

NCDR 107-T20

# 暖化情境下坡地災害潛勢之境況模擬

The scenario simulations for slopeland disaster susceptibility  
under climate change scenario

---



國家災害防救科技中心

National Science and Technology Center  
for Disaster Reduction

國家災害防救科技中心

中華民國 108 年 01 月



NCDR 107-T20

# 暖化情境下坡地災害潛勢之境況模擬

The scenario simulations for slopeland disaster susceptibility  
under climate change scenario

---

吳亭燁、朱芳儀、陳麒文、劉俊志、李欣輯



國家災害防救科技中心

中華民國 108 年 01 月



# 目錄

第一章	前言	1
第二章	評估模式及氣候變遷資料	3
2.1	多領域模組整合系統平台 (MULTI MODEL INTEGRATE SYSTEM, MMIS)	3
2.2	模式操作介面	4
2.3	小結	7
第三章	經驗模式評估	8
3.1	模式建立	8
3.2	操作介面	9
3.3	小結	11
第四章	土壤水分模式	12
4.1	模式概念	12
4.2	土壤水分指數模式的建立	12
4.3	模式操作	13
4.4	小結	16
第五章	羅吉斯統計模式評估	17
5.1	模式建立	17
5.2	模式建置	18
5.3	MMIS 系統操作	18
5.4	小結	20
第六章	數值分析評估	21
6.1	模式簡介	21
6.2	模式建置	22
6.2.1	校驗單元劃定	22
6.2.2	分區方式及參數設定	23
6.2.3	雨量資料選定	26
6.2.4	模式率定與驗證	27
6.3	MMIS 建置與操作	29
6.4	模擬結果	30
6.5	小結	34
第七章	結論與建議	35
參考文獻		37



## 圖目錄

圖 1、MMIS 坡地災害操作介面之模式運算.....	4
圖 2、MMIS 系統內所串接之雨量資料種類.....	5
圖 3、MMIS 平台資料查詢下之雨量資料選取頁面.....	6
圖 4、MMIS 雨量資料下載頁面提供全台集水區的資料.....	6
圖 5、 操作流程畫面.....	10
圖 6、經驗模式於 MMIS 評估結果範例.....	11
圖 7、水保局土石重大災情之災例分布位置.....	13
圖 8、土壤水分指數之 MMIS 平台內操作.....	14
圖 9、土壤水分指數於 MMIS 上評估結果.....	15
圖 10、成果展示方式可採取時雨量變化、正規化土壤水分指數、土壤水分指數 等方式.....	15
圖 12、 操作流程畫面.....	19
圖 13、 模擬結果展示畫面.....	19
圖 15、 TRIGRS 模式流程圖.....	23
圖 16、 2005 海棠颱風模擬結果.....	28
圖 17、 2007 柯羅莎颱風模擬結果.....	28
圖 18、 2008 辛樂克颱風模擬結果.....	28
圖 19、 操作流程畫面.....	29
圖 20、 模擬結果展示畫面.....	29
圖 21、 20 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 20 小時.....	31
圖 22、 20 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 40 小時.....	31
圖 23、 20 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 80 小時.....	32
圖 24、 21 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 5 小時.....	32
圖 25、 21 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 10 小時.....	32
圖 26、 21 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 40 小時.....	32
圖 27、 20 世紀末最大崩塌潛勢圖.....	33
圖 28、 21 世紀末最大崩塌潛勢圖.....	33
圖 29、 20 及 21 世紀末前 10% 的平均崩塌率.....	33



## 表目錄

表 1、 坡度與土壤厚度換算表.....	25
表 2、 地質水文參數設定初始值.....	25





## 摘要

氣候變遷情境下之崩塌潛勢的評估，因應不同情境假設所產製的雨量資料，所需運算之颱風事件將達一千場以上。為因應龐大的運算需求，加快崩塌潛勢的運算速度是必須的，除了降低過去僅考慮單一情境極端事件發生時，分析坡地災害衝擊的過程所產生的不確定性之外，亦可簡化繁瑣的資料處理過程。

坡地災害衝擊評估過程中，除了透過龐大雨量資料運算以降低評估結果的不確定性之外，以多模式的評估亦有助於避免單一模式的不確定性。因此，透過前期模式建立技術的發展，本研究納入水桶模式 (Soil Water Index, SWI)、經驗模式 (Empirical model; EMP)、統計模式 (Logistic Regression Model)、以及數值模式 (TRIGRS) 等來分別模擬崩塌潛勢，並嘗試整合於單一平台上，透過資料的輸入與操作，使短時間可迅速進行崩塌潛勢的分析與計算。

關鍵字：氣候變遷、崩塌、衝擊評估、經驗模式、數值模式、統計模式



## ABSTRACT

The landslide susceptibility assessment requires the calculation by rainfall data from more than one thousand typhoon events under climate change scenario. To fasten the calculation speed is necessary for responding to the enormous calculation, which decrease not only the uncertainty during analyzing the slopeland disaster impact under a single scenario, but also simplifying the complex calculation process.

Moreover, the uncertainty decreases by employing enormous rainfall data in the calculation, as well as compares between results from different kinds of models. Therefore, this study contains certain landslide susceptibility analysis models, such as tank model (Soil Water Index, SWI), empirical model (Empirical model; EMP), statistical model (Logistic Regression Model), and numerical model (TRIGRS). These models are also integrated into a single platform. The users are able to have rapid calculation by inputting rainfall data.

**Keywords:** Climate change, Landslide, Impact Assessment, Emperical Model, Logistic Regression Model, TRIGRS



# 第一章 前言

氣候變遷對於未來造成的可能衝擊，是近年來相當重要且被關注的議題，特別是針對坡地災害領域。在過去，因地震、極端降雨等事件之影響，造成台灣山坡地頻繁的坡地災害，主要包括崩塌和土石流。崩塌和土石流造成的災害，從歷年的災害事件結果來看，不但對山區聚落、重要道路、民生設施等造成直接衝擊之外，其後續亦對於生態環境、稀有生物的棲地、水環境保育等造成深遠的影響。

統計近年來侵台颱風事件，可發現自 2000 年以來的颱風事件帶來的降雨，逐漸改變，短延時及高強度之降雨的發生機率更大，這樣的現象並不僅限於台灣，在其他國家亦可發現相同的事件，例如 2018 年 7 月初因梅雨鋒面的影響，在西日本地區造成長延時的降雨，引發西日本廣大地區的崩塌以及土石流發生，災害規模是三十年來最嚴重。顯示氣候造成的影響不只是區域性天氣的變化，在全球各地皆有類似的事件發生，因應降雨變化的衝擊，必須要有更多更詳細的了解，因此，在針對氣候變遷的未來推估上，有更多情境條件下的降雨資料的需求。

對於災害對於氣候變遷在未來可能之衝擊，採用大氣模式來評估單一氣候變遷情境之下可能發生的降雨變化，作為了解崩塌衝擊變化的主要驅動因子，並且，在模式的建構上已有相當的成果（李欣輯等，2017；李欣輯等，2016；李欣輯等，2015；李欣輯等，2014；吳亭燁等，2013）。本研究進一步透過平台的建置，將過去研發技術延伸，透過資料的轉換和串接，以提供平台即時演算。其中，降雨資

料的使用來自於日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)氣象研究所(Meteorological Research Institute, MRI)所發展的高解析度大氣環流模式，加以美國大氣研究中心所發展的天氣研究與預報系統模式(Weather Research and Forecasting model system, WRF)之動力降尺度及偏差校正所產製 (Mizuta et al., 2012)。由颱風事件的總降雨量經排序後，選取極端事件進一步評估。

為因應不同崩塌評估模式本身所存在的誤差和解釋力之差異，以及因應前期所發展的各種崩塌潛勢評估方法(李欣輯等, 2017)，選取四種主要評估崩塌潛勢的方法，包括經驗模式、數值模式、統計模式、土壤雨量指數等方法進行，分別經過校驗後再以氣候變遷情境的降雨資料，推估和探討不同情境下，模式產製的降雨事件之崩塌潛勢變化。

## 第二章 評估模式及氣候變遷資料

### 2.1 多領域模組整合系統平台 (Multi Model Integrate System, MMIS)

多領域模組整合系統平台 MMIS 為整合不同模式以及降雨資料，讓使用者可在網頁上，以直覺操作運算的條件和設定各項模式的運算排程，並可在計算完成後，下載運算使用 GIS 網頁顯示運算結果，以及查詢任一次完成排程運算的結果，有效簡化運算之資料前後處理流程。

MMIS 資料庫包含多領域資料庫，從氣象資料至不同領域的計算模組皆有。其中氣象資料庫包括歷史網格觀測氣象變數、GCM 模式(動力降尺度與統計降尺度)網格氣象變數、本系統多領域模組(坡地、農業、水資源、公衛)之運算結果與外部系統運算結果(海岸與淹水)。其中，以坡地災害為主之模組，

本系統各領域模式研究區之建立，以涵蓋全台或者全台重點研究區為目標，另外，為了能長久使用本系統模組於氣候變遷相關研究，本系統有更新模組演算法、更新模式參數與更新模組執行檔之功能。

