

整合地理資訊系統及計量經濟方法於坡地利用之研究——以阿里山鄉坡地開發為例

陳奕廷* 陳永寬** 鄭欽龍**

摘要

嘉義縣阿里山鄉石棹附近的山胞保留地，近年來由於阿里山公路兩側之茶園快速擴張，土地利用型態改變甚大。故有關該區域坡地開發模式，頗值得探討。

本研究透過成本效益分析角度，探討坡地開發之主要影響因子。並引入阿隆索的競租函數理論，配合地理資訊系統的空間分析能力，及參考 Wear and Flamm(1993) 的方法，試圖將難以量化的成本、效益因子，適切合理地藉由海拔高、坡度、坡向、距道路的距離及距市集的距離圖等五項地理資訊圖層分別加以替代，供量化分析及推估判別模式。

關鍵詞：土地利用、地理資訊系統、競租函數、間斷式選擇模型。

1. 前言

台灣山坡地總面積共約 98 萬公頃，地處高山林地和平原之間，為一重要土地資源。台灣山區由於地勢陡峻、地質脆弱、河川坡陡、源短流急，加上颱風豪雨以及地震頻繁，因此極易發生沖蝕與崩塌。

根據經濟部水利司委託成功大學對全省水庫淤積情形探討的研究報告(1994)指出，台灣地區現有 36 座水庫，原總容量為 25.67 億立方公尺，現今有效容量僅約為 19.78 億立方公尺。根據歷年淤沙量測結果，平均每年淤積量高達 1460 萬立方公尺，約為一個白河水庫的有效蓄水量(1638 萬立方公尺)。李三畏(1980)的研究報告亦指出，台灣地區每年山坡地土壤的沖蝕平均深度竟高達 0.98 公分，居世界之冠。顯見山坡地開發不當，整體社會所必須承擔的社會成本十分可觀。

山坡地位處都市邊緣地區，具調節自然環境的重要功能。了解坡地利用之影響因

* 台灣大學森林學研究所研究生

** 台灣大學森林學系教授

收到日期：86.8.12

修正日期：86.9.3

接受日期：86.9.30

子，並量化分析各項因子對於土地利用型態之影響，以推估坡地利用之決策模式，乃亟待努力之目標。

綜觀國內對於山坡地使用及管理之研究報告，大多著墨在於政策性的宣示，或探討不同土地利用型態對於其坡地水文特性之影響。對於影響違規開發行為因素之探討，多從經濟制度及外部成本的層面加以研究，透過成本效益分析的角度，以地租理論 (*land rent theory*) 中的競租函數理論 (*bid-rent function*) 或地租-距離函數 (*rent-distance function*) 的概念，來說明山坡地開發行為所受到的運輸成本及空間地緣性影響之研究報告，則尚無所見。本研究之目的有二：

1. 探討以 *GIS* 技術結合競租函數理論，用以量化分析坡地開發影響因素之適用性
2. 以阿里山鄉坡地之實證資料 (*empirical data*)，量化分析坡地開發的影響因素，進而驗證前項研究模式之可行性

2. 競租函數理論概述

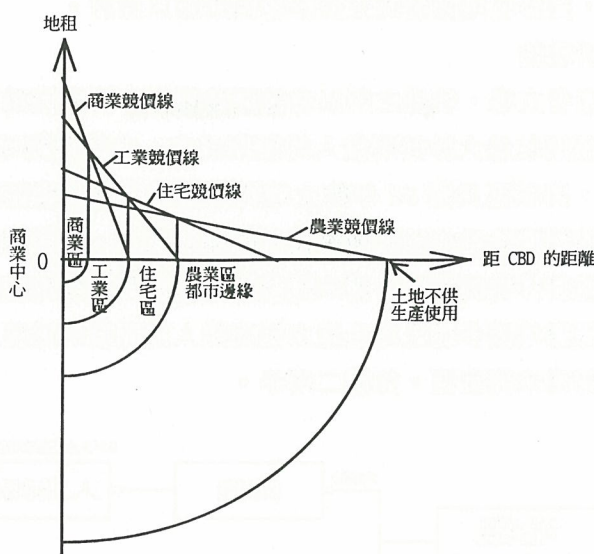
經濟學上所謂土地 (*land*)，乃「自然資源」之簡稱，包括土地、礦產、森林、河川、海洋等均屬之。提供土地所得的「報酬」稱為地租 (*rent*) (張清溪, 1987)，經濟學上所謂「地租」，並非傳統「土地租金」的概念，而是代表「報酬、收益」等涵義。經濟學學者不斷地對於地租理論提出見解，期使更適用現實情況，而阿隆索的競租函數理論即為其中較具有代表性的理論。

