

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* *****
* 計 畫
* : 探討桃園市埤塘地景變遷對地下水層補注影響之研究
* 名 稱
* *****

執行計畫學生： 紀思寧
學生計畫編號： NSC 99-2815-C-216-009-H
研究期間： 99年07月01日至100年02月28日止，計8個月
指導教授： 閻克勤

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中華大學建築與都市計畫學系（所）

中華民國 100年03月18日

摘 要

本研究以桃園縣桃園市為研究區域，蒐集當地土地利用之歷史變遷與當地環境等資料，建立地理資料庫，以景觀生態指標數化成埤塘影響因子，再以相關分析與迴歸模式探討埤塘於變遷過程中對補注地下水層的影響。比較桃園市1978、1985、1994、2004年埤塘土地利用的情況，發現其間埤塘變遷主要係埤塘灌溉功能漸失，桃園市都市發展的用地需求，導致埤塘大量縮減。分析結果顯示埤塘保存對補注地下水層是具有影響性的，也就是埤塘數量愈多、愈完整、愈密集則地下水水位則愈高。反之，埤塘數量愈少、愈破碎、愈分散，則地下水水位則愈低。

關鍵字：埤塘；景觀生態學；皮爾森相關係數；迴歸模式

Abstract

In this study, the collection of historical changes irrigation pond information with the local environment on Taoyuan City, the establishment of the geographical database of landscape ecological indicators irrigation pond impact factor, and then correlation analysis and regression models to explore the irrigation pond changes in the course of the meeting note the impact of the groundwater aquifers . Taoyuan City, 1978,1985,1994,2004 comparison land use of irrigation pond in the case and found that the major function due to gradual loss of irrigation pond, Taoyuan City, the demand for urban development sites, resulting in substantial reduction in irrigation pond. Irrigation pond save the results of the analysis show that the groundwater level of the premium note is the impact of, that is, the number of irrigation pond more, the more complete, the more intense the higher the groundwater level.

Keywords: irrigation pond; landscape ecology; Pearson correlation coefficient; regression model

一、緒論

桃園台地上無數的埤塘景觀是進入國門，降落中正機場之前，必會看到的有著國家門戶意象的地理景觀。這些埤塘始於十七世紀中葉明鄭屯田鑿池蓄水的傑作，直至十八世紀中閩客族人和立興築，開鑿大圳而發展出具網絡之埤圳系統，且數量高達萬餘座規模。且從歷史、文化、社會、生態、技術等層面來反觀埤塘的價值，可發現埤塘不只是單獨的存在，更結合了水庫、水圳、農田的水利系統且與聚落居民緊密互動，所以不論從生態或人文的角度都饒富意義。但八十年代末，因工商業發展快速，農業生產萎縮，埤塘灌溉需求大減，更加速了埤塘的填埋與消失。

根據其他研究指出，桃園埤塘從八十六年的 4215 口，已縮減至 3345 口。其中大於 0.3 公頃之埤塘，僅剩 1134 口，水域面積在近十年中亦減少了一千多公頃。埤塘的消失不僅影響桃園台地的農業生產環境、農地利用型態，也衝擊原先豐富多樣的台地生態品質，使百年的埤塘文化地景瀕臨瓦解。

由於埤塘其價值性，不僅只有灌溉此一用途，但鑒於埤塘自身價值並未有研究或數據去證明，故本研究將針對埤塘對於補注地下水層這一方面做探討，期望藉由研究與數據來呈現出埤塘潛在價值。並配合縣府正在推動中的「埤圳資源系統建置暨法規制度研訂計畫」計畫，於未來作為縣府對於埤塘的開發政策上，可以作為參考，藉此完善政策上的完整度。

「埤塘」在過去扮演的角色，主要係灌溉，但自從桃園大圳與石門大圳的興築，導致埤塘功能漸失，又因桃園市都市發展，住宅與工廠用地需求大增，使得埤塘被填平轉變為建地^{[6][7]}。其實埤塘的價值不單單體現於灌溉此一用途，埤塘的功能還有補注地下水之用途，還有儲水、防災、供生物棲息、觀光遊憩、供研究教育教材、淨化水質等用途^[2]。因此本研究期望能針對埤塘補注地下水之用途，藉由研究與數據來呈現出埤塘潛在價值，後續可做為縣府對於埤塘開發政策上的參考。

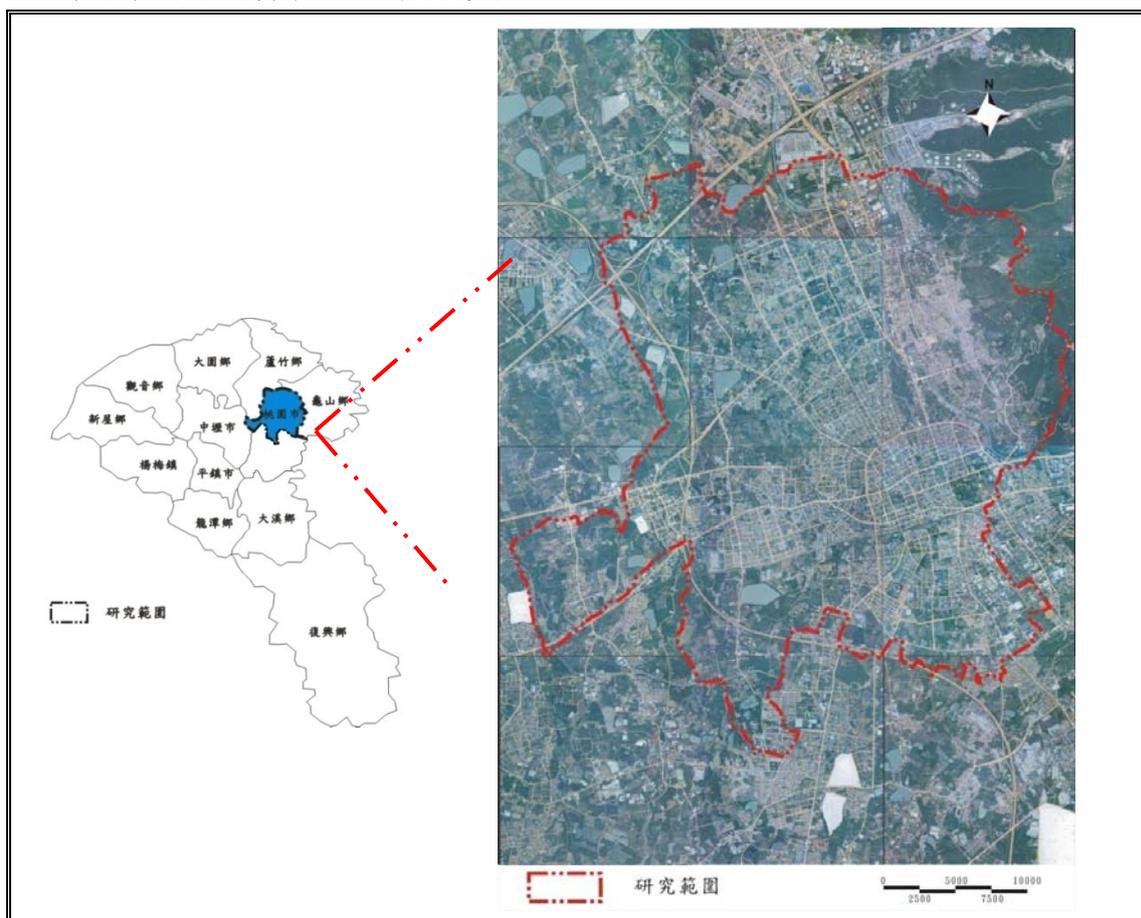
關於埤塘議題的相關研究，有諸多學者皆探討過，例如竹內常行(1971)、陳芳蕙(1979)、楊志鵬(1984)、廖振順(1989)、楊淑玲(1994)、林會承、劉與朋(1996)、許秦綦(1997)等，曾分別由土地利用的變遷、埤塘灌溉組織的轉變、埤塘的角色與意義等觀點探討埤塘變遷的因子與理論^{[6][7]}，直到范佐東(1997)才以景觀生態學的概念來研究埤塘的變遷與影響因素^[2]。景觀生態學概念的結合，最早由歐洲引入，並運用於土地使用規劃及決策中，如土地使用、覆蓋變遷、土地管理、環境規劃、運輸規劃等，皆是以往在探討之課題^{[3][4][8]}。運用景觀生態學在空間規劃上，可針對景觀生態系統空間的異質性作進一步了解，並結合人類活動對景觀環境所產生的干擾，進而確立景觀生態體系的重要性^{[1][10]}。後續更有學者提出以景觀生態學結合地理資訊系統探討埤塘的變遷趨動力，如林裕彬、林怡君(1999)、林慧娟、林怡君、林裕彬(1999)、張奠國、方琮雅(2001)^[7]。

