

利用遙測影像分析太麻里地區山坡地農業變遷 之研究

Using remote sensing to monitor the landuse change of hillside agriculture in Taimali

蘇婉琳 Wan-Lin Su*

王文清 Wen-Ching Wang**

王雪卿 Hsueh-Ching Wang***

摘要

農業是國家發展的根基，臺灣由於山地多平原少，平原耕地不足，再加上人口密度高，在社會與經濟快速發展下，對於山坡地開發的需求逐漸增高。目前山坡地大多為宜林地或宜農牧地交錯，在氣候變遷極端降雨及人為開發利用下，可能產生大小不等的崩塌與土石流災害。本研究利用 SPOT 多光譜衛星影像，藉由監督式分類方法分析 1994、2009、2017 年間，台東太麻里地區土地利用變遷之情形，並輔以 2005 至 2016 年間的歷史災害點位資料，探討山坡地土地開發與災害熱點之關聯。研究結果顯示，不論是 1994 至 2009 年間，亦或是 2009 至 2017 年間，農地面積皆呈現下降的趨勢，但裸露農地與森林地則呈現增加的現象。此外，農地與裸露農地分布的範圍近年來有逐漸往更高的山坡地開墾的趨勢，並呈現破碎化開墾的情形，棲地破碎化的現象更加嚴峻。透過 2009 年與 2017 年災害點位分析結果顯示，水患相關的災害仍以河道兩旁與地勢較低

*中央警察大學防災研究所。

**國立臺東大學資訊管理學系。

***通訊作者 (hcwang@mail.cpu.edu.tw)。

的聚落為主，但坡地災害近年來已逐漸深入山坡地與聚落沿線，在山坡地農地與裸露農地上都已有零星的災情出現。整體而言，透過本研究檢視 1994 至 2017 年山坡地土地利用變遷之情形，有助於瞭解太麻里地區山坡地農業開發與災害位置之變遷。由於山坡地也是潛在的災害熱點區域，政府如何落實山坡地土地利用查定與管理規範，確保山坡地土地資源永續發展，以降低災害風險與損失，是目前重要的課題。

關鍵字：農地、坡地災害、衛星影像、SPOT、土地利用

Abstract

Agriculture plays a strategic role in the process of economic development of a country. More mountains with less plain to cultivate and high population density result in high demands for hillside development in Taiwan. However, these hillside development could increase the vulnerability and be the high risk region of landside under extreme precipitation. This study used supervised classification to monitor long-term landuse change of Taimali in Taitung based on SPOT satellite images in 1994, 2009 and 2017. We also used historical disaster events during 2005-2016 to evaluate the effects of landuse and land cover on disaster. The results showed that the area of agriculture was decreased during 1994-2009 and 2009-2017, while the area of bare agriculture and forest were increased. Compared to the landuse in 1994, the extent of agriculture and bare agriculture in 2009 and 2017 were gradually spreaded into the high-elevated hillside with fragamented landscape, which could enhance the habitat fragmentation of forest. The flood-related disasters were majorly located along the river in 2009 and 2017, but the hillside-related disasters were spreaded into the high-elevated hillside and village. Overall, our study showed that there still has gap between the development and management in the hillside, and how to make the appropriate rules to manage landuse and land cover in the hillside is important for government to reduce vulnerability and matain sustainability.

Keywords: Farmland, Hillside disaster, Satellite image, SPOT, Landuse

壹、前言

漢書·酈食其傳：「王者以民為天，而民以食為天。」，顯示糧食是維持人民生活與穩定最重要的一環，農業也是國家發展的根基。由於農地為不可再生的資源，具有區位性及不可移動性，是影響農業發展有無與好壞的關鍵(廖安定，2008)。台灣是一個平原少，山地多的海島型國家，其中山地與丘陵約為全島總面積三分之二以上，早期因為人口劇增，平原耕地不足，當時山坡地之開發多以自給性糧食作物為主，近年來逐漸轉變為發展外銷作物。後來隨著社會演變與經濟結構改變，對於山坡地農業需求日益增加，導致山坡地開發面積劇增(蔡正壽、姜燁秀，2013)。根據行政院農業委員會水土保持局截至 2016 年 9 月底統計資料顯示，台灣為山坡地保育利用條例所稱之山坡地查定面積現約為 981,345 公頃，約為全台總面積之 27%。

由於目前山坡地大多為宜林地及宜農、牧地交錯，零星分佈結果易造成土地破碎化，以及破壞景觀生態等嚴重問題(王兆文、沈哲緯、林俐玲，2013)。在氣候變遷所帶來的極端降雨，以及人為不當的開發利用下，往往導致大小不等的崩塌與土石流災害。然而吳杰穎、江宜錦(2008)所提及的臺灣天然災害統計指標體系，在評估的指標「脆弱度統計」中，評估面向包括了山坡地違規使用面積比例、土石流崩塌地面積比例、及淹水潛勢區域面積比例等項目。藉此以衡量地區的脆弱空間，並針對脆弱與易受損的項目進行改善，以降低下一次災害來臨時可能造成的災害。由於山坡地的開發是影響區域脆弱性與災害的重要原因，為減緩山坡地不當開發利用所造成的災害，政府依據山坡地土地利用限度分類標準，將山坡地土地進行分類查定，以執行土地使用管制及限制土地開發，成為重要的山坡地農業管理措施(蔡正壽、姜燁秀，2013)。然而，隨著經濟發展與人為開發，山坡地土地的開發是否確實落實，以及近年來山坡地土地利用的變遷情形，都需要進一步調查與瞭解。

