探討基於事件型崩塌目錄建立河道出流點不安定土砂潛勢快速評估法之可行性

莊承穎[1、2]、詹婉妤[1]、陳振宇[1]
(1) 行政院農業委員會水土保持局、(2) 財團法人農業科技研究院

摘　要

莫拉克風災後，大量不安定土砂分布在山區邊坡與河道上，遇上強烈豪雨時可能會轉換成土石流或崩塌等形式的土砂運移，並危及下游的住戶與重要公共設施。然而，不安定土砂多分布於山坡地集水區，調查和分析相當費時費力。為加速管理不安定土砂災害的目標，本研究彙總了2006年至2022年事件型崩塌目錄中各年度的新生崩塌面積和共計17年的崩塌發生頻率，並以QPESUMS網格建立全台各網格的地文脆弱度指標。再透過全島數值地形模型擷取中央和縣市管河川與道路交會處的河道出流點 (共1,141處)，及其集水區之地理資訊，建立不穩定土砂潛勢的快速評估法，以快速找出「可能受集水區不穩定土砂影響之高風險河道出流點」，作為後續進一步分析是否致災的研究目標。結果顯示，本研究提出之快速評估法能有效分類河道出流點的風險值，且風險值分群結果與BigGIS所蒐集的衛星影像顯示的情況相符，對於快速篩選不安定土砂風險集水區之應用上具有一定的參考價值。

關鍵字：不安定土砂、地文脆弱度、事件型崩塌目錄

Feasibility of Establishing a Rapid Assessment Method for Unstable Sediment Potential in River Outlet by Landslide Event Catalog

Cheng-Ying Chuang[1, 2]、Wan-Yu Chan[1]、Chen-Yu Chen[1]
(1) Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan、(2) Agricultural Technology Research Institute, R.O.C

Abstract

Since Typhoon Morakot, large amounts of unstable sediment have been deposited on slopes and riverbeds in mountainous areas, posing a threat to downstream residents and critical public facilities in the form of sediment transport, such as debris flows, during heavy rainfall. However, investigating and analyzing the widely dispersed unstable sediment in watersheds is time-consuming and laborious. To manage the risk of unstable sediment disasters more effectively, this study summarized the area and frequency of new landslides in the landslide event catalog from 2006 to 2022 to establish the physiographic fragility index for each QPESUMS grid in Taiwan. Furthermore, by using the digital terrain model, the study extracted the geographical information of 1,141 river outlets at the intersection of central and county authority's rivers and roads in slopeland, and established a rapid assessment method for unstable sediment potential. This method allows for the quick identification of "high-risk river outlets that may be affected by unstable sediment in the watershed" as the priority target for subsequent analysis. The results demonstrated that this study could effectively classify the risk level of river outlets, and the risk level grouping was consistent with the satellite images collected by BigGIS, providing valuable reference for future planning and management.

Keywords: Unstable sediment, Physiographic fragility index, Landslide event catalog

探討基於事件型崩塌目錄建立河道出流點不安定土砂潛勢快速評估法之可行性

莊承穎[1] [2] * 陳振宇[1] 詹婉妤[1]

[1] 水土保持局技術研究發展小組
[2] 財團法人農業科技研究院

RTDT 技術研究發展小組 Research and Technology Development Team

前言

- 不安定土砂係指集水區內坡面或河道上，屬暫態平衡或不穩定平衡狀態下之殘坡或河道堆積之大量土砂；在如降雨、地震等一定條件誘發下，其土砂運移行為將造成中下游土砂災害。
- 由於不安定土砂之調查非常耗時費力，為快速掌握各集水區不安定土砂潛勢，本研究將全臺分割為21,000個QPE網格(解析度1.3km×1.3km)，並使用17年的事件型崩塌目錄以「新生崩塌面積」及「崩塌次數」為指標設定全臺各網格的地文脆弱度，再透過全島20m DEM擷取集水區之不安定土砂出流口及其相關地文資訊，建立不安定土砂潛勢快速評估法。

材料與方法

地文脆弱度(Physiographic fragility)

- 為能反映各年度的新生崩塌情形，使用水土保持局之開放資料2006~2022事件型崩塌目錄圖層，作為各網格歷年是否發生新生崩塌之評估基準。
- 以QPE網格切割後(圖1)，分別統計各網格於2006~2022年間的崩塌次數及ln(平均新生崩塌面積)之平均值 (μ) 及標準差 (σ)，利用μ及一倍σ來分級各QPE網格之脆弱度(表1及圖2)，以矩陣方式將地文脆弱度分為低、中、中高、高及極高脆弱度(圖3及圖4)。