桃園縣桃園市內原本埤塘眾多，但近二十年來隨著經濟的腳步、都市的開發，有許多埤塘用地被填平開發成建地用。本研究以桃園市為研究區域，蒐集當地埤塘利用之歷史變遷與當地地下水文資料，應用相關分析與迴歸模式進行分析，期能建立埤塘對地下水位的影響因子模式。

二、研究範圍與文獻回顧

(一)研究範圍

本研究範圍為台灣桃園市，如圖一所示。桃園市位於桃園縣東北部靠中間位置，東鄰龜山鄉，西接中壢市，南接八德市、北毗蘆竹鄉、東南則與台北縣鶯歌鎮接壤；對外交通聯絡網，南部為縱貫鐵路、縱貫公路橫貫，西北部為高速公路橫貫，且支線交織，可從高速公路交流道通中正國際機場，為北臺灣一大交通中心。桃園市人口眾多為北桃園之工商業中心，再加上桃園縣政府所在地，使桃園市成為行政、交通、商業樞紐於一身之政經金融中心。由於桃園市因開發較早，故埤塘早期已被填平，並開發成建地。



圖一 研究範圍圖

資料來源：農林航測所

(二)文獻回顧與探討

1.埤塘之文獻回顧

依據(陳正祥，1961)、(楊淑玲，1994)、(林會承、劉與朋，1997)、(桃園縣政府，1997)、(林怡君，2000)等資料整理如下：

(1)埤塘之定義

早期之水利灌溉設施可分成「埤」(另作隄或坡)，「圳」兩種形式，所謂「埤」之定義，構造如表一。

表一 「埤」之定義表

出處	埤(另作隄或坡)
諸羅縣志，頁 34。	1.築堤瀦水灌田；或決山泉或導溪流。 2.湖(潭)：地形深奧，源泉四出，用資灌溉旱而不憂其涸者。 涸死隄：就地勢之卑下，築堤以積雨水者謂之，小旱亦資其利，久則涸矣。
淡水廳志，頁 80。	在高處鑿窪瀦蓄雨水，寬狹無定，留以備旱，此旱田之利也。
台灣文化志，頁 337	或從天然或依人工水之隄塘。
台灣之水利問題，頁 3。	積雨水。利用天然窪地，加築土堤蓄水以備乾燥期之用者。

資料來源：楊淑玲，1994

(2)埤塘之形成

桃園台地上埤塘之形成，乃因當地特殊的氣候、地質、地形環境，再加上墾民基於灌溉與養殖上對於水資源的需求，而於地表上築堤或挖掘而成。

A.河川襲奪現象

桃園沖積扇上分布者桃園、中壢、平鎮、湖口及伯公岡等台地。在地形上本區域曾發生過台灣最大的河川襲奪現象，即從台北劫奪了本區南崁溪的中上游，使原來流於沖積扇之各溪皆變成了斷頭河。由於水系的改變，灌溉水源成為大問題，因此必須設法貯留天然的雨水，以補充灌溉所需。故人工開鑿的溜池逐漸因土地開墾利用成為桃園地區特殊地理景觀。

B.氣候條件的配合

桃園區域屬副熱帶季風氣候，最冷月均溫約15度，最熱月均溫約28度，夏暑冬寒；就其雨量及風向而言，夏季雨大雨日少，冬季與小雨日多，年平均雨量約2000公釐，此外，夏季有颱風侵襲，春、夏交替之際有梅雨；夏季吹西南季風，冬季吹東北季風。就日照蒸發量約在95至110公分之間。氣候因素對埤塘的形成有正面因素。

C.地形與地質條件

桃園沖積扇上之台地朝西緩慢傾斜，平均坡度約為1/75~1/100之間，便利埤塘之構築；且其地表為蓄水性極佳之粘重之紅壤或紅棕壤，埤塘不虞漏水，對於構築埤塘以儲蓄水源非常有利。

(3) 埤塘之功能

目前桃園台地之埤塘有以下數項功能：

A. 風水池

埤塘的原始功能雖然多為蓄水灌溉，但是因為涉及「水池」與「水」，針對風水而言，代表著某種意義，於是部分人家就將埤塘當作風水象徵，而這些象徵風水意義的埤塘多半散布在民宅家屋附近。有象徵聚財的意味。同時期水位必須達到至一定高度之後方可溢出，適合兼具家屋取水與養魚，以及日常休閒功能，而所養之魚類以供生活食用為主。

B. 養魚池或休閒池

主要是工人垂釣休閒，按時收取一定金額為主。在目前桃園埤塘功能改變的例子中，此種所佔之比例最高，通常為一般民宅私人開鑿或租來經營者。此外，如1956年於桃園、中壢、大園、蘆竹四角地帶，指撥79個溜池，交由退除役軍人經營養殖漁業，此一措施促進了桃園縣淡水養殖事業的發展。

C. 灌溉水池或魚池

由於聚落或家屋負責管理，配合水利會契約定期供水、排水作為灌溉之用，同時發展養殖或其他副業。

D. 聚落的中心池

藉由埤塘本身貯水灌溉之功能，逐漸發展成為聚落及居民生活重心的地位，成為都市中商業區、住宅區、工業區之景觀、休閒、娛樂區，龍潭鄉鄉潭大池的功能即為最佳的例子，現今已成龍潭鄉鄉民物質與精神生活之重心所在。

E. 休閒觀光池

如大溪、石門風景區內的石門水庫後池堰、頭寮漁池與安放蔣公靈寢位置之慈湖等，其埤塘的功能已被改變成以景觀休閒性質及觀光為主。

(4) 埤塘之消滅

桃園縣內之埤塘逐年減少，其原因如下：

A. 水利系統的建構

1913年大早前桃園台地主要依靠將近一萬個溜池灌溉，佔地8000公頃，1964年石門水庫完成時，當時桃園縣約有8846個埤塘，平均每個溜池面積0.68公頃，每個埤塘貯水可灌溉2.9公頃農田(陳正祥，1961)。於大旱之後，即興築了桃園大圳，隨後又有石門大圳之開鑿，此二大水利系統留用之埤塘約在760個左右，而透過地形圖之判讀，桃園目前約有埤塘1450口以上(桃園縣政府，1997)，顯然的，前述兩大水利系統相繼完成並發揮灌溉功能之後，多數的埤塘失去原始功能，因而逐漸的消失或荒廢，或改變用途，連帶的導致台地上之居民調整其原有的生活方式。