在土地利用的分類查定上，使用傳統的測量方式檢視，需耗費相當的時間與人力，而近年來，遙感探測的技術與應用日漸成熟與穩定，其影像資料涵蓋面積廣泛及具有即時性的特性，再加上長期的資料收集，得以運用在具有空間性或時間性的分析上，藉以得知土地利用變遷的過程，目前已大量應用在資源監測與土地利用決策規劃上(Lucas et al., 2007; Liu et al., 2014)。在建立各種環境資料的工具中，遙測在人為開發與農業上的運用也相當廣泛，如利用監督式分類方法，比較農作物生長及收成的分類結果，進一步計算農作物所需水量等(陳

莉、魏曉萍、王泰盛，2004)。SPOT 衛星影像分析鳳山溪開發前、中、後三期的變遷，透過分析生物環境的變遷狀況與生物指標，以達到監測集水區開發的目的(鄭新興、陳文福，1997)；或以 SPOT 衛星影像進行海岸線萃取，以監測海岸及海洋環境保育等研究(陳良健、徐啟崇，1999)。

在全球氣候變遷的影響下，極端降雨事件發生的頻率逐漸增加，其中在颱風所造成的致災降雨事件的比例中，長延時（48、72 小時）的暴雨案件比例呈現明顯增加的趨勢(林昫靜、盧孟明，2010)。因此，瞭解山坡地農地的開發是否導致災害的發生，以及主要災害熱點區域與土地利用情形之關係，將有助於及早進行土地利用管理與規範，以降低災害風險與損失。故本研究將以衛星影像為基礎，以台東太麻里地區為研究樣區，檢視山坡地長期供農業使用之情形，以及土地利用分布與致災區域之關聯，以瞭解現行山坡地農業開發之狀態，供後續政府進行山坡地土地資源永續發展之規劃與參考。

貳、研究方法

一、研究區概述

台灣天然災害統計指標以脆弱度、災害損失與災害管理三個面向進行各縣市的分析，其中台東縣的脆度指數居全國之冠，且災害管理指數不高，凸顯其有較高的災害風險(吳杰穎、江宜錦，2008)。其中太麻里地區由於致力於金針與生薑等農作物的種植，再加上觀光產業開發，使得山坡地開墾情形日益嚴峻，為本研究之研究樣區（圖 1）。太麻里位於台東縣中南端，東臨太平洋，西為中央山脈，與金峰、達仁鄉相接，地形起伏大，山脈直逼海洋，境內山多平原少。太麻里溪由西向東貫穿流入海洋，下游形成沖積扇平原，為主要聚落聚集地。太麻里地區氣候類型以熱帶潤濕氣候為主，年平均溫度為 24.9°C，最冷月份為 1 月，平均溫度 17.4°C，最暖月份為 7 月，平均溫度 32.8°C。年平均降雨量為 2,304 mm，全年降水日數約為 152 日，主要雨季為 5 至 10 月間，以颱風所帶來的豪雨及夏季午後熱對流雨為主。太麻里溪岩層構造以砂岩、粉砂岩、硬頁岩、粘板岩為主(台東縣太麻里鄉公所，2011)。

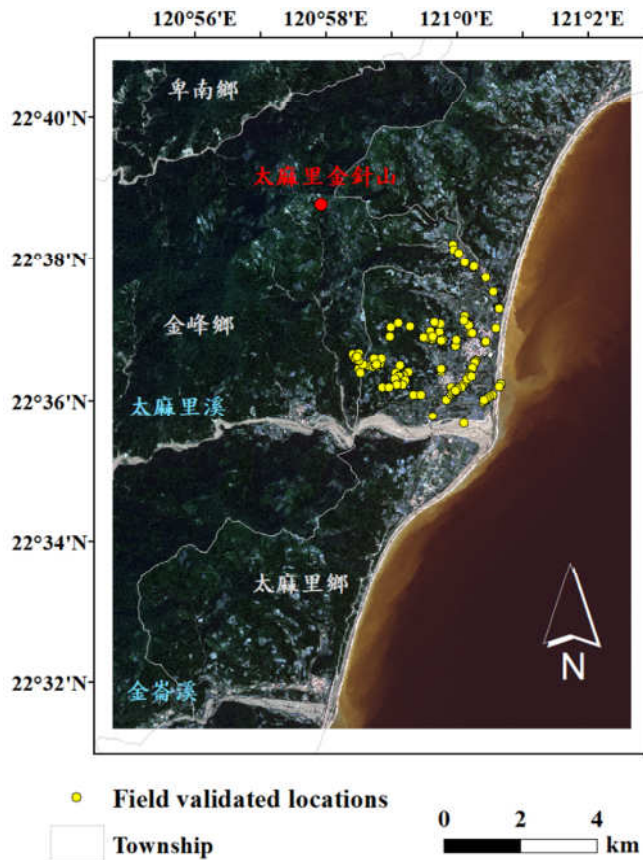


Figure 1. The study area in Taimali based on SPOT satellite image in 2017.

