

既有山坡地社區環境地質災害風險指標之建立—以新北市新店區為例

Constructing Risk Index of Environmental-Geological disaster in Aged Hillside Residential Communities—taking Xindian Distinct as an Example

沈哲緯¹、冀樹勇¹、陳建忠²

C. W. Shen¹, S. Y. Chi¹ and C. C. Chen²

¹財團法人中興工程顧問社 防災科技研究中心

²內政部建築研究所 安全防災組

摘要

本研究採用 3S(GPS、GIS、RS)技術，評估新北市新店區 56 個既有坡地社區周緣環境地質災害風險指標。風險模型以環境地質災害潛勢(或稱破壞機率)FP 與後果指數 CS 之乘積函數構成。風險模式係利用判別分析法與貝氏定理求得破壞機率，並以評分表量化後果指數，加以結合計算風險指標，採用統計方法中的集群分析法進行風險分級，區分為第一類、第二類與第三類優先防治社區，提供主管機關進行詳細調查、監測管理及災害防治策略研擬之依據，期能防患於未然，減少災害發生時之損失。

關鍵字：遙測、環境地質災害潛勢、後果指數、風險指標。

ABSTRACT

With development of remote sensing(RS) and Geographical Information Systems(GIS) technique, the environmental-geological disasters in extensive area can be evaluated in a short time. In this study, a risk model constituted of failure probability(FP) and consequence score(CS) was developed. The proposed risk model is based on discriminant analysis and bayesian theorem to calculate FP. The CS is quantified in accordance with grade table of consequence factor. FP and CS can be combined to calculate the risk index in 56

Aged Hillside Residential Communities of Xindian Distinct. In addition, the use of statistical cluster analysis classifies the communities as high, medium and low risk classes. Based on the results from risk analysis, the several risky communities are investigated in order to verify the sensitive areas within those selected communities. Combined the risk assessment results with the investigated communities, current study provides risk maps to the authorities for the purpose of community-based disaster prevention programs and countermeasures development references.

Keywords : Remote Sensing, Susceptibility of Environmental-Geological disaster, Consequence Score, Risk Index

1. 前言

臺灣地區山坡地及山地佔全島面積約 74%，平地土地資源受限，故山坡地之開發利用無可避免，自民國七十年代以後，大規模山坡地社區開發案陸續出現。因此，如何透過坡地社區鄰近之環境地質災害調查與評估，進行坡地社區之風險分級，作為後續主管機關進行詳細調查、監測管理及災害防治策略研擬之參考依據，期能防患於未然，減少災害發生時之損失，並將有限的資源做最有效之運用，此為未來坡地社區災害防治

之主要課題。

然而，傳統評估方式係透過專家學者以現地調查的方式，根據經驗對災害因子進行選擇及評分，不但需要大量的人力和物力，也無法在短時間內完成大區域之評估。近年資訊技術的快速進步，以往對於遙測影像與GIS技術所需高規格的電腦性能與大量儲存空間資料庫等資源，現在均能在個人電腦上輕易完成，故以遙測判釋與GIS技術進行坡地社區之環境地質災害評估應屬經濟可行的方法。其中遙測技術(Remote Sensing, RS)可於短時間內進行廣泛區域的環境地質災害偵測，若搭配潛在環境地質災害相關資訊(如崩塌地、土石流等資訊)，輔以5m×5m高精度數值高程模型進行各種潛在因子分析，可初步鑑別坡地社區周圍之環境地質災害敏感區域，據此建立坡地社區環境地質災害風險指標，即可獲致各坡地社區風險分析成果，最後依據環境地質災害潛勢與後果指數進行風險分級，區分為第一類、第二類與第三類優先防治社區，並建議不同風險等級之管理方法，最後藉由專業人員攜帶GPS進行現勘，將社區內具有災害潛勢的地點定位，依其專業觀點針對災害潛勢區域提出因應對策，研究成果除可提供主管機關進行詳細調查、監測管理及災害防治策略研擬之依據外，亦可提供給社區民眾直接的防災資訊(內政部建築研究所，2009，以下簡稱建研所)。

2. 研究區域

本研究主要目的係建立坡地社區受環境地質災害影響下之風險指標，採遙測判釋技術與多變量統計方法，建立廣域適用的風險評估模型。研究區域以新北市新店區設置管委會且登記有案之56個坡地社區為目標，空間分布如圖1所示。以下就新北市新店區地理環境與地質構造進行簡單說明。

(1)地理環境概述

新店區位於新北市的南方，西邊緊鄰新北市土城區及三峽區，北邊鄰境新北市中和區及台北市文山區，東邊為新北市石碇區，南邊為烏來區，圖2為新店區之地形陰影圖。全市主要為丘陵地形，市內山巒疊起，地勢陡峻，地勢由南向北逐漸降低，以西南方加九嶺山標高989m最高。

經過數值高程模型統計新店區內的高程及平均坡度，高程小於100m且平均坡度小於5%約佔10.7%，高程小於100m且平均坡度大於5%約佔20.2%，高程高於100m的範圍約佔69.7%，故新店區有89.3%的範圍為法規所定義之山坡地(參考水土保持法第3條第1項第3款)。

新店區內之主要交通建設皆集中在新店區北部，大部分之建設為較晚期才完成，道路交通主要有台九線、台九甲線及國道三號通過，其中台九線(北宜公路)在雪山隧道尚未通車之前為台北通往宜蘭最主要的道路，而台九甲線為前往烏來的唯一道路，另國道三號經過新店北部並在設有新店及安坑兩處交流道。台北捷運在新店線於新店區內共設置大坪林、七張、新店區公所、小碧潭及新店等五站。

