

養殖土地利用變遷預測模式之建立 個體施為取徑

Establishment of a Predictive Model for Aquaculture Land Use Change An Agent-based Approach

謝啟賢*

蔡博文**

張康聰***

Chi-Hsien Hsieh

Bor-Wen Tsai

Kang-Tsung Chang

Abstract

Land-use/land-cover change (LUCC), the consequence of the interactions between humans and the environment, signifies the living pattern of human activities and the decision-making process involved in such activities. At the local level, land-use decisions are usually restricted and made by land agents. To evaluate the effects of various land-use driving forces and to establish a predictive model for LUCC, this project used Ilan's aquaculture as a case study. For analysis of survey data, we employed chi-square test and t-test to find driving forces and discriminant analysis to establish a predictive model. The results of chi-square test and t-test showed significant differences in 9 variables, which were possible driving forces for the abandonment of aquaculture. These variables could distinguish abandoned farmer and unabandoned farmer efficiently. The results of discriminant analysis showed that factors determining whether land agents abandoned their aquaculture land or not

* 國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士生

Graduate Student, Department of Geography, National Taiwan University.

** 國立臺灣大學地理環境資源學系助理教授

Assistant Professor, Department of Geography, National Taiwan University.

*** 國立臺灣大學地理環境資源學系教授

Professor, Department of Geography, National Taiwan University.

could be divided into two different groups based on past abandonment experience, capital for the farming costs, willing to experiment with new farming technologies and distance to road. The model achieved a high accuracy rate, demonstrating that discriminant analysis is a useful tool for analyzing land use changes and the relationships between various LUCC driving forces.

Keywords: Land Use/Cover Change (LUCC), agent-based, driving forces, discriminant analysis, aquaculture.

摘 要

土地利用變遷是人與環境互動展現在地表的結果,土地利用的分佈狀況表現出人類在其所居住土地的活動類型與決策行為。在地區尺度下,土地利用的型態受到自然環境、社會經濟面向因子 等等的影響,這些因子作用於土地決策者,再由決策者反映在土地利用的型態上。為了評估在地區尺度下各類土地利用驅動因子的影響力,並建構土地利用變遷預測模式,本研究以宜蘭水產養殖業為個案研究,間接剖析養殖業者的決策,預測人的行為決策是否造成養殖的土地利用變遷,而非傳統研究透過土地分佈型態預測土地利用變遷。研究方法主要運用地理資訊系統與統計學的方法, GIS 方法包括近鄰分析、環域分析等;統計方法包括卡方分析與 t 檢定來尋找造成養殖土地決策者棄養的驅動因子,並將找到的因子納入多變量的判別分析來建構棄養行為之預測模式,期望能將個體施為決策與各類驅動因子的互動關係以模式化的方式進行分析與討論。研究結果發現卡方分析與 t 檢定辨別出 9 個影響宜蘭地區養殖業者棄養的可能因素;判別分析則顯示棄養與否主要受到棄養經驗、自有資金、技術與距離道路的距離等 4 個因素的影響。在判別分析中,整體的預測結果達到 89.1%的正確率,顯示透過養殖業者的屬性資料即可預測其行為決策的可能性,因此此種分析方法應用於土地利用變遷分析的效果是十分良好的。

關鍵字：土地利用變遷、個體施為、驅動因子、判別分析、水產養殖

前 言

土地利用與土地覆蓋變遷 (land-use/land-cover change, LUCC) 是全球環境變遷研究的重要課題之一 (Turner II, 1994)。人與土地所產生複雜的時間、空間互動過程並非亙古不變的,而是一動態過程,且其研究面向十分多元,現今從事 LUCC 的研究的學者包括人類學家、社會學家、甚至數學家等,雖然是以不同領域切入研究此一議題,但這些研究者皆有一個共同的、地理的興趣 - 關懷土地的未來 (Verburg and Veldkamp, 2005)。

在地區尺度 (local level) 下,土地利用的型態除了受到自然環境、區位條件及社經等作用力的影響外,通常最後仍決定於每個土地經營者自身土地利用的決策行為,這些決策行為背後均隱藏著不同的土地利用價值觀,透過這些土地利用價值觀整合的結果,即可轉化為驅動力 (driving forces) 驅使土

地利用與土地覆蓋的變遷。Axinn and Barber (2002) 指出「人們對土地做了些什麼，人們如何消費它，決定了土地的利用方式和其覆蓋的型態」，顯示出自然與人文等種種因子交互作用影響決策者的決策行為，再對土地利用型態產生改變。新興的全球土地計畫 (Global Land Project, GLP)、International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) 及 International Geosphere-Biosphere Programme (IHDP) 提出的研究焦點也認同「土地決策者」是造成地表環境變遷的潛在因素 (Ojima and Moran, 2004)。

綜合上述考量，為了預測在地區尺度下個體行為決策及各類土地利用驅動因子如何影響土地利用，進而建構土地利用變遷量化模式，本研究以宜蘭水產養殖業為個案研究，從回顧土地利用變遷相關文獻開始，透過實證分析 (empirical analysis) 方法列舉影響養殖決策者放棄養殖的因素；接著以地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 與統計學之卡方分析 (chi-square test) 及 t 檢定 (t-test) 找出可能的作用因子，進一步透過多變量分析 (multivariate analysis) 之判別分析 (discriminant analysis) 預測養殖業者的行為決策，判別出棄業者主要受到哪些作用力的影響，最後鏈結人與土地，檢測這些作用於土地決策者的因子是否會造成土地利用的變遷？並將養殖土地利用變遷與各類驅動因子的互動關係以模式化的方式進行分析與討論。

文獻探討

土地利用是指人類在土地上從事一切直接或間接與其有關之活動，亦即土地利用是指人類為了特定目的，對土地資源進行利用方式的選擇，進而開發、使用、改造和保護等經營土地資源的一切活動，例如都市發展用地、農業用地等；可以說土地利用是「人類活動改變地表的過程」(張曜麟, 2005)。近年來全球人口急遽增加，造成地表覆蓋快速改變。由於土地覆蓋和土地利用變遷所涉及的研究範圍非常廣泛，以時間面觀之，需有不同時間斷面的資料才足以探討土地覆蓋的「變」與「不變」；以空間面觀之，其尺度可以擴及全球尺度 (global level)、區域尺度 (regional level)、國家尺度 (national level)、地區尺度，亦可小至一個家戶 (household) 或個人 (individual) 的決策行為；又土地利用變遷的作用力同時受到許多不同時空 (temporal-spatial) 面向的因子的影響，因此土地利用變遷是個十分多元且複雜的議題，現今研究學者皆積極以跨學科、跨領域的方式整合各個面向來模擬分析土地利用變遷的歷程 (Rindfuss *et al.*, 2002)。