阿隆索 (*Alonso W.*) 的競租函數理論 (*bid-rent function*)，主要是將空間概念引入屠能 (*Von Thunen*) 的地租函數 (*rent-offer function*) 模型中，亦即將線性的地租距離關係，延申至空間平面上，加以發展出的理論 (*Pearson, 1991*)。阿隆索認為區域內土地的使用型態，乃決定於各種利用型態所能支付的地租。由於各種利用型態彼此競爭土地，故可透過土地供給與需求的價格調整，分別定出各種土地使用型態的最佳區位。

競租理論常用以解釋都市土地使用型態的改變，即將都市發展過程視為一種經濟現象，嘗試將理論和真實世界的情況結合。由於人們對土地的需求日殷，地處都市邊緣的農業區及山坡地等亦飽受被開發的壓力，對於農地及山坡地的土地使用型態之改變，競租理論頗能合理地加以說明。

競租理論最大的特徵在於尋找出區域內的商業中心 (*central business district, CBD*)，再依據「地租和距 *CBD* 的距離成反正」的假設，分別定出其週遭區域的地租及各種土地使用型態的最佳區位。詳圖一。

阿隆索的競租理論，即以區位需求來分配各種土地的利用型態，此種模式可經由市場的機能協調而建立。如上圖所示的同心圓模式，不僅和屠能的模型相近，亦合乎區域內人口分佈密度的趨勢。



圖一 阿隆索的都市之同心圓模式

(資料來源：唐富藏，收錄於經濟學百科全書 于宗先主編 pp:2601)

3. 材料及方法

3.1 研究試區概述

本研究試區地處嘉義縣曾文溪上游，橫跨阿里山鄉（舊吳鳳鄉）及竹崎鄉，根據林務局農林航空測量所於民國 77 年所編印『台灣地區山坡地土地可利用限度分級與土地利用現況調查報告』，將其劃定為山坡地保育利用地，屬水土保持局所管轄。全區面積約為 2800 公頃，依地形可大致分為左右兩區，曾文溪從中加以貫穿；海拔分佈由 650 至 1739 公尺，全區地質大部份為砂岩及頁岩互層，零星散佈著少數的含煤層。

交通方面，由於本區域鄰近阿里山風景區，故交通狀況十分便利，主要是以阿里山公路（台十八線）及縣道一六九線為主，上通阿里山風景區，下達曾文水庫旁，再配合樂山及佳里兩產業道路的開發，道路系統堪稱完善。

