科技部補助專題研究計畫成果報告
期末報告

因應氣候變遷之都市氣候策略對都市發展影響評估模式建立之研究

計 畫 類 別 ： 個別型計畫
計 畫 編 號 ： MOST 103-2410-H-004-188-
執 行 期 間 ： 103年08月01日至104年07月31日
執 行 單 位 ： 國立政治大學地政學系

計畫主持人： 劉小蘭

計畫參與人員： 碩士班研究生-兼任助理人員：張誌嘉
碩士班研究生-兼任助理人員：林欣樺
博士班研究生-兼任助理人員：沈育生

處 理 方 式 ：
1.公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢
2.「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否
3.「本報告」是否建議提供政府單位施政參考：否

中 華 民 國 104 年 10 月 22 日

中 文 摘 要 ： 本研究為「因應氣候變遷之都市氣候策略對都市發展影響評估模式建立之研究」之第一年計畫。第一年主要是探討土地使用變遷對環境及都市之影響，以作為第二年都市氣候策略研擬對都市發展影響之依據。由於都市發展過程中綠地(包含農地、林地、草地)常被變更為都市發展用地，因此本研究第一年以綠地變遷為例探討其對都市環境之影響，以做為策略研擬之依據。

面對全球氣候變遷與都市化所衍生的各項環境衝擊與威脅，綠地不僅可同時達到減量與調適策略之共益效果，更是實踐永續發展目標的重要方式。然而為極大化綠地規劃的效果，在規劃前須瞭解綠地的變遷趨勢，並瞭解綠地變遷所產生的影響，而在此些影響效果中，因空氣品質及氣候因子為全球氣候變遷與規劃上之關鍵因子，且與居民的生活、健康息息相關，故兩者與綠地變遷間的影響關係，極須釐清與重視。因此，本文以此為探討主題，並以台北都會區為實證案例，透過空間分析技術與景觀生態指數的分析，瞭解台北都會區中綠地空間結構與變遷狀態，另藉由偏最小平方法的實證，找出綠地變遷對微氣候及空氣汙染變化所產生的影響；並藉由二元羅吉斯迴歸模型的實證，釐清影響綠地變遷的關鍵影響因素。作為綠地空間規劃或綠地計畫研擬之參考。

本文實證結果顯示，1995~2007年間，台北都會區減少1.19%的綠地面積，但仍有93.19%的綠地維持原用。而以綠地所擔負的功能面向來看，雖有部分綠地轉作他用，但因有自水體及裸露地增加綠地面積，故綠地尚能維持其原有功能。另外，景觀生態指數分析結果中，綠地在整體景觀格局中仍佔很大比重。而郊區大面積綠地因自然增加或造林等措施，使其連接度、面積、空間聚集性皆提升，破碎化減低，且形狀更趨複雜，至於核心區或計劃發展地區及其周邊，因密集地都市建設與土地開發，使得綠地有嚴重破碎化、分散化，並使綠地的連接度與面積趨減。

在綠地變遷影響效果之實證結果中，顯示綠地變遷會對空氣汙染程度與微氣候(氣溫、降雨量)變遷造成影響，其中，綠地整體變化、綠地聚集度變化、綠地面積規模變化、最大綠地比例變化，皆會負向影響空氣汙染變化與氣溫變化；而綠地破碎度變化、綠地近鄰性變化，皆會正向影響空氣汙染變化，另僅綠地破碎度變化會正向影響氣溫變化；另外，綠地整體變化與綠地面積規模變化皆負向影響降雨型態變化，而綠地破碎度變化則正向影響降雨型態變化。另外，亦顯示空氣汙染變化對氣溫變化存在負向影響關係，表示空氣汙染物質的直接與間接冷卻作用強於增溫作用；而空氣汙染變化物質愈趨多，會減少小雨降雨日數與年降雨量，亦會增加未降雨日數。

中 文 關 鍵 詞 ： 綠地變遷、空氣汙染、微氣候、景觀生態指數、偏最小平方法

英 文 摘 要 ：

英 文 關 鍵 詞 ：

一、前言

土地使用[1]與地表覆蓋[2]的變遷可反應人類各項地表活動的類別強度及分佈的改變趨勢，其與全球環境變遷構成一系統動態過程(Turner et al., 1995)，並與全球氣候變遷產生相互影響。

全球氣候變遷的威脅與危害，近年來逐漸顯著化，而各國無不重視之。該威脅涵括降水型態改變、海平面上升、極端氣候事件(如熱浪、暴雨)的強度與頻率升高、傳染病擴散、糧食安全、表層海水酸化、水資源與生態系統質損、經濟社會巨變、因資源爭奪引起的衝突等等(IPCC, 2007)。而台灣受到全球氣候變遷的影響，對於環境、生態系統、資源使用、居民健康與安全等，亦產生程度不一的威脅與危害。

面對此等威脅，其因應對策主要歸納成兩類，分別是減緩(mitigation)與調適(adaptation)。前者強調去除造成氣候變遷之成因，藉此減緩氣候變遷問題的發生速度或規模，亦即以人為干預的方式減少溫室氣體之排放源，或是強化溫室氣體的吸存，屬於由根源處理的措施(Adger et al., 2007；IPCC, 2007)，而目前該策略是針對特定部門(如能源、產業、交通、住商等等)進行溫室氣體排放的減量；後者則是對氣候變遷所產生之結果作出調整與回應，藉此緩和氣候變遷所導致的傷害或創造有利的契機(Gupta, et al., 2007；IPCC, 2007)，而目前該策略係針對整個社會經濟面向(包含土地使用、水資源、公共衛生及公共建設等)進行全面性調整。然上述兩種策略在政策執行與行政資源固定下，常存在競爭與衝突(Tol, 2005；Hunt and Watkiss, 2011)，惟有在少數特殊狀況下，減量與調適策略才存在共益的效果，如植生林木、綠地發展與管理等等。

本文所界定的綠地，係指綠地是植栽覆蓋的開放空間(Ahern,1991；Flores et al., 1998)，除能穩定維持植物生長，亦能提供物種族群生活棲息之用(Linehan et al., 1995)，並具有生態保育、景觀、遊憩、防災等功能(Flores et al., 1998；郭瓊瑩，2003)。

而綠地是半自然地區(Jim and Chen, 2003)，在環境上，具有降低噪音[3](Fang and Ling, 2003)、減少碳排放[4]與淨化空氣[5](Beatley, 2000；Jo, 2002；Yang et al., 2005；Pauleit et al., 2007)、涵養水源及土壤(Pauleit and Duhme, 2000；Miller and

---

[1].係指人類有目的地開發土地資源的一切活動。

[2].係指地表自然形成或人為引起的覆蓋狀態。

[3].因綠地中的植栽對聲音具有吸收、反射、折射及偏向之作用(洪得娟，1997)，故綠地具有降低與控制噪音之功能。

[4].因綠地中的植栽可吸收空氣中的二氧化碳，將有機碳轉化為生物能用以成長，並以氧的形式排出，故綠地可藉由植物的碳隔離與儲存來減少大氣中之二氧化碳量(Younger et al., 2008)。

[5].因綠地中植栽可將空氣中的汙染物過濾、稀釋，使綠地具有調節與淨化空氣之效(洪得娟，1997)。

Spoolman, 2008)、調整微氣候與減緩高溫[6](Shin and Lee, 2005；Pauleit et al., 2007；Herb et al., 2008；Leuzinger et al., 2010)等機能；在生態上，具有回復地力與保護生態敏感地(王秀娟，2002；郭瓊瑩，2003)，以及提供生物棲息、覓食與遷移的空間(Song et al., 2005；Mathieu et al., 2007)、穩定生態環境系統(Whitford et al., 2001)等機能；在景觀上，具有阻隔及緩衝相衝突土地使用(洪得娟，1997)、提升地區環境美質與意象(王秀娟，2002；郭瓊瑩，2003)等機能；在社會文化上，具有凝塑環境文化共識與強化地方認同感(王秀娟，2002；郭瓊瑩，2003)、提供環境教育(王秀娟，2002；郭瓊瑩，2003；林明瑞與葉茂森，2005)，以及休憩活動與文化交流(Coley et al., 1997；Thompson, 2002；Chiesura, 2004)等機能；在健康上，具有降低心理壓力負荷、獲得滿意度與幸福感(Grahn and Stigsdotter, 2003；De Vries et al., 2003；Gobster and Westphal, 2004)等機能；在防災上，具有降低自然災害(如地震、火災、洪泛)之影響[7]，並可供災民集中以及避難、救災、救援、復舊所需之空間或災後清理廢棄物時之收集轉運站等機能(何明錦等，2000；郭瓊瑩與王秀娟，2000；王秀娟，2002；郭瓊瑩，2003)。因此，綠地不僅是解決氣候變遷的關鍵作為，亦可導正過度都市化問題，使都市能達到環境、社會、生態均衡發展的永續境界。

綠地發展與規劃，除可同時達到減量與調適的策略效果外，其發展變遷會對空氣品質、生物棲地、生物多樣性、水文(Pauleit et al., 2005；Whitford et al., 2001)、土壤性質(Meyer and Turner, 1992)、區域與全球氣候(Whitford et al., 2001；Kalnay and Cai, 2003；Pauleit et al., 2005；Findell et al., 2007)、碳儲存(Whitford et al., 2001)造成影響，其中又以對空氣品質與氣候的影響最為重要，故其間之影響關係實為關鍵且亟需深入研究。

國內在綠地相關的研究上，目前雖已有相當豐碩之成果，但以往研究，在議題上，多聚焦於綠地環境建設與管理(王秀娟，1999；吳振發與詹士樑，2003；陳玉清與林晏州，2003)、綠地價值與功能的探討及評估(李素馨與張淑貞，1997；許明禎與林晏州，2001；王小璘與曾詠宜，2003；林晏州與陳玉清，2004；陳章瑞與宋維真，2007；葛兆年等，2008；江彥政等，2011；江彥政等，2012)、綠地空間分布(林裕彬與鄧東波，2001；林寶秀與林晏州，2001；桂家悌與歐聖榮，2002；張效通與陳志豪，2009)等層面之探討，甚少針對綠地結構變遷與其影響效果進行探討，亦未曾綜合地分析其整體影響效果；此外，在分析的空間尺度上，多侷限於都市或社區尺度，甚少以都會區或更大的尺度進行研究，然綠地多為跨界發展，實應以都會區或更大尺度進行分析，方能產生更具信效度之研究成果。

都會區範圍內的綠地，因具有許多機能，故其發展與規劃，是解決氣候變遷

[6].因綠地中植栽本身的蒸散、水涵養、樹冠的遮蔭等降溫作用，使綠地具冷蔭效果，並具有調整微氣候與減緩都市熱島之功能(Whitford et al., 2001)。

[7].如發生火災，綠地或綠帶可形成阻斷延燒之防火帶，減緩火災之災情；或如豪雨時，綠地可降低地表之瞬間逕流量，減緩洪泛之災損。

與範圍內都市成長擴張所衍生各項環境衝擊，以及實踐永續發展目標的重要方式。但因都會區範圍中，各都市的發展程度與速度不一，使得綠地被轉用或破壞的程度亦有所不同，進而造成綠地整體上之分布與變遷之不同，為有效發揮綠地規劃之效果，在規劃前須先瞭解綠地變遷趨勢，並瞭解綠地變遷所產生的影響。另外，空氣品質及氣候因子在全球氣候變遷下變化劇烈，然其與居民的生活、健康息息相關，且為規劃考量的關鍵因子，故兩者與綠地變遷的影響關係，須特別加以關注與瞭解。故綜合上述，本文以綠地變遷對微氣候及空氣汙染變化之影響為探討主題，並以國內發展速度最快，且發展程度最高的台北都會區作為實證地區，透過空間分析技術與景觀生態指數的分析，瞭解台北都會區中綠地空間結構與變遷狀態，另藉由偏最小平方法的實證，找出綠地變遷對微氣候及空氣汙染變化所產生的影響，以作為綠地空間規劃或綠地計畫研擬之參考。

