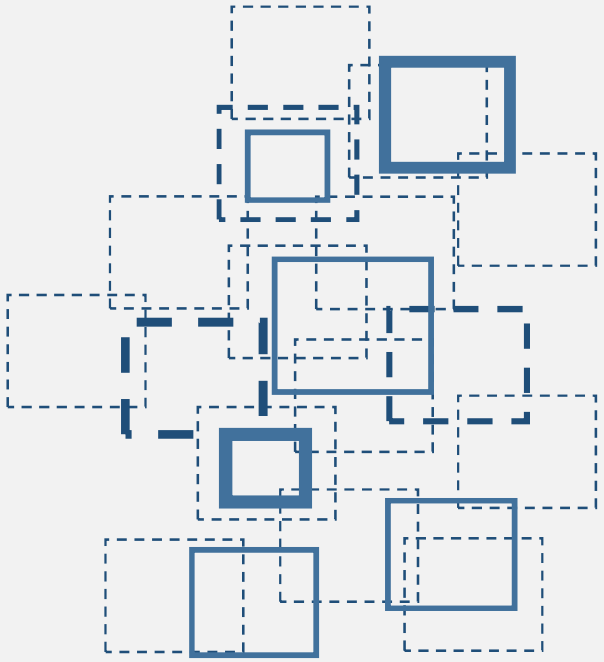


方向性分析窗口應用於地形計測之研究

吳 俊 毅　助 理 教 授

國 立 中 興 大 學 水 土 保 持 學 系

行 政 院 農 委 會 水 土 保 持 局

技 術 研 究 發 展 小 組 專 題 討 論

CONTENTS

01 前言

02 研究方法

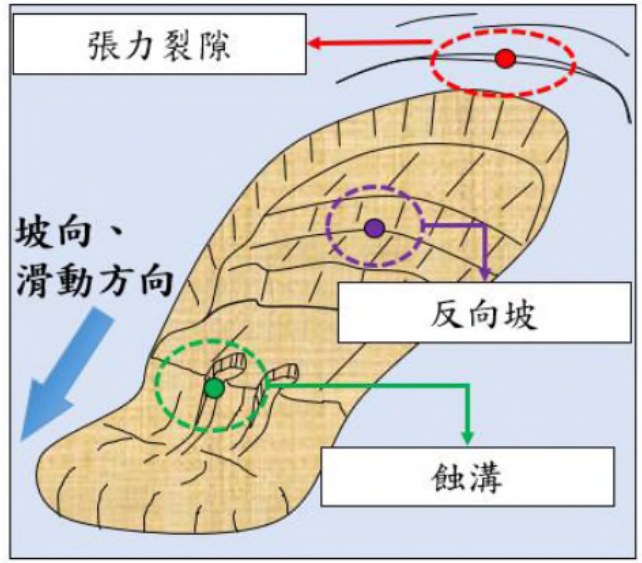
03 虛擬地形分析

04 實際地形分析

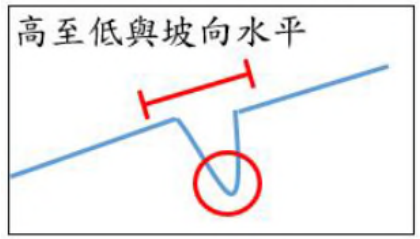
05 結論與建議

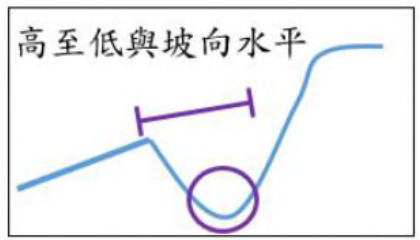
前言

崩塌的地形特徵包括主崩崖、次崩崖、反向坡、張力裂隙、蝕溝等微地形特徵，而目前在地形特徵的判釋上，主要採用人工的方式進行。

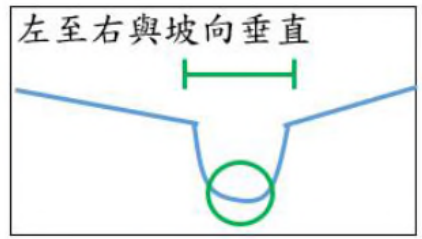


縱向剖面高程變化

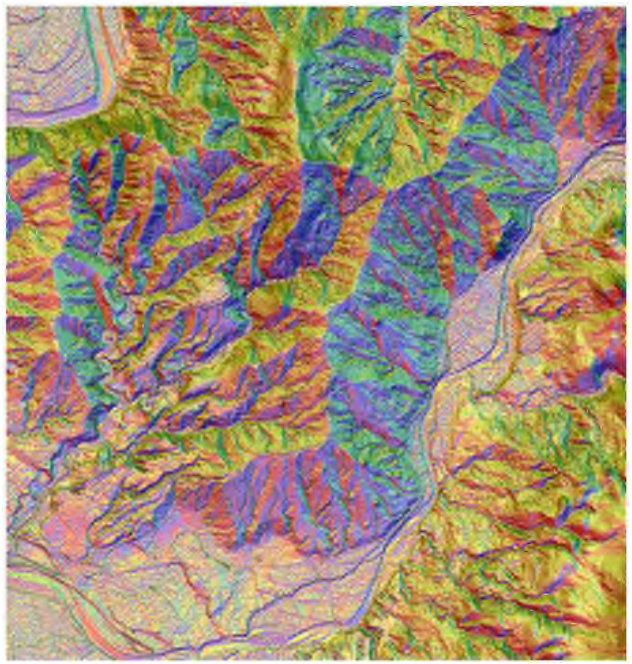




橫向剖面高程變化

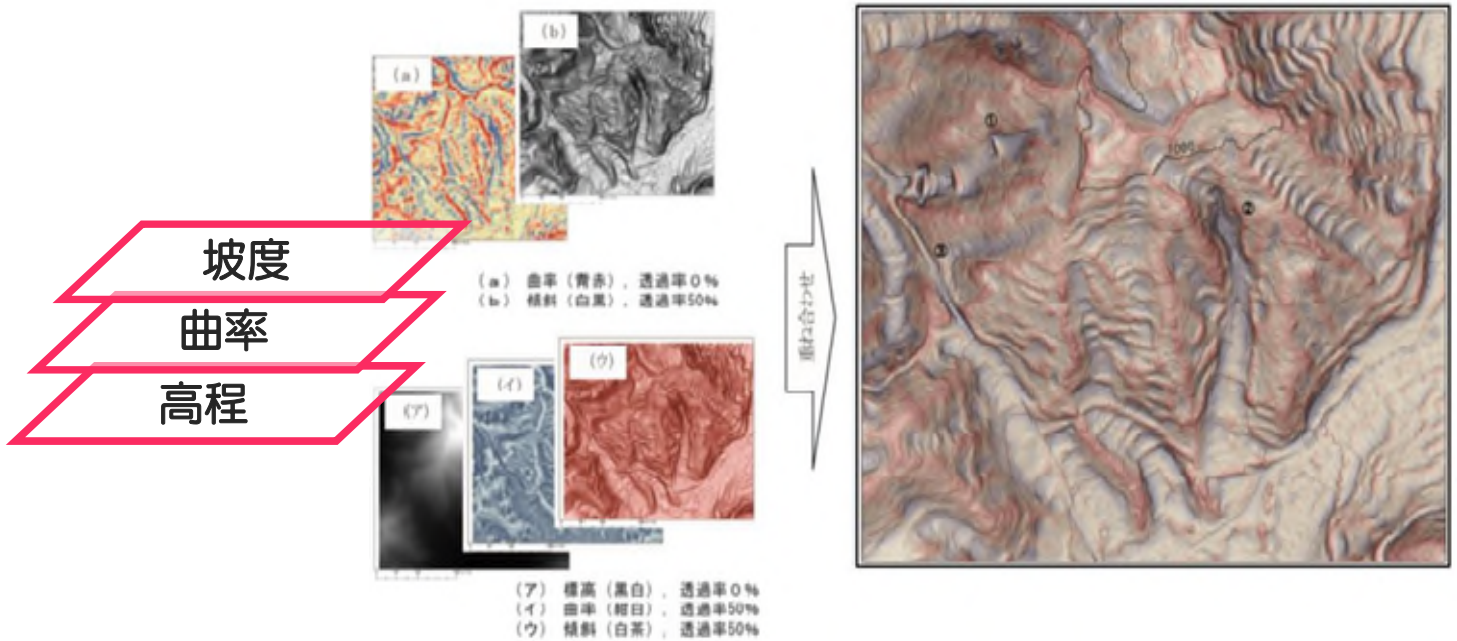


前言



(王意華和曾義星，2017)



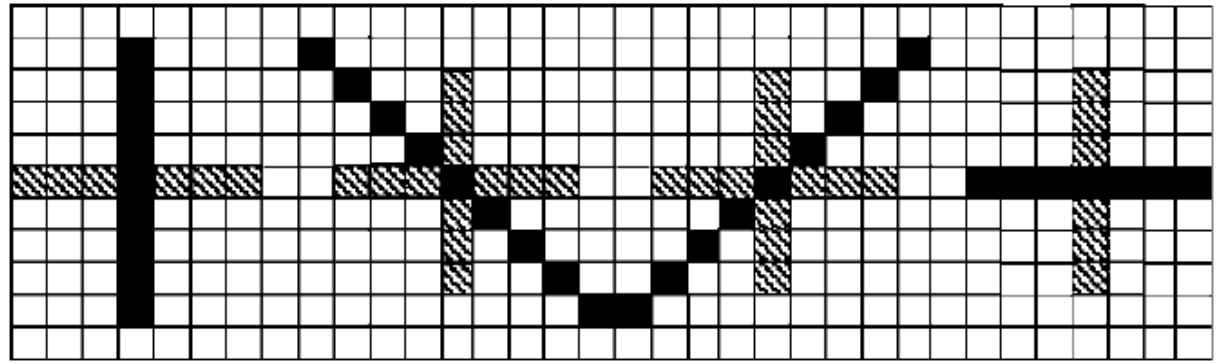


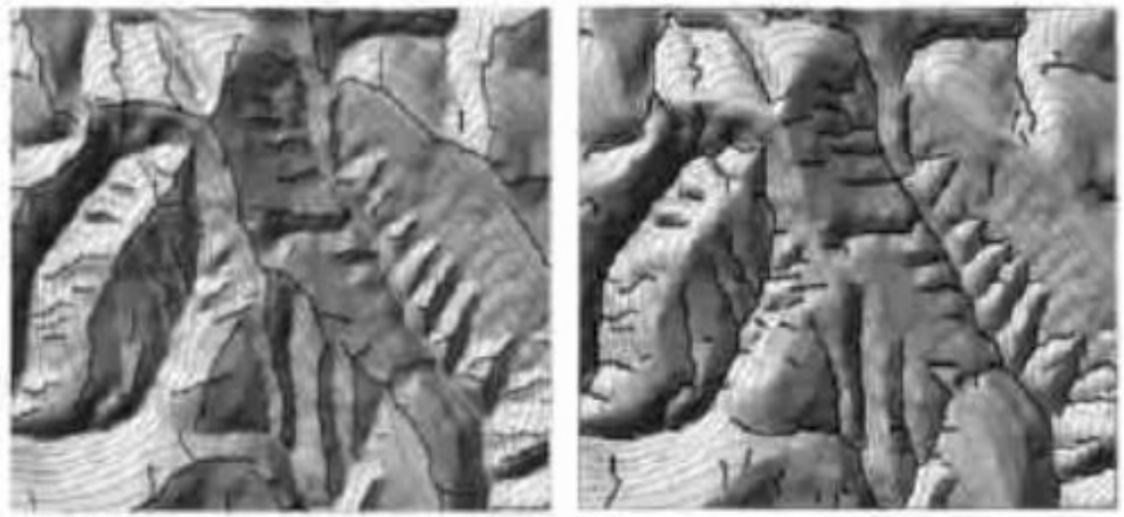
(戶田堅一郎，2012)

