



台灣都市生態化程度之研究

盧光輝*、黃煦雯**、劉宗華***

*中國文化大學地學研究所教授

**中國文化大學地學研究所地理組碩士班研究生

【摘要】

由於都市化快速發展，促使經濟產生聚集效應與社會網絡連結頻繁，吸引人們往都市集中，因而產生環境超限利用的問題，使得都市維生系統遭受破壞，進而生活品質降低，再加上全球性環境問題(例如：溫室效應、酸雨、沙塵暴...等)的衝擊，已喚起世界各國重視環境保育落實於地方層級發展計劃中。因此，都市在永續發展中扮演著舉足輕重的角色，透過建立生態都市的指標，可作為生態都市永續發展策略的重要參考依據。

研究首先自文獻回顧統整生態都市的意涵與指標選取原則，再經資料蒐集後，建立生態都市評估的候選指標，為了增加生態都市規劃策略評估因子的客觀性，運用模糊德爾菲法(FDM)專家問卷篩選評估生態都市發展的指標，並應用層級分析法(AHP)計算指標權重值以增加信度。結果顯示專家學者認為「環境生態」為首要參考依據，之後的順序為「教育文化」、「經濟發展」、「社會安全」及「循環代謝」。再依不同指標所占的權重值進行加權計算，得出生態綜合指數。藉由生態綜合指數檢視及比較台灣數個縣市的生態都市發展潛力，以期作為未來都市永續發展的課題及策略。

關鍵字：生態都市、模糊德爾菲法、層級分析法、生態綜合指數、永續發展

A study of the ecological status among urban cities in Taiwan

Kwong-Fai Andrew Lo^{*}、Hsu-Fen Huang^{}、Tsung-Hua Liu^{**}**

^{*} Professor, Institute of Geography, Chinese Culture University

^{**} Graduate Student, Institute of Geography, Chinese Culture University

【Abstract】

Rapid urbanization development often leads economic convergence, frequent social network linkage and attract people towards urban concentration. This may cause overloaded environmental problems, destruction of urban life support systems, and degradation of life quality. Furthermore, the impact of global environmental problems, such as greenhouse effect, acid rain, dust storm, etc., has already stimulated awareness of environmental conservation and to carry out regional development planning. Urban cities, therefore, play an important role in sustainable development. The establishment of the eco-city index is crucial in developing sustainable eco-city strategies.

The selection principle of eco-city index is determined initially based on the definition of eco-city found in the literatures. Candidates for eco-city indices are then established. To increase the objectivity of the eco-city planning strategy evaluation factor, the Fuzzy Delphi Method (FDM) is used to sieve through all the potential eco-city indices to establish the best representative indices. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is then used to calculate the weight of the indices to increase its reliability. As a result, experts agree that environmental ecology is the top priority index, followed by education and culture, economic development, society security, and metabolic cycling. The composite eco-indicator is calculated according to the weighing given to different indices. The



composite indicator is compared at several potential cities to provide useful guidance and strategies for future sustainable urban development.

Keyword: Eco-city, Fuzzy Delphi Method, Analytic Hierarchy,
Composite eco-indicator, Sustainable development.

壹、前言

由於近年來全球都市快速發展與人類致力追求經濟成長，卻也產生環境超限利用的問題，使得都市維生系統遭受破壞，進而生活品質降低，再加上全球性環境問題(例如：溫室效應、酸雨、沙塵暴...等)的衝擊，已喚起世界各國重視環境保育落實於地方層級發展計劃中，而關於生態都市的測度研究尚處於探索階段。

面對都會蔓延現象，生態學已從單向的自然生態問題思考方式，轉向都市化過程所引致的生態課題。而生態規劃的典範逐漸從「保育取向論述」走向「復育取向論述」。透過生態都市測度指標分析台灣都市生態化程度與分布，可作為土地利用規劃的依據，創造未來優質的生活環境。

為挽救生態環境的破壞，解決都市發生的生態危機，重建都市發展與自然演進，生態都市的思想孕育而生。1992 年聯合國環境發展大會會後，人居環境問題已成為永續發展的重要因素，如何求得都市生態與人類平衡發展更是國際間關注的課題；2002 年在翰尼斯堡聯合國永續發展世界高峰會上，亦公認生態都市規劃為各國政府協調經濟和社會發展，保證長期的生態健康，並實現永續發展的具體行為。未來都市發展必須重視生態問題的基礎上，發展都市運作功能，才能維持都市生態系統的穩定平衡；此由生態學原理所衍生的新分支學科，為生態都市學，在國際已形成一股風潮。反觀國內在經濟掛帥的發展結構下，環境資源保育與都市發展出現嚴重失衡的情形，因而國內生態都市理念的推廣更顯重要與急迫(陳樺蓁，2004)。

研究目的除回顧台灣生態都市發展概況外，並試圖界定適合台灣發展的生態都市發展的定義、目標與策略，以作為都市發展與環境永續經營的參考依據。擬定生態評估指標藉以提供生態都市土地利用有效的設計依據與方向。透過生態化綜合指數判定不同都市的生態化程度並提出發展的課題和策略。以作為土地利用規劃的依據，創造優質永續的生態都市環境。

研究流程(圖 1)共分為四個部份，第一部份為訂定研究動機與目的；第二部份尋找適合的研究方法，篩選候選指標，並計算其權重值，以作為估計台灣都市的生態化綜合指數；第三部份詳述建置台灣生態都市評估指標系統，依據生態指標

面向的確立，擬定每一面向的候選指標，以及問卷調查結果與分析；第四部份為研究的結論與建議。

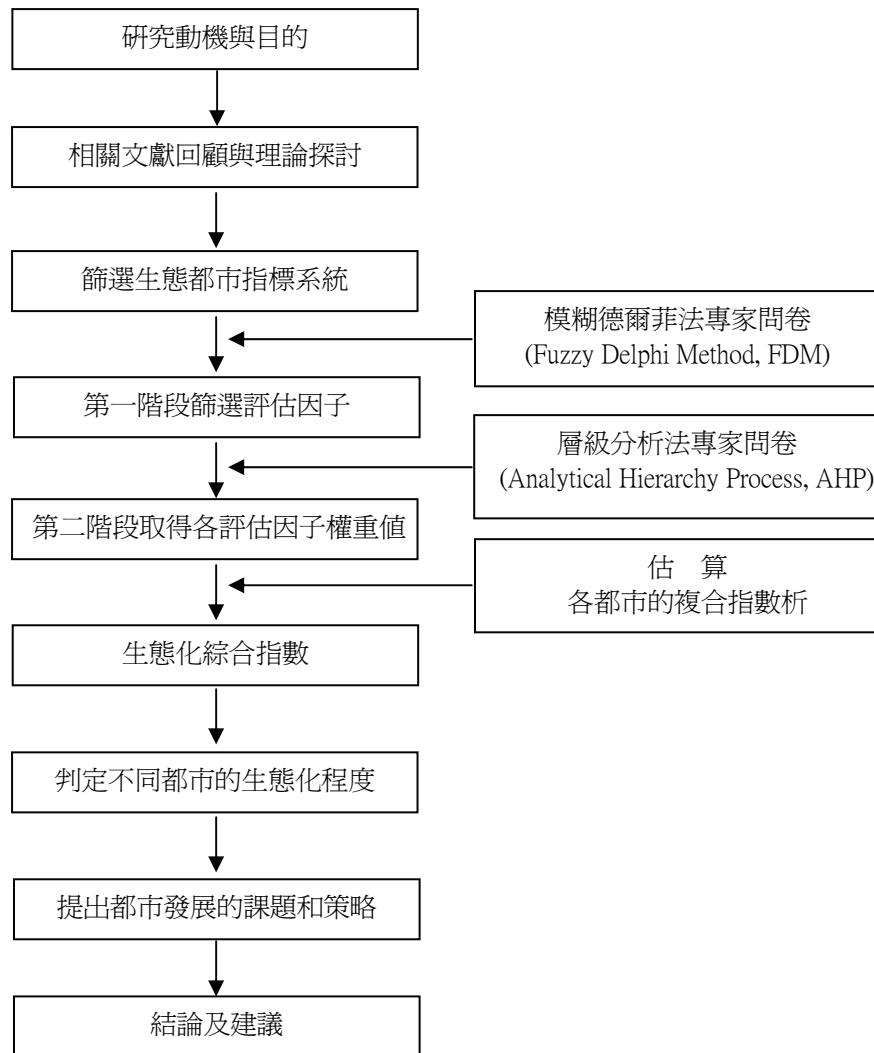


圖 1 研究流程

貳、研究背景

「都市」係為人類文明的產物，根據聯合國人類居住計畫機構(UN Human Settlement Programme)報告指出，目前世界人口有一半居住在都市中，方興未艾的經濟全球化更使世界都市化以前所未有的規模和迅速發展，預計世界都市化的趨勢還會更加速發展，到 2030 年，世界都市化人口將占總人口的 60%(陳樺棻，2004)，地狹人稠的台灣亦有將近 80%人口居住都市計劃區，然而，都市發展多以經濟發展為主軸，漠視都市與自然生態體系是相互影響的，這正意味人類未來的生存環境將面臨嚴峻的考驗。

一、生態都市意涵

生態都市的觀念源自於永續發展，生態都市(又稱 eco-polis 或 eco-ville 或 ecological city 或 eco-city)最早在 1971 年的聯合國教科文組織(UNESCO)《人與生物圈計畫(MAB)》研究過程中提出。會議中提出建立都市生態規劃五原則：(1)生態保護策略(2)生態基礎設施(3)居民生活標準(4)文化歷史保存(5)將自然融入都市(楊侑靜，2005)。雖然目前生態都市尚無公認的標準定義，但可以了解生態都市是一個高自然度與資源自足性，並遵循循環都市代謝作用機制的都市。因此，生態都市的意涵在尋求都市內的人為環境與自然環境達到和諧關係。