以往土地利用變遷的量化研究多認為驅動因子是直接作用在土地上，當作用力產生變化時，會直接反映在土地利用的型態上；但土地利用是否會改變，端看地主 (land owner) 與土地使用者 (land user) 決定。因此，若對應到個體施為 (agent-based) 的研究取向，就應從「人」出發，以人的行為決策預測土地利用是否變遷，整合人與環境互動的動態過程 - 個體施為模式 (agent-based model, ABM) 因應而生 (Parker *et al.*, 2001)。

ABM 的概念是：土地利用變遷受到自然環境、區位條件、社會經濟及個人特質等等因素的影響，歸納其反應過程，可以發現土地利用變遷受到特定地區之社會經濟條件 (政策、經濟、技術等) 的影響，作用在特定之空間範圍及自然環境下，不同的行動主體依其自身的知識、偏好、認知，而產生不同的土地利用情況。因此，以施為面向分析預測土地利用變遷的歷程，才能成就一個空間尺度內決策者的決策過程 (丁志堅, 2002)。

然而，除了人與環境互動的複雜性外，整合空間及社會經濟等因素仍是 LUCC 研究中所面臨的重大挑戰 (Verburg *et al.*, 2004)。地理學的方法可以使空間外顯 (spatial explicit) 的結果得以彰顯；社經資料則是描述土地利用變遷的重要依據，但此兩種取向往往欠缺有效的鏈結 (Overmars and Verburg, 2005)。Lambin *et al.* (2000) 曾提出：一個由下而上的 (bottom-up)、以田野為基礎的 (field-based) 的研究方法，是整合空間及社經資料、達到空間外顯的有效方法。透過高解析度的衛星影像，輔以社經資料，鏈結至土地利用決策者，使像元社會化 (socializing the pixel) 的過程得以達成 (Rindfuss *et al.*, 2002)。

土地利用是人類在不同尺度層層作用的結果，支配不同尺度的因子也不盡相同 (Verburg *et al.*, 2004)，當作用力與作用力之間如有交互作用產生，其變異程度已非傳統研究土地利用變遷作用力的質化分析或一般線性迴歸模型可以解釋。是故現今許多 LUCC 研究應用空間統計學方法建立變遷模式，結合問卷調查資料或普查資料來預測或解釋土地利用發生的成因、闡述其發生的位置以及所造成的結果來描述此一複雜的作用過程。

建立變遷模式前，有兩個方向必須考量：一是驅動因子的選擇，必須符合理論要求且為具有代表性的因子，同時需顧及簡化原則；另一為數值化 (quantification) 土地利用變遷與驅動因子的關係，透過實證分析方法找出土地利用變遷的可能因素，將這些變數轉化為可量化的因子，再用統計方法數值化模型 (Verburg and Verkamp, 2005)。

Lesschen *et al.* (2005) 曾提出一些用於土地利用變遷的實證分析方法，這些方法都是量化的統計技術。首先，探索式資料分析 (exploratory data analysis) 主要用於資料降維 (data reduction)、變數結構檢測 (structure detection)、檢驗變數間的相關性 (detecting relationships) 或分類變數或觀測值。此方法是進行資料分析的第一步，在模式建構或分析前，所獲得的資料可能具有高度的共線性 (collinearity)，當共線性問題存在時，將會降低模式的解釋能力；探索式分析方法中的資料降維技術可以將原本可能彼此相依的變數縮減或轉換為一個個獨立的線性組合 (linear combination)，以利於後續的統計分析。如蔡宗穎 (2000) 蒐集影響養殖土地利用變遷的因子，包括社經、政策、技術等不同面向的因子計 24 個，透過主成分分析 (principal component analysis, PCA) 將變數縮減成 9 個，再建立屏東縣養殖魚塢面積的複迴歸模式。Köbrich *et al.* (2003) 分類農場類型，先用 PCA 將原先 25 個變數降維成 7 個變數，再將 63 個農場用此 7 個變數依其屬性的相似性，用階層群集分析 (hierarchical cluster analysis) 分成 5 種農場類型。然一般常用的資料降維技術因將變數線性組合後，產成一個個的複合變數，解釋上可能面臨不夠客觀或難以解釋的情形 (Lesschen *et al.*, 2005)。

其次，資料分析的第二步是迴歸分析，此種分析方式可以找出預測變數 (dependent variables) 與反應變數 (independent variables) 間的關聯性。其可依預測變數的衡量尺度差異而有不同的分析方法。若預測變數是數值性，則為線性迴歸模型 (linear regression model)；如果是類別性 (categorical) 的變數，則是邏輯迴歸模型 (logistic regression model)。如 Serneels and Lambin (2001) 結合邏輯迴歸分析與空間統計分析方法來尋找肯亞地區土地利用變遷的驅動因子；Geoghegan *et al.* (2001) 也曾採用過此種分析方法結合問卷調查資料來建立猶加敦半島去森林化和土地利用強度的模型。廣義地說，判別分析亦可視為一組線性迴歸模型。這些方法對於解釋分析，甚至模擬預測土地利用變遷的過程皆具有不錯的效果。

研究區概述

(一) 地理位置與特性

宜蘭縣位於臺灣東北部，三面環山，一面向海，較為封閉的自然區域為此區地理特色。早期宜蘭地區受到封閉的地理位置與缺乏埤池、潮埔，且冬季低溫等自然環境影響，養殖業並不發達。但隨著商品式經濟的發達，養鰻業與養蝦業相繼興起，帶動了宜蘭養殖業的快速發展。

現今宜蘭地區養殖魚塢主要分布於南北兩大區域，以蘭陽溪為界，溪北和溪南各有一處魚塢密集的養殖區。溪北位在得子溪口下游兩岸；溪南則位於冬山河下游，呈現塊狀分佈之趨勢，其餘多在宜蘭平原沿海沙丘地帶的西側，即臺二線濱海公路的兩側零散分佈。這與這些地區在早期容易淹水，無法從事農作有關（蔡博文等，2001）。

(二) 宜蘭地區水產養殖發展的空間特殊性

根據歷年漁業年報（1953-2005）的養殖面積、產量、產值的統計資料，可發現彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南縣、臺南市、高雄縣、屏東縣及宜蘭縣是臺灣地區水產養殖業最發達的幾個縣市，然宜蘭縣位置最北，且與其他七縣市魚塢呈連續分佈於中南部沿海地帶之間有大片阻隔。氣候條件又明顯不及其餘七縣市，養殖魚蝦類多屬於熱帶性生物，而宜蘭緯度偏北，全年雨日多，冬季面迎東北季風，氣候寒冷，卻仍發展成臺灣養殖業的重要地區，成為北臺灣少數養殖密集發展的縣市，為其養殖之空間特殊性（王柏山，1998）。