3.2 理論方法及流程

一般而言，評估土地價值的兩個重要因素為：

3.2.1 土地的自然條件：地景、視野、氣候、地形等

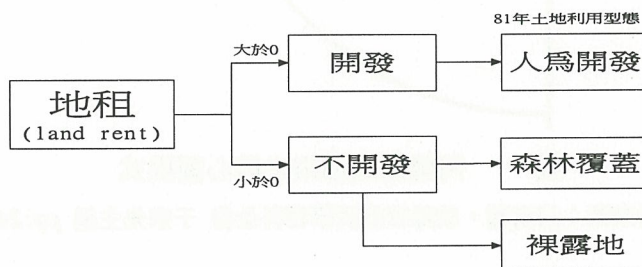
3.2.2 土地的位置因素：交通、運輸、距市集的距離等

由於土地的坡度、坡向、海拔高等地形上的差異，對土地利用型態所造成的影響則是可以觀測的，故本研究利用此等地形因子及土地的位置因素，透過成本效益分析程

序，配合競租理論，對於坡地開發的主要影響因素加以探討。

1. 成本效益分析理論

就坡地農業生產者立場，坡地之所以會被開發耕作，其原因為預期開發結果有利可圖。即開發所得的預期收益大於其所投入的預期成本，亦即預期地租大於零。根據成本效益分析理論，將試區民國 81 年的土地利用型態分為開發區與未開發區。開發區可假設其開發所得的預期效益大於其所需投入的開發成本，即預期地租為正，包括所有遭受人為開發種植經濟作物的區域。而未開發區則假設其預期地租為負，包括有森林覆蓋區及裸露地等。裸露地因多屬土地生產力低而無人為開發的地區，故在本研究中將其和森林覆蓋區一併歸為未開發區。如圖二所示。



圖二 地租和影像分類結果關聯表

2. 競租函數理論

阿隆索的競租函數理論為，先找出區域內的商業中心 (CBD)，然後再根據距 CBD 的距離與其地價成反比的法則，逐一求出其週遭區域的地價。若將此一理論配合成本效益分析理論，由坡地開發者的耕作成本及所得效益兩方面來分析，其結果可以式 3-1 的簡單函數式來加以表示 (Hartwick and Olewiler, 1986)。

$$\pi = P * Q - W * Z - T * X * Q \quad (3-1)$$

其中：* 為每公頃收穫的淨利潤 (地租)

P 為作物的單位價格

Q 每公頃的收穫量

W 為單位勞動力的薪資

Z 每公頃所需的勞力個數

T 每單位產品的運輸成本

X 距市集的距離

由上式可清楚了解，生產者在決定坡地是否值得開發時，其主要的考量因素如下：

(1) 預期收益

即預期價格 P 和預期產量 Q 之乘積。

2. 預期成本

(1) 勞動力成本，即勞動力薪資 W 乘以勞力個數 Z 。

(2) 區位：距最近道路的距離影響作物裝車成本；而裝車起運點至市集的距離會影

響農產品運至市集的成本。

(3)面積的大小：大面積的開發會降低單位面積的邊際開發成本。

(4)地緣性的影響：鄰近區域的土地利用型態會影響該區域的土地使用。

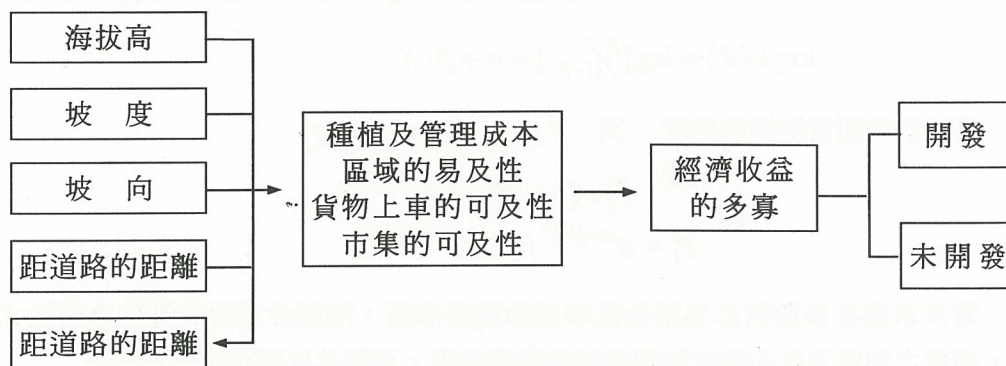
上述預期成本及效益分析理論中，雖包含許多難以精確量化的因素，本研究仍試圖將這些因素合理地加以量化。