二、研究材料

為探討多時期土地利用變遷情形，本研究使用 SPOT 多光譜衛星影像，SPOT-1 衛星為法國於 1986 年 2 月成功發射的第一顆衛星，陸續發射 SPOT 系列後續衛星，目前發射至 SPOT-7，而 SPOT1-4 已除役。SPOT 衛星影像，以大量且高頻率的供應，是以讓使用衛星影像進行各種監測的使用者，大大提升監測工作的時效性。本研究選取時間以該衛星可提供最早的影像資料為起點，在配合較少雲霧影響的影像，故選取 1994 年 11 月 6 日為最早的影像分析時期。此影像為 SPOT-2 衛星所拍攝，影像光譜解析度為 Green、Red、NIR 三個波段，空間解析度為 20 m，全色態為 10 m。第二期影像則選取在莫拉克風災前夕的衛星影像，以探討兩個時期的變遷與莫拉克風災災點位置之比較。第二期影像

選取時間為 2009 年 5 月 8 日，為 SPOT-5 衛星所拍攝，影像光譜解析度為 Green、Red、NIR、SWIR 四個波段，空間解析度為 10 m，全色態為 2.5m。第三時期的影像以時間較近的衛星影像資料為證，指出已具危害潛勢的區域，但仍持續開發之佐證。影像選取時間為 2017 年 1 月 30 日，此影像由 SPOT-6 衛星所拍攝，影像光譜解析度為 Blue、Green、Red、NIR 四個波段，空間解析度為 6 m，全色態為 1.5m。此三個時期的影像皆利用 Gram-Schmidt Pan Sharpening 影像融合處理，將低解析度的多光譜影像與高解析度的全色態影像進行融合，以獲取較高空間解析度之多光譜影像。

三、研究方法

分類就是將多光譜影像的像素(pixel)逐一作計算與處理，進而轉換成類別(class)值，主要分為監督式分類(supervised classification)與非監督式分類(unsupervised classification)兩種方法。其中監督式分類，是針對研究對象或地區樣本，建立分類標準或分類規則，並依此標準或規則進行影像分類，是一種受控制及監督的影像分類方法；而非監督式分類則不需建立分類標準或規則，直接採用演算法自動將全區影像分類。本研究採用以最大概似法(Maximum Likelihood Classifier)為基準的監督式分類法，假設各分類之特徵值為常態分佈，透過訓練樣區的選取，計算每一類別之平均向量及共變異矩陣，並從已知的訓練樣區各類別之資料中建立高斯分佈模型，再將未知的數值分別套入各類別的高斯分佈模型中，並從中計算出最大的事後機率，將未知的資料分類為該分類別(Lillesand et al., 2015)。在本研究中，將地物分為建物、水體、海洋、沙地、裸露農地、農地、森林等七大類別，由於水體（主要為河川）與海洋兩者的光譜特性有些微差異，在監督式分類中難以被分為同一類，故本研究將其分開來。至於裸露農地為在裸露土壤上種植之農作，如生薑、花生等；農地則為農作覆蓋良好之農田，如果樹、檳榔等。

此外本研究並輔以常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)進行多時期土地利用分類之研究。常態化差異植生指標是偵測綠色植物生長變化最常用之指標(李瑞陽、林士強，2006)。因為植物所含的葉綠素及細胞會對入射的太陽光有特殊的光譜反應，尤其在紅色及近紅外線波段差異表現最為突出，因此分析這兩波段的反射率常可辨別植生的種類及生長狀況，其計算式：

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

因為雲層及雲層陰影所造成判釋上的誤差，有必要先去除雲及其所產生的

陰影所覆蓋的地區，因此本研究利用 NDVI 植生指數，以及結合監督性分類方法，將影像中有雲及陰影分類與定位出來，再從影像中將雲與陰影部分去除，之後再重新進行監督式分類處理。此外為判斷分類結果之正確性，本研究利用內政部國土測繪中心 1993-1995 年第一次國土利用調查與 2006 年第二次國土利用調查資料(內政部國土測繪中心，2017)，驗證 1994 與 2009 年之分類準確性。而 2017 年的分類驗證，則於 2017 年 7 月至台東太麻里地區蒐集 115 個現地樣點，並以此為地真資料評估分類結果之精確性。分類結果再利用變遷偵測方式，以 1994 年 10 m 解析度影像為基礎，分析三個時期影像的土地利用與農業開發情形 (1994-2009、2009-2017、1994-2017)；並輔以台東大學防災科技資訊中心彙整之各鄉鎮 2005-2016 年歷史災害點位資料(台東大學防災科技資訊中心，2017)，藉以探討土地利用開發是否影響災害之發生。

