness ; OR – omnivore richness ; GnR – generalists richness ; tR – tree bird richness

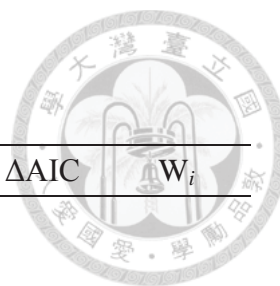


Table 15 (Continued)

Model	Model ID	AIC	ΔAIC	W_i
Habitat guilds				
Generalists (Gn)				
GD~C+DF+N+DR+A	GD1	274.55	0	0.14
GD~C+DF+DR+A	GD2	275.25	0.7	0.1
GD~C+N+DR+A	GD3	275.5	0.95	0.09
GD~Af+C+DF+DR+A	GD4	276.04	1.5	0.07
GD~C+DF+N+DR+A+W	GD5	276.34	1.8	0.06
GD~C+DF+N+DR+A+W	GD6	276.38	1.84	0.06
GD~Af+C+N+DR+A	GD7	276.47	1.92	0.05
Woodland birds (tr)				
trRD~C+DR+A	tD1	152.11	0	0.17
trRD~C+DF+DR+A	tD2	153.04	0.93	0.1
trRD~C+DR+A+W	tD3	153.33	1.22	0.09
trRD~Af+C+DR+A	tD4	153.94	1.83	0.07

TR – total richness ; IR – insectivore richness ; FR – frugivore richness ; OR – omnivore richness ; GnR – generalists richness ; tR – tree bird richness

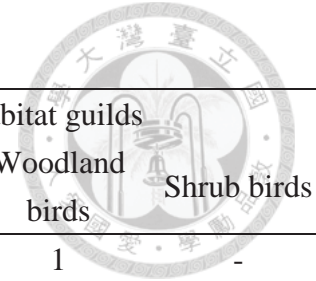


Table 16 Relative importance for identifying factors that affected bird density of urban parks. Values are from 0 to 1.

Variables	Total species	Food guilds				Habitat guilds		
		Insectivores	Frugivores	Granivores	Omnivores	Generalists	Woodland birds	Shrub birds
Area (A)	1	1	1	-	1	0.99	1	-
Water (W)	0.28	0.23	0.68	-	0.23	0.28	0.32	-
Dist._F (DF)	0.37	0.36	0.94	-	0.44	0.71	0.35	-
Dist._R (DR)	0.95	0.82	0.27	-	0.96	0.86	0.76	-
Artifact cover (Af)	0.5	0.23	0.33	-	0.32	0.38	0.3	-
Canopy cover (C)	0.25	0.26	1	-	0.25	0.9	0.98	-
NDVI (N)	0.33	0.23	0.47	-	0.78	0.64	0.24	-

Dist_F - Distance to forest ; Dist_R – Distance to river

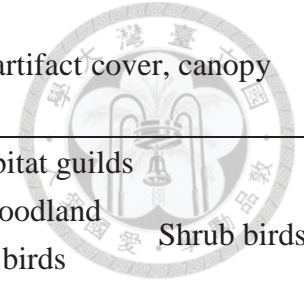


Table 17 Results of regression analysis of bird diversity to area, presence of water, distance to forest, distance to river, artifact cover, canopy cover, and NDVI.

Variables	Total species	Food guilds				Generalists	Habitat guilds	
		Insectivores	Frugivores	Granivores	Omnivores		Woodland birds	Shrub birds
Area (A)	-	-	-	-	-	-	-	-
Water (W)	2.5*	-	-	-	0.56*	2.03*	0.41*	-
Dist._F (DF)	-	-	-	-	-	-	-0.04***	-
Dist._R (DR)	-	-	-	-	-	-0.07*	-	-
Artifact cover (Af)	-7.28*	-	-	-	-	-1.56*	-1.40**	-
Canopy cover (C)	-	-	-	-	-1.59**	-	-	-
NDVI (N)	-	-	-	-	-	-	2.06**	-
R ²	0.25	0.19	NA	NA	0.23	0.24	0.6	NA

Values for the variables are estimated regression coefficient; levels of significance denote the effects of variables on number of species

*p<0.05 (significant) ; **p<0.01 (highly significant) ; ***p<0.001 (extremely significant)

Table 18 Model Selection for identifying factors that affected bird diversity of urban parks. Model with $\Delta AIC < 2$ were selected as the best subset of models.

模型選擇	Model ID	AIC	ΔAIC	W_i
Total species				
Tdi~Af+C+N+W	Tdi1	577.1	0	0.13
Tdi~Af+C+W	Tdi2	577.39	0.29	0.11
Tdi~Af+C+N+DR+W	Tdi3	577.93	0.83	0.09
Tdi~Af+C+DR+W	Tdi4	578.59	1.49	0.06
Feeding guilds				
Insectivore (I)				
Idi~DF+N+DR+A	Idi1	107.49	0	0.06
Idi~N+DR+A	Idi2	107.64	0.15	0.06
Idi~DF+DR+A	Idi3	107.92	0.44	0.05
Idi~Af+DF+DR+A	Idi4	108.97	1.48	0.03
Idi~N+DR+A+W	Idi5	109.04	1.55	0.03
Idi~DF+N+DR+A+W	Idi6	109.29	1.8	0.03
Omnivore (O)				
Odi~Af+C+W	Odi1	9.96	0	0.1
Odi~Af+C+DR+W	Odi2	10.46	0.5	0.08
Odi~Af+C+N+DR+W	Odi3	10.64	0.68	0.07
Odi~C+N+DR+W	Odi4	11.02	1.06	0.06
Odi~Af+C+A+W	Odi5	11.72	1.76	0.04
Odi~Af+C+N+A+W	Odi6	11.8	1.84	0.04
Odi~C+N+W	Odi7	11.85	1.89	0.04
Habitat guilds				
Generalists (Gn)				
Gndi~Af+C+DR+W	Gndi1	271.85	0	0.18
Gndi~Af+DR+W	Gndi2	272.44	0.6	0.13
Gndi~Af+C+N+DR+W	Gndi3	273.31	1.46	0.09
Woodland birds (tr)				
trRdi~Af+DF+N+DR+W	trRdi1	-46.66	0	0.37
trRdi~Af+DF+N+DR+A+W	trRdi2	-45.1	1.56	0.17

TR – total richness ; IR – insectivore richness ; FR – frugivore richness ; OR – omnivore richness ; GnR – generalists richness ; trR – Woodland bird richness (tree bird richness)

Table 19 Relative importance for identifying factors that affected bird diversity of urban parks. Values are from 0 to 1.

Variables	Total species	Food guilds				Generalists	Habitat guilds	
		Insectivores	Frugivores	Granivores	Omnivores		Woodland birds	Shrub birds
Area (A)	0.27	0.77	-	-	0.27	0.27	0.35	-
Water (W)	0.97	0.34	-	-	0.93	0.97	0.98	-
Dist._F (DF)	0.25	0.51	-	-	0.3	0.24	1	-
Dist._R (DR)	0.44	0.63	-	-	0.49	0.95	0.72	-
Artifact cover (Af)	0.96	0.4	-	-	0.72	0.9	0.98	-
Canopy cover (C)	0.75	0.4	-	-	0.97	0.57	0.23	-
NDVI (N)	0.51	0.73	-	-	0.54	0.34	1	-

Dist_F - Distance to forest ; Dist_R – Distance to river