(2)地質概述

圖3為新店區地質圖，新店區位於地調所五萬分之一地質圖桃園及新店圖幅內，其所涵蓋的地層由老至新包括乾溝層、大桶山層、木山層、大寮層、石底層、南港層、南莊層、桂竹林層及沖積層。

斷層活動所引發的地震為促成邊坡破壞的主要因子之一，所以瞭解研究區域附近之活斷層分布相當重要，由研究區域中心半徑25km範圍內計有金山斷層、山腳斷層兩條活斷層，如圖4分布所示。以下針對二條活動斷層簡述如下：

a.金山斷層

又名新莊斷層。為逆移斷層，成東北走向。斷層由北海岸的金山向西南延伸，經大

屯火山群、台北盆地至山子腳西北方塔寮坑，長約 34km。此斷層僅知其錯移更新世地層，尚未有證據指示過去十萬年內曾活動，因此列為存疑性活斷層。

b.山腳斷層

為正移斷層呈北北東走向。斷層自關渡附近向南南西方向延伸至新莊，長約 11km。山腳斷層於距今六萬年前左右發生活動，因此定義為第二類活動斷層。

3. 研究方法與結果

(1)坡地社區環境地質災害類型及遙測影像判釋依據

與山坡地有關的環境地質災害類型有落石、岩屑崩滑、岩體滑動、土石流、順向坡、回填土區、河岸侵蝕與向源侵蝕等，這些災害對坡地社區之建物或工程設施可能造成直接的危害，有時候災害雖然發生於距離社區較遠之處，仍有可能影響到社區安全，例如土石流或是社區上邊坡塌塌等即是此類型災害。因此，進行環境地質災害遙測判釋時，不能只注意到社區範圍內之環境地質災害因子，應將足以影響到社區安危的環境地質災害因子都列入，才能通盤考量坡地社區受環境地質災害影響之風險程度。環境地質災害敏感區遙測判釋作業要點如表 1 所示(參考中央地質調查所，2002，以下簡稱地調所)。

(2)運用遙測影像與 GIS 技術進行坡地社區環境地質災害評估之執行概念

運用遙測技術進行坡地社區環境地質災害判釋範圍的概念如圖 5 所示(內政部建築研究所，2007~2009)，首先以衛星影像判釋坡地社區之廣域範圍及鄰近集水區之整體環境地質災害；其次對於坡地社區周緣約 1.5km 範圍內，則採用正射航空照片以及航照立體像對等方法進行環境地質災害判釋；最後對於坡地社區 150m 範圍內的細部工程設施則採用現地調查方式，其目的除了

檢核衛星影像與航空照片對於社區環境地質災害判釋成果外，亦可建立坡地社區房建物與環境地質災害敏感區之空間關係，進而評估住戶可能受影響的程度與範圍，並提出因應對策供主管機關後續追蹤管理之用。

(3)風險指標建立方法與結果

本研究風險分析流程如圖 6 所示，本文風險分析程序僅適用於坡地社區周緣環境地質災害廣域評估使用，風險指標為一參考值，可提供坡地社區間環境地質災害危害風險相對程度上區隔參考，風險指標分析模型如下：

$$R = FP \times CS \quad (1)$$

其中，

R ：風險指標(Risk index)；

FP ：環境地質災害潛勢(Susceptibility of Environmental-Geological disasters)，即破壞機率(failure probability, FP)，屬條件機率；

CS ：後果指數(Consequence Score)。

潛在因子，即是社區周緣環境地質災害的潛在影響因子，本研究目前所採用的潛在因子主要是採用遙測影像判釋成果與地調所 91~95 年「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫」，結合 5m×5m 數值高程模型(DEM)，計算各項災害及敏感區與社區 150m 範圍的相互空間關係，作為後續風險分析的潛在因子。

潛在因子包括坡地環境地質因子、坡地環境地質災害敏感區及歷史地質災害事件三類，其中坡地環境地質因子包括坡度、順向坡、棄填土區、構造帶、河岸侵蝕、侵蝕溝；坡地環境地質災害敏感區包括落石、岩屑崩滑、岩體滑動及土石流等各類別環境地質災害的高或中敏感區；歷史地質災害事件則包括以往發生過落石、岩屑崩滑、土石流及岩體滑動等區位。經由現地查核確定新店區登記有案的 56 個社區範圍，計算各社區

150m 分析區(Buffer)與各潛在因子交集面積或長度，作為後續風險分析中計算潛在因子的環境地質災害潛勢之用。另外針對各社區範圍內數化的房建物與潛在因子進行空間分析，挑選出與潛在因子交集的房建物、道路長度，計算各房建物內的人口數、影響建物面積與影響道路長度，作為後續風險分析中災損分析使用，計算潛在因子示意圖如圖 7 所示。

本研究係以各潛在因子與社區交集面積(Intersection area, A_i)與各社區基地面積(Site area, A_s)比值乘上各因子權重後，即完成無因次化的工作。其中，交集面積與基地面積比值吾人稱為影響面積比(Affected area ratio, AAR)，因子權重係以各潛在因子母群體之變異係數(Coefficient of Variation, CV)視為各因子之影響權重，變異係數 CV 定義是量測相對於期望值之分散程度的量數，表示標準差佔期望值的百分比，通常小於 1，即標準差 σ 與平均值 \bar{x} 比值。上述方法即為本研究採用之無因次化(Dimensionless)方法，可以下式表示：

$$D = CV \times AAR = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times \frac{A_i}{A_s} \quad (2)$$

