



本計畫執行機關識別碼：070304S200

## 行政院農業委員會水土保持局補助研究期末暨成果 效益報告

計畫主管機關 行政院農業委員會水土保持局

計畫執行機關 逢甲大學

計畫名稱 人工智慧技術於坡地社區自主防災可行性研究-以崩塌災害為例 (第1年/全程1年)

審議編號 1102101011705-070304S2

農委會  
計畫編號

110農科-7.3.4-保-S2



# 110年度行政院農業委員會水土保持局科技計畫期末暨成果 效益報告

## 人工智慧技術於坡地社區自主防災可行性研究-以崩塌災害 為例

### 一、基本資訊

計畫名稱：人工智慧技術於坡地社區自主防災可行性研究-以崩塌災害為例	
計畫編號：110農科-7.3.4-保-S2	
主管機關：行政院農業委員會水土保持局	執行機關：逢甲大學
計畫主持人：李秉乾	電話：0936579520
期程： 全 程：自 110年1月1日 至 110年12月31日 本年度：自 110年1月1日 至 110年12月31日	
經費：全程：1,180 仟元；本年度：1,180 仟元	
報告頁數：170；使用語言：中文 全文處理方式：可立即對外提供參考	

### 二、執行成果中文摘要

本團隊近期在農委會水土保持局(以下簡稱水保局)相關計畫中，針對陳有蘭溪、旗山溪、荖濃溪集水區等示範區進行相關資料蒐集彙整，透過人工智慧類神經網路建立的崩塌潛勢評估模式，針對不同類型之坡面導出不同雨量觸發因子(最大小時降雨和總有效累積雨量)及崩塌地文因子(地質、坡度、坡向、河道遠近、植生、歷史崩塌)之崩塌潛勢評估模型，並與降雨危害曲線整合為一套崩塌風險警戒機制模式。

本計畫今年將以擴增各年度衛星判釋全島崩塌地圖萃取各年度間新增之崩塌地圖以及蒐集對應年度之颱風豪雨事件雨量組體資料進行崩塌關聯資料庫為主要目標，並探索及挖掘雨量時機點與實際發生崩塌之不確定性，透過更多時序的雨量特徵提取與過去年度崩塌進行關聯性模型訓練，使崩塌潛勢評估模型之準確性提高，進而提供更加精準之崩塌潛勢資訊，經過上述的人工智慧技術於崩塌潛勢評估模式精進後，後續亦將持續整合降雨危害曲線於本計畫過去所發展之崩塌風險警戒機制模式，同樣透過崩塌風險的三項因子(危害度、易損性以及暴露量)整合於崩塌風險警戒管理模式，其可有效掌握到個別因子的影響性，即降雨時序特徵對地面環境的影響性(危害度)、地面環境對於降雨的承受能力(易損性)以及保全對象所在的位置(暴露度)，因此為了能夠有效地應用於災害應變管理，對於設定各指標之警戒門檻則亦是本計畫今年度之研究目標，然過去在崩塌警戒管理上中本計畫僅透過歷史速報資料之最小機率作為最小致災門檻曲線，而其對於無速報資料之行政區無法有效之訂定警戒值，且因近年來受極端氣候常態化影響其不確定性增加，作為減災策略擬定之依據尚有許多不足之處；因此，對於本計畫後續針對多年度的崩塌雨量資料





擴增，將嘗試利用 AI技術的機器學習演運算，透過大數據崩塌雨量數據對警戒管理內容進行警戒值訂定模型之建置，並持續收蒐集崩塌事件進行模式驗證，以作為崩塌災害警戒值之訂定及管理應用之依據，有效達到協助防災應變決策之全面性以及提升國內坡地崩塌量化分析、警戒與風險評估之研究發展。

另一方面，在崩塌風險警戒機制模式建立之後，必須能結合到實際防災應變的業務操作，因此在模式中的預警條件就顯得相對重要，為顧及高風險社區及行政區管理二方面的需求，崩塌預警模式要能夠協助以行政區範圍發佈預警，又能針對高風險社區等小區域提供崩塌風險評估，因此必需能整合各項條件，提供不同尺度的崩塌警戒資訊並將崩塌災害警戒管理落實於自主防災之主要目的，所以本計畫將進行自主防災崩塌警戒發布管理流程並坡地崩塌評估模式於社區自主災害警戒應用，並建立坡地災害警戒資訊通報系統雛形，搭配規劃相關應用推播功能，如避難路線及崩塌風險地圖等適地性崩塌警戒資訊，進而達社區自主避災、防災及減災的目標。