為了提高地形判釋的速度及準確度，Chiba et al. (2008)結合地形開闊度與坡度繪製出**紅色立體地圖**，藉由視覺化的判釋而有顯著效果。後續也有不同專家學者嘗試將**坡度、坡向、地形開闊度、曲率、高程**等地形參數進行組合，並搭配不同的渲染方法，嘗試找出能突顯地形特徵的最佳組合。

前言

有別於傳統的多方向鄰域分析，周毅等(2007)提出了具有方向特性的線狀分析窗口，以單一方向性的分析窗口計算地形因子，改善了多方向性分析窗口中**特徵點無法連成線的問題**，且能凸顯地形在特定方向的變化。

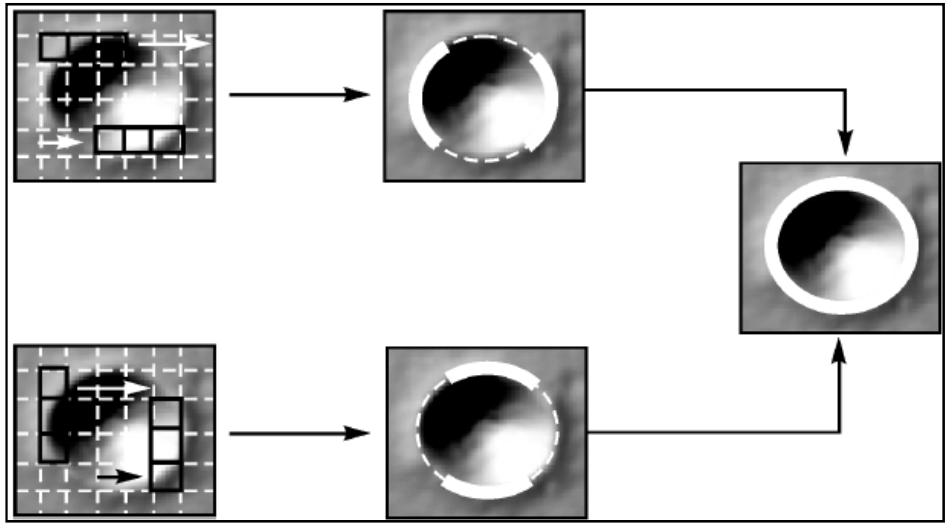


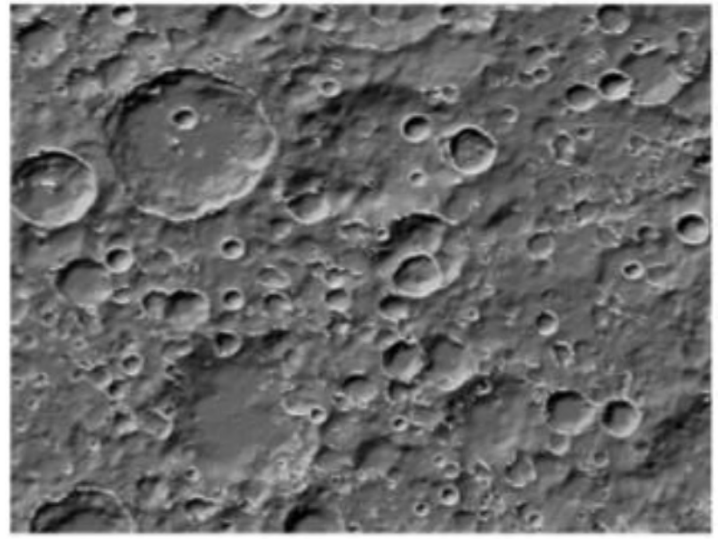


山脊線(左)、山谷線(右) (周毅等，2007)

前言

涂杰等(2018)將線狀分析窗口應用於月球表面隕石坑的輪廓線分析，並且**設定門檻值**將特徵點聯集，得到完整的隕石坑輪廓線。

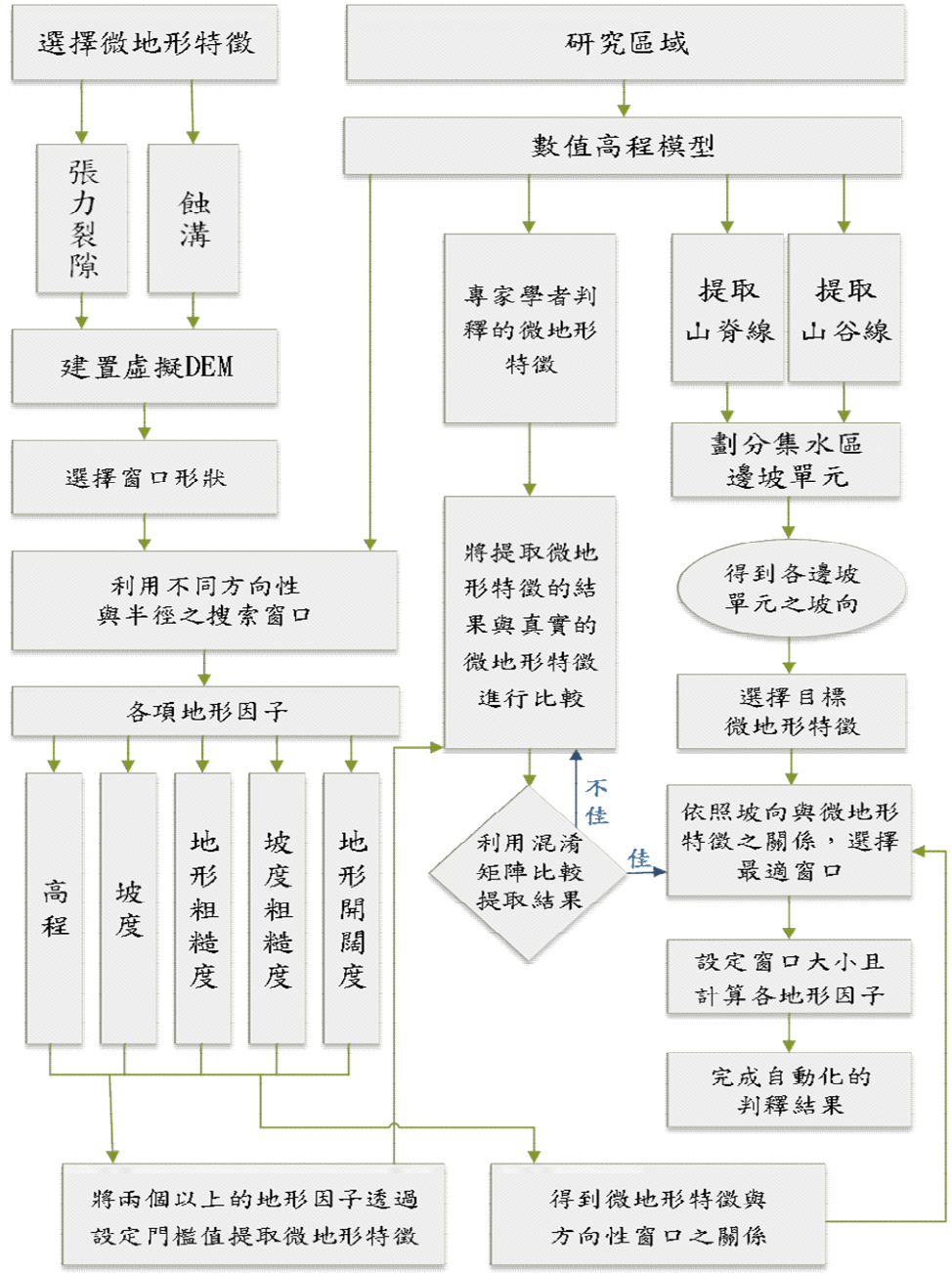




月球隕石坑特徵線(涂杰等，2018)

研究方法

本研究將地形因子分析納入方向性的考量，分別利用虛擬與實際地形分析計算各因子，探討方向性之地形計測方法是否具有較佳提取微地形特徵的能力，並且透過設立門檻值，比較地形因子提取微地形特徵的差異。



研究方法

-地形因子介紹

多方向坡度

X方向變化率:$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2d + g))/8 * \text{cell size}$

Y方向變化率:$[dz/dy] = ((a + 2b + c) - (g + 2h + i))/8 * \text{cell size}$

$$Slope = tan^{-1}\sqrt{[dz/dx]^2+[dz/dy]^2}$$

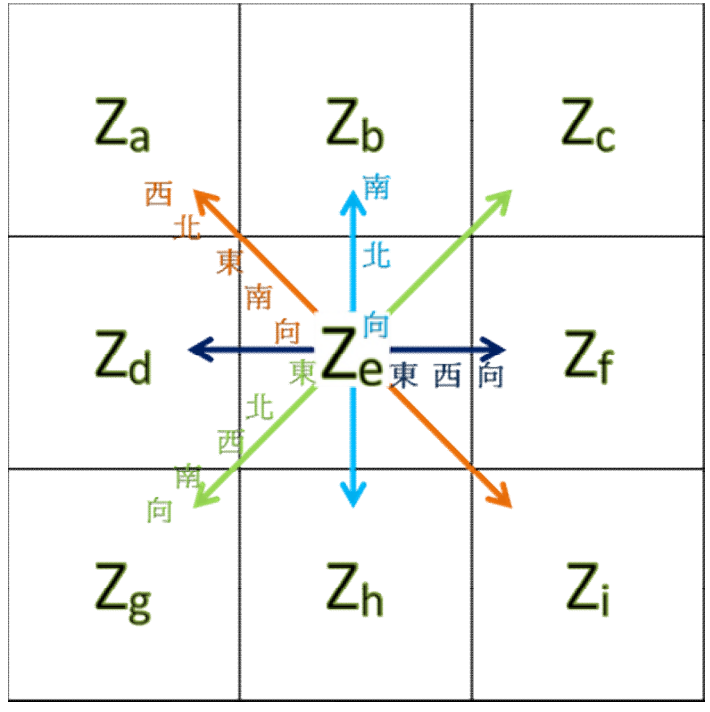
a	b	c
d	e	f
g	h	i

研究方法

-地形因子介紹

単方向坡度

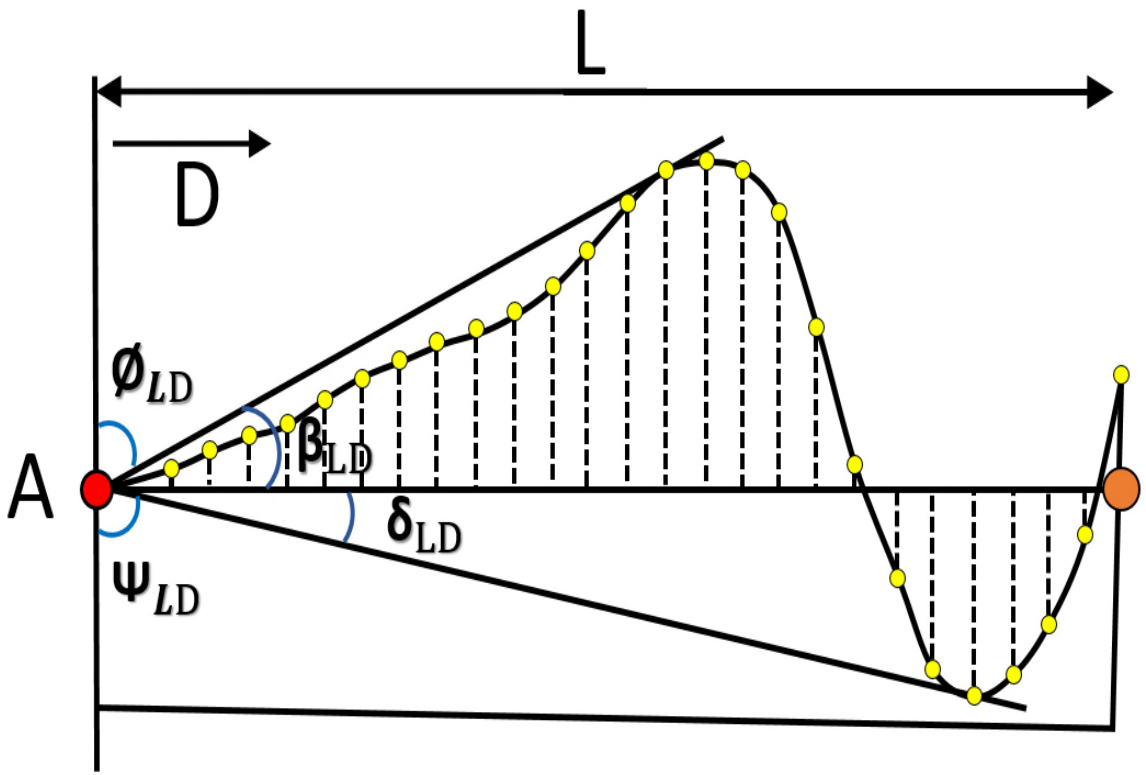
南-北向	$tan^{-1}\left(((Z_b - Z_h)/2 * cell\ resolution)^2\right)^{0.5}$
東-西向	$tan^{-1}\left(((Z_f - Z_d)/2 * cell\ resolution)^2\right)^{0.5}$
西北-東南向	$tan^{-1}\left(((Z_a - Z_i)/(2 * \sqrt{2} * cell\ resolution))^2\right)^{0.5}$
東北-西南向	$tan^{-1}\left(((Z_c - Z_g)/(2 * \sqrt{2} * cell\ resolution))^2\right)^{0.5}$



