

台灣北部海岸地區土地利用變遷與環境衝擊之研究

----子計畫四：

臺灣北部海岸地區養殖土地利用變遷及環境衝擊之研究（Ⅲ）

計畫主持人：張長義

國立臺灣大學地理環境資源學系

共同主持人：

研究助理：林俊強

中文摘要

以人文生態學的角度而言，土地利用變遷與環境的衝擊的研究是一個整合型的研究。本研究試圖探索水產養殖土地利用變遷和對環境的衝擊的關係，以宜蘭地區為例，而欲達到下列目標：

1. 收集過去三百年來的土地利用方式的歷史性資料。
2. 利用 GIS 技術收集水產養殖用地與對環境衝擊。
3. 應用空間分析的方法分析水產養殖用地及其衝擊。
4. 應用空間分析的方法分析水產養殖土地利用變遷。
5. 應用空間分析的方法分析水產養殖用地對環境的衝擊。
6. 建立水產養殖土地利用變遷可預測模型。

本研究第三年的研究重點在於宜蘭縣沿海地區土地利用與環境資料的分析與結果討論，包括此一期間關於宜蘭縣沿海地區一般環境狀況、土地利用與環境資料建置狀況、宜蘭縣養殖業發展資料的收集結果加以整理分析，試圖建構台灣水產養殖土地利用之多變量預測模式，以作為日後由影響養殖土地利用面積因子，推估未來利用面積之參照。

關鍵詞：水產養殖、土地利用變遷、海岸地區、環境衝擊

Abstract

The study of land use change and environmental impact is an interdisciplinary research subject as well as a major topic for human ecological study. In this research project, it is an attempt to explore aquacultural land use change and its impact on the environment through examining related land use change in the I-Lan region. The research objectives are as follows:

1. To collect the historical data in past three hundred years related to the topic.
2. To utilize GIS method to collect the data of aquacultural land use and the extent of its impact on environment.
3. To apply spatial analysis method to analyze the aquacultural land use and its impact.
4. To apply spatial analysis method to analyze the change of aquacultural land use.
5. To apply spatial analysis method to analyze the environmental impact of aquacultural land use.
6. To establish a predictive model on the change of aquacultural land use.

This research will be conducted with five stages in three years. The third stage of the third year has completed the above six objectives in the I-Lan region.

Keywords: Aquaculture, Land Use Change, Coastal Region, Environmental Impact

目 錄

第一章 前言	1
第二章 研究方法	3
第一節 研究概念	3
第二節 資料蒐集	7
第三節 分析方法	8
第三章 研究區概述	9
第一節 自然環境	9
第二節 人文環境	11
第三節 沿海地區陸上水產養殖環境	12
第四章 研究結果討論	13
第一節 迴歸分析的基本假設	13
第二節 複迴歸模式的檢驗與討論	15
第三節 複迴歸模式的預測與應用方式	18
第五章 結論與後續研究	25
第一節 結論	25
第二節 後續研究	26
參考文獻	27

圖 目 錄

圖 1 土地利用變遷之研究面向.....	4
圖 2 生態複合體架構示意圖 (DUNCAN, 1959)	5
圖 3 研究概念示意圖	6
圖 4 標準化殘差值次數分配直方圖	15
圖 5 樣本殘差值常態機率分佈圖	16
圖 6 殘差值與預測值交叉散佈圖	17

第一章 前言

台灣地區的水產養殖業有 300 年以上的發展歷史（廖一久，1995）。而台灣的早期水產養殖業屬於粗放型態，直到約 1960 年代以後，由於人工繁殖技術與周邊產業串連成功，使得水產養殖業轉變為集約式養殖（廖一久，1989）。也正因為水產養殖業轉變為高密度與高附加價值的農業，許多人紛紛投入水產養殖業，水產養殖業才正式開始蓬勃發展。然而在 1988 年的草蝦病變事件，使得養殖業受到相當大的打擊（廖一久，1995）。且由於大量的沿海地區居民密集的投入水產養殖業，超抽地下水的結果使得沿海地區環境急遽改變，造成了地層下陷、土壤鹽化等問題，也對當地的人文環境、生態環境造成了某種程度的改變，也因此水產養殖業的發展，在 1990 年代以後陷入了進退兩難的瓶頸（陳一鳴，1993）。

由於養殖業過度發展，土地利用的改變影響環境太過劇烈，造成了環境的嚴重問題。因此政府試圖採取有效的管理與限制的措施期望能控制養殖魚塭的增加以及所造成的地層下陷等問題。但對於土地利用的管制，則必須對於土地利用的狀況確實掌握，不單只有土地利用變遷的情形，亦包括影響土地利用變遷的各種因子。唯有透過完整的分析，才能從客觀的角度來評估要如何來更影響改變遷的因子，以達成影響與控制土地利用的狀況。

以水產養殖業而言，在經歷這許多的爭議與衝擊之下，「水產養殖」這一類型的土地利用方式受到水產養殖業的發展影響甚深。因為水產養殖既是一種產業，也是一種土地利用類型；而且水產養殖產業的發展與變化，最直接反映在水產養殖這一類型的土地利用變遷。因此有許多研究針對養殖發展所造成的環境問題與未來永續發展等相關議題提出討論（周文玲，1992；陳一鳴，1993、1995；廖一久，1995；*etc.*）。

在過去的相關研究之中，不乏針對養殖業發展興盛的地區，探討養殖產業與養殖村落的發展變遷，許多研究也都提出了影響養殖發展與村落變遷的作用因子（張秋玉，1978；陳鸞鳳，1982；江麗英，1991；王柏山，1977、1998；孔慶麗，1993；*etc.*）。也有研究探討養殖區域的土地利用變遷因子（張長義、劉英毓、蔡博文等，1993；王柏山，1994；*etc.*）。而這些因子是否對於水產養殖類土地利用變遷確實有某種程度上的影響？這些因子對於水產養殖類土地利用的影響程度為何？是否可以以量化的方式來呈現這許多量化與非量化的作用因子對於水產養殖類土地利用的影響？而如何根據現有的作用因子資料以建立一個土地利用的變遷模式，以提供相關研究掌握並預測未來的水產養殖類土地利用變遷狀況？這些問題都是值得深入探討的議題。

而從永續發展的理念來看，若能建立各影響因子與養殖面積間的關係式，便可根據各因子的變化來推估未來養殖面積的量，或推估不同養殖種類的養殖魚塭面積。後續研究便可根據此關係式，並進而針對各種養殖種類的養殖魚塭所需的淡水量，來推估養殖區的總需淡水量。依據不同養殖區的地下水補注量與抽取量的平衡狀況，可評估不同地

區的養殖發展分級。地下水補注量不足的地區可藉由養殖土地利用的變遷因子改變與控制，來調整至合理而不影響環境的狀況。地下水補注量許可的地區則可根據推估式來預測養殖魚塭發展的最大限制量，並提早加以管理以避免環境災害的發生。

換言之，針對「水產養殖」這一類型的土地利用變遷加以研究，探討其土地利用變遷的特性，並尋找歸納影響「水產養殖」產業發展與這一類型的土地利用變遷的因子，進而尋找一預估模式，對於掌握水產養殖類土地利用的發展與未來變遷有相當大的幫助。也正因為水產養殖的土地利用值得深入探討的課題相當的多，而且建立一個土地利用與變遷因子的預測關係式是決策支援中相當基礎且重要的研究。影響養殖土地利用的變遷因子相當多，包含社經、政策、技術等不同面向的資料。因此藉由相關研究的文獻回顧，以宜蘭縣為研究區，整理水產養殖土地利用變遷的因子，進而統整連續變量與類別變量，以建立一個由變遷因子來預測土地利用的線性模式。宜蘭縣的陸上水產養殖活動始於民國五十年代，目前已是台灣重要水產養殖地區之一。本研究以探討沿海地區陸上養殖活動對於環境變遷與相關環境因素之影響為探討重點。

第二章 研究方法

第一節 研究概念

本研究主要從先前相關的經驗研究為出發點，透過文獻回顧來收集並整理與水產養殖類土地利用變遷有關係的所有因子，藉由多變量統計方法對所有因子加以分析，再適當的選取因子來建立預測模式。因此本研究為奠基於先前經驗研究與資料基礎之上，而繼續做後續發展與更深入探討的實證研究。也因此因子的尋找、整理、與分類，是屬於本研究的基礎。