一般認為，現代生態都市思想的起源為霍華德(Edward Howard)的田園都市理論，這一理論著重於都市與自然的平衡。而現代生態都市理論成熟於 20 世紀 80 年代，理論核心在於其認為都市發展存在生態極限(謝佩珊，2005)。故將生態原理運用於都市中，由生態學觀點來看，都市可視為異營性的生態系統，必須仰賴外界的自營性系統，提供維生服務，並且同化所產生的廢棄物與污染(黃書禮，2004)。隨著生態學的發展，生態都市理論橫向地與社會學、經濟學等人文科學進行融合，成為一門研究人類與自然的綜合學科。因此，生態都市理論包括自然、經濟、社會與複合生態觀(王如松，1991)。為全面性考量生態都市的理念，研究以複合生態觀作為理論基礎，以物資能量的高效利用，社會、自然的協調發展，系統動態的自我調節，探討都市生態環境不能僅考慮片面觀點，而是須從各種面向來分析探討，才能面面俱到。



二、指標功能及生態都市指標選取原則

指標的功能有諸多解釋，有專家認為指標需具備：說明、預警、檢討回顧及決策導引等四種基本功能(謝佩珊，2005)。Mitchell et al. (1995)認為指標有助研究者綜合大量的資料、描述存在的現象及未來關連的現象、監控發展的過程及為不同標的團體或學科領域提供相同的溝通符號。又因指標使用者的群體對象與目的不同，對指標有不同詮釋，因而其能發揮的功能亦不同，就目前指標運用的情況而言，其功能可以歸納為以下四種：(1)政策制定的引導、(2)立法及律定規範的參與、(3)喚起民眾環境意識及(4)學術研究的需要(王怡文，1999; Mitchell et al., 1995)。

依據郭瓊瑩(2003)所述，「永續發展的都市與生態都市兩者之立意概念相近，前者包括的範疇與課題較後者更為廣泛、全面」，故當研擬評估指標時，永續都市發展指標包括環境(自然資源與生態)永續性、經濟永續性、社會永續性三大主題，而生態都市評估指標則專注於環境永續性主題、以及經濟、社會主題與生態面、空間環境面相關的指標作為研究範疇。不論都市永續發展指標或建構生態都市指標，到目前為止，國內外仍屬於探索階段，尚無公認的指標可以應用(蔡惠玲，2004)。

在指標選取原則中，有專家曾提出需凸顯指標於永續性量度需求與資料可行性和應用性方面的準則(林晴如、鄒克萬，2002)；而生態都市指標應該展現生態意義，都市規劃者可以透過都市新陳代謝的模式尋找。有關都市新陳代謝的模式主要運用生態學的概念，以生命力的觀點應用在都市以證明可永續的意義，這方法已廣泛應用在工業生態、都市生態、建築展示計畫和產業計畫，可以展示都市的潛力。除此之外，其選取時尚應遵循以下三項原則(陳樺蓁，2004)：

代表性：在科學分析的基礎上，選取具有代表性的指標，所選指標要能反應該都市的本質特徵、複雜性和質量水準。

全面性：指標體系應具有綜合性，全面反應自然、經濟和社會體系的主要特徵及指標間的相互關係，並應使靜態指標和動態指標相結合。

規範性：指標的選擇應遵循使用國內外公認、常見的指標原則，使指標符合相關法規的要求。

另外，再加上一項可行性原則，讓指標計算更為準確性，所以，營造一個生

態都市為永續發展的最終目標，乃為了「滿足當代的需要，同時不損及後代子孫滿足其本身需要的發展」，其內涵係以保護生態環境和天然資源的「永續環境」為基礎，經由有效「永續經濟」為手段，塑造生命品質不斷提升的「永續社會」為目的。

叁、研究範圍

以往有關生態都市發展分析的研究，其分析單位是全台 23 個縣市為主(圖 2)。本研究將台灣的北、中、南、東四個區域，隨機選擇數個代表都市作為研究範圍，分別是北部地區以台北市、新竹市及宜蘭市為代表；中部地區以台中市與南投縣為代表；南部地區以台南市與屏東縣為代表；東部地區以花蓮縣與台東縣為代表。

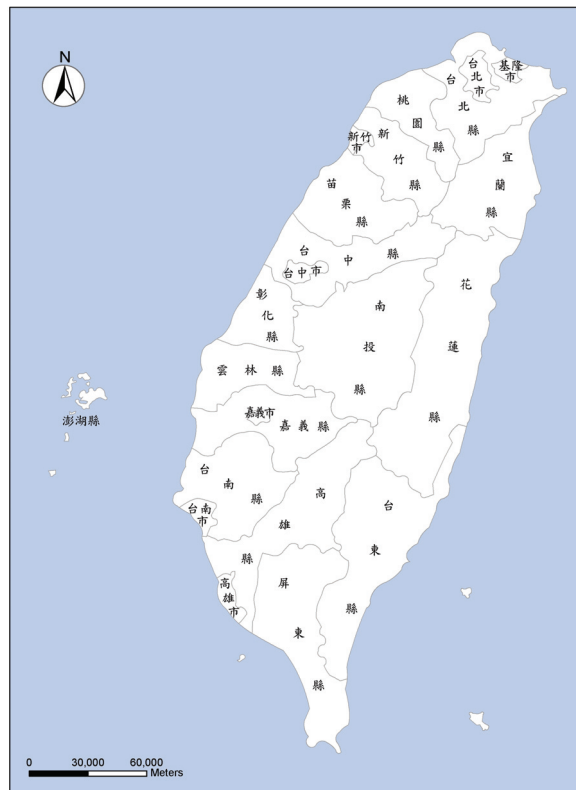


圖 2 台灣行政區劃分圖



肆、研究方法設計

確立生態都市指標評估因子的方法繁多，其中應用最廣泛的為文獻探討、問卷調查、層級分析法、因子分析法、主成分分析法、德爾菲法等，由於指標評估因子的篩選階段需涉及諸多專業知識，所以為使生態都市發展策略規劃過程更為客觀及系統化，故選用模糊德爾菲法，輔以專家問卷徵詢意見，增加指標建置的客觀性。另為了取得生態綜合指數必須考量指標權重值，故採用層級分析法。

一、模糊德爾菲法 (Fuzzy Delphi Method, 簡稱 FDM)

德爾菲法是專家預測法，也是群體決策法的一種。藉由邀集一羣專家學者，在彼此匿名的情況下，進行一系列的問卷調查，在反覆詢問專家意見中，要求專家依前一次調查結果修改自己的意見，直到專家學者的意見差異降到最低，即專家意見達成一致，獲取最可信的共同意見。但是，傳統的德爾菲法常遇到耗時、成本高、意見模糊扭曲、回收率低、無法保持中立及面對面的溝通等缺點(Hwang and Lin, 1987)。

Murray et al. (1985)試圖將模糊理論應用於德爾菲法，認為語意文字本身便含有豐富的意涵，在不同的時空、場合及對象下，對同一字眼便可能產生不同的解釋意義，並且認為德爾菲法問卷本身的語意具模糊性。因此提出可以用語意變數來解決德爾菲法的模糊性，但並未提出如何運作的方法。Ishikawa et al. (1993) 為解決傳統德爾菲法的缺失點，將模糊理論概念引進德爾菲法中，利用累積次數分配及模糊積分的觀念，將專家意見整合成模糊數，其形成過程稱為模糊德爾菲法(徐村和，1998)。其優點包括有：(1)個別專家的意見都會被考慮進去、(2)可減少調查次數、降低時間與經費的消耗、(3)預測項目的語意結構明確及(4)個別專家屬性皆具說明。

模糊德爾菲法除了能處理人類思維中的模糊部分外，更可以歸納主觀者所認定的不確定訊息(劉若瑜，2000)。爾後，陸續有許多模糊德爾菲法的研究，並用不同的方法處理專家模糊地帶，包括最大-最小模糊德爾菲法(Ishikawa et al., 1993)、三角模糊數(徐村和，1998；楊侑靜，2005；黃良志等，2001)、雙三角模糊數(吳

金霞，2003)等。本研究由於邀集的專家人數較少，故採用以三角模糊數為基礎的模糊德爾菲法，來涵蓋專家群體意見。其分析步驟包括：

步驟一：設計問卷內容，並組成適當的專家小組，請每位專家分別針對每項指標項目進行預測意見(ai, bi, ci)，i=1,⋯,n，給予一可能的區間數值(ai 最悲觀認知值和 ci 最樂觀認知值)及, bi 最適當認知值。隸屬函數 $\mu_{\tilde{A}}(x)$ 的定義及隸屬函數圖形如圖 3：

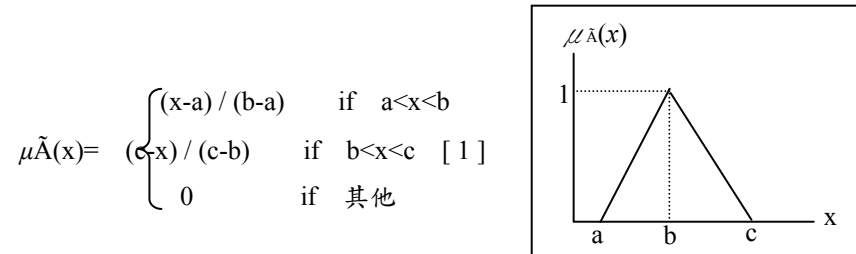


圖 3 模糊德爾菲法示意圖

步驟二：將每一項指標所有專家的最悲觀認知值、最樂觀認知值及最適當認知值進行統計分析。平均所有的專家意見(ai , bi, ci)，取得 $\tilde{A} = (a_m, b_m, c_m)$ 。由於 Saaty (1980)認為以幾何平均數表示專家共識的效果較佳，而且實務應用上大多採幾何平均數，因此，本研究以幾何平均數為三角模糊數的眾數(mode)，亦即隸屬度，圖中 b_m 為幾何平均數，代表大部分專家的共識，極小值 a_m 代表下限、極大值 c_m 代表上限，為專家共識三角模糊數之兩端點。