研究方法

-地形因子介紹

多方向地形開闊度



天頂角、天底角示意圖(修改自Yokoyama et al., 2002)

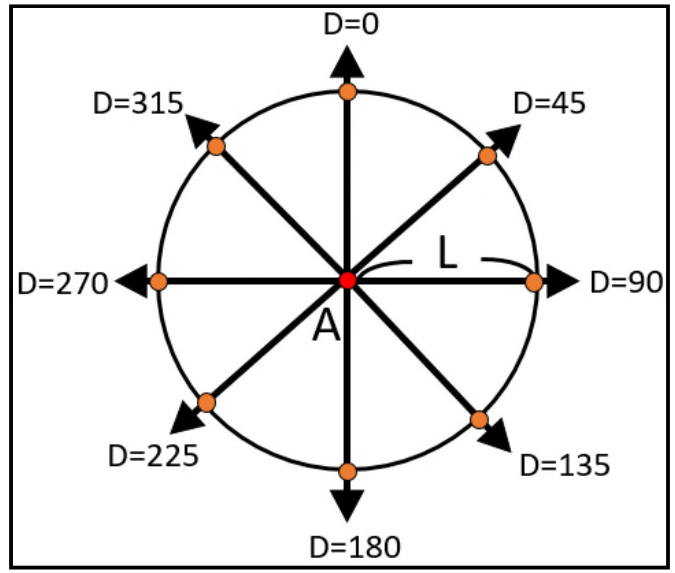
$$Ø_{LD} = 90 - β_{LD}$$

$$Ψ_{LD} = 90 - δ_{LD}$$

$$Ø_L = (Ø_{L0} + Ø_{L45} + \cdots + Ø_{L315})/8$$

$$Ψ_L = (Ψ_{L0} + Ψ_{L45} + \cdots + Ψ_{L315})/8$$

$$I = (Ø_L - Ψ_L)/2$$

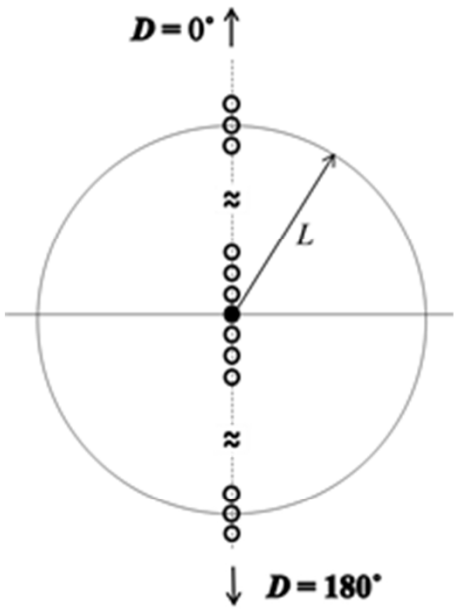


研究方法

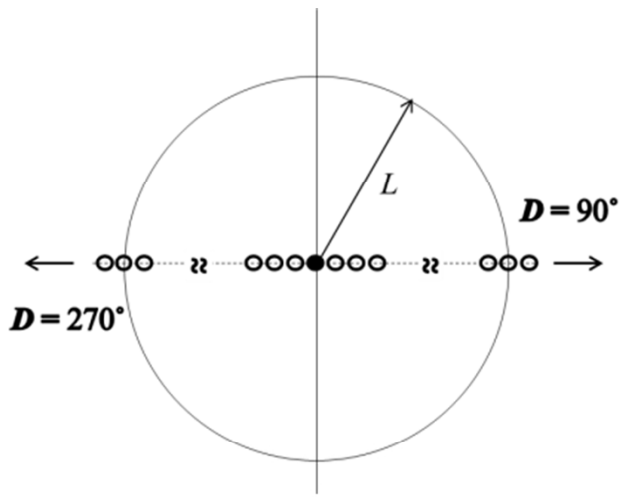
-地形因子介紹

單方向地形開闊度

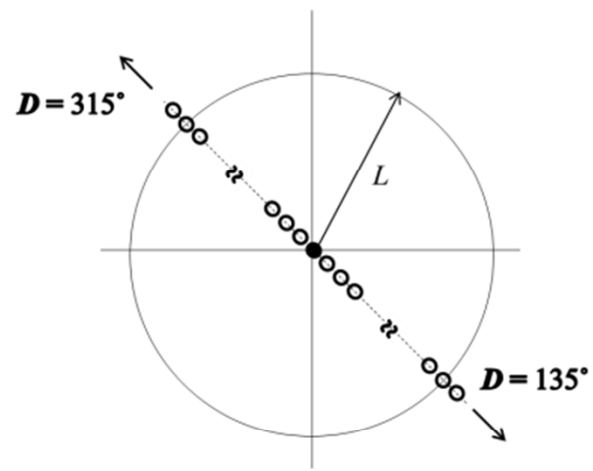
南-北向	$({}_{0}\Omega_{L}+{}_{180}\Omega_{L}-{}_{0}\Psi_{L}-{}_{180}\Psi_{L})/4$
東-西向	$({}_{90}\Omega_{L}+{}_{270}\Omega_{L}-{}_{90}\Psi_{L}-{}_{270}\Psi_{L})/4$
西北-東南向	$({}_{135}\Omega_{L}+{}_{315}\Omega_{L}-{}_{135}\Psi_{L}-{}_{315}\Psi_{L})/4$
東北-西南向	$({}_{45}\Omega_{L}+{}_{225}\Omega_{L}-{}_{45}\Psi_{L}-{}_{225}\Psi_{L})/4$



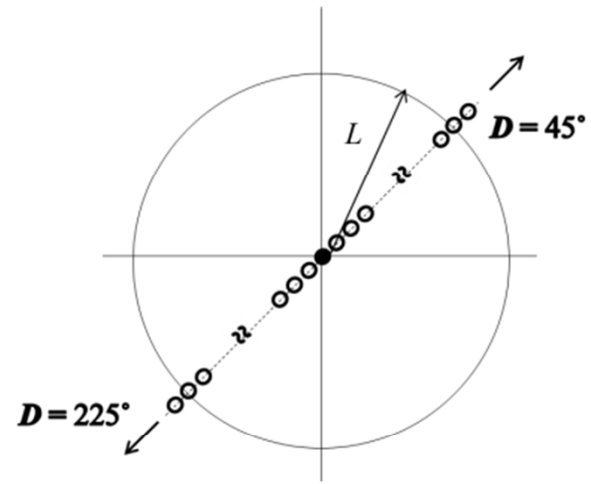
南-北向



東西向



西北-東南向



東北-西南向

研究方法

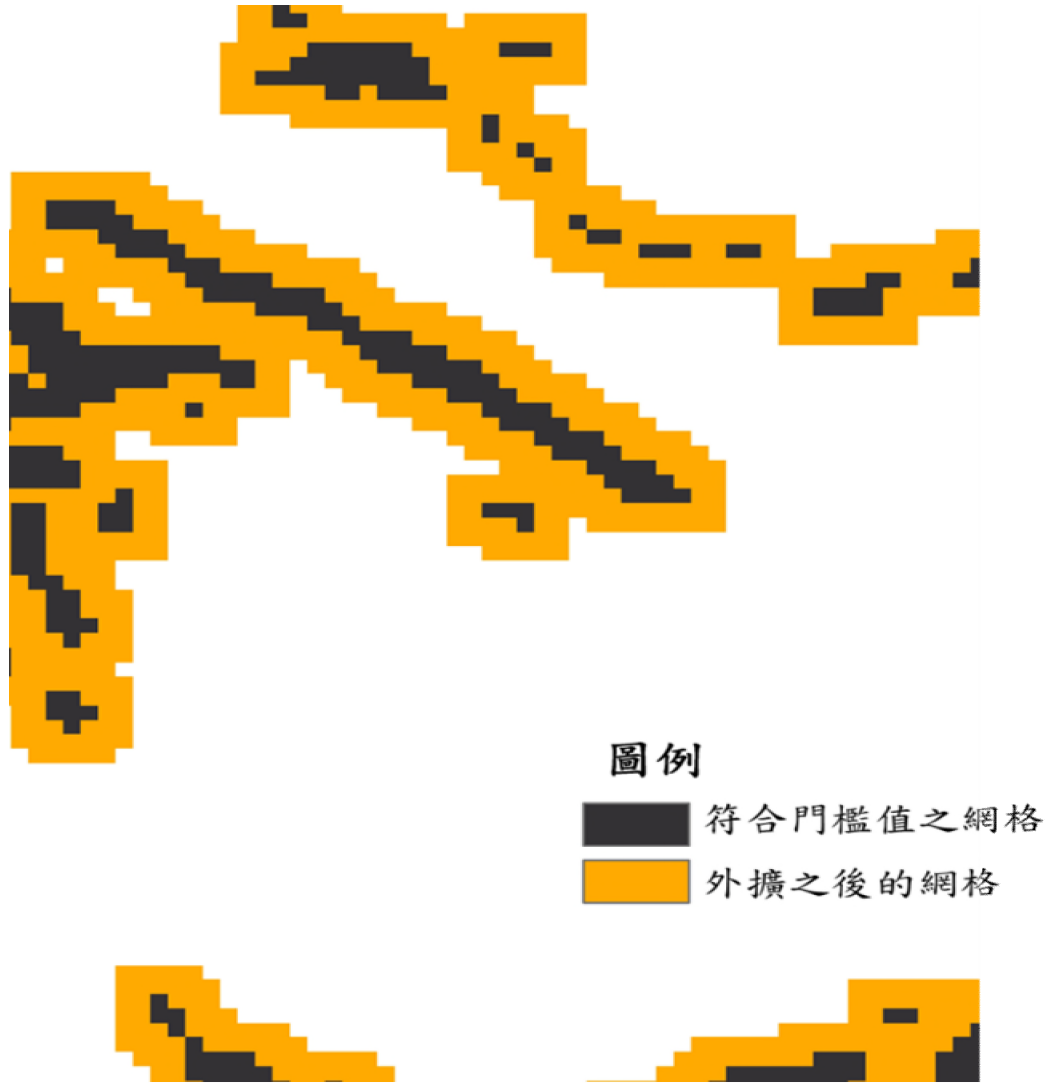
-設立門檻值

為了提取研究區的目標微地形特徵，

本研究設定坡度與地形開闊度因子

的門檻值，並且分別用外擴交集與

聯集的方法結合兩個地形因子。



研究方法

-混淆矩陣confusion matrix

根據不同門檻值之分析結果，利用混淆矩陣評估提取結果的優劣性；TPR越高表示提取目標微地形特徵的準確度越高，FPR越高表示提取結果的誤差越高。

		True Condition	
	Total Population (T)	**Positive**	**Negative**
Predicted outcome	**Positive**	True Positive (TP)	False Positive (FP) Type I error
	Negative	False Negative (FN) Type II error	True Negative (TN)
		True Positive Rate (TPR) Sensitivity, Recall $\frac{TP}{TP + FN}$	False Positive Rate (FPR) Fall-out $\frac{FP}{FP + TN}$
	Accuracy $\frac{TP + TN}{T}$	False Negative Rate (FNR) Miss rate $\frac{FN}{TP + FN}$	True negative rate (TNR) Specificity $\frac{TN}{FP + TN}$