其中，D：無因次化數值；

AAR：影響面積比；

CV：變異係數。

(4)環境地質災害潛勢分析

環境地質災害潛勢主要是利用前述遙測判釋獲得之潛在因子為變數，分析社區周緣誘發環境地質災害之環境地質災害潛勢，分析上以遙測判釋之環境地質災害為自變數(X)，以歷史上各社區有無發生災害資料為應變數(Y)，使用多變量統計中的判別分析法(Discriminant Analysis)統計不同潛在因子組合之因子權重與先驗機率(Prior probability)，並同時求取馬氏距離(Mahalanobi's Distance)，以各因子組合之先

驗機率搭配馬氏距離，利用貝氏定理計算發生環境地質災害之驗後機率，此驗後機率屬條件機率(condition probability)，本研究將驗後機率視為環境地質災害潛勢，上述運算過程統計上稱為馬氏法的判別分析法。以下說明機率分析成果：

a.判別函數

本研究首先根據蒐集之報章雜誌、山崩目錄、環境地質圖與利用衛星影像進行崩塌地數化後，若社區與歷史災害有交集者，則視為有災害歷史組；若沒有與災害交集者，則視為無災害歷史者，據此原則將新店區 56 個坡地社區進行分類，以此兩分類目標進行環境地質災害潛勢分析，由於有災害歷史組與無災害歷史組樣本比例為 2:7，故採取亂數取樣方法取出代表性樣本進行訓練，且考量統計不偏估性，取出有歷史災害組與無歷史災害組樣本比例為 1:1 進行環境地質災害潛勢統計。根據考量的潛在因子，經無因次化後，採用免費統計軟體 R(<http://www.r-project.org/>)進行模式建立，R 軟體係美國貝爾實驗室創造的 S 語言所開發，本研究依據此軟體編撰判別分析及貝氏定理程式碼進行數值分析，並進行權重不偏估性(unbiasedness)分配，方可獲得如下式之判別函數：

$$\lambda = 0.121X_1 + 0.929X_2 + 0.000X_3 + 0.000X_4 - 6.497X_5 + 6.84 \\ - 0.055X_7 - 0.531X_8 + 0.000X_9 + 0.575X_{10} + 0.006X_{11}$$

(3)

其中， λ 為判別分數，即環境地質災害發生之潛勢值(即破壞機率)， X_1 是岩屑崩滑敏感區域交集面積， X_2 是舊崩塌交集面積， X_3 是落石敏感區域交集面積， X_4 是河岸侵蝕交集長度， X_5 是岩體滑動敏感區交集面積， X_6 是順向坡區交集面積， X_7 是棄填土區交集面積， X_8 是土石流敏感區域交集面積， X_9 是向源侵蝕交集長度， X_{10} 是構造線交集長度(含斷層與褶皺長度)， X_{11} 是坡度 >30 度之陡坡交集面積。上述 $X_1 \sim X_{11}$ 為已進

行無因次化之潛在因子值。

根據判別函數(3)式，可計算得各坡地社區之判別分數，以先驗機率與馬氏距離為基礎，採用貝氏定理求得環境地質災害潛勢，並以最佳擬合方法(best fit)進行判別分數與環境地質災害潛勢迴歸，擬合曲線如圖 8 所示，擬合迴歸式如下式：

$$FP = 1 - \exp(-0.849 \times \lambda^{2.321}) \\ = 1 - \exp\left[-0.849 \times \left(\sum_{j=1}^{11} w_j X_j\right)^{2.321}\right] \\ R^2 \approx 0.98 \\ (4)$$

其中， FP ：環境地質災害潛勢(或稱破壞機率)， w_j 為各因子權重， X_j 為各因子無因次化數值。

b.分類誤差矩陣

本研究利用判別函數將各社區進行分類後，即可得知坡地社區樣本預測為有歷史災害組與預測無歷史災害組個數，其預測準確率的方式可由分類誤差矩陣表(Classification error matrix)來表示。本研究採用 Keefer(2000)建議，將災害預測準確率區分為「有歷史災害組準確率」、「無歷史災害組準確率」與「總體準確率」，其中有災害組準確率是正確分類為有災害組之坡地社區數佔實際發生災害的比例；無災害組準確率為正確分類為無災害組之坡地社區數佔實際未發生災害的比例；總體準確率表示正確分類為有災害組與無災害組之坡地社區數量佔實際坡地社區總數的比例。結果顯示預測為有發生災害之坡地社區準確率高達約 83.3%，無發生災害之坡地社區準確率為 97.7%，總體準確率也達到 94.6%，顯見本分析模式對於坡地社區環境地質災害發生鑑別能力頗佳。

c.工作特徵曲線

工作特徵曲線(Receiver Operator Characteristic curve, ROC 曲線)為 1988 年由

Swets 所提出，ROC 曲線的主要意義為表示分析模式之正確程度，實際操作可由分類誤差矩陣表中判釋錯誤所佔的比例為 X 軸與判釋正確所佔的比例為 Y 軸所繪出的曲線。若判釋正確的比例越高而判釋錯誤的比例越低，則曲線的切線斜率則越高，即曲線下的面積(簡稱 AUC)越大，表示此分析模式呈現了較佳之結果，根據上述模式分析成果製作 ROC 曲線如圖 9，並以信賴區間為 95% 的條件下，進行 AUC 上下限與面積標準差的統計，結果如表 2。

d.模式解釋力

本研究以模式的正典相關係數(Canonical correlation coefficient)檢定模式因子的解釋能力，其值越高，則代表模式解釋能力越佳，正典相關係數為特徵值的函數。結果顯示，由統計結果得知本模式具有高達 100% 的變異數解釋能力，而正典相關係數為 0.819。由此可知，兩個統計量皆顯示本模式對坡地社區因環境地質因子造成災害之預測，具有高度的解釋能力。

e.統計顯著性檢定

多變量統計顯著性檢定常以 Wilk's lambda 的統計量表示，係定義為組內離均差平方和與總離均差平方和比值，亦可推導為與共變異矩陣特徵值呈反比型式。Wilk's Lambda 是一個「反向量數」，值愈小表示有愈高的區別力。由分析結果表 3 顯示，值愈小表示有愈高的區別力，由表中結果顯示，卡方檢定，則拒絕虛無假設 H_0 ，可稱模式為顯著，而 Wilk's lambda 結果為 0.309 小於 0.5，代表本模式具有頗佳的區別能力。

f.環境地質災害潛勢圖

待統計檢定通過後即可將研究區域各坡地社區受環境地質災害影響之環境地質災害潛勢值展繪成圖，即代表各坡地社區受環境地質災害影響下再次誘發災害發生的潛勢高低，環境地質災害潛勢空間分布圖如圖 10 所示。