B. 政策的影響

埤塘逐漸消失的另一項因素來自於官方的政策，在台灣經濟急遽發展與農業不受重視的雙重影響下，除了上述被水利系統留用的灌溉蓄水池之

外，其餘之埤塘多因土地利用的轉型，如農業用地轉為住宅用地或公共用，而將埤塘填埋。當埤塘失去其原始功能之後與尚未發掘新的功能與潛力之前，在現今土地經濟價值高漲之際，埤塘之存在常被視為毫無意義之舉。

C. 水質的污染

桃園地區工業的蓬勃發展但卻對工業污染沒有事先防範，導致工廠廢水外洩及廢棄造成酸雨，雖然農田水利有其獨立的灌溉系統，但在缺乏有效的管制與維護體系下，仍造成許多埤塘的水質惡化而無法灌溉或養殖等，進而提早結束其生命力。

D. 潛力評估與法令的欠缺

政府尚未對桃園台地上珍貴之埤塘進行整體性的評估，同時擬定法令假以保護或鼓勵業主改變其用途，使其得以永續經營，導致此種極具特色之人文地理景觀快速的消失。

2. 歷年埤塘議題之探討

歷年相關於桃園台地埤塘議題的調查與研究已有許多，包括：說明桃園台地水利開發過程與土地利用的變遷(竹內常行，1971)。從人群關係、灌溉組織、技術與自然環境等此四要素的機能關係演變下埤塘灌溉組織的轉變(陳芳蕙，1979)。根據地圖計測，研究池塘面積與坡度的相關程度(楊志鵬，1984)。研究龍潭鄉水利灌溉設施的發展，同時分析區內埤塘的類型與利用(廖振順，1989)。研究蘆竹鄉水利系統演化，落實在農業生態上的意義(楊淑玲，1994)。埤塘的調查研究，介紹了桃園地區埤塘形成的自然條件、歷程及現況，並說明了桃園埤塘在社會上、生態上所扮演的角色與意義(林會承、劉與朋，1996)。介紹了桃園埤塘的歷史發展背景，其最大的價值在於埤塘探訪資料的整理，並提供一個人文像度的參考資料(許秦蓁，1997)。

以景觀生態及系統功能的概念來研究桃園台地埤塘的型態分布與運作機制的影響因素(范佐東，1997)。以景觀生態學的理论與多變異數分析結合地理資訊系統，探討蘆竹地區之各埤塘、水稻田、旱作與廢耕地之景觀生態空間結構(林裕彬、林怡君，1999)。應用地理資訊系統及景觀生態學理論建立蘆竹鄉景觀資料庫與人文資料，並經由埤塘歷年空間與時間變遷的資料尋找出變遷之原因(林慧娟、林怡君、林裕彬，1999)；應用無母數統計方法及嵌塊體形狀指數探討蘆竹鄉埤塘景觀時空變遷(林裕彬、鄧東坡、鄭瑞鈞，2000)；以桃園縣之自然環境特性、土地利用及環境課題為基礎，針對其水體環境，包括其總量管制方法，對水資源供需、水體環境之涵容能力及河川水質的管理進行探討(林達雄，2000)；討論桃園大圳目前營運的狀況做一初步的探討(李總集、陳文卿、呂財榮、戴欽興，2001)；整合空間統計與地理資訊系統的功能，分析桃園台地土地利用的變遷情形(張奠國、方琮雅，2001)。研究中壢青埔特定區埤塘的人文地景延續性，探討生產、生活、生態與防災四個向度整合的可行性(郭建志，2002)。本研究將各議題整理成下表二。

表二 歷年埤塘議題表

作者	年份	研究內容
竹內常行	1971	說明桃園台地水利開發過程與土地利用的變遷。
陳芳蕙	1979	從人群關係、灌溉組織、技術與自然環境等此四要素的機能關係演變下埤塘灌溉組織的轉變。
楊志鵬	1984	根據地圖計測，研究池塘面積與坡度的相關程度。
廖振順	1989	研究龍潭鄉水利灌溉設施的發展，同時分析區內埤塘的類型與利用。
楊淑玲	1994	研究蘆竹鄉水利系統演化，落實在農業生態上的意義。
林會承 劉與朋	1996	埤塘的調查研究，介紹了桃園地區埤塘形成的自然條件、歷程及現況，並說明了桃園埤塘在社會上、生態上所扮演的角色與意義。
許秦綦	1997	介紹了桃園埤塘的歷史發展背景，其最大的價值在於埤塘探訪資料的整理，並提供一個人文像度的參考資料。
范佐東	1997	以景觀生態及系統功能的概念來研究桃園台地埤塘的型態分布與運作機制的影響因素。
林裕彬 林怡君	1999	以景觀生態學的理論與多變異數分析結合地理資訊系統，探討蘆竹地區之各埤塘、水稻田、旱作與廢耕地之景觀生態空間結構。
林慧娟 林怡君 林裕彬	1999	應用地理資訊系統及景觀生態學理論建立蘆竹鄉景觀資料庫與人文資料，並經由埤塘歷年空間與時間變遷的資料尋找出變遷之原因。
林裕彬 鄧東坡 鄭瑞鈞	2000	應用無母數統計方法及嵌塊體形狀指數探討蘆竹鄉埤塘景觀時空變遷。
林達雄	2000	以桃園縣之自然環境特性、土地利用及環境課題為基礎，針對其水體環境，包括其總量管制方法，對水資源供需、水體環境之涵容能力及河川水質的管理進行探討。
李總集 陳文卿 呂財榮 戴欽興	2001	討論桃園大圳目前營運的狀況做一初步的探討。
張奠國 方琮雅	2001	整合空間統計與地理資訊系統的功能，分析桃園台地土地利用的變遷情形。
郭建志	2002	研究中壢青埔特定區埤塘的人文地景延續性，探討生產、生活、生態與防災四個向度整合的可行性。

資料來源：周黛君，2005

三、研究方法及步驟

本研究資料之蒐集包括早期及近期埤塘利用之調查與數化、地下水位歷年資料等兩部分。埤塘利用之調查首先係由林務局農林航空測量所於 1978 年至 2004 年間測繪之像片基本圖，判讀當時埤塘土地利用之狀況。地圖資料判釋完成後，乃將圖面資料數化為地理資訊系統圖檔，以備後續分析。

(一)研究方法

為分析埤塘變遷對地下水含量影響所產生之影響情形，本研究利用數化地景指數之方式，進行 1978 年、1985 年、1994 年及 2004 年四個時期地景結構分析，以景觀生態指標數據出變遷驅動力，再結合相關分析與迴歸模式以探討桃園市埤塘地景結構變遷於時間序列中對地下水含量之變化情形。現依研究內容將各部份介紹如下：

1.景觀生態指標

藉由數化歷年桃園市航照圖得知歷年埤塘變遷情形，整合歷年埤塘數據，並利用地景指數數化歷年埤塘數據，針對其變遷其況，以形狀、大小、邊緣指標三個方向來確立選擇的因子，因子分別為埤塘數量、埤塘總周長、埤塘總面積、埤塘嵌塊體平均面積、埤塘嵌塊體形狀指數、埤塘嵌塊體邊緣密度，並將變數的度量與編碼方式整理成表三、景觀生態指標公式整理成表四：

(1)埤塘嵌塊體數目(NP)

埤塘嵌塊體數目分析，是針對其景觀變遷了解其變化最基本的指標。

(2)埤塘嵌塊體面積(MPS)

嵌塊體面積的大小會影響到整體環境所產生的影響會有相當大的關係，因此嵌塊體面積大小是一個相當重要的景觀生態指標。一般而言，面積較大的嵌塊體所需要的或產生的能量也愈大，同時期內部環境的功能也較完整，因此在整體環境中所發揮出來的影響力也相對較大且重要(周黛君，2005)。

(3)埤塘嵌塊體形狀指數(LSI)