一、研究假設

由於水產養殖既是一種產業亦是一種土地利用類型，而養殖魚塭的拓展或廢棄必定造成土地利用的改變。在不造成研究起點偏頗的條件之下，為使本研究在尋找變遷因子時能有更廣的面向，因此本研究展開之前必須先定義出本研究的假設：

「養殖產業的發展」與「養殖類土地利用」之間有絕對的關係，所以探討「養殖類土地利用」的變遷因子時，可以藉由「養殖產業的發展」變遷因子來作為解釋「養殖類土地利用」變遷的因子。

二、研究對象的界定

本研究嘗試建立一水產養殖土地利用變遷之複迴歸模式（multiple regression model），在進行模式的討論之前必須對所研究的課題與對象加以明確的界定。

土地利用變遷的研究之中，所研究的課題大致有三種主要的方向，如（圖1）所示：

- （一）、土地利用面積改變的研究
- （二）、土地利用空間分佈上變遷的研究
- （三）、土地利用型態與結構的研究

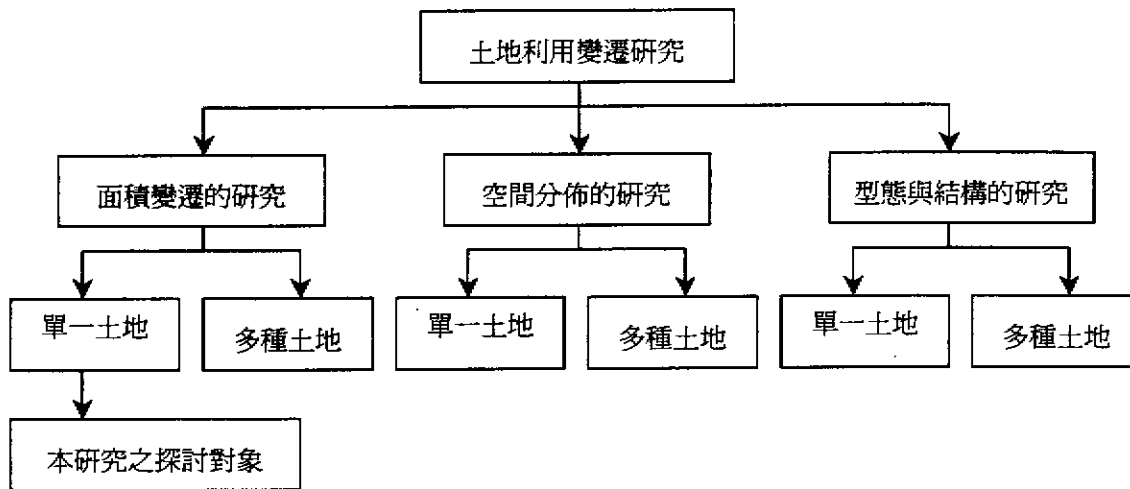


圖 1 土地利用變遷之研究面向

以本研究所希望建立的預測模式而言，水產養殖土地利用的面積變遷狀況與趨勢是本研究想掌握的重點。換言之，水產養殖土地利用的空間分佈與變遷並不在本研究的討論之中，因此本研究所探討的重點與定義如下：

建立一個由影響水產養殖土地利用面積變化的因子，來預測水產養殖土地利用的面積的模式。

三、研究概念與架構

而在分析一個地區的養殖發展或是土地利用變遷的因子時，所必須探討的層面相當廣，因此必須先界定由不同的角度來切入，才能較有系統的尋找因子。

Duncan (1959) 提出生態複合體 (ecological complex) 的架構，如 (圖 2)。由 P (population) 人口、O (organization) 組織、E (environment) 環境、T (technique) 技術，來解析人類活動與環境之間欲達平衡狀態的變動關係 (江麗英, 1991)。P (人口) 表示人口的數量、分佈、密度等。O (組織) 表示生計活動的總體，如職業結構、人口組成等。E (環境) 表影響有機體的所有外在力量、T (技術) 指人類適應和改變環境的方法。

本研究擬參考人文生態學的研究觀點，由 Duncan (1959) 所提出的生態複合體 (ecological complex) 架構為起點，將養殖區的養殖產業發展視為一有機體。由 Duncan (1959) 所提出的 P O E T 這四個面向為基礎，並根據水產養殖產業發展的特性，以及土地利用變遷因子研究的重點，來加以修正作為探討變遷因子的核心。本文的研究概念如 (圖 3)，將切入的面向分為「內部因子」與「外部因子」，茲分述如下：

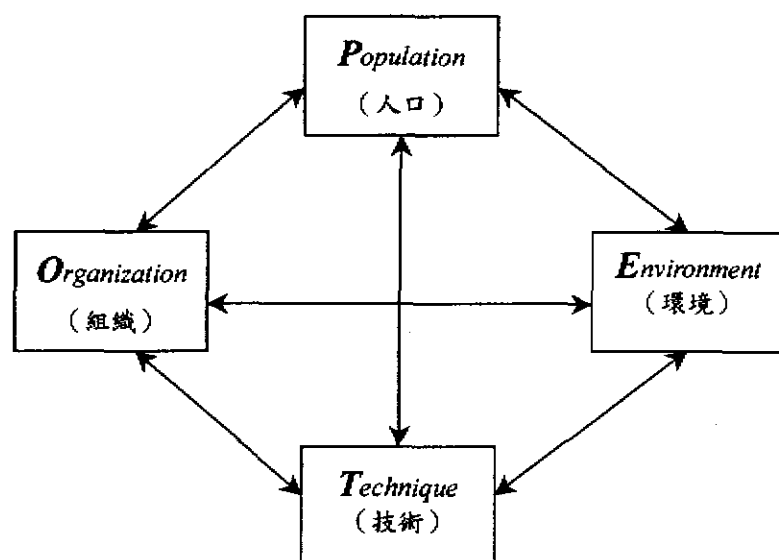


圖 2 生態複合體架構示意圖 (DUNCAN, 1959)

(一)、外部因子

在 Duncan 的生態複合體中，環境 (E) 代表的是影響有機體的外在力量，主要分為地點因素、位置因素 (江麗英, 1991)。而研究水產養殖產業發展的變化，除了「自然環境」與「區位因素」之外，更必須涉及外在人為環境的力量，舉凡「政府政策」、「市場需求」、「水源供應」等因素都必須特別加入考慮。

因此本研究對於「外部因子」的定義為：「對於養殖戶而言，來自於外在環境的先決條件與作用力量並非養殖戶所能掌握控制，卻對養殖業發展有影響者。」外部環境因子大致從以下五個方向來尋找：

1. 自然環境：地質、地形等環境條件
2. 區位因素：距離魚貨集散地或主要運輸幹道之距離
3. 政府政策：法令管理、限制或輔導金補助
4. 市場需求：魚貨內銷、外銷數量與產值
5. 水源供應：地下水、海水使用量

(二)、內部因子

相對於外部因子而言，「內部因子」的定義為：「對於養殖戶而言，屬於養殖戶本身的屬性特質或養殖戶所能掌握控制的資源，並足以影響養殖戶的決策經營，對養殖業發展有影響者。」內部環境因子大致朝以下三個方向來找尋：

- 1.人口 (P)：人口的數量、分佈、密度等
- 2.組織 (O)：年齡組成、教育水平、職業別
- 3.技術 (T)：促進產量、降低成本、高附加價值人工魚苗培育