(5)後果指數分析

後果指數方面，本研究蒐集戶政單位人口數資料、建築物建造成本與道路修復成本，根據環境地質災害與建築物、道路交集面積評估可能損失金額及影響人口數，評估方法以後果指數評分表量化計算。

一般來說，坡地社區受環境地質災害的後果分析主要為人口及建物設施影響兩部分，本研究定義此二者影響相加即為後果指數。本研究參考臺北市政府建設局(2004)建議影響人口數建議影響人口數的權重取60%、而建物設施影響權重為40%，故二者之權重比值為3:2。影響人口數主要考量因素為固定人口數，建物設施影響主要考量因素為房屋及交通設施兩部份。

a.影響人口數評分

本研究將受災人口依區位分為「歷史災害區」或「環境地質敏感區」兩種進行評估，將兩區位以不同權重值進行計算分析，影響人口數分析採用評分表方式進行評估，其步驟乃由「環境地質災害影響範圍」與「社區房屋數化圖層」進行交集分析產生「篩選受影響的房屋數」後，進行「影響戶數估算」評估，再依照戶政事務所人口統計資料進行「影響人口數推算」，最後進行「災損分級與評分」，評分表如表4所示(建研所，2009)。

b.建物設施影響評分

建築設施影響評分本研究提出以評分表進行量化，一般須考量可能受損的建築設施種類區分為「一般建築」，「道路、橋樑、隧道」，「維生設施」，「其他重要設施」等四大類別。由於本研究以遙測影像判釋分析為基礎並考量坡地社區的特殊性，乃針對「房建物設施」與「交通設施」兩部份進行之建物設施損失評估，研究中針對損失成本資料進行蒐集，其中，建築物整建成本採用臺灣省建築師公會/臺灣建築全球資訊網所公告的「95年度臺北縣建築物總工程費單價參考

表」，道路災後的維修成本參考臺北市政府納莉颱風災後重建推動委員會「坡地防災組」總結報告，並考量近年營建物價漲幅約為3%至10%進行後果指數量化。建物設施影響評估的執行步驟簡述如下：

首先將「環境地質災害影響範圍」套疊於「房建物設施數化圖層」及「交通設施數化圖層」之上進行交集，產生「篩選受影響的房建物面積」後，再與「篩選受影響的交通設施長度」進行交集，即可利用蒐集成本資料進行「災損維修或重建成本估算」，再經由「災損分級與評分」獲知建物設施影響程度，評分表如表5所示(建研所，2009)。

c.後果指數計算

上述已求得影響人口數、建築物災損評估及交通建設災損評估成果，依臺北市政府建設局(2004)建議人口影響數的權重取60%，建物設施影響權重取40%，採(5)式進行後果指數運算，即可獲得受環境地質災害影響下之災損分布成果，本研究以後果指數表示，分析成果空間分布如圖11所示。

$$CS = [\text{影響人口數}(H) \times 60\% + \text{建物設施影響}(B + \bar{R}) \times 40\%] / 100 \quad (5)$$

其中，CS為後果指數；

H為影響人口數評分；

B為建築物災損評分；

\bar{R} 為交通設施災損評分。

(6)風險指標分析成果

風險分析模式將環境地質災害潛勢與後果指數結合計算求得風險指標後，以社區邊界為影響範圍，填入風險指標以漸層色塊呈現，如此即可得知環境地質災害潛勢與損失程度總體表現，本研究謂之為坡地社區環境地質災害風險指標圖，如圖12所示。

風險分級採用統計分類的集群分析法(Cluster analysis)進行分類，屬於非監督式分類法一種，即是統計上常用的K均值法(K-mean method)。本研究將各坡地社區之風險指標以K均值法進行分級，區分為三級風

險等級，即是第一類優先防治社區(高度關注)、第二類優先防治社區(中等關注)與第三類優先防治社區(持續關注)三類，風險分級成果如圖 13 所示。

4. 結論與建議

(1)結論

- a. 藉由不同尺度的遙測技術與搭配 GIS 圖資可協助判釋出社區內外潛在環境地質災害敏感區域，以目前坡地社區案例研究經驗顯示，初步認為運用遙測與 GIS 技術進行坡地社區環境地質災害敏感區域評估應是可行的。
- b. 藉由 GIS 及 RS 的室內判釋技術搭配 5m×5m 數值高程模型進行空間分析能針對社區進行廣域的瞭解，可預先發現重點之潛在環境地質危險區域。然而對於人工擋土構造物邊坡或棄填土區之安定狀況仍需仰賴現地調查始或穩定分析始能研判其安全性。但經由此方法已可節省社區現場找尋問題的時間，對於社區全面性安全體檢效率的提升有相當的幫助。
- c. 利用環境地質災害潛勢成果與實際發生過歷史災害的社區進行比對，其預測準確率約達 95%，其過程均符合統計檢定顯著性的要求；且模式預測正確能力與區別能力亦符合統計檢定要求，由各統計檢定結果顯示坡地社區環境地質災害潛勢分析模式可靠度頗佳。
- d. 本研究已初步擬定風險指標評估模式，且根據模式分析環境地質災害潛勢與後果指數，以其成果繪製新店區坡地社區環境地質災害風險指標圖，可提供相關主管機關綜觀了解社區受環境地質災害之影響程度，進行研擬不同風險分級之管理策略。