埤塘嵌塊體形狀指數係指嵌塊體的發育程度，利用嵌塊體形狀與等面積的周長之比值來表示，量測其形狀複雜的程度。

最小之形狀指數為 1.0，若形狀愈不規則、愈複雜者，或愈接近似於長形者，則 LSI 值愈大。在古典地理學的空間結構研究假設中，把空間利用之形狀視為一個圓形， $LSI=1$ ，其後受到若干因素的影像後，使土地利用結構或形狀產生變化，會趨向於不規則的形狀發展，其 LSI 值變大，因此由其埤塘嵌塊體 LSI 指數可以發現其發展的方向及功能的變化。

在整體的景觀環境中，埤塘嵌塊體之形狀愈不規則其與周圍基質的接觸面積則愈大，其邊緣效應也愈強烈，故埤塘嵌塊體的形狀指數 LSI 值愈大，則表示其受外圍所產生之影響效應愈大(周黛君，2005)。

(4)埤塘嵌塊體總邊緣長度(TE)

埤塘嵌塊體總邊緣長度可以反映出嵌塊體與基質之間的接觸量，因為嵌塊體是在整體環境中運作且發揮功能和價值，在和整體環境之接觸交會中會出現邊緣效應之交互作用，因此可以由埤塘嵌塊體總邊緣長度大略推估出相對的邊緣效應強弱，找出其在環境中的相對影響程度(周黛君，2005)。

表三 變數的度量與編碼方式

景觀生態變數		度量方式	編碼方式與單位
解釋變數	埤塘數量	連續變數	個
	埤塘總周長		公尺
	埤塘總面積		平方公尺
	埤塘嵌塊體平均面積		平方公尺
	埤塘嵌塊體形狀指數		指數
	埤塘嵌塊體邊緣密度		平方公尺

資料來源：本研究整理

表四 景觀生態指標

景觀生態指標	縮寫	單位	描述
嵌塊體數量	NP	個	公式： $NP = N$ N為景觀中嵌塊體的總數。
邊緣總長度	TE	公尺	公式： $TE = E$ E為景觀中所有邊緣總長度。
邊緣密度	ED	平方公尺	公式： $ED = \frac{A}{E} 10^6$ E為景觀中所有邊緣總長度，A為景觀中之總面積。
平均嵌塊體面積	MPS	平方公尺	公式： $MPS = \frac{N}{A} 10^6$ A:景觀中所有嵌塊體的總面積;N:嵌塊體總數。
景觀形狀指標	LSI	指數	公式： $LSI = \frac{0.25 \times E}{\sqrt{A}}$ 當景觀中只有一個正方形嵌塊體時LSI=1；當景觀中嵌塊體形狀不規則或偏離正方形時，LSI值會增大。

資料來源：鄔建國，2003；本研究重新整理

2.皮爾森相關係數

本研究參考前人研究報告，進行埤塘變遷對地下水位高低影響因子之選擇；在其研究中提出，埤塘變遷趨動力對自然環境因子水文有影響力(周黛君，2005)；以自然景觀中生態指標探討對其水文影響力(林裕彬、鄧東坡、鄭瑞鈞，2000)。

故本研究先以皮爾森相關係數探究其相關因子對地下水位是否具有影響性，期望從中得知其關聯性，與其影響方向。

$$r_{xy} = \frac{COV(X, Y)}{S_x S_y} \dots\dots\dots (3-1)$$

註：皮爾森積差相關係數在多數情況下，相關係數值(r 值)都是介於 0 到正負 1 之間，多數以 0 代表無相關。數字愈大強度愈強，而以 1 代表完全相關。一般而言，在條件相近的情況下，多由下表所列，判定其統計量的強弱，從表列得知，係數值在 0.60 以上，即可視為高度相關，強度值整理如表五。

表五 Pearson,s r值的絕對值強度

0.20	以下極弱
0.20—0.40	低相關
0.40—0.60	中度相關
0.60—0.80	高相關
0.80	以上極高度相關

資料來源：朱經明，1994 年

3.迴歸模式

整合以上結果，以地下水水位為因變數，以景觀生態指標數化後之埤塘數據為解釋變數，變數間的關係有些是確定的，像數學關係，有些是不確定的，是隨機的，對於比較簡單的變數之間的關係，有時候可以憑著過去的經驗與直覺來判斷，但是對於比較複雜或需要精確結果的，就需要依賴客觀的統計方法來了解它們之間的關係了。

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + \dots\dots\dots B_kX_k + \epsilon \dots\dots\dots (3-2)$$

故希望藉由迴歸模式探討變遷因子與地下水位間之關係，並建立埤塘因子對地下水位影響之方程式。

(二)操作步驟

在歷年地下水位資料方面，則是以經濟部水利署地下觀測網，從中可得知有關地下水資源分佈、地下水之流動情形、地下水水質與地下水位歷年高低等資料。

依據欲探討的研究內容，選擇了相關的研究方法，期望藉由研究方法得到評估之數據。首先本研究利用地理資訊系統數化圖籍功能，並進一步計算地景指數數化埤塘歷年資料，最後以相關分析探究與地下水位有影響之因子，在以迴歸模式建立埤塘變遷因子與地下水位間之方程式，其研究步驟細述如下：

1.地理資訊系統

本研究採用地理資訊系統作為研究工具，因 GIS 具有資料建檔、資料轉檔、圖幅接合、疊圖分析等功能^{[11][12]}，並於建置桃園市土地使用資料庫，供後續研究分析時使用。

2.景觀生態指標

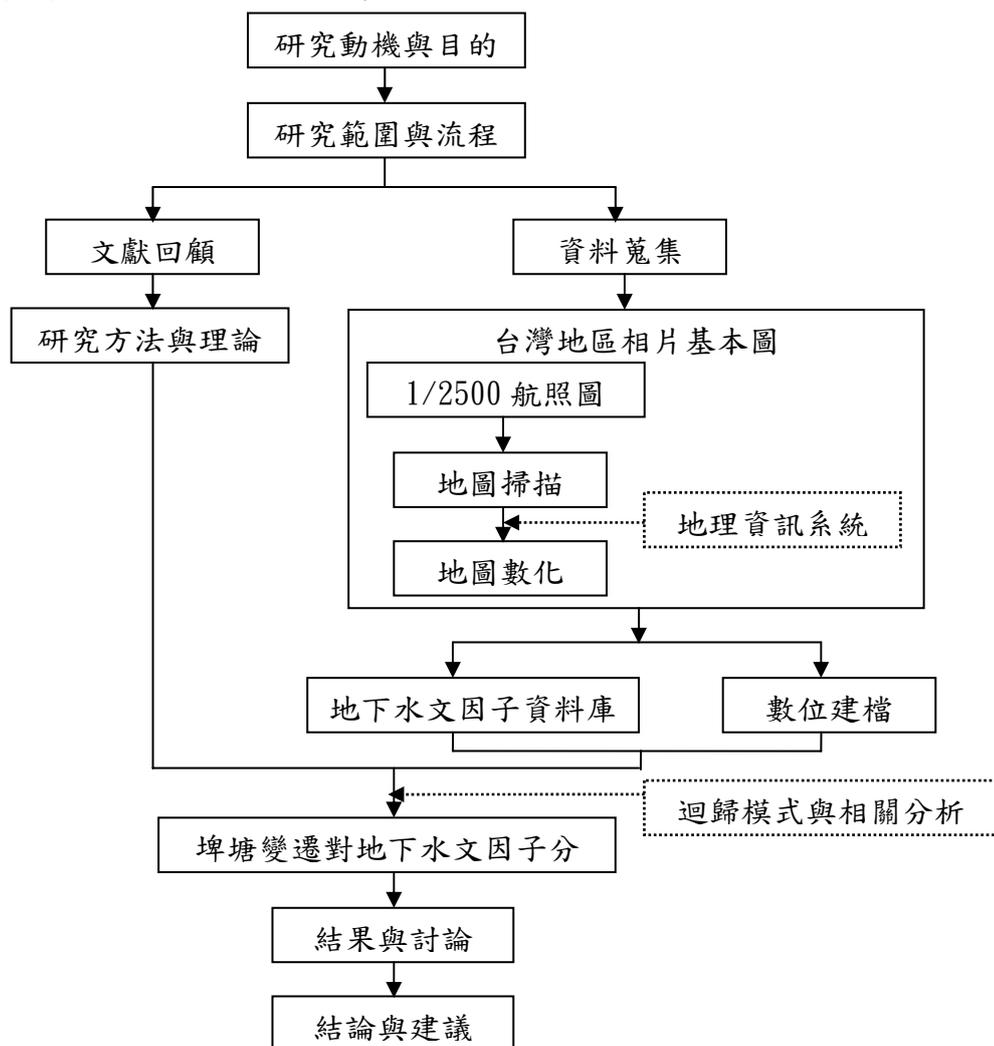
本研究採用景觀生態指標中的景觀指數，結合由地理資訊系統中得知的歷年埤塘數量、面積、周長，進一步探究其景觀生態指數^{[5][9]}。