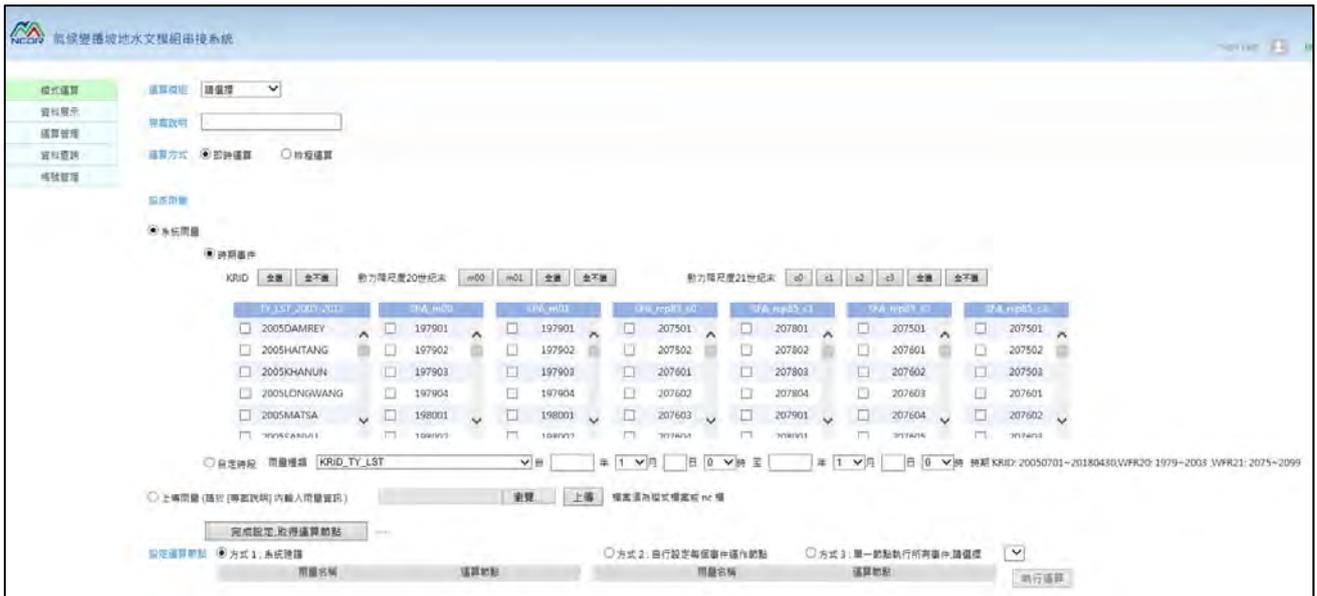


圖 1、MMIS 坡地災害操作介面之模式運算

## 2.2 模式操作介面

由於氣候變遷資料會隨著不同的偏差校正方法、多種的系集分群，事件數目會有大幅度的增加。目前以單一偏差校正方法及較少的系集分群方式，總共約產製 500 場事件的雨量資料。未來透過多種的偏差校正及系集分群，所產製的颱風事件數目可能將增加至上萬場。為因應大量颱風事件偏差修正及更新 AR6 資料的模擬需求，本研究進行多模式與多資料整合系統(Multi-data and Multi-model Integrated System, MMIS)的開發。透過建立數值模式的經驗協助 MMIS 系統開發，並提供模式建置過程中所需資料，如降雨事件的轉檔方式、相關圖資等。另外，由使用者的角度來設計系統的操作及展示介面，讓介面可較符合使用上的需求，未來可透過此系統模擬不同氣候變遷情境的條件下，大量颱風事件所造成的崩塌潛勢。

目前，於系統上所串接的雨量資料主要分為兩種形式，包括歷史颱風的 KRID 降雨資料，以及氣候變遷的雨量推估資料。KRID 降雨資料，是透過 1991~2013 期間之氣象局局屬測站的時雨量觀測資料，經由克利金法內差後得到五公里網格解析度的網格化觀測資料，再經由歷史颱風事件區分事件的長度。基期與世紀末的颱風資料，則是來自於日本氣象研究所所發展的高解析度大氣環流模式，加以美國大氣研究中心所發展的天氣研究與預報系統模式(Weather Research and Forecasting model system, WRF)之動力降尺度及統計降尺度後所產製，因應不同情境，有 AR4 的 A1B 情境下之颱風、AR5 之 RCP8.5 情境的颱風事件，其中 AR5 之 RCP8.5 情境在 20 世紀末共有 84 場颱風，21 世紀末有 45 場颱風。另外，21 世紀末之不同海溫 (C0、C1、C2、C3) 情境下的颱風事件之降雨資料，總共有 169 場颱風事件等，相關情境資料之種類如圖 2 所示。

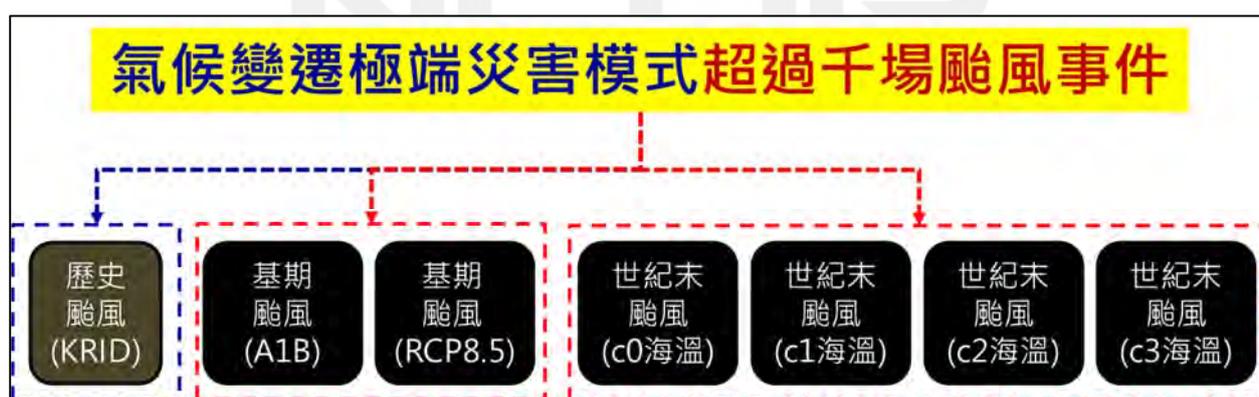


圖 2、MMIS 系統內所串接之雨量資料種類

MMIS 平台，除了提供模式運算之外，亦針對雨量資料提供。使用者可至資料查詢頁面，選取所需要的雨量事件、或是自訂時段與雨量資料種類，以及查詢的區域等，下載到合適的資料型態 (圖)。目前提供的雨量事件以 KRID 的網格降雨



## 2.3 小結

從歷史災害紀錄、歷年崩塌地圖層、或是現地踏勘結果可知，石門水庫集水區在過去受到颱風豪雨的影響，沿溪流兩岸或是道路邊坡形成許多較大之崩塌地，特別是位於河岸攻擊坡之崩塌地，在近年來有擴大的潛勢。

MMIS 平台提供相當豐富的雨量資料，包括歷史颱風事件的極端降雨、基期提供 AR4 以及 AR5 情境的颱風事件降雨、以及 21 世紀末提供不同海溫情境下的颱風事件降雨資料。這些資料除了在模式運算時，將直接匯入模式中計算之外，因應使用者需求，亦可透過人工方式選取，下載需求的颱風降雨事件，對於災害事件的模擬頗有助益。

## 第三章 經驗模式評估

經驗模式(Empirical model; EMP)是由所選定之歷史颱風事件，期間的降雨量換算參數後，與該集水區崩塌特性所建立的關係式，可用於推估不同颱風事件降雨條件下，可能發生的崩塌規模。根據前期研究，淡水河流域之不同集水區的崩塌特性有所差異，且主要誘發的颱風事件大不相同，因此，分別針對石門水庫集水區以及新店溪集水區，建立崩塌特性與雨量因子之關係式，並納入在 MMIS 平台之中。

### 3.1 模式建立

評估模式建立主要根據崩塌地圖層以及歷史颱風事件之雨量資料。崩塌地資料乃是採用林務局透過衛星影像判釋之崩塌地圖層。該圖層為自 2004 年開始，利用每一年上半年之衛星影像資料，所繪製之全台歷年崩塌圖層。因此，可採用該資料，來作為模式建立之崩塌地主要資訊。另一方面，在歷史颱風事件選取方面，由於所欲建立的集水區為新店溪及大漢溪集水區，從 2004 年至 2015 年間挑選 8 場近台強度中度以上、且路徑有經過台灣北部的颱風事件，來進行崩塌面積特性的分析。由於，所選取的颱風事件幾乎分布於不同年份，相當具有代表性且均為極端災害事件。每一場颱風事件後所判釋的崩塌圖層，可代表該場颱風事件對兩集水區的崩塌分布造成之影響。

根據上述資料，分別計算此兩集水區在各颱風事件後的崩塌特性，包括最大

崩塌面積、崩塌個數、總崩塌面積、以及崩塌率等，並建立崩塌特性與降雨特性的關係式。分析結果顯示，石門水庫集水區以累積降雨量，對區域內崩塌發生較具有顯著性，新店溪集水區則是以尖峰降雨強度較具有顯著性。因此，分別以累積降雨量以及尖峰降雨量，建立兩個集水區之經驗關係公式如下所示：

石門水庫集水區：

$$A_T = 4697.3 \times E + 737287 \quad (\text{式 4-3})$$

$$L = 0.0006 \times E + 0.0974 \quad (\text{式 4-4})$$

$$A_M = 921.69 \times E - 141948 \quad (\text{式 4-5})$$

$$N = 0.6969 \times E + 71.532 \quad (\text{式 4-6})$$

新店溪集水區：

$$A_T = 23764 \times I_p - 547585 \quad (\text{式 4-7})$$

$$L = 0.0049 \times I_p - 0.1119 \quad (\text{式 4-8})$$

$$A_M = 3924.4 \times I_p - 89062 \quad (\text{式 4-9})$$

$$N = 6.0251 \times I_p - 137.23 \quad (\text{式 4-10})$$

於上式中， $A_T$  為總崩塌面積( $m^2$ )， $L$  為崩塌率(%)， $A_M$  為最大崩塌面積( $m^2$ )， $N$  為崩塌個數， $E$  為累積降雨量(mm)， $I_p$  為尖峰降雨強度(mm/h)。

### 3.2 操作介面

MMIS 系統的操作步驟，如圖 5 所示，由畫面最左邊的模式運算功能點選，

選擇使用 EMI 模組，模式提供輸入專案名稱，運算方式以即時或排程運算兩種，即時運算在輸入後便會開始分析及輸出成果，排程運算則是事先指定運算節點俟該節點有資源時即可運算。一般來說，當事件數目較少時，建議可設定即時運算即可，若是事件較多，則需設定排程運算以節省系統運算資源。

雨量事件可由列表內的事件進行選取，畫面上方右半部提供所有事件依照總降雨量排序後的順序，因此若是要計算較為極端的事件，可以參考該排名來決定，事件一次可選取許多事件，也可以僅選取單一事件。當所需模擬的事件選取好後，即可進行運算，以及展示結果，操作流程畫面如圖 185 所示。



圖 5、操作流程畫面

圖 6 為透過經驗公式計算的結果。模式的計算結果展示，同樣從畫面左方之資料展示按鈕選取。首先選取氣候變遷推估資料時期，按查詢後，將出現不同專案編號，所計算的集水區、雨量事件名稱等，使用者可依據這些資訊找到所需要的評估結果。將所希望展示的計算結果在前方的方格

打勾、並按下展式運算結果後，便可輸出研究區域內的崩塌地面積、崩塌率、最大崩塌面積、以及崩塌數量等。在成果展示頁面之中，亦由表列方式列出該專案所選取的降雨事件資料，包括累積雨量、延時、平均降雨強度、尖峰降雨強度、崩塌個數、最大崩塌面積、總崩塌面積、崩塌率等，使使用者除了統計資料之外，亦有個別事件的資料提供參考。