(Huang, 2018)

虛擬地形分析結果

-虛擬地形介紹

287	287	287	287	286	286	286	286	286
286	285	286	286	286	286	286	286	285
286	285	285	285	285	285	284	284	285
285	284	284	284	284	283	284	284	283
284	284	283	275	275	275	283	283	283
284	283	275	282	282	282	275	282	282
282	275	282	282	281	281	281	275	281
282	282	281	281	280	281	280	281	280
281	280	280	280	280	280	280	280	280

南向坡之**張力裂隙**微地形特徵

185	184	184	185	185	186	185	185	185
184	184	179	184	185	185	184	184	185
183	183	178	177	184	184	183	183	184
183	183	182	177	178	184	183	183	183
182	182	182	181	177	176	180	182	182
181	181	181	180	180	176	173	181	182
181	181	180	180	180	179	172	181	181
180	180	180	179	179	179	171	180	180
179	179	179	179	178	178	170	180	180

南向坡之**蝕溝**微地形特徵

虛擬地形分析結果

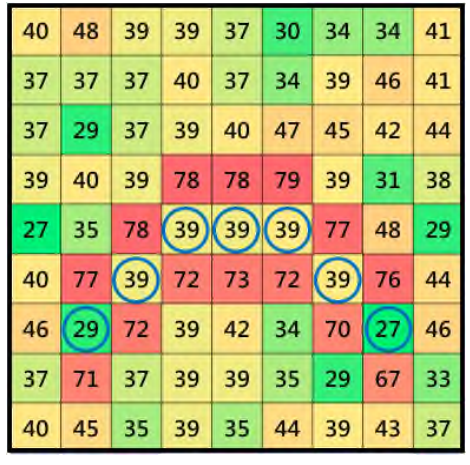
-張力裂隙之坡度結果

在南向坡的張力裂隙中，以南北向的分析窗口對於東西向的張力裂隙有最佳的提取結果，而多方向的分析窗口受其他方向的均化影響，以至於提取結果較不明顯。

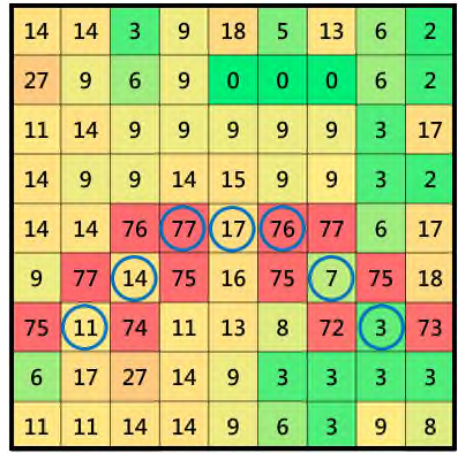
最佳



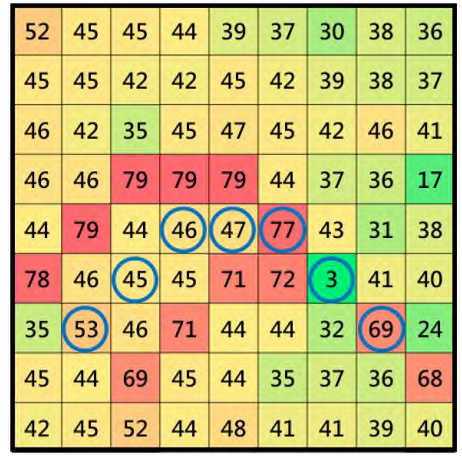
多方向分析窗口



南北向分析窗口



東西向分析窗口



西北東南向分析窗口



東北西南向分析窗口

虛擬地形分析結果

-張力裂隙之地形開闊度結果

地形開闊度在多方向性分析窗口之窗口半徑較小時，其因為均化的影響，凸顯微地形特徵的效果略輸於單方向性分析窗口。

最佳

0.5	-1	-1.5	4.6	-2.1	-6.5	-4.4	4.2	-1.2
0.4	0.5	3.8	1	2.6	-8.3	5.4	6.9	-1.9
2.9	2.3	4.8	4.5	1.3	-2.5	2.1	-2.6	-2.1
2.5	0.4	5.5	5.6	12	0.6	-1.1	5.5	-5.6
5.3	2.1	11	-58	-61	-58	10	8.7	1.1
16	6.7	-63	16	16	11	-63	-0.5	8.9
2.5	-69	13	5.6	9.9	1.3	10	-65	-2.8
8.7	24	5.5	14	17	3.6	3.9	14	4.4
2.4	4.2	15	11	0.7	6.3	21	4.6	-1

多方向分析窗口

0.8	-1.1	-2.6	4.7	-0.9	1	-2.5	3.9	1.5
-3.6	-1.3	0.9	6.3	10	5.9	6.4	4.8	-1.8
1.5	1.5	8.2	1.6	1.6	1.1	6.6	-6.4	-0.4
-1.3	7.7	2.5	11	10	11	-2.6	9.4	-2.2
-4.6	-4.6	11	-75	-75	-73	11	6.3	0.6
12	14	-74	31	30	30	-73	4	6.1
-4.9	-74	30	26	29	28	30	-71	-7.3
-0.7	37	24	26	21	22	21	31	1.1
0.2	21	25	-2	1.9	0.9	31	26	2.1

南北向分析窗口

0.4	-0.1	-0.5	9.5	-4.9	-12	-7.6	8	-3.7
1.3	0.5	7.5	-0.3	2.6	-21	6.2	8.7	-8.1
6.8	1.8	3.8	4.8	2.4	-10	-1.9	-8.9	-4
4.2	-0.8	11	2.7	-1.4	-11	-7	6.1	-8.7
21	13	33	-54	-43	-52	31	21	4.5
30	13	-77	38	37	30	-76	4.2	21
18	-77	30	21	36	7.8	18	-74	9.9
0.8	24	-2.7	0.9	-6.5	-15	-5.1	5.8	-3.8
8.7	2.2	9.9	-5.8	-0.7	-19	14	-4.4	-3.7

東西向分析窗口

0.7	-1.5	-1.2	2.2	-0.3	-7	-6	3	0
6.1	6.1	6.4	-0.3	0.2	-7.1	0.4	3.6	-4.6
1.8	7	7.7	11	1.4	-5.7	-3	-3.7	-1.6
7.8	-1.9	11	10	16	-4.1	-3.3	3.7	-14
1.3	10	1.4	-64	-65	-43	2.3	-2.5	-2.6
13	-0.1	-63	-0.5	-0.7	-7.4	-41	-5.4	0.5
-5	-64	1	-9.6	-10	-15	-4	-56	-6.9
6.7	5.7	-9.8	0.8	30	18	14	23	23
-0.2	-10	0.8	30	0.5	23	30	7.1	-0.4

西北東南向分析窗口

0	-1.2	-1.8	1.9	-2.3	-8.2	-1.3	1.9	-2.5
-2.1	-3.3	0.1	-1.7	-2.5	-11	8.7	10	6.8
1.7	-1	-0.4	0.9	-0.1	4.7	6.5	8.5	-2.4
-0.7	-3.2	-2.3	-1.1	23	5.7	8.6	2.7	3.1
4	-11	-0.4	-37	-60	-65	-4.3	9.7	2
8.6	0.3	-38	-3.5	-0.2	-9.3	-62	-4.8	8.2
2.3	-62	-7.8	-14	-16	-16	-2.2	-57	-6.9
28	31	10	27	22	-11	-14	-4.4	-2.9
0.7	3.6	25	22	1	21	6.4	-11	-2.1