### 三、執行成果英文摘要

The research team have developed a system for Soil and Water Conservation Bureau (SWCB) about the subjects of landslide potential evaluation and landslide disaster warning model. The model was built based on the data from watersheds of Chen-Yo-Lan River, Qishan River, and Laonong River. The methods of artificial intelligent (AI) was used in the model to describe the influence of triggering factors of rainfall intensity and accumulation, as well as the environmental factors of geology, slope, aspect, distance to stream channel, vegetation, and historical landslides.

The program this year will be to expand the satellite interpretation images of each year's landslide map, and to collect the corresponding rainfall data of typhoons and heavy rainfalls in each year. The database will be used for exploring the correlation of landslide and environmental changes. Uncertainty about the timing of rainfall and actual landslide will be included in the model training. Through more time-series rainfall features in training, the model will be expected to be more accurate about the potential evaluation of landslide. After the above-mentioned artificial intelligence technology, the model is improved and integrated with previous fragility-curve model. The landslide risk, therefore, will be determined by considering hazard, vulnerability, and exposure factors in the model. The proposed model will be able to effectively capture the characteristics of landslide in terms of environmental susceptibility, withstand capability (fragility), and the object (exposure) to





be protected. Therefore, in order to be effectively applied to disaster contingency management, setting the alert thresholds of various indicators is also the research goal of this plan this year. However, in the past, in regard to landslide alert management, the model only used the historical event notices to determine the minimum hazard threshold curve, and it cannot effectively set a warning value for regions without event notices. The uncertainty of landslide occurrence has increased due to the impact of extreme weather in recent years. There are still many deficiencies as a basis for the development of disaster reduction strategies. Therefore, an attempt will be made to use AI technology of machine learning algorithms to build a warning value model for landslide alert management. The proposed model and evaluation procedures will be effectively achieve the comprehensiveness of disaster prevention and response, and improve the understanding of landslide risk assessment. On the other hand, the model should be implemented into practical disaster response. The early warnings in the model are relatively important. To consider the needs of high-risk communities and administrative district management, the landslide evaluation model must be able to assist in issuing early warnings within the administrative area, and provide landslide risk assessment for small areas such as high-risk communities. Therefore, the model must be able to provide warnings to different area scales, and implement the disaster management in the independent disaster prevention plan. The main purpose of this plan is to carry out the management process of independent disaster prevention, and implement the landslide evaluation model in community independent disaster warning plan. Furthermore, this project will establish the prototype of landslide disaster warning system, with push notification, such as evacuation routes, risk maps, etc., to achieve the goal of independent disaster prevention and mitigation in the community.

#### 四、中英文關鍵詞

自主防災；disaster-resistant community；警戒管理；early warning model；崩塌；landslide；坡面單元；slope unit

#### 五、計畫目標

- (一) 坡地崩塌因子資料庫擴增及更新：針對崩塌潛勢因子進行檢討，並針對陳有蘭溪、旗山溪、荖濃溪集水區範圍擴增各年度崩塌地圖、各年度颱風還雨事件雨量資料、各年度汛期前之植生因子以及持續擴增最新的環境資料、雨量資料與速報資料。





- (二) 坡地崩塌潛勢評估模式誘發因子檢討與更新：新增崩塌之颱風豪雨事件中兩場之多時序特徵提取以及多元地文特徵提取並檢討與更新。
- (三) 崩塌潛勢評估模型精進：本計畫旨在藉由空間資料搭配序列颱風挾帶豪雨導致的已知崩塌事件和範圍，以不確定型和優化型的空間資料探勘技術萃取崩塌潛勢條件，進行風險預警應變之應用，後續將持續透過構建更複雜的深度網絡，並嘗試延伸之圖像深度學習，在能夠在獲取到新的資料後再次調整自身參數，以保持良好的推估模式及精準度，並透過歷年崩塌關聯性資料庫，透過科學統計分析之概念，建立適用於不同警戒階段之決策標準值，以提供後續崩塌自主防災管理模式中決策參考之應用。
- (四) 建立崩塌災害自主防災管理機制：各村里之先天環境條件不盡相同，自主防災社區推動後的成效也不盡相同，為使各層級主管機關後續推動能有系統化的策略，需有耐災能力分級資料做為參考。本計畫認為應該盤點普查轄內土石流災害潛勢村里現況並整合本團隊在崩塌潛勢評估之結果，對高風險潛勢之社區進行耐災能力評估，建立崩塌自主防災管理機制。
- (五) 自主防災推播系統雛形開發：為了能夠使崩塌災害自主防災管理機制能夠有效運行，並且期能夠提高民眾主動配合與事前疏散的意願，透過自主防災推播系統雛形以及試辦，以作為自主防災計畫可行性之驗證依據，並作為地方政府第一線之防災作業人員進行相關應變措施(如指引民眾疏散避難、封路、封橋等作業)時之決策支援系統的基礎。