圖1、QPE網格內各年度新生崩塌面積計算方式

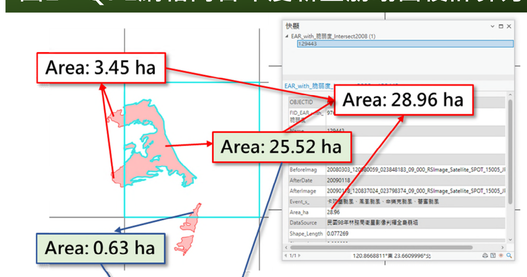


表1、崩塌事件參數統計表

ln(平均新生崩塌面積)	
平均值 μ	10.30
標準差 σ	1.56
$\mu+\sigma$	11.83
$\mu-\sigma$	8.71
崩塌次數	
平均值 μ	2.18
標準差 σ	1.29
$\mu+\sigma$	3.47
$\mu-\sigma$	0.89 (調整為1*)

*調整合理分級的參數值
(不計未曾發生崩塌之網格)

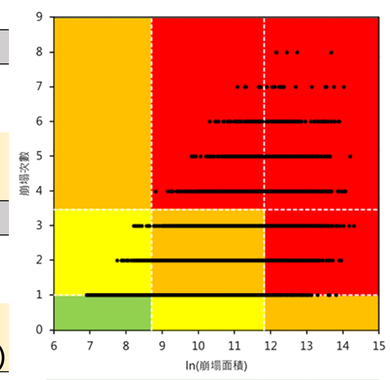


圖2、地文脆弱度分級矩陣

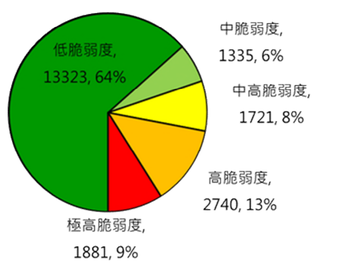


圖3、地文脆弱度分級圓餅圖

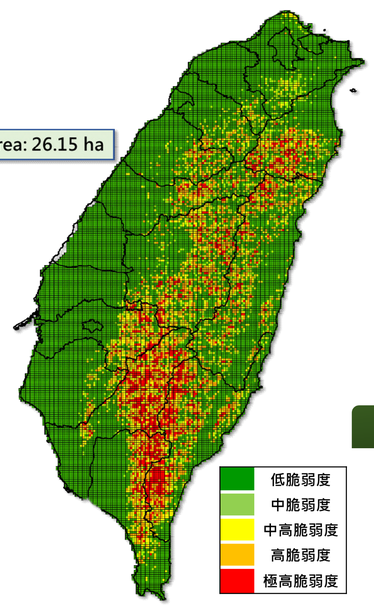


圖4、地文脆弱度分布圖

不安定土砂出流點(河道出流點)

對照中央及縣市管河川主支流，於集水面積400公頃以上之DEM流路圖上標定不安定土砂出流點(圖5及圖6)。

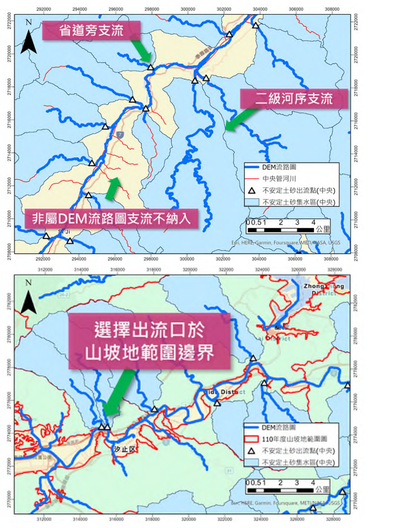


圖5、不安定土砂出流點選點示意圖

出流點計1,218處

中央管河川：979處

縣市管河川：239處

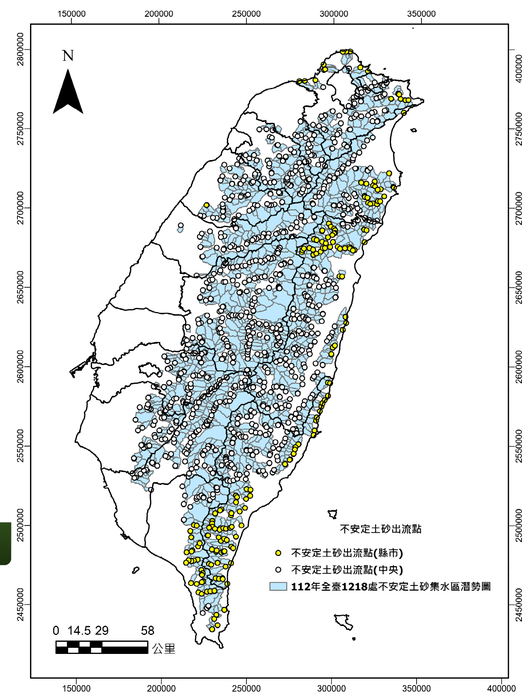
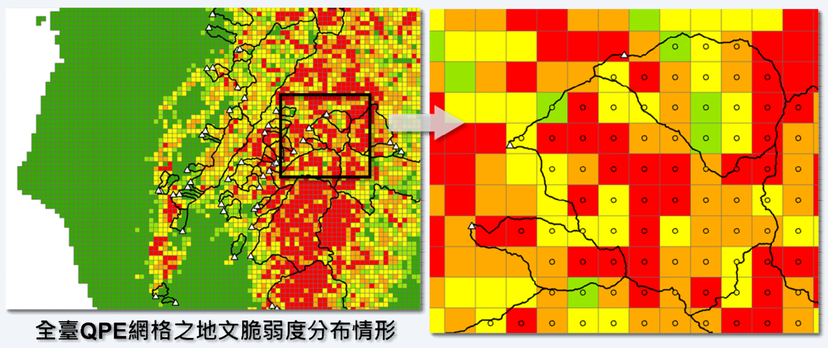