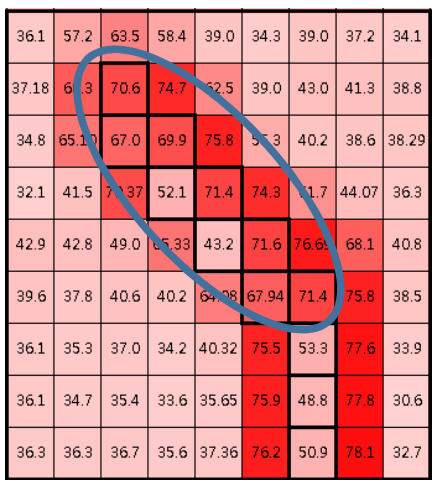
東北西南向分析窗口

虛擬地形分析結果

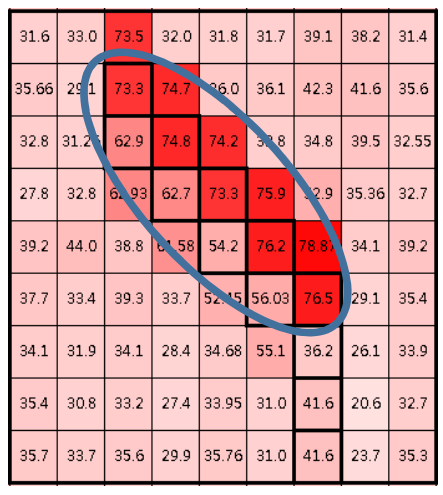
-蝕溝之坡度結果

在蝕溝微地形特徵中，東北-西南向的窗口提取西北-東南向的蝕溝效果最佳，但提取南-北向的蝕溝效果普通。

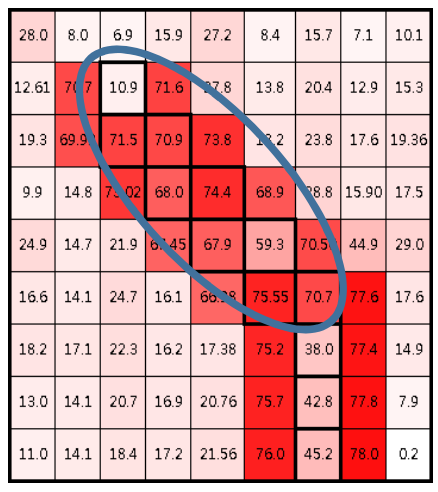
最差　　最佳



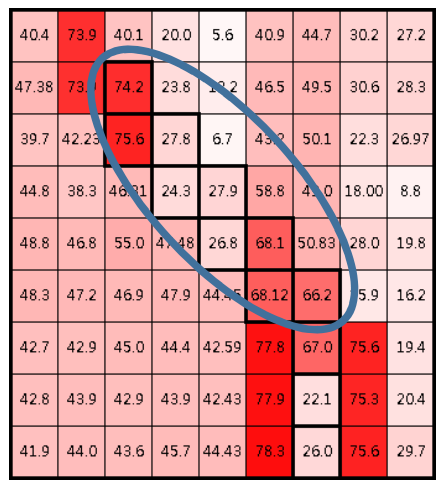
多方向分析窗口



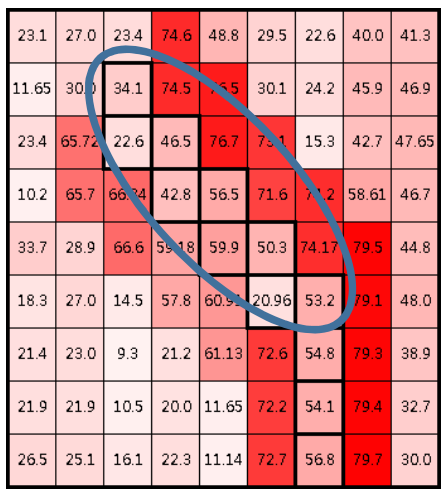
南北向分析窗口



東西向分析窗口



西北東南向分析窗口

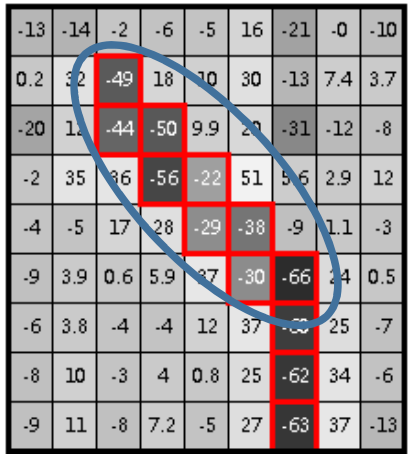


東北西南向分析窗口

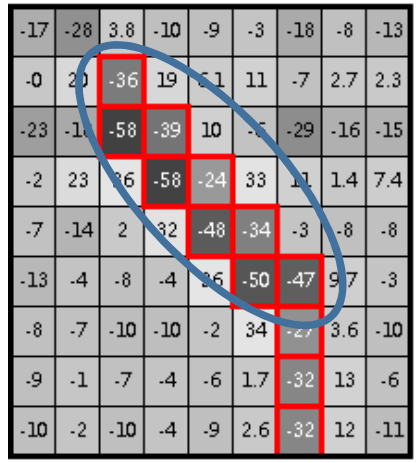
虛擬地形分析結果

-蝕溝之地形開闊度結果

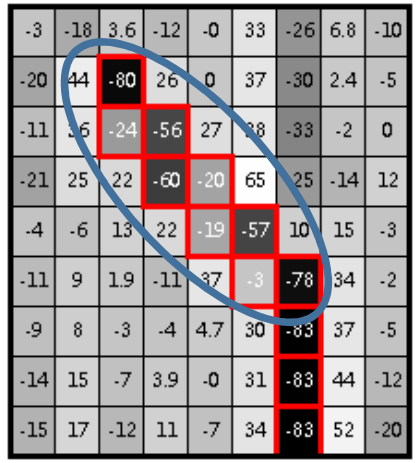
在蝕溝微地形特徵中，東北-西南向窗口提取西北-東南向的蝕溝效果最佳，但提取南-北向的效果普通。



多方向分析窗口

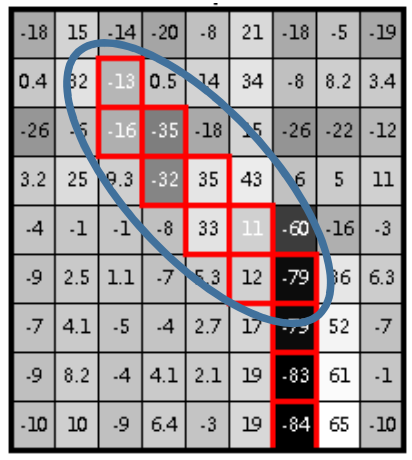


南北向分析窗口



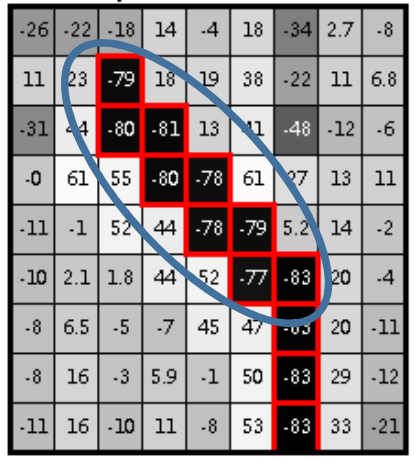
東西向分析窗口

最差



西北東南向分析窗口

最佳

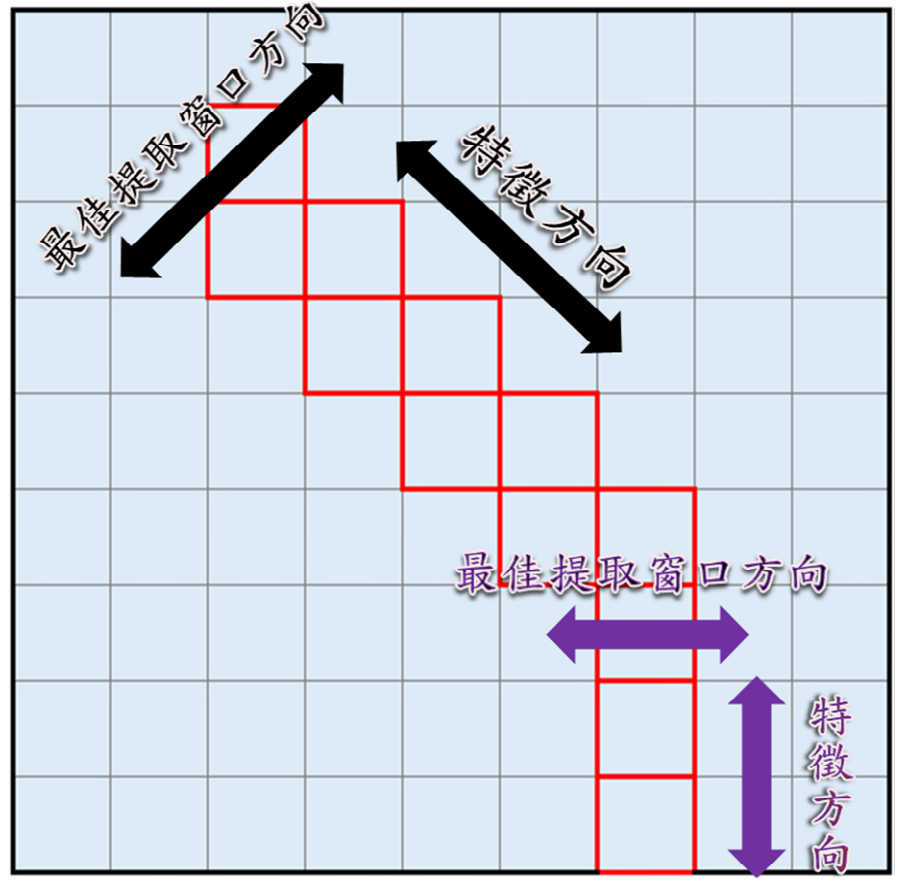


東北西南向分析窗口

虛擬地形分析結果

-小結

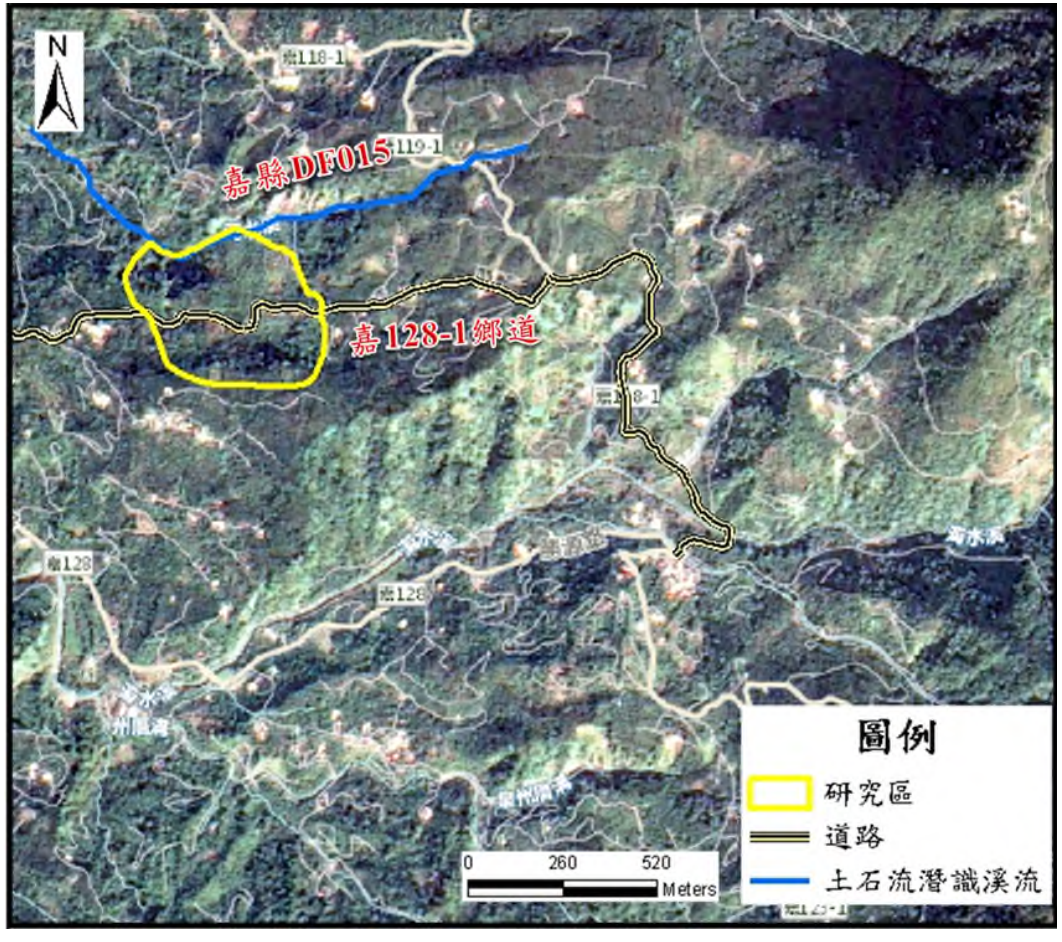
- 多方向性分析窗口由於涵蓋的方向較多，因均化影響，微地形特徵較不顯著；單方向窗口較多方向窗口有更佳的提取結果。
- 當分析窗口與微地形特徵垂直時，有最佳的特徵提取效果，而並非依照坡面的方向決定最佳窗口的方向。