3.相關分析

利用景觀生態指標數化後得知之指數，結合歷年地下水水位資料，更進一步的利用相關分係探討其選擇的解釋變數因子與地下水水位之關聯、方向性。

4.迴歸模式

最後，從相關分析中得知與地下水水位有關聯性之解釋變數，進而利用迴歸分析，探討其解釋變數對地下水水位之解釋能力，檢視其顯著值是否合乎標準，建立解釋變數與地下水水位間之方程式。



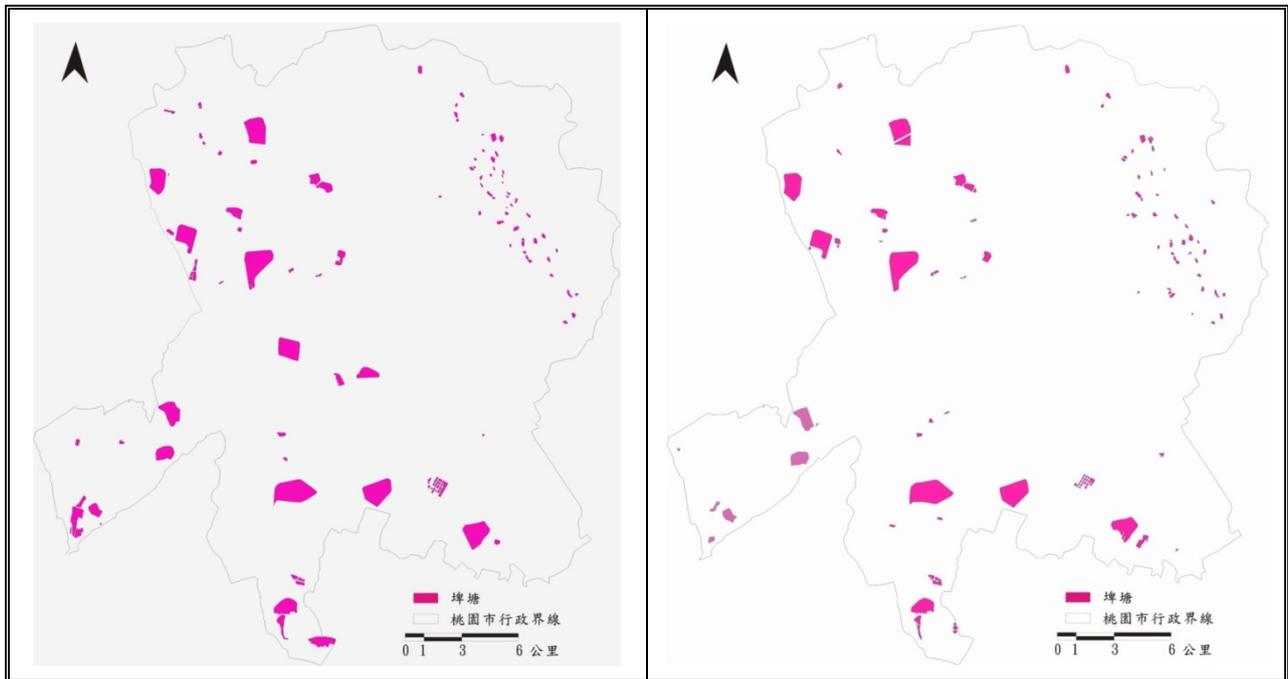
圖二 研究流程圖

四、實證分析

(一) 埤塘歷年變遷資料

本研究蒐集1978年、1985年、1994年、2004年二千五百分之一航照圖，在應用地理資訊系統數化研究區歷年之埤塘，如圖三~圖六所示。

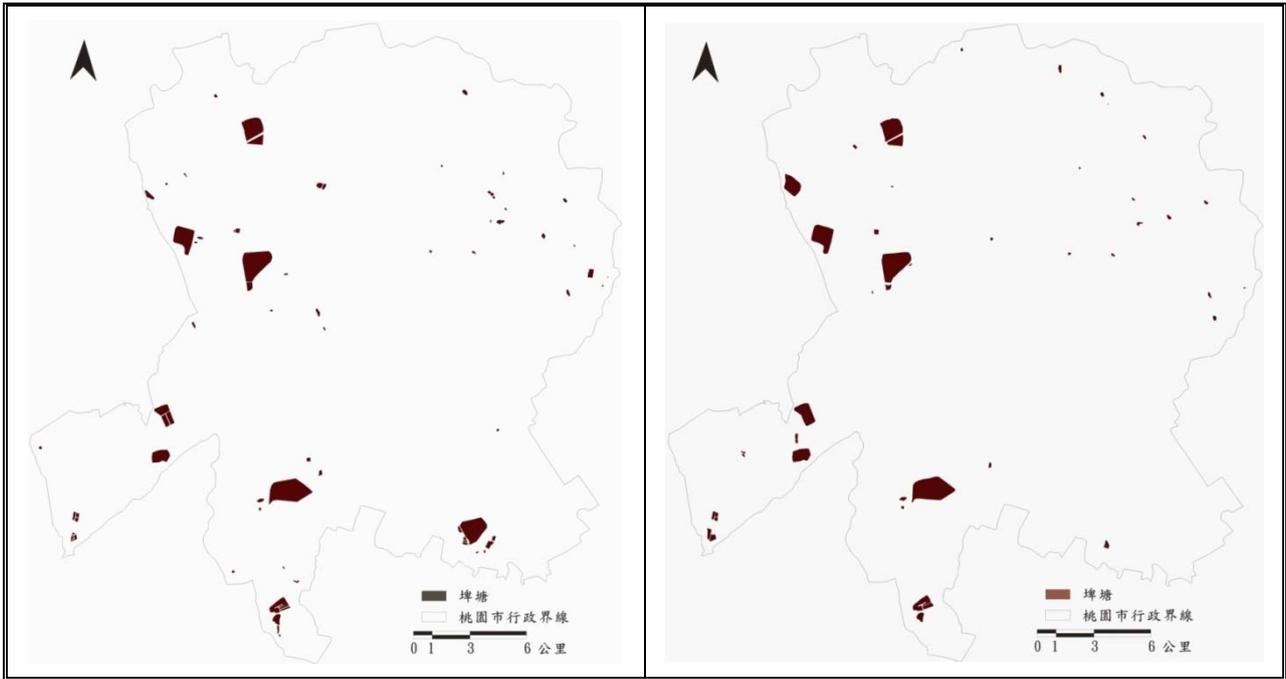
從四個年期航照圖中可看出，埤塘的變遷較劇烈大約在1985年至1994年期間，且從圖面上可看出變遷較劇烈主要有桃園市北部與桃園市中心，各時期埤塘景觀變遷的現象，都可配合都市發展的過程，得知埤塘演變之過程，桃園市北部變遷之所以如此劇烈主要係因為桃北工業區，由於工業污染，導致桃園市北部埤塘劇烈減少，而桃園市中心則是因都市發展，在土地上是不斷在發展，由「點」發展到「面」再到「帶狀區域」，形成市中心往外擴張之發展型態，且因都市需求，導致住宅與工廠用地需求大增，埤塘又因桃園大圳與石門大圳興築，多數埤塘已尚失原有的灌溉功能，且大都轉變成建築用地，故像桃園縣政府、陽明高中、陽明公園，以及陽明社區等都是由埤塘填平變遷的例子。