圖6、不安定土砂出流點及集水區分布圖

不安定土砂潛勢快速評估法

地文脆弱度坐標化

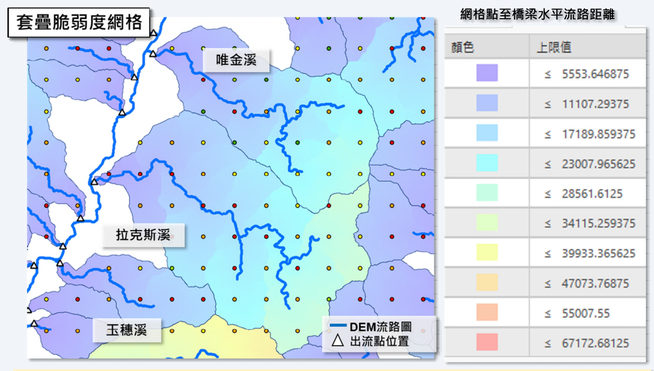
為統一後續以點分析脆弱度分布位置，取QPE網格中心點坐標為其代表位置，用以擷取該坐標點之地理資訊(圖7)。



全臺QPE網格之地文脆弱度分布情形

圖7、地文脆弱度網格轉換為坐標點資料

集水區資訊建構



1. 擷取各出流點及各網格點位置高程
2. 各網格點至該集水區出流點之水平流路距離

圖8、地文脆弱度網格坐標點套疊地理資訊

不安定土砂潛勢值(P)計算

定義：每個QPE網格之

不安定土砂潛勢值 = 土砂生產潛能*危害程度

土砂生產潛能：地文脆弱度(F_p)

危害程度(H_d)：高程差/流路距離 (△H/L)

不安定土砂集水區潛勢值 (P)

$$P=\sum_{1}^{n} F_p \times H_d$$

n：集水區內QPE網格數

各網格點編號	出流點名稱	脆弱度(F_p)	流路距離 (m)	各網格點高程 (m)	出流點位置高程 (m)	各網格點與出流點間高程差 (m)	各網格點不安定土砂潛勢值	
1548	玉穗溪	5	8,540	2,310	599	1,711	1.002	
1549	玉穗溪	5	7,289	1,865	599	1,266	0.868	
1550	玉穗溪	4	5,530	1,496	599	897	0.649	P=SUM(同一集水區)=3.837
1567	玉穗溪	3	4,686	1,725	599	1,126	0.721	
1568	玉穗溪	5	3,151	975	599	376	0.597	
1610	唯金溪	5	13,040	3,344	984	2,360	0.905	
1611	唯金溪	3	11,073	2,697	984	1,713	0.464	
1612	唯金溪	2	9,609	2,346	984	1,362	0.283	共17個網格點
1627	唯金溪	5	11,486	2,868	984	1,884	0.820	
...	...	...	...	...	...	...	...	
1654	唯金溪	2	3,190	2,195	984	1,211	0.759	
1528	拉克斯溪	5	19,006	2,613	658	1,955	0.514	
1544	拉克斯溪	3	18,060	3,103	658	2,445	0.406	
1545	拉克斯溪	4	17,291	2,404	658	1,746	0.404	共35個網格點
1546	拉克斯溪	4	13,675	2,479	658	1,821	0.533	
...	...	...	...	...	...	...	...	
1634	拉克斯溪	2	4,506	1,197	658	539	0.239	

※以玉穗溪鄰近不安定集水區為例

圖9、不安定土砂潛勢值 (P) 計算示意圖

結果與討論

- 統計1,218處不安定土砂集水區，屬高潛勢以上者312處(25.6%)，此結果可有效排除較低潛勢之出流點，以快篩優先關注之集水區 (表2) 。
- 大部分高潛勢以上集水區分布於山區，且17處極高潛勢值之集水區皆位於中央管河川流域(圖10)。