步驟三：篩選評估因子，界定門檻值(S)，藉以篩選出本研究中適合推動生態都市的評估指標。若評估指標(A_n)之預測值為(M_n)即： $M_n \geq S$ ，接受 A_n 評估指標；反之， $M_n < S$ ，刪除 A_n 評估指標。

二、層級分析法 (Analytic Hierarchy Process，簡稱 AHP)

層級分析法為 1971 年美國匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty 所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有多數個評估準則的決策問題上。就決策者而言，階層結構有助於對事物的瞭解，而層級分析法則有助於在面臨選擇適當方案時，決定各替代方案的優勢順位，以獲得最適方案。



層級分析法將龐大複雜的問題，依不同影響因素分成多個層面加以考量，再將之分解成一個簡單的層級系統，使問題簡化為明確的元素階層系統，而後依據專家學者的意見進行評估，以名目尺度進行各變項間相對重要程度計算，最後綜合各層級的權數獲取結果。層級分析法的優點在於容易了解、具實用性，能擷取多數專家與決策者的意見，在數量化的基礎下，經由一致性的檢定，可顯示各專家學者的共識性有否偏差（劉若瑜，2000）。

是故，Saaty (1980)認為適合使用 AHP 的決策問題，基本上有以下十二種：

規劃 (planning)

決定優先次序(setting priorities)

產生交替方案(generating a set of alternatives)

選擇最佳方案(choosing a best policy alternatives)

決定需求(determining requirements)

資源分配(allocation resources)

預測結果(predicting outcomes)

績效衡量(measuring performance)

系統設計(designing system)

確保系統穩定(ensuring system stability)

最佳化(optimization)

解決衝突 (resolving conflict)

由於生態都市的發展策略符合上述的第 1, 2, 3, 7, 11, 12 等項目特性，因而選定 AHP 法來做為第二次專家問卷設計工具。

其詳細流程如下：

步驟一：決定問題目標並建立層級關係。根據模糊德爾菲專家問卷所篩選出來的生態都市評估指標，建立其層級架構。

步驟二：進行專家問卷。目的在於以上一層級之某要素為準則，以求得專家對於層級成對要素相對重要性的意見。

步驟三：層級之成偶比對矩陣的建立。將相同層次中各因素間之成偶比對評估值以矩陣法描述，假設某層次中有 n 個評比因素時，則需進行 $C(n,2)=n(n-1)/2$

次成偶比對，參考下列式子(1)，因素 i 與因素 j 進行評比之成偶比對評估值為 a_{ij} 置於成偶比對矩陣 A 右上方的三角形的部份，而下三角型部分的數值為上三角形部分的對稱位置數值之倒數，即 $a_{ji}=1/a_{ij}$ ，而主對角線之元素質為評比因素的自我比較，故主對角線上的元素值均設為 1。

$$A=[a_{ij}]=\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad [2]$$

步驟四：一致性檢定。成偶比對矩陣 A 為正倒值矩陣，若其評估指標間無法完全一致時，會影響分析結果的正確性，因此必須進行一致性檢定。檢定矩陣一致性可使用一致性指標(Consistency Index, C.I.)與一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)。C.I.是由特徵向量法中求取 $\lambda_{\max}$ (最大誤差)與 n(矩陣維度)兩者求得：

$$C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad [3]$$

由隨機方式產生的正倒值矩陣的一致性指標稱為隨機指標(Random index, R.I.)，其值隨矩陣數增加而增加。倘若矩陣階數為 1~10 時，其 R.I.值則相等於 0.00, 0.00, 0.58, 0.90, 1.12, 1.24, 1.32, 1.41, 1.45 及 1.49。

在相同階數的矩陣下 C.I.值與 R.I.值的比率稱為一致性比率 C.R.即：

$$C.R. = C.I. / R.I. \quad [4]$$

Saaty (1980)認為 $C.R. \leq 0.1$ 是合理的，若超過此水準則建議應重新修正評估以改善一致性比率。利用一致性檢定檢驗誤差大小，是否在可容許之誤差範圍內，以告訴決策者在評估的過程中所作判斷的合理程度，則可避免不良的決策。

步驟五：各層級相對權重的求取。在建立成對比較矩陣後，透過數值分析中常用的特徵值解決求得特徵向量，加以計算得其各層級因子之權重。

伍、台灣生態都市評估指標系統建置

一、生態都市指標面向確立

由前述生態都市的意涵可以了解生態都市理論包括自然生態觀、經濟生態觀、社會生態觀及複合生態觀，本研究採用複合生態觀。Wang (2002)提出生態建設內容應該包括生態安全、生態衛生、生態產業、生態景觀和生態文明五個層面，其架構涵蓋整體性、和諧性、高效性和多樣性等主要特徵。Zhuo (2002)認為生態都市必需建立以產業生態學為基礎的生態經濟體系，包括生態農業的實施，實現清潔生產，也全過程的汙染控制代替末端汙染處理，能源結構更為合理可再生清潔能源成為能源結構的主體；此外，生態交通、建築、旅遊等亦為生態都市經濟發展重要組成。建立以生態文化為核心的新文化體系，倡導生態文明，人類在身心都保持健康，人性得到充分發展；法律法規體系完整，社會管理效率高，社會保障體系和服務體系健全(陳樺蓁，2004)。Dominski(1992) 學者則建議生態都市的實踐可以透過減廢、再利用及再循環等三階段來達成。

綜觀諸多學者的研究，將本研究之生態都市指標分成環境生態、社會安全、經濟發展、文化教育及循環代謝五個面向，並為本研究的研究架構，見圖 4：

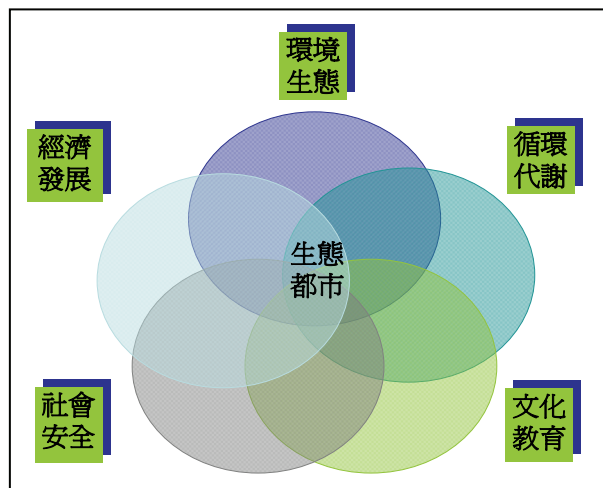


圖 4 研究架構

二、生態都市候選指標選取

本研究藉由建構生態都市評估指標，以檢視台灣都市發展符合生態都市的程度，故依文獻回顧之生態都市指標的選取原則，蒐集國內外城市指標如台北市永續發展指標、都市永續發展指標，並選取具代表性、全面性、規範性及可行性的生態都市評估指標，因此，初步選取的候選指標如表 1 及表 2。

表 1 評估生態都市之「環境生態」與「社會安全」候選指標

候選指標	估 算 方 法 說 明
環 境 生 態	
生物多樣性	$E=H/\log S$ $H=-\sum(n_i/N)\log(n_i/N)$ 其中，H=生物多樣性指數；N=生物總數量； $n_i=i$ 種生物數量(i 為生物別)；S=生物種數
每人享有的自然地區面積	自然地區面積÷現住人口數
年平均雨量	$\Sigma(\text{一地區最近測站之一年降雨量})/12 \text{ 個月}$
每人享有公園綠地面積	都市計畫區已完成公園綠地面積÷都市總人口數
水庫水質	研究區之水庫優養化指標(卡爾森多變數指標，TSI)
每人每日平均生活用水量	$(\text{每年自來水供生活用水} \div \text{都市總人口數}) \div 365 \text{ 日}$
能源使用率	每人每日平均耗電量做計算(每用戶全年平均用電量/戶數)/365 日。
每人每日垃圾量	平均每日垃圾清運量(含溝泥量)÷都市總人口數
河川中度污染以上長度比	$(\text{都市河川中度污染以上總長度} \div \text{都市內河川總長度}) \times 100\%$
空氣污染情況	$(\text{PSI}>100 \text{ 之日數} \div \text{測定日數}) \times 100\%$
每年噪音污染比例	$(\text{不合格時段數} \div \text{總時段數}) \times 100\%$
社 會 安 全	
都市人口密度	都市人口密度=現住人口÷土地面積
都市人口老化指數	$(65 \text{ 歲以上人口} \div 14 \text{ 歲以下人口}) \times 100\%$
每人享有公共設施面積比	都市計畫公共設施用地面積÷都市總人口數
大眾運輸易行性	大眾運輸乘客人次÷大眾運輸行駛里程數
汽機車持有率	$(\text{自用小客車數} + \text{機踏車數}) \div \text{都市總人口數}$
交通事故肇事率	交通肇事件數÷車輛總數
失業率	$(\text{失業人口} \div \text{勞動人數}) \times 100\%$
犯罪率	刑事案件發生數÷都市總人口數
醫療區域	都市面積÷醫療機構數
公共部門社會福利支出比例	$\{(\text{社會福利保險支出} + \text{社會救助支出} + \text{福利服務支出} + \text{醫療保健支})$



	出)÷總支出}×100%
自有房屋比率	現住房屋所有權屬戶內成員之任何一人或其直系親屬者占總戶數比率。

一、問卷調查結果分析

藉由研究方法整理問卷，篩選評估台灣生態都市指標項目，作為生態都市土地利用規劃的參考依據。利用「模糊德爾菲法」、「層級分析法」等操作，確立評估台灣生態都市指標項目與獲取生態都市指標權重值，以作為估計台灣城市的生態化綜合指數。