李家玉(1995)曾綜合國內房地產的研究文獻及 *Chicoine(1981)* 的研究報告指出，台灣農地的特徵價格模型中可包含下列變數：距社經中心或主要市中心的遠近（可及性）、土地的特性（肥沃度、坡度、坡向等）、附近的公共設施（道路、電訊）的優勢，以及制度面的因素等。此一結論和 *Wear & Flamm(1993)* 在研究公、私有林遭受人為開發模式中，所設定的四項自變數海拔高、坡度、與最近道路的距離及與最近市集的距離，不謀而合。

綜合上述兩位學者之研究，本研究特選定五項自變數，即海拔高、坡度、坡向、距市集的距離及距道路的遠近（即公共設施的優勢），以供作進一步的模式推導及因子間相關性的分析之用。

在成本概念的合理量化上，*Wear & Flamm(1993)* 認為其所選定的各項自變數分別影響不同的成本概念。例如坡度因子可能會影響區域的易及性及種植管理成本；距道路的距離則會影響貨物上車及區域的易及性。

在本研究中，由於供試區域人為開發的主要作物為茶葉，其生長條件受坡向的影響甚巨，故特別加入坡向因素。（詳見圖三）。



圖三 各 GIS 圖層與各項成本概念的對應表

3. 坡地利用決策函數之 *logit* 機率模型

整理上述理論探討結果，可將坡地開發的決策行為，以函數方程式表示如下：

$$Y = \alpha + \beta X + u \quad (3-2)$$

其
$$\beta X = \sum \beta_i \cdot X_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Y：坡地開發決策之效用函數

α : 模型的截距

X : 影響坡地開發決策的變數群

β : 相對於的參數向量

U : 殘差值

由圖三的分析結果，(3-2) 式的自變項 $\beta \cdot X$ 可以下式表示：

$$\beta \cdot X = \beta_1 * \text{海拔高} + \beta_2 * \text{坡度} + \beta_3 * \text{坡向 (五級 / 九級)} \\ + \beta_4 * \text{距道距的距離} + \beta_5 * \text{距市集的最近距離}$$

為配合二分數據 (開發 / 不開發) *logit* 模型的限制，可將 (3-2) 式表示如下：

$$YN = 1 \text{ 當 } Y > t \text{ (即 } \alpha + \beta \cdot X + u > t \text{)} \quad \text{決策者選擇開發} \quad (3-3)$$

$$YN = 0 \text{ 其它} \quad \text{不開發：包括森林覆蓋及裸露地}$$

式中： YN 為實際觀察的指標變數 (開發 / 不開發)；

t 為實際所得效益變數

由於 *logit* 模型是假設自變項為 *logistic* 分佈加以推導，其函數式如下：

令

$$Z = \alpha + \beta \cdot X$$

$$P_i = F(Z) = 1 / (1 + e^{-Z}) = 1 / (1 + e^{-\alpha - \beta \cdot X}) \quad (3-4)$$

$$\text{可改寫成} \quad Z = \log \left[\frac{P_i}{(1-P_i)} \right] = \alpha + \beta \cdot X \quad (3-5)$$