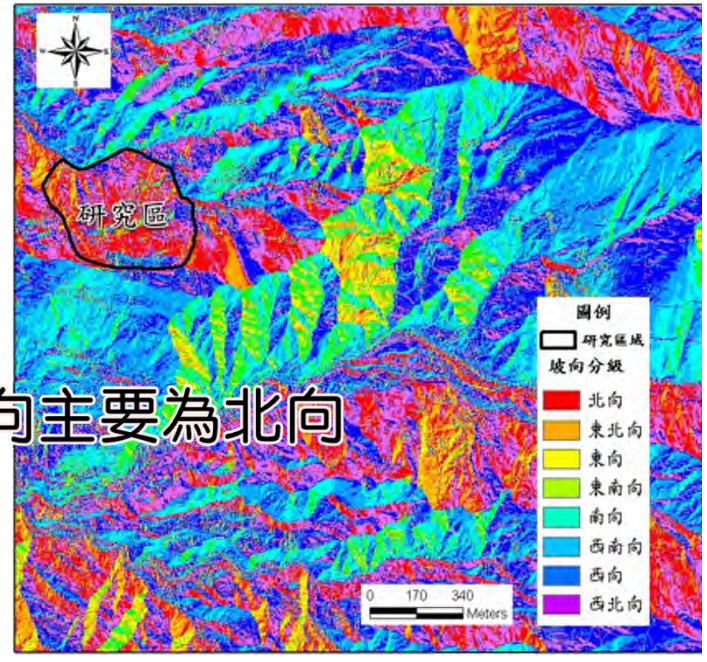


實際地形分析結果

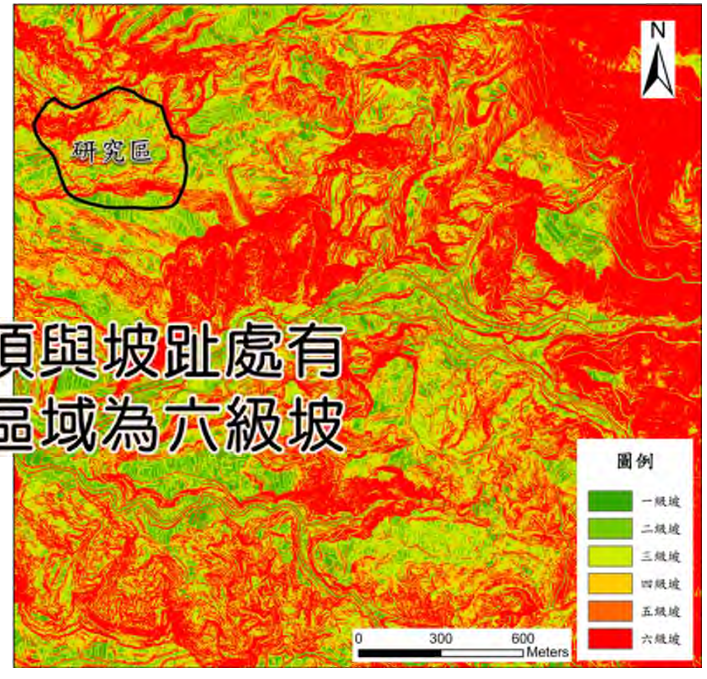
-研究區域

本研究區位於嘉義縣竹崎鄉中心崙地區：





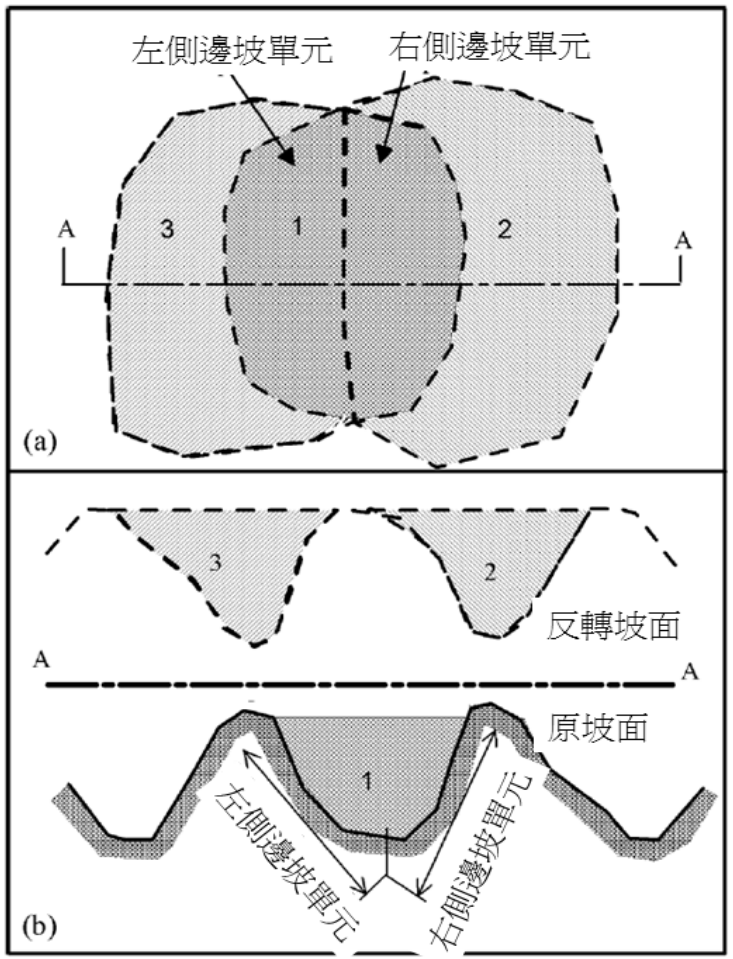
坡向主要為北向



在坡頂與坡趾處有
部份區域為六級坡

實際地形分析結果

-研究區域邊坡單元



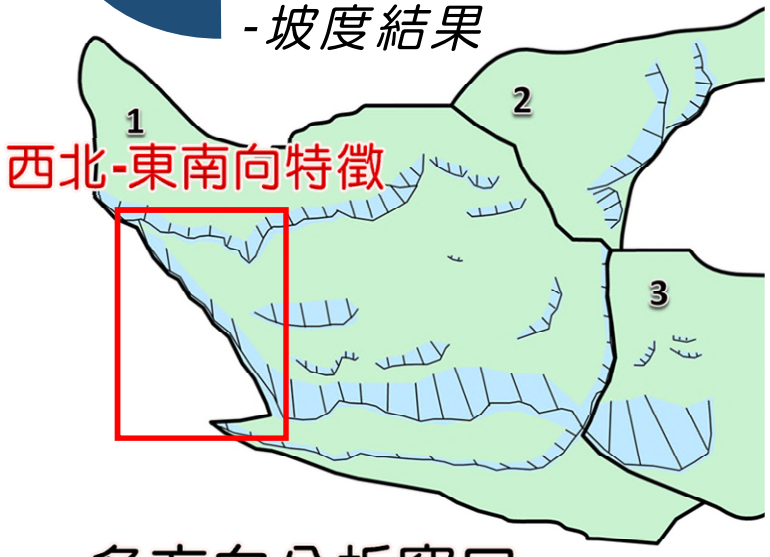
(Xie et al, 2004)