(一) 生態都市評估指標篩選結果 — 模糊德爾菲法

透過模糊德爾菲問卷，於 2008 年 1 月 3 日寄發給 15 位專家學者填寫，回收有 15 份問卷，回收率為 100%，而且均為有效問卷。

為求合理的門檻值，本研究將所有指標項目的幾何平均數再求一次幾何平均數為 6.3，故門檻值(S)為 6.3，當幾何平均數(Mn)小於門檻值(S)則刪除評估指標，大於等於門檻值則保留評估指標，篩選後被刪除的評估指標項目列如表 3，得知指標項目由原本的 38 個篩選出 24 個生態都市評估指標，再依據這些指標繼續應用層級分析法求取每項指標的權重值。

表 2 評估生態都市之「文化教育」、「經濟發展」與「循環代謝」候選指標

候選指標	估 算 方 法 說 明
文 化 教 育	
中小學師生比	(中小學教師數÷中小學學生數)
平均每戶家庭娛樂教育和文化支出比率	(娛樂教育和文化支出÷消費支出總計) × 100%
地方政府文化支出預算占總預算之比率	(文化支出總預算÷總預算) × 100%
社會教育機構服務範圍	都市面積÷社會教育機構數
經 濟 發 展	
農業生產面積	自都市及區域發展彙編蒐集
平均每人都市產值	平均每位市民之都市產值與國內生產毛額或國民生產毛額

三級產業人口比例	$(\text{三級產業人口總數} \div \text{總就業人口數}) \times 100\%$
產業結構歧異度	$E = H / \log S$ $H = -\sum (n_i/N) \log(n_i/N)$ ，其中 H =產業結構歧異度； N =就業人口數； n_i = i 種職業人口數(i 為職業別)； S =職業類別數
都市平均每人所得 (每人平均經常性收入)	每戶每年經常性收入總計 $\div$ 平均每戶人數
實質儲蓄率	實際儲蓄=國民生產毛額(GNP)-消費-生產資產的耗損-活資源的淨耗損-礦產的耗損-污染造成的劣化+人力資本投資計算所得的教育支出
通過 ISO 14000 之工廠比率	$(\text{該市通過 ISO14000 之工廠} \div \text{該市總工廠數}) \times 100\%$
循環代謝	
衛生下水道普及率	用戶衛生下水道接管率
營建廢土回收比例	$(\text{營建廢土回收量} \div \text{營建廢土總量})$
資源回收率	$(\text{堆肥量} + \text{資源回收量}) \div (\text{垃圾清運量} + \text{資源回收量}) \times 100\%$
公共部門環境保護投入支出比例	$(\text{環就保護預算} \div \text{總預算}) \times 100\%$
都市平均透水率	$1 - \sum (\text{各土地使用面積比} \times \text{各土地使用別逕流係數})$

表 3 篩選後被刪除之生態都市指標項目

面向	指標項目	極大值	極小值	幾何平均數(Mn)
環境生態	年平均雨量	7	3.6	5.3
	能源使用率	7.6	4.7	5.7
	河川中度污染以上長度比	7.6	4	5.7
	每年噪音污染比例	8	4	5.7
社會安全	每人享有公共設施面積比率	7.3	4	5.3
	汽機車持有率	6.7	3.7	5.3
	交通事故肇事率	6.7	3.7	5.7
	犯罪率	7	4.3	5.7
	地方政府的支出中社會福利支出占總支出比率	7	4.7	5.7
循環代謝	營建廢土回收比例	7.3	4.3	5.3
	都市平均透水率	7	4	5.3
經濟發展	農業生產面積	3.7	0.3	1.7
	產業結構歧異度	7.3	4	5.3
	實質儲蓄率	6.3	2.7	5



(二) 生態都市評估指標權重分析 — 層級分析法

經模糊德爾菲法所篩選出的生態都市指標，爲了增加信度應用層級分析法 (AHP) 計算指標權重值，按不同指標所占的權重進行加權，得出生態綜合指數。

本研究將問題簡化爲三個層次的層級結構，其中，第一層次爲目標層，即達到生態都市的目標，第二層次分爲 5 個面向探討，第三層次爲指標項目。並繼續邀請這 15 位專家學者填寫層級分析法問卷內容，於 2008 年 1 月 17 日寄發問卷 15 份層級分析法，回收 13 份，回收率爲 87%，而且均爲有效問卷。

將回收的問卷按照層級分析法研究步驟進行統計分析，然而，爲檢驗問卷效果的準確性，需進行一致性檢定，第二層五個面向間的一致性比率 $C.R.=0.0173$ ，第三層中環境生態的指標項目 $C.R.=0.0199$ ，社會安全的指標項目 $C.R.=0.0174$ ，循環代謝的指標項目 $C.R.=0$ ，經濟發展的指標項目 $C.R.=0.0815$ ，教育文化的指標項目 $C.R.=0.0153$ ，一致性比率皆在 0.1 以下，因此，本問卷通過一致性檢定，即問卷結果在可容許的誤差範圍內，亦即所計算的權重值可供參考。

各層級經運算所得的權重值，如表 4 所示，在第一層級中，五個面向中以環境生態權重值(0.2893)爲最高，由此可知，專家學者們一致認爲，若要發展生態城市土地利用規劃需先改進環境生態這一環；第二層級爲指標層分五組面向，在第一面向環境生態中，以每人享有的自然地區面積之權重值(0.2733)爲最高，顯示專家學者們認爲保留自然地區是最上策；第二面向社會安全中，以失業率之權重值(0.3675)爲最高，隨著城市經濟發展，若失業率高則對生態都市的發展帶來負面的影響，潛藏社會安全的不確定性；第三面向循環代謝中，以衛生下水道普及率及資源回收率之權重值(0.4)爲最高，專家學者認爲營造生態都市的環境須著重衛生下水道的建設及資源回收的成效；第四面向經濟發展中，以都市平均每人所得之權重值(0.5224)爲最高，可以知道若都市平均每人所得提升，表示該城市有一定的經濟基礎，才有充足的資金進行生態都市發展；第四面向教育文化中，以平均每戶家庭的娛樂教育和文化支出占總支出之比率與地方政府的文化支出預算占總預算之百分比之權重值(0.3551)爲最高，表示當每戶家庭娛樂教育和文化支出比例愈高，表示愈重視生活水準，地方政府的文化支出預算占總預算之百分比可以看出

政府對文化發展的重視程度，支出的比例愈高有助於都市文化品質的提升，使都市多方面並重發展，邁向生態都市的文化保存與發展的目標。

陸、台灣都市生態化程度

生態都市可以代表都市發展的趨勢，經過評估指標建置與分析後，爲了讓指標可以建立在相同的基礎上，將各都市的數據轉換成指數值，以便建立各都市不同時期的複合指數，進行各都市的土地利用規劃需考慮的優先順序與未來可以發展的方向，是故，首先將資料透過標準化數值、指數值計算生態都市指數值，再闡述生態都市複合指數之建立。

表 4 生態指標項目權重值

目標層	第一層級	評估因子 絕對權重	第二層級	評估因子 絕對權重	排序
生態 都市 指標 體系	環境 生態	0.2893	生物多樣性	0.0688	6
			每人享有的自然地區面積	0.2733	1
			每人享有公園綠地面積	0.2517	2
			水庫水質	0.0634	7
			每人每日平均生活用水量	0.1572	3
			每人每日垃圾量	0.1084	4
			空氣污染情況	0.0773	5
	社會 安全	0.1909	都市人口密度	0.1225	3
			都市人口老化指數	0.1091	4
			大眾運輸易行性	0.0972	5
			失業率	0.3675	1
			醫療區域	0.1945	2
			自有房屋比率	0.1091	4
	循環 代謝	0.1096	衛生下水道普及率	0.4000	1
			資源回收率	0.4000	1
			公共部門環境保護投入支出比例	0.2000	2

	經濟 發展	0.1909	平均每人大都市產值	0.1363	4
			三級產業人口比例	0.1620	3
			都市平均每人所得(每人平均經常性收入)	0.5224	1
			通過 ISO14000 之工廠比率	0.1793	2
	教育 文化	0.2193	中小學師生比	0.1449	2
			平均每戶家庭的娛樂教育和文化支出占總支出之比率	0.3551	1
			地方政府的文化支出預算占總預算之百分比	0.3551	1
			社會教育機構服務範圍	0.1449	2

本研究蒐集自 2001 年至 2005 年 5 個年度的台灣 9 個代表都市(台北市、新竹市、宜蘭市、台中市、南投縣、台南市、屏東縣、花蓮縣、台東縣)，關於環境生態、社會安全、循環代謝、經濟發展、教育文化 5 面向的 24 個指標項目的資料，大部份資料可以從各縣市統計要覽、環保署統計年報、行政院主計處、經濟建設委員會…等尋得資料，然而，2006 及 2007 年的部份，因為相關單位部份資料尚未對外開放或尚未調查完畢，所以，本研究只考量 2001 年至 2005 年時期的資料，在蒐集資料的同時，經初步檢測其準確性、誤差性、代表性…等後，仍然有幾項指標需要以其他相關指標作替代。

其中，在環境生態面向中的「生物多樣性」指標項目，由於，都市中生物數量量測不易，因此，以都市森林覆蓋率代表生物多樣性的指標。在「水庫水質」指標項目，台北市以翡翠水庫為代表，新竹市以寶山水庫為代表，台中市以鯉魚潭為代表，南投縣以日月潭為代表，台南市以南化水庫為代表，屏東縣以牡丹水庫為代表，又因為宜蘭縣、花蓮縣與台東縣飲用水源分別來自深溝淨水場、婆婆礮淨水場以及利嘉淨水場，水源為流動性質所以優養化程度會最低，CTSI 指數均以 30 為計算值。在「每人每日垃圾量」指標項目，由於，每人每日垃圾量各縣市有資料缺漏的現象，因此，用平均每人每日垃圾清運量作代表。