本文分為五部分，在本段敘述研究動機、目的、內容後，第二段進一步針對氣候變遷之影響、衝擊與對策，綠地之定位、界定與分類，以及綠地發展變遷之意涵與影響，第三段則詳述研究設計之內容，包括分析架構、分析方法及指標變項設定與假說研提，第四段則以台北都會區為實證地區，說明樣本資料，以及綠地變遷趨勢與其影響效果之分析結果，並進行政策探討，最後，提出本文之結論與建議。

二、研究設計

(一)分析架構

本文針對綠地變遷趨勢及其影響效果進行分析與探討，其分析架構(詳如圖1)中各步驟之內容包括：1.綠地範疇與空間範圍之界定－界定綠地之研究內容，並決定欲進行實證分析的地理空間範圍；2.研究設計－根據研究主題與目的，選定分析方法、研提假說關係，以及決定衡量指標與變數；3.資料整理及轉換－蒐集相關圖檔及二手資料，利用空間分析技術，從 1995 年與 2007 年國土利用調查圖資中，擷取與整理實證地區的資料，另依研究所需，將都會區內各行政區的土地利用型態重新作分類；此外，利用空間分析技術中的克利金法，內插及整理都會區內各行政區微氣候與空氣汙染資料，以作為後續分析探討之用；4.綠地變遷趨勢分析－先藉由空間分析技術中網格的計算，瞭解都會區內綠地的變遷狀態，以及不同土地利用間之移轉情形；再透過景觀生態指數分析，了解其綠地空間結構特徵與組成的變化情形；5.綠地變遷對微氣候及空氣汙染影響效果之分析－利用偏最小平方法，分析綠地變遷對微氣候及空氣汙染變遷的影響效果，嘗試找出其關鍵的影響效果；6.政策建議－根據上述實證分析結果，研擬相對應的政策及改善建議。

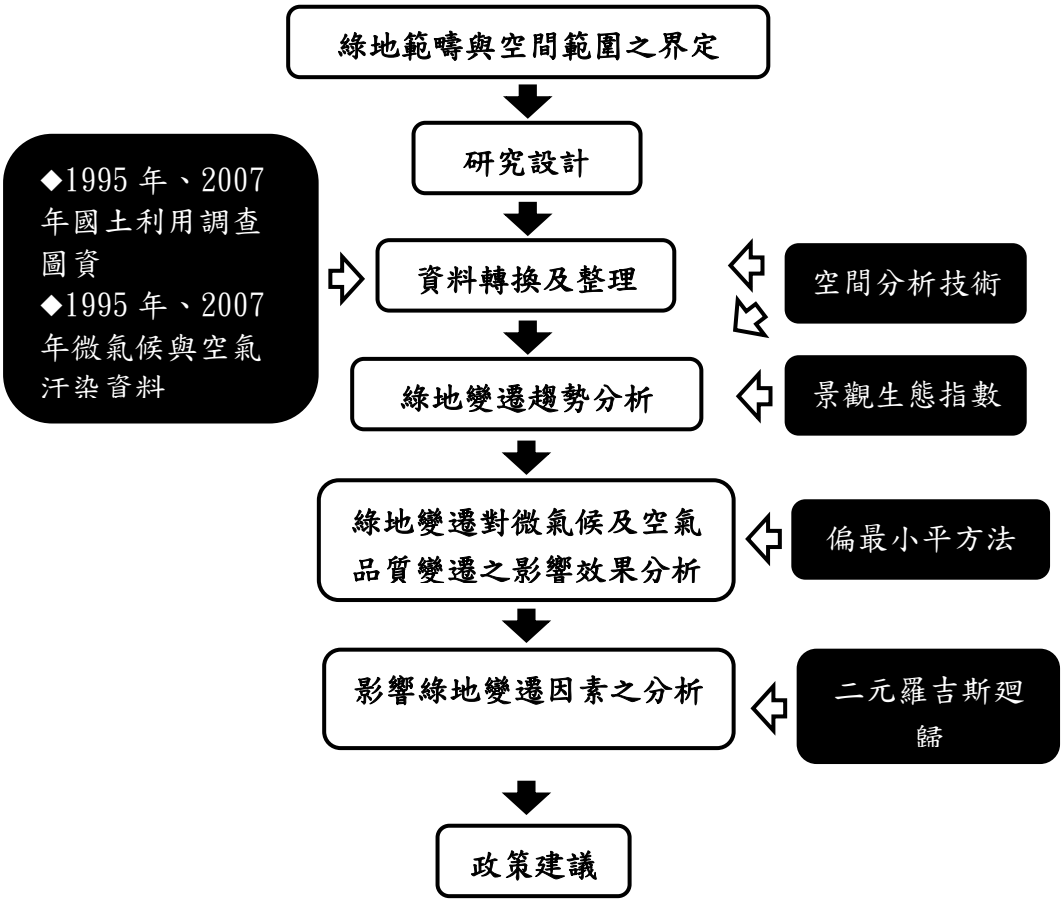

圖 1　研究分析架構圖

(二)分析方法

1.空間分析技術[8]

空間分析係指透過幾何關係、拓撲關係與屬性特徵等分析，進行事件分佈與關係探討之技術，其可針對點、線、面的定位(位置)、分佈範圍、關係與變遷進行剖析，而分析之內容則涵蓋空間資料轉換與製作、地圖呈現、探索性資料分析、空間統計與模擬分析等部分(Fotheringham and Rogerson, 1994；Fischer and Getis, 2010)。

本文在空間分析上，是透過地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)進行空間資料整理與轉換、變遷分析與地圖呈現。其中，在空間資料整理與轉換方面，是根據研究目的與空間範圍，從 1995 年與 2007 年國土利用調查的圖資中，整理出台北都會區的空間圖層資料，將土地類型重新作分類，並將資料形態由向量轉換為網格；此外，利用通用克利金法(Universal Kriging)，針對台北都會區內各行政區微氣候與空氣汙染資料進行內插與整彙。在變遷分析方面，則是計算台北都會區整體與其範圍內各行政區中，各種土地利用型態在 1995 年到 2007 年間之移轉網格數，以此製成土地利用移轉矩陣，藉此瞭解綠地變遷趨勢，

[8].本文空間分析技術所使用的軟體以地理資訊系統為主。

以及與其他各類土地間之移轉狀態。另外，在地圖呈現方面，則是將綠地變遷狀態以圖示作呈現。

2.景觀生態指數

景觀生態指數(Landscape ecological metrics)分析是景觀生態學[9]中一項景觀分析的方法，可量測並描述嵌塊體、某類別的嵌塊體，或整個地景的空間結構(Leitão et al., 2006)，是能反映地景結構組成[10]和空間配置[11]特徵的定量指標。

本文利用景觀生態指數，分析 1995 與 2007 年台北都會區綠地的空間結構狀態，以及 1995~2007 年間綠地空間結構的變化情形。

3.偏最小平方法

偏最小平方法(Partial Least Squares, PLS)的概念由 Wold 所提出，其可應用於潛在概念的結構方程模型上，異於以共變數為基礎的分析方式[12]，PLS 是以變異數/成份為基礎的分析方式，亦即最大化自變項所解釋的依變項變異量。PLS 模式包含反應潛在變項間關係的結構部份(structural model）、顯示潛在變項與其指標間關聯的測量部分(measurement model)，以及用來估計潛在變項個案值(case value)的權重關係(Chin and Newsted, 1999)。

由於 PLS 適用於小樣本分析，並具有可同時處理反應性指標(reflective indicator)和形成性指標(formative indicator)、能處理多個依變數與多個自變數、能處理多變量共線性問題、可強健地處理干擾資料及遺失值、有很強的預測能力、不受資料分配的限制等特性(Pirouz, 2006)，故本文以此法分析綠地變遷對微氣候及空氣汙染影響效果。

另因本文樣本並非十分龐大，故以 Bootstrap 反覆抽樣法(bootstrap resampling method)反覆抽取 10,000 個樣本，以之作為參數估計與推論來源。而 Bootstrap 反覆抽樣法係 Efron (1979)所提出之無母數統計方法，是採放回後再抽樣的反覆抽樣過程，藉此估計統計量分配，即使樣本過小，也能經過 resampling 方式精確估計。

(三)指標變項設定與假說研提

本文實證的內容包括綠地變遷趨勢及其對微氣候與空氣汙染的影響效果分析，以及影響綠地變遷因素之分析，以下分別就這三部份的指標變項設定與假說研提進行說明：

1.綠地變遷趨勢分析

分析綠地變遷趨勢所採用的指標，以景觀生態指數為主。景觀生態指數在分

---

[9].景觀生態學強調空間格局、生態過程與尺度的相互作用，研究內含包括景觀的結構、功能、變化與管理(Leitão et al., 2006)。

[10].景觀組成表示景觀中各類型的嵌塊體變化度與豐富度(McGarigal and Mark, 1995)。

[11].空間配置表示嵌塊體的物理分布與空間特徵(McGarigal and Mark, 1995)。

[12].其結構方程模型的分析方式係指「企圖將樣本共變數與理論預測共變數間差距最小化」，如 LISREL。

析與描述地景空間結構時，共分三個層級，分別是嵌塊體層級(patch level)、類別層級(class level)與景觀層級(landscape level)。其中，嵌塊體為網格的總和，而嵌塊體層級的指數則計算單一塊體的特徵，如大小、形狀、最鄰近距離等等；類別是同一種類嵌塊體的總合，而類別層級的指數則計算所有類別的特徵，如總面積、平均嵌塊體大小、聚集程度等等；景觀是區域內所有的嵌塊體或是類別的總合，而景觀層級的指數則計算所有嵌塊體鑲嵌特徵，如嵌塊體類型多樣性、平均嵌塊體大小或聚集程度等等(Leitão et al., 2006)。

因景觀生態指數之衡量指標數量繁雜，且部分指標在解釋上具重複性，基於研究目的之考量，選取表 1 中前 14 項指標進行分析，其公式、單位與衡量目的詳如表 1 所示。

表 1　景觀生態指數之衡量指標整理表(類別層級)

衡量指標	公式	衡量單位	指標內涵與衡量目的
景觀面積百分比(PLAND)	$\left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \Big/ A\right)(100)$ a_{ij}：i 類嵌塊體中第 j 個之面積 A：總景觀面積	%	分析綠地及各次分類土地使用在整體景觀格局的相對重要性。該值越大，表示其為景觀格局中的優勢類別，並使景觀格局較呈現該類別的專屬特性。
嵌塊體數量(NP)	n_i n_i：景觀中第 i 類土地利用類別之嵌塊體數目	個	分析綠地及各次分類土地使用之細分與碎裂程度。該值越高，代表該類土地使用破碎化越嚴重。
嵌塊體密度(PD)	$(n_i / A)(10000)(100)$ n_i、A：定義同上	每 100 公頃之數量	分析綠地及各次分類土地使用之細分與碎裂程度。該值越高，代表該類土地使用破碎化越嚴重。
平均嵌塊體面積(AREA_MN)	$\left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij} \Big/ n_i\right)(\frac{1}{10000})$ a_{ij}、n_i：定義同上	公頃	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體之大小分佈特徵。該值愈大，表示該類嵌塊體平均面積愈大。
面積加權平均嵌塊體面積(AREA_AM)	$\sum_{j=1}^{n}\left[a_{ij}(a_{ij} \Big/ \sum_{j=1}^{n} a_{ij})\right](\frac{1}{10000})$ a_{ij}：定義同上	公頃	分析綠地及各次分類土地使用在面積加權下之平均嵌塊體面積，其用以降低小面積嵌塊體變動所產生的影響，並可與「平均嵌塊體面積」指標作比較。該值愈大，表示該類嵌塊體在面積加權下之平均面積愈大。
最大嵌塊體占景觀面積比例(LPI)	$(MAX(a_{ij}) / A)(100)$ a_{ij}、A：定義同上	%	分析綠地及各次分類土地使用的最大塊區對於整體景觀的組成貢獻，有助於確認景觀格局中的優勢類別。該值越大，表示其為景觀格局中的優勢類別。
平均形狀指數	$\sum_{j=1}^{n}\left(0.25 p_{ij} \Big/ \sqrt{a_{ij}}\right) \Big/ n_i$	-	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體形狀的複雜度。該值愈大，表示形狀愈趨複雜，邊界也愈趨不規