(2)建議

- a. 針對坡地社區之相關 GIS 基本資料目前尚無單位建置，建議主管單位可對坡地社區所在位置坐標、邊界範圍、房建物分布、公共維生設施、道路橋樑等進行 GIS 資料庫建置，尤其針對社區內外可能影響社區安全的擋土及排水設施等進行現況安全普查並建立安全屬性資料庫，定期進行複查，以利坡地社區災害的防治及未來發生坡地環境地質災害時，可供主管機關進行災害防治之決策與管理。
- b. 若以較高精度之環境地質圖進行坡地社區的風險評估應可得到更佳的評估效果。
- c. 5m×5m 高精度數值高程模型對於地形空間分布及環境地質敏感區的研判分析有很大的幫助，但對於人工擋土構造物邊坡的判釋效果仍未達完善，故建議往後進行坡地社區環境敏感區評估時須特別針對高陡擋土牆、人工棄填土邊坡等之航照立體對判釋工作，如此可大幅提升自然與人為環境地質災害的判釋準確度並降低現地調查的工作份量。

5. Acknowledgements 致謝

感謝內政部建築研究所提供計畫經費及技術協助得使本文順利完成，特此誌謝。對於參與本計畫之所有中興團隊同事亦一併致上最深謝忱。

6. References 參考文獻

1. Keefer, D.K.(2000). "Statistical Analysis of an Earthquake-Induced Landslide Distribution - the 1989 Loma Prieta, California Event", *Engineering Geology*, **58**, 231-249.
2. Swets, J.A., 1988, "Measuring the accuracy of diagnostic systems", *Science*,

240(4857), 1285-1293.

3. 土木技師公會(2003). “山坡地社區安全檢查表”。
4. 工業技術研究院(2004). “保護區臨界住宅區環境敏感邊坡安全檢查計畫，” 臺北市政府建設局委託研究報告。
5. 行政院農委會水土保持局(2003). “水土保持技術規範”。
6. 內政部建築研究所(2007). “山坡地社區災害防治技術之研究(一)—GIS、RS 科技應用坡地社區環境災害評估判釋準則建立之研究，” 內政部建築研究所委託研究報告。
7. 內政部建築研究所(2008). “山坡地社區災害防治技術之研究(二)—GIS、RS 科技應用坡地社區環境災害評估判釋準則建立之研究，” 內政部建築研究所委託研究報告。
8. 內政部建築研究所(2009). “山坡地社區災害防治技術之研究(三)—GIS、RS 科技應用於都會周緣坡地社區環境災害管理地理資訊系統建置，” 內政部建築研究所委託研究報告。
9. 經濟部中央地質調查所(2002~2006). “都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置計畫(1/5~5/5)—坡地環境地質災害調查研究，” 經濟部中央地質調查所委託研究報告。
10. 經濟部中央地質調查所(2008). “都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集及說明書，” 經濟部中央地質調查所製作。

表 1 環境地質災害敏感區遙測判釋作業要點(修改自地調所，2002~2006)

潛在因子	遙測判釋作業要點
落石	平均坡度 55 度以上之陡峭崖坡+塊狀岩層資料+裸露坡面及錐形堆積地形面。
岩屑崩滑	平均坡度在 55 度以下+坡面淺凹槽狀+長條型裸露區域+下方坡度平緩且具有崩塌堆積之特徵。
岩體滑動	馬蹄狀陡崖+崖坡上緣弧狀裂縫+畚箕狀凹陷地形+滑動體上段下陷地形、中段緩坡狀、下段隆起地形。
土石流	集水區崩塌地+下游的溪溝顯現出光亮+山溝或溪谷之谷口地區扇狀地形
順向坡	單面山、豚背脊等地形特徵+地層位態+坡度坡向數值高程模型資訊
回填土區	不協調地形及等高線變化+環境地質圖
河岸侵蝕	河流轉彎處外側之河岸攻擊坡+軟弱岩層如頁岩與泥岩或膠結極差之現代堆積物出露。
向源侵蝕	上游湯匙狀的凹坡地形特徵+溪谷源頭具有長條狀亮白蝕溝
高陡坡	坡度 > 30 度、落差 > 3m 以上
地質構造帶	區域地質圖+環境地質圖

表 2 環境地質災害潛勢模式可靠度結果

ROC 曲線 下面積 (AUC)	標準差	P 值	顯著 水準 α	信賴區間 95%	
				下限	上限
0.991	0.009	0.000<	0.05	0.972	0.991

表 3 環境地質災害潛勢模式統計檢定成果

Wilk's Lambda	卡方檢定	自由度	P 值 < 顯著水準 α
0.329	33.722	9	0.000 < 0.05

表 4 新店區坡地社區受環境地質災害影響人口數評分表(摘自建研所，2009)