由 (3-5) 式可得知，決策者決定開發與否的 *logit* 模型，其機率求算公式如下：

$$\log it(P) = \log \left[\frac{P_i}{(1-P_i)} \right] = \alpha + \beta \cdot X$$

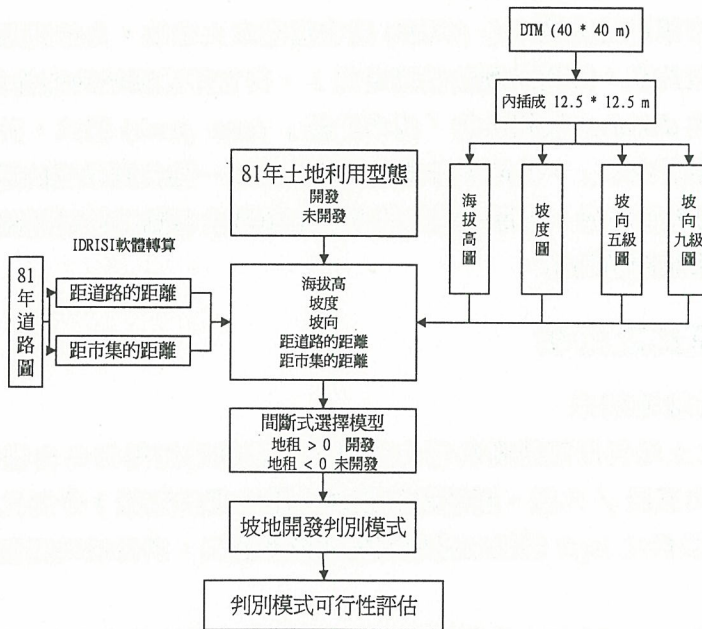
若以決定開發的機率為例 其 $P = \text{prob}(YN = 1 | X)$

$$\text{即} \quad P_i / (1 - P_i) = e^{\alpha + \beta X} \\ \text{則} \quad P_i = e^{\alpha + \beta X} / (1 + e^{\alpha + \beta X}) \quad (3-6)$$

若欲求算各參數對於其推估機率值的邊際效應，則須分別對其推估之函數式偏微分，所得之值即為各參數對於機率值的邊際效應。可將其以函數式表示如下：

$$\frac{\partial F(Z)}{\partial X_k} = \frac{e^{\alpha + \beta X}}{(1 + e^{\alpha + \beta X})^2} \beta_k \quad (3-7)$$

4. 本研究之流程圖



圖四 研究之流程圖

4. 結果分析

4.1 各項圖層資料的轉算

4.1.1 利用 DTM 轉算海拔高、坡度及坡向圖

海拔高圖	等高距100公尺；分佈由650至1739公尺
坡度圖	分級單位：度；分佈由0至71度
坡向圖(五級)	分東、北、西、南及平坦地五類

本研究統一將 *DTM* 利用 *Erdas* 軟體內插成 $12.5 * 12.5$ 公尺後，再轉算海拔高、坡度、坡向等圖層，並透過 *MIPS* 軟體將各圖層資料屬性轉成 *ASCII* 檔，以供作後續統計分析之用。

4.1.2 距道路最近距離的圖層

道路圖層數化自 $1/25000$ 地形圖 (78 年) 中的道路資料，並加以修圖、接邊後，再利用 *ARC/INFO* 的 *linegrid* 指令，將道路圖檔轉成 **.gis* 檔，再配合 *IDRISI* 的 *distance* 模組，利用 *buffer* 的概念，將各點距道路的實際距離分別加以計算。再將其圖

層屬性輸出成 *ASCII* 檔，以供作後續統計分析之用。

4.1.3. 距最近市集距離的圖層

本研究將市集區的商業中心 (*CBD*) 設在嘉義市火車站，先於道路圖層中找出試區中距離市集最近的點，將道路屬性值設定為 1，其它旁邊區域的屬性值設定為 10，再利用 *IDRISI* 的 *distance* 模組中的「成本累積」(*cost push*) 程式，計算圖層中每一點到目標點的「累計成本」，此時累計成本值即代表每一點先到最近的道路點，再經由道路到達 *CBD* 的數值加總。將每一點的累計成本值減去各點距最近道路距離的值，其結果即為距最近市集距離的值。

4.2 判別模式之分析

4.2.1 模式推導結果

以 81 年之土地利用型態資料當作應變項，將推導而得的各自變項的資料 (海拔高、坡度、坡向五級 / 九級、距道路的距離、距市集的距離) 分別代入函數模型中，利用 *SAS* 軟體提供之 *logit* 模組來處理間斷式模型資料，所得坡地開發判別模式結果如下表：