(MSI)	p_{ij}：第 i 類嵌塊體中第 j 個之周長 a_{ij}、n_i：定義同上		則狀。
面積加權平均形狀指數(AWMSI)	$\sum_{j=1}^{n}\left[\left(0.25p_{ij}/\sqrt{a_{ij}}\right)\left(a_{ij}\Big/\sum_{j=1}^{n}a_{ij}\right)\right]$ p_{ij}、a_{ij}：定義同上	-	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體在面積加權下之形狀的複雜度，其用以降低小面積嵌塊體變動所產生的影響，並可與「平均形狀指數」指標作比較。該值愈大，表示該類嵌塊體在面積加權下之形狀愈趨複雜。
平均最鄰近距離(ENN_MN)	$\sum_{j=1}^{n'}h_{ij}\Big/n'_i$ h_{ij}：i 類第 j 個嵌塊體邊緣與最鄰近同類嵌塊體邊緣之距離 n'_i =景觀中 i 類土地利用類別有最鄰近距離之嵌塊體數目	公尺	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體的聚集與分散程度。該值愈大，表示兩嵌塊體相鄰近程度愈低，分散程度愈高。
面積加權平均最鄰近距離(ENN_AM)	$\sum_{j=1}^{n}\left[h_{ij}\left(a_{ij}\Big/\sum_{j=1}^{n}a_{ij}\right)\right]$ h_{ij}、a_{ij}：定義同上	公尺	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體在面積加權下之聚集與分散程度，其用以降低小面積嵌塊體變動所產生的影響，並可與「平均最鄰近距離」指標作比較。該值愈大，表示在面積加權下之兩嵌塊體相鄰近程度愈低，分散程度愈高。
嵌塊體相似鄰近比例(PLADJ)	$\left(g_{ii}\Big/\sum_{k=1}^{m}g_{ik}\right)(100)$ g_{ii}：依 double-count 方法所計算 i 類型嵌塊體與同類嵌塊體毗鄰的網格數。 g_{ik}：依 double-count 方法所計算 i 與 k 類型區塊毗鄰的網格數。	%	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體與同類型嵌塊體的集中程度。該值為 0，表示與同類型嵌塊體最分散，且無與任何同類型嵌塊體相毗鄰；該值愈大，表示與愈多同類型嵌塊體相毗鄰，亦即同類型嵌塊體聚集度愈高。
分離度(SPLIT)	$A^2\Big/\sum_{j=1}^{n}a_{ij}^2$ a_{ij}、A：定義同上	-	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體分離度。該值為 1，表示景觀由單一類型組成；該值愈大，表示同類型嵌塊體面積減少，被細分為更小的嵌塊體。
旋轉半徑指數(GYRATE_MN)	$\sum_{r=1}^{z'}\left(h_{ijr}/z\right)$ h_{ijr}：表網格單元 ijr(在嵌塊體 ij 內)到嵌塊體 ij 中心點(平均位置)的距離(m)，網格單元中心到網格單元中心的距離 z：嵌塊體 ij 中的網格單元數量	公尺	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體的連接度與延展性。該值愈大，表示嵌塊體的連接度愈高。
面積加權旋轉半徑指數(GYRATE_A	$\sum_{j=1}^{n}\left[\sum_{r=1}^{z'}\left(h_{ijr}/z\right)\left(a_{ij}\Big/\sum_{j=1}^{n}a_{ij}\right)\right]$ h_{ijr}、a_{ij}、z：定義同上	公尺	分析綠地及各次分類土地使用嵌塊體在面積加權下之連接度與延展性，其用以加強大面積嵌塊體的影響效果，並可與「旋轉半徑指數」指標作比較。該值愈大，表示在面

M)			積加權下之嵌塊體的連接度愈高。
綠地塊狀指數 (CLUMPY)	$\begin{cases}(G_i - P_i)/(P_i) & for \quad G_i < P_i < 0.5 \\ G_i - P_i/1 - P_i & else\end{cases}$ $G_i = g_{ii} \Big/ \left[\left(\sum_{k=1}^{m} g_{ik}\right) - \min e_i\right]$ P_i：i 類型區塊在地景中佔有的面積比例 $\min e_i$：在一給定網格數下，i 類型區塊呈最緊密狀態時的最小周長 g_{ii}、g_{ik}：定義同上	-	分析綠地嵌塊體與同類型嵌塊體的集中程度。當同類型嵌塊體最分散時，值為-1；隨機散佈時，值為 0；而最集中時，值接近 1。
綠地聚合指數 (AI)	$[g_{ss}/(\max \rightarrow g_{ss})](100)$ g_{ss}：s 類型區塊與同類區塊毗鄰的網格數，依據 single-count 方法 $\max \rightarrow g_{ss}$：s 類型區塊的最大同類毗鄰網格數，依 single-count 方法	%	分析綠地嵌塊體與同類型嵌塊體的集中程度。當同類型嵌塊體最分散時，值為 0；當最集中或聚集成單一型態時，值為 100。

資料來源：整理自 McGarigal and Mark(1995)、Leitão et al.(2006)

2.綠地變遷對微氣候及空氣品質影響效果分析

(1)構面及變數界定

在分析綠地變遷影響效果時，主要是探討綠地利用改變是否會對微氣候變遷及空氣汙染變遷產生影響，且產生的影響的程度為何。

故在變數界定上(見表 2)，分為綠地變遷、空氣汙染變遷與微氣候變遷等 3 個面向，其中，在綠地變遷的面向中，包括綠地整體變化、綠地破碎度變化、綠地聚集度變化、綠地面積規模變化、綠地近鄰性變化與最大綠地比例變化等 6 個構面，而形構各構面的外變項中，除「維持或轉用為綠地之面積變化」是計算不同年度間，維持或轉用為綠地面積的變化率外，其餘皆為不同年度間景觀生態指數的變化率。

另外，在微氣候變遷面向中，則涵蓋降雨型態變化與氣溫變化等 2 個構面，而形構降雨型態變化構面的外變項中，以不同年度間年降雨量、小雨降雨日數、大雨降雨日數與未降雨日數的變化率為主，另形構氣溫變化構面的外變項，則以不同年度間年均溫變化率為主；其中，根據臺灣氣候變遷科學報告(行政院國家科學委員會，2011)與中央氣象局雨量分級界定，以 0.1mm≦日雨量＜1.0 mm 界定為小雨降雨日，以日雨量≧50.0mm 界定為大雨降雨日，以日雨量＜0.1mm 界定為未降雨日。

空氣汙染變遷構面中，其形構的外變項，包括不同年度間各類空氣汙染物質(如二氧化硫、氮氧化物、懸浮微粒、二氧化碳、一氧化氮、二氧化氮)的變化率。

表 2　各構面之量測變數

面向	構面	變項	變項代號
綠地變遷	綠地整體變化	●綠地在整體景觀面積中之比例變化 ●維持或轉用為綠地之面積變化	PLAND WAERA
	綠地破碎度變化	●綠地嵌塊體數量變化 ●綠地嵌塊體密度變化 ●綠地分離度變化	NP PD SPLIT
	綠地聚集度變化	●綠地嵌塊體相似鄰近比例變化 ●綠地塊狀指數變化 ●綠地聚合指數變化	PLADJ CLUMPY AI
	綠地面積規模變化	●綠地平均嵌塊體面積變化 ●綠地面積加權平均嵌塊體面積變化	AREA-MN AREA-AM
	綠地近鄰性變化	●綠地嵌塊體間平均最鄰近距離變化 ●綠地嵌塊體間面積加權平均最鄰近距離變化	ENN-MN ENN-AM
	最大綠地比例變化	●綠地中最大嵌塊體占景觀面積的比例變化	LPI
空氣汙染變遷	空氣汙染變化	●二氧化硫變化 ●氮氧化物變化 ●懸浮微粒變化 ●二氧化碳變化 ●一氧化氮變化 ●二氧化氮變化	SO2 NOx PM CO2 NO NO2
微氣候變遷	降雨型態變化	●年降雨量變化 ●小雨降雨日數變化 ●大雨降雨日數變化 ●未降雨日數變化	rain lrd brd nrd
	氣溫變化	●年均溫變化	temp

(2)路徑關係與假說研提

本文所建構的 PLS 模式，包括外模式(各構面與其形構外變項關係)與內模式(各構面間的關係)(見圖 2)。前者的關係假設，除了因降雨型態變化構面中的各個外變項，在形構構面概念意義時存在差異，致使各外變項與該構面有正負不同的關係外，其餘各外變項皆與其所形構之構面呈正向關係；後者的關係假設，則以綠地變遷各構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響，以及空氣汙染變化對降雨型態與氣溫變化等構面之影響為主，以下分別進行說明：

A.綠地變遷對空氣汙染與微氣候變遷之影響

在綠地變遷各構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響上(見表 3 與圖 2)，綠地數量及整體面積的增減，會負向影響空氣汙染、降雨型態與氣溫的變化趨勢，故本文假設綠地整體變化構面中的外變項「綠地在整體景

觀面積中之比例變化」、「維持或轉用為綠地之面積變化」，皆與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面中的各個外變項呈負向關係，亦假設內模式中的綠地整體變化與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面皆呈負向關係。

大規模綠地，對空氣汙染與氣溫的降低，以及降雨型態的改變有加乘效果，因此，綠地面積規模、最大綠地比例的增減趨勢會負向影響空氣汙染、降雨型態與氣溫的變化，故本文假設「綠地中最大嵌塊體占景觀面積的比例變化」、「綠地平均嵌塊體面積變化」、「綠地面積加權平均嵌塊體面積變化」皆與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面中的各個外變項呈負向關係，並假設內模式中的最大綠地比例變化構面、綠地面積規模變化構面，皆與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面呈負向關係。

而綠地的聚集效應，似於大規模綠地之功能，同樣具有規模效應，而綠地愈趨聚集，會能減少空氣汙染物質與氣溫的上升，並改變降雨型態，故本文假設綠地聚集度變化構面中的外變項「綠地嵌塊體相似鄰近比例變化」、「綠地塊狀指數變化」、「綠地聚合指數變化」，皆與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面中的各個外變項呈負向關係，亦假設內模式中的綠地聚集度變化與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面呈負向關係。

綠地近鄰性數值愈趨高，表示嵌塊體間愈趨分散，會使綠地的規模效應降低，減少降低空氣汙染與氣溫之功能，並減低改變降雨型態之效益；而綠地愈趨破碎，亦具有上述同樣之效果。因此，本文假設「綠地嵌塊體間平均最鄰近距離變化」、「綠地嵌塊體間面積加權平均最鄰近距離變化」、「綠地嵌塊體數量變化」、「綠地嵌塊體密度變化」、「綠地分離度變化」，皆與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化構面中的各個外變項呈正向關係，亦假設內模式中的綠地近鄰性變化及綠地破碎度變化兩構面，皆與空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面呈正向關係。

B.空氣汙染變遷對微氣候變遷之影響

空氣汙染變化會對氣溫變化造成影響，如懸浮微粒、硫酸鹽粒子藉由對太陽短波輻射的散射作用，使得到達地表的太陽輻射通量減少[13]，使地表的溫度下降；另外，空氣汙染物質易形成雲，而雲層會反射陽光，亦會吸收與發散熱輻射，使得地表增溫或降溫，但其效果須視雲層的高度與型態而定，因此，本文假設空氣汙染變化構面中的各外變項對氣溫變化構面中的各外變項皆有影響，但其正負效果未定，亦假設內模式中的空氣汙染變化與氣溫變化兩構面間具影響關係，但其正負效果未定(見表 3 與圖 2)。