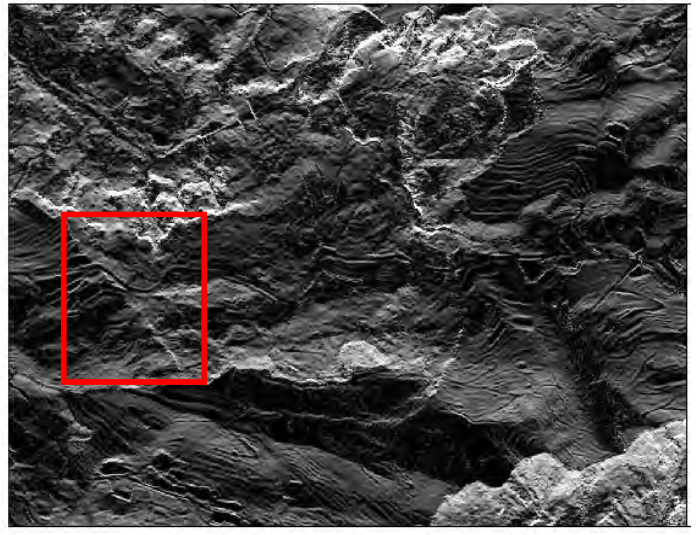
根據中央地質調查所繪製之邊坡單元修正

實際地形分析結果

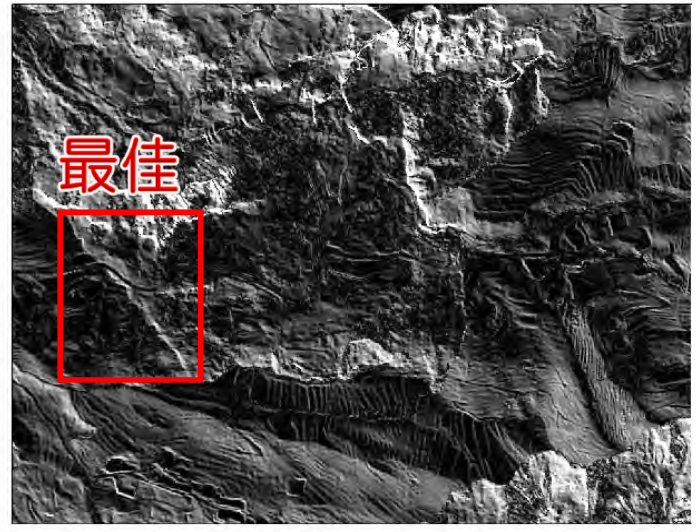
-坡度結果



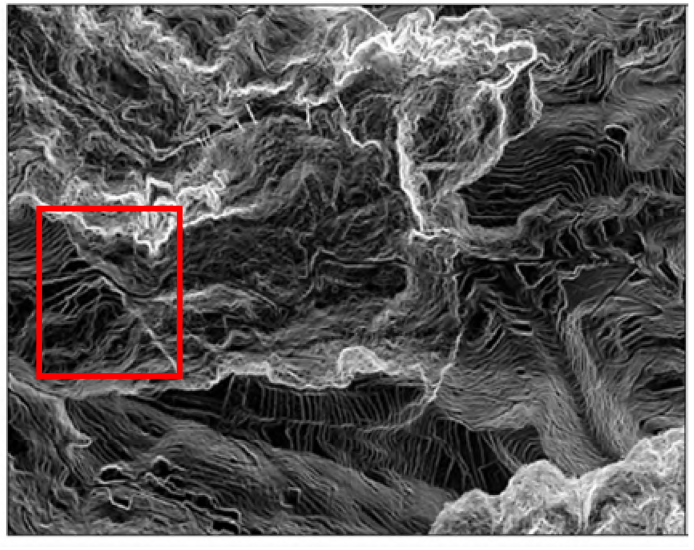
南北向分析窗口



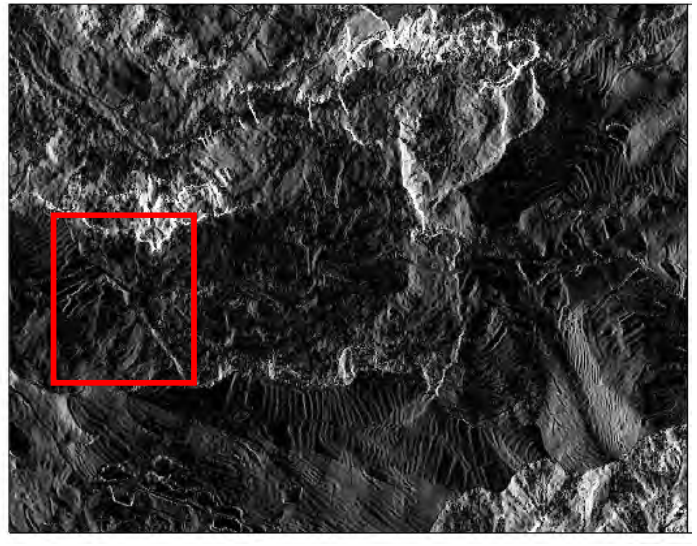
東北-西南向分析窗口



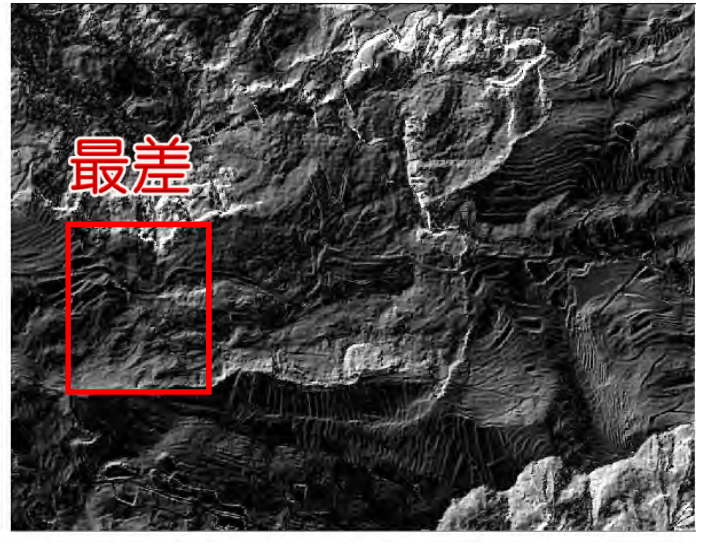
多方向分析窗口



東西向分析窗口

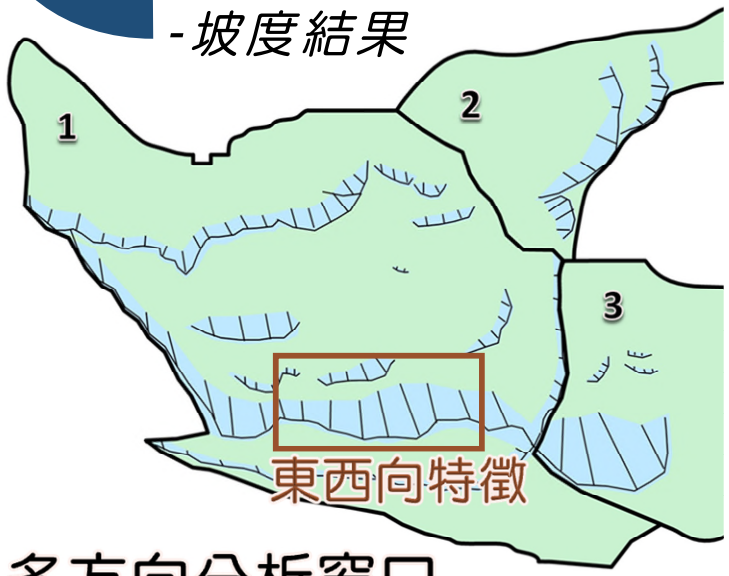


西北-東南向分析窗口

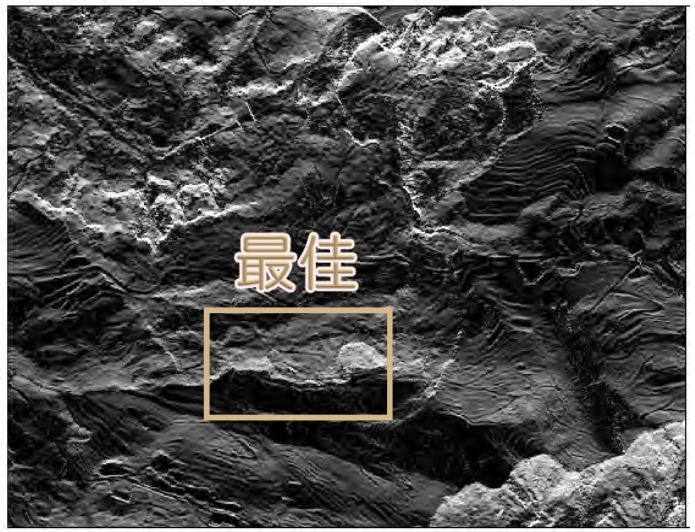


實際地形分析結果

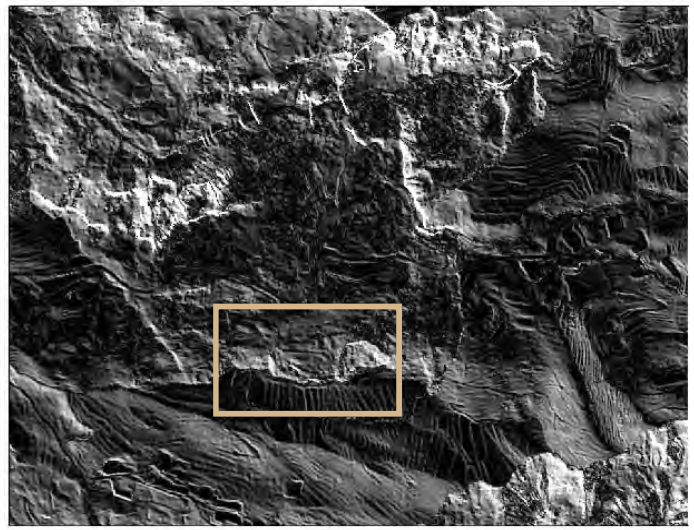
-坡度結果



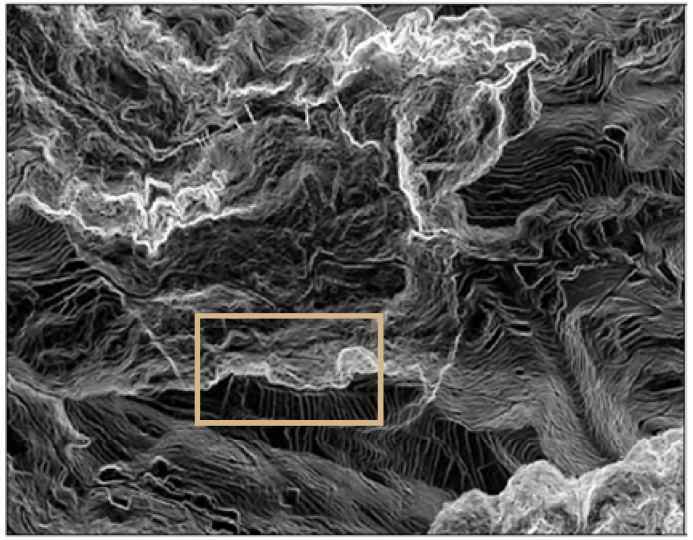
南北向分析窗口



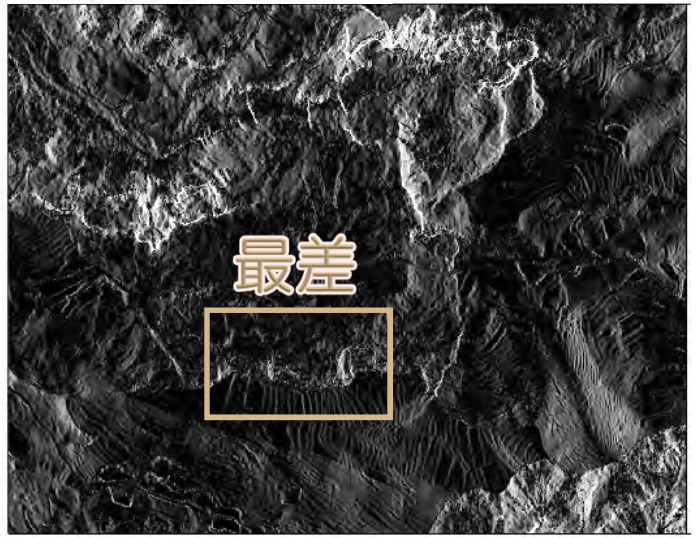
東北-西南向分析窗口