## 六、主要內容

### 坡地崩塌因子資料庫擴增及更新：

- (一) 根據本計畫前期發展之崩塌潛勢評估模型，針對現地環境條件和植生現況等變動因子，定期更新至最新環境資料，並根據2020年最新的環境資料及災情速報資料，更新前期計畫規劃之聚落管理單元的崩塌警戒值。
- (二) 對歷史雨量資料庫依新年度持續更新，以反應近年環境變化，並更新歷史降雨等比率曲線以及降雨危害警戒值。
- (三) 坡地崩塌因子檢討與更新：透過擴增多元崩塌潛勢因子(潛因+誘因)，進而檢討各因子與崩塌之關聯性分析，以提升模式適用於廣域空間之異質性。

### 崩塌潛勢評估模型精進：

- (一) 本團隊計畫前期將集水區內的坡面災害問題簡化成48條曲線的概念，其後再針對這48類易損性曲線使用最大似然估計法進行對數常態分佈機率模式雙參數之問題求解，然傳統方式所求解之結果仍有不能表達全域最佳解與集水區地形特徵差異極大之問題，其所衍生出來之問題是崩塌精準度可能仍然不夠理想，因為個別坡單元內崩塌情況之差異性不容易從現有模式中被表達出來。另外一方面，這樣模式的樣本採樣，又受限於事件規模的稀少性與昂貴性，導致無法針對研究區進行二十至三十年所有崩塌災害事件的事件目錄建置，這又會導致分析出來的模式有其限用性，因此一些新的方法應該被提出來改善此一缺點。
- (二) 由於面對的問題可能是模式因子關聯性檢討以及分析模式能夠處理未來不同規模的降雨強度的能力，再加上環境本身也有自癒能力，這會形成一個非常複雜機理之問題，而過去本計畫針對崩塌關聯資料庫進行崩塌潛勢評估的建





模，在驗證階段發現，每一個事件都有許多被歸為高潛勢的地點，實際上並未有山崩發生的情形。就統計學的觀點而言，這是一種誤判。但就區位及實際地形與地質情形來看，這一些被歸為高潛勢而未發生山崩的地點與已發生山崩的地點，是具有空間上的關聯性及地形與地質的相似性的，這使的難以評估出潛勢評估模型中的位移變化，並且忽略了其他的潛在威脅，每個坡面單元與其周邊連結的單元屬性亦是可能影響崩塌的因子，因此本計畫將嘗試建立各坡面單元之空間連結因子，並根據「整體的」資訊(即整個坡面單元間之相關連結)去建立崩塌評估模型，而非根據局部且獨立的坡面單元資訊去建立崩塌評估模型。

- (三) 本年度計畫將透過持續擴增之崩塌事件關聯資料庫，同時檢討降雨規模、雨量時序特徵等相關誘發因子與崩塌地的關聯性，並投入各坡面單元之空間連結因子以及圖像深度學習演算模型進行崩塌潛勢評估模型之精進，其設計目的乃是探索全域變動因子對於坡地崩塌災害的影響性，並透過機率模型建立與歷年事件之實測驗證，進行警戒訂定之問題研究，進而透過科學統計分析之概念建立一套全國可用的崩塌災害防災預警與警戒模式。
- (四) 本計畫旨在運用空間資料與歷史崩塌範圍萃取坡地崩塌知識，因此採用監督式學習，並嘗試聯想式學習及最佳化應用降低不確定性影響，希冀建立較具代表性的預測模型。