而空氣汙染物質常作為雲凝結核的來源之一，若空氣汙染物質趨增，則易造

[13].由於太陽輻射主要是以短波的形式進入大氣，因此當懸浮微粒增多時，被直接反射回太空的短波輻射增加，使得到達地表的太陽短波輻射減少。

成雲內雲滴數目增加，使得雲滴尺寸偏小不易形成降雨，若產生降雨則往往須集結大量的雲滴，其不僅造成降雨量、降雨數日的改變，亦使得小雨降雨型態減少，豪大雨降雨型態增加，故本文假設空氣汙染變化構面中的各外變項對降雨型態變化構面中的各外變項皆有影響，但其正負效果未定，亦假設內模式中的空氣汙染變化與降雨型態變化兩構面間具影響關係，但其正負效果未定(見表 3 與圖 2)。

表 3　各構面之影響關係與假設研提

自變項/構面 應變項/構面	綠地整體變化	綠地破碎度變化	綠地聚集度變化	綠地面積規模變化	綠地近鄰性變化	最大綠地比例變化	空氣汙染變化
空氣汙染變化	－(H1)	＋(H2)	－(H3)	－(H4)	＋(H5)	－(H6)	
降雨型態變化	－(H7)	＋(H8)	－(H9)	－(H10)	＋(H11)	－(H12)	＋/－(H13)
氣溫變化	－(H14)	＋(H15)	－(H16)	－(H17)	＋(H18)	－(H19)	＋/－(H20)

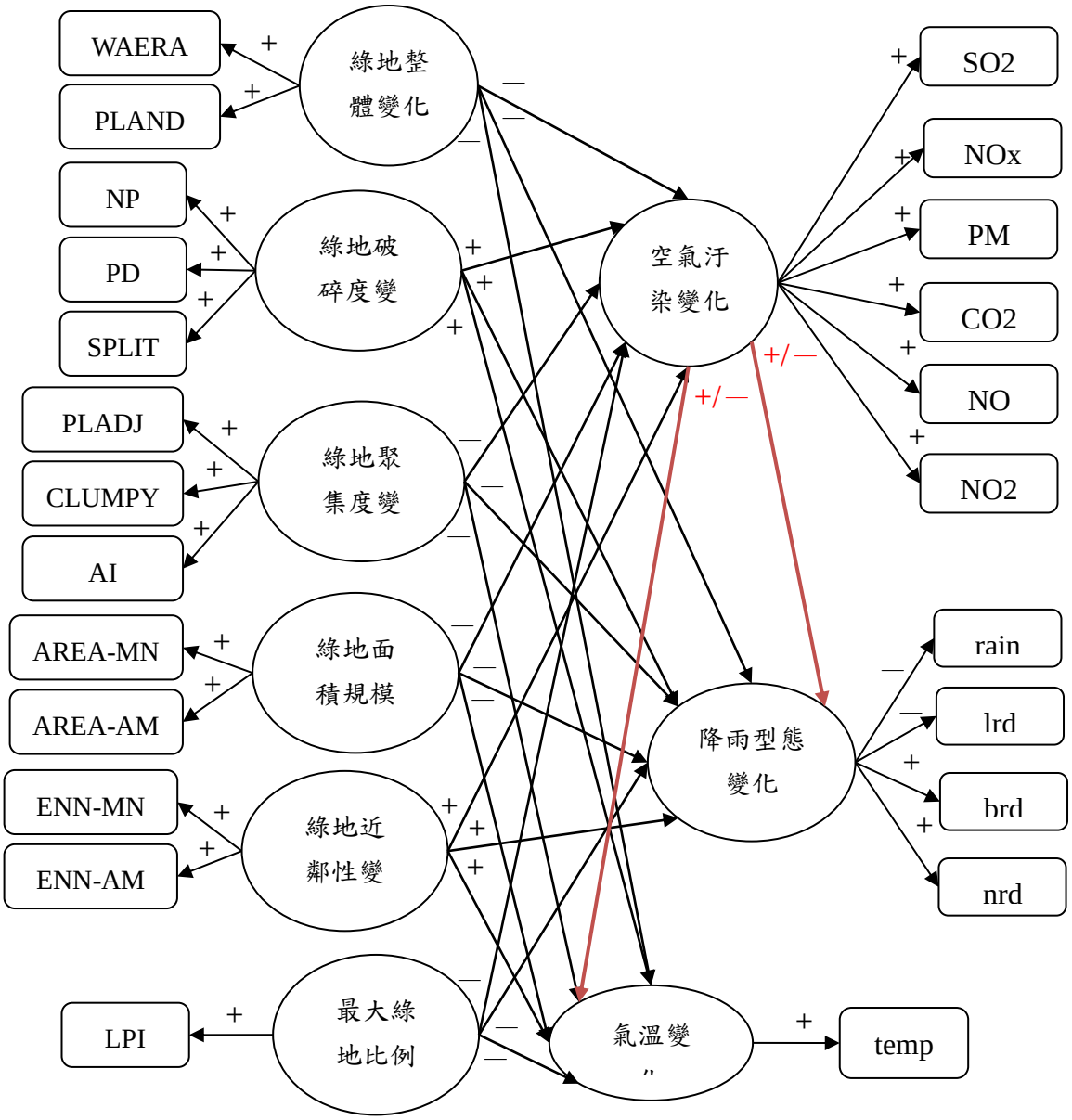

圖 2 綠地變遷影響效果之關係假說圖

三、樣本資料說明

(一)實證地區與空間範圍

本文探討在都會區快速發展下的綠地變遷情形，以及綠地變遷對微氣候與空氣汙染所產生的影響效果，而綜觀國內各都會區之發展，以台北都會區發展速度最快，且發展程度最高，集聚大量人口及產業，故以之作為本文的實證地區。而本文進行實證分析的空間尺度，則是以台北市、新北市與基隆市的 48 個行政區為主。

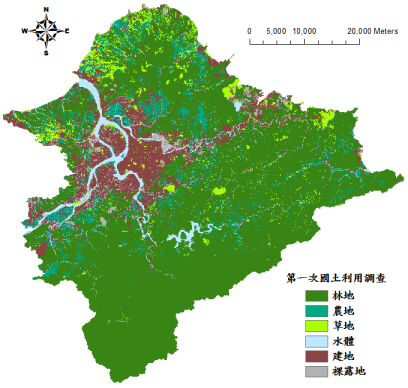

圖 3 台北都會區 1995 年第一次國土利用調查

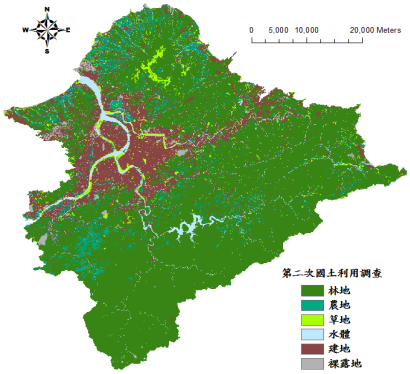

圖 4 台北都會區 2007 年第二次國土利用調查

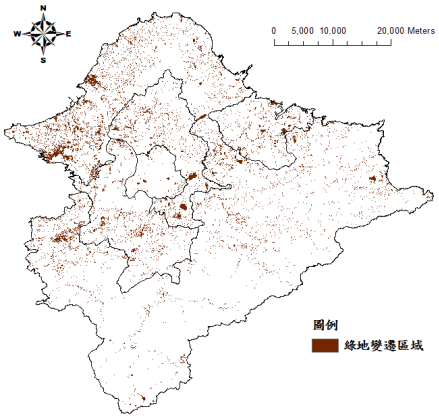

圖 5 台北都會區 1995 年至 2007 年綠地變遷之狀態

(二)資料說明

本文研究的內容包括綠地變遷趨勢及其對微氣候與空氣品質的影響效果分析，以及影響綠地變遷因素茲分析，以下分別就這三個部份的資料型態與取得來源進行說明：

1.綠地變遷趨勢分析

本文彙整內政部國土測繪中心 1995 年及 2007 年的國土利用現況調查資料(如圖 3、圖 4)，透過土地利用類別的重分類與 GIS 的處理，產生實證地區各網格[14]的土地利用別(屬性)資料，該資料型態為名目尺度，為進行綠地變遷分析中土地利用移轉矩陣與景觀生態指數計算時的輸入資料。

2.**綠地變遷之影響效果分析**

在 PLS 模式中，組構綠地變遷、微氣候與空氣汙染的外變項(見表 2)皆為變化率的數值資料，其單位為比率。其中，組構綠地變遷的外變項資料，除「綠地轉為非綠地之面積」是透過 GIS 計算產生外，其餘皆由景觀生態指數計算而得；另外，組構微氣候與空氣汙染的外變項資料，則是由環保署所提供。此外，利用通用克利金法(Universal Kriging)，針對台北都會區內各行政區微氣候與空氣汙染資料進行內插與整彙。

3.影響綠地變遷因素之分析

在二元羅吉斯迴歸模型中，應變數(即綠地變遷)(如圖五)係整理自內政部國土測繪中心 1995 年及 2010 年的國土利用現況調查資料，並藉由土地利用類別的重分類與 GIS 處理所產生，屬二元分類變數，資料型態為名目尺度。

各自變數(即各影響因素)皆為數值型態，其單位可詳見表二。另外，各面向中影響因素的資料來源分別是：A.在自然環境面向中，影響因素「與河川距離」

[14]. 進行網格轉換時，網格大小設為 50x50 公尺。

係整理自內政部營建署區域計畫土地使用管理系統的台灣河川圖層，藉由 GIS 中 straight line 的處理，計算每一網格至河川的最近鄰距離；影響因素「高程」係取自農林航測所 40m×40m 網格大小之數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)，並透過 GIS 內 Resample 工具轉換為實證所需的 50m×50m 網格大小；影響因素「坡度」係取自農林航測所之數值地形模型(DTM)，透過 GIS 中 slope 的技術，進行坡度的計算。B.在社會經濟面向中，影響因素「與道路距離」係整理自內政部營建署區域計畫土地使用管理系統之內政部路網，藉由 GIS 中 straight line 的處理，計算每一網格至道路的最近鄰距離；影響因素「與建物距離」係彙整自內政部營建署區域計畫土地使用管理系統之建物分佈圖，透過 GIS 中 straight line 的處理，計算每一網格至建物的最近鄰距離；影響因素「地價指數」係整理自內政部地政司之都市地價指數之資料。C.在計畫環境面向中，影響因素「與都市計畫區距離」係彙整自內政部營建署區域計畫土地使用管理系統之都市計畫圖，藉由 GIS 中 straight line 的處理，計算每一網格至都市計畫區的最鄰近距離。

四、實證分析

(一)綠地變遷趨勢之實證分析

1.綠地轉移狀態

藉由 GIS 內網格計算功能，計算出 1995 年至 2007 年台北都會區整體綠地轉移矩陣表(見表 4)，就整體綠地而言，綠地減少 2339.5 公頃(即減少 1.19%)，仍有 93.19%的綠地維持原用；就移轉狀態而言，綠地移轉他用者以建地為最多，約有 4.87%，另因造林、河川截彎取直等措施，綠地亦分別自水體及裸露地增加 32.38%及 38.15%的土地。

進一步分析綠地中各次分類土地使用(即林地、農地、草地)的移轉狀態(見表 5)，首先，就面積增減上，林地增加 3377.5 公頃(即增加 2.03%)，而農地與草地皆減少，尤以草地減少最多，約 3393.5 公頃(即減少 31.92%)；接著，就移轉狀態而言，林地有 90.37%維持原用，農地與草地卻分別僅剩 34.18%、11.51%維持原用，其移轉他用者以林地為最多。

綜言之，台北都會區的綠地呈微幅減少，部分綠地因都市發展轉移為建地，但也因環境政策，自水體及裸露地增加綠地面積；而綠地內各次分類土地間有大幅的土地轉移現象。而以綠地所擔負的功能面向而言，其尚能維持其原有功能，未因都市發展而遭受嚴重破壞。