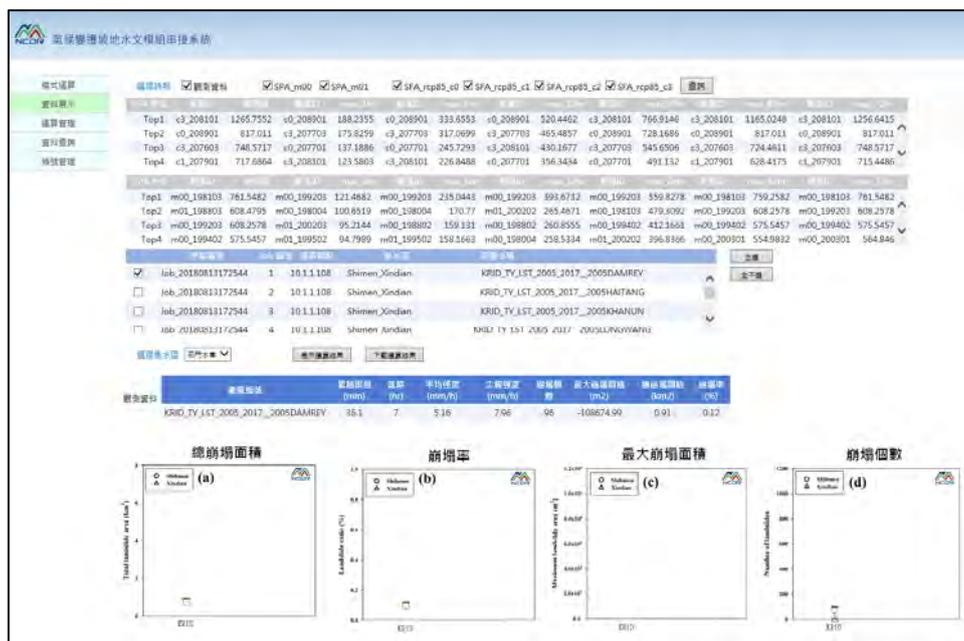


圖 6、經驗模式於 MMIS 評估結果範例

### 3.3 小結

MMIS 系統提供崩塌的經驗模式建立，雖然經驗模式無法提供崩塌地的空間分布，但透過崩塌與降雨的特性，可透過所取得的降雨資料快速運算集水區的崩塌率、崩塌數量、崩塌面積等，對於需快速運算的情況下，經驗模式是相當容易使用的工具。

## 第四章 土壤水分模式

土壤水分模式 (Soil Water Index, SWI)是由水桶模式以及水文方程式的平衡概念，選定重大土砂災害事件，期間土砂災害發生的時間點之降雨量，經由參數換算之後，由集水區崩塌發生與總雨量所建立的關係式，可用於推估不同颱風事件降雨條件下，土壤水分之含量是否超過每個網格之崩塌發生門檻值。

### 4.1 模式概念

土壤水分模式的計算原理，由水桶模式以及水文方程式之平衡概念所組成。首先，假設山坡地邊坡由表面垂直往下可分為數層，每一層的含水量均由一個水桶來表示。當降雨入滲至坡面後，隨著時間將會往下逐層流動。每一層水桶會儲存部分水分，部分向下或向側向流出，向下流出部分將成為下一層水桶的入流量，側向流出部分將分別形成地表逕流、土層滲出水流、地下水流出等。透過土壤水分模式的計算，可有效計算不同日數降水量對於邊坡的影響 (Ishihara and Kobatake, 1979)。目前日本廣泛使用水桶模式於山坡地災害潛勢的評估與預警作業。以土壤水分模式作為基礎，由同一區域之實驗與測試結果，計算山坡地每一地層的參數，作為評估該區域坡地災害警戒值的基準，當降雨事件發生時，可迅速計算邊坡含水量是否超過警戒值，作為警戒發布參考的依據 (Osanai, 2010)。

### 4.2 土壤水分指數模式的建立

因此，本研究由同樣概念進行模式的建立。土壤水分指數模式的建立，需了

解各網格坡面的土層參數。從歷史崩塌事件的資料蒐集，必須獲得坡地災害發生的時間點，進而推估崩塌發生時間點之降雨量以及該坡面的水量。由水土保持局所發布之重大土砂災情報告資料，可得知大部分崩塌發生的時間點、有效降雨量、以及降雨量數值。藉由這些資料，便可計算代表該區域之土壤水分指數以及正規化後的土壤水分指數。

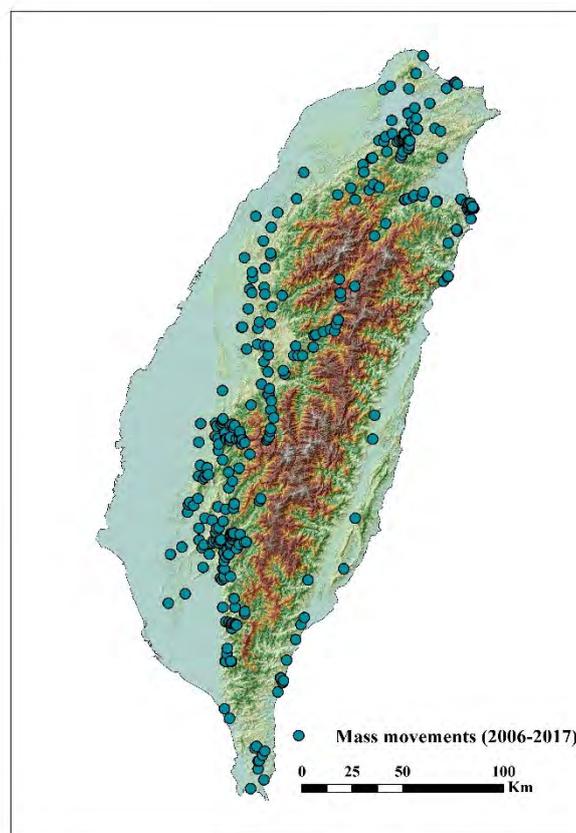


圖 7、水保局土石重大災情之災例分布位置

### 4.3 模式操作

從 MMIS 系統內坡地衝擊之中，可選取土壤含水量項目進行計算。模式內提供雨量選擇的方式，系統內事件選取、或是自訂時間方式，提供使用者可自行上傳事件雨量檔進行運算。降雨事件的運算和展示方式，可由總雨量、雨量時序變

化、最劣情境、以及時序變化等四種方式選擇，提供使用者多樣選取評估事件的依據。評估結果展示該場事件之正規化後之土壤水量值，當值越大代表該場事件後，該區域之土壤含水量越大。土壤水分模式的評估範圍為全台，空間解析度為40公尺\*40公尺。

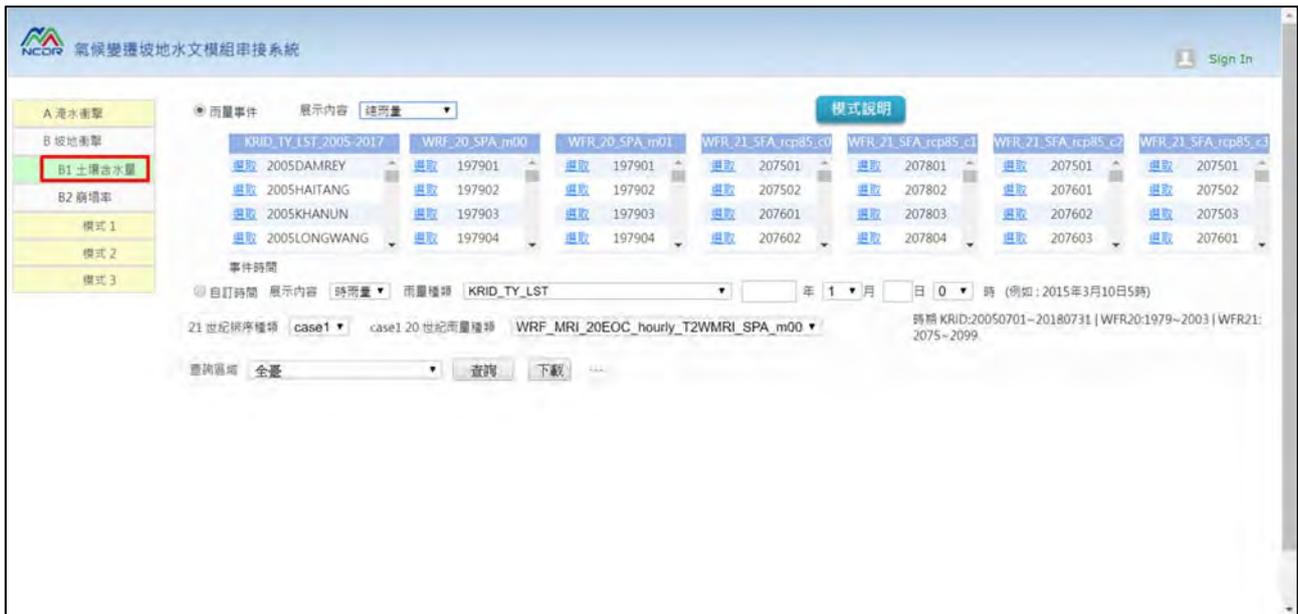


圖 8、土壤水分指數之 MMIS 平台內操作

土壤水分指數的評估結果及展示畫面如圖 9 及圖 10 所示。該範例是使用 2015 年蘇迪勒颱風的降雨資料計算的結果，其中，圖 9 為一般展示畫面，圖 10 則是針對不同展示方式比較。時序性變化是使模式針對每個小時均計算一筆土壤水分指數資料，然後再將所有的結果疊加後的成果。由於具有時間序列，可看出同一場事件下崩塌潛勢變化趨勢。

土壤水分指數之外，亦可選擇正規化的土壤水分指數方式表示，該指數的計算方式是將該網格的土壤水分指數與過去十年內最大的土壤水分指數相除後的結果。由於在過去資料的評估結果可發現，較多崩塌的發生是在正規化土壤水分

指數為 0.8-1.0 區間，因此透過正規化的轉換，較易判釋出崩塌易發生區域。從圖 10 發現，在 2015 年蘇迪勒颱風期間，崩塌發生的主要區域集中在北部的淡水河上游流域，包括新店溪、基隆河、以及北勢溪集水區等，本項評估結果初步與實際狀況相符，且比較結果顯示正規化土壤水分指數較能反映實際崩塌發生狀況