透過本研究的研究概念，雖然從外部與內部來檢視養殖發展的過程，但是仍是透過POET的分析架構，從水產養殖相關經驗研究中來尋找影響養殖業發展的作用因子。

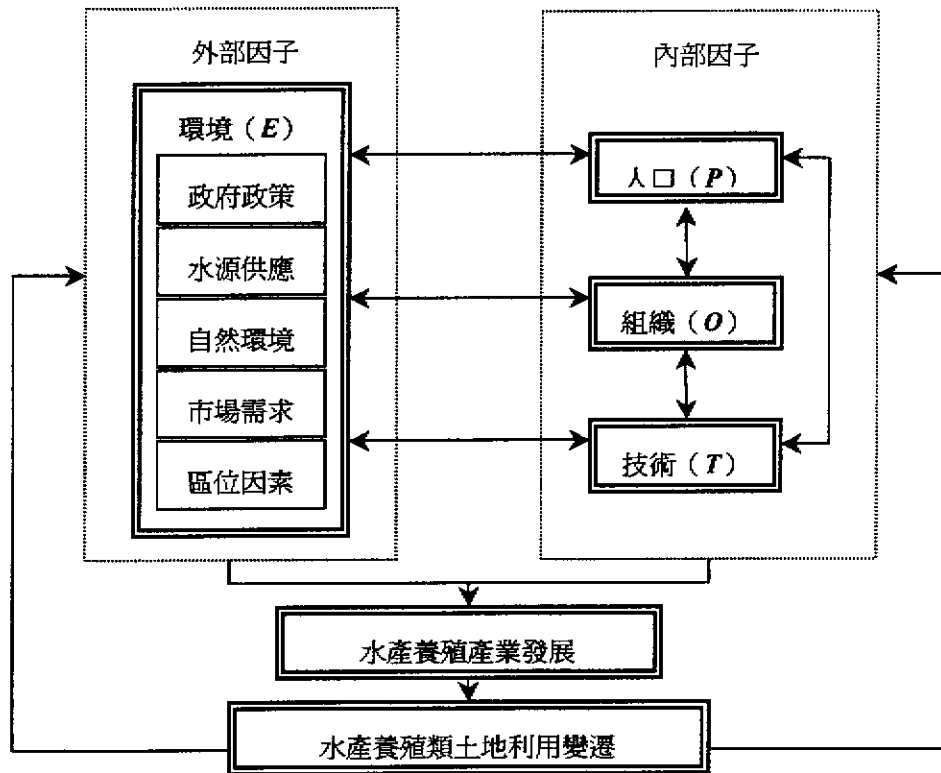


圖 3 研究概念示意圖

第二節 資料蒐集

由於本研究試圖建立一個土地利用變遷的預測模式，所必須考慮的層面涵蓋廣度較大，所必須考慮的因子數目也更多，因此資料的收集整理在本研究中佔有相當重要的地位。

收集有關養殖產業經濟面的研究、養殖村落變遷研究、養殖發展歷史性研究、養殖區相關背景資料等。希望從先前研究中歸納並整理影響養殖業發展與土地利用變遷的因子。

由政府機構所調查編輯的社經統計資料之收集，較能完整的得到本研究中必須列入考慮的不同層面的多個變項資料。

1. 農漁普查（行政院主計處）
2. 中華民國台灣地區漁業年報（台灣省政府農林廳漁業局）
3. 台閩地區人口統計（行政院內政部）
4. 台灣省沿近海及養殖漁戶經濟調查報告（台灣省政府農林廳漁業局）
5. 宜蘭縣統計要覽（宜蘭縣政府）
6. 中華民國台灣地區農業年報（行政院農委會）
7. 中華民國台灣地區農業統計手冊（行政院農委會）

第三節 分析方法

一、主成分分析 (Principal component analysis)

「主成分分析」(*principle component analysis*)屬於多變量分析方法中的其中一種，是由皮爾遜(*K. Pearson*)所創用，而由賀德臨(*Hotelling, 1963*)再加以發展的一種統計方法(林清山, 1983)。「主成分分析」經常應用於行為科學領域的研究之中。

在研究分析的過程中經常必須面對許多的變量，然而因為變量數目的過多，經常造成研究進行的困難並造成更多繁雜的問題。「主成分分析」主要在解決這方面的問題，透過對原有全部變量的分析過程，計算出由原有變量的線性組合而成的少數幾個新的相互獨立的「成分變量」，亦即是以少數幾個新的「成分變量」來代替原有的全部變量，便能更經濟而有效率的進行各種研究。

二、複迴歸分析 (Multiple regression analysis)

投入複迴歸分析中的自變項(*independent variable*)為主成分分析所計算出的數個新的「成分分數」，依變項(*dependent variable*)為「養殖土地利用面積」，所計算出的複迴歸式必須透過檢定是否符合迴歸分析之基本假設，而為一「最佳線性不偏估計式」(*Best Linear Unbiased Estimator*，簡稱 *BLUE*)。

第三章 研究區概述

第一節 自然環境

一、地理位置

宜蘭縣位居於台灣之東北隅，極北緯度 $25^{\circ} 56'24''$ (黃尾嶼北端)，極南緯度 $24^{\circ} 18'38''$ (南澳和平溪口)，南北方向由南澳鄉的和平溪口至頭城鎮的大澳長達 73.55 公里。西北連雪山山脈與臺北縣相接，東臨太平洋，南接中央山脈與花蓮及臺中縣相連，西連新竹、桃園兩縣，形成三面環山，一面臨海，為一封閉的地理區域。

二、地形、地質

宜蘭縣西北有雪山山脈，南有中央山脈，兩山之間為蘭陽沖積平原。若依地形分區可將宜蘭縣沿海地區由北而南分成三區，分別是：

1. 礁溪斷層海岸
2. 蘭陽沖積平原海岸
3. 蘇花斷層海岸

其各地質地地形概況分述如下：

1. 礁溪斷層海岸：縣內其範圍以宜蘭縣界為北界，南至頭城北方的北口，主要是沿著比亞南構造線向西南方呈直線狀延伸，而於北港口進入平原區內。蘭城以北因以大桶山層之硬頁岩為主，其地層岩性較均勻，造成海岸十分平直，沿岸都有海蝕平台的發育，大里附近尤其廣闊。蘭城是單面山小地形發育良好的地區。總之，北區山勢陡峻，逼近海岸，且海岸平直，有海蝕平台、單面山等景觀。
2. 蘭陽沖積平原海岸：此區完全位於宜蘭縣境內，主要由蘭陽溪沖積而成三角形之扇狀平原，其地勢平坦。海岸地區北以頭城為始。至北方澳間的海岸線中段，是蘭陽溪出海之河口，因河川漂砂供應充足，且東北季風盛行時間很長，因此河口附近都形成砂嘴及砂洲的地形，有時砂嘴式砂洲可以封閉整個河口，或是使河川不易出海；這種河口受阻的現象使得兩排水困難，而常造氾濫或形成湖現象。海岸線的內陸側，有平行排列的狹長砂丘，這砂丘與季節風、波浪的作用有關。沙丘高度在 10 公尺到 20 公尺之間，東坡緩，西坡較陡，寬度在 200 公尺到 700 公尺之間，砂丘後方常為潮濕地河道，河道常與砂丘平行流動一段距離而入海。蘭陽平原最低處為東北

角之頭城到打馬煙溪一帶，海拔只有 1 公尺左右，經常被海水灌淹或雨季為積水淹沒。

3. 蘇花斷層海岸：蘇花斷岸的範圍，從宜蘭縣的北方澳延伸到花蓮縣的崇德，這段海岸因懸崖逼近海岸，除少數河口沖積扇外，幾無平地存在。此段海岸全長九十餘公里，可分為三部份：蘇澳至南澳北段，南澳至和平為中段，和平至崇德為南三段海岸被南澳溪與和平溪分隔，北段海岸彎曲，中段及南段海岸平直，北、中段屬宜蘭縣內，南段則屬花蓮縣，無論彎曲或平直，都以斷崖與海面相接，和平以北(宜縣境內)，海崖高度約在 300~700 公尺間。北段彎曲海岸呈”之”字彎曲沿海有向海中出的半島、海岬或岩礁，自北而南有北方澳、南方澳、烏岩角、烏石鼻等以及許多無名的小岩礁，缺乏沙灘。從北方澳到猴猴坑露出的岩層主要是板岩，由於岩體節理發達，使劇烈風化的表層，變得十分破碎，因此公路九公里處的地方露出理岩(變質石灰岩)，有 10 公里之長，已被大量開採；烏石鼻岬角遇由角閃岩與片麻岩構成，岩質堅硬。中段海岸為平直海岸，陡岩逼海且多海岬，其成因乃該區岩層之岩性均勻，由黑色片岩以及綠色片岩交互組成。