表 4　1995 年至 2007 年台北都會區整體綠地轉移矩陣表

1995 年土地利用	2007 年土地利用				
	綠地	水體	建地	裸露地	合計

		林地	農地	草地	總計				
綠地	林地(面積)	150204.5	6524.5	2333.5	**159062.5**	953.75	4989.25	1198	166203.5
	農地(面積)	7917	6591.25	874	**15382.25**	279	2975.25	648.5	19285
	草地(面積)	5056.5	2036.25	1224	**8316.75**	186.5	1592.25	537	10632.5
	總計(面積)	163178	15152	4431.5	**182761.5**	1419.25	9556.75	2383.5	196121
水體(面積)		1235.75	532.75	1326.5	**3095**	4877.5	1297.5	287.25	9557.25
建地(面積)		3847	916.5	778.25	**5541.75**	283.75	25376	1701.75	32903.25
裸露地(面積)		1320.25	360.25	702.75	**2383.25**	188	2953.5	721.5	6246.25
合計(面積)		169581	16961.5	7239	**193781.5**	6768.5	39183.75	5094	244827.8
增減(面積)		3377.5	-2323.5	-3393.5	**-2339.5**	-2788.75	6280.5	-1152.25	-

註：各類土地移轉面積的單位為公頃。

2.景觀生態指數分析結果

藉由景觀生態指數的量測，1995~2007 年台北都會區整體綠地空間結構的變遷狀態如表 5 所示。就整體綠地而言，其景觀面積百分比雖有微減，但綠地在整體景觀格局中仍佔很大比重(約 80%)，具重要且主領的地位；而嵌塊體數量與密度增加，顯示綠地有破碎化的趨勢；在面積規模方面，平均嵌塊體面積減少，但最大嵌塊體占景觀面積比例、面積加權平均嵌塊體面積皆增加，顯示大面積嵌塊體的面積上升，而小面積嵌塊體漸趨縮減；在形狀方面，平均形狀指數略減，但面積加權平均形狀指數增加，顯示雖然綠地整體形狀趨向規律，但大面積綠地形狀卻趨向複雜，可知綠地有自然增加的現象；在聚集度方面，嵌塊體相似鄰近比例雖略微減少，但綠地仍呈現高度集中狀態(高於 90%)；在近鄰方面，平均最鄰近距離縮短，面積加權平均最鄰近距離未有顯著改變，表示綠地整體趨於聚集，但大面積嵌塊體間之分布則維持不變；另在延展性上，因旋轉半徑指數減少，面積權重旋轉半徑指數增加，表示大面積的嵌塊體連接度增加，而小面積之嵌塊體連接度降低，此也與大嵌塊體面積上升，而小嵌塊體面積減少有關。

就綠地中各次分類土地使用而言(見表 6)，在林地方面，與綠地整體相比，除林地面積增加，以及近鄰性無顯著改變外，在嵌塊體的數量與密度、面積規模、形狀、聚集度、延展性的趨勢變化結果上則極為相似。在農地方面，其景觀面積百分比減少，且在整體景觀格局中仍佔很小比重，並非居於主領地位，而嵌塊體數量、密度與分離度增加，平均嵌塊體面積、面積加權平均嵌塊體面積、最大嵌塊體占景觀面積比例皆減少，顯示農地在 1995 至 2007 年間面積微減，被細碎分割而逐漸破碎化，尤以大面積嵌塊體更顯嚴重；在形狀方面，平均形狀指數與面積加權平均形狀指數皆減少，顯示農地趨於破碎零散的同時，邊緣形狀趨向規律，可能是人為分割所致；在聚集度方面，嵌塊體相似鄰近比例減少，表示農地呈中

度集中，且聚集度下降，其聚集度減少可能是農地分割所致；在近鄰方面，平均最鄰近距離與面積加權平均最鄰近距離未有顯著改變，表示其分布未有重大變化；在延展性上，因旋轉半徑指數與面積權重旋轉半徑指數皆減少，表示地嵌塊體連接度下降，延展性降低。在草地方面，其在整體景觀格局中佔微小比重，非居於主領地位，另在嵌塊體數量與密度、面積規模、形狀、延展性的分析結果上，與農地量測的趨勢變化結果極相似，但由嵌塊體密度、分離度、平均最鄰近距離與面積加權平均最鄰近距離等指數，可判斷草地更趨分散，且破碎化較農地更嚴重。

表 6　台北都會區整體綠地變遷景觀生態指數之量測結果表

生態景觀指數	綠地		林地		農地		草地	
	1995 年	2007 年	1995 年	2007 年	1995 年	2007 年	1995 年	2007 年
景觀面積百分比	80.1057	79.1501	67.8859	69.2654	7.877	6.9279	4.3428	2.9568
嵌塊體數量	1433	2450	1531	2456	6313	9524	3918	5637
嵌塊體密度	0.5853	1.0007	0.6253	1.0032	2.5785	3.8901	1.6003	2.3024
平均嵌塊體面積	136.8604	79.0945	108.5588	69.0476	3.0548	1.7809	2.7138	1.2842
面積加權平均嵌塊體面積	104529.1	164396.1	99271.33	148504.8	149.6669	112.6176	111.0564	79.4351
最大嵌塊體占景觀面積比例	55.8111	72.846	51.275	64.7987	0.3953	0.3848	0.2172	0.2116
平均形狀指數	1.3069	1.2589	1.3599	1.2483	1.3003	1.2313	1.2425	1.1518
面積加權平均形狀指數	19.5923	36.5927	30.1129	51.3311	4.2403	4.0674	3.3022	2.7314
嵌塊體相似鄰近比例	95.4114	93.8985	93.2547	91.8017	62.2569	52.5212	64.3146	51.5834
平均最鄰近距離	154.9528	137.047	137.5241	138.4132	152.7963	148.0642	203.7576	210.7358
面積加權平均最鄰近距離	100.6495	100.346	100.626	100.4148	119.1909	120.4758	148.8038	162.1072
分離度	2.9239	1.8816	3.6329	2.3801	20767.1	31379.9	50762	104239
旋轉半徑指數	81.6085	62.3694	85.1455	55.7955	56.0845	45.6757	52.6957	40.9981
面積加權旋轉半徑指數	14120.05	18448.3	14408.84	18302.39	472.197	414.5638	413.5293	429.2333

(二)綠地變遷影響效果之實證分析

1.模式校估與檢驗

針對本文所建構之影響模式，先檢驗測量模型的信度與效度，並檢視結構模型的解釋能力與各路徑係數的顯著性，再以 Amato et al.(2004)所提出的量測指標 GoF(A global criterion of goodness-of-fit)，檢驗模式的整體配適度。

(1)測量模型檢驗

在信度檢驗上，Bollen(1989)認為當係數值達顯著時，表示該指標變數可有效反映出潛在變數意涵，建構出配適之測量模型，一般 t 值須大於 1.96(α=0.05 雙尾檢定下)，而本模式各構面的變數中，除「大雨降雨日數」外，其餘變數的因素負荷量均達顯著(p 值<0.05)(見表 7)，表示可有效反映出潛在變數意涵。另外，本模式各構面的組合信度值(composite reliability, CR)介於 0.72 與 1 之間(見

表 7)，而 Cronbach's α 值也介於 0.7 與 1 之間(見表 8)，均高於 Fornell and Larcker(1981)、Chin(1998)、Hair et al.(1998)、Hulland(1999)所建議之 0.7 之標準，表示各構面具內部一致性，符合建構信度之要求。

在效度檢驗上，本模式每個構面 AVE 的平方根均大於該構面與其他構面的相關係數，顯示具有區別效度(Hair et al., 2006；Götz et al., 2009)。另外，本模式各構面的組合信度皆大於 0.7，平均變異萃取量(Average Variance Extracted, AVE)均大於 0.5(見表 7)，表示具不錯的收斂效度(Fornell and Larcker, 1981；Tabachnick and Fidel, 2000)。

表 7　各構面之因素負荷量與檢定統計量表

面向	構面	變項	變項代號	負荷量	Z 值	顯著性
綠地變遷	綠地整體變化	●綠地在整體景觀面積中之比例變化	PLAND	0.8485	4.1859	***
		●維持或轉用為綠地之面積變化	WAERA	0.9561	4.5077	***
	綠地破碎度變化	●綠地嵌塊體數量變化	NP	0.9334	9.4610	***
		●綠地嵌塊體密度變化	PD	0.9333	9.4611	***
		●綠地分離度變化	SPLIT	0.6791	3.4859	***
	綠地聚集度變化	●綠地嵌塊體相似鄰近比例變化	PLADJ	0.9958	11.1009	***
		●綠地塊狀指數變化	CLUMPY	0.9808	8.1201	***
		●綠地聚合指數變化	AI	0.9964	11.1097	***
	綠地面積規模變化	●綠地平均嵌塊體面積變化	AREA-MN	0.9658	14.0665	***
		●綠地面積加權平均嵌塊體面積變化	AREA-AM	0.9518	14.1703	***
	綠地近鄰性變化	●綠地嵌塊體間平均最鄰近距離變化	ENN-MN	0.9674	5.5437	***
		●綠地嵌塊體間面積加權平均最鄰近距離變化	ENN-AM	0.9633	4.5077	***
	最大綠地比例變化	●綠地中最大嵌塊體占景觀面積的比例變化	LPI	1.0000	-	
空氣汙染變遷	空氣汙染變化	●二氧化硫變化	SO2	0.8883	30.5596	***
		●氮氧化物變化	NOx	0.9866	190.0265	***
		●懸浮微粒變化	PM	0.9199	34.0836	***
		●二氧化碳變化	CO2	0.8730	53.9753	***
		●一氧化氮變化	NO	0.8925	37.4032	***
		●二氧化氮變化	NO2	0.9737	148.1066	***
微氣候變遷	降雨型態變化	●年降雨量變化	rain	-0.6862	2.9091	**
		●小雨降雨日數變化	lrd	-0.8952	4.2107	***
		●大雨降雨日數變化	brd	0.2961	1.8194	
		●未降雨日數變化	nrd	0.3852	1.9968	*
	氣溫變化	●年均溫變化	temp	1.0000	-	

註：* p< .05，** p< .01，*** p< .001

表 8　各構面檢驗值表

構面	Cronbach's α	組合信度	AVE	R Square
綠地整體變化	0.8920	0.9073	0.8953	
綠地破碎度變化	0.8183	0.8544	0.8408	
綠地聚集度變化	0.9910	0.9940	0.9821	
綠地面積規模變化	0.9129	0.9580	0.9194	
綠地近鄰性變化	0.9270	0.9648	0.9319	

最大綠地比例變化	1.0000	1.0000	1.0000	
空氣汙染變化	0.9650	0.9719	0.8826	0.4789
降雨型態變化	0.7012	0.7182	0.6989	0.3282
氣溫變化	1.0000	1.0000	1.0000	0.4656

(2)結構模型檢驗

檢視結構模型的結果，發現綠地變遷對於空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化的 R^2 值分別為 0.4789、0.3282 與 0.4656(見表 8)，表示本模式中的綠地變遷可解釋空氣汙染變化的程度為 47.89%，綠地變遷可解釋降雨型態變化的程度為 32.82%，綠地變遷可解釋氣溫變化的程度為 46.56%。依 Chin(1998)對於解釋程度之分類[15]，本模式中綠地變遷對於空氣汙染變化與微氣候變化的解釋能力皆為中高度以上。

另外，各路徑係數的顯著性檢驗上，根據表 9，綠地變遷中的「綠地整體變化」、「綠地破碎度變化」、「綠地面積規模變化」對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化的影響皆為顯著，「綠地聚集度變化」、「最大綠地比例變化」對空氣汙染變化與氣溫變化的影響是顯著的，而「綠地近鄰性變化」則僅對空氣汙染變化有顯著影響。另外，空氣汙染變化對於降雨型態變化與氣溫變化，皆有顯著的影響。