#### **建立崩塌災害自主防災管理模式：**

- (一) 本計畫將崩塌災害警戒管理落實於自主防災為主要目的，將進行自主防災崩塌警戒發布管理流程設計並嘗試落實坡地崩塌評估模式於社區自主災害警戒應用於一至兩處之高風險潛勢社區，規劃相關避難路線及崩塌風險地圖等，進而達社區自主避災、防災及減災的目標，並藉由調查地方政府及災害潛勢區內民眾的疏散決策因子，試找出自主防災在進行疏散決策時之需求，並提出崩塌災害警戒及疏散決策支援系統應具有那些特性與功能，以利於後續自主防災推播系統之雛型開發，結合本計畫發展之風險警戒發布機制，以作為社區自主防災之驗證基礎以及開發自主防災崩塌系統之設計參考。
- (二) 根據崩塌潛勢分析模型評估出精確的災害影響範圍，就能對災害可能的損失、受影響的程度做較準確的決策依據，也能針對疏散避難的地點、路線的規劃，做有效的安排。可先針對國內外既有的評估方式，選擇歷史案例進行驗證及修正調整，或以數值模式的分析，累積案例分析的經驗，將山坡地社區防災層級由鄉鎮、村里精度提升至局部邊坡精度，歸納出崩塌災害自主防災之管理模式。

#### **自主防災推播系統雛形開發：**

- (一) 由於大部份的研究通常僅專注於警戒模式之建立，並未考量警戒發布機制及實際運作時可能遭遇的複雜情境，因此這些研究往往無法落實到實際應用面。亦即，所有的預測結果及預警資料，必須先轉換為適當的警戒訊息，並以合宜的途徑傳送至保全對象(Thiebes, 2012)。Kunz-Plapp(2008)指出，警戒訊息應該具有值得信賴、清楚明確、依族群屬性採取不同傳遞管道與內容，以及包含應採取何種保護措施的明確指示。
- (二) 本計畫將整合開源軟體、透過監測數據、資料傳輸、雲端運算功能，建置示範社區邊坡即時警戒監測與大數據分析平台之雛形，即時掌握邊坡風險警示狀況，提供系統化、科學化的防災管理資訊，建構山坡地社區邊坡崩塌自主





防災推播系統雛形，以提前因應可能發生之災害，協助民眾自主避難警戒操作參考，並篩選自主防災示範山坡地社區，並以高風險社區內之坡面單元作為警戒推播系統推播應用之示範場域，透過此場域降雨監測成果達成邊坡即時監測及警示，提高智慧自主防災操作至社區局部邊坡尺度。

## 七、計畫執行情形

### (一) 進度比較

	預定進度%	實際進度%	比較%
當年	100.00	100.00	0.00
全程	100.00	100.00	0.00

### (二) 資源使用情形

#### 1. 經費支用

	預定經費(仟元)	實際經費(仟元)	支用率%
當年	1,180	1,180	100.00
全程	1,180	1,180	100.00

#### 2. 經費明細

單位：千元

	110年度				執行率(%) (d/a)	111年度 預算數	112年度 申請數	備註
	預算數 (a)	初編決算數						
		實支數 (b)	保留數 (c)	合計 (d=b+c)				
總計	1,180.00	1,180.00	0.00	1,180.00	100			
一、經常門小計	1,180.00	1,180.00	0.00	1,180.00	100			
(1)人事費	724.58	724.58	0.00	724.58	100			
(2)材料費	158.54	158.54	0.00	158.54	100			
(3)其他經常支出	296.88	296.88	0.00	296.88	100			
二、資本門小計	0.00	0.00	0.00	0.00	0			
(1)土地建築	0.00	0.00	0.00	0.00	0			
(2)儀器設備	0.00	0.00	0.00	0.00	0			
(3)其他資本支出	0.00	0.00	0.00	0.00	0			