表2、不安定土砂集水區潛勢分級表

潛勢分級	P值	分群	各分級數量		
			中央管河川	縣市管河川	總計
低	0 ~ 0.5	1	197	47	244 (20.0%)
中	0.5 ~ 1.5	2	216	60	276 (22.7%)
中高	1.5 ~ 3.5	3	309	77	386 (31.7%)
高	3.5 ~ 10	4	240	55	295 (24.2%)
極高	>10	5	17	0	17 (1.4%)
合計			979	239	1,218 (100%)

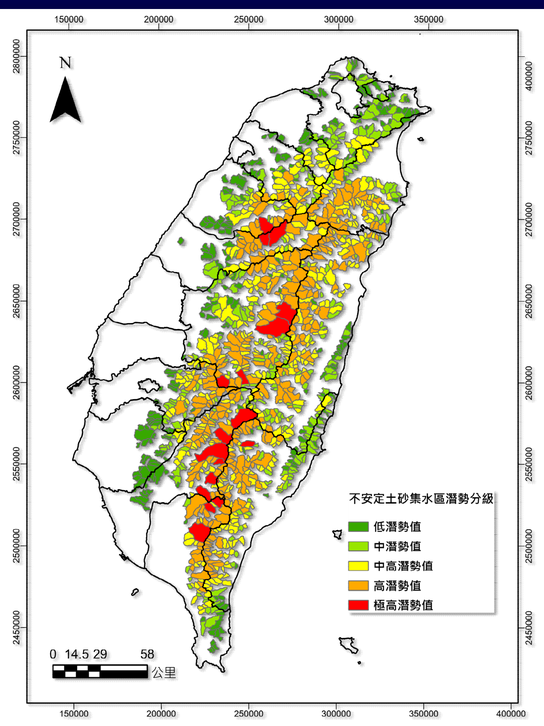


圖10、不安定土砂集水區潛勢程度分布情形

- 透過BigGIS比對2022/09/27 Sentinel-2影像判釋之裸露地，計算各不安定土砂集水區之崩塌率，極高潛勢集水區崩塌率皆大於1%，可看出分群方法實具參考價值，可作為快篩集水區之依據(圖11)。

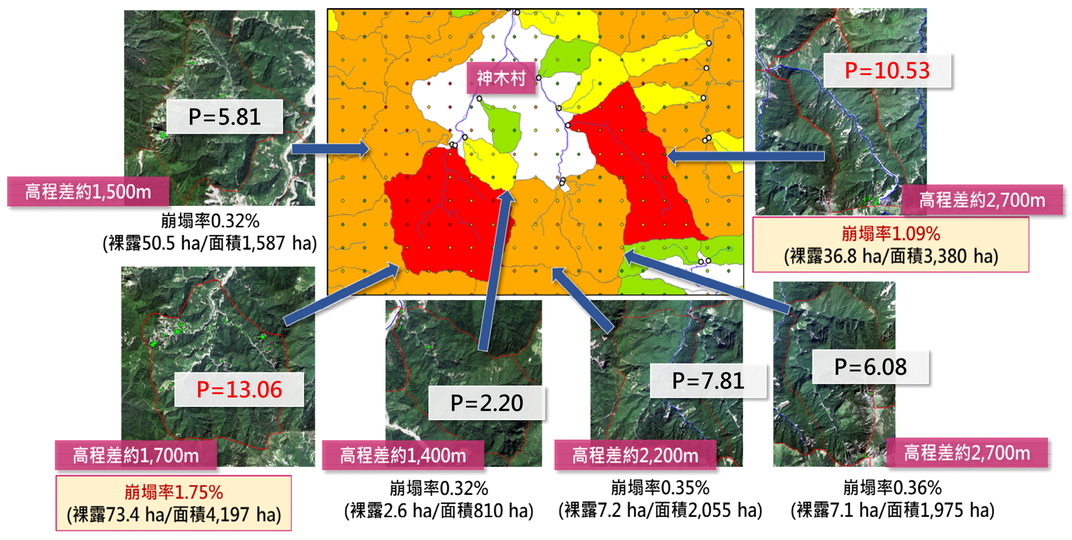


圖11、以Sentinel-2單期數化分析裸露地面積 (以神木村為例)

結論與建議

- 經評估高潛勢以上不安定土砂集水區共312處，佔全部分析單元25.6%。經比對衛星影像後，與判釋之集水區崩塌率趨勢相近。
- 由於不安定土砂潛勢值P與集水區面積有關，亦即不安定土砂集水區面積愈大，可能承受較大的不安定土砂災害潛勢。
- 本法地文脆弱度指標僅能作為集水區不安定土砂之定期健檢，如需精確估算不定定土砂量體，尚須導入光達或衛星立體像對等技術。

BigGIS入口網