(3)模式適合度

在驗證 PLS 整體模式適合度上，採用 Amato et al.(2004)所提出的 GoF 整體配適度進行檢測。GoF 是「共同性加權平均」與「R^2 平均」的幾何平均數，本模式整體配適 GoF=0.61，高於 Wetzels et al.(2009)所建議的 0.36，表示本模式的整體配適度佳。

表 9　模式路徑係數表

自變項/構面 應變項/構面	綠地整體變化	綠地破碎度變化	綠地聚集度變化	綠地面積規模變化	綠地近鄰性變化	最大綠地比例變化	空氣汙染變化
空氣汙染變化	-0.3619**	0.2067*	-0.2268*	-0.2158*	0.1161*	-0.2211*	-
降雨型態變化	-0.1162*	0.1028*	0.0088	-0.1042*	0.0949	-0.1076	0.2726*
氣溫變化	-0.3523*	0.2328*	-0.1108*	-0.1912*	0.3148	-0.2022*	-0.1707*

註：* p< .05，** p< .01，*** p< .001

2.假說驗證與影響效果分析

本文透過實證分析，驗證所研提的路徑關係假設，並提出各構面的關係影響

[15]. Chin(1998)依 R^2 大小區分其解釋能力，將 R^2 為 0.19、0.33、0.67，作為區分低度、中度、高度解釋程度之門檻值。

效果(含直接效果、間接效果、總效果)(見表 10 與圖 6)。其中，間接效果是採 Sobel(1986)係數乘積檢驗法(product-of-coefficients approach)，並採用 Aroian test[16] 中介效果檢驗其顯著性，判斷是否存在間接效果(MacKinnon, et al., 2000；Shrout and Bolger, 2002)。以下分別針對各構面之影響效果進行說明：

A.綠地變遷對空氣汙染與微氣候變遷之影響

在綠地變遷各構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響上，透過實證分析，顯示綠地數量及整體面積的增減，確實會對空氣汙染、降雨型態與氣溫的變化趨勢造成負向影響。而構面間的影響效果中，綠地整體變化對空氣汙染變化存在-0.3619 的總效果影響，該影響完全來自於直接效果影響；綠地整體變化對降雨型態變化的總效果影響為-0.1876，是加計-0.1162 的直接效果，以及透過空氣汙染變化的間接效果-0.0714；綠地整體變化對氣溫變化的直接效果影響為-0.3523，因間接效果統計檢定為不顯著，故其影響總效果同於直接效果。

在綠地面積規模變化、最大綠地比例變化兩構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響上，透過實證分析，顯示綠地面積規模、最大綠地比例變化，確實會對空氣汙染、降雨型態與氣溫的變化趨勢造成負向影響，亦表示綠地具有規模效應之功能。綠地面積規模變化與最大綠地比例變化，對空氣汙染變化的負向效果影響分別是 0.2158、0.2211；而綠地面積規模變化與最大綠地比例變化，對氣溫變化的負向效果影響分別是 0.1912、0.2022；綠地面積規模變化對降雨型態變化的負向效果影響是 0.1042，上述影響皆來自於直接效果影響。

綠地聚集度變化構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響上，透過實證分析，顯示綠地在減低空氣汙染與氣溫上具有聚集效果，亦表示綠地聚集度變化確實會對空氣汙染與氣溫的變化趨勢造成負向影響，而其影響總效果皆來自於直接效果的影響，分別是-0.2268 與-0.1108。

綠地近鄰性變化構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響上，透過實證分析，顯示僅對空氣汙染變化有正向影響，表示嵌塊體間愈趨分散，僅加劇空氣汙染的嚴重性，而其影響總效果則源於 0.1161 的直接效果影響。

綠地破碎度變化構面對空氣汙染變化、降雨型態變化與氣溫變化等構面之影響上，透過實證分析，顯示其間存在正向影響關係，亦即綠地愈趨破碎，會減少降低空氣汙染與氣溫之功能，並減低改變降雨型態之效益，而其影響總效果皆來自於直接效果的影響，分別為 0.2067、0.1028 與 0.2328。

由上述分析結果，可知綠地在降低空氣汙染危害、防止地表氣溫增加與改善降雨型態上具有一定之功效，且具有規模加乘與聚集之效果，因此，綠地的變遷

[16].統計檢定公式：$(a \times b)/SQRT\left(b^2 \times S_a^2 + a^2 \times S_b^2 + S_a^2 \times S_b^2\right)$；$a$、$b$ 為非標準化係數值，S_a^2、S_b^2 為 a 與 b 的標準誤。

上，若能增加其數量、增強其聚集性、擴大其規模，以及減少其分散度與破碎度，便更能發揮其減緩空氣汙染、氣溫增加與降雨型態改變之威脅。

B.空氣汙染變遷對微氣候變遷之影響

空氣汙染變化對氣溫變化的影響，透過實證分析，顯示兩者間存在負向影響關係，表示空氣汙染物質的直接與間接冷卻作用強於增溫作用，其影響總效果為-0.1707，為直接效果的影響。而造成此結果的成因，可能是散射太陽短波輻射作用與雲冷卻作用較強所致。

而空氣汙染變化對於降雨型態變化的影響，透過實證分析，顯示兩者間存在正向影響關係，其影響總效果為 0.2726，表示空氣汙染值愈高，會減少小雨降雨日數與年降雨量，亦會增加未降雨日數。而造成此結果的成因，可能是空氣汙染造成雲內雲滴數目增加，使得雲滴尺寸偏小所致。

表 10　影響關係及效果結果表

構面	影響關係	直接效果	間接效果	總效果	假說驗證
綠地整體變化	綠地整體變化→空氣汙染變化	-0.3619**	none	-0.3619	接受 H1
	綠地整體變化→降雨型態變化	-0.1162*	-0.0987*	-0.2149	接受 H7
	綠地整體變化→氣溫變化	-0.3523*	0.0618	-0.3523	接受 H14
綠地破碎度變化	綠地破碎度變化→空氣汙染變化	0.2067*	none	0.2067	接受 H2
	綠地破碎度變化→降雨型態變化	0.1028*	0.0563	0.1028	接受 H8
	綠地破碎度變化→氣溫變化	0.2328*	-0.0353	0.2328	接受 H15
綠地聚集度	綠地聚集度變化→空氣汙染變化	-0.2268*	none	-0.2268	接受 H3
	綠地聚集度變化→降雨型態變化	0.0088	-0.0618	-	不接受 H9
	綠地聚集度變化→氣溫變化	-0.1108*	0.0387	-0.1108	接受 H16
綠地面積規模變化	綠地面積規模變化→空氣汙染變化	-0.2158*	none	-0.2158	接受 H4
	綠地面積規模變化→降雨型態變化	-0.1042*	-0.0588	-0.1042	接受 H10
	綠地面積規模變化→氣溫變化	-0.1912*	0.0368	-0.1912	接受 H17
綠地近鄰性變化	綠地近鄰性變化→空氣汙染變化	0.1161*	none	0.1161	接受 H5
	綠地近鄰性變化→降雨型態變化	0.0949	0.0316	-	不接受 H11
	綠地近鄰性變化→氣溫變化	0.3148	-0.0198	-	不接受 H18
最大綠地比例變化	最大綠地比例變化→空氣汙染變化	-0.2211*	none	-0.2211	接受 H6
	最大綠地比例變化→降雨型態變化	-0.1076	-0.0603	-	不接受 H12
	最大綠地比例變化→氣溫變化	-0.2022*	0.0377	-0.2022	接受 H19
空氣汙染變化	空氣汙染變化→降雨型態變化	0.2726*	none	0.2726	接受 H13
	空氣汙染變化→氣溫變化	-0.1707*	none	-0.1707	接受 H20

註：* p< .05，** p< .01，*** p< .001

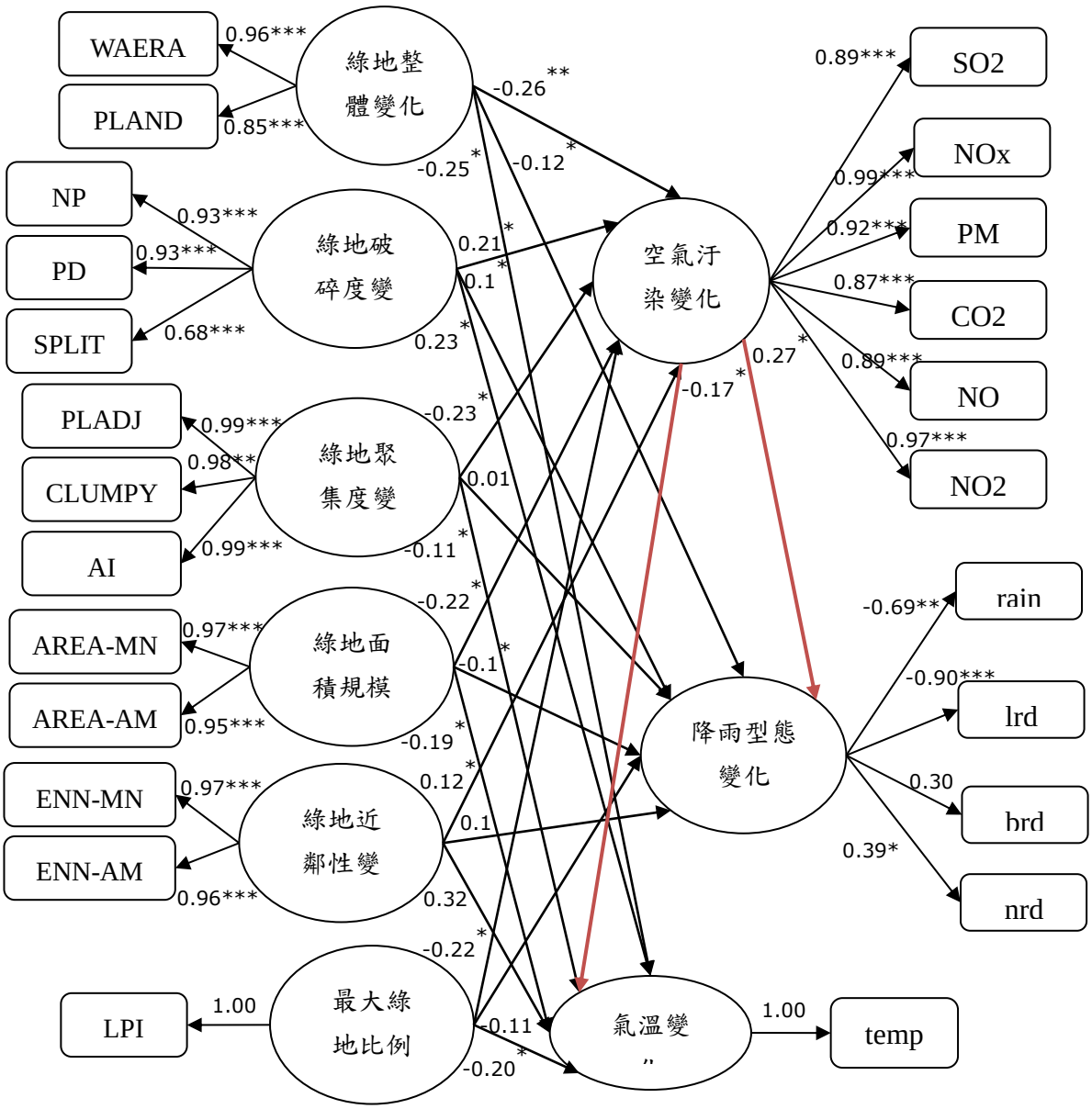

圖 6 綠地變遷影響效果之實證關係圖

四、結論與建議

面對氣候變遷的衝擊與永續發展的訴求，綠地的保育與擴增不僅能同時達到減緩與調適之目的，更在永續發展上扮演關鍵的角色，然隨著都市化的高度發展，綠地常因發展用地之需，而被犧牲或遭致破壞。近年來綠地減少所衍生的各項環境衝擊，正逐漸顯著化，因此，本文透過永續及動態的觀點，以台北都會區內的綠地為研究對象，利用空間分析技術、景觀生態指數，瞭解其空間結構及變遷之狀態，並藉由偏最小平方法建構綠地變遷影響效果模型，用以分析綠地變遷所產生的影響與效果。而根據實證分析，發現以下之結果：