在社會安全面向的「大眾運輸易行性」指標項目，由於，大眾運輸乘客人次與大眾運輸行駛里程(延人公里)在直轄市有詳細記載，但是，其他縣市都有資料不完整的情形，然而，道路里程密度可以代表一城市聯外交通的便捷性，因此，以「道路里程密度」取代「大眾運輸易行性」。

在經濟發展面向的「都市平均每人所得」指標項目，與「每人平均經常性收入」意思相同，因此，將「每人平均經常性收入」取代「都市平均每人所得」的計算。在「通過 ISO14000 之工廠比率」，原意為各縣市所有工廠中通過 ISO14000 之工廠比率，但是其資料取得不易，然而，每年通過 ISO14000 之工廠則可以在「經濟部工業局的工安環保報導」中可以找到資訊，是故，將「各縣市所有工廠中通過 ISO14000 之工廠比率」以「當年度各縣市申請通過 ISO14000 之工廠比率」作替代。

在教育文化面向的「社會教育機構服務範圍」指標項目，由於社會教育機構服務範圍的計算方式為都市面積÷社會教育機構數，其中，社會教育機構數目各縣市資料不齊全，於是，以「社會教育機構每人可獲得服務範圍」替代「每個社會教育機構可服務的範圍」。

一、生態都市指數值計算

(一) 標準化數值計算

本研究將每項指標利用 9 個代表都市的數值為依據，並計算此 9 個數值的平均數作為基準值，即計算各單項指標之平均值，以此為據，進一步對每一單項指標中個別指標數值作平移(個別指標減去平均值)，並以該指標的九個觀察值所計算的標準差對該平移值作離散幅度的調整〔(個別指標—平均值)÷標準差〕，得出該指標值於此 9 個數值中的相對位置。計算如下：

$$Z_{jk} = \frac{X_{jk} - \overline{X_j}}{S_j} \quad [5]$$

Z_{jk} = 第 j 個指標第 k 個觀察值之標準化數值

X_{jk} = 第 j 個指標第 k 個觀察值

$\overline{X_j}$ = 第 j 個指標 9 個代表都市之平均值

S_j = 第 j 個指標 9 個代表都市之標準差

標準化後的指標值若為 0，則表示該指標值相當於該年度 9 個代表都市數值的平均值；若為正值表示高於平均值，負值則低於平均值。



(一) 指數值計算

依社會學的研究，一般人對量測尺度的理解以十分法最具共識，為提高數值的可讀性，本研究將以線性轉換的方式將標準化後的數值轉換到 0~1 的值域，因為，標準化值域具有反應原觀察值與平均值差異程度的意義，是故，各面向的指數值計算公式如下：

$$I_{jk} = \frac{Z_{jk} - \overline{Z_{j,\min}}}{D_j} \quad [6]$$

I_{jk} = 第 j 個指標第 k 個觀察值之指數值

$\overline{Z_{j,\min}}$ = 第 j 個指標 9 個代表都市之標準化數值最小值

D_j = 第 j 個指標 9 個代表都市之標準化數值的全距(標準化數值之最大值減最小值)

經由正規化的第 j 個指標第 k 個觀察值之綜合指數過程，將數值轉換到 0~1 之間，可以提供統一比較計算，方法上以各指標的極大值與極小值為範圍，依上式[6]計算之指標值若為 0.5，表示指標值相當於該年度 9 個代表都市數值的平均值；大於 0.5 表示高於平均值；反之，小於 0.5 表示低於平均值。若指數愈接近 1 表示愈接近該年度 9 個代表都市指標值中的最高值，同理，若指數愈接近 0 表示愈接近該年度 9 個代表都市指標值中的最低值。經計算後，各面向的標準化數值結果，以表 5，2001 年環境生態面向的指數值為例。

表 5 2001 年環境生態面向之指數值

指標項目 代表都市		生物多樣性(森林覆蓋率)	每人享有的自然地區面積	每人享有公園綠地面積	水庫水質(卡爾森優養指數 CTSI)	每人每日平均生活用水量	每人每日垃圾量	空氣污染情況
北部	台北市	0.491	0.321	0.217	0.752	1.000	0.653	0.297
	新竹市	0.220	0.000	0.401	1.000	0.194	0.597	0.113
	宜蘭縣	0.955	0.039	0.239	0.000	0.000	0.500	0.000
中部	台中市	0.247	0.131	0.383	0.840	0.454	0.000	0.339
	南投縣	0.951	0.817	0.385	0.621	0.079	0.319	0.388
南部	台南市	0.000	0.073	0.193	0.929	0.018	0.458	0.487
	屏東縣	0.664	0.081	0.315	0.823	0.146	0.528	1.000
東部	花蓮縣	0.999	0.574	0.000	0.000	0.273	1.000	0.113
	台東縣	1.000	1.000	1.000	0.000	0.248	0.681	0.048
權重值(W)		0.0688	0.2733	0.2517	0.0634	0.1572	0.1084	0.773

一、生態都市複合指標建立

本研究先處理各指標量度問題，再做複合指標的建置，計算結果如下：

(一) 不同面向指標項目綜合指數計算

利用表 4 層級分析法得出各指標項目的權重值，將處理過具有相同基準的指標指數值，運用乘積的方式，將各面向各指標項目的標準化數值與權重值相乘，各個代表都市的指標綜合指數的公式為：

$$C_{jk} = I_{jk} \times W_j \quad [7]$$

其中， C_{jk} = 第 j 個指標第 k 個觀察值之綜合指數

I_{jk} = 第 j 個指標第 k 個觀察值之指數值

W_j = 第 j 個指標的權重值

經計算得出各時期各面向中各個代表都市的指標綜合指數，而計算的結果以表 6，2001 年環境生態面向的綜合指數值為例。



表 6 2001 年環境生態面向之綜合指數值

指標項目 代表都市		生物多樣 性(森林覆 蓋率)	每人享有 的自然地 區面積	每人享有 公園綠地 面積	水庫水質 (卡爾森優 養指數 CTSI)	每人每日 平均生活 用水量	每人每日 垃圾量	空氣污染 情況
北部	台北市	0.0338	0.0878	0.0547	0.0477	0.1572	0.0708	0.0230
	新竹市	0.0151	0.0000	0.1010	0.0634	0.0305	0.0647	0.0087
	宜蘭縣	0.0657	0.0107	0.0601	0.0000	0.0000	0.0542	0.0000
中部	台中市	0.0170	0.0359	0.0963	0.0533	0.0713	0.0000	0.0262
	南投縣	0.0655	0.2233	0.0970	0.0394	0.0124	0.0346	0.0300
南部	台南市	0.0000	0.0200	0.0487	0.0589	0.0028	0.0497	0.0377
	屏東縣	0.0457	0.0222	0.0794	0.0522	0.0229	0.0572	0.0773
東部	花蓮縣	0.0687	0.1569	0.0000	0.0000	0.0429	0.1084	0.0087
	台東縣	0.0688	0.2733	0.2517	0.0000	0.0390	0.0738	0.0037

(一) 不同面向不同城市複合指數計算

不同都市的每項指數的綜合指數(C_{jk})算出後，再用累加的方式，合成各個面向不同城市的複合指數(C)：

$$C = \sum_{j=1}^n C_{jk} = \sum_{j=1}^n I_{jk} \times W_j \quad [8]$$

n = 指標數

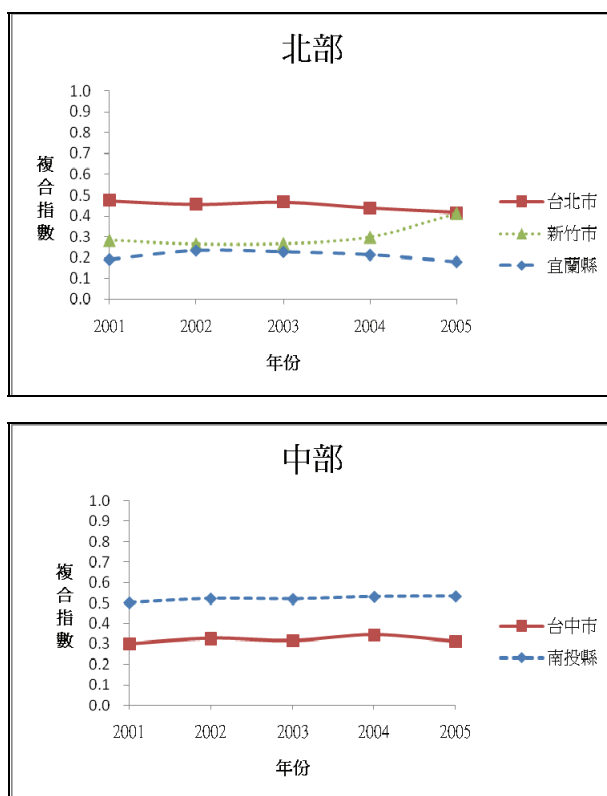
當環境生態複合指數愈高，代表該都市的環境生態愈優勢，愈能朝生態都市發展；當社會安全複合指數愈高，表示該都市的社會環境愈安全，人類居住愈安心，更能符合生態都市；若循環代謝複合指數愈高，顯示該都市對減廢、再利用、再循環重視度高，有利生態都市發展；倘若經濟發展複合指數愈高，可以知該都市具有經濟生活的水平愈高，愈可以達到生態都市的目標；當教育文化複合指數愈高，則該都市民眾能有足夠的生態都市觀念推廣的管道，愈能在生態都市扎根。