與原計畫規劃差異說明：

3. 人力

姓名	計畫職級	投入人月數及工作重點	學、經歷及專長	
			學歷	經歷
李秉乾	研究員級	(4.0) 工作進度管考、計畫構想	學歷	博士
			經歷	主持坡地易損性計畫以及參與現地資料蒐集暨觀測站維護管理及設備建置計畫等
			專長	土木水利工程類
雷祖強	研究員級	(3.0) 工作進度管考、計畫構想	學歷	博士
			經歷	參與坡地崩塌潛勢評估研究計畫、UAV、航遙測資訊與多尺度空間資訊轉換分類模式強化水稻田面積及產量調查技術研究等計畫
			專長	環境科學
王欣萍	助理研究員級	(4.0) 資料處理分析、成果分析、檢核與報告撰寫	學歷	碩士
			經歷	參與坡地崩塌潛勢評估研究計畫、UAV、航遙測資訊與多尺度空間資訊轉換分類模式強化水稻田面積及產量調查技術研究等計畫
			專長	環境科學
謝孟勳	副研究員級	(3.0) 工作進度管考、計畫構想	學歷	博士
			經歷	參與坡地崩塌潛勢評估研究計畫
			專長	土木水利工程類
黃亦敏	副研究員級	(3.0) 工作進度管考、計畫構想	學歷	博士
			經歷	參與坡地崩塌潛勢評估研究計畫
			專長	土木水利工程類
沈育璋	研究助理級	(3.0) 資料處理分析	學歷	碩士班研究生
			經歷	參與坡地崩塌潛勢評估研究計畫
			專長	環境科學
呂紹焯	研究助理級	(3.0) 資料處理分析	學歷	碩士班研究生
			經歷	參與坡地崩塌潛勢評估研究計畫
			專長	土木水利工程類

與原計畫規劃差異說明：

(三) 期末評核標準達成情形：

序號	期末評核標準	是否已達成	辦理情形
1	完成崩塌潛勢評估模型之建立及驗證	是	已完成針對研究區內陳有蘭溪集水區、荖濃溪集水區、旗山溪集水區之崩塌事件資料庫擴增以取得更多事件之逐時降雨以及降雨引致崩塌之敏感門檻假設樣本，而以擴增後之崩塌事件資料庫進行時序深度學習技術(RNN-LSTM)之模式訓練，並以105-106年度間之驗證資料進行驗證，取得整體精度84.89%之表現，以達到探索全域降雨逐時之變動因子(雨量驅動因子: $I_i, R_i$ )對於坡地崩塌災害的影響性。





2	完成南部15處重點聚落危害度(Hc)以及易損性(Fc)警戒值訂定	是	於各年度透過雨量資料庫的擴增更新以及現況植生更新後，並已完成南部集水區之15處具崩塌潛勢重點聚落進行降雨危害度最小致災警戒值(HC)以及崩塌潛勢最小致災警戒值(FC)訂定
3	完成自主防災推播系統雛形開發	是	本計畫嘗試介接土石流防災應變系統(FEMA)雨量資訊於崩塌警戒展示模組中，已完成相關程式碼開發及試作介接雛型設計，規劃後續可即時接收中央氣象局雨量資料。崩塌警戒展示模組為線上操作環境，可以24小時不間斷運作，未來當颱風、豪雨來襲時，可立即呈現各行政區崩塌紅黃警戒狀態。
4	完成上開3項以外之計畫工作項目亦須全部完成	是	上開3項以外之計畫工作項目已全部完成

## 八、計畫已獲得之主要成就與量化成果(output)

【表一】初級產出、效益及重大突破

績效指標構面：試驗研究產出構面

共通性指標項目	細項指標	預估量化值	實際量化值	效益說明	重大突破
學術著作發表	國內期刊論文	1篇	1篇	研究成果獲國內外期刊的肯定	
	國內研討會論文	1篇	1篇	積極參與國內外研討會發表論文	
	研究報告	1本	1本	本計畫透過以自然災害(降雨)引致崩塌為問題的切入角度，在整合危害度(Hazard)、易損性(Vulnerability)以及暴露量(Exposure)三項因子後作為坡地崩塌風險問題表述的核心項目，進而發展出一套適合國內崩塌風險機率推估的評估方法，並將相關研究流程以及成果內容撰寫[人工智慧技術於坡地社區自主防災可行性研究-以崩塌災害為例]成果報告書供局處參考。	計畫已完成針對研究區內陳有蘭溪集水區、荖濃溪集水區、旗山溪集水區之崩塌事件資料庫擴增以取得更多事件雨場之逐時降雨以及降雨引致崩塌之敏感門檻假設樣本，而以擴增後之崩塌事件資料庫進行時序深度學習技術(RNN-LSTM)之模式訓練，進而探索全域降雨逐時之變動因子(雨量驅動因子: $I_i, R_i$ )對於坡地崩塌災害的影響性。
國內外合作研發與人才培育	研發人才培育數(博士)	0人	0人		
	研發人才培育數(碩士)	0人	1人	已培育1名坡地防災及土砂監測研究碩士生並已相關議題完成碩士論文「多時序性特徵因子於崩塌預測模型之影響」	
	研發人才培育數	2人	1人	本計畫於計畫執行期間進行共2位之碩士級研究生以及碩士級專任助理之培育，而計畫參與之學生並根據計畫參與以及議題發想進行更多的以本案為基礎之延伸研究，同時將相關研究成果撰寫為碩士論文進行相關之發表	