(三) 宜蘭地區養殖業的時間發展歷程

早期因政府鼓勵推廣，宜蘭地區的水產養殖業以粗放式淡水魚類「稻田養殖」為主（吳郭魚、鯉、草、鰱魚等），1970年代以後，養殖魚類進、出口盛行，鰻魚、草蝦養殖陸續引入，養殖內容隨時間發展由單純而漸趨複雜，魚塢土地利用差異程度變大，也帶來養殖業快速成長與繁榮（王柏山，1998），後來歷經鰻魚出口市場被其他國家所瓜分（Lee *et al.*, 2003）、草蝦養殖病變等等問題（Ling *et al.*, 1999），現在鰻魚養殖雖然幾乎已經消失，蝦類養殖也不如以往興盛，業者取而代之以減少放養方式度過難關，或轉換其他經營方式，如與釣蝦、旅遊業者、企業結盟，藉由不同產業的整合與激盪，化轉機為商機。但養殖活動仍然是宜蘭地區重要的土地利用方式之一，尤其在沿海地帶構成特殊的水產養殖地理景觀。

研究方法

為求確切掌握土地利用變遷的複雜機制，瞭解並預測土地利用變遷之現象，本研究從較小的地區性空間尺度開始著手，以個體決策者為研究對象，建立一個由下而上、田野調查為基礎的研究方法，透過問卷訪談的方式，將空間（GIS方法）及問卷調查資料（問卷方法）以統計學的方法鏈結並建構模式。

本研究從以往養殖相關文獻期刊歸納出四大面向的作用因子，包括自然環境因子、社會經濟因

子、個體特性因子及區位條件因子，以養殖業者的決策行為差異進行土地利用變遷預測，並運用統計學的方法 - 卡方分析及 t 檢定來尋找可能影響養殖土地利用變遷的驅動因子。前三面向因子為問卷調查資料，共 33 題，僅魚塢大小為數值型資料，其餘各題屬封閉性類別型問項，測量尺度為級序 (ordinal) 尺度；區位條件則是空間資料，有 6 題，由受訪者魚塢的點位資料，利用地理資訊系統的空間分析功能，包括套疊 (overlay)、近鄰 (proximity)、環域 (buffer) 等分析計算而來，為數值型的變數類型。卡方分析用於檢定問卷調查中的類別型變數，用以瞭解棄養與繼續養殖的業者其問卷調查資料是否具有顯著差異；t 檢定則用於檢定數值型變數，比較棄養與繼續養殖的業者各因子的平均數是否具有差異性存在。

研究土地利用變遷時，由於其變遷同時受到多個複雜且相互影響作用因子造成，為求掌握土地決策者的決策過程，預測各類驅動因子是否為造成土地利用改變的因果關係，以描述此一複雜過程，因此進一步運用多變量分析方法中的判別分析來瞭解其養殖變遷機制。判別分析定義是在已知的分類下建立判別模型，一旦遇有新的樣本時，可以利用此法選定一判別標準，以判定新樣本放置於哪個族群中 (趙民德與謝邦昌，2000)。此種方法與複迴歸十分相似，但其反應變數為類別型變數，而複迴歸是數值型的。此外邏輯迴歸與判別分析都是利用預測變數建立預測規則，不同的是邏輯迴歸所預測的是反應變數等於 1 的機率 (即發生的機率) (林師模與陳苑欽，2003)，判別分析則是藉由預測變數預測出群體間的區別構面數目及組合，亦即透過預測變數，合理推論出反應變數所應存在的類別 (黃俊英，1998)。現今判別分析應用層面十分廣泛，舉凡商業、教育、農業等，如銀行預測客戶倒帳風險、何種教學方式學生學習成效最佳、何種栽種方式最能提升稻米產量等。土地利用研究上則較為少見，通常是整合其他多變量方法進行研究，如 Rasul *et al.* (2004) 採用問卷調查的方式，研究孟加拉的游耕 (shifting cultivation) 行為，採用群集分析依照土地利用強度將土地利用方式分為三個類型，再用主成分分析找出各類土地利用類型的主要支配的因子，最後透過判別分析判斷模式的正確性。

判別分析挑選的變數，要能使群內變異小，而群間變異大 (林師模與陳苑欽，2003)，亦即挑選出的變數，棄養群與未棄養群內變異數小，而不同群間的變異數大。前述利用卡方檢定及 t 檢定找出的驅動因子，即是能有效分類變數的判別因子，將這些因子納入判別分析來建構土地利用變遷之線性判別模式 (linear discriminant function, LDF)¹，即可預測在何種情境 (scenario) 下養殖土地決策者會有棄養的情形發生。研究方法如圖 1。

問卷設計與施測

從養殖相關文獻期刊可以歸納出的四大面向因子，文獻中雖有部分因子常被提及討論，但在地區尺度下這些因子一般可視為常態 (如氣候、土壤等)，故設計問卷時並不將這些因子放入問卷的問題中。茲討論如下：

(一) 自然環境因子

儘管自然環境的條件不直接驅動土地利用的改變，但可以造成土地覆蓋的改變，進而影響土地利用的配置 (Verburg and Verkamp, 2005)。根據前人研究，在小的空間尺度中，養殖業自然環境面向的因

子包含水源取得、水質、降雨、環境、工廠及養殖魚種等因素 (林祈萬, 1989; 江麗英, 1991; 王柏山, 1992; 1998; 蔡宗穎, 2000; Tsai *et al.*, 2006)。

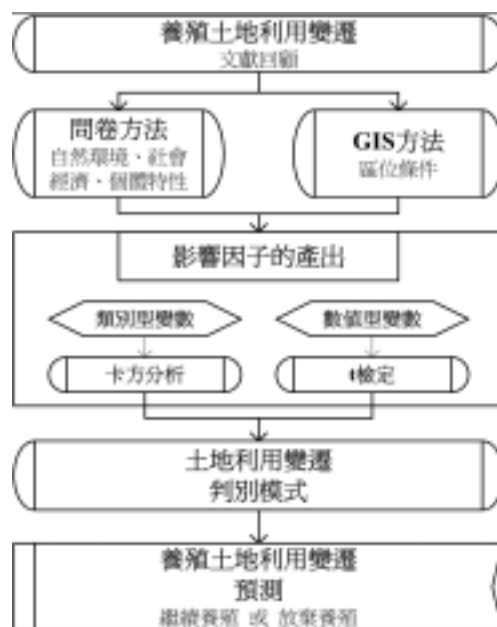


圖 1 研究方法

1. 水源取得

不論是淡水養殖或是鹹水養殖，養殖漁業皆需要大量的水源供應，鹹水水源取得的容易與否，與距海岸的遠近有關，若距海岸太遠，取水排水均不方便 (江麗英, 1991); 淡水則需考量有充沛的地下水或河水供應的地區 (王柏山, 1998; 蔡宗穎, 2000)。宜蘭地區雨量充沛，年平均雨量達 3,000 公釐以上，在地下水與地面水的充分供應下，多數地區淡水水源不虞匱乏 (林祈萬, 1989)。