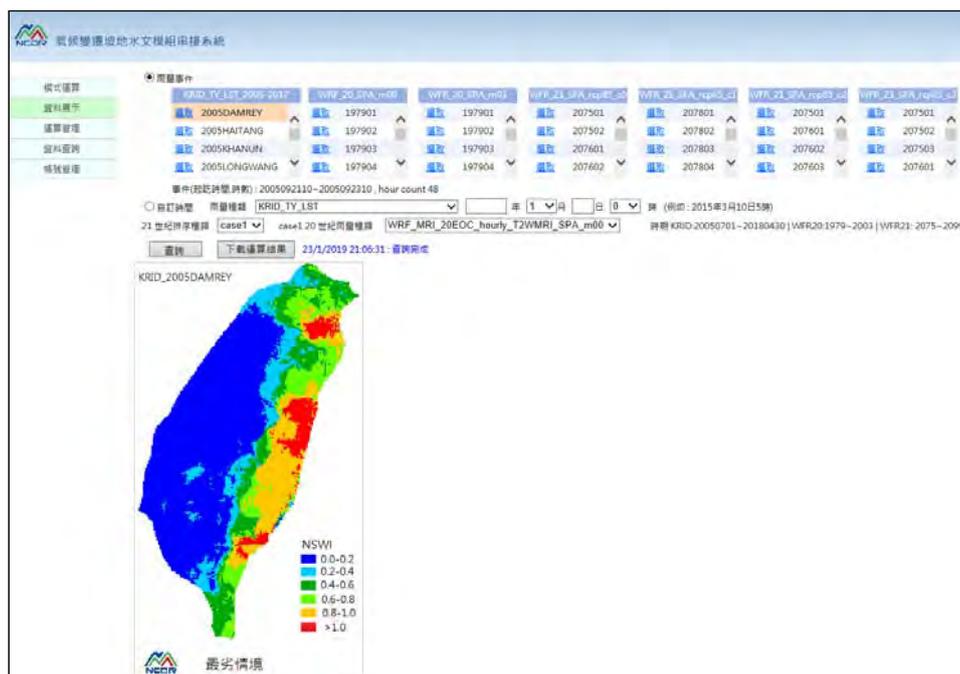


圖 9、土壤水分指數於 MMIS 上評估結果

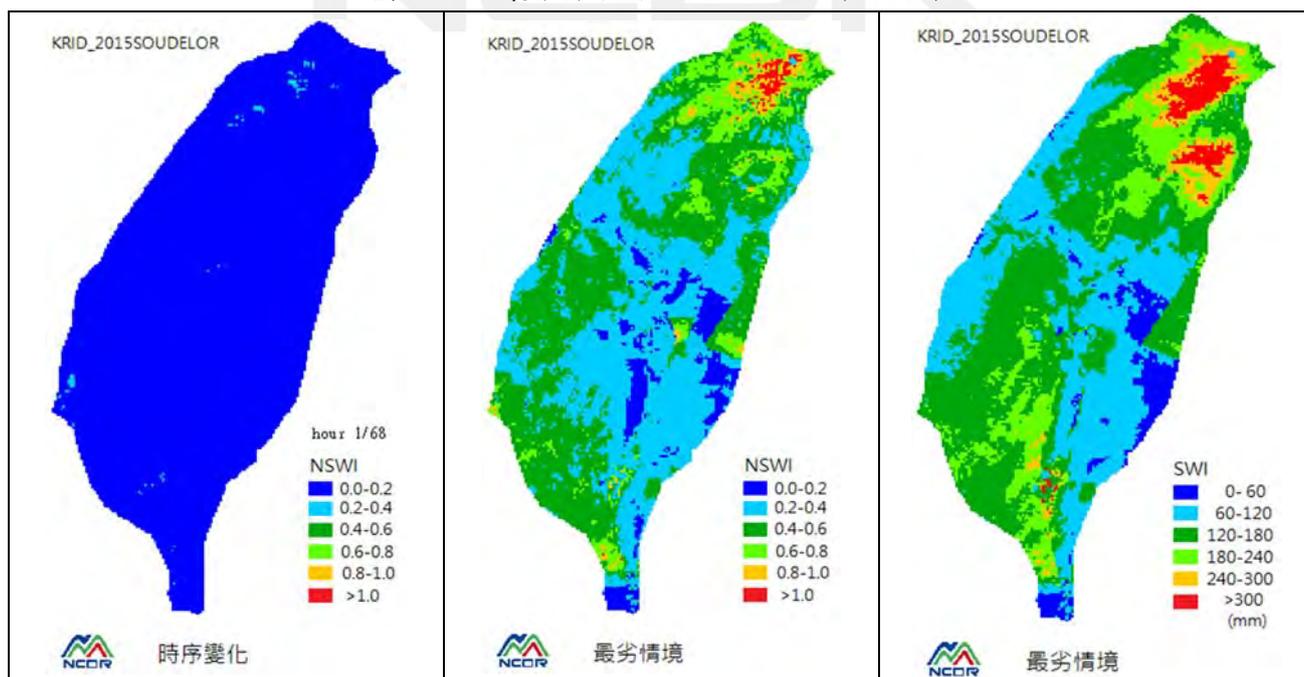


圖 10、成果展示方式可採取時雨量變化、正規化土壤水分指數、土壤水分指數等方式

#### 4.4 小結

土壤水分指數對於崩塌發生的評估，是一個相當有用的模式，不僅可應用在潛勢推估，對於即時雨量資料亦可快速提供崩塌潛釋的即時資訊。透過 MMIS 系統的運算，雖然在全台的山坡地地區仍有相當多區域需透過參數校正，使評估的精確度更為提高，但初步已具備相當準確度，建議後續可持續針對模式持續發展。



## 第五章 羅吉斯統計模式評估

集水區整體的潛勢評估分析，透過統計模式的運用，可有效反應歷史資料和現地環境狀況的關聯性。評估模式建立的過程之中，透過資料的蒐集及分析，可進一步掌握流域特性。因此，統計模式的建立，最重要的流程是資料的前處理以及模式校驗的過程。由於崩塌的潛勢高低的判定，主要由歷史資料的崩塌發生與否進行判定，可視為二元的反應變數。對於二元變數，本研究以羅吉斯回歸模式作為評估的標準，透過歷史崩塌資料以輯所蒐集的地文水文因子，來探討因子與崩塌發生的關聯性，藉此建立模式，以推求不同降雨雨型之下，崩塌潛勢的高低。計算的崩塌發生數值，在 0 與 1 之間，當數值越靠近 1 顯示該斜坡單元的崩塌潛勢受到該場降雨的影響越高，若越靠近 0，則代表崩塌發生潛勢越低。

### 5.1 模式建立

本平台所建立之羅吉斯迴歸分析模組，首先以石門水庫集水區為模擬範圍，模式建立方法和模式組成，主要依據前期研究成果建立（李欣輯等，2018），該模式由 2004 年艾利颱風、1996 年賀伯颱風、2000 年象神颱風等事件建立。模式建立後，再比對平台內，已串接之不同颱風事件總降雨量，來計算各個事件之下，每個斜坡單元的崩塌潛勢數值。每個斜坡單元之崩塌潛勢值經計算以及門檻值評定後，將以崩塌發生、崩塌不發生等方式評定，並分別套疊艾利颱風、賀伯颱風、以及象神颱風後的崩塌地分布作為比較。

## 5.2 模式建置

羅吉斯迴歸模型的建置，經由主要幾項步驟，包括歷史資料的彙整、地文水文因子與崩塌特性的分析、校驗事件的選定等，最後再以驗證的事件計算模式精確度。

評估因子的選定，在地形因子包括高程資料、土層厚度、流向及坡度，土壤水文資料則是涵蓋水力傳導係數、水力擴散係數、初始入滲速率及初始地下水位，而土層資料有土壤凝聚力、單位重及內摩擦角，以上數值的初始值皆依相關文獻訂定。並將以 2005 海棠颱風、2007 柯羅莎颱風及 2008 辛樂克颱風進行模式率定及建模。

## 5.3 MMIS 系統操作

MMIS 系統統計模式之操作，如圖 12 所示，先點選最左邊的模式運算功能，選擇 LOGISTIC 模組，設定專案名稱，選取雨量事件後，即可進行運算。羅吉斯迴歸分析在 MMIS 平台內，是由斜坡單元為單元進行模擬，模式在計算過程中，因無論是地文資料或是雨量資料格式，均是以網格為單位，因此需由內插後再計算每個斜坡單元的平均值。惟類別函數，包括地質、坡向因子等無法以平均值表示者，則依據所佔比例較高的類別作為代表計算。模擬評估結果如圖 13 所示。