論文學術期刊論文(國內、外)						
國內/國外	文章名稱	期刊名稱	出版年月	作者	ISSN	是否為SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI





國內	The Effect of Temporal Characteristics on Developing a Practical Rainfall-Induced Landslide Potential Evaluation Model using Random Forest Method	remote sensing	110年	Yi-Min Huang、Shao-Wei Lu	是
研討會論文(國內、外)					
國內/國外	文章名稱	研討會名稱	研討會年月	報告方式	
國內	利用多元時空大數據特徵因子於廣域崩塌發生可能性之探索研究	2021 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會	110年10月	書面張貼	

學位(碩士/博士)	姓名	專長	學校系所
研發人才			
碩士	呂紹煒		

研究報告					
國內/國外	專著/書籍名稱	出版機關名稱	出版年月	作者	授權金(千元)
國內	人工智慧技術於坡地社區自主防災可行性研究-以崩塌災害為例	行政院農業委員會水土保持局	110年11月		

## 九、主要成果之價值與貢獻度

### (一)、學術成就(科技基礎研究)

- 本計畫嘗試視集水區之坡面單元組成為一圖像，而圖像定義為結點(Node)以及邊線(edge)所組成，透過連接所有實證集水區內之坡面單元，以建構一個完整之圖像，其中每個坡面單為及為該圖上之一個節點，並且每個不同的坡面單元通過單一之邊線相連，因此本計畫將考慮整個集水區中之坡面單元之間的空間關聯性，以及增加各節點間之空間異質性，更能明確之捕捉可能發生崩塌之環境特徵。
- 本計畫解決崩塌之時間相關(次序相關)問題，就是當下的答案(崩塌事件新增)會受過去的答案(過去降雨歷程)影響，這個影響是降雨歷程規模的變化情形，而且這種變化模式也會影響未來的答案的一種情況。因此，本計畫透過萃取更多事件之逐時降雨之坡面單元空間向量化、坡面空間關聯特徵以及降雨引致崩塌之敏感門檻假設樣本，於模型中考慮各事件之逐時降雨以及當下之降雨特徵資訊做為變數輸入，並使用遞迴神經網路(Recurrent Neural Network, RNN)以及長短期記憶模型(Long Short-Term Memory, LSTM)模擬多特徵綜合下之生成結果，以產生具有時序特徵之崩塌潛勢評估模型。
- 在模式建立後，將目標判釋年度為105年度至106年度之資料庫進行崩塌潛勢評估模式之獨立驗證，取得整體精度84.89%之表現，以達到探索全域降雨逐時之變動因子(雨量驅動因子:  $I_i, R_i$ )對於坡地崩塌災害的影響性。