參、結果與討論

一、分類準確度評估

本研究透過監督式分類將地表分為建物、水體、海洋、沙地、裸露農地、農地、森林等七大類別，分別呈現 1994、2009、2017 年三個時期的土地利用分類結果 (圖 2)。在 1994 年與 2009 年分類結果與國土利用調查資料比對上，由於國土利用調查資料中農地涵蓋裸露農地、旱作、稻作、果樹等，無法進行區分，故在驗證比對時本研究將裸露農地與農地合併一類，以配合國土利用調查資料的比對，其整體精確度為 70.08% 與 73.38%，kappa 值為 0.440 與 0.431 (表 1、表 2)。就 2017 年分類結果與現地調查的驗證點比對，整體分類準確度達 79.13%，kappa 值為 0.729 (表 3)。檢視 1994 與 2009 年分類結果顯示，水體是分類準確性最低的一個項目，此誤差主要是由於在國土利用調查資料中，河川是主要的水體，因此不論是河道中的沙地、草地、水體皆被歸類為河川，但在衛星影像分析時，河道中的沙地、草地則被獨立分類出來，水體僅只是河道中有水體分佈的地方，故容易將河道分類錯誤而產生誤差。其次農地與建地分類準確度約六成，檢視其結果發現部分農地被判釋為森林，此可能是因部分果樹與森林的光譜相似，在影像分類上容易造成誤判，進而降低準確性。此外在建地的驗證上，發現部分建物因其光譜特性與裸露農地、沙地相似，不易區分而導致誤判的情形。在檢視 2017 年分類結果發現部分森林也被誤判為農地，此可能也跟前述果樹與森林光譜不易區分的問題相似，容易產生誤判之情形。由於

SPOT 影像最多僅有四個波段，與 Landsat 多光譜影像或其他高光譜影像相比，光譜解析度仍不算高，故在某些光譜特性相近的地物區分上，仍存在挑戰性。

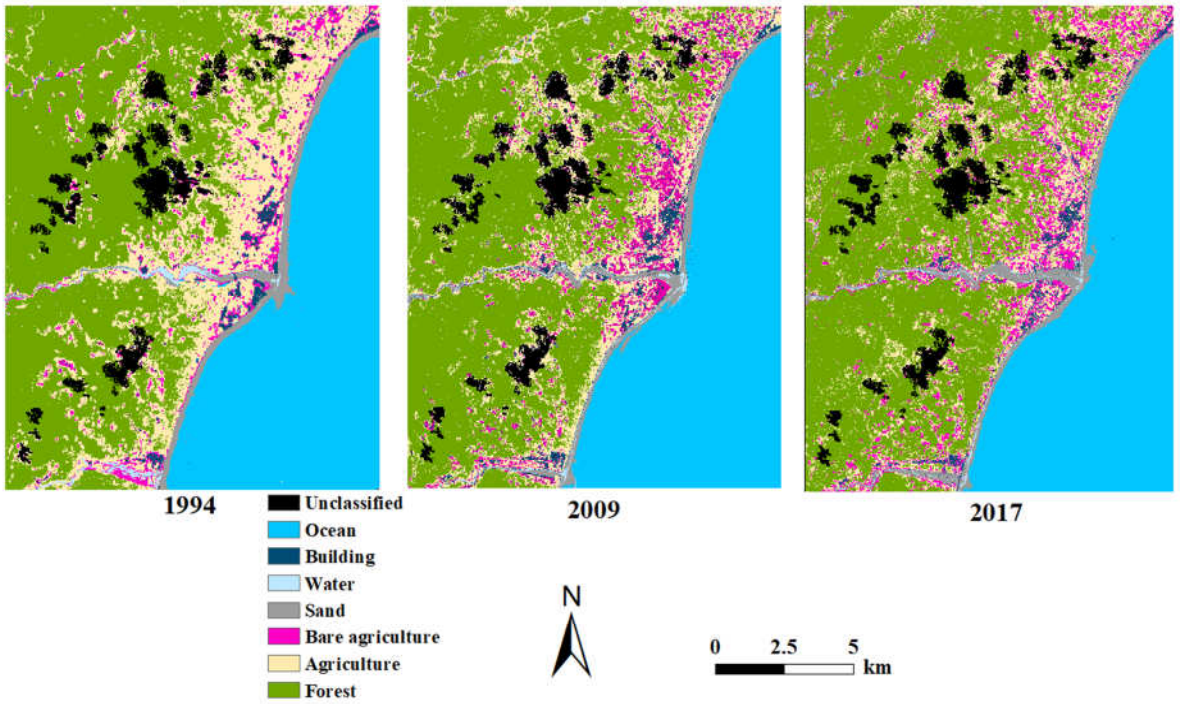


Figure 2. Using maximum likelihood classification to classify the landuse and land cover of 1994, 2009, 2017 images. The unclassified class was the cover of cloud.

Table 1. Confusion matrix of 1994 image for accuracy assessment with unit of thousands pixels using land use classification from first national territory use investigation in 1993-1995.

		Ground Truth					
Class		Sand	Building	Forest	Water	Agriculture	UserAcc.(%)
Classification	Sand	15	1	11	9	3	38.06
	Building	52	12	1	1	7	55.18
	Forest	3	0	696	6	89	87.68
	Water	1	0	1	10	4	61.25
	Agriculture	1	4	157	7	247	59.42
Prod. Acc. (%)		76.97	69.28	73.67	29.32	64.58	
Overall Acc. (%)		70.08					
Kappa		0.440					

Table 2. Confusion matrix of 2009 image for accuracy assessment with unit of thousands pixels using land use classification from second national territory use investigation in 2006.