2. 水質

水質直接影響養殖生物的生長，鹹水或淡水的水質好壞、水質是否受到污染，都是重要因素 (蔡宗穎, 2000)。就鹹水而言，天然海水富營養鹽與天然餌料，但易受污染，地下鹹井較無污染，但溶氧量較少且易含有礙養殖之物質；以淡水而言，河水富含天然藻類，但多受污染，地下水水質較乾淨，但可能含有有毒物質 (林祈萬, 1989; 江麗英, 1991)，造成養殖魚蝦病變等的問題。

3. 降雨

養殖區雨量的多寡亦會影響養殖條件，颱風或間歇性的大雨可能會突然造成淹水、海水倒灌或水質酸鹼值的改變，而使養殖魚群大量死亡 (蔡宗穎, 2000)。

4. 環境

此指地層下陷而言。養殖需要大量水源供應，當地下水被超量抽取，導致地下水位下降，把原來地下水的支撐力轉由地層來承擔，軟弱的地層受不了增加的壓力而壓縮，導致地層逐漸下陷 (楊萬全, 1988)。人為的大量抽取地下水將造成地下水資源快速流失而得不到即時的補注，地層便逐漸下陷，大

雨時便容易造成魚苗的流失，也徒增抽排水的費用。

5. 工廠

工廠在沿海地區設立可能產生廢氣或排出廢水污染源，造成養殖環境的破壞，或廣築堤防，造成海水取得困難等的問題。如 1991 年臺塑六輕在雲林麥寮設廠，鄰近六輕地區的養殖戶普遍認為鹹水取得不易，且對當地環境造成影響 (Tsai *et al.*, 2006)。

6. 養殖魚種

王柏山 (1992) 曾提及：不同的水產生物，因有不同的養殖特性，故有不同的養殖場所及養殖型態；也因不同的魚類價值，而有不同的經營方式。故在沿海地帶，養殖業者為求最佳的生產效益，不同的魚種依照其不同的養殖特性，應安排在最適合其生長的环境。

(二) 社會經濟因子

社會經濟因子主要包含經濟面、政策面及技術面及休閒旅遊面四大類 (王柏山, 1994; 蔡宗穎, 2000)。

1. 經濟

早期養殖業的發展以粗放性的養殖為主，魚貨收成後大多自行食用；隨著國民飲食的改變及國際貿易的盛行，養殖業開始有大量的魚貨產出，養殖業的發展也轉向創造經濟利潤取向。因此，魚貨市場的價格、飼料、設備成本的高低等，直接對於養殖業有深切的影響，近年來面臨外國市場的強力競爭，亦對臺灣的養殖業造成重大衝擊 (蔡宗穎, 2000)。

2. 政策

政府法令或管制政策的限制，相關的養殖業補助措施及公共設施的關建，對於養殖業的發展及養殖魚池的建設，皆有決定性的影響 (蔡宗穎, 2000)。如 1995 年通過的「地層下陷防制執行方案」，針對地層下陷嚴重的養殖區進行管制及取締的工作，對於缺乏其他水源供應的養殖業者就可能傾向休養或棄養；宜蘭縣礁溪鄉大塢漁業生產區政府編列預算在此處興建公用的海水供應系統，使得此區養殖鹹水供應來源不虞匱乏，養殖產業十分興盛。

3. 技術

養殖技術的革新或改良，可以降低養殖成本或增加產量，透過養殖業者自身技術的交流或水產試驗機構提供的養殖技術指導，使得業者在養殖病變發生後得以迅速防治 (王柏山, 1994)，進而對土地利用產生正面效益；相反的，倘若養殖技術遭遇瓶頸而無法克服，可能會大大將低養殖業者的養殖意願。臺灣地區的養殖漁業由於經驗的不斷累積，於 1960 年代快速發展，但在 1980 年代中期蝦類養殖嚴重病變，至今雖經專家學者不斷研究，仍找不到有效克服蝦類病變的方法，使得養殖業的發展開始走下坡。

4. 休閒旅遊

由於經濟成長，國民生活水準提高與豐富化，以及都市化的結果，居民對觀光休閒漁業的需求日趨殷切。另一方面，由於交通與道路的改善，國民休閒時間的增加，消費結構的改變，以及觀光休閒生活廣告的促進導引，也帶動觀光休閒產業的發展。宜蘭地區隨著北宜高速公路的開通，未來休閒旅遊的事業的發展日趨迅速。宜蘭的養殖區有兩個觀光休閒生產區 (大塢、新水)，多元休閒觀光 (如抓

泥鰍、踩水車、魚丸 DIY) 的推展，將是養殖業的另一條出路。

(三) 個體特性因子

土地利用改變與否，除了外在環境的改變會影響土地利用外，人與環境互動的過程歸結到最後仍是經由此塊土地決策者依其知識、偏好、價值所反映出來 (Parker *et al.*, 2001)，外在環境的改變對於不同的土地決策者，產生的反應結果也不盡相同。因此，若對應到施為面的研究取向，所強調的是人的決策行為為影響土地利用方式最主要的作用力，而不是以參考客觀的現實世界為主 (丁志堅，2002)。

一般養殖研究，將這些因子歸類為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 (蔡宗穎，2000)。文獻中可以歸納出下列數個個人的基本屬性來度量養殖個體決策是否會影響土地利用的改變，如決策者的年齡、教育程度、土地的經營方式、土地的大小、土地的位置、從事的年數、家戶人口組成等等 (江麗英，1991；周文玲，1992；王柏山，1994；蔡宗穎，2000；丁志堅，2002)。

(四) 區位條件因子

可分成取水、可及性、地勢、及鄰近作用 (neighborhood effects) 等條件進行探討 (劉宗沂，1973；陳鸞鳳，1982；林祈萬，1989；江麗英，1991；Geoghegan *et al.*, 1997；王柏山，1998；蔡宗穎，2000；丁志堅，2002)。