三、討論與分析

(一) 不同年代不同都市複合指數趨勢分析

1. 環境生態面向

就環境生態面向而言，若該都市的環境生態面向複合指數值愈高，表示愈具備生態都市的優勢環境，從圖 5 可知台北市、宜蘭縣、台中市、南投縣、台南市、屏東縣、花蓮縣及台東縣在這 5 年起伏變化較和緩，然而，新竹市這 5 年間有向上趨勢，尤其在 2004 至 2005 年明顯有變化。新竹市「每年每日平均生活用水量」在這兩年上升不少，可能與人口密度提升有關，因為，2004 年新竹市的人口密度為 3717.23 人/平方公里，而 2005 年為 3753.17 人/平方公里，增加率為 1.08%。



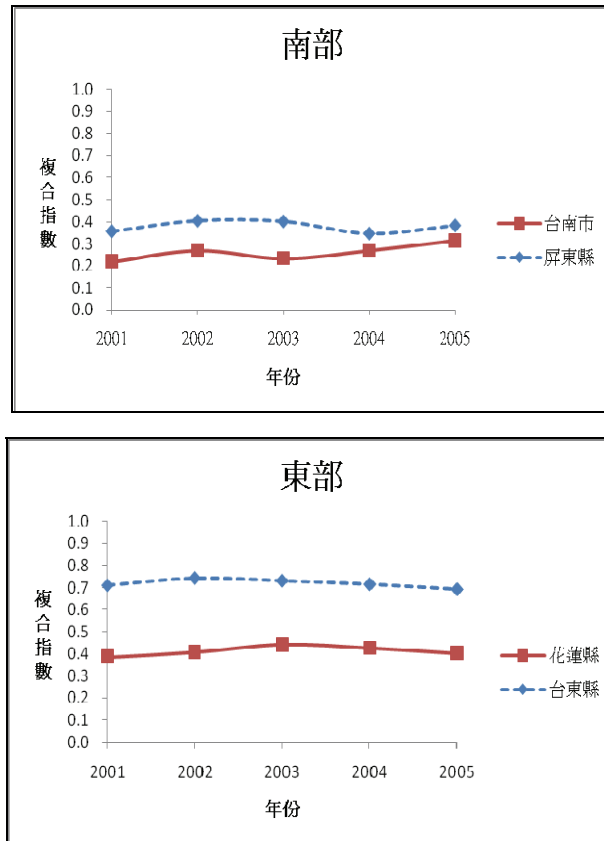
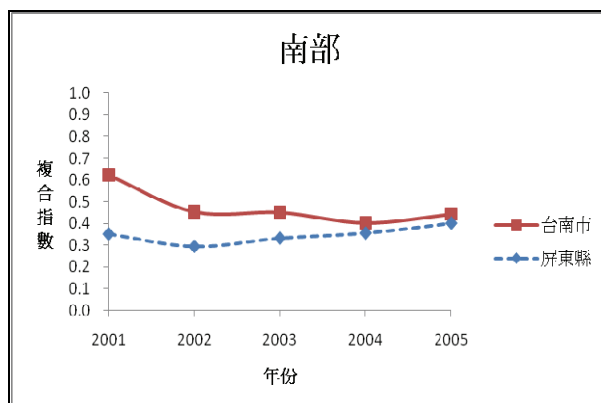
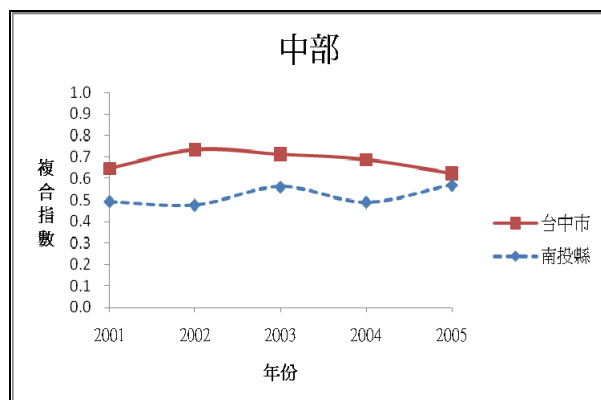
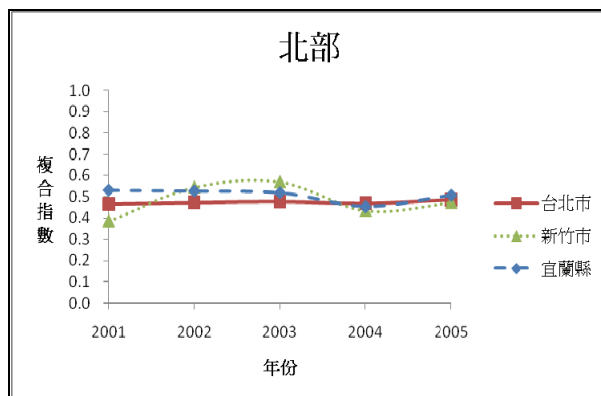


圖 5 2001~2005 年環境生態面向的複合指數趨勢變化

2. 社會安全面向

就社會安全面向而言，若該都市的社會安全面向複合指數值愈高，表示愈具備生態都市優勢的社會環境，從圖 6 得知台北市、新竹市、宜蘭縣、台中市、南投縣、屏東縣、花蓮縣及台東縣在這五年起伏變化較緩和，但是，台南市有趨勢向下的情況，其「失業率」可能為最大的影響因素。



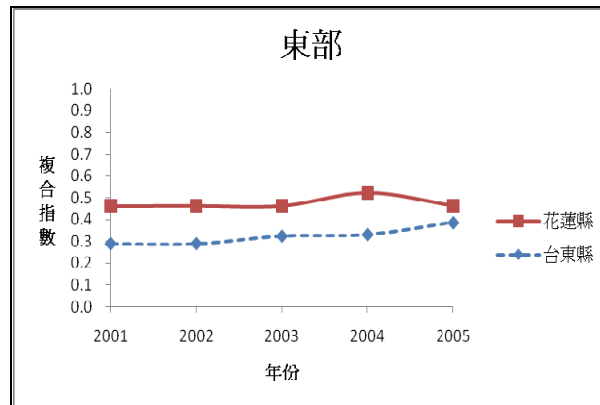


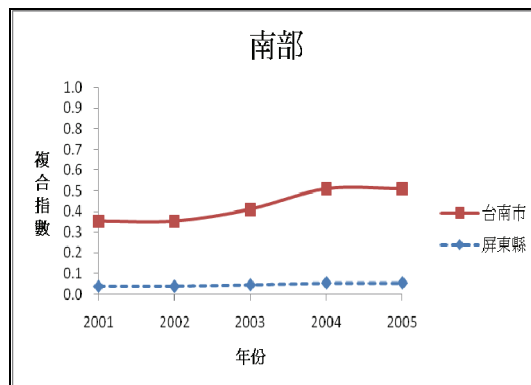
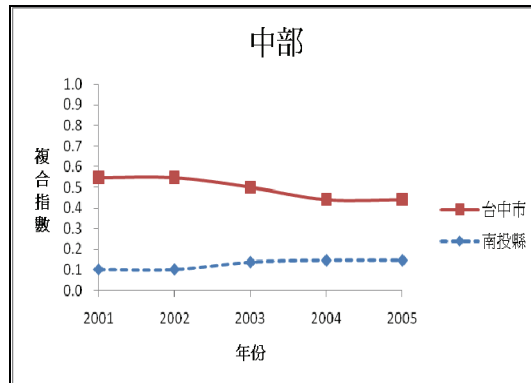
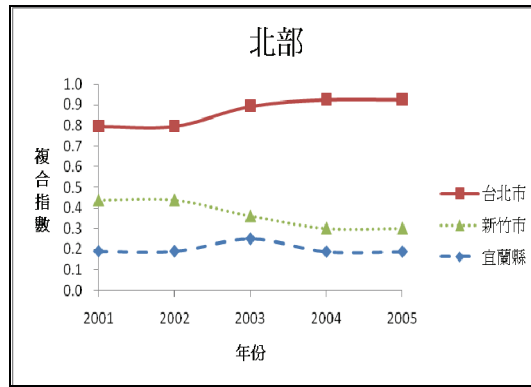
圖 6 2001~2005 年社會安全面向的複合指數趨勢變化

3. 循環代謝面向

在循環代謝面向而言，若該都市的循環代謝面向複合指數值愈高，表示愈重視減廢、再循環、再利用，愈能朝生態都市發展，從圖 7 可知除了台東縣外，其它縣市在這 5 年起伏變化較平緩。自 2003~2005 年「資源回收率」同樣具有下降趨勢，因而影響台東縣循環代謝面向的複合指數值偏低。

4. 經濟發展面向

就經濟發展面向而言，若該都市的經濟發展面向複合指數值愈高，表示愈有經濟活力營造生態都市，由圖 8 得知，在 2001~2005 年經濟發展面向的複合指數中，台北市、宜蘭縣、台中市、南投縣、台南市、花蓮縣和台東縣趨勢變化不大，不過，新竹市的變化趨勢是先有下降情況，突然於 2004 年增加到 0.713，爾後，便回復到原本的情形，原因可能因各地方政府政策影響。



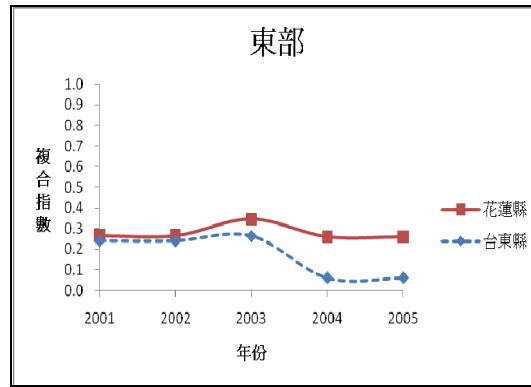
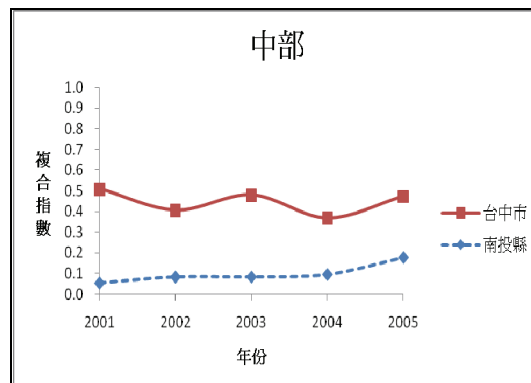
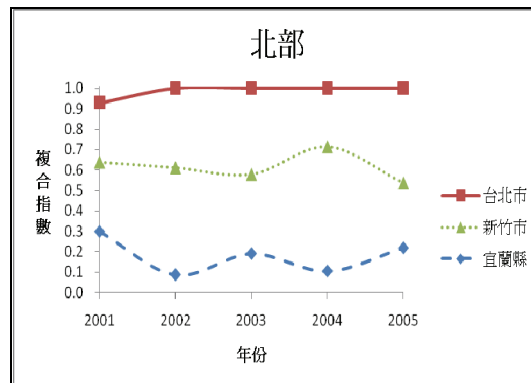