		Ground Truth					
Class		Sand	Building	Forest	Water	Agriculture	UserAcc. (%)
Classification	Sand	253	19	20	290	16	42.31
	Building	14	283	119	51	202	42.26
	Forest	13	15	14374	52	760	94.48
	Water	46	17	82	97	63	31.81
	Agriculture	53	125	2480	144	2413	46.27
Prod. Acc. (%)		66.27	59.72	78.36	15.09	61.90	

Overall Acc.(%) 73.38
 Kappa 0.431

Table 3. Confusion matrix of 2017 image for accuracy assessment using *in-situ* ground truth data in 2017.

		Ground Truth						Total	User Acc. (%)
		Sand	Buildin g	Forest	Water	Bare agricultur e	Agricult ure		
Classification	Sand	4	1	0	0	1	0	6	66.67
	Building	1	23	0	0	3	1	28	82.14
	Forest	0	0	15	0	0	1	16	93.75
	Water	0	0	0	2	0	0	2	100.00
	Bare agriculture	1	5	1	0	30	0	37	81.08
	Agriculture	0	0	7	0	2	17	26	65.38
	Total	6	29	23	2	36	19	115	
Prod. Acc. (%)	66.67	79.31	65.22	100.00	83.33	89.47			
Overall Acc. (%)	79.13								
Kappa	0.729								

二、土地利用變遷

本研究利用變遷偵測方式分析建物、水體、沙地、裸露農地、農地、森林在三期影像土地利用變遷情形(1994-2009、2009-2017、1994-2017)，以瞭解台東太麻里地區農業開發狀態。分析1994至2009年的土地利用分類結果，發現農業用地呈現下降的情形(-9.38 km²)，而裸露農地(3.79 km²)、森林(2.79 km²)、

建地(2.24 km²)皆呈現增加的趨勢(表 4)。此結果顯示部分農地可能由於種植作物的改變，而被轉作為裸露農地使用，此外部分農地被轉為森林地也是農地面積下降的原因之一。如果針對兩期國土利用調查資料進行變遷偵測，亦可發現農地也呈現下降的趨勢。然而由於 1993-1995 第一次國土利用調查資料在農作物的區分上僅分成稻作、旱田、廢耕地，並未將果樹從旱田中區分出來，故難以進一步比對農地轉為裸露農地是那些作物的改變所致。因此本研究僅能透過與農業委員會水土保持局所提供之 100 年台東縣山坡地土地利用圖進行比對，顯示農業用地與裸露農地主要以旱田、常綠果樹、檳榔等農業種植為主。就森林地而言，自 1994 至 2009 年間，森林地呈現些微增加的趨勢(2.79 km²)，主要為農地轉作為森林地為主，此現象是否是受到廢耕農地轉成為森林地仍需要更多資料進一步分析。透過與 100 年台東縣山坡地土地利用圖的比對，森林地主要以闊葉林、混濁林、雜木林為主。此外建地也是呈現增加的趨勢(2.24 km²)，主要是由農地與裸露農地轉為建地為主。而水體與沙地，因容易受拍攝影像時不同年份溪流水位高低差異影響，而呈現不同的覆蓋範圍，並產生誤差的情形，故本研究不深入討論。

分析 2009 至 2017 年的土地利用分類結果，發現農地依然呈現減少的趨勢(-5.50 km²)，而裸露農地(2.38 km²)與森林地(3.74 km²)則呈現增加的趨勢(表 5)。農地的減少依然是由於農地被轉作為裸露農地與森林地所致，而裸露農地的持續增加也凸顯山坡地水土保持的問題。透過分析台東縣 1992-2016 年耕地面積趨勢(台東縣政府縣政統計資訊網，2017)，顯示台東縣耕地面積確實逐漸下降(圖 3)。由於太麻里鄉與金峰鄉並未公布 2003 年以前的耕地面積統計資料，故在 1994-2003 年間的農地變化，並無法深入探討，僅能呈現 2003-2016 年太麻里鄉與金峰鄉之耕地面積的變化趨勢(台東縣太麻里鄉公所，2017；台東縣金峰鄉公所，2017)，皆顯示耕地面積呈現小幅波動與下降(圖 4)。進一步分析農地分布範圍顯示，由於裸露農地持續增加，在 2009 與 2017 年的分布已漫布至太麻里金針山山頭上，且呈現零星與破碎化的現象(圖 2)。自 2009 至 2017 年間，森林地呈現些微增加的趨勢，主要來自於農地被轉作為森林地所致，分析其變遷位置大多呈現不規則分佈，並未有一致的分佈型態(圖 2)。就建地而言，則是呈現減少的趨勢(-1.53 km²)，主要是由於 2017 年的影像，部分建地被判釋為沙地、裸露農地與農地，此可能是受到建地的光譜與沙地、裸露農地(如旱田)等相似，故在光譜的區分上較難辨識。整體而言，自 1994 至 2017 年間，土地利用變遷情形主要為農地的減少，但裸露農地與森林地呈現增加的趨勢(表 6)，而農地與裸露農地的分佈除了沿海岸台 9 線與河流兩旁的開發外，近年來