(一)透過 1995~2007 年綠地轉移矩陣的分析，可知台北都會區減少 1.19%的綠地面積，但仍有 93.19%的綠地維持原用。另外，以綠地所擔負的功能面向而言，

雖有部分綠地轉作他用，但因有自水體及裸露地增加綠地面積，故綠地尚能維持其原有功能。

(二)在 1995~2007 年的景觀生態指數分析結果中，綠地景觀面積百分比雖有微減，但綠地在整體景觀格局中仍佔很大比重。而郊區大面積綠地因自然增加或造林等措施，使其連接度、面積、空間聚集性皆提升，破碎化減低，且形狀更趨複雜，至於核心區或計劃發展地區及其周邊，因密集地都市建設與土地開發，使得綠地有嚴重破碎化、分散化，並使綠地的連接度與面積趨減。

(三)綠地變遷影響效果之實證分析亦顯示，空氣汙染變化對氣溫變化存在負向影響關係，表示空氣汙染物質的直接與間接冷卻作用強於增溫作用；而空氣汙染變化會對降雨型態變化產生影響，若空氣汙染物質愈趨多，會減少小雨降雨日數與年降雨量，亦會增加未降雨日數。

最後，本文根據實證結果，提出幾項建議：

(一)雖目前綠地轉移仍以核心區、次核心區與其周邊地區為主，但為避免都市蔓延損及綠地原有功能，應劃設都市成長管制線有效管理之。

(二)林地、農地與草地三種綠地形態在土地利用變遷趨勢與區位上存在差異性，故在綠地保護政策上應針對不同綠地形態有所調整，如在都會郊區的林地應有效保育，並避免在核心區或次核心區中者更為減少；市郊的農地應遏止隨意釋出，維持農地坵塊完整性，並避免農地轉建的情形；另應關注草地在都會市郊與次中心區的變化，加強保育，並防止再為減少。

(三)綠地在降低空氣汙染危害、防止地表氣溫增加與改善降雨型態上具有一定之功效，且具有規模加乘與聚集之效果，因此，未來在研提氣候變遷的解決策略時，應可多採用相關的綠地發展概念(如綠色都市、園林都市、綠色生態基盤)或政策(綠地保育與擴增)以因應之；此外，應加速綠地相關法令的推動，如公園綠地計劃法草案等，此將有助於政府於綠地政策的執行與管理，以維護都會區生態環境的自然運作，因應全球氣候變遷和防制自然災害。

(四)由影響因素分析可知政府的規劃與政策，會影響都會區的綠地變遷，故在擬訂相關計畫或重大建設時，應將綠地空間納入決策考量；此外，應加速綠地相關法令的推動，如公園綠地計劃法草案等，此將有助於政府於綠地政策的執行與管理，以維護都會區生態環境的自然運作，因應全球氣候變遷和防制自然災害。

(五)本文受限於政府所建構的資料，僅能探討 1995 至 2007 年間綠地之變化，未來若資料允許，可進行更長期之分析；另外，本文在變項選擇上亦受限於政府所建構的資料，未來若有更多相關資料之建置，可再加入更多變項進行分析研究。

參考文獻

中文部分

1.內政部營建署(2010)，「公園綠地系統規劃設計參考手冊」，台北：內政部營建署。

2. 王小璘、曾詠宜(2003)，都市公園綠地區位景觀生態評估之研究，「設計學報」，第 8 卷，第 3 期，第 53-74 頁。

3. 王秀娟(1999)，公園綠地發展計畫規劃與實施之研究，「戶外遊憩研究」，第 12 卷，第 3 期，第 63-77 頁。

4.王秀娟(2002)，「綠地計畫之理論與實證」，台北：田園城市文化。

5.王濟川、郭志剛(2005)，「Logistic 迴歸模型：方法及應用」，台北：五南圖書。

6. 江彥政、翁珮怡、張俊彥(2012)，綠地結構與居住環境品質對生活滿意度之影響，「造園景觀學報」，第 18 卷，第 3 期，第 21-41 頁。

7. 江彥政、陳怡伶、黃光亮、翁珮怡(2011)，綠地空間對鄰近民眾健康之影響，「造園景觀學報」，第 17 卷，第 3 期，第 23-40 頁。

8. 何明錦、李威儀、錢學陶(2000)，「都市計畫防災規劃作業手冊彙編」，台北：內政部建築研究所。

9. 吳振發、林裕彬(2006)，汐止市土地利用時空間變遷模式，「都市與計畫」，第 33 卷，第 3 期，第 231-259 頁。

10.吳振發、詹士樑(2003)，常態化差異植生指數應用於都市綠地品質管制之探討，「臺灣土地研究」，第 6 卷，第 2 期，第 17-42 頁。

11.李素馨 ; 張淑貞(1997)，都市公園綠地環境特質對使用者犯罪恐懼之影響，「戶外遊憩研究」，第 10 卷，第 3 期，第 37-58 頁。

12.林余真(2006)，「都會區住宅空間分佈變遷及區位選擇因素之研究－以台北都會區為例」，政治大學地政學系碩士論文。

13.林明瑞、葉茂森(2005)，臺灣中部地區國小永續校園內涵之研究：以自然環境的觀點進行探討，「環境教育研究」，第 2 卷，第 2 期，第 1-24 頁。

14.林晏州、陳玉清(2004)，都市公園綠地建設對粒狀空氣污染物質之改善效果研究，「中國園藝」，第 50 卷，第 2 期，第 219-231 頁。

15.林裕彬、吳振發、鄧東波(2004)，景觀生態面指數分析汐止地區 1990~2001 年土地利用時空間鑲嵌特徵，「都市與計畫」，第 31 卷，第 3 期，第 239-268 頁。

16.林裕彬、鄧東波(2001)，以衛星影像及碎形理論探討都市綠空間之發展結構－以臺北市信義計畫區為例，「都市與計劃」，第 28 卷，第 2 期，第 127-154 頁。

17.林憲德(2005)，「城鄉生態」，台北：詹氏書局。

18.林寶秀、林晏州(2001)，都市公園分佈型態與居民遊憩品質關係之研究，「戶外遊憩研究」，第 14 卷，第 2 期，第 41-61 頁。
19.洪得娟(1997)，「都市公園綠覆地影響因素之研究：使用者滿意度之探討」，國立臺灣大學園藝學研究所博士論文。
20.桂家悌、歐聖榮(2002)，公園綠地系統區位分佈模式之研究，「興大園藝」，第 27 卷，第 1 期，第 67-81 頁。
21.張郁旎(2001)，「都會區產業空間分佈變遷及區位選擇因素之研究－以台北都會區為例」，政治大學地政學系碩士論文。
22.張效通、陳志豪(2009)，應用遙測與 GIS 評估都市地區綠覆程度之研究－以臺北市為例，「社會與區域發展學報」，第 2 卷，第 1 期，第 23-45 頁。
23.許明禎、林晏州(2001)，民眾對公園綠地防災機能認知與避難行為傾向之探討，「都市與計劃」，第 28 卷，第 2 期，第 237-251 頁。
24.郭瓊瑩(2003)，「水與綠網路規劃：理論與實務」，台北：詹氏書局。
25.郭瓊瑩、王秀娟(2000)，「都市開放空間防災避難系統建立之研究」，台北：內政部營建署。
26.陳玉清、林晏州(2003)，公園綠地維護成本與植栽組合之關係，「中國園藝」，第 49 卷，第 4 期，第 383-394 頁。
27.陳章瑞、宋維真(2007)，GIS 調查方法於特徵價格法衡量都市綠地美質之影響與效益，「調查研究」，第 22 卷，第 39-87 頁。
28.黃南淵(1996)，制定綠地政策的方向，「營建季刊」，第 6 卷，第 4 期，第 32-43 頁。
29.黃書禮、蔡靜如(2000)，臺北盆地土地利用變遷趨勢之研究，「都市與計劃」，第 27 卷，第 1 期，第 1-23 頁。
30.黃國慶、詹士樑(2009)，臺北都會區土地使用／覆蓋變遷驅動力之空間近鄰效果探討，「都市與計劃」，第 36 卷，第 4 期，第 415-443 頁。
31.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，「都市與計劃」，第 35 卷，第 2 期，第 141-154 頁。

英文部分

1. Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability—Working Group II Contribution to IPCC Fourth Assessment Report*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.

2. Metz, B.; Davidson, O.R.; Bosch, P.R.; Dave, R. *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change—Working Group III Contribution to IPCC Fourth Assessment Report*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007.
3. Tol, R.S.J. Adaptation and mitigation: Trade-offs in substance and methods. *Environ. Sci. Policy* **2005**, *8*, 572–578.
4. Hunt, A.; Watkiss, P. Climate change impacts and adaptation in cities: A review of the literature. *Clim. Change* **2011**, *104*, 13–49.
5. Ahern, J. Planning for an extensive open space system: Linking landscape structure and function. *Landsc. Urban Plan*. **1991**, *21*, 131–145.
6. Flores, A.; Pickett, S.T.A.; Zipperer, W.C.; Pouyat, R.V.; Pirani, R. Adopting a modern ecological view of the metropolitan landscape: The case of a greenspace system for the New York City region. *Landsc. Urban Plan.* **1998**, *39*, 295–308.
7. Linehan, J.; Gross, M.; Finn, J. Greenway planning: Developing a landscape ecological network approach. *Landsc. Urban Plan*. **1995**, *33*, 179–193.
8. Fang, C.F.; Ling, D.L. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landsc. Urban Plan.* **2003**, *63*, 187–195.
9. Beatley, T. *Green Urbanism: Learning from European Cities*; Island Press: Washington, DC,
USA, 2000.
10. Jo, H.K. Impacts of urban green space on offsetting carbon emissions for middle Korea. *J. Environ. Manag*. **2002**, *64*, 115–126.
11. Yang, J.; McBride, J.; Zhou, J.; Sun, Z. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban For. Urban Green*. **2005**, *3*, 65–78.
12. Gill, S.E.; Handley, J.F.; Ennos, A.R.; Pauleit, S. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environ*. **2007**, *33*, 115–133.
13. Pauleit, S.; Duhme, F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landsc. Urban Plan*. **2000**, *52*, 1–20.
14. Miller, G.T.; Spoolman, S. *Environmental Science: Problems, Concepts, and Solutions*; Thomson Brooks/Cole: California, USA, 2008.
15. Shin, D.H.; Lee, K.S. Use of remote sensing and geographical information systems to estimate green space surface-temperature change as a result of urban expansion. *Landsc. Ecol. Eng*. **2005**, *1*, 169–176.
16. Herb, W.R.; Janke, B.; Mohseni, O.; Stefan, H.G. Ground surface temperature simulation for different land covers. *J. Hydrol.* **2008**, *356*, 327–343.
17. Leuzinger, S.; Vogt, R.; Körner, C. Tree surface temperature in an urban environment. *Agric. For. Meteorol*. **2010**, *150*, 56–62.
18. Shashua-Bar, L.; Hoffman, M.E. The Green CTTC model for predicting the air temperature in small urban wooded sites. *Build. Environ.* **2002**, *37*, 1279–1288
19. Shashua-Bar, L.; Hoffman, M.E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees.
Energy Build. **2000**, *31*, 221–235.