表一 81 年土地利用型之 *logit* 模型分析結果 (坡向五級)

解釋變數	評估係數	卡方值	機率	邊際效應
常數項	12.1882	2311.1391	< 0.0001	-
海拔高	2.95	8900.0874	< 0.0001	0.350102
坡度	-0.0271	2993.3284	< 0.0001	-0.270538
坡向(五級)				-
東	0.2907	116.0295	< 0.0001	0.060607
北	0.4099	227.3852	< 0.0001	0.089900
西	0.9994	1672.8089	< 0.0001	0.235782
南	0.9451	1516.8362	< 0.0001	0.220399
平坦地	0	.	.	-
距道路距離	-0.784	3710.9177	< 0.0001	-0.324365
距市集距離	-0.336	4317.8797	< 0.0001	-0.274067

註：機率為卡方分配之機率值，其值小於 0.0001，表示土地利用型態隨各項變數之數值變動，而存在顯著性差異。Log-likelihood = 178766.08

上述模型評估係數 (*estimate value*) 之正負，代表各參數和其遭受開發機率呈正向或反向的變動關係。評估係數值若為正，表示其遭受開發的機率會隨參數本身數值的增加而增加；反之，若為負，則表示其遭受開發的機率會隨參數本身數值的增加而減少。例如坡度、距道路及市集的距離，三者之評估係數均為負，即表示若坡度愈陡或距離愈遠，其遭受開發的機率則亦相對減少；反之，由於海拔高的係數為正，故隨著海拔高的

增加，其遭受開發的機率亦相形提高。而在評估係數值中，因平坦地為一虛擬變數 (*dummy variable*)，故其值均為 0。

各參數邊際效應 (*marginal effect*) 係數的大小，表示各參數對於遭受開發機率值的影響程度。以坡度因子為例，在該區域內若坡度增加一度，其被開發的機率會降低 0.270538 單位。在上述判別模式中，可明顯地看出，除了東坡向及北坡向兩因子外，其它各項參數之邊際效應係數值明顯較高，代表這六項因子 (海拔高、坡度、南坡向、西坡向、距道路的距離及距市集的距離) 對於推估坡地開發的機率，有較大的影響力，亦即為生產者作開發決策時之重要考慮因子。由此判別模式的分析結果亦可證明了，本研究於模型理論架構時，對於各項參數之選定及其和各項經濟因子 (成本 / 效應) 間替換關係的假設是合理的。

4.2.2 推估機率值之準確性評估

利用 *QBASIC* 程式，將各參數配合其各別之評估係數值代入 (3-6) 式的求機率公式 $P_i = e^{\alpha + \beta_i X_i} / (1 + e^{\alpha + \beta_i X_i})$ ，分別求出各點被開發的機率值。此時所求得的機率值為一介於 0 至 1 的數值，若將其開發及未開發的門檻值設定為 0.5，並將其所得之結果和 81 年的實際地面真值資料逐一加以比對，得出判別模型之準確度評估結果如表二。

表二 81 年土地利用型推估之 *logit* 模型 (坡向五級) 準確度評估結果

81 年土地利 用型組類	logit 模型分類之組類			漏授之誤 (%)	誤授之誤 (%)	準確度 (%)
	開發	未開發	小計			
開發	11112	24524	35636	68.81	33.9	31.19
未開發	5698	137841	143539	3.97	15.1	96.03
Total	16810	162365	179175			83.1

準確度達 83.1%，所求得之判別模式，對於實際土地利用狀況的解釋能力相當高，由此可証，此一模型理論假設是合理而適切的，亦即說明，透過成本效益分析的概念，配合阿隆索的競租函數理論，來探討坡地開發的影響因素，進而架構出該區域坡地利用模式是合理的。

5. 結論

本研究透過成本效益分析角度，探討坡地開發之主要影響因子，並引入阿隆索的競租函數理論，配合地理資訊系統的空間分析能力，經濟、快速且大面積的推估坡地利用之判別模型。研究結果得如下結論：