三、氣候

1. 氣溫：年平均氣溫約為 21.5°C，每年四月以後，溫度即超過 20°C，其中七月最熱可高達月均溫 27.9°C。
2. 相對濕度：宜蘭縣為台灣地區濕度最大者，全年平均相對濕度為 86%。降雨：因受季風氣候影響，宜蘭縣雨量充沛，年平均降雨量高達 2700 公厘以上，年降雨日在 200 日以上。
3. 日照：宜縣雲量多，日照少，平地平均雲量高達十分之八以上，平均全年日照率約為 32%。
4. 風：平原地區，十月中旬至次年二月之東北季風期間，地面盛吹西風以及西南風，在夏季之西南季風期間，則地面多吹東北風及東風，其與季風來向適相反，此乃由於季風吹達境內，受平原周圍高山阻擋所致。除此夏季沿海地區並有海陸風現象。
5. 颱風：每年七、八、九月三個月為颱風侵襲最盛月份，而在本區登陸的頻率相當高。

四、水文

宜蘭縣境內的河川有主要河川蘭陽溪及其支流羅東溪、宜蘭河、五十溪、大湖溪、

大礁溪、小礁溪等七條，次要河川有南澳溪及其支流南澳北溪，蘇澳南溪及其支流白米溪，新城溪，得子口溪及其支流金面溪、福德溪、和平溪等。本區河川上游幼年期的V型谷地遍存，多急流瀑布；中下游河道蜿蜒，河水潛流地下，旱季每不見水流。

第二節 人文環境

宜蘭沿海地區在宜蘭開發史過程中屬開墾較遲地區，蘭陽平原在清朝漢人未入墾前為土番噶瑪蘭族所居，傳統的生產方式是農漁兼重，居海濱沙崙地者以漁為主，離海邊稍遠者以燒田農業為主。清嘉慶年後，大量漢人進入開墾因近山地區土難耕，又有生番居住，近海地區多沼澤濕地，所以初期墾耕皆就中間地區，靠山近海地區則開墾較遲；噶瑪蘭族人逐漸在漢人耕壓迫下不斷往海邊及山腳地帶移居，最後不是受到漢化就是移往花蓮、臺東地區生活。清同治年間，蘭陽平原之全境已開拓完成。

在聚落方面，蘭陽溪以北之沿海聚房估多沿台二線呈線狀分佈，以頭城聚落居最北位，往南分別為竹安、大福、過嶺、公館等聚落；蘭陽溪以南之沿海聚落多位於內陸沙丘高處，分佈於台二線西側沙丘之內陸側，有台二丙經過聚落呈線狀分佈，主要聚落為清水、利澤簡、成興、育英、馬賽等聚落；壯圍與五結聚落離海較遠，分別位於縣道194號、196號公路上，連接宜蘭、羅東之重要聚落。

蘭陽平原雨水豐沛，水利灌溉居全台之冠，加上平原土壤肥力高，因此以水田分佈面積最多，多屬兩期作物。

宜蘭沿海龍德及利澤兩工業區，龍德工業區位於冬山鄉及蘇澳鎮之間，面積計有579.06公頃，利澤工業區位於五結鄉及蘇澳鎮之間，計有420公頃，兩工業區位置接鄰，分佈面積以五結鄉及蘇澳鎮居多，各有兩百餘公頃，冬山鄉則有159.71公頃。

宜蘭地區人口的成長，自民國43年至今，以民國53年以前的之成長較快，達到百分之二以上；自民國53年以後，除了民國58年成長率達到百分之三點五之外，其他年代百分之二；尤其自國59年之後，人口成長率節節下降，低於百分之一，在民國75、76年甚至顯現負成長，人口有外移之現象。

人口在空間分佈上，宜蘭地區的人口在蘭陽溪北宜蘭市之人口為最多宜蘭市人長率在民國55年之前，與全縣之人口成長率相近，在民國55年之後，則於全縣之人口成長率。在蘭陽溪以南，早期以羅東鎮、蘇澳鎮之人口較多近年來羅東鎮之人口數超出其他鄉鎮。

第三節 沿海地區陸上水產養殖環境

水產養殖區多集中在蘭陽平原得仔口溪與蘭陽溪口附近之沿海地區，如頭城、礁溪、壯圍與五結。水產養殖的歷史分期如下：

4. 民國 50 年代末以前—吳郭魚稻田養殖。
5. 民國 50 年代末至 60 年代末—鱘魚養殖，初始（57 年）供應日本鱘苗，繼則鱘魚養殖，專業養殖起步。
6. 民國 70 年代至 80 年代初期—養蝦業發展、養殖活動的巔峰時期，養鱘業逐漸步入停滯。
7. 民國 72 年草蝦養殖興起。
8. 民國 76 年草蝦病變。
9. 民國 80 年斑節蝦養殖取代，全台主要斑節蝦養殖地區。
10. 民國 81 年斑節蝦病變。
11. 民國 80 年代，出現休養與廢養魚塭，改採海水（鹹水）養殖。

第四章 研究結果討論

第一節 迴歸分析的基本假設

在進行複迴歸分析時，所計算出的複迴歸模式必須符合下列假設，其中滿足前四項假設的複迴歸模式稱為「最佳線性不偏估計式」(Best Linear Unbiased Estimator, 簡稱 BLUE) (王保進, 1999)：

一、自變項是非隨機的 (nonstochastic)

自變項為非隨機的是指樣本在重複取樣時，每一個樣本在自變項的值具有固定的數值 (王保進, 1999)。

本研究中所投入複迴歸分析中的自變項 $Z_1 \sim Z_{24}$ ，是由歷年的資料中所取得，因此重複取樣時仍具有固定值，因此並不違反自變項為非隨機性的假設。

二、常態性 (normality) 的假設

常態性假設是指，迴歸分析中的所有觀察值，在依變項的部分必須是來自一個常態分配的母群體 (王保進, 1999)。

本研究所投入複迴歸分析中的依變項 Z_0 ，是由歷年宜蘭養殖魚塭面積資料 Y ，加以標準化而得，因此 $Z_0 \sim N(0, 1)$ 為一標準常態分配，符合常態性的假設。

三、無自相關 (nonautocorrelation)

複迴歸分析的其中一個假設是，誤差項 e_i 必須是獨立 (independent) 的，因此每個 e_i 之間沒有關係存在 (Hocking, 1996)。當資料分析之後出現殘差值 (residual) 自相關的情形，則違反複迴歸模式的基本假設，因而造成對於各迴歸係數估計的信賴區間不當擴大，降低對於各係數顯著性的檢定力 (王保進, 1999)。

而這類問題通常出現在資料來源為時間序列 (time series) 縱貫性上的歷年資料 (Hocking, 1996)，容易造成檢定迴歸係數的顯著性時高估 t 值，犯下「型 I 錯誤」(Type I Error) (王保進, 1999)。因而認為某變數的迴歸係數並未達顯著水準，錯誤判斷該變數在該複迴歸模式中的重要性。

一般常用來檢定殘差值是否自相關的方法為 *Durbin-Waston D* 檢定法。

四、變異數齊一性 (*homoscedasticity*)

變異數齊一性又稱為 *variance homogeneity* (Hocking, 1996)。複迴歸分析的另一重要假設為每一誤差項 e_i 的變異數固定為一常數 σ^2 ，即：

$$E(e_i^2) = \sigma^2 \quad [公式 4-1]$$

違反此一假設則稱為變異數不齊一性 (*heteroscedasticity*)，此種問題最常出現在橫斷面的資料中 (王保進, 1999)。

檢定變異數齊一性最普遍的方法就是利用圖示法 (*scatter plot*)，會出所有觀察值的殘差值與預測值的交叉散佈圖，若交叉散佈圖呈現水平的隨機散佈，表示迴歸模式符合變異數齊一性的假設。

五、自變項間無共線性 (*multicollinearity*)