## (二)、技術創新(科技技術創新)

- 本計畫針對各尺度管理單元所訂定之崩塌評估指標警戒值邏輯設計，如同土石流潛勢溪流訂定的目標，以有保全對象之溪流去進行潛勢評估，本計畫將參考110年度1726條土石流影響範圍圖，以針對保全聚落周邊2公里內之坡面單元，並以當年度以及前五年度之全島崩場地圖進行崩塌紀錄比對，其可於每年滾動性檢討，進而透過當年度為止最大颱風豪雨事件之( $I_{max}, R_{te}$ )於坡地崩塌評估模型產生之機率值，以取上述目標坡面單元之最小機率值，做為各保全對象的崩塌評估指標之警戒值；其中崩塌最小致災警戒值考量H及F二種指標，此二種指標各別最小之 $minH_c$ 以及 $minF_c$ 來代表達到臨界狀況( $H_c$ 及 $F_c$ )，完成鄉(鎮、區)警戒值訂定之後，再將行政區內所有重點保全聚落一起考量，亦即挑選行政區內，各重點聚落之崩塌降雨及崩塌警戒機率值中最小者為此行政區警戒值。
- 為能應用本計畫多尺度崩塌警戒發布機制，針對不同區域(行政區)空間尺度提出警戒流程，本計畫研擬之作法可行。為能利於未來在業務上合併崩塌警戒預報及土石流警戒預報，本計畫規劃並開發崩塌警戒展示模組，將多尺度崩塌警戒發布流程系統化，並試作擷取中央氣象局的雨量資訊，透過系統化(線上操作)的方式提供崩塌警戒分析結果，並將崩塌警戒資料提供給水保局防災應變系統，結合土石流防災資訊網來呈現颱風、豪雨事件時，土石流警戒及崩塌警戒的即時資訊。
- 本計畫完成自主防災風險警戒管理發布試作，其中各雨量站資訊透過本計畫所建立之崩塌風險警戒機制模式後，整合降雨危害評估指標(H)以及崩塌潛勢評估指標(F)之推估崩塌風險比率後，取得各時段之警戒狀態，其說明了本計畫所發展之風險警戒模式之適用性，並於地理空間展示技術以坡面風險地圖方式進行空間視覺化展示，可提供後續自主防災應用之重要參考。

## (三)、經濟效益(經濟產業促進)

Enable GingerCannot connect to Ginger Check your internet connection  
or reload the browserDisable in this text fieldRephraseRephrase  
current sentenceEdit in Gingerx

## (四)、社會影響(民生社會發展、環境安全永續)

- 本計畫發展之崩塌風險警戒機制模式並可細緻化的對坡面單元進行崩塌易損評估，可明確呈現高風險之坡面單元的位置，掌握何處發生崩





塌的潛勢以及可能性較高，以提供各尺度管理單為做為參考，並進行相對應之警戒應變管理，達到災害影響最低之成效。

#### (五)、 其它效益(科技政策管理及其他)

### 十、檢討與展望

#### 十一、後續工作構想之重點

綜觀過去相關計畫對於崩塌潛勢敏感之問題分析，所面對的問題可能是**崩塌事件資料庫必須增加以及分析模式能夠處理未來不同規模的降雨強度的能力**，再加上環境本身也有自癒能力，這會形成一個非常複雜機理之問題，因此對於後續本計畫工作構想之重點如下說明：

- 隨著機器學習以及深度學習的發展，對於崩塌潛勢評估模型可針對關鍵問題(空間特徵、時序特徵等)進行改善。然而，由於崩塌之時序空間清單仍有限，在目標崩塌樣本之時空數據缺少的情況下，往往會導致模型之學習成效有限，因此本計劃期待能參考Husam A.H.Al-Najjar等人所使用生成對抗網絡(GAN)生成各時序之崩塌清單數據，以改進崩塌預測中，樣本不足之問題。
- 運用圖像深度學習(GAN)結合時序特徵深度學習(RNN)之技術優化崩塌潛勢評估模型，以提高崩塌預警應用之準確度。
- 各類災害潛勢圖資、降雨預報及災害預警，僅能達到鄉鎮層級或村里層級，社區層級或邊坡層級等局部區域大比例尺的防災預警成果仍相當缺乏，應加強建構智慧防災網絡，協勤防災應變，突破現有防災尺度瓶頸。
- 透過持續優化之崩塌潛勢評估模型，並整合於崩塌風險警戒機制以及連結多元監控資訊，規劃智慧防災網絡，期能夠透過監測獲致時序變化數據，設定警戒管理值，提供多尺度管理者即時風險警示，配合網絡平臺達成災害警示機制，預先進行邊坡巡勘與維護，以提升邊坡災害預防及應變作為，將山坡地社區防災層面提升至人工邊坡局部危害徵兆觀測精度與建立智慧防災網絡，以達成山坡地社區自主防災目標。

#### 十二、其他補充資料

##### (一)、 跨部會協調或與相關計畫之配合





## (二)、其他補充說明

-----  
以下欄位請於期末評核(審查)後，由主辦專家至系統考評作業填寫列印，並請單位主管簽章。

主辦專家簽章

單位主管簽章