圖三 桃園市埤塘區塊類型圖(1978年)

圖四 桃園市埤塘區塊類型圖(1985年)

資料來源：本研究繪製



圖五 桃園市埤塘區塊類型圖(1994 年)

圖六 桃園市埤塘區塊類型圖(2004 年)

資料來源：本研究繪製

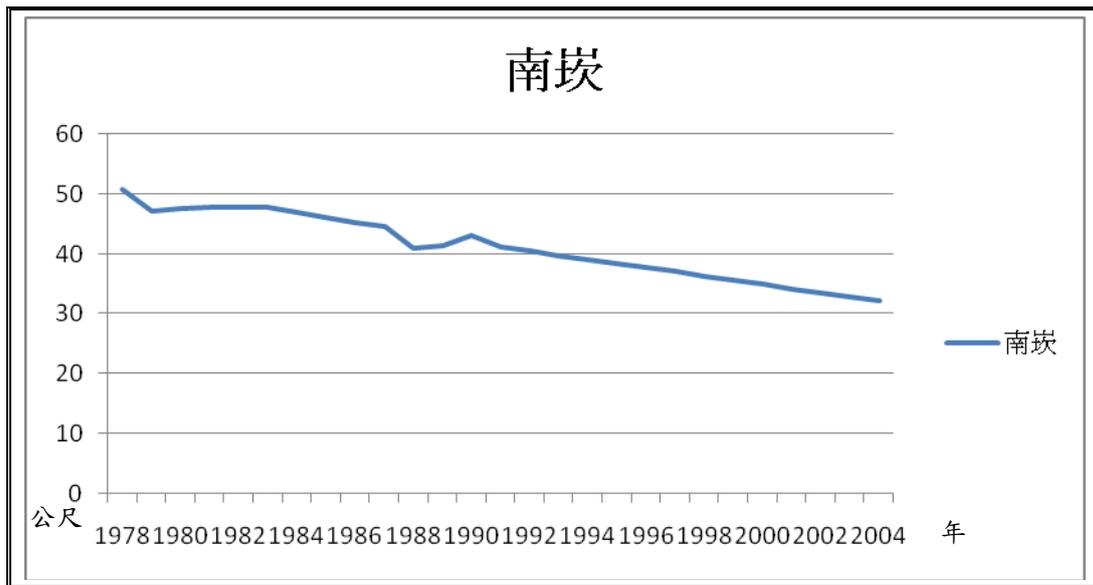
(二)桃園市歷年地下水水位資料

從表六中可看出桃園市地下水水位逐年緩慢下降，且下降情形趨近於線性模型。在於圖七中看出 1987 年至 1991 年的地下水水位下降幅度有過大幅波動，探究歷年氣溫與雨量後得知在其間，因氣候反常，所以導致氣溫偏高且降雨量低，故才會如此。希望藉由後續之研究搭配桃園市歷年水位資料，推測埤塘對地下水水位含量之影響，並建立埤塘變遷對地下水水位影響之方程式。

表六 桃園市歷年地下水水位表

南崁地下水測站				單位:公尺	
1978 年	50.7	1987 年	44.6	1996 年	37.8
1979 年	47.1	1988 年	41.0	1997 年	37.1
1980 年	47.5	1989 年	41.4	1998 年	36.4
1981 年	47.7	1990 年	43.0	1999 年	35.7
1982 年	47.8	1991 年	41.2	2000 年	35.0
1983 年	47.7	1992 年	40.5	2001 年	34.3
1984 年	46.9	1993 年	39.8	2002 年	33.6
1985 年	46.1	1994 年	39.1	2003 年	33.0
1986 年	45.2	1995 年	38.4	2004 年	32.3

資料來源:桃園市地下水觀測網



圖七 桃園市南崁地下水水位趨勢圖

資料來源:桃園市地下水觀測網

(三)景觀生態指數之分析

桃園市 1978 年至 2004 年的埤塘比較如表七所示，可知埤塘劇烈減少的時期主要為 1985 年至 1994 年這時期，從中可搭配桃園市都市發展過程來看，得知此時期都市快速發展，埤塘又因功能漸失，埤塘用途逐漸轉移至建地上，故埤塘數大量銳減，且由於人為開發，導致埤塘分割、破碎化，且形狀漸趨較規則，至 2004 年埤塘數量還是大量銳減，但由於都市發展已漸趨緩和，且埤塘由於政策保護，消失的多為小型埤塘，故面積縮減變化較小。

表七 1978~2004 年間埤塘嵌塊體指數分析表

年 指數	1978	1985	1994	2004
埤塘嵌塊體 數量	132	130	76	49
埤塘嵌塊體 總面積	59,901,877	42,945,233	3,231,914	2,889,583
埤塘嵌塊體 邊緣總長度	264,074	222,745	45,661	34,918
埤塘平均嵌 塊體面積	453,802,098,485	363,686,284,615	42,525,184,211	58,971,081,633
埤塘嵌塊體 邊緣密度	4,408.44	4,711.27	14,128.16	12,084.10
埤塘嵌塊體 形狀指數	8.53	8.10	6.35	5.14

(四)相關係數分析與迴歸模式之應用

為瞭解埤塘變遷的各個因子與地下水位高低兩者之間是否相關，以皮爾森積差相關分析來探討埤塘變遷的各個因子與桃園市地下水位含量之關係。由統計分析結果，發現二者共有的六個面向中，所呈現的相關性如表八。

由表八結果主要可看出數量、邊緣長度、總面積、平均面積、形狀指數皆達高度顯著性相關，表示其埤塘嵌塊體形狀愈完整、規則、數量愈多、面積愈大，則地下水位就愈高；反之，與邊緣密度呈現極高度負相關，表示其邊緣密度愈高，埤塘愈破碎、邊緣化，則地下水位就愈低，故後續迴歸模式部分考慮到其解釋能力判定上，會影響到迴歸預測模式其準確度，因此不採用邊緣密度。因此納入迴歸模式中分析的因子包括(1)埤塘嵌塊體數量；(2)埤塘嵌塊體總面積；(3)埤塘嵌塊體邊緣總長度；(4)埤塘平均嵌塊體面積；(5)埤塘嵌塊體形狀指數等數據。

表八 地下水位高低與埤塘變遷相關分析表

變數	數量	邊緣長度	總面積	邊緣密度	平均面積	形狀指數
水位	0.97813	0.95240	0.94509	-0.86738	0.94242	0.95956

複迴歸分析，是將五個解釋變數與反應變數 Y 建立一個複迴歸模型，且從中判別其解釋能力，檢視其顯著值是否合乎標準，之後排除不顯著之解釋變數，建立解釋變數與地下水位間之方程式，操作結果如下。