1. 取水

宜蘭地區主要為鹹水養殖，因魚塢基本水源為鹹水，故魚塢最重要的設施是海水的排、給水路，利用潮汐漲退以調節魚塢，若離海岸太遠，排、給水均不方便，且如要抽取地下鹹水，要挖的深度要較深，不符成本。陳鸞鳳 (1982)、林祈萬 (1989) 的研究中均曾指出草蝦魚塢養殖距離海邊最遠不超過 3 公里，因此宜蘭的養殖魚塢才會在沿海呈現條狀擴散的趨勢，距海遠近成為鹹水魚塢發展的關鍵因素 (江麗英，1991；蔡宗穎，2000；丁志堅，2002)。此外，鹹水魚塢也需要相當程度的淡水，當日照強烈或乾旱季節蒸發量大，需加注淡水調節魚塢鹽分濃度，因此需要鄰近河川水源、山泉或地下水以因應淡水需求 (劉宗沂，1973；王柏山，1998；蔡宗穎，2000)。

2. 可及性

距離道路的遠近，反映出土地可及性的高低，也反映出農產品的運輸成本 (林祈萬，1989；江麗英，1991；蔡宗穎，2000；丁志堅，2002)。本研究應用勤崙科技股份有限公司所生產的五分之一的電子地圖的道路資料，衡量土地利用是否會受到可及性或運輸條件的差異而產生變遷。

3. 地勢

養殖區的地勢過高，可能會徒增抽水與排水所需耗用的電量、設備等變動成本的費用；地勢若過低，則可能產生排水不良造成水質惡化等問題，也容易因天然災害 (如大雨、颱風) 的侵襲造成損失 (蔡宗穎，2000)。

4. 鄰近作用

土地利用類型具有空間自相關 (spatial autocorrelation)，鄰近地區的土地利用類型大致會相同。Geoghegan *et al.* (1997) 曾將鄰近作用視為一解釋變數來建立土地利用變遷的迴歸模型。從宜蘭縣的漁

業普查資料發現，近十年內宜蘭地區養殖面積大幅減少，透過 1994 年的土地利用資料及 2005 年的福衛二號衛星影像比對並進行空間計算，發現棄養地區多成大規模連綿成帶狀棄養，主要集中在礁溪埧底及五結孝威等地。為探討土地決策者之養殖決策是否會受到鄰近地區養殖戶的影響，本研究以問卷點位資料取 250 公尺的環域，計算出近十年來每一個環域養殖區塊增加（變數 INS250）或減少（變數 DEC250）的面積。

表 1 為問卷中歸納出水產養殖土地利用變遷四個面向的作用因子。

表 1 問卷中水產養殖土地利用變遷之作用因子

四大面向	土地利用變遷因子
自然環境	養殖魚類、淡水取得、淡水水質、鹹水取得、鹹水水質、魚塭病變、地層下陷、酸雨、颱風、工廠
社會經濟	支應家庭開銷、養殖費用、業外收入、變更土地利用方式、轉業、技術、市場價格、政策或規定、公共建設、漁業生產區、產銷組織、產銷組織有無幫助、休閒漁業、轉作觀光用途
個體特性	年齡、教育程度、養殖地點、養殖年數、經營方式、魚塭大小、棄養經驗、平時可否一個人處理所有養殖魚塭的事務、養殖方式
區位條件	距河距離、距海距離、距道路距離、海拔高度、環域養殖區塊增加 (INS250) 或減少 (DEC250)

問卷發放對象以宜蘭地區「近十年有從事水產養殖活動」且為「養殖土地的主要決策者」的養殖業者進行問卷調查，探討近十年影響養殖土地決策者棄養的主因為何。調查時間為民國 2005 年 9 月 5 日至 9 月 7 日及 2006 年 7 月 22 日至 7 月 23 日，共計五個工作天，預計發放 140 份問卷，實際則發出 137 份問卷，問卷預計抽樣份數與發放份數如表 2 所示，為減低抽樣誤差，以訪員直接面訪受訪者方式進行。Axinn and Barber (2002) 曾指出，問卷調查是土地利用研究中鏈結人與土地最快速而有效的方法。問卷的抽樣方法採用空間分層隨機抽樣，根據各村（里）的養殖面積比例設定抽樣份數，並以村（里）為問卷發放的最小空間單元，訪員至村（里）內自行尋找受訪者。本研究為求能估算出近期宜蘭地區水產養殖業的養殖面積來進行問卷發放，乃透過衛星影像判釋²各鄉鎮養殖面積，估算每個鄉鎮所需發放的問卷份數，判釋發現現今宜蘭地區的養殖業主要集中在頭城、礁溪、壯圍、五結等四個沿海鄉鎮，其餘鄉鎮分佈十分零星。

表 2 問卷抽樣份數與發放份數

養殖地點	預計抽樣份數	實際調查份數
頭城鎮	37	32
礁溪鄉	47	45
壯圍鄉	22	27
五結鄉	33	32
羅東鎮	1	0
冬山鄉	0	1
總計	140	137

結果與討論

(一) 作用因子之找尋

1. 卡方分析

本問卷調查多數的問項屬於級序尺度，用以衡量「程度」的問題。將「現在有無繼續從事養殖漁業的活動」（無棄養或棄養）與其餘所有類別型問項進行交叉分析，希望透過此種兩兩交叉比對的方法，找出哪些因素與其棄養行為產生關聯。在 0.05 的顯著水準下，經卡方檢定挑選出 7 個達顯著水準的結果³（見表 3）。

研究結果顯示：現在棄養與沒有棄養的土地決策者在棄養經驗、鹹水水質、魚塭病變、自有資金、技術、休閒漁業、轉作觀光用途等因子具顯著差異性，此 7 個因素為影響養殖土地決策者棄養的可能因素，其餘因子皆不具差異性。從卡方檢定表發現：曾經棄養、認為鹹水水質惡劣、魚塭病變嚴重、自有資金不足、不願意嘗試新技術、不同意休閒漁業的作法、不考慮將魚塭轉作觀光用途的養殖土地利用決策者傾向於放棄養殖。