1. 由 81 年實際地面真值所推估之判別模式，其推估所得的機率值對於實際土地利用型態之解釋程度達 83%，充分表達了模型理論假設的合理性及正確性。

2. *logit* 模型乃根據累進機率函數推估各點機率值，而各點之推估機率值即表示各點潛在被開發之機率。研究所得機率值分佈結果，可配合其它的相關資訊，用為坡地管理、規劃或是政策擬定時之主要參考依據。

3. 遙測及數值地形模型為空間資料蒐集之有效方法，而地理資訊系統則為資料整合之良好工具，其應用將可擴展至整體性之經營管理上。若能將遙測影像分類之技術引入，決策者不僅可快速且大面積的取得地形及空間資訊，並可增加判別模式的即時性。

6. 參考文獻

- (1) 于宗先主編，1986，經濟學百科全書—空間經濟學，聯經出版社
- (2) 水庫淤積浚渫之探討(期末報告)，1994，經濟部水利司委託國立成功大學水利及海洋工程學系執行，pp:1-2
- (3) 台灣區山坡地土地可利用限度分級與土地利用現況調查報告上、下兩冊，1988，林務局農林航空測量所叢刊第66號
- (4) 李三畏，1980，台灣水庫集水區之保護，中華民國工程環境學會會刊，第一期，pp: 41-50.
- (5) 李家玉，1995，土地使用管制對地價影響之研究，國立台灣大學農業經濟學研究所碩士論文，pp:79
- (6) 彭昭英，1992，SAS與統計分析，儒林出版社
- (7) 陳奕廷，1996，整合地理資訊系統及計量經濟方法於坡地利用之研究——以阿里山鄉坡地開發為例，國立台灣大學森林學系研究所碩士論文
- (8) 張清溪、許嘉棟、劉鶯釧、吳聰敏，1987，經濟學理論與實際 上册，新陸書局股份有限公司
- (9) 陳朝圳，1993，地理資訊系在森林經營管理上之應用——以自然保護區為例，國立中興大學森林學研究所博士論文
- (10) 曾文水庫集水區航測調查研究報告，1993，林務局農林航空測量所叢刊第85號
- (11) Alonso, W. 1964. Location and land use : toward a general theory of land rent. Harvard University Press.
- (12) Hartwick, J and Olewiler, N. 1986. The Economics of Nature Resource Use. New York, Harper & Row press. pp:22-48
- (13) Maddala, G.S. 1983. Limited-dependent and Qualitative variable in Econometrics.Ch.2 Cambridge University Press.
- (14) Pearson, T.D. 1991. Location ! Location ! Location ! What is Location ? The Appraisal Journal. pp:7-20
- (15) Wear, D.N. and Richard Flamm 1993. Public and private forest disturbance regimes in the southern Appalachians. , Natural Resouce Modeling. Vol 7(4):379-397

An Integrated GIS and Econometric Approach to Analyze Slopeland Use : An Application of the Slopeland Development in A-Li Shan Hsiang

Yi - Ting Chen * *Yeong - Kuan Chen* ** *Chin - long Zheng* **

Abstract

The land use of the aboriginal reserve around Shi Juo Village, Chia Yi County had been changed significantly as a result of rapid expansions of tea plantation along A-Li Shan highway. It is the reason that a study of land development in the area is of great interest.

The theory of land rent was employed in this study and the empirical data were generated by applying image classification technique of remote sensing and the spatial analytical capability of GIS. In addition , an econometric approach was used, which has an attempt to use five GIS data(i.e., altitude , slope , aspect , distance from near by trucking road, and distance from CBD) in stead of financial factors of land development.

Key Words :

landuse 、 GIS 、 bit-rent function 、 dichotomous choice model

* Graduate Student / Department of Forestry / National Taiwan University

** Professor / Department of Forestry / National Taiwan University