受災區位類別	受影響戶數 (N)	受影響固定人口數 (P)=N×k (k為新店各里每戶平均人口數) 參考新店戶政事務所網站可知，區內各里皆以3人推估	受影響人數級距	級距配分	受影響區位人口損失評分
歷史災害區內 (H ₁)	蒐集社區歷史資料填入影響戶數	以戶政事務所人口統計資料推估歷史災害區內影響人口數(參考建研所，2009)	129 ≤ P	25	根據歷史災害區內影響人口數依照級距填入分數，並完整填寫新店區56個社區
			75 ≤ P < 129	15	
			31 ≤ P < 75	6	
			0 ≤ P < 31	4	
環境地質影響敏感區內 (H ₂)	根據遙測判釋獲致的環境地質災害因子範圍推算影響戶數	以戶政事務所人口統計資料推估環境地質影響敏感區內影響人口數(參考建研所，2009)	1290 ≤ P	25	根據環境地質影響敏感區內影響人口數依照級距填入分數，並完整填寫新店區56個社區
			750 ≤ P < 1290	15	
			310 ≤ P < 750	6	
			0 ≤ P < 310	4	
社區生命損失評分	H = (1.5×H ₁ +H ₂)/(25×1.5+25)=(1.5×H ₁ +H ₂)/62.5				

表 5 新店區坡地社區受環境地質災害影響
房屋與交通設施損失評分表(摘自建研
所，2009)

建築物類別	受影響建築物面積 A(m ²)或道路長度 L(m)	樓層數或道路寬度	重建維修單價 建築物：(元/m ²) 道路：(元/m)	各類設施損失總額 (仟元)	影響損失金額 總額(仟元)	嚴重程度配分	受影響建築物損失評分
房 建 物 B	別墅型 RC 結構	A1	F1	BS1=12,000	$BT = A1 \times F1 \times BS1 \times w1 + A2 \times F2 \times BS2 \times w2 + A3 \times F3 \times BS3 \times w3 + A4 \times F4 \times BS4 \times w4$	623,000 ≤ BT+RT	50
	公寓型 RC 結構	A2	F2	BS2=13,580		350,000 ≤ BT+RT < 623,000	30
	大樓型 RC 結構	A3	F3	BS3=16,300		201,000 ≤ BT+RT < 350,000	12
	大樓型鋼骨結構	A4	F4	BS4=23,900			
交 通 設 施 R	產業道路	L1	rw ≈ 6 m	rS1=173,000	$RT = L1 \times r_{t1} \times S1 \times 0.5 + L2 \times r_{t2} \times S2 \times 1.0 + L3 \times r_{t3} \times S3 \times 1.5$	0 ≤ BT+RT < 201,000	8
	縣道	L2	rw ≈ 12 m	rS2=346,000			
	省道	L3	rw ≈ 15 m	rS3=432,500			
社區建築物與交通設施災損評分	B+R=						

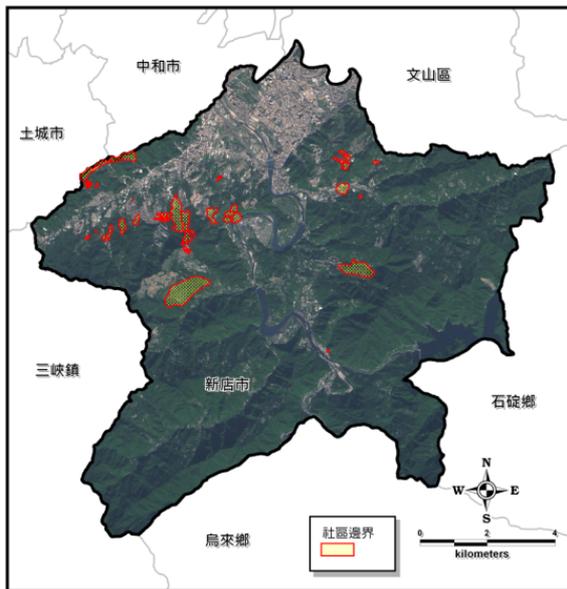


圖 1 新店區 56 個既有坡地社區分布圖
資料來源：內政部建築研究所(2009)[8]

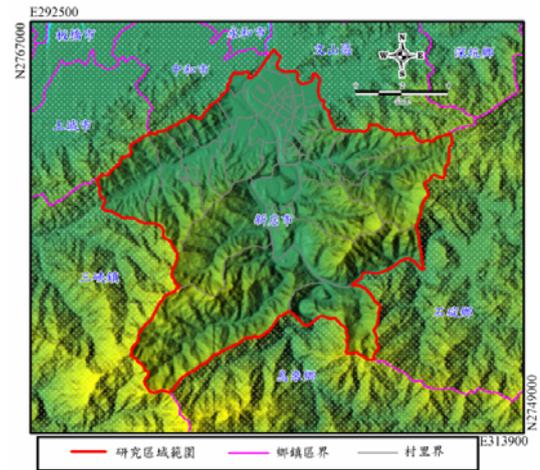


圖 2 新店區地形陰影圖

資料來源：內政部建築研究所(2009)[8]

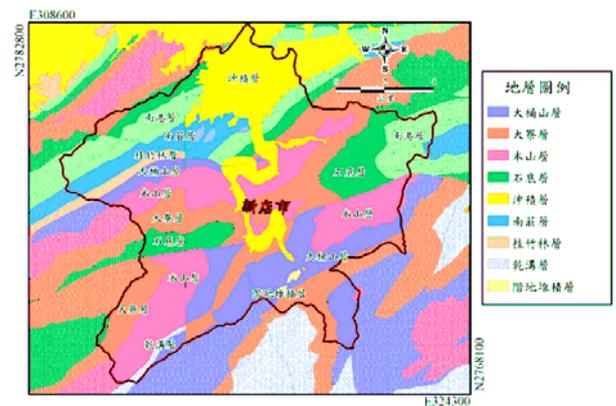


圖 3 新店地區地質圖(修改自中央地質調查所 1/50,000 地質圖，台北圖幅)

資料來源：內政部建築研究所(2009)[8]