圖 11、操作流程图画面

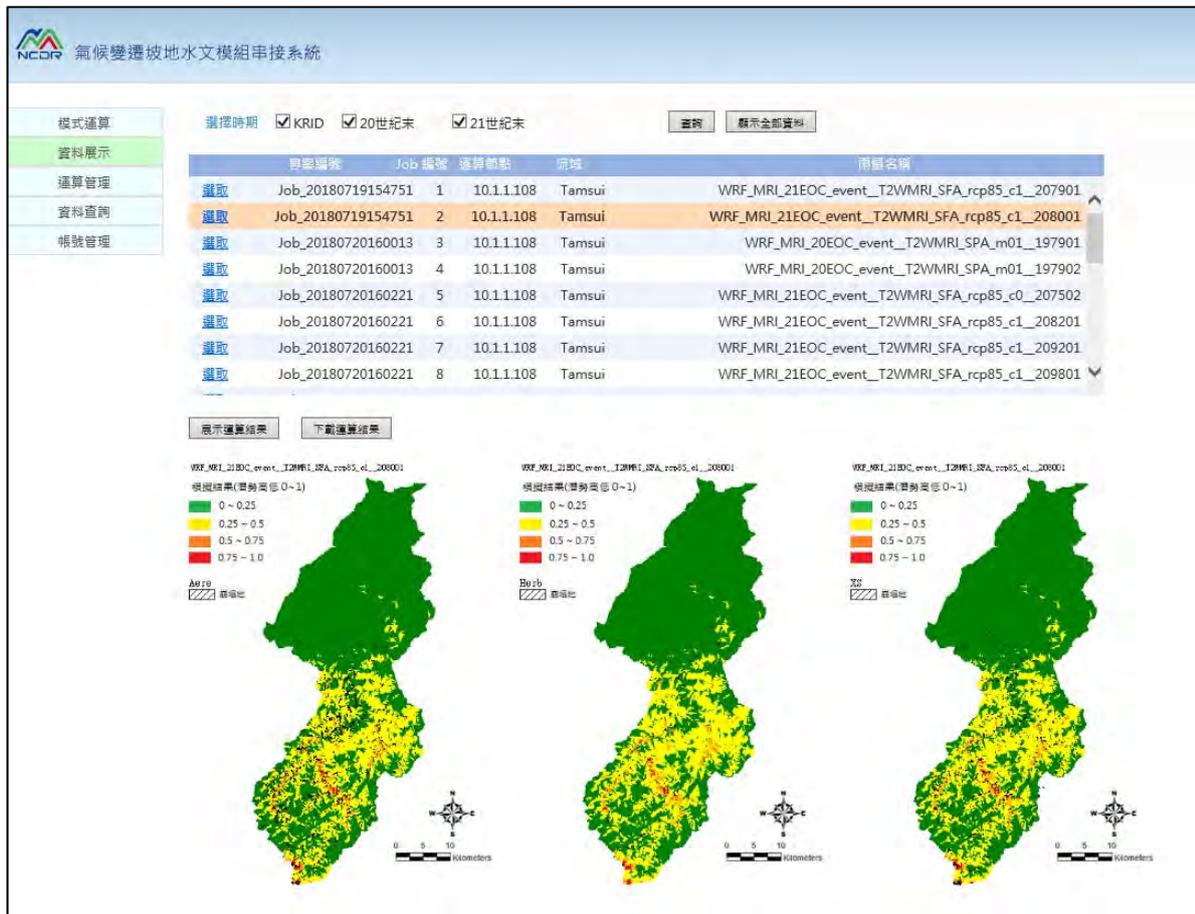


圖 12、模擬結果展示畫面

評估結果的展示畫面，目前僅有石門水庫集水區之範圍，評估單元是斜坡單元，即由斜坡單元計算該單元內崩塌發生機率大小，並設立門檻值。當崩塌機率

大於 0.5，則判定崩塌發生，小於 0.5，則判定崩塌不發生。但是，為使崩塌潛勢結果較具有參考性，在成果展示上，仍以 0.25、0.5、及 0.75 等數值劃分區間，提供使用者參考。並且，在模擬結果上套疊歷史崩塌地圖層，所選定的是崩塌地事件是影響石門水庫集水區最嚴重之納莉颱風以及賀伯颱風，使用者可藉由評估結果與崩塌地套疊結果推估崩塌潛勢之變化。

#### 5.4 小結

羅吉斯迴歸分析的模式建置，以石門水庫集水區為主。透過前期研究成果，得到石門水庫集水區崩塌潛勢之評估公式，可運算極端降雨發生時，石門水庫集水區的崩塌潛勢、崩塌率、及其分布的狀況。將該公式建置於 MMIS 系統之內，可快速運算每個網格的潛勢，並套疊石門水庫集水區之較嚴重的歷史事件崩塌地分布，比較該事件與極端歷史事件崩塌地分布的差異。

## 第六章 數值分析評估

美國地質調查所(USGS)發展的 TRIGRS 淺層崩塌數值模式(Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Regional Slope-Stability Model, Baum et al., 2008)用來作為數值模擬之主要工具，透過多資料多模式整合系統(MMIS)的開發與應用，來進行後續的崩塌潛勢評估分析。

### 6.1 模式簡介

TRIGRS 模式(Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Model, TRIGRS)是由 Fortran 程式語言撰寫而成。透過數值高程模型、土壤參數、坡度、坡向等資料來建立模擬區域的地形地質特性，並結合無限邊坡理論，來模擬降雨事件每小時雨量入滲土層所造成的水壓變化，進而導致坡面穩定性的改變。由於 TRIGRS 模式是以網格為計算單位，故坡面穩定性可透過網格的安全係數值來進行評估，安全係數的計算式如式 1 所示。

$$FS(Z,t) = \frac{\tan \phi'}{\tan \delta} + \frac{C' - \psi(Z,t)\gamma_w \tan \phi'}{\gamma_s Z \sin \delta \cos \delta} \quad \text{式 2}$$

計算式中， $C'$ 為土壤凝聚力； $\phi'$ 為土壤內摩擦角； $\gamma_w$ 為水的單位重； $\gamma_s$ 為土壤單位重； $Z$ 為土壤厚度； $\delta$ 為坡度； $\psi(Z,t)$ 則為不同時間  $t$  在  $Z$  土壤厚度下的孔隙水壓。安全係數愈大代表坡面愈穩定，愈小則愈不穩定。本研究將門檻值設為 1.0，即代表數值小於 1.0 具崩塌潛勢，而大於 1.0 則較為穩定，在模式中數值最

大為 10.0，如超過 10.0 皆以 10.0 表示。

## 6.2 模式建置

TRIGRS 模式主要分為二個部分，先由數值高程模型作為模式的基礎，再透過地形資料、土層資料及土壤水文資料建立初步的模式，再加入歷史降雨資料進行崩塌潛勢模擬。以模擬結果持續調整模式參數，直到模擬結果與實際崩塌地分布相符，且山崩及非山崩正確率皆達 70%，才完成模式的建立，模式評估流程如圖 13 所示。其中，地形資料包含高程資料、土層厚度、流向及坡度，土壤水文資料則是涵蓋水力傳導係數、水力擴散係數、初始入滲速率及初始地下水位，而土層資料有土壤凝聚力、單位重及內摩擦角，以上數值的初始值皆依相關文獻訂定。並將以 2005 海棠颱風、2007 柯羅莎颱風及 2008 辛樂克颱風進行模式率定及建模。

### 6.2.1 校驗單元劃定

模式中須以選定的校驗單元進行分區的劃定、參數設定及正確率的計算，校驗單元的不同會影響分區、參數設定的細緻度，及正確率的代表程度，而正確率高低及代表程度決定建立模式的精細度，模式精細度則會影響模擬結果。由於模式是以地形為建模基礎，校驗單元應選擇具有地形相似性、且與相鄰單元有所區隔的劃分單元。劃分單元種類眾多，包含網格單元、斜坡單元、行政單元等，而崩塌潛勢分析多以網格單元或斜坡單元進行劃分。網格單元使用上雖較為方便，

但各網格間不具任何地形的相聯性，較不符合實際地文特性。由於斜坡單元是透過地形特徵及等高線進行劃分，具有地形相似性，且各斜坡單元間的地形特性有所差異，故本研究選定斜坡單元為校驗單元。

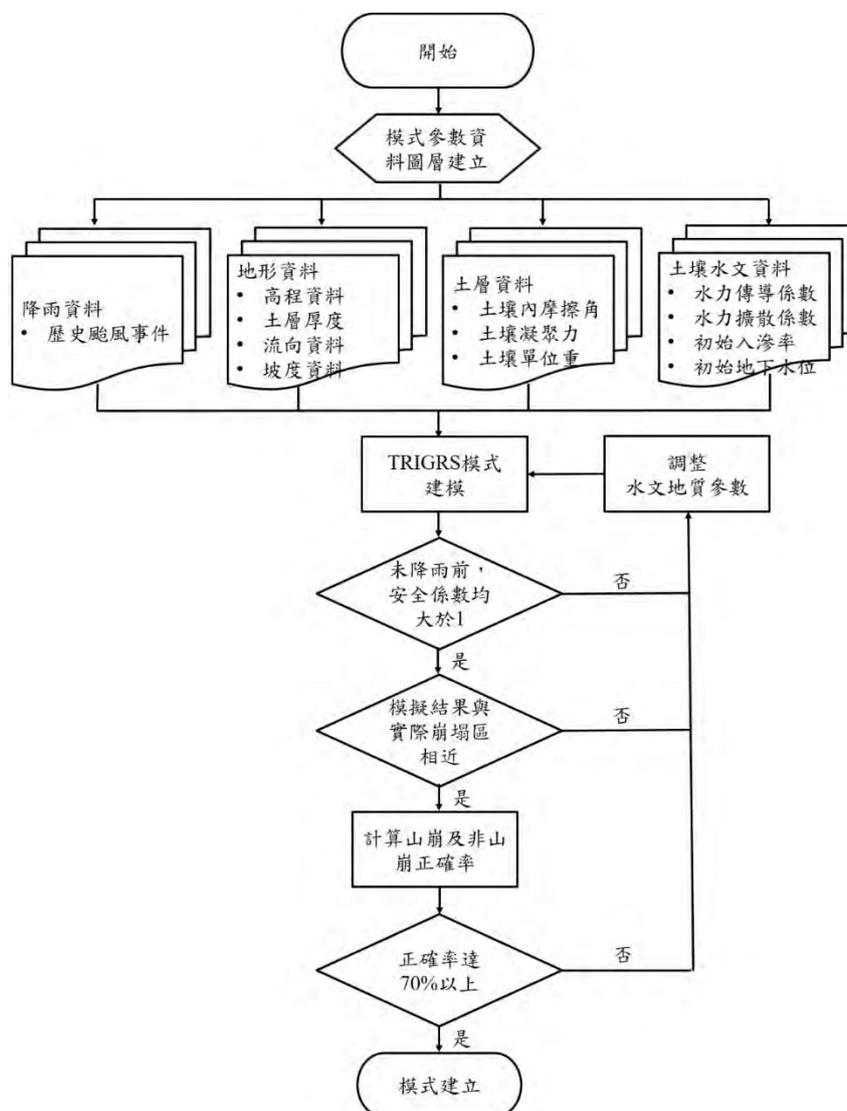


圖 13、TRIGRS 模式流程圖

### 6.2.2. 分區方式及參數設定

由於 TRIGRS 模式是以網格作為計算單位，透過土壤水文參數的設定及降雨事件每小時雨量的入滲，以土層水壓的變化來計算安全係數值，進而分析坡面的

穩定度。為使模擬結果可與實際情況較為符合，參數會依據坡面土層特性來設定。參數的設定除了研究區的地形、坡度、坡向、土壤厚度、初始地下水位及逐時降雨資料，可讀取垂直空間分布的網格數值外，土壤水文參數包含土壤凝聚力、土壤內摩擦角、水力傳導係數、水力擴散係數等則須依其分區來設定及調整參數。因此，分區的方式也會間接影響模擬結果。在前人文獻中所用的分區方式有地質岩性(譚志豪等，2009；李錫堤及費立沅，2011)、土壤種類(Liao et al., 2011; Gioia et al., 2014)、地形條件(陳則佑，2011)等，由於模式主要是評估表層土壤的穩定狀態，故應以土壤總類作為分區依據較合適。施虹如等(2015)利用林務局 2004 至 2015 年歷年崩塌地，來計算各斜坡單元的崩塌率，再依崩塌率高低將地層分為 5 類，以地層及崩塌率來進行分區並設定參數。在 2008 年辛樂克颱風的模擬結果顯示，修正後正確率較單以地質分區提升 17%，證實此分區方法的確有助於正確率的提升。

因此，本研究以地層種類為基礎，再加上林務局 2004 至 2016 的年度崩塌地，來計算各斜坡單元的歷史崩塌率，透過地層及崩塌率的高低，可將各地層依崩塌率皆分為七類(無、低、中低、中、中高、高、極高)，本研究區曾文溪上游集水區總共可分為 67 區。

模式中須考量的參數，除降雨資料外，還有地形參數、土層參數及土壤水文參數。地形參數中的高程資料是使用解析度 40 m×40 m 的數值高程模型(DTM)，而坡度、坡向則由數值高程模型計算。其中，由於土層厚度缺乏現地調查資料，