1.第一次模式運作與結果分析

複相關係數(R)為 0.99091，判定係數(R 平方)為 0.98191、調整後的 R 平方為 0.97760。顯示整組迴歸方程式可解釋地下水位差異之程度相當高。且顯著值(P-值) $1.49E-17 < \alpha = 0.05$ ，故其結果為棄卻因變數與自變數間無迴歸關係存在之虛無假設。顯示埤塘數量、周長、面積、平均面積、形狀景觀指數與地下水位整體間有明顯迴歸關係存在，因此模式可用。

從表九中看出五個自變數中，有埤塘之數量、總周長、總面積之顯著值(P-值)均小於 $\alpha = 0.05$ ，可棄卻其為 0 之虛無假設，表示埤塘之數量、總周長、總面積與地下水高低間存有直線關係。其係數分別為 0.64555、-0.00098、 $3.72E-06$ ，顯示埤塘數量、總面積與地下水位高低之關係為正相關，與埤塘之總周長為負相關，表示埤塘水位會因埤塘數量、面積大小影響到其水位高低，且是正向的影響；反之，埤塘總周長是負向的影響，會有此現象，可推測為埤塘形狀破碎導致總周長值升高，又因前段敘述統計中提到地下水位高低與埤塘破碎化成反比，故有此結果。

其餘之埤塘嵌塊體形狀指數與埤塘嵌塊體平均面積兩個變數之顯著值(P-值)均大於 $\alpha = 0.05$ ，故無法棄卻其為 0 之虛無假設，顯示地下水位高低與這些變數間並無顯著之直線關係。故可將這些變數之係數自迴歸方程式中排除掉。

表九 第一次檢測各項因子係數表

項目	係數	標準誤	t 統計	P-值
截距	35.63334	6.32381	5.63479	1.36E-05
數量	0.64555	0.10253	6.29601	3.04E-06
邊緣長度	-0.00098	0.00022	-4.46223	0.000215
總面積	3.72E-06	7.77E-07	4.79209	9.81E-05
平均面積	-4.5E-11	2.49E-11	-1.82164	0.082787
形狀指數	-1.71085	1.36862	-1.25005	0.225031

2.排除不顯著解釋變數之最佳解

考慮到第一組檢測迴歸模式中的平均面積與形狀指數兩個變數之顯著值(P-值)均大於 $\alpha=0.05$ ，會影響到其迴歸模式之預測準確度，故將兩個解釋變數排除後，在跑第二次檢測迴歸模式以求得預測地下水位之最佳方程式。

由此結果複相關係數(R)為 0.98929，判定係數(R 平方)為 0.97870、調整後的 R 平方為 0.97593，顯示整組迴歸方程式可解釋地下水位差異之程度相當高。且與前一組迴歸模式相比，其解釋能力差距不大。而顯著值 $2.33E-19 < \alpha = 0.05$ ，故其結果為棄卻因變數與自變數間無迴歸關係存在之虛無假設。且與前一組迴歸模式相比，F 檢定的顯著水準更趨近於 0，表示更具有解釋能力。

由於排除掉不顯著之解釋變數，故第二組組迴歸模式其解釋能力與其準確度是可信的。且可從表中看出五個自變數中，顯著值(P-值)均小於 $\alpha=0.05$ ，可棄卻其為 0 之虛無假設。

表十 第二次檢測各項因子係數表

項目	係數	標準誤	t 統計	P-值
截距	28.39857	1.53339	18.52014	2.57E-15
數量 X_1	0.61802	0.09342	6.61523	9.49E-07
總面積 X_2	3.64E-06	7.49E-07	4.86018	6.60E-05
邊緣長度 X_3	-0.00106	0.00022	-4.86950	6.45E-05

所以，最後最佳預測地下水位之迴歸方程式為：

$$Y = 0.61802X_1 + 3.64E-06X_2 - 0.00106X_3 + 28.39857 \dots \dots \dots (4-1)$$

(地下水位 = 0.61802 × 埤塘數量 X_1 + 3.64E-06 × 埤塘總面積 X_2 - 0.00106 × 埤塘總周長 X_3 + 28.39857)

五、結論與建議

由上述分析結果可以看出桃園市埤塘 1964 年石門水庫設立後，桃園大圳以水庫引水，埤圳灌溉水源供應得到保障，導致埤塘功能漸失，埤塘數量銳減，加上都會快速發展的帶動下，促使住宅及工廠用地的需求逐漸增加，埤塘逐漸改變

原有用途，從事農業耕作的人口也相對減少。從相關係數與迴歸模式分析結果來看，埤塘的保存對補注地下水具有顯著的影響性。且埤塘的數量、面積大小、埤塘完整性與補注地下水層之功用，其結果成正比，也就是埤塘數量愈多、面積愈大、形狀愈完整，對補注地下水之成果則愈顯著，其邊緣化程度愈高，則補注地下水之成果則愈不顯著。並可由迴歸模式與歷年水位推估中看出埤塘對於補注地下水的影響性。

(一)結論

桃園市埤塘由於失去原有功能，導致逐漸消失或荒廢，甚至轉向其他用途使用，如不在針對此現象，提出有效的保護措施，很快地埤塘此地景將逐漸消逝於歷史之中。其實埤塘的功用不只原本的灌溉用途，其實還有補注地下水層、淨化水質、供生物棲息場所等用途，但並未有相關研究探究這一方面之議題，故本研究在相關研究條件不足的情況下，希望能提出一套可以有效證實埤塘在補注地下水層這一方面之價值性，主要將研究分為兩個面向進行，因此在結論上也將依此分別進行說明。

1.建構桃園市埤塘相關資料庫

- (1)本研究將結合地理資訊系統數化桃園市歷年埤塘情形，藉此數化出埤塘之數據，以供後續之研究。
- (2)從文獻中整理出埤塘之相關議題，並界定埤塘對補注地下水層之因子。

2.埤塘對補注地下水層之價值

由於埤塘本來就具有補注地下水層之功用，只是尚未有這方面的研究證實其價值性，估希望藉由此迴歸模式印證埤塘對補注地下水之可行性，實證之後得到下列結果：

- (1)埤塘的保存對補注地下水具有顯著的影響性。
- (2)埤塘的數量、面積大小、埤塘完整性與補注地下水層之功用，其結果成正比，也就是埤塘數量愈多、面積愈大、形狀愈完整，對補注地下水之成果則愈顯著，其邊緣化程度愈高，則補注地下水之成果則愈不顯著。
- (3)由結果中得知假使埤塘最後盡數消失，由迴歸模式中可推測出，假使埤塘盡數消失，最後地下水位高度會僅剩下 28.4 公尺，可從歷年水位推估中看出埤塘對於補注地下水的影響性。

(二)建議

本研究以埤塘變遷對地下水補注做出評估，試著建立一套埤塘對補注地下水之迴歸模式，未來可將範圍推展至地下水資源補注與利用的問題評估或方案決選上，應可提供另類的改善思考方向，亦可供縣府作為對埤塘之保育決策上之方針。然由於人力、經費、資料不足，以及對此方面之相關研究缺乏，研究內容仍有未盡完善之處，現將相關限制及建議分列如下。

- 1.由於本研究只研究埤塘對於補注地下水之影響性，且相關資料蒐集不易，如後續研究欲建立更加準確之補注地下水模式，可考慮進降雨、地面逕流、窪地補注等層面資料，將可完善預測模式。

- 2.由於埤塘的保存不只僅有灌溉、補注地下水之用途，還有儲水、防災、供生物棲息、觀光遊憩、供研究教育教材、淨化水質等用途。尤其在供生物棲息、淨化水質上仍有很大的議題空間，但由於生物多樣性資料不易取得，與水質方面之評估資料欠缺，故後續仍可將這方面資料補足，以補全埤塘保存之價值性。