圖 7 2001~2005 年循環代謝面向之複合指數趨勢變化



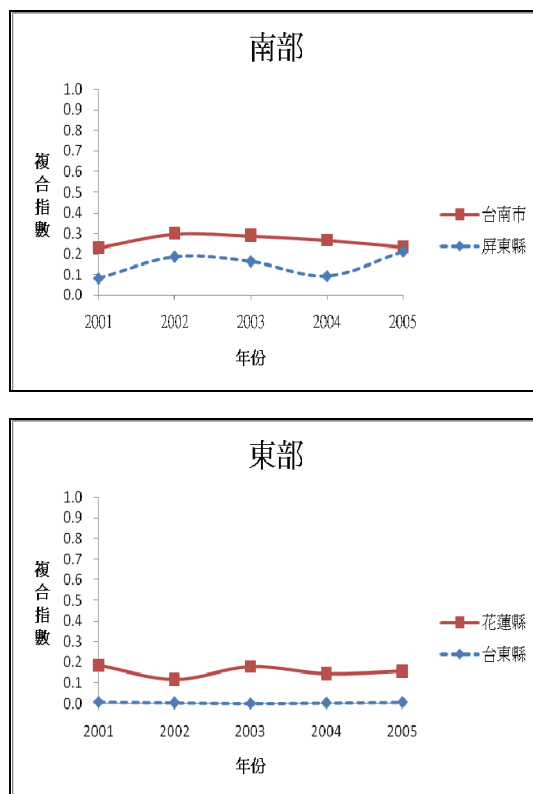


圖 8 2001~2005 年經濟發展面向的複合指數趨勢變化

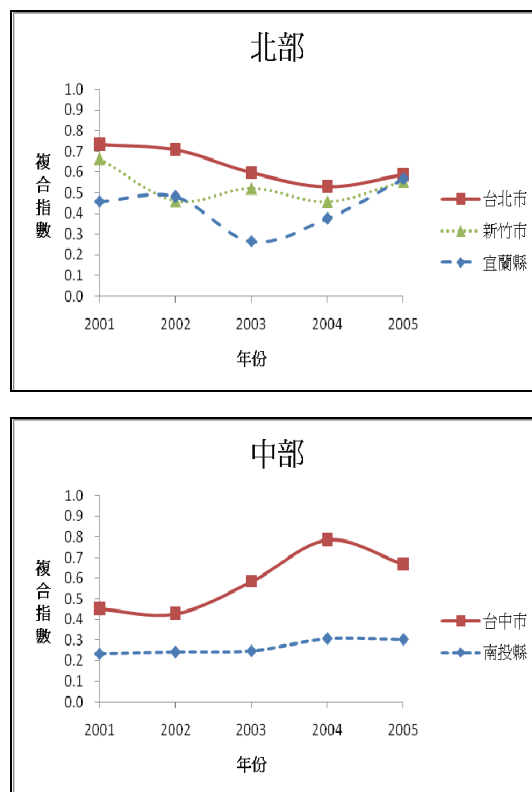
5. 教育文化面向

就教育文化面向而言，若該都市的教育文化複合指數值愈高，表示愈能推廣生態都市的理念，自圖 9 可以觀察出只有台北市、南投縣、花蓮縣及台東縣的複合指數在這 5 年中變動幅度不大，其他縣市中具有先降後升的變動情形為新竹市、宜蘭縣、台南市。資料顯示符合新竹市先降後回的指標為「平均每戶家庭的娛樂教育和文化支出占總支出之比率」，自 2001 至 2003 年得知，其複合指數趨勢由 0.36 降至 0.28 再回到 0.36；宜蘭縣與台南市有較明顯先降後升的狀況，而影響的指標均為「地方政府的文化支出預算占總預算之比率」、「平均每戶家庭的娛樂教育和文化支出占總支出之比率」。

另外，具有先升後降的變動情形為台中市，自 2002~2005 年，其複合指數趨

勢由 0.428 緩升至 0.584 突增到 0.786 再降至 0.669，符合此種情況的指標為「地方政府的文化支出預算占總預算之比率」；具有先降後回突然又下降為屏東縣，符合此種情況的指標亦為「地方政府的文化支出預算占總預算之比率」。

因此，綜觀教育文化面向而言，各縣市深受「地方政府的文化支出預算占總預算之比率」與「平均每戶家庭的娛樂教育和文化支出占總支出之比率」影響，可見政府政策對於地方推動教育文化建設相當具影響力，另外，由於家庭娛樂教育和文化漸受重視，故其影響力不容忽視，若政府需要作教育文化方面的土地使用時，必需有民眾參與才能符合大眾需求，以達最大效益。



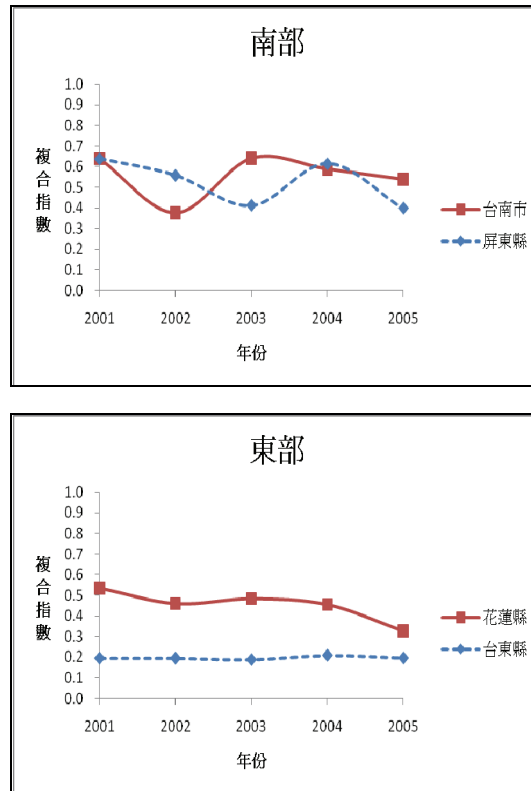


圖 9 2001~2005 年教育文化面向的複合指數趨勢變化

(一) 不同都市不同面向多年平均複合指數分析

由於在這 5 年中，每一個都市不同面向有不同的發展情形，因此，再將不同年代的複合指數進行計算，其計算方式為：每一都市每一面向的 5 年平均複合指數，並計算每一個都市的 5 年平均複合指數的平均值(表 7)。

另外，對每一都市的 5 年平均複合指數求得的綜合複合指數，由層級分析法(AHP)計算得知 5 個面向的權重值(參閱表 4)，環境生態面向的權重值為 0.2893；社會安全面向的權重值為 0.1909；循環代謝面向的權重值為 0.1096；經濟發展面向的權重值為 0.1909；教育文化面向的權重值為 0.2193，依據每個面向的權重值進行加權計算，可取得每個都市 5 年平均的綜合複合指數(表 7)，台北市為 0.6424；

新竹市為 0.4545；宜蘭縣為 0.3080；台中市為 0.4901；南投縣為 0.3412；台南市為 0.3858；屏東縣為 0.3240；花蓮縣為 0.3704；台東縣為 0.3329；而平均值為 0.4054。

表 7 不同都市在不同面向五年平均之複合指數

生態都市面向 台灣都市		環境生態 面向	教育文化 面向	經濟發展 面向	社會安全 面向	循環代謝 面向	加權後之 五年平均 綜合複合 指數	排序
北部	台北市	0.4499	0.6318	0.9857	0.4737	0.8680	0.6424	1
	新竹市	0.3055	0.5307	0.6155	0.4820	0.3675	0.4545	3
	宜蘭縣	0.2097	0.4296	0.1785	0.5087	0.2000	0.3080	9
中部	台中市	0.3200	0.5840	0.4471	0.6800	0.4957	0.4901	2
	南投縣	0.5216	0.2681	0.0996	0.5168	0.1264	0.3412	6
南部	台南市	0.2604	0.5572	0.2634	0.4746	0.4276	0.3853	4
	屏東縣	0.3782	0.5244	0.1472	0.3475	0.0465	0.3240	8
東部	花蓮縣	0.4128	0.4531	0.1574	0.4754	0.2808	0.3704	5
	台東縣	0.7183	0.1973	0.0039	0.3248	0.1740	0.3329	7
平均		0.3974	0.4640	0.3220	0.4759	0.3318	0.4054	