故以國家災害防救中心(2012)所提出的坡度與土壤厚度對照表來推算，如表 1 所示，並假設初始地下水位與土壤厚度相同(陳則佑，2011；國家災害防救科技中心，2012；施虹如等，2015)。另外，土層參數及土壤水文參數受限於實際土層、土壤水文資料的難以取得，故本研究以中央地質調查所(2011)易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置的報告中，針對曾文溪及鄰近流域依地層建立的地層參數表，作為土層及土壤水文參數的初始值，如

表 2 所示，並假設降雨事件前期僅發生零星降雨，土壤為較乾燥狀態來設定初始入滲率。

表 1、坡度與土壤厚度換算表

坡度(度)	土壤厚度(公尺)
<20	1.5
20~30	3.5
30~40	4.5
40~50	2.5
>50	1.0

表 2、地質水文參數設定初始值

地層分區	土壤單位重	土壤凝聚力	土壤內摩擦角	水力傳導係數	水力擴散係數
	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(度)	(10 <sup>-4</sup> m/sec)	(10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /sec)
階地堆積層	19.5~23	2.3~3.5	23~28	0.63~0.74	1.8~2.2
沖積層	16.5~19.5	2.5~3.5	23.1~32	25~2900	75~8800
紅土台地堆積層	19	22.1~45	30~34	0.083~83	0.16~160
南莊層	17.8~27.5	4.9~20	23~32	3.5~10	7~20
二重溪層	27	12.8~80	28~35	0.00014~0.14	0.00028~0.28
卓蘭層	22.4	11.3~57.5	31~39	0.5~500	1~1000

茅埔頁岩	23.4	7.19~32.1	30~33	0.15~15	0.3~30
烏嘴層	22.1~26.1	6.0~8.0	30~36	0.1~0.2	0.3~0.35
大社層	22.8~24	8.0~9.0	26~28	0.05	0.15
沅水溪層	24.2	14.6~126	30~36	1.2~120	2.4~240
中崙層	24.2	14.6~126	30~36	1.2~120	2.4~240
北寮頁岩	24.4	13.1~45	27~30	0.05~50	0.01~100
嶺口礫岩	21.2~25	4.1~5.1	33.1~39	0.18~0.21	0.54~0.63
隘寮腳層	22.1~26	0.4~0.6	30~35	0.2~0.23	0.6~0.7
鹽水坑頁岩	22.1~26	3.3~5.1	21~25	0.07~0.08	0.21~0.24
紅花子層	22.1~26.1	2.5~3.6	31~36	0.1~0.2	0.3~0.35
糖恩山砂岩	22.6~26.6	2.5~4.6	28~33	0.08~0.09	0.24~0.28
南勢崙砂岩	22.6~26.6	3.0~4.0	28~33	0.5~0.58	1.5~1.7
古亭坑層	20.4~22.8	3.0~5.0	26~29	0.05	0.15~0.17
崁下寮層	26.6	12~16	28~33	0.5~1	1~2
澗水溪層	26.6	10~18.4	28~33	0.08~0.1	0.16~0.2
三民頁岩	22.7~26.8	8.7~12	25~30	0.6~0.7	1.8~2.1
蓋仔寮頁岩	22.7~26.8	7.4~12.1	25~30	0.05~0.06	0.15~0.17
六重溪層	27	80~12.8	28~35	0.00014~14	0.00028~28
玉井頁岩	27	10.8~50	30~38	0.45~2	0.9~4
六雙層	20.4~24	8.0~10.7	28~34	0.5~0.58	1.5~1.7
長枝坑層	22.5~26.5	3.1~5.6	26~30	0.15~0.17	0.45~0.52
壽山石灰岩	27.5	13~20	36~40	0.05~1	0.1~2
竹頭崎層	27	12.8~80	28~35	0.14~2	0.28~4
烏山層	24.4	13.1~45	27~30	1~50	2~100
崎頂層	27.5	9.7~13	34~40	0.15~1	0.3~2

### 6.2.3 雨量資料選定

由於模式參數是透過歷史颱風事件的模擬結果進行校驗，故颱風事件的選定及其解析度，應與後續主要模擬的事件及應用相關。為與模擬氣候變遷情境下曾文溪上游集水區崩塌潛勢的最終目的相符，本研究選定對於曾文溪上游集水區在過去曾造成崩塌的 2005 年海棠颱風、2007 年柯羅莎颱風及 2008 年辛樂克颱風來調整模式參數，且事件的解析度與氣候變遷資料相同皆為 5km。透過相同解析

度的降雨資料進行參數調校，應可避免不同解析度的雨量資料經內插後，可能無法呈現極端雨量，而造成模式無法反應崩塌潛勢情形之問題。

#### 6.2.4 模式率定與驗證

利用解析度 5km 的 2005 年海棠颱風、2007 年柯羅莎颱風及 2008 年辛樂克颱風事件來率定及驗證模式參數。本研究將安全係數的門檻值設為 1，即安全係數值小於 1，代表該網格具崩塌潛勢，並以斜坡單元為校驗單位，與林務局的年度崩塌地進行比較，進而計算山崩、非山崩正確率。而模式建立的山崩、非山崩正確率門檻值為 70%，即正確率需達 70% 以上，方得完成模式建立。經過不斷的調整與測試，圖 14 至圖 16 顯示三颱風事件的模擬結果與實際崩塌地的分布大致相符，進一步計算山崩、非山崩正確率，正確率皆達 70% 以上，完成曾文溪上游集水區 TRIGRS 模式的建立。

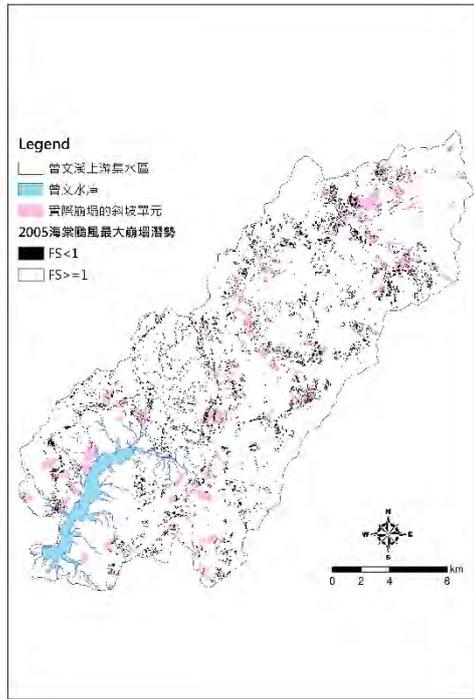


圖 14、2005 海棠颱風模擬結果

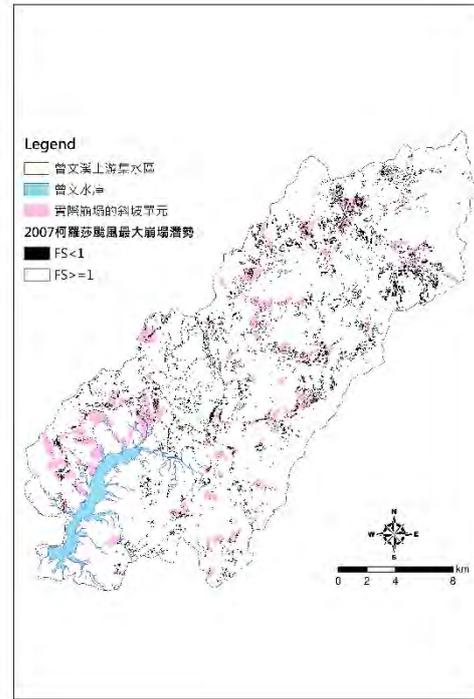


圖 15、2007 柯羅莎颱風模擬結果

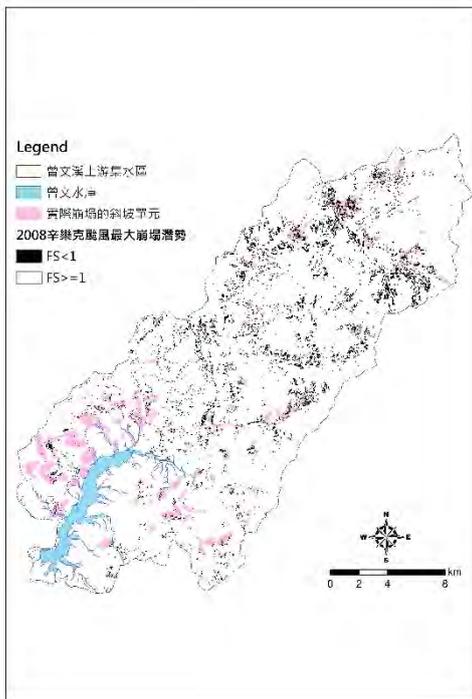


圖 16、2008 辛樂克颱風模擬結果



### 6.3 MMIS 建置與操作

MMIS 系統的操作步驟，如圖 17 所示，先點選最左邊的模式運算功能，選擇要使用的運算模組，設定專案名稱，決定運算方式，運算方式可取決於模擬事件的多寡或模擬需求的緩急，大量事件可選排程運算，少數緊急事件則選即時運算。接著勾選要進行模擬的事件，勾選完畢，按下「完成設定，取得運算節點」，確認執行節點後，按下「執行運算」，即完成模擬事件的排程或即時執行運算。而模擬結果可由資料展示介面查詢，透過單一事件的查詢可顯示最大崩塌潛勢、逐時崩塌潛勢動態圖及逐時崩塌網格數量的變化，展示畫面如圖 18 所示。



圖 17、 操作流程畫面

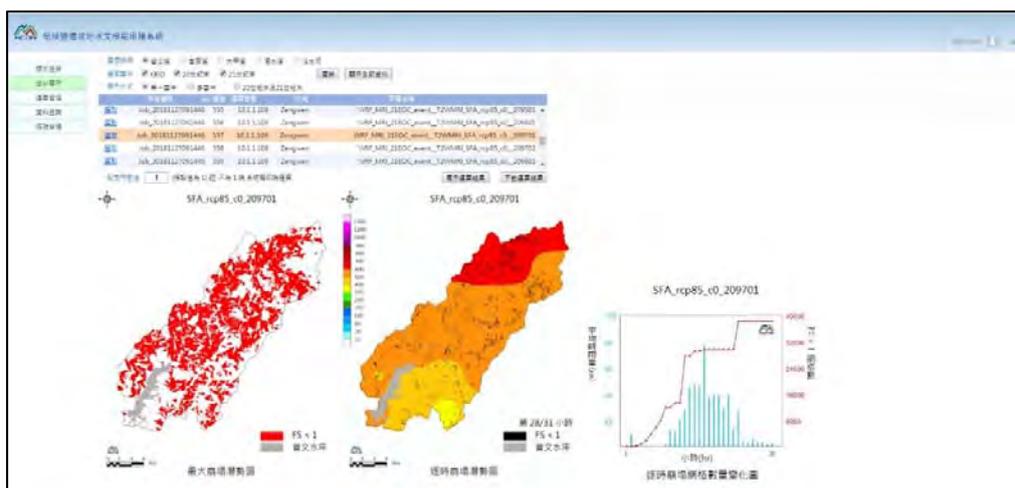


圖 18、 模擬結果展示畫面

## 6.4 模擬結果

為了解氣候變遷對於曾文溪上游集水區之崩塌潛勢影響，應用 AR5 氣候變遷資料來進行崩塌潛勢模擬。20 世紀末有 166 場事件，而 21 世紀末則有 169 場事件，以前 10% 的事件代表極端颱風事件，故 20、21 世紀末前 10% 事件皆是選取以總雨量排名的前 17 場事件，並透過 MMIS 系統來模擬曾文溪上游集水區在氣候變遷情境下的崩塌潛勢。