參考文獻

(一)中文書目

1. 丁志堅，2002，屏東平原土地利用變遷分析與模式建立，國立台灣大學地理環境資源研究所博士論文，pp.68~72。
2. 丁志堅，1997，運用馬可夫鏈模式度量土地利用變遷之研究，臺灣大學地理學研究所碩士論文。
3. 王口爐，2003，大肚溪口景觀變遷與人文驅動力研究，東海大學景觀學系碩士論文。
4. 王波、唐志剛、濮勵杰，彭補拙，2001，區域土地利用動態變化及人文驅動力初步研究—以無錫馬山區為例，土壤，第2期，pp.86~91。
5. 王建良、劉偉、包浩生，1999，梧州市土地利用變化的驅動力研究，經濟地理，第19卷第4期，pp.74~79。
6. 王敏先，2004，景觀生態概念與指標應用於景觀規劃之探討，中國文化大學景觀學研究所碩士論文。
7. 竹內常行，1971，台灣之桃園台地水利開發的發達與土地利用，地理學評論，第44卷，第10期，pp.665~684。
8. 吳振發，2006，土地利用變遷與景觀生態評估方法之建立，國立臺北大學都市計劃研究所博士論文。
9. 李總集，2001，農田水利會營運現況與展望，農田水利，第48卷第2期，pp.28~33。
10. 肖篤寧，1999，景觀生態學：理論、方法及應用，地景出版社。
11. 周天穎、葉美伶、袁嵐焜，2000，地理資訊系統理論與實務，逢甲大學地理資訊系統研究中心。
12. 周黛君，2005，埤塘變遷趨動力之研究-以桃園縣蘆竹鄉為例，中國文化大學地學研究所地理組碩士論文。
13. 林于尊，2000，農地重劃景觀生態變遷之研究，台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
14. 林向斌，2005，以景觀生態法分析都市綠地變遷之研究 —以桃園市、八德市、龜山鄉為例，銘傳大學媒體空間設計研究所碩士論文。
15. 林怡君，2000，環境視覺與景觀生態學理論於灌溉埤塘之研究--以桃園縣蘆竹鄉為例，中國文化大學地學研究所地理組碩士論文。
16. 林會承、劉與朋，1996，桃園之埤塘調查研究，桃園縣立文化中心。

17. 林裕彬、林怡君，1999，以景觀生態觀點探討蘆竹地區之農田景觀結構，中國文化大學地理研究報告，第 12 期，pp.107~130。
18. 林裕彬、鄧東坡、鄭瑞鈞，2000，以嵌塊體形狀指數與統計方法於景觀變遷之研究中國文化大學地理學系地理研究報告，第 13 期，pp.95~125。
19. 林達雄，2000，桃園縣水體環境涵容能力分析之研究，私立中國文化大學地理研究報告，第 13 期，pp.191~204。
20. 林慧娟、林怡君、林裕彬，1999，應用地理資訊系統於蘆竹鄉灌溉蓄水池變遷之研究，八十八年度農業工程研討會論文集，pp.727~734。
21. 施明元，1995，台中市土地利用空間發展之研究，逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
22. 范佐東，1997，桃園台地埤塘型態分布與運作機制之研究，國立台灣師範大學地理研究所碩士論文。
23. 桃園縣政府，1997，桃園縣綜合發展計畫。
24. 張長義、朱子豪、周素卿、蔡博文、倪進誠、林裕彬，2002，「本地變遷趨勢、衝擊評估與因應策略之整合模式發展」與「長期基礎資料調查、監測與收集整合機制」之推動規劃土地利用組規劃報告書，行政院國家科學委員會專題研究計畫 91 年度成果報告。
25. 張奠國、方琮雅，2001，桃園台地水域用地空間結構變遷之研究，九十年年度農業工程研討會，pp.139~143。
26. 張惠遠、趙亦、蔡運龍、殷靜，1999，喀斯特山區土地利用變化的人類驅動機制研究，地理研究，第 18 卷第 2 期，pp.136~142。
27. 許秦蓁，1997，桃園埤塘興盛與垂危，桃園：桃縣文化。
28. 郭建志，2002，桃園台地陂塘人文地景之延續性研究-以中壢青埔特定區為例，國立台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文。
29. 陳正祥，1961，台灣地誌(下冊)-桃園沖積扇，敷明產業地理研究所研究報告第 94 號，pp.1103~1144。
30. 陳百明，1997，試論中國土地利用和土地覆蓋變化及人類驅動力研究，自然資源，第 2 期，pp.31~36。
31. 陳芳蕙，1979，桃園台地的水利開發與空間組織的變遷，國立台灣師範大學地理研究報告，第 5 期，pp.49~77。
32. 陳浮、陳剛、包浩生、彭補拙，2001，都市邊緣區土地利用變化及人文驅動力機制研究，自然資源學報，第 16 卷第 3 期，pp.204~210。
33. 黃德銘，2001，新中橫公路陳有蘭溪流域土地利用變遷與社經發展之研究，國立台灣森林學研究所碩士論文。
34. 楊志鵬，1984，桃園台地池塘面積與坡度之關係，國立台灣師範大學地理研究所碩士論文。
35. 楊淑玲，1994，桃園台地水利社會空間組織的演化，國立台灣師範大學地理研究所碩士論文。
36. 鄔建國，2003，景觀生態學-格局、過程、尺度與等級，台北：五南圖書出版

股份。

37. 廖怡雯，2002，運用馬可夫鏈模式於台中市土地變遷之研究，逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
38. 廖振順，1989，桃園縣龍潭鄉埤塘之研究，國立台灣師範大學地理研究所碩士論文。
39. 擺萬奇、趙士洞，2001，土地利用變化驅動力系統分析，資源科學，第23卷第3期，pp.39~42。

(二)英文書目

1. Dramstad, W. E., Olson J. D., and Forman, R. T. T., 1996, Landscape Principles in Landscape Architecture and Land-use Planning. Island Press.
2. Eastman, J. R.(1995). Idrisi for windows User"s Guide, Version 1., Graduate School of Geography, Clark University。
3. Forman, R. T. T. and Godron, M., 1986, Landscape Ecology, New York : John Wiley & Sons.
4. Naveh, Z. and Lieberman, A. S., 1993. Landscape Ecology: Theory and Application. New York: Springer-Verlag Press.
5. Risser, P. G., Karr. J. R., Forman R. T. T., 1984. Landscape Ecology: Directions and Applications. National History Survey.
6. Skinner,C.N.,1995,Change in spatial characteristics of forest openings in the Klamath Mountains of northwestern California USA,Landscape Ecology,10(4):219-228.
7. Troll, C., 1950. Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. Studium generale (Heidelberg), 3,pp.163-181.

(三)相關網站

1. 以景觀生態分析方法分析桃園台地埤塘變遷之研究
(http://tw.wrs.yahoo.com/_ylt=A3eg8qOq1KxJ9OoAXTBr1gt.;_ylu=X3oDMTE1czlwMm04BHNIYwNzcgRwb3MDMwRjb2xvA3R3MQR2dGlkA1RXMDE1M18yMTA-/SIG=121q8sddl/EXP=1236149802/**http%3a//www.tia.org.tw/80Paper/80Paper0033.htm)
2. 桃園縣埤塘水圳新生整體發展計畫全球資訊網
(<http://gistest.tyhg.gov.tw/apmap/home.htm>)
3. 桃園縣埤塘水圳資料庫查詢系統(<http://gistest.tyhg.gov.tw/apmap/feature.htm>)
4. 埤塘文化
(http://www.geo.ntnu.edu.tw/faculty/shensm/Course/CourseWork/TaiGeom_Stu/)
5. 埤圳新生工程示範點整理發展計畫
(http://gistest.tyhg.gov.tw/apmap/plan_now/4.pdf)