在複迴歸分析中，有一亟欲避免的情況就是自變項間的共線性問題，當自變項間相關程度相當高時，所計算出的複迴歸模式亦造成以下問題 (王保進, 1999)：

- 1、迴歸係數信賴區間不當擴大，導致迴歸係數顯著性檢定時錯誤拒絕 H_0 的機會增加。
- 2、在高度共線性的情形之下，所建立的複迴歸模式在觀察值極小的變動之下，會產生迴歸係數極大的變化，而使迴歸模式不穩定。
- 3、可能使個別迴歸係數的正負號 (與依變項的相關方向)，出現與理論不符合的怪異現象。

本研究投入複迴歸分析中的自變項 $C_1 \sim C_9$ 是由主成分分析方法所求算出的主要成分，各主成分彼此之間相關程度為 0。且透過 *Tolerance* 值、*VIF* 值與 *Condition Index* 所呈現的結果均顯示並無共線性的問題存在。

第二節 複迴歸模式的檢驗與討論

以下根據前節所討論的迴歸分析基本假設，來對於本研究所建立的複迴歸模式加以檢驗與討論，是否符合「最佳線性不偏估計式」(Best Linear Unbiased Estimator)。

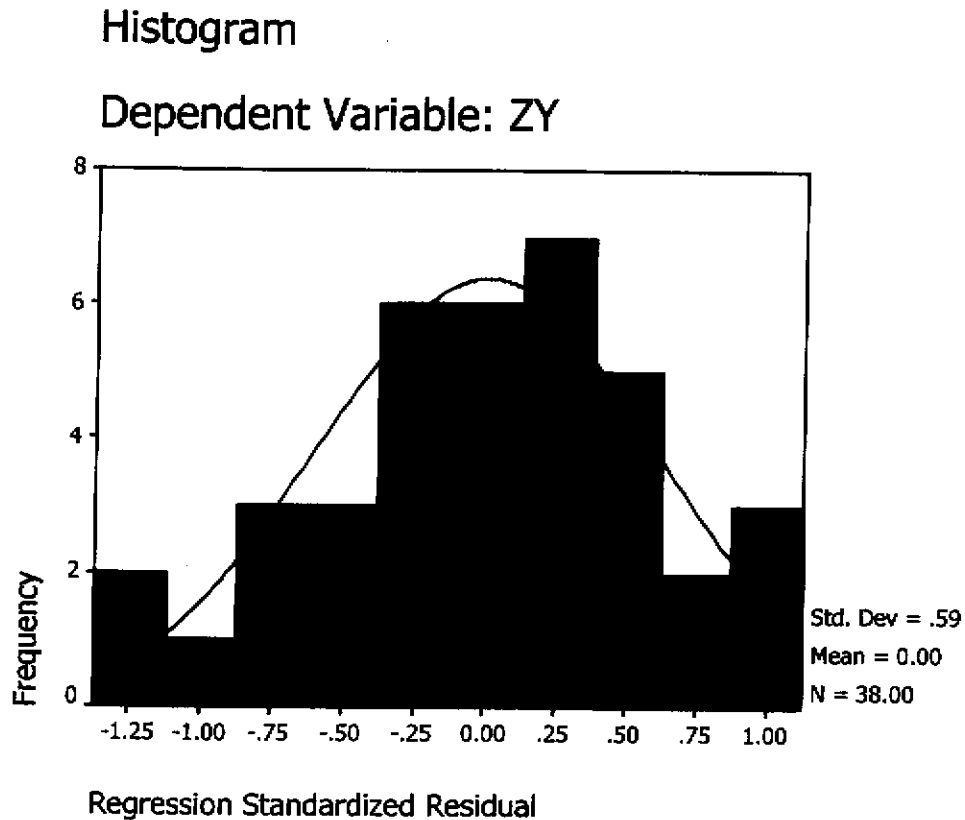


圖 4 標準化殘差值次數分配直方圖

【圖 4】為本研究的資料透過 SPSS 計算輸出的「標準化殘差值次數分配直方圖」。此直方圖可作為檢定樣本觀察值是否符合常態性的基本假設，當殘差值的次數分配與圖中的鐘型曲線（標準常態分配曲線）完全符合時，即表示樣本的標準化殘差值呈完全常態分配（王保進，1999）。

本研究的殘差值雖並不完全符合標準常態分配曲線，但也不能遽言觀察值不符合常態性假設。由於在實際研究中多少有抽樣誤差 (sampling error) 的存在，因此以樣本殘差值常態機率分佈圖【圖 5】來檢定較為適當（王保進，1999）。

Normal P-P Plot of Regression Standardized Dependent Variable: ZY

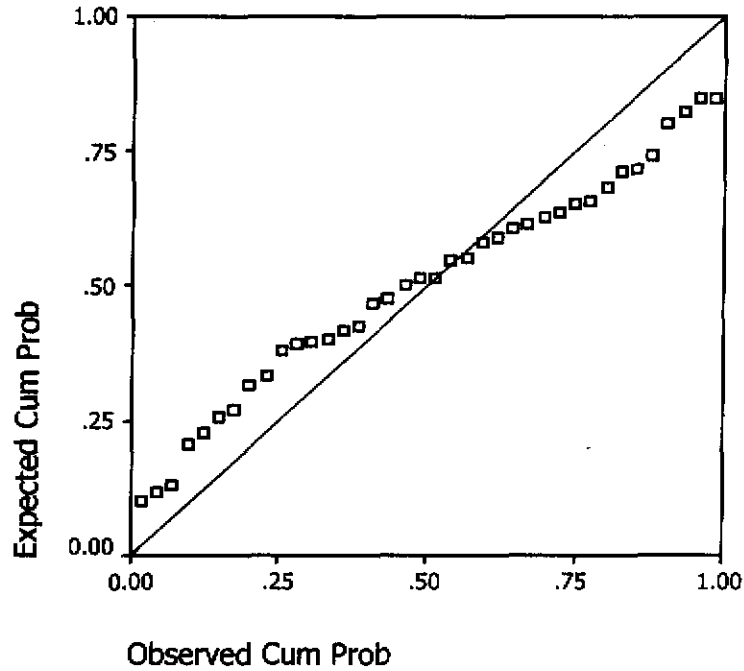


圖 5 樣本殘差值常態機率分佈圖

【圖 5】為本研究的資料透過 SPSS 計算輸出的「樣本殘差值常態機率分佈圖」(normal probability plot)，當樣本殘差值的累積機率分佈越接近 45 度斜線，表示樣本觀察值越能符合常態性假設。由【圖 5】可以發現本研究頗符合常態性假設。

Scatterplot

Dependent Variable: ZY

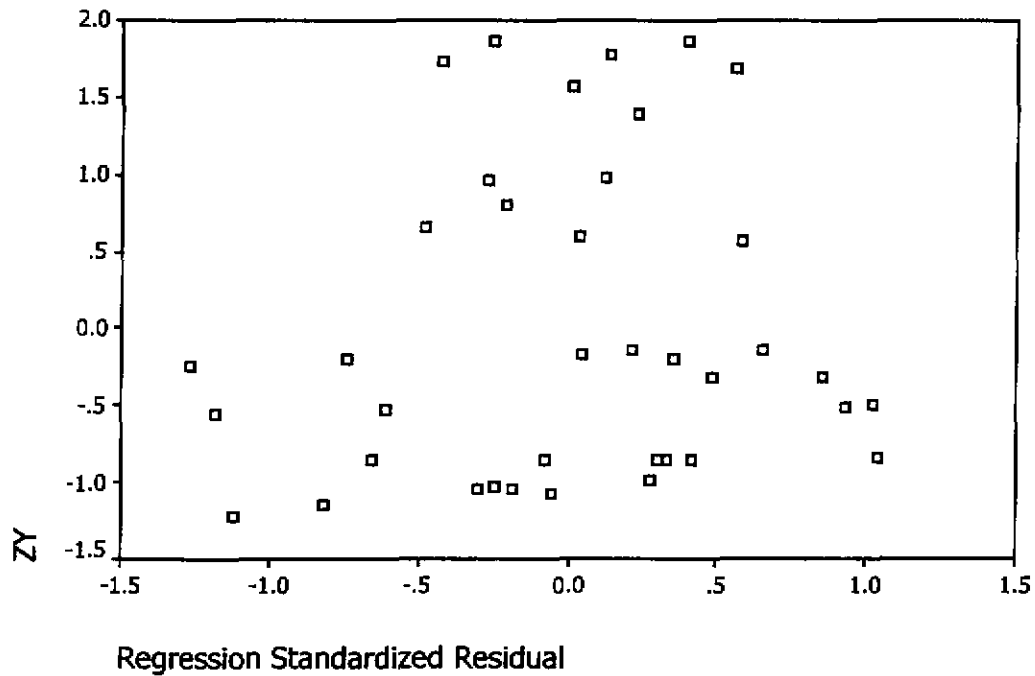


圖 6 殘差值與預測值交叉散佈圖

【圖 6】為本研究的資料透過 SPSS 計算輸出的「殘差值與預測值交叉散佈圖」。當散佈圖呈現水平的隨機散佈時，表示樣本觀察值符合常態性與變異數齊一性的假設（王保進，1999）。