由於 TRIGRS 模式是以時雨量來模擬崩塌潛勢，故可透過每小時的網格的安全係數值來了解整個降雨事件的崩塌潛勢變化。並將安全係數小於 1 的網格轉換為斜坡單元，來評估集水區中崩塌潛勢的分布。

20 世紀末總雨量排名 TOP1 事件，其降雨延時為 109 小時，總雨量達 1190.6284 mm，21 世紀末 TOP1 事件的降雨延時為 73 小時，總雨量則高達 2193.7322 mm，由二者的模擬結果來看，可發現除了崩塌率約差 5% 外，降雨事件所呈現的崩塌潛勢變化也有所不同。以事件的逐時崩塌潛勢來看，20 世紀末 TOP1 事件約在第 20 小時開始出現極少量安全係數小於 1 的網格，至第 40 小時安全係數小於 1 的網格數目才迅速增加，到第 80 小時大致的崩塌潛勢分布已趨穩定，如圖 19 至圖 21 所示；而 21 世紀末 TOP1 事件則是於第 5 小時出現少量的安全係數小於 1 的網格，第 10 小時開始安全係數小於 1 的網格數目急增，在第 40 小時後崩塌潛勢近乎穩定，如圖 22 至圖 24 所示。造成事件的逐時、最大

崩塌潛勢差異的原因，除了二者總雨量約差 1000 mm 外，21 世紀末 TOP1 事件的降雨型態較 20 世紀末是屬於短延時強降雨的型態。另外，由二者的累積降雨量分布及最大崩塌潛勢，如圖 25 及圖 26 所示，可發現降雨量較多的地方的確會出現較明顯的崩塌潛勢，如 21 世紀末 TOP1 事件在曾文溪上游集水區上下兩端的降雨量較 20 世紀末 TOP1 事件大，上端的南庄層、下端的糖恩山砂岩及隘寮腳層皆有較多的崩塌潛勢分布，藉由此結果也能再次確定本研究所建立的模式的確可反應出降雨對坡面穩定性造成的影響。

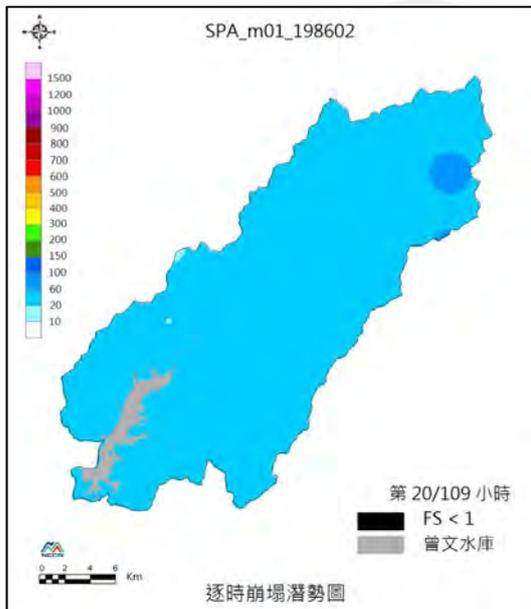


圖 19、20 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 20 小時

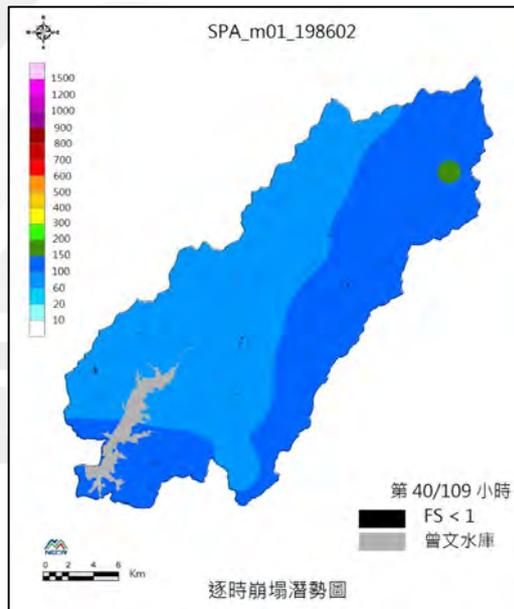


圖 20、20 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 40 小時

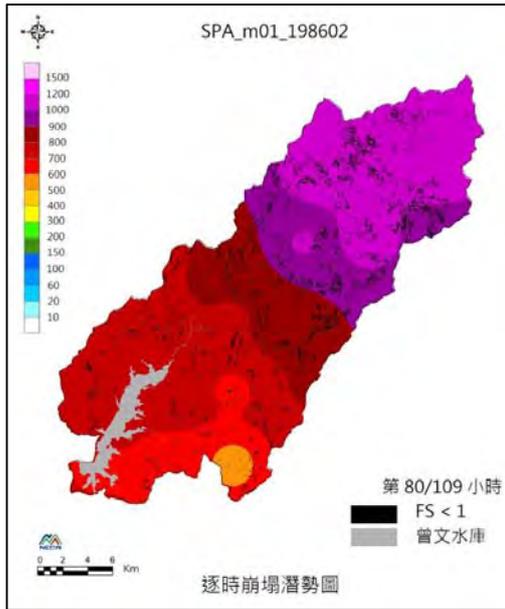


圖 21、20 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 80 小時

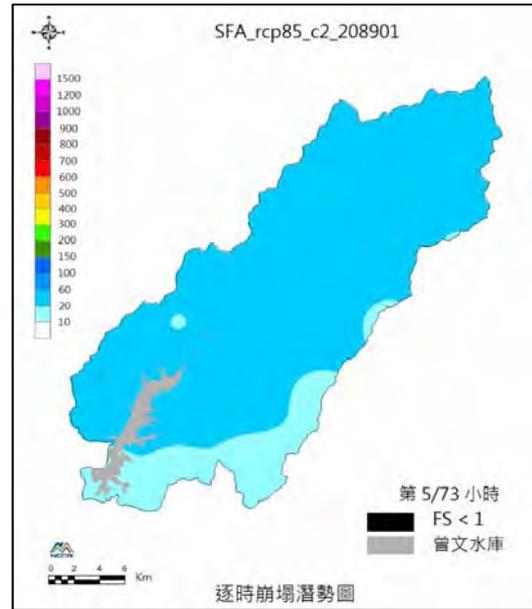


圖 22、21 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 5 小時

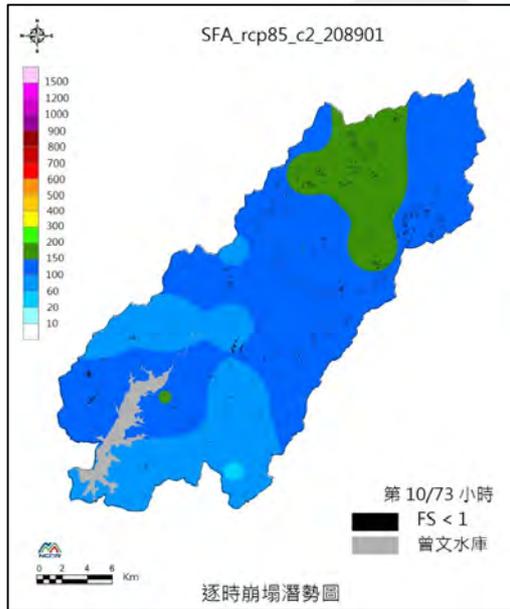


圖 23、21 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 10 小時

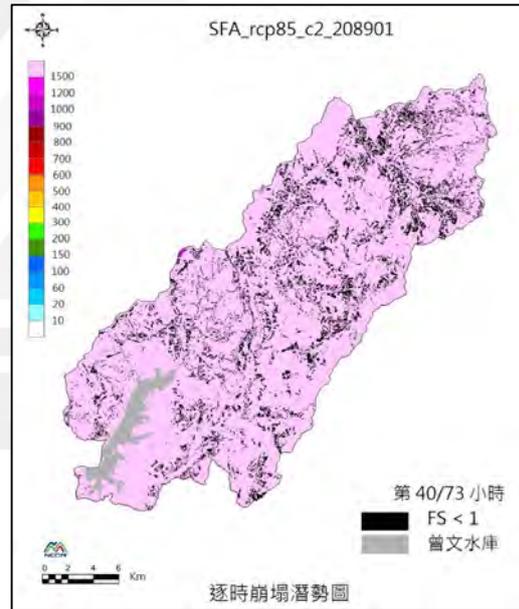


圖 24、21 世紀末逐時崩塌潛勢圖-第 40 小時

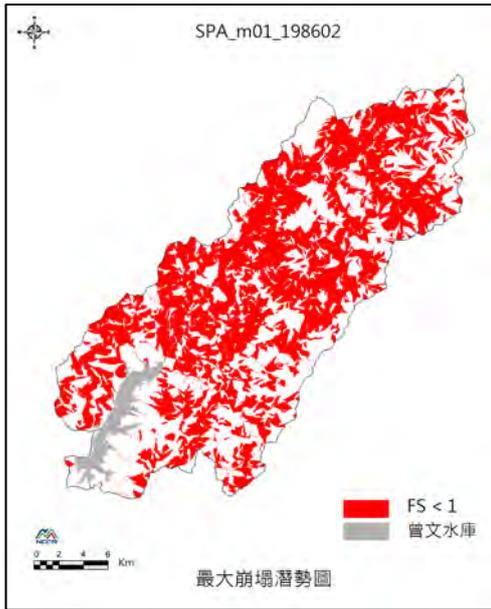


圖 25、20 世紀末最大崩塌潛勢圖

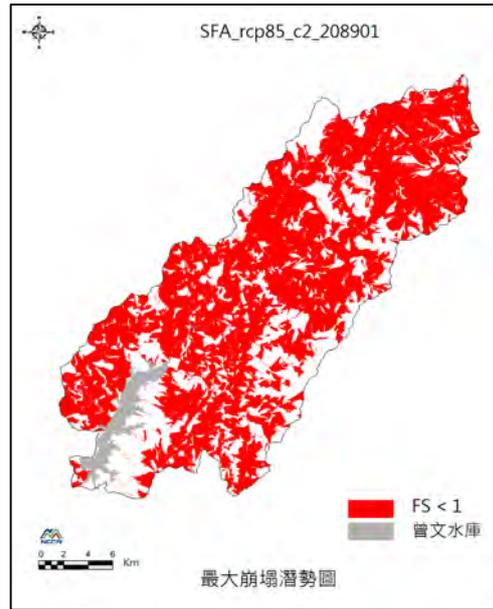


圖 26、21 世紀末最大崩塌潛勢圖

前 10% 事件的模擬結果顯示，20 世紀末前 10% 事件的平均崩塌率約為 5.1%，而 21 世紀末則約為 9.1%，如圖 27 所示。相較於 20 世紀末，21 世紀末的崩塌率約是增加 4%。綜合前述，20、21 世紀末 TOP1 事件及前 10% 事件的模擬結果皆表示在氣候變遷情境下曾文溪上游集水區的崩塌情況有更加嚴重的趨勢。