表 3 棄養與無棄養之卡方分析表

		無棄養 (個數 / %)	棄養 (個數 / %)	χ^2	df	p-value
棄養經驗	沒有	89 (76.1)	0 (0)	43.422	1	0.000**
	有	28 (23.9)	20 (100)			
鹹水水質	優良	45 (39.8)	9 (45)	7.831	2	0.020*
	尚可	53 (46.9)	4 (20)			
	惡劣	15 (13.3)	7 (35)			
魚塭病變	不嚴重	17 (14.5)	2 (10)	7.105	2	0.029*
	普通	36 (30.8)	1 (5)			
	嚴重	64 (54.7)	17 (85)			
自有資金	足夠	76 (65)	7 (35)	7.098	2	0.029*
	尚可	10 (8.5)	2 (10)			
	不足	31 (26.5)	11 (55)			
技術	願意	89 (76.1)	9 (45)	8.096	1	0.004**
	不願意	28 (23.9)	11 (55)			
休閒漁業	非常同意	50 (42.7)	5 (25)	6.062	2	0.048*
	有點同意	25 (21.4)	2 (10)			
	不同意	42 (35.9)	13 (65)			
轉作觀光用途	是	64 (54.7)	6 (30)	4.170	1	0.041*
	否	53 (45.3)	14 (70)			

* p-value < 0.05 ** p-value < 0.01

2. t 檢定

為瞭解棄養者與未棄養者在區位條件的差異性，擬將所有區位條件因子及魚塢大小等 7 個數值型問項以 t 檢定方法來分析，在 0.05 的顯著水準下，挑選出兩個達顯著水準的結果（見表 4）。研究結果顯示：現在棄養與沒有棄養的土地決策者在距道路距離、INS250 兩個因子具顯著差異性，此兩個因素為影響養殖土地決策者棄養的可能因素，其餘因子皆不具差異性。從 t 檢定表發現：距道路距離較近的土地利用決策者傾向於放棄養殖，魚塢周圍 250 公尺以內養殖面積增加較少的地區亦傾向棄養。

表 4 棄養與無棄養之 t 檢定表

		平均數	標準差	t 值	df	p-value
距道路距離	無棄養	82.601	67.953	2.844	40.858	0.007**
	棄養	51.563	39.907			
INS250	無棄養	315.908	970.890	3.505	116.049	0.001**
	棄養	1.300	5.813			

* p-value < 0.05 ** p-value < 0.01

(二) LUCC 預測模式之建構

進行判別分析前，找到一組最能區別各群組的線性組合是十分重要的工作，此線性組合要盡量能讓組內變異小、而組間變異大，且在理想的狀況下，因子的個數與樣本的數目應為 1: 20，最少也應該有 1: 5 (Hair *et al.*, 1998)，綜合判別分析的要求，表 5 為前述利用卡方檢定及 t 檢定找出的 9 個驅動因子及其展現出之群集差異性，因其能有效區別棄養與非棄養群，故為判別分析中良好的預測變數。

表 5 群集差異性

變數名稱	無 棄 養		棄 養		整 體 數 值
	描 述	數 值	描 述	數 值	
棄養經驗	沒有	1.761	有	1.000	1.650
鹹水水質	較佳	1.675	較差	1.900	1.708
魚塢病變	較不嚴重	2.402	嚴重	2.750	2.453
自有資金	較足夠	1.615	不足	2.200	1.701
技 術	願意嘗試	1.239	不願嘗試	1.550	1.285
休閒漁業	同意	1.932	不同意	2.400	2.000
轉作觀光用途	願意	1.453	不願意	1.700	1.489
距道路距離	較遠	82.601	較近	51.563	78.070
INS250	較多	315.908	較少	1.300	269.980

進行群集差異性分析是為了接下來的判別分析能區分出組間的差異性。判別分析能根據既有觀測樣本的特性，有效的預測每一筆樣本會落入哪一個群組中，每一個群組皆將變數線性組合成一組組的

判別函數，當得到一組新的觀測樣本時，我們即可透過判別函數達到預測其會落入哪組群集的效果，透過 Wilks' Lambda 的顯著性檢定即可得知判別模式是否具備顯著性。並且可以依據標準化正典判別函數係數 (standardized canonical discriminant function coefficients) 或判別負載係數 (structure matrix) 來解釋判別分析的結果，針對每個預測變數的相對重要性或相對判別能力來加以解釋 (黃俊英, 1998)。

表 6 為棄養者與無棄養者的線性判別模型，考量盡量將模式簡化，本研究採用逐步選擇程序 (stepwise selection procedure)，如此可將共線性高的因子剔除，避免過度膨脹模式，經篩選後剩餘 4 個因子 - 棄養經驗、自有資金、技術與距道路距離。若一名土地決策者得知其此四種屬性，分別帶入表內兩組函數模型計算分數，視何者判別函數的判別分數較大，即可得知其是否有棄養行為產生。

表 6 水產養殖土地利用線性判別模型

變數名稱	判別模型	
	無棄養	棄養
常數項	-15.944	-14.754
棄養經驗	10.860	5.902
自有資金	2.039	3.003
技術	6.353	8.293
距道路距離	0.016	0.006

表 7 以 Wilks' Lambda 來檢定預測變數的綜合判別能力，其值為 0.601，顯著性達 0.000，表示棄養者與沒有棄養者在屬性值上有明顯的差異性存在。標準化正典判別係數是將各個區別變數標準化，代表各個預測變數的解釋程度，標準化係數絕對值越大，判別能力越強，從表中可以看出「棄養經驗」達 0.860，區別效果最強，「自有資金」與「技術」次之。判別負載係數則是列出區別變數與標準化典型判別函數的相關矩陣，一般而言，係數絕對值越大，判別能力越強，從表中可以看出「棄養經驗」達 0.836，區別效果最強，「技術」與「自有資金」次之，與標準化正典判別函數的結果大致類似。表 7 內平均數欄「自有資金」、「技術」棄養組數值皆高於無棄養組，顯示自有資金不足、不考慮嘗試新的養殖技術者越傾向棄養；同樣地有棄養經驗、距離道路越近的越傾向棄養。

表 7 判別分析摘要表

變數名稱	Wilks' Lambda = 0.601 df = 4 p-value = 0.000			
	判別函數		平均數	
	標準化正典判別係數	判別負載係數	無棄養	棄養
棄養經驗	0.860	0.836	1.761	1.000
自有資金	-0.375	-0.287	1.615	2.200
技術	-0.374	-0.308	1.239	1.550
距道路距離	0.277	0.209	82.601	51.563

為驗證判別結果的準確性，一般研究會採用訓練測試法 (training-and-testing)。將樣本分成兩部分，一部份作為訓練樣本，產生判別模型；一部分作為測試樣本，用來檢測模型的準確性。本研究由於樣本資料不足，若再切割部分樣本作為測試樣本，可能會得到判別能力很差的分類模型。因此採用交互驗證法 (cross-validation)，這種方法首先將樣本均分為 k 份，每次拿其中的 k-1 份作為訓練樣本，剩下的一份作為測試樣本，重複做 k 次 (曾憲雄等，2005)，即可得到與樣本個數相同的分類結果，而不至於損失部分樣本作測試樣本，這種方法錯分率比較高，但分類結果較接近實際情況，適合小樣本使用。