20. Song, I.J.; Hong, S.K.; Kim, H.O.; Byun, B.; Gin, Y. The pattern of landscape patches and invasion of naturalized plants in developed areas of urban Seoul. *Landsc. Urban Plan*. **2005**, *70*, 205–219.
21. Mathieu, R.; Freeman, C.; Aryal, J. Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery. *Landsc. Urban Plan*. **2007**, *81*, 179–192.
22. Whitford, V.; Ennos, A.R.; Handley, J.F. City form and natural process—Indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landsc. Urban Plan.* **2001**, *57*, 91–103.
23. Coley, R.L.; Kuo, F.E.; Sullivan, W.C. Where does community grow? The social context created by nature in urban public housing. *Environ. Behav*. **1997**, *29*, 468–494.
24. Thompson, C.W. Urban open space in the 21st century. *Landsc. Urban Plan*. **2002**, *60*, 59–72.
25. Chiesura, A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landsc. Urban Plan.* **2004**, *68*, 129–138.
26. Grahn, P.; Stigsdotter, U.A. Landscape planning and stress. *Urban For. Urban Green.* **2003**, *2*, 1–18.
27. De Vries, S.; Verheij, R.A.; Groenewegen, P.P.; Spreeuwenberg, P. Natural environments-healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between greenspace and health.
Environ. Plan. **2003**, *35*, 1717–1731.
28. Gobster, P.H.; Westphal, L.M. The human dimensions of urban greenways: Planning for recreation and related experiences. *Landsc. Urban Plan*. **2004**, *68*, 147–165.
29. Pauleit, S.; Ennos, R.; Golding, Y. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change—A study in Merseyside, UK. *Landsc. Urban Plan*. **2005**, *71*, 295–310.
30. Meyer, W.B.; Turner, B.L. Human-population growth and global land-use cover change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1992**, *23*, 39–61.
31. Han, L.; Zhou, W.; Li, W.; Li, L. Impact of urbanization level on urban air quality: A case of fine particles (PM2.5) in Chinese cities. *Environ. Pollut*. **2014**, *194*, 163–170.
32. Civerolo, K.; Hogrefe, C.; Lynn, B.; Rosenthal, J.; Ku, J.Y.; Solecki, W.; Cox, J.; Small, C.; Rosenzweig, C.; Goldberg, R.; *et al*. Estimating the effects of increased urbanization on surface meteorology and ozone concentrations in the New York City metropolitan region. *Atmos. Environ*. **2007**, *41*, 1803–1818.
33. Li, B.; Wu, X. Economic structure and intensity influence air pollution model. *Energy Proced*. **2011**, *5*, 803–807.
34. Guttikunda, S.K.; Carmichael, G.R.; Calori, G.; Eck, C.; Woo, J.H. The contribution of megacities to regional sulfur pollution in Asia. *Atmos. Environ*. **2003**, *37*, 11–22.

35. Lindén, J.; Boman, J.; Holmer, B.; Thorsson, S.; Eliasson, I. Intra-urban air pollution in a rapidly growing Sahelian city. *Environ. Int*. **2012**, *40*, 51–62.
36. Arnfield, A.J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int. J. Climatol.* **2003**, *23*, 1–26.
37. Zhong, S.; Yang, X.Q. Ensemble simulations of the urban effect on a summer rainfall event in the Great Beijing Metropolitan Area. *Atmos. Res.* **2015**, *153*, 318–334.
38. Kantzioura, A.; Kosmopoulos, P.; Zoras, S. Urban surface temperature and microclimate measurements in Thessaloniki. *Energy Build*. **2012**, *44*, 63–72.
39. Weng, Q. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *Int. J. Rem. Sens*. **2001**, *22*, 1999–2014.
40. Landsberg, H.E. *The Urban Climate*; Academic Press: New York, NY, USA, 1981.
41. Fotheringham, S.; Rogerson, P. *Spatial Analysis and GIS*; Taylor & Francis: London, UK, 1994.
42. Fischer, M.M.; Getis, A. *Handbook of Applied Sapatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications*; Springer-Verlag Berlin Heidelberg: Berlin, German, 2010.
43. Selby, B.; Kockelman, K.M. Spatial prediction of traffic levels in unmeasured locations: Applications of universal kriging and geographically weighted regression. *J. Transp. Geogr*. **2013**, *29*, 24–32.
44. Brus, D.J.; Heuvelink, G.B.M. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. *Geoderma* **2007**, *138*, 86–95.
45. Leitão, A.B.; Miller, J.; Ahern, J.; McGarigal, K. *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*; Island Press: Washington, DC, USA, 2006.
46. Hair, J.F.; Hult, G.T.M.; Ringle, C.M.; Sarstedt, M. *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*; Sage: Thousand Oaks, CA, USA, 2014.
47. Efron, B. Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *Ann. Stat.* **1979**, *7*, 1–26.
48. National Science Council. *Climate Change in Taiwan: Scientific Report 2011*; National Science Council: Taipei, Taiwan, 2011.
49. De Oliveira, A.P.; Machado, A.J.; Escobedo, J.F.; Soares, J. Diurnal evolution of solar radiation at the surface in the city of São Paulo: Seasonal variation and modeling. *Theor. Appl. Climatol.* **2002**, *71*, 231–250.
50. Koronakis, P.S.; Sfantos, G.K.; Paliatsos, A.G.; Kaldellis, J.K.; Garofalakis, J.E.; Koronaki, I.P. Interrelations of UV-global/global/diffuse solar irradiance components and UV-global attenuation on air pollution episode days in Athens, Greece. *Atmos. Environ*. **2002**, *36*, 3173–3181.

51. Graedel, T.E.; Crutzen, P.J. *Atmosphere, Climate, and Change*; Scientific American Library:
New York, NY, USA, 1994.
52. Wei, K.Y.; Hsu, H.H. *Global Change: An introduction*; Ministry of Education: Taipei City, Taiwan, 1997. (In Chinese)
53. Ding, Z.D. *Energy Crisis*; Wu-Nan Book Inc.: Taipei City, Taiwan, 2009. (In Chinese)
54. Allen, M.R.; Ingram, W.J. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature* **2002**, *419*, 224–232.
55. Bollen, K.A. *Structural Equations with Latent Variables*; Wiley: New York, NY, USA, 1989.
56. Fornell, C.; Larcker, D.F. Structural equation models with unobservable variables and measurement errors. *J. Mark. Res.* **1981**, *18*, 382–388.
57. Hulland, J. Use of partial least squares (PLS) in strategic management research: A review of four recent studies. *Strateg. Manag. J.* **1999**, *20*, 195–204.
58. Hair, J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L.; Babin, B.; Black, W.C. *Multivariate Data Analysis*; Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ, USA, 2006.
59. Esposito Vinzi, V.; Chin, W.W.; Henseler, J.; Wang, H. *Handbook of Partial Least Squares: Concepts, Methods and Applications*; Springer: Berlin, German, 2010.
60. Tabachnick, B.G.; Fidell, L.S. *Using Multivariate Statistics*; Allyn and Bacon: Boston, MA,
USA, 2001.
61. Chin, W.W. The partial least squares approach for structural equation modeling. In *Modern Methods for Business Research*; Taylor & Francis: London, UK, 1998; pp. 295–336.
62. Tenenhaus, M.; Amato, S.; Esposito Vinzi, V. A global goodness-of-fit index for PLS structural equation modeling. In Proceedings of The XLII SIS Scientific Meeting, Padova, Italy, 2004. (http://www.old.sis-statistica.org/files/pdf/atti/RSBa2004p739-742.pdf)
63. Wetzels, M.; Odekerken-Schröder, G.; van Oppen, C. Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS Q*. **2009**, *33*, 177–195.
64. Sobel, M.E. Some new results on indirect effects and their standard errors in covariance structure models. *Soc. Methodol.* **1986**, *16*, 159–186.
65. MacKinnon, D.P.; Krull, J.L.; Lockwood, C.M. Equivalence of the mediation, confounding,
and suppression effect. *Prev. Sci*. **2000**, *1*, 173–181.
66. Shrout, P.E.; Bolger, N. Mediation in experimental and nonexperimental studies: New procedures and recommendations. *Psychol. Methods* **2002**, *7*, 422–445.
67. McGarigal, K.; Marks, B.J. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure, USDA Forest Technique Report*; Pacific

Northwest Research Station: Portland, USA, 1995. (http://www.umass.edu/landeco/pubs/mcgarigal.marks.1995.pdf)

科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2015/10/22

科技部補助計畫	計畫名稱: 因應氣候變遷之都市氣候策略對都市發展影響評估模式建立之研究
	計畫主持人: 劉小蘭
	計畫編號: 103-2410-H-004-188- 學門領域: 都市及區域

無研發成果推廣資料

103年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：劉小蘭							計畫編號：103-2410-H-004-188-	
計畫名稱：因應氣候變遷之都市氣候策略對都市發展影響評估模式建立之研究								
成果項目			量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
			實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇		
		研究報告/技術報告	0	0	100%			
		研討會論文	0	0	100%			
		專書	0	0	100%	章/本		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件		
		已獲得件數	0	0	100%			
	技術移轉	件數	0	0	100%	件		
		權利金	0	0	100%	千元		
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	0	100%	人次		
		博士生	1	0	100%			
		博士後研究員	0	0	100%			
		專任助理	0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	1	0	100%	篇		
		研究報告/技術報告	0	0	100%			
		研討會論文	0	0	100%			
		專書	0	0	100%	章/本		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件		
		已獲得件數	0	0	100%			
	技術移轉	件數	0	0	100%	件		
		權利金	0	0	100%	千元		
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次		
		博士生	0	0	100%			
		博士後研究員	0	0	100%			
		專任助理	0	0	100%			
其他成果（無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。）		無						

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與（閱聽）人數	0	

科技部補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

■達成目標

□未達成目標（請說明，以100字為限）

　　□實驗失敗

　　□因故實驗中斷

　　□其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文：■已發表 □未發表之文稿 □撰寫中 □無

專利：□已獲得 □申請中 ■無

技轉：□已技轉 □洽談中 ■無

其他：（以100字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以500字為限）

面對全球氣候變遷與都市化所衍生的各項環境衝擊與威脅，綠地不僅可同時達到減量與調適策略之共益效果，更是實踐永續發展目標的重要方式。然而為極大化綠地規劃的效果，在規劃前須瞭解綠地的變遷趨勢，並瞭解綠地變遷所產生的影響，而在此些影響效果中，因空氣品質及氣候因子為全球氣候變遷與規劃上之關鍵因子，且與居民的生活、健康息息相關，故兩者與綠地變遷間的影響關係，極須釐清與重視。因此，本文以此為探討主題，並以台北都會區為實證案例，透過空間分析技術與景觀生態指數的分析，瞭解台北都會區中綠地空間結構與變遷狀態，另藉由偏最小平方法的實證，找出綠地變遷對微氣候及空氣汙染變化所產生的影響；作為綠地空間規劃或綠地計畫研擬之參考。

本文實證結果顯示，1995~2007年間，台北都會區減少1.19%的綠地面積.另外，景觀生態指數分析結果中，綠地在整體景觀格局中仍佔很大比重。而郊區大面積綠地因自然增加或造林等措施，使其連接度、面積、空間聚集性皆提升，破碎化減低，且形狀更趨複雜，至於核心區或計劃發展地區及其周邊，因密集地都市建設與土地開發，使得綠地有嚴重破碎化、分散化，並使綠地的連接度與面積趨減。

在綠地變遷影響效果之實證結果中，顯示綠地變遷會對空氣汙染程度與微氣候(氣溫、降雨量)變遷造成影響，其中，綠地整體變化、綠地聚集度變化、綠地面積規模變化、最大綠地比例變化，皆會負向影響空氣汙染變化與氣溫變化；而綠地破碎度變化、綠地近鄰性變化，皆會正向影響空氣汙染變化，另僅綠

地破碎度變化會正向影響氣溫變化；另外，綠地整體變化與綠地面積規模變化皆負向影響降雨型態變化，而綠地破碎度變化則正向影響降雨型態變化。另外，亦顯示空氣汙染變化對氣溫變化存在負向影響關係，表示空氣汙染物質的直接與間接冷卻作用強於增溫作用；而空氣汙染變化物質愈趨多，會減少小雨降雨日數與年降雨量，亦會增加未降雨日數。

本研究結果可作為政策研擬及其影響之研究.