由【圖 6】可以發現，散佈圖大致成水平隨機散佈，因此本研究的結果所建立的複迴歸模式符合變異數齊一性的假設。

第三節 複迴歸模式的預測與應用方式

綜合第一節與第二節對於本研究結果的檢驗與討論，可以發現本研究所建立的複迴歸模式符合迴歸分析的假設，且並無共線性的問題，因此為一符合「最佳線性不偏估計式」的養殖土地利用變遷的預測模式。且由於本模式的 R Square 值為 0.985，適配度 (goodness of fit) 相當好，因此所建立的模式符合本研究最初的研究目的。

本研究所建立的原始複迴歸模式：

$$Z_0 = 7.659 \times 10^{-17} + 0.905 \times C_1 + 0.1 \times C_2 + 0.231 \times C_3 - 1.594 \times 10^{-2} \times C_4 + 0.104 \times C_5 - 0.16 \times C_6 + 3.89 \times 10^{-2} \times C_7 + 6.159 \times 10^{-2} \times C_8 + 6.352 \times 10^{-2} \times C_9 + 0.196 \times C_{10} \quad \text{〔公式 4-2〕}$$

Z_0 標準化的宜蘭縣養殖魚塭面積

$C_1 \sim C_9$ 由主成分分析方法所求算出的主要成分

由〔公式 4-2〕，可以發現原始的複迴歸式是由 $C_1 \sim C_9$ 所組成。但是實際應用在預測養殖魚塭面積時，則有以下問題：

- 1、所取得的各自變項均為未標準化的原始資料 $X_1 \sim X_{24}$ ，因此要如何將自變項的部分轉換為以原始資料帶入預測模式中，以計算出依變項 Z_0 ，是必須加以討論的問題。
- 2、所計算出的依變項 Z_0 ，是經過標準化後的資料，要如何還原為未標準化的原始資料 Y (土地利用面積)，也是必須加以討論的重點。

因此以下將針對應用層面與應用方式作模式的延伸與討論：

一、複迴歸式的轉換

將主要成分 $C_1 \sim C_9$ 的線性組合帶入〔公式 4-2〕，可將〔公式 4-2〕中的 $C_1 \sim C_9$ 替換成 $Z_1 \sim Z_{24}$ ，因此原始迴歸式成為 $Z_1 \sim Z_{24}$ 的線性組合：

$$Z_0 = 7.659 \times 10^{-17} + 0.0613 \times Z_1 - 0.0179 \times Z_2 + 0.3822 \times Z_3 - 0.1121 \times Z_4 + 0.0289 \times Z_5 - 0.0265 \times Z_6 + 0.0174 \times Z_7 + 0.2309 \times Z_8 + 0.5952 \times Z_9 + 0.0037 \times Z_{10} - 0.1413 \times Z_{11} + 0.1138 \times Z_{12} + 0.1140 \times Z_{13} + 0.1098 \times Z_{14} + 0.0056 \times Z_{15} + 0.2470 \times Z_{16} + 0.1712 \times Z_{17} - 0.0239 \times Z_{18} + 0.0298 \times Z_{19} +$$

$$0.0278 \times Z_{20} - 0.0163 \times Z_{21} + 0.0721 \times Z_{22} - 0.1970 \times Z_{23} + 0.0141 \times Z_{24} \quad [公式 4-3]$$

Z_0 標準化的宜蘭縣養殖魚塭面積

$Z_1 \sim Z_{24}$ 為分別由 $X_1 \sim X_{24}$ 標準化後所得的資料

由 [公式 4-3] 可以發現，經轉換後的複迴歸模式，已完全由標準化後的資料所組成，而原始資料的標準化過程如下

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad [公式 4-4]$$

$i = 1 \sim 38$ (年度) $j = 1 \sim 24$ (變項)

其中 Z_{ij} 為第 j 個變項第 i 年度資料標準化之後的值

X_{ij} 為原始資料矩陣中第 j 個變項第 i 年度資料

\bar{X}_j 為第 j 個變項歷年資料的平均數

S_j 為第 j 個變項歷年資料的標準差

因此當取得第 39 年度的自變數 $X_{39,1} \sim X_{39,24}$ 資料而試圖運用本研究所建立的預測模式來預測第 39 年度的土地利用面積 Y_{39} 時，必須分別將各自變數根據 39 年以來的平均數 \bar{X}_{39} 與標準差 S_{39} 加以標準化為 $Z_{39,1} \sim Z_{39,24}$ ，再代入 [公式 7-3] 以求出第 39 年的 $Z_{39,0}$ 。求出 $Z_{39,0}$ 之後，再以 39 年歷年資料的 \bar{Y}_{39} 與 S_{39} ，還原成原始資料 Y 。

然而若每次預測時都必須針對歷年資料重新處理，徒增預測模式應用的複雜度，因此本研究擬針對歷年的平均數與標準差，討論標準化與還原時的處理方式。

二、標準化與還原的討論

假設共有 n 個年度資料，各年度資料為 X_i ($i=1 \sim n$) 則：

$$\text{前 } n \text{ 年資料的平均數為 } \bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad [定義 1]$$

$$\text{前 } n \text{ 年資料的變異數為 } S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X}_n^2 \quad [定義 2]$$

假設第 $n+1$ 年的資料為 X_{n+1} ，則：

前 $n+1$ 年資料的平均數為 $\bar{X}_{n+1} = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} X_i$ [定義 3]

前 $n+1$ 年資料的變異數為 $S_{n+1}^2 = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} (X_i - \bar{X}_{n+1})^2$ [定義 4]

本研究希望將前 $n+1$ 年資料的平均數 \bar{X}_{n+1} 與變異數 S_{n+1}^2 透過公式的推導，改為由 X_{n+1} 、 \bar{X}_n 、 S_n^2 所組成的函數：

前 $n+1$ 年資料的平均數：

$$\bar{X}_{n+1} = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} X_i = \frac{X_{n+1} + \sum_{i=1}^n X_i}{n+1} = \frac{X_{n+1} + n \cdot \bar{X}_n}{n+1} \quad \text{[公式 4-5]}$$

前 $n+1$ 年資料的變異數為：

$$S_{n+1}^2 = \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^{n+1} (X_i - \bar{X}_{n+1})^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} X_i^2 - 2\bar{X}_{n+1} \cdot \sum_{i=1}^{n+1} X_i + \sum_{i=1}^{n+1} \bar{X}_{n+1}^2}{n+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} X_i^2}{n+1} - \bar{X}_{n+1}^2 \quad \text{[公式 4-6]}$$

將 [公式 4-5] 代入 [公式 4-6] 的 \bar{X}_{n+1} ：

$$S_{n+1}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} X_i^2}{n+1} - \left(\frac{X_{n+1} + n \cdot \bar{X}_n}{n+1} \right)^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} X_i^2}{n+1} - \frac{X_{n+1}^2}{(n+1)^2} - \frac{2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} - \frac{n^2 \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} \quad \text{[公式 4-7]}$$