表 8 為根據此一規則所得到的分類結果，無棄養組有 91.5% 的正確率，棄養組有 75% 的正確率，將無棄養者錯歸為棄養者的有 10 人，將棄養者錯歸為無棄養的有 5 人，模型整體預測的正確率達 89.1%。

表 8 判別分析分類結果

		判別組別		
		實際組別	判別組別	
		實際人次 (個數)	無棄養 (個數 / %)	棄養 (個數 / %)
交互 驗證	無棄養	117	107 (91.5)	10 (8.5)
	棄養	20	5 (25)	15 (75)
		整體正確率 = (107+15)/137 = 89.1%		

結論與建議

本文從養殖土地決策者的角度出發，將「人」視為土地利用變遷的主導因素進行預測分析，而非傳統研究透過土地分佈型態剖析土地利用變遷。研究中分自然環境、社會經濟及個體決策及區位條件等四大面向因子來整合空間及問卷調查資料，以統計學及多變量分析方法建構土地利用變遷之預測模式。

類別型變數以卡方檢定結果發現：有棄養經驗、認為鹹水水質惡劣、魚塢病變嚴重、自有資金不足、不願意嘗試新技術、不同意休閒漁業的作法及不考慮將魚塢轉作觀光用途的養殖等 7 個因素是土地決策者可能放棄養殖的因素。數值型變數以 t 檢定結果發現：現在棄養與沒有棄養的土地決策者在距道路距離及 INS250 兩個因子具顯著差異性，此兩因素為影響養殖土地決策者棄養的可能因素，其餘因子皆不具差異性。

接續上述方法將找到的可能的驅動因子應用判別分析來建構土地利用變遷之預測模型，依棄養與否分為兩個群組建立判別模型。結果顯示棄養與否可經由棄養經驗、自有資金、技術與距道路距離等四個因素的判別得知，棄養群與非棄養群相較，普遍有「具棄養經驗」、「自有資金不足」、「不願意嘗試新的技術」、「距道路較近」等現象。

以下針對上述提及的四個判別因子分別進行探討：

1. 棄養經驗：養殖產業一開始進入就需投入大量的固定成本，棄養此一行為會產生許多無法回收的沈沒成本 (sunk cost)，此一成本包括閒置的人力、土地與機械設備等。有棄養經驗的人可能已有其他出路，或棄養不至於影響生計，相反地，沒有棄養經驗的漁民，可能害怕或認為這些閒置的成本無法轉做他用，因此繼續養殖，故棄養經驗為一重要的判別因子。

2. 自有資金：從訪談過程發現，自有資金不足的漁民許多是採用借貸方式繼續養殖，這與許多漁民提及的「養殖業是賭博的行業」有關。當放養的魚苗全部順利收成，獲利程度以倍數計，自然有錢歸還貸款，但若遭逢天災人禍，可能血本無歸，倘若虧本到一定程度，多數漁民還是會選擇放棄養殖。

3. 技術：從訪談中發現多數漁民還是願意嘗試新的養殖技術，然造成不願意嘗試新的養殖技術的漁民傾向棄養的主因為這些人的悲觀心態。他們認為這些舉動沒有效果，即使是水試所或是相關研究人員亦無法完全避免蝦類病變，也反映出漁民對於蝦病變的無奈與對新技術的不信任，造成許多漁民認為養殖已是窮途末路，在虧本連連的情況下不得不放棄養殖。

4. 距道路距離：距離道路較近的魚塭較容易有棄養的情形發生。從經濟學的角度來看，土地擁有者在做出決策前，通常都以從土地上獲取最大的報酬或效益為考量，魏君杰 (1995) 研究農地變更使用的影響因子時，認為距離道路遠近可以反映出土地利用變更使用的機率，距離道路越近，越有可能變更為獲益率越高的土地利用類型，臨近道路者容易棄養可能與其變更土地使用較為容易有關，特別在宜蘭此一地區，因觀光旅遊產業的推廣，鄰近道路的魚塭自然較有機會轉變其土地利用方式。如在五結鄉鄰近親水公園附近，可以發現民宿與魚塭毗鄰的特殊景象，礁溪鄉大塭路上亦發現此種情形，而這些地區在 1994 年的土地利用資料上仍是魚塭！

最後在判別分析中，整體的預測結果可以達到 89.1% 的正確率，顯見此種分析方法在分類土地利用型態效果是十分良好的，透過觀測對象的屬性資料即可預測其有棄養的可能性。與以往的土地利用變遷研究相較，相關的研究都以「土地」面開始著手，來分析土地利用變遷的過程與機制。本文以「土地利用決策者」的角度出發，所強調的重點是所有地表土地利用的改變，都肇因於決策者的意念、偏好所造成，以此種概念來預測人的行為決策，相信比直接預測土地來的有效且精確。

本研究以宜蘭地區水產養殖業為個案建構土地利用之預測模式，可以瞭解其變遷的狀況及機制，並預測個體決策者的行為決策，後續期望透過不同地區的比較研究，以擴展建立區域尺度的變遷模式。並且隨著土地利用資料庫建置日益完善，未來之研究可以朝向跨尺度的時空研究，藉由探討不同尺度驅動因子交互影響的整體研究，建立更完整的土地利用變遷理論。

謝 辭

本研究承國科會經費補助 (NSC95-2415-H-002-032)；田野工作、資料收集與討論承蒙健銘、超群、培文、致瑜學長，宜芬、佳玲、得楷同學等人的協助，並感謝兩位匿名審查委員寶貴的修正意見，使本文內容架構更趨完善。

註 解

1. 線性判別模式是判別分析中的主要工具。最早在 1936 年由 Fisher 提出，並應用於花卉分類上，他根據花卉的各種特徵，如花瓣的長與寬、花萼的長與寬等，利用線性組合 (linear combination) 的方法，將這些多變量的數據轉換成單變量，再用此單變量之線性組合判別此花卉屬於何種種類。
2. 為求能估算出近期宜蘭地區水產養殖業的養殖面積，本研究利用 2005 年 6 月 5 日福衛二號所拍攝宜蘭地區解析度兩米、黑白的衛星影像，以 1994 年的國土利用調查的圖資作為參考圖層，選取數 10 個控制點 (GCP)，將影像的誤差控制在 1 個 pixel 以下，透過影像校正 (georeferencing) 的過程，獲得宜蘭地區座標位置正確的圖資。藉由判釋光譜的反射值，辨認出宜蘭地區的水體，剔除掉河川、湖泊、及其他非養殖池的水體，獲得近期宜蘭地區水產養殖業的養殖面積。
3. 通常卡方分析需有 80% 以上的細格 (cell) 期望值 (expected count) 要大於 5，經計算每個類別變數的卡方分析表，並將不及 80% 細格大於 5 的卡方分析表採用 Fisher 精確性檢定的修正而得到表 3 之結果。另研究表 3 所列的棄養與無棄養之卡方分析表為樣本的觀測值 (observed count) 而非期望值。