更逐漸往更高的山坡地分布，呈現破碎化的現象。

Table 4. Change detection between 1994 and 2009 classified images

		Initial state – 1994 (km ²)					
	Class	Water	Sand	Build	Forest	Agriculture	Bare-agriculture
Final state – 2009 (km ²)	Water	0.26	0.59	0.08	0.32	0.53	0.32
	Sand	0.75	3.93	0.06	0.09	0.27	0.33
	Build	0.15	0.27	1.05	0.42	1.62	1.06
	Forest	0.05	0.08	0.07	80.90	14.36	1.04
	Agriculture	0.34	0.28	0.51	10.48	18.73	3.46
	Bare- agriculture	0.16	0.11	0.56	1.50	7.67	1.94
	Class changes	1.45	1.33	1.28	12.81	24.45	6.21
Image Difference	0.39	0.17	2.24	2.79	-9.38	3.79	

Table 5. Change detection between 2009 and 2017 classified images

		Initial state – 2009 (km ²)					
	Class	Water	Sand	Build	Forest	Agriculture	Bare-agriculture
Final state – 2017 (km ²)	Water	0.24	0.44	0.13	0.09	0.32	0.14
	Sand	0.73	4.29	0.61	0.10	0.71	0.43
	Build	0.13	0.17	1.44	0.11	0.73	0.55
	Forest	0.37	0.08	0.31	85.66	12.82	0.99
	Agriculture	0.38	0.10	1.00	8.70	13.45	5.08
	Bare- griculture	0.25	0.14	1.17	1.83	6.18	4.85
	Class changes	1.86	0.93	3.22	10.83	20.76	7.19
Image iffERENCE	-0.74	1.65	-1.53	3.74	-5.50	2.38	

Table 6. Change detection between 1994 and 2017 classified images

		Initial state – 1994 (km ²)					
Class		Water	Sand	Build	Forest	Agriculture	Bare-agriculture
Final state – 2017 (km ²)	Water	0.18	0.44	0.03	0.12	0.39	0.19
	Sand	1.02	4.02	0.21	0.13	0.94	0.73
	Build	0.07	0.20	0.85	0.12	0.99	0.82
	Forest	0.10	0.11	0.08	81.07	17.11	1.34
	Agriculture	0.17	0.24	0.52	9.45	15.26	2.81
	Bare- agriculture	0.17	0.18	0.65	2.54	8.45	2.24
	Class changes	1.53	1.17	1.49	12.36	27.88	5.89
Image Difference	-0.36	1.86	0.71	6.38	-14.69	6.10	

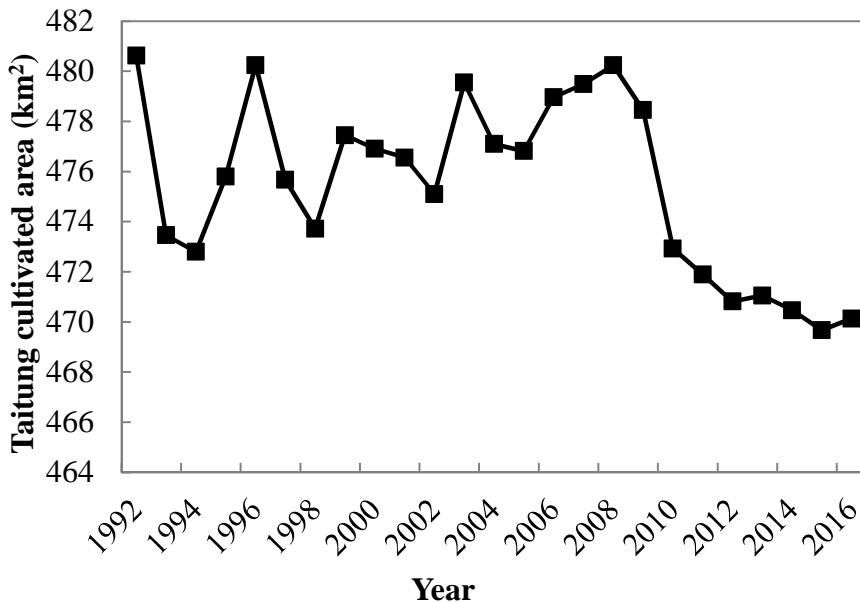


Figure 3. The temporal patterns of cultivated area during 1992-2016 in Taitung county.

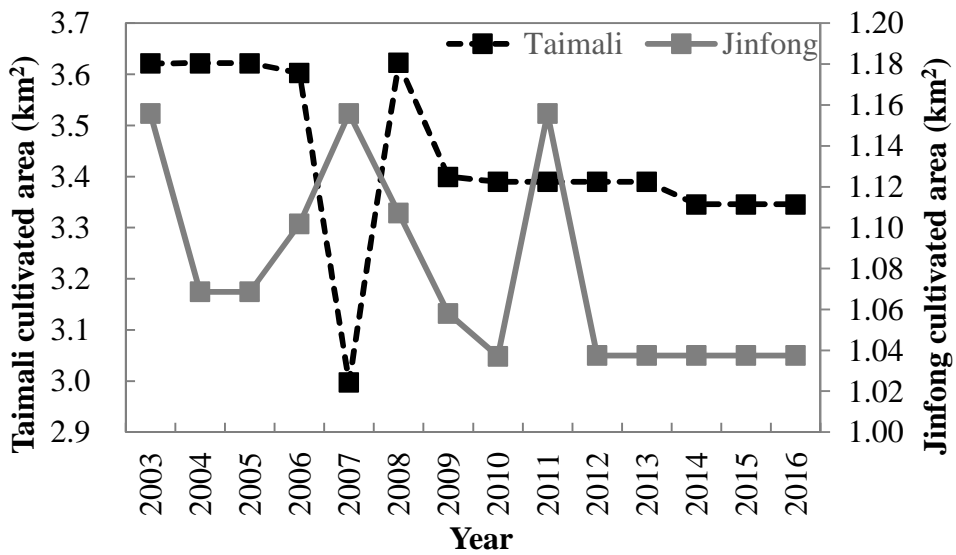


Figure 4. The temporal patterns of cultivated area during 2003-2016 in Taimali and Jinfong townships.