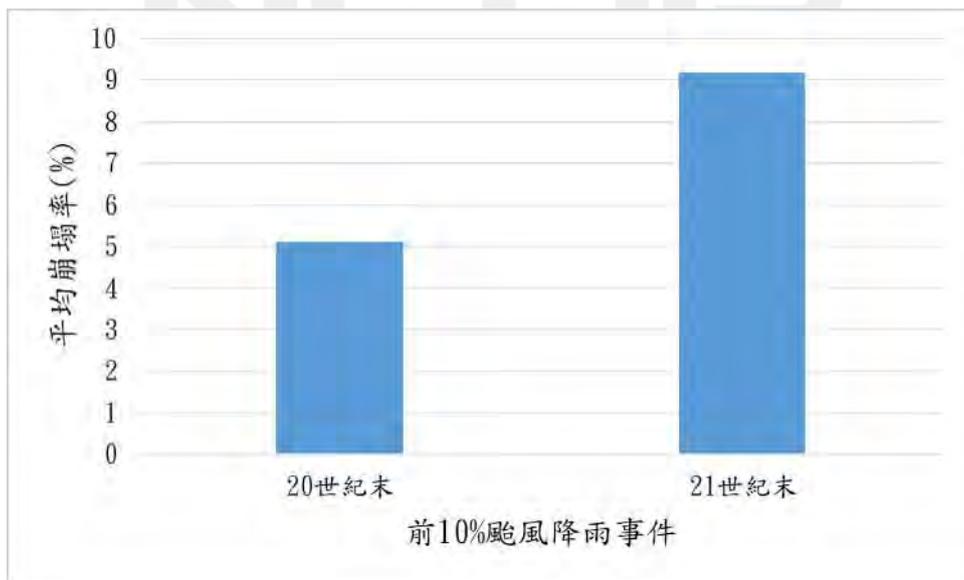


圖 27、20 及 21 世紀末前 10% 的平均崩塌率

## 6.5 小結

選用美國地質調查所(USGS)開發的 TRIGRS 數值模式來模擬氣候變遷下曾文溪上游集水區之崩塌潛勢。以研究區之地形資料、土層資料及土壤水文資料建置模式的基礎參數，並透過 2005 年海棠、2007 年柯羅莎及 2008 年辛樂克 3 場颱風事件調校參數，建立正確率達 70%的模式。由於氣候變遷資料會隨著偏差校正方法及系集分群的不同，而衍生出巨量的颱風事件資料，且考量 AR6 資料的更新，因此，為因應未來大量模擬之需求，開發多模式與多資料整合系統(MMIS)，TRIGRS 模式為其中之一。挑選 20 世紀末及 21 世紀末總雨量排名前 10%事件代表極端颱風事件，來模擬氣候變遷下曾文溪上游集水區的崩塌潛勢。模擬結果顯示 21 世紀末較 20 世紀末的平均崩塌率增加約 4%，代表在氣候變遷情境下曾文溪上游集水區的崩塌情形可能會有加重的趨勢。

## 第七章 結論與建議

本研究透過 MMIS 平台，將不同模式方法建立，藉此彙整不同坡地災害評估模式於同一平台上，以使未來進行氣候變遷坡地災害衝擊時，可在同一時間進行大量運算。重點結論如下：

1. 對於 MMIS 的系統的建置，首先考量了主要的災害衝擊評估模組，因而選取淹水災害以及坡地災害為主要運算模組的開發和建置，系統主要分為後台運算以及前台展示。其中，後台運算在坡地災害部分，包含統計、數值、經驗模式等，依據所選取的事件和欲運算的模式種類，能夠直接由雨量資料輸出來得到評估結果，大大降低一般坡地災害潛勢評估資料前處理之時間成本。前台展示則以成果展示為主，不同模式考量需求，可套疊各式既有資料作為比較。

2. 經驗模式的模式建立，以石門水庫集水區以及新店溪集水區為主。經驗模式的運算方式，透過崩塌面積、崩塌數量、崩塌最大面積等資料，以及極端事件的延時、總降雨量、降雨強度等因子之關聯性建立。透過 MMIS 的平台運算，除了大量運算不同場次的崩塌率、崩塌最大面積之外，可進一步以盒鬚圖展現各情境的崩塌潛勢趨勢，並比較 20 世紀末以及 21 世紀末的差異狀況。

3. 羅吉斯迴歸分析的模式建置，以石門水庫集水區為主。透過前期研究成果，得到石門水庫集水區崩塌潛勢之評估公式，可運算極端降雨發生時，石門水庫集水區的崩塌潛勢、崩塌率、及其分布的狀況。將該公式建置於 MMIS 系統之

內，可快速運算每個網格的潛勢，並套疊石門水庫集水區之較嚴重的歷史事件崩塌地分布，比較該事件與極端歷史事件崩塌地分布的差異。

4. 數值模式的評估與模式建置，以曾文溪上游集水區為主。依據過去的技術研發，將歷年崩塌率概念與參數分類結合，透過該方式所得到的參數分類，能得到更精確的評估結果。將雨量資料與修正後參數建置於模式工具平台之中，可減少資料前處理時間，並快速運算獲得評估結果。套疊運算結果並設立崩塌潛勢門檻值，可有效比較崩塌潛勢受到降雨變化的影響趨勢改變。



## 參考文獻

- 中央地質調查所，2011，易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置—集水區水文地質對坡地穩定性影響之調查評估計畫(1/3)，經濟部中央地質調查所。
- 李錫堤、費立沅，2011，山崩災害分析與廣域製圖，地工技術，129: 67-76
- 吳亭燁、魏曉萍、陳偉柏、李欣輯、陳永明、蘇元風、劉俊志、施虹如、葉克家，2013，氣候變遷極端颱風豪雨事件之坡地、河川、都會以及海岸之衝擊評估，NCDR102-T19
- 李欣輯、吳亭燁、魏曉萍、施虹如、蘇元風、陳偉柏、劉俊志、陳永明，2014，氣候變遷極端颱風豪雨於高屏溪之全流域災害衝擊評估，NCDR103-T18
- 李欣輯、施虹如、吳亭燁、趙益群、陳偉柏、鄭兆尊、陳淡容、張駿暉、陳永明，2015，氣候變遷於世紀末對濁水河流域之災害損失量化評估，NCDR104-T09
- 李欣輯、趙益群、吳亭燁、施虹如、蕭逸華、鄭兆尊、陳淡容，2016，暖化情境下極端颱風洪災害風險評估與減災調適\_以大甲河流域為例，NCDR105-T30
- 李欣輯、吳亭燁、陳麒文、鄭兆尊、童裕翔，2017，暖化情境下極端颱風洪災事件之坡地災害衝擊評估：以大漢溪及新店溪集水區為例，NCDR106-T09
- 施虹如、吳亭燁、蘇元風、劉哲欣、李欣輯、陳永明、張志新，2015，極端降雨

事件下淺層崩塌潛勢衝擊評估分析，工程環境會刊，34: 77-96

陳則佑，2011，應用點估法與 TRIGRS 程式分析奧萬大道路邊坡之破壞機率，國立中興大學水土保持學系，碩士論文。

國家災害防救科技中心，2012，100 年坡地土砂災害衝擊評估，國家災害防救科技中心技術報告，NCDR 100-T36

譚志豪、陳憶璇、冀樹勇，2009，以定率法評估集水區山崩臨界雨量，中興工程季刊，105，5-16

- Baum, R.L., Savage, W.Z., and Godt, J.W., 2008, TRIGRS - A fortran program for transient rainfall infiltration and grid - based regional slope-stability analysis, Version 2.0. USGS Open File Report 08-1159
- Emanuel, K, 2005, Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years, *Nature*, 436: 686-688
- Gioia, E., Speranza, G., Ferretti, M., Godt, J.W., Baum, R.L., Marincioni, F., 2014, Using the TRIGRS model to predict rainfall-induced shallow landslides over large areas, EGU General Assembly 2014, 27 April - 2 May, 2014 in Vienna, Austria
- Ishihara, Y., Kobatake, S., 1979, Runoff Model for Flood Forecasting, *Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto University*, Vol. 29, Part 1. NO.260
- Liao Z., Hong Y., Kirschbaum D., Adler R.F., Gourley J.J., and Wooten, R., 2011, Evaluation of TRIGRS (transient rainfall infiltration and grid-based regional slope-stability analysis)'s predictive skill for hurricane-triggered landslides: a case study in Macon County, North Carolina. *Nat Hazards*. 58:325339
- Mizuta, R., Yoshimura, H., Murakami, H., Matsueda, M., Endo, H., Ose, T. Kitoh, A., 2012, Climate Simulations Using MRI-AGCM3.2 with 20-km Grid, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 90A(0), 233–258
- Osanai, N., Shimizu, T., Kuramoto, K., Kojima, S., Noro, T., 2010, Japanese early-warning for debris flows and slope failures using rainfall indices with Radial Basis Function Network, *Landslide*, 7(3): 325-338

書名：暖化情境下坡地災害潛勢之境況模擬

發行人：陳宏宇

出版機關：國家災害防救科技中心

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電話：02-8195-8600

報告完成日期：中華民國 107 年 12 月

出版年月：中華民國 108 年 01 月

版 次：第一版

非賣品



地址：23143新北市新店區北新路三段200號9樓

電話：++886-2-8195-8600

傳真：++886-2-8912-7766

網址：<http://www.ncdr.nat.gov.tw>