整理 [公式 4-7]：

$$S_{n+1}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} X_i^2}{n+1} - \frac{X_{n+1}^2}{(n+1)^2} - \frac{2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} - \frac{n^2 \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2 + X_{n+1}^2}{n+1} - \frac{X_{n+1}^2 + 2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} - \frac{n^2 \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} \\
&= \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n+1} + \frac{X_{n+1}^2}{n+1} - \frac{X_{n+1}^2 + 2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} - \frac{n^2 \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} \\
&= \frac{(n+1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - n^2 \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} + \frac{(n+1) \cdot X_{n+1}^2 - X_{n+1}^2 - 2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} \\
&= \frac{n \cdot (n+1) \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - n^2 \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} + \frac{n \cdot X_{n+1}^2 - 2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} \\
&= \frac{n \cdot (n+1) \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - n \cdot (n+1) \cdot \bar{X}_n^2 + n \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} + \frac{n \cdot X_{n+1}^2 - 2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2} \\
&= \frac{n \cdot (n+1) \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X}_n^2 \right)}{(n+1)^2} + \frac{n \cdot \bar{X}_n^2}{(n+1)^2} + \frac{n \cdot X_{n+1}^2 - 2n \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n}{(n+1)^2}
\end{aligned}$$

[公式 4-8]

將 [定義 2] 代入 [公式 4-8] :

$$\begin{aligned}
S_{n+1}^2 &= \frac{n \cdot (n+1) \cdot S_n^2}{(n+1)^2} + \frac{n \cdot (X_{n+1}^2 - 2 \cdot X_{n+1} \cdot \bar{X}_n + \bar{X}_n^2)}{(n+1)^2} \\
&= \frac{n \cdot S_n^2}{(n+1)} + \frac{n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}{(n+1)^2} = \frac{n \cdot (n+1) \cdot S_n^2 + n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}{(n+1)^2} \quad \text{[公式 4-9]}
\end{aligned}$$

由 [公式 4-5] 與 [公式 4-9] 所得結果，已將前 $n+1$ 年資料的平均數與變異數以代數轉換的處理方式改為由 X_{n+1} 、 \bar{X}_n 、 S_n 所組成的函數。

因此前 $n+1$ 年資料的標準差為：

$$S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \bar{X}_n^2 \quad \text{〔公式 4-10〕}$$

根據〔公式 4-5〕前 $n+1$ 年資料的平均數與〔公式 4-10〕前 $n+1$ 年資料的標準差，可將第 $n+1$ 年的原始資料 X_{n+1} 標準化為 Z_{n+1} ：

$$\begin{aligned} Z_{n+1} &= \frac{\left(X_{n+1} - \frac{X_{n+1} + n \cdot \bar{X}_n}{n+1} \right) \cdot (n+1)}{\sqrt{n \cdot (n+1) \cdot S_n^2 + n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}} = \frac{\frac{n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)}{n+1} \cdot (n+1)}{\sqrt{n \cdot (n+1) \cdot S_n^2 + n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}} \\ &= \frac{n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)}{\sqrt{n \cdot (n+1) \cdot S_n^2 + n \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}} \quad \text{〔公式 4-11〕} \end{aligned}$$

由〔公式 7-11〕知第 $n+1$ 年的標準值 Z_{n+1} 為：

$$Z_{n+1} = \frac{X_{n+1} - \bar{X}_n}{\sqrt{\frac{n+1}{n} \cdot S_n^2 + \frac{1}{n} \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}} \quad \text{〔公式 4-12〕}$$

〔公式 4-12〕表示由前 n 年資料的平均數 \bar{X}_n ，與前 n 年資料的標準差 S_n^2 ，對第 $n+1$ 年的原始資料 X_{n+1} 標準化的公式。

當已知 $n+1$ 年標準化資料 Z_{n+1} ，前 n 年資料的平均數 \bar{X}_n 與前 n 年資料的標準差 S_n^2 ，欲還原以求得第 $n+1$ 年的原始資料 X_{n+1} 時，則由〔公式 4-12〕推算，先將等號兩邊平方：

$$Z_{n+1}^2 = \frac{(X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}{\frac{n+1}{n} \cdot S_n^2 + \frac{1}{n} \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2} \quad \text{〔公式 4-13〕}$$

將〔公式 4-13〕移項之後並整理：

$$\left[\frac{n+1}{n} \cdot S_n^2 + \frac{1}{n} \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2 \right] Z_{n+1}^2 = (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2$$

$$\Rightarrow \frac{n+1}{n} \cdot S_n^2 \cdot Z_{n+1}^2 = (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2 - \frac{1}{n} \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2 \cdot Z_{n+1}^2$$

$$\Rightarrow \frac{n+1}{n} \cdot S_n^2 \cdot Z_{n+1}^2 = (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2 \left(\frac{n - Z_{n+1}^2}{n} \right) \quad \text{[公式 4-14]}$$

將 [公式 4-14] 移項之後開根號：

$$X_{n+1} - \bar{X}_n = S_n \cdot Z_{n+1} \cdot \sqrt{\frac{n+1}{n - Z_{n+1}^2}} \quad \text{[公式 4-15]}$$

將 [公式 4-15] 移項之後可得：

$$X_{n+1} = \bar{X}_n + S_n \cdot Z_{n+1} \cdot \sqrt{\frac{n+1}{n - Z_{n+1}^2}} \quad \text{[公式 4-16]}$$

由以上的討論可以得到以下結果：

1、由 [公式 4-12] 可知，當已知原始資料 X_{n+1} 、前 n 年資料的平均數 \bar{X}_n 、前 n 年資料的標準差 S_n^2 ，求第 $n+1$ 年的標準化資料 Z_{n+1} ：

$$Z_{n+1} = \frac{X_{n+1} - \bar{X}_n}{\sqrt{\frac{n+1}{n} \cdot S_n^2 + \frac{1}{n} \cdot (X_{n+1} - \bar{X}_n)^2}} \quad \text{[公式 4-12]}$$

2、如 [公式 4-16] 所示，當已知 $n+1$ 年標準化資料 Z_{n+1} ，前 n 年資料的平均數 \bar{X}_n 與前 n 年資料的標準差 S_n^2 ，欲還原以求得第 $n+1$ 年的原始資料 X_{n+1} 時：

$$X_{n+1} = \bar{X}_n + S_n \cdot Z_{n+1} \cdot \sqrt{\frac{n+1}{n - Z_{n+1}^2}} \quad \text{[公式 4-16]}$$

三、實際應用的討論

本研究所建立的預測模式，是根據民國 50 年至民國 87 年間共 38 個年度的自變項資料 $X_1 \sim X_{24}$ 以及依變項資料 Y 所計算出來。因此已知：

$\bar{X}_{50 \rightarrow 87, j}$ ($j=1 \sim 24$)：民國 50 年至民國 87 年 X_{ij} 的平均數 ($i=50 \sim 87$)

$S_{X(50 \rightarrow 87, j)}$ ($j=1 \sim 24$) : 民國 50 年至民國 87 年 $X_{i,j}$ 的標準差 ($i=50 \sim 87$)

$\bar{Y}_{50 \rightarrow 87}$: 民國 50 年至民國 87 年 Y_i 的平均數 ($i=50 \sim 87$)

$S_{Y(50 \rightarrow 87)}$: 民國 50 年至民國 87 年 Y_i 的標準差 ($i=50 \sim 87$)

計算的步驟如下：

1、求算自變項資料 $X_{88,1} \sim X_{88,24}$

當取得民國 88 年的自變項資料 $X_{88,1} \sim X_{88,24}$ ，則根據 [公式 4-12]，第 88 年各自變項 $Z_{88,1} \sim Z_{88,24}$ 的標準化值為：

$$Z_{88,j} = \frac{X_{88,j} - \bar{X}_{50 \rightarrow 87,j}}{\sqrt{\frac{39}{38} \cdot S_{X(50 \rightarrow 87,j)}^2 + \frac{1}{38} \cdot (X_{88,j} - \bar{X}_{50 \rightarrow 87,j})^2}} \quad (j=1 \sim 24)$$