三、災害點位分析

近年來，由於人為的開發與極端氣候事件頻繁，使得災害所引發的人命傷亡與經濟損失逐漸受到重視，而災害的發生地點的監控，成為事前減災策略重要的一環，故本研究透過災害點位與土地利用類型比對，分析發生災害的主要落點特徵。在 2005-2016 年災害事件中，災害來源為颱風暴雨所導致的災害，主要以土石坍方（75 件）、堤岸受損（53 件）、水災（37 件）、道路橋樑設施（28 件）、土石流（17 件）、水圳受損（4 件）、排水系統受損（4 件）、堰塞湖（1 件）等災害類型為主。由於未能取得 2005 年之前的災害點位資料，僅能呈現 2005 至 2008 年間的災害點位資料，然災害點位分布與 1994 年土地利用情形關連較小，但仍可看出災害主要之發生位置。此四年間主要災害落點大多位於河道兩旁的農地、沙地上（圖 5），致災原因為颱風所帶來的暴雨，導致土石流、水災、以及道路、橋樑、堤岸受損。進一步分析 2009 年莫拉克風災所帶來的災害與 2009 年土地利用圖比較，發現災害分布位置相當廣泛，水患相關的災害主要沿河道兩旁分布，而位於河道附近地勢較低的太麻里鄉聚落也是主要水患災情來源。但就坡地災害而言，除河道兩旁外，在更深入的農地、裸露農地與山坡地上，亦有零星的災情分布。由於莫拉克風災是相當重大的災害，所造成的災害點位高達 99 個，且災害範圍相當廣泛，分析致災原因主要為土石流、土石

坍塌、水災、坡地災害、橋樑、道路、鐵道、排水系統受損等。在 2010 至 2016 年災害點位資料與 2017 年土地利用圖比對，發現除了河道兩旁外，水患相關的災情也在北邊的兩個聚落出現，而坡地災害的發生位置更是深入至山坡地與聚落沿線的農地與裸露農地上，顯示災害所發生的位置已逐漸擴大至過去較少發生災害的地方。分析致災原因發現颱風暴雨仍然是災害的致災來源，容易產生土石流、水災、道路、橋樑受損等災害。

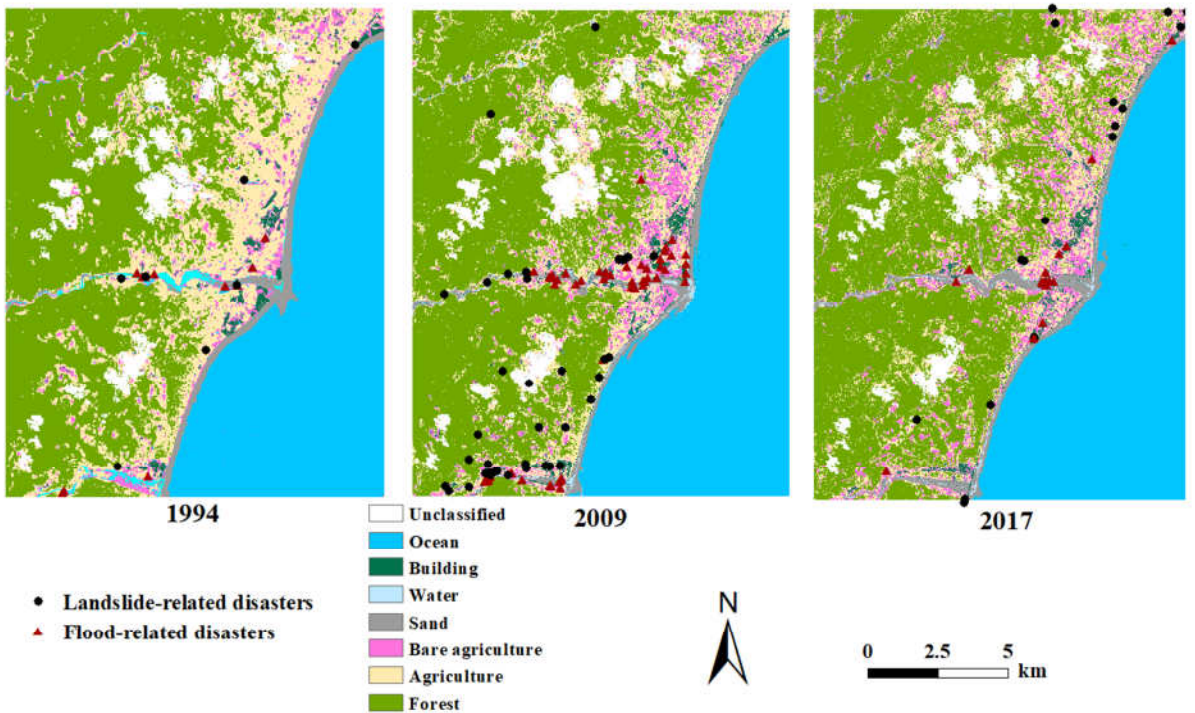


Figure 5. The classified images with disaster location in 1994 (disaster period: 2005-2008), 2009 (disaster period: 2009) and 2017 (disaster period: 2010-2016).