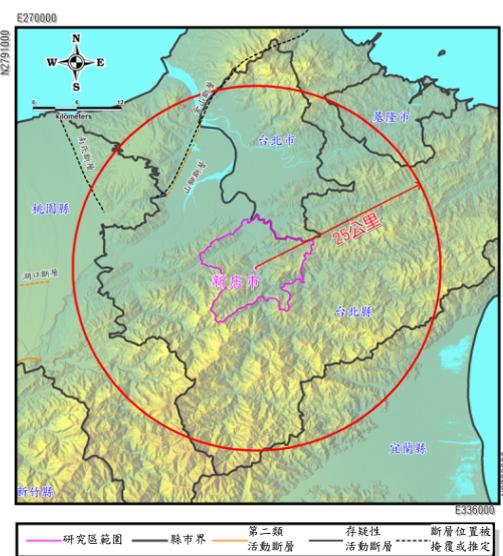


圖 4 研究區域 50km 範圍之活動斷層分布圖
(修改自中央地質調查所(2000)，1/500,000 臺灣活動斷層分布圖)



圖 5 遙測技術進行坡地社區環境地質災害判釋之適用範圍概念
資料來源：內政部建築研究所(2008)[7]

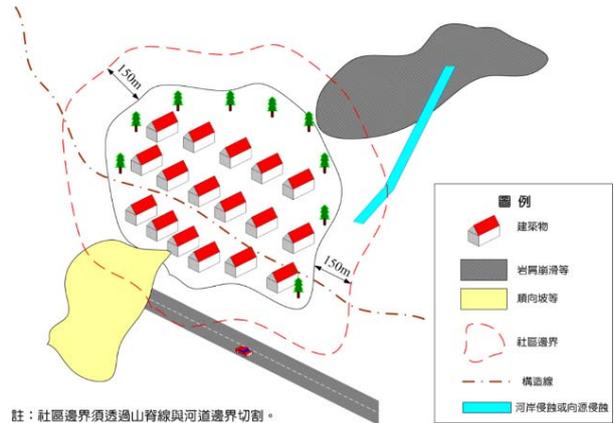


圖 7 環境地質潛在因子萃取示意圖
資料來源：內政部建築研究所(2008)[7]