引用文獻

- 丁志堅 (2002) 屏東平原土地利用變遷分析與模式建立，國立臺灣大學地理環境資源研究所博士論文。
- 王柏山 (1992) 宜蘭地區養殖魚類組合區與區域特性，中國地理學會會刊，20: 59-78。
- 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: 35-56。
- 王柏山 (1998) 臺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。
- 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。
- 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。
- 林祈萬 (1989) 宜蘭地區草蝦養殖業的發展及其影響，私立中國文化大學地理學研究所碩士論文。
- 林師模、陳苑欽 (2003) 多變量分析 - 管理上的應用，臺北：雙葉書局
- 張曜麟 (2005) 都市土地使用變遷之研究，國立成功大學都市計畫研究所博士論文。
- 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。
- 黃俊英 (1998) 多變量分析，六版，臺北：華泰書局。
- 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯 (2005) 資料探勘，臺北：旗標出版社。
- 楊萬全 (1988) 臺灣地區地盤下陷問題之探討，礦業技術，26 (4): 216-245。
- 趙民德、謝邦昌 (2000) 多變量分析，臺北：曉園出版社。
- 劉宗沂 (1973) 臺灣水產養殖之發展 - 從地理觀點分析，臺銀季刊，24 (4): 264-287。
- 蔡宗穎 (2000) 水產養殖土地利用變遷之多變量預測模式建立 - 以屏東縣水產養殖用地為例，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文。

- 蔡博文、張長義、張康聰 (2001) 蘭陽平原養殖土地利用變遷分析, 中國地理學會會刊, 29: 93-101。
- 魏君杰 (1995) 農地變更使用影響因子之探討 - 崙背鄉之個案研究, 國立臺灣大學農業經濟研究所碩士論文。
- 臺灣省政府農林廳漁業局 (1953-2005) 漁業年報, 臺灣省: 臺灣省農林廳漁業局。
- Axinn, W. G. and Barber, J. S. (2002) Linking people and land use: a sociological perspective. In: Fox, J., Rind fuss, R. R., Walsh, S. J. and Mishra, V. (eds.) *People and the Environment - Approaches for Linking Household and Community Surveys to Remote Sensing and GIS*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Geoghegan, J., Cortina, V. S., Klepeis, P., Macario, M. P., Ogneva-Himmelberger, Y., Chowdhury, R. R., Turner II, B. L. and Vance, C. (2001) Modeling tropical deforestation in the southern Yucatán peninsular region: comparing survey and satellite data, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 25-46.
- Geoghegan, J., Wainger, L. A. and Bockstael, N. E. (1997) Spatial landscape indices in a hedonic framework: an ecological economics analysis using GIS. *Ecological Economics*, 23: 251-264.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. and Black, W. C. (1998) *Multivariate Data Analysis*, 5th ed., New Jersey: Prentice-Hall.
- Köbrich, C., Rehman, T. and Khan, M. (2003) Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan, *Agricultural Systems*, 76: 141-157.
- Lambin, E. F., Baulies, X., Bockstael, N., Fischer, G., Krug, T., Leemans, R., Moran, E. F., Rindfuss, R. R., Sato, Y., Skole, D., Turner II, B. L., Vogel, C. (2000) Land-use and land-cover change (LUCC), implementation strategy, *IGBP Report 48, IHDP Report 10*, IGBP, IHDP, Stockholm, Bonn.
- Lee, W., Chen, Y., Lee, Y. and Liao, I. C. (2003) The competitiveness of the eel aquaculture in Taiwan, Japan, and China, *Aquaculture*, 221: 115-124.
- Lesschen, J. P., Verburg, P. H. and Staal, S. J. (2005) Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems, *LUCC Report Series NO. 7*, 25-33.
- Ling, B., Leung, P. S. and Shang, Y. C. (1999) Comparing Asian shrimp farming: the domestic resource cost approach, *Aquaculture*, 175: 31-48.
- Ojima, D. S. and Moran, E. (2004) Global Land Project: Draft Science Plan, <http://www.glp.colostate.edu> [2006.8.5].
- Overmars, K. P. and Verburg, P. H. (2005) Analysis of land use drivers at the watershed and household level: linking two paradigms at the Philippine forest fringe, *International Journal of Geographical Information Science*, 19: 125-152.
- Parker, D. C., Berger, T. and Manson, S. M. (2001) Agent-based models of land-use and land-cover change, *LUCC Report Series NO.6*, 1-5.
- Rasul, G., Thapa, G. B. and Zoebisch, M. A. (2004) Determinants of land-use changes in the Chittagong hill

tracts of Bangladesh, *Applied Geograph*, 24: 217-240.

- Rindfuss, R. R., Walsh, S. J., Mishra, V., Fox, J. and Dolcemascolo, G. P. (2002) Linking household and remotely sensed data: methodological and practical problems. In: Fox J., Rindfuss, R. R., Walsh, S. J. and Mishra, V. (eds.) *People and the Environment-Approaches for Linking Household and Community Surveys to Remote Sensing and GIS*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Serneels, S. and Lambin, E. F. (2001) Proximate causes of land use change in Narok District, Kenya: A spatial statistical model, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 65-81.
- Tsai, B.-W., Chang, K.-T., Chang, C.-Y. and Chu, J.-M. (2006) Analyzing spatial and temporal changes of aquaculture in Yunlin County, Taiwan, *Professional Geographer*, 58 (2): 161-171.
- Turner II, B. L. (1994) Local faces, global flows: the role of land use and land cover in global environmental change, *Land degradation and rehabilitation*, 5: 71-78.
- Verburg, P. H. and Verkamp, A. (2005) Introduction to the special issue on spatial modeling to explore land use dynamics, *International Journal of Geographical Information Science*, 19: 99-102.
- Verburg, P. H., Schot, P., Dijst, M. and Veldkamp, A. (2004) Land use change modelling: current practice and research priorities, *Geojournal*, 61: 309-324.

95 年 9 月 1 日 收稿

95 年 11 月 21 日 修正

95 年 12 月 29 日 接受