肆、結論

透過 1994 至 2017 土地利用變遷分析，發現太麻里地區二十幾年來農地面積逐漸下降，但裸露農地的面積卻逐漸上升，且開墾地區逐漸往更山區的山坡地蔓延，呈現破碎化的現象，可能導致森林與動物棲息地破碎化。部分農地面積的下降也反應在森林地的增加上，此現象是受到廢耕農地轉為森林地影響，或是果樹與森林地的誤判，仍需要進一步研究。此外結合災害點位圖顯示，水患為主的災害主要位於河道兩旁以及河道附近的聚落；坡地災害除了在河道兩

旁外，在山坡地的災情亦有增加的趨勢，且呈現零星分布的情形。雖然山坡地農業開墾與災害發生位置之關係，仍須更多分析資料加以佐證，但此也凸顯山坡地的開發，如果未經適當的管理，可能成為潛在的災害區域。由於現行山坡地實際供農業使用之情形，與政府土地使用管制確實存在差異，政府對於限制土地使用之情形成效不彰。如以過去罹災經驗而言，未來該縣市政府應挹注更多資源於該區，並擬定妥善的山坡地開發規範與管理措施。為利於政府治山防災工作，建議落實山坡地查定工作，確保山坡地土地資源永續發展，以降低災害損失。

參考文獻

- Lillesand T., Kiefer, R. W., Chipman, J. (2015) *Remote sensing and image interpretation*. Wiley, 7th edition.
- Liu, J., Kuang, W., Zhang, Z., Xu, X., Qin, Y., Ning, J., . . . Chi, W. (2014) Spatiotemporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since the late 1980s, *Journal of Geographical Sciences*, 24(2), 195-210.
- Lucas, R., Rowlands, A., Brown, A., Key worth, S, & Bunting, P (2007) Rule-based classification of multi-temporal satellite imagery for habitat and agricultural land cover mapping. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(3), 165-185.
- 王兆文、沈哲緯、林俐玲 (2013) 以國土保育觀點探討坡地利用合理性，*農業工程學報*，59(1)：67-76。
- 內政部國土測繪中心 (2017) 國土利用調查成果資訊專區，取自於 http://lui.nlsc.gov.tw/Home/Content_Home.aspx。
- 台東大學防災科技資訊中心 (2017) 災害潛勢資訊，取自於 <http://dsrc.nttu.edu.tw/index.php/2014-04-07-08-08-18/%E6%AA%94%E6%A1%88%E4%B8%8B%E8%BC%89>。
- 台東縣太麻里鄉公所 (2011) 臺東縣太麻里鄉地區災害防救計畫，取自於 http://dsrc.nttu.edu.tw/town_map_project/tmlt.html。
- 台東縣太麻里鄉公所 (2017) 臺東縣太麻里鄉公所 105 年統計年報，取自於 http://www.taimali.gov.tw/index_law.php?news_no=1646。
- 台東縣金峰鄉公所 (2017) 臺東縣金峰鄉公所 105 年統計年報，取自於 http://www.tjfn.gov.tw/News_Detail.aspx?ID=2e0ae979-4d29-49f8-853c-8ca3fcdade89&ID=2e0ae979-4d29-49f8-853c-8ca3fcdade89。
- 台東縣政府縣政統計資訊網 (2017) 106 年統計年報，取自於 <http://www.taitung.gov.tw/statistics/News7.aspx?n=D6923023CD508744&sms=25C5947ECD01B1AF&SubCategoryName=FCAF5BCE8F31E51E8CBC35CB4F457E09>。
- 吳杰穎、江宜錦 (2008) 臺灣天然災害統計指標體系建構與分析，*地理學報*，51：65-84。
- 李瑞陽、林士強 (2006) 利用空間技術與景觀生態指數分析墾丁國家公園土地

- 覆蓋變遷影響之研究，國立臺灣大學理學院地理學系地理學報，46：31-48。
- 林昀靜、盧孟明（2010），近五十年極端降雨之分析，2010 台北災害管理研討會論文集，3-4。
- 陳良健、徐啟崇（1999）多波段影像特徵分析於灘線萃取之研究，航測及遙測學刊，4(3)：17-30。
- 陳莉、魏曉萍、王泰盛（2004）監督式分類方法於遙測影像判釋之研究，農業工程學報，50(3)：59-70。
- 廖安定（2008）台灣農地改革政策的回顧與展望，農政與農情，193，取自於 <http://www.coa.gov.tw/ws.php?id=17819>。
- 蔡正壽、姜燁秀（2013）山坡地農業的一把尺—查定，農政與農情，252。取自於 <http://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2447709>。
- 鄭新興、陳文福（1997）遙測與 GIS 應用於集水區大型坡地開發之變遷分析，水土保持學報，29(1)：41-59。