2、求出民國 88 年的標準化預測值 $Z_{88,0}$

將所計算出的 $Z_{88,1} \sim Z_{88,24}$ 代入 [公式 4-3] 如下式：

$$\begin{aligned} Z_{88,0} = & 7.659 \times 10^{-17} + 0.0613 \times Z_{88,1} - 0.0179 \times Z_{88,2} + 0.3822 \times Z_{88,3} - 0.1121 \times Z_{88,4} + \\ & 0.0289 \times Z_{88,5} - 0.0265 \times Z_{88,6} + 0.0174 \times Z_{88,7} + 0.2309 \times Z_{88,8} + 0.5952 \times Z_{88,9} + \\ & 0.0037 \times Z_{88,10} - 0.1413 \times Z_{88,11} + 0.1138 \times Z_{88,12} + 0.1140 \times Z_{88,13} + 0.1098 \times Z_{88,14} \\ & + 0.0056 \times Z_{88,15} + 0.2470 \times Z_{88,16} + 0.1712 \times Z_{88,17} - 0.0239 \times Z_{88,18} + 0.0298 \times \\ & Z_{88,19} + \\ & 0.0278 \times Z_{88,20} - 0.0163 \times Z_{88,21} + 0.0721 \times Z_{88,22} - 1970 \times Z_{88,23} + \\ & 0.0141 \times Z_{88,24} \end{aligned}$$

可計算出民國 88 年的依變項 $Z_{88,0}$ ，表示民國 88 年的宜蘭縣水產養殖土地利用面積的標準化預測值。

3、求出預測值 Y_{88}

根據還原標準化的公式 [公式 4-16]，若欲計算出民國 88 年宜蘭縣水產養殖土地利用面積的實際預測值，則必須將 $Z_{88,0}$ 代入 [公式 4-16] 以求出還原後的預測值：

$$Y_{88} = \bar{Y}_{50 \rightarrow 87} + S_{Y(50 \rightarrow 87)} \cdot Z_{88,0} \cdot \sqrt{\frac{39}{38 - Z_{88,0}^2}}$$

其中 Y_{88} 為所計算出的民國 88 年宜蘭縣水產養殖土地利用面積的預測值。

第五章 結論與後續研究

第一節 結論

根據本研究的第二年之初步研究結果，可以得到以下的兩點結論：

一、土地利用變遷因子所影響的層面不同

影響土地利用變遷的因子中，對於土地利用的影響層面不盡相同。有些因子對於土地利用面積的增減有直接或間接的影響，而部分因子則主要作用於土地利用空間分佈上的變化。由本研究所探討的養殖類土地利用來看，此情形尤為明顯。因此在針對他種土地利用變遷的研究時，如何釐清該作用因子的屬性，及針對其作用層面加以分類，是進行土地利用研究時相當重要的一環。

二、變遷因子間的相關程度高

在本研究針對所納入模式中的 24 個變遷因子進行統計運算時發現，各變遷因子間的相關程度均相當高。這也是本研究為了避免造成「共線性」問題，而在資料的前處理時進行主成分分析的原因。

變遷因子間的相關程度高，表示各因子的可替代性高，各因子間相互影響與相互作用的可能性也很高。由此可以推論，各變遷因子並非彼此相互獨立，而彼此間有複雜的結構關係。

三、非量化因子的可替代性

在本研究的養殖土地利用預測模式中，並不包含非量化的因子。然而在本研究的研究結果中可以發現，以量化因子計算出的複迴歸式，R Square 值相當的高。換言之，所選定的量化因子對於依變項（養殖面積）的解釋能力相當強。

以本研究而言，非量化因子並非不重要而可以忽略，而是各因子間彼此有交互作用的結構存在，因此非量化因子的作用程度，由其他量化因子的變化狀況呈現出來。從另一個角度來看，非量化因子對於土地利用的影響，可以大部分由其他的量化因子所代替。

四、養殖土地利用量化模式的可行性

透過本研究的結果，可以明確的將養殖土地利用的面積與影響養殖土地利用變遷的因子加以模式化，以建立起彼此間的關係式。且在透過統計的檢定方法之後，可以強化該模式的理論基礎與可信度。

這樣的量化模式對於明確掌握養殖土地利用的變化狀況與趨勢，有一定的幫助。本研究雖不同於以往著重描述性的土地利用研究，以及土地利用資料的整理與展現技術，但就

近年來土地利用相關研究與趨勢而言，結合統計分析方法以建立土地利用的預測模式，應是一可行的研究取向。

第二節 後續研究

1. 應用於其他養殖區的可行性，並加以修正模式。
2. 非量化因子納子模式中的可行性，以利重要決策時的依據。
3. 個別養殖種類面積的預測模式建立，以掌握並推估不同養殖種的面積。
4. 根據不同養殖種類的面積，並結合不同養殖種類耗用地下水量，以較精推估養殖區的水產養殖總耗用地下水量。
5. 結合總量管制概念建立養殖管理決策支援系統，並建立一程式化的操作介面。

參考文獻

- 王柏山(1977) 雲林縣沿海虱目魚養殖業之地理研究，國立臺灣師範大學地理學研究所碩士論文。
- 王柏山(1994) 宜蘭地區養殖行為影響因素之研究，中國地理學會會刊，22，P.35 — P.56。
- 王柏山(1998) 台灣水產養殖業之區域發展 — 型態、過程與機制，國立臺灣師範大學地理學研究所博士論文。
- 王保進(1999) 視窗版 SPSS 與行為科學研究，台北市：心裡出版社。
- 孔慶麗(1993) 嘉南沿海養殖村落的生態變遷 — 虎尾寮與雙春之個例，國立臺灣師範大學地理學研究所碩士論文。
- 江麗英(1991) 彰化縣沿海地區養殖漁業的發展過程，國立臺灣師範大學地理學研究所碩士論文。
- 行政院農委會(1990) 養殖漁業輔導方案，台灣省：行政院農委會。
- 台灣省政府農林廳漁業局(1961 — 1998) 漁業年報，台灣省：台灣省政府農林廳漁業局。
- 台灣省政府農林廳漁業局(1984) 漁業法規彙編，台灣省：台灣省政府農林廳漁業局。
- 台灣省政府農林廳(1961 — 1998) 農業年報，台灣省：台灣省政府農林廳。
- 台灣省政府農林廳(1961 — 1998) 台灣省農業統計，台灣省：台灣省政府農林廳。
- 台灣省政府農林廳(1961 — 1998) 台灣省農業統計要覽，台灣省：台灣省政府農林廳。
- 台灣省政府(1985) 農業綜合調整方案，台灣省：台灣省政府。
- 林清山(1983) 多變項分析統計法，台北市：台灣東華書局。
- 周文玲(1992) 宜蘭沿海養殖區環境災害識覺與調適行為之研究，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。
- 陳一鳴(1993) 養殖漁業發展之省思，漁業推廣工作專刊，10，P.1 — P.4。
- 陳一鳴(1995) 水產養殖之省思及未來發展，漁業推廣工作專刊，12，P.1 — P.4。
- 陳鸞鳳(1982) 屏東縣沿海草蝦養殖業之地理研究，國立臺灣師範大學地理學研究所碩士論文。

張長義、劉英毓、蔡博文等 (1993) 彰雲海岸敏感地區土地利用變遷之研究，國立台灣大學地理學研究所。

張長義 (1993) 蘭陽平原洪患區土地利用災害識覺及環境調適之研究 (一)，國科會防災科技研究報告 80-71 號。

張長義 (1993) 蘭陽平原洪患區土地利用災害識覺及環境調適之研究 (二)，國科會防災科技研究報告 81-41 號。

張長義 (1989) 台灣沿海地區土地資源利用問題之分析與建議 — 淡水河口、蘭陽海岸、蘇花海岸、花東海岸、彰雲嘉沿海五個一般保護區之個案研究，台灣文獻，40(1)，P.1 — P.60。

張秋玉 (1978) 彰、雲、嘉沿海牡蠣養殖業研究之地理研究，國立臺灣師範大學地理學研究所碩士論文。

蔡宗穎 (2000) 水產養殖土地利用變遷之多變量預測模式建立—以屏東縣水產殖用地為例，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。

廖一久 (1995) 九十年代台灣水產養殖現況與展望，中國水產，512，P.3 — P.27。

宜蘭縣政府(1951-1998)宜蘭縣統計要覽，宜蘭縣：宜蘭縣政府主計室。

Hocking, R. R. (1996) *Methods and Applications of Linear Models — Regression and The Analysis of Variance*, New York, NY, John Wiley & Sons Inc.