台灣都市生態化程度分析結果為台北市排名第一，其後的順序為台中市、新竹市、台南市、花蓮縣、南投縣、台東縣、屏東縣、宜蘭縣。台北市只有三個面向排名第一(圖 10)，為經濟發展、循環代謝及教育文化，其中台北市從事三級產業人口比例是其他縣市之冠，因此，台北市的都市平均每人所得、平均每都市產值最多。因為台北市為首都，所以，其獲得中央的補助較其他縣市充裕，故衛生下水道普及率、地方政府的文化支出預算占總預算之比率等綜合指數較其他縣市高。又台北市政府努力以建構台北環保生態城為建設發展理念，因此，台北市生態化程度最高。相對的，宜蘭縣反而是生態化程度較低的城市(圖 11)，雖然，在社會安全面向與教育文化面向的 5 年平均複合指標高於加權後的綜合複合指數平均值(0.4054)，但是，在環境生態面向、經濟發展面向與循環代謝面向的 5 年平均複合指標為低於加權後的綜合複合指數平均值。尤其在環境生態面向，可從環境生態面向的綜合指數值發現，其 5 年平均的複合指標為最低，其每人享有的自然地

區面積、每人享有的公園綠地面積、每人每日平均生活用水量等指數值偏低，表示宜蘭縣生態環境在生活品質上仍有發展的空間。在經濟發展面向綜合指數值上，宜蘭縣的平均每人都市產值、三級產業人口比例、都市平均每人所得都偏低，顯示宜蘭縣經濟發展能力較弱；最後，循環代謝面向的綜合指數值可知，地方政府環境保護支出預算占總預算之比率偏低，顯示地方政府的重視程度。因此，宜蘭縣未來在都市規劃方面可以從環境生態面向、經濟發展面向與循環代謝面向著手。

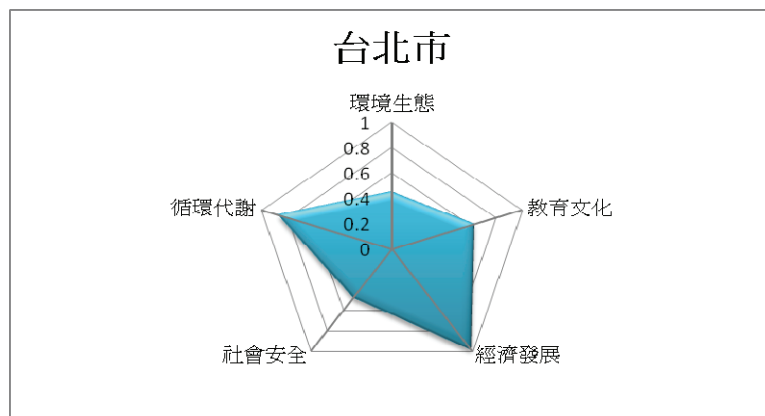


圖 10 台北市都市生態化程度雷達圖

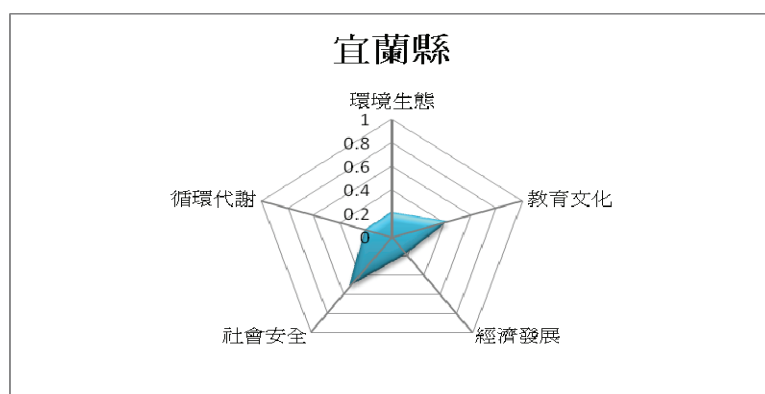


圖 11 宜蘭市都市生態化程度雷達圖

最後，將每一個面向不同都市的 5 年平均的複合指數再作平均值計算，分別為環境生態面向為 0.3974；教育文化面向為 0.4640；經濟發展面向為 0.3220；社會安全面向為 0.4759；循環代謝面向為 0.3318(圖 12)。以台灣整體而言，在社會安全面向與教育文化面向的 5 年平均複合指標都高於加權後的綜合複合指數平均值(0.4054)，但是，在環境生態面向、經濟發展面向與循環代謝面向的 5 年平均複合指標皆低於加權後的綜合複合指數的平均值，顯示台灣大部份都市應該在環境生態、經濟發展及循環代謝指標項目上加倍努力，力求達到生態都市最終目標。

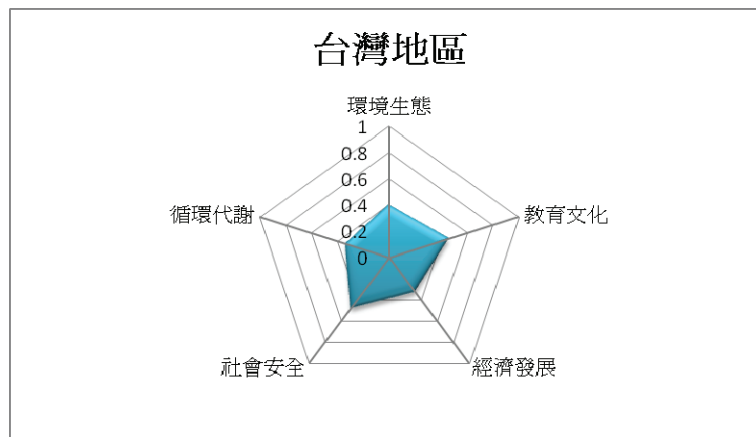


圖 12 台灣都市生態化程度雷達圖

柒、結論

生態都市乃是建構一個擁有健康生態的都市，並將經濟、社會、文化、自然系統整合為高品質、低衝擊的生活。透過模糊德爾菲法篩選後，再運用層級分析法運算各面向與每項指標的權重值，得知在第二層級中，其優先順序為「環境生態」、「教育文化」、「經濟發展」、「社會安全」及「循環代謝」，專家學者一致認為環境生態是營造生態都市的上策。在每一面向中，各個指標項目有其不同程度的重要性，研究以指標重要性作加權計算，提高生態指數的信度，而計算結果亦可以作為土地利用規劃的考量順序。

台灣都市生態化程度分析結果得知台北市排名第一，其後的順序為台中市、新竹市、台南市、花蓮縣、南投縣、台東縣、屏東縣、宜蘭縣。台北市有三個面向排名第一，為經濟發展、循環代謝及教育文化。相對的，宜蘭縣反而是生態化程度較低的城市。在社會安全與教育文化面向有高於綜合複合指數平均值，但是，在環境生態、經濟發展與循環代謝面向皆低於平均值。因此，宜蘭縣未來在都市規劃方面可以從環境生態面向、經濟發展面向與循環代謝面向著手。台灣大部份都市整體而言，也與宜蘭縣類同，顯示台灣未來都市發展應該在環境生態、經濟發展及循環代謝指標項目上加倍努力，力求達到生態都市的最終目標。在都市進行土地利用規劃時，應將生態都市為主要推動目標，視為一種市政建設之結構性改革，才能營造一個適宜人類居住且與生態環境互利共存的都市環境。因此，檢討過去、改善現況，便能迎接美好的未來。

捌、參考文獻

- 王如松 (1991)。走向生態城-城市生態學及其發展策略。**都市計劃**，18(1)，1-17。
- 王怡文 (1999)。**都市永續發展指標研究**。台北：行政院所屬機關因公出國研究報告書。
- 吳金霞 (2003)。**應用模糊德爾菲於國有林地管理之研究**。國立中興大學森林所碩士論文，未出版，台中。
- 林晴如、鄒克萬 (2002)。**台灣地區都市永續發展結構之比較分析**。發表於 2002 中華民國都市計劃、區域科學與住宅學會聯合年會暨論文研討會，台北。
- 徐村和 (1998)。模糊德爾菲層級分析法。**模糊系統學刊**，4(1)，59-72。
- 陳樺蓁 (2004)。**生態城市規劃方法與設計原則之研究**，國立台北科技大學環境規劃與管理研究所碩士論文，未出版，台北。
- 郭瓊瑩 (2003)。**水與綠網路規劃理論與實務**。台北：詹氏書局。
- 黃良志、謝松益、張炳騰 (2001)。三種模糊德爾菲法的比較。**工業工程學刊**，18(1)，74-86。
- 黃書禮 (2004)。**城鄉環境共生**。財團法人中興工程科技研究發展基金會。
- 楊侑靜 (2005)。**生態城市發展策略之研究—以策略規劃方式之情境分析應用為例**。



- 立德管理學院地區發展管理研究所碩士論文，未出版，台南。
- 劉若瑜 (2000)。由生態設計觀點評估都市基質之研究—以台中市東區及南屯區為例。東海大學景觀學系碩士論文，未出版，台中。
- 蔡惠玲 (2004)。國內外生態城市環境績效指標暨策略規劃研究—以台北市為例。國立台北科技大學環境規劃與管理研究所碩士論文，未出版，台北。
- 謝佩珊 (2005)。城市永續發展—台灣主要城市評估指標系統之比較研究。東海大學景觀學系碩士論文，未出版，台中。
- Dominski, T. (2003). The evolution of Eco-Cities. *Designing a Sustainable Future*, 35-53.
- Hwang, C.L. & Lin, M.L. (1987). *Group decision making under multiple criteria*. New York: Springer-Verlag.
- Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R. & Mieno, H. (1993). The max-min delphi method and fuzzy delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55, 241-253.
- Mitchell, G., McDonald, A. & May, A. (1995). PICABUE: A methodological framework for the development of indicators of sustainable development. *World Ecology*, 2, 104-123.
- Murray, T. J., Pipino, L.L. & Gigch, J.P. (1985). A pilot study of fuzzy set modification of delphi. *Human Systems Management*, 5(1), 76-80.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Wang, R. (2002). *Five facets of ecocity building through LA21 - Introduction for Thematic Workshop 4*. Paper presented at the International Conference on Local Agenda 21 in Development Perspectives, Brussels.
- Zhuo, O. (2002). *Shenzhen city, oriented to an eco-city*. Paper presented at the Fifth International Eco-city Conference, Shenzhen, China, 10 pages.