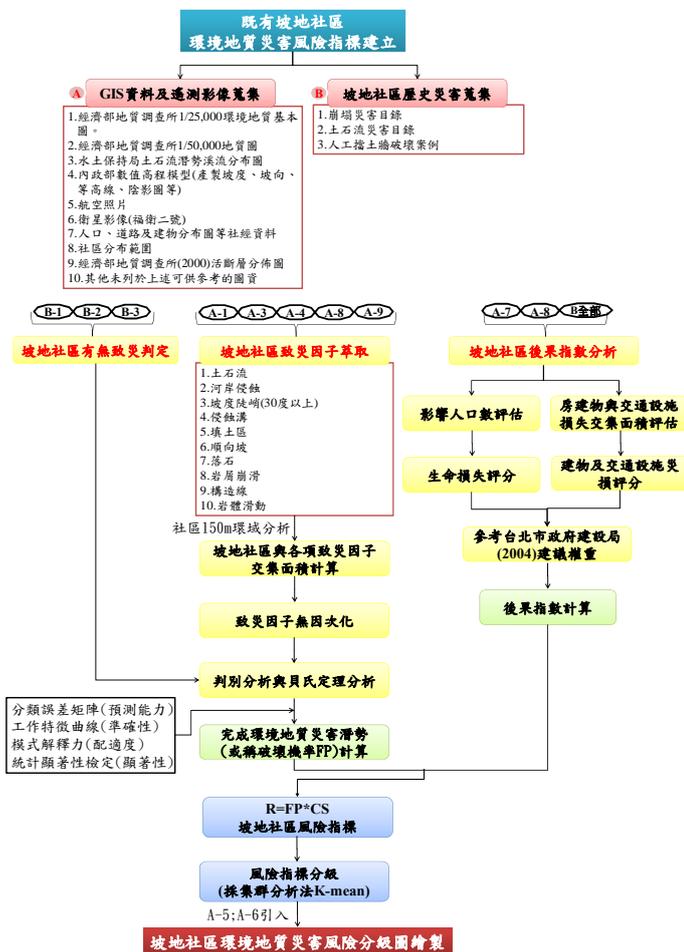


圖 6 風險指標建立流程

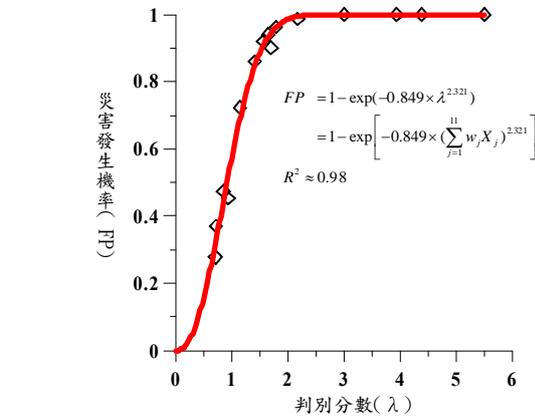


圖 8 判別分數與環境地質災害潛勢之擬合曲線

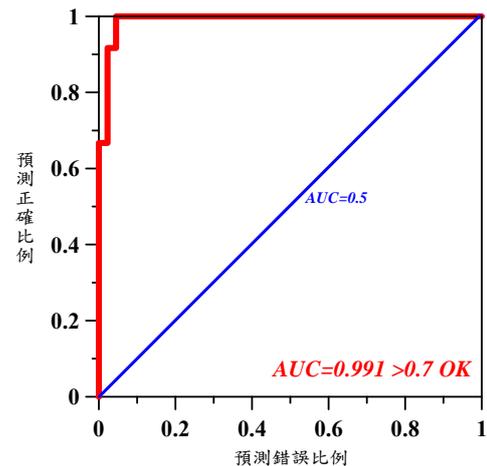


圖 9 環境地質災害潛勢模式工作特徵曲線

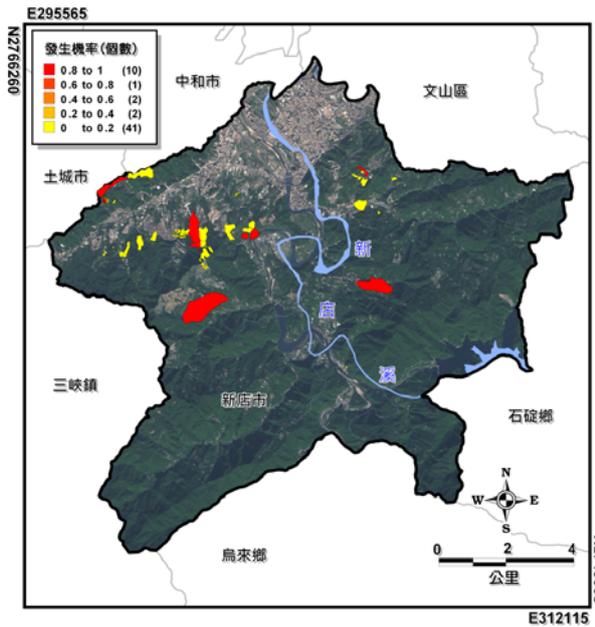


圖 10 坡地社區環境地質災害潛勢空間分布圖

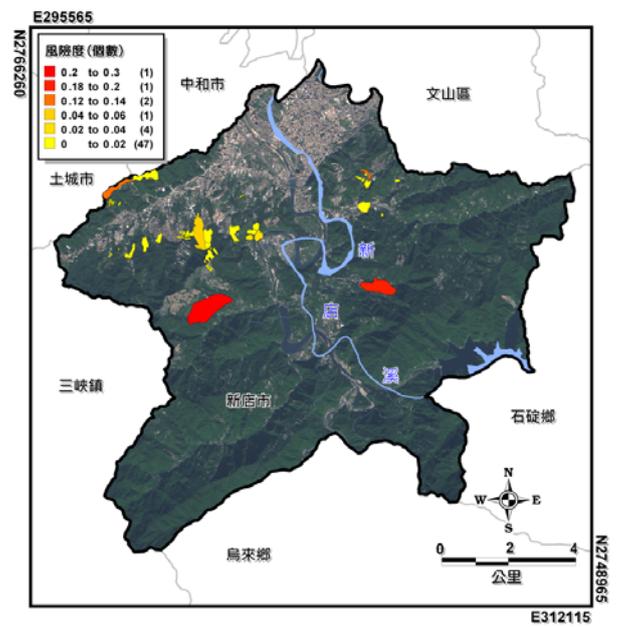


圖 12 新店區坡地社區環境地質災害風險指標圖

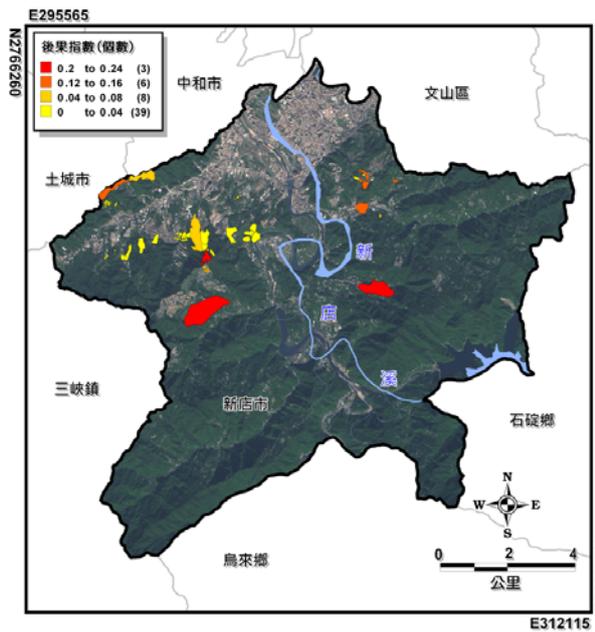


圖 11 坡地社區後果指數空間分布圖

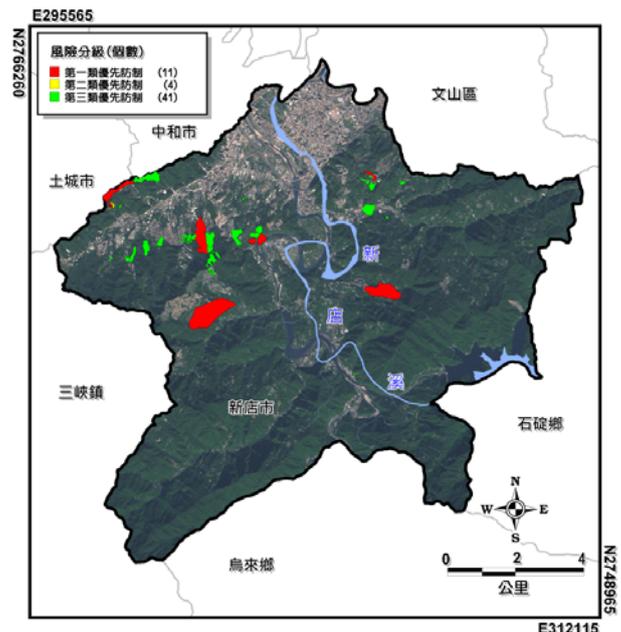


圖 13 新店區坡地社區環境地質災害風險分級圖