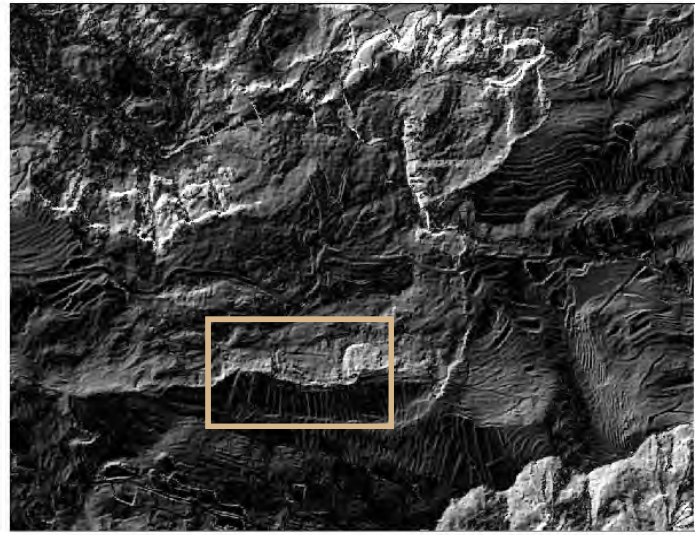
多方向分析窗口



東西向分析窗口

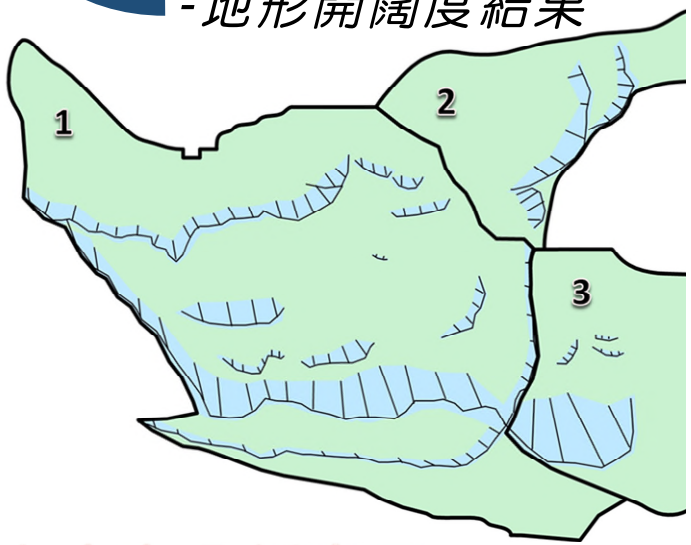


西北-東南向分析窗口

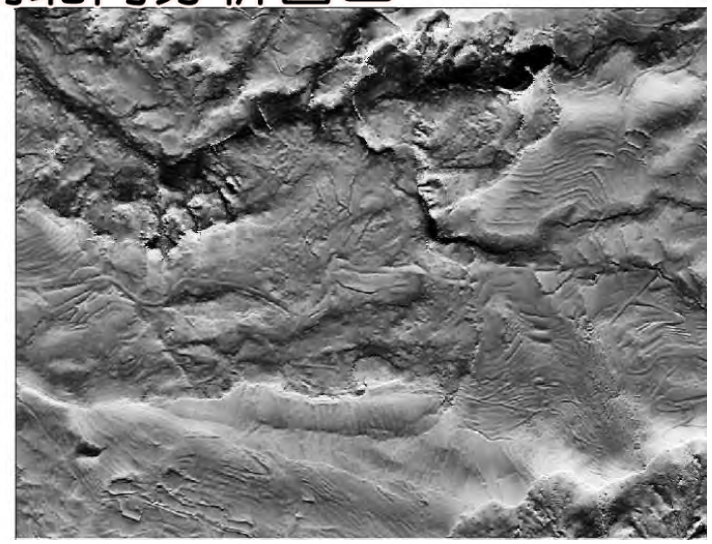


實際地形分析結果

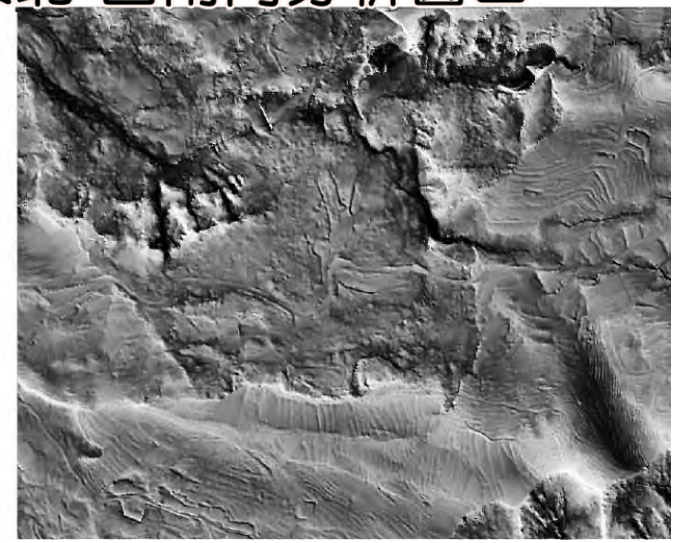
-地形開闊度結果



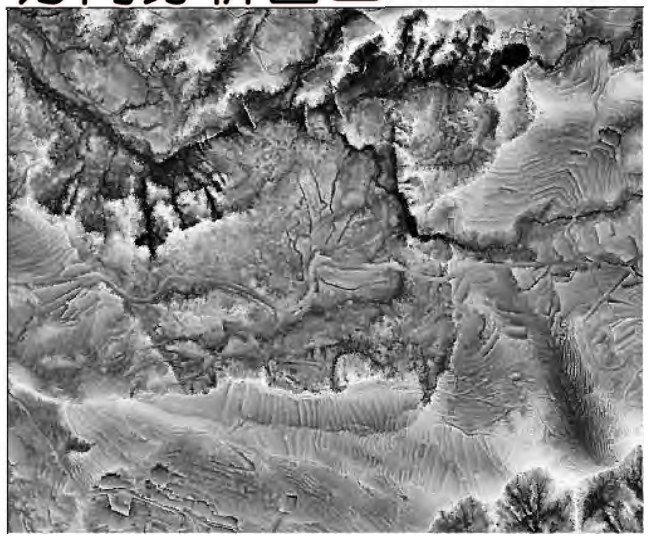
南北向分析窗口



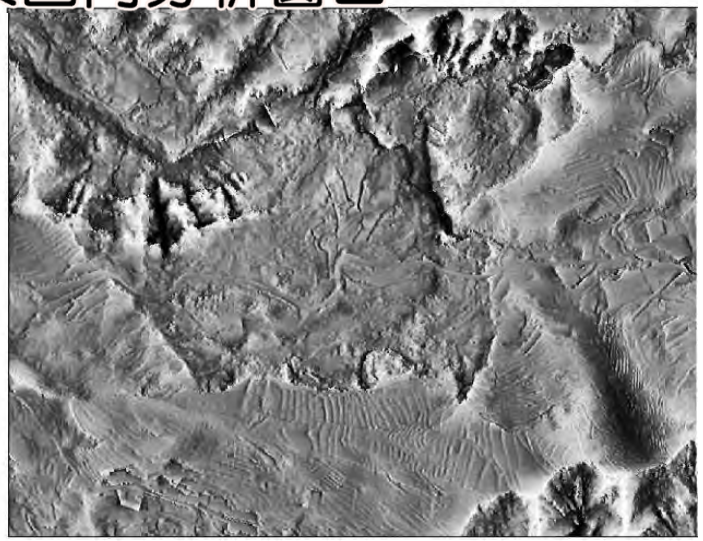
東北-西南向分析窗口



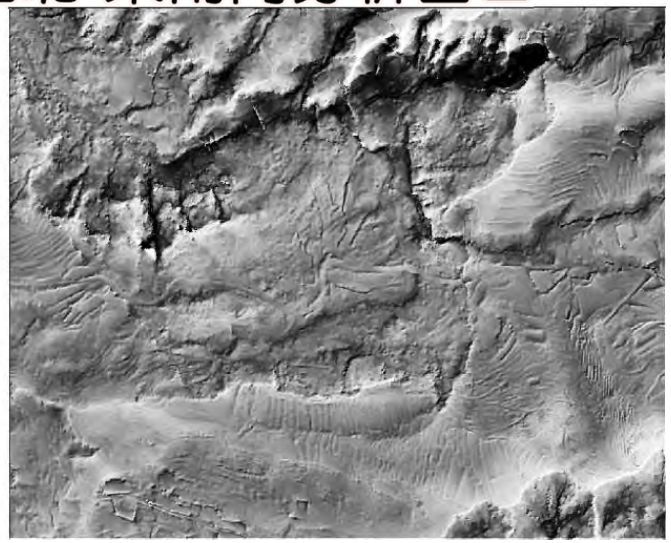
多方向分析窗口



東西向分析窗口

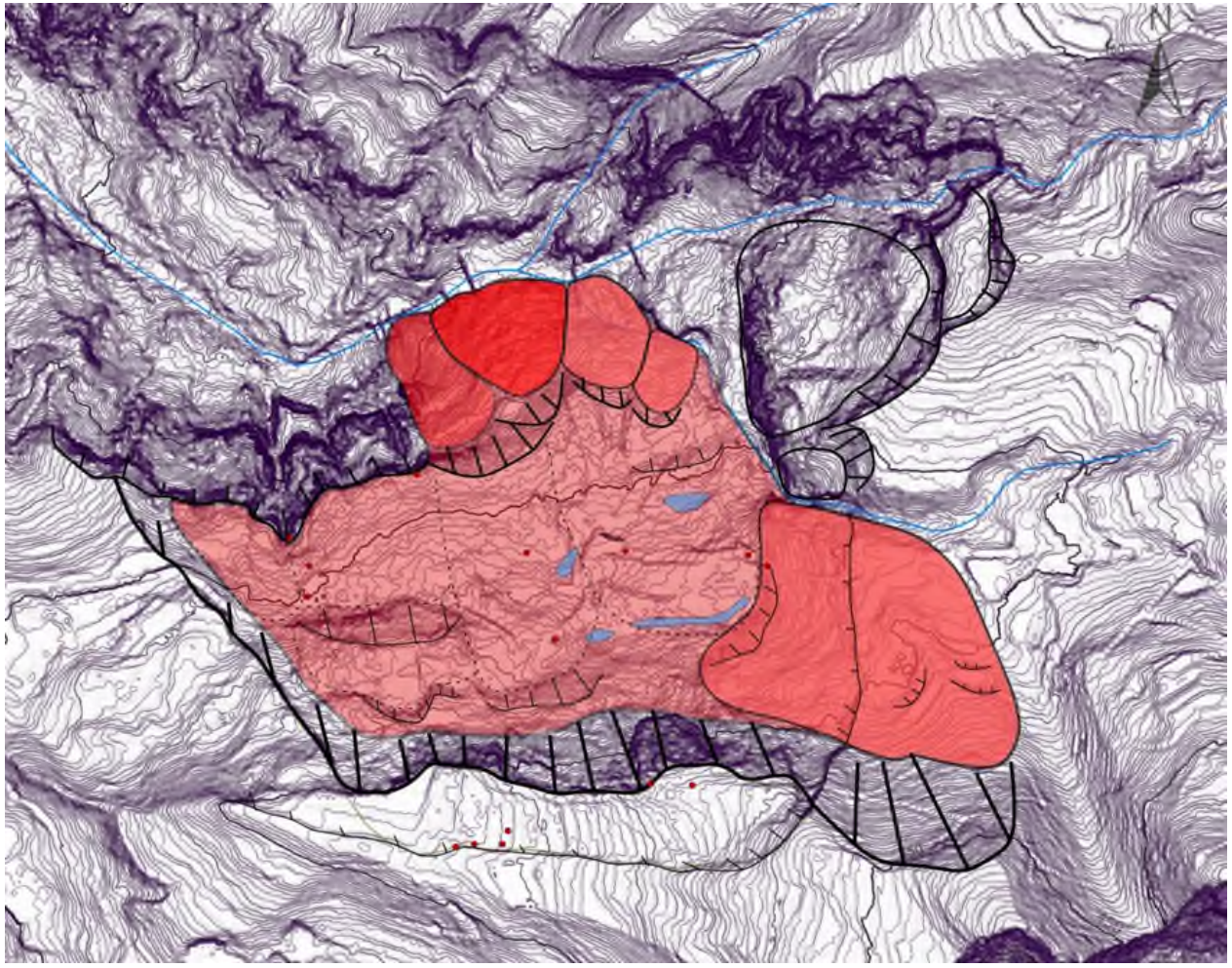


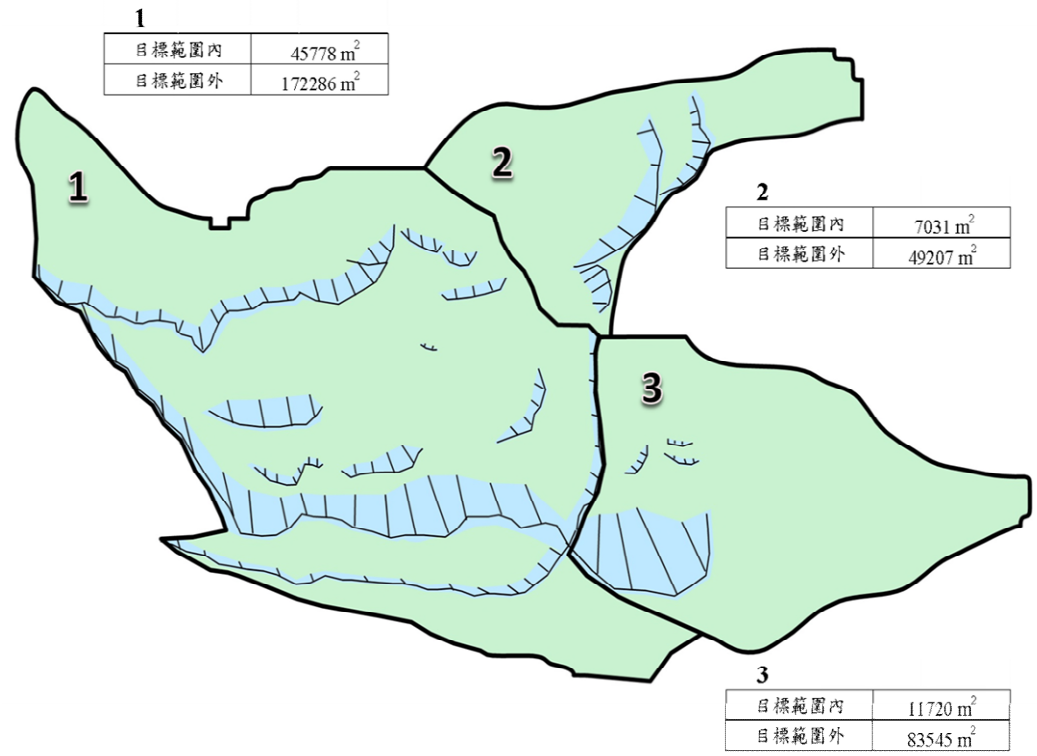
西北-東南向分析窗口



實際地形分析結果

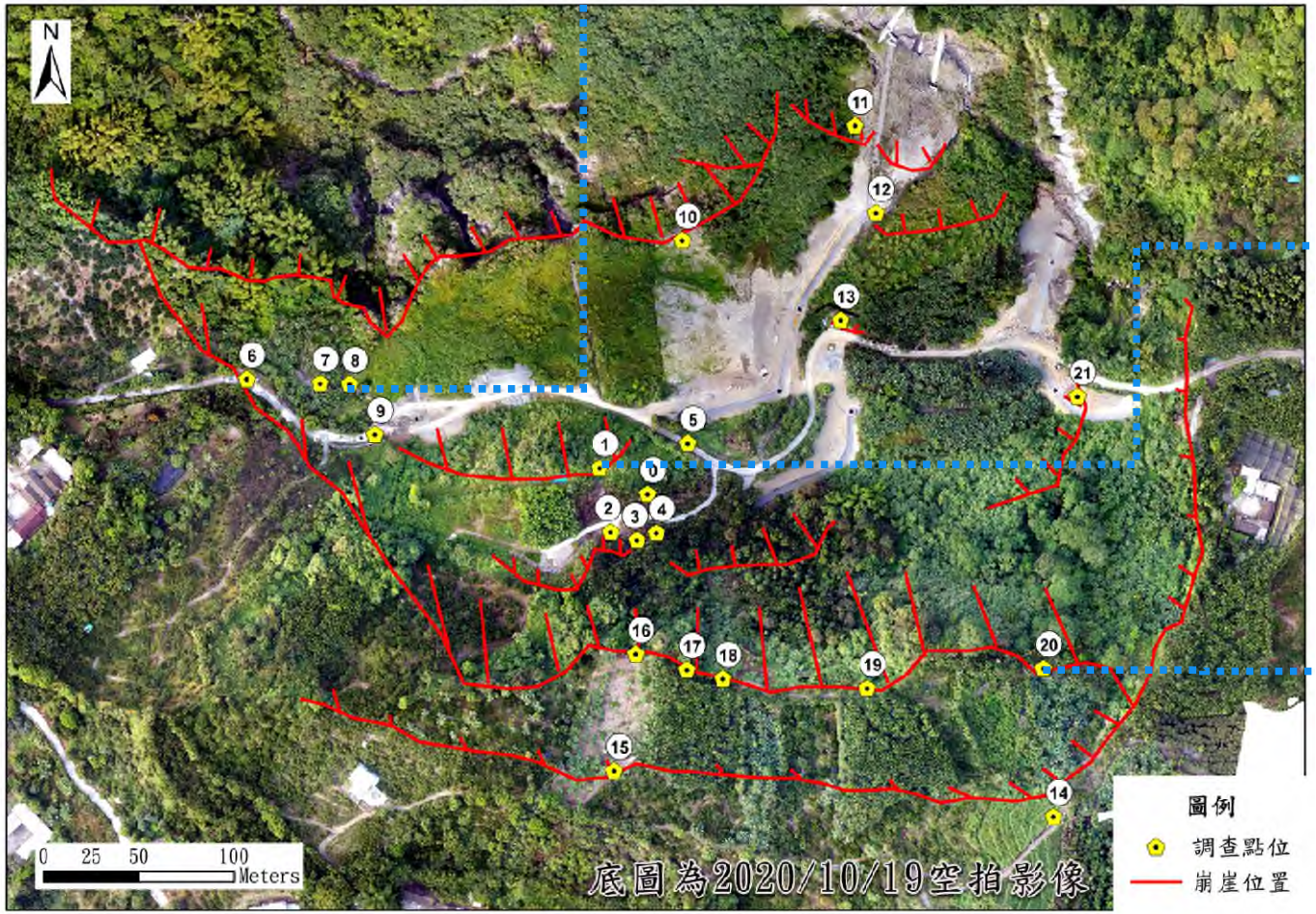
-專家學者判釋的崩崖





實際地形分析結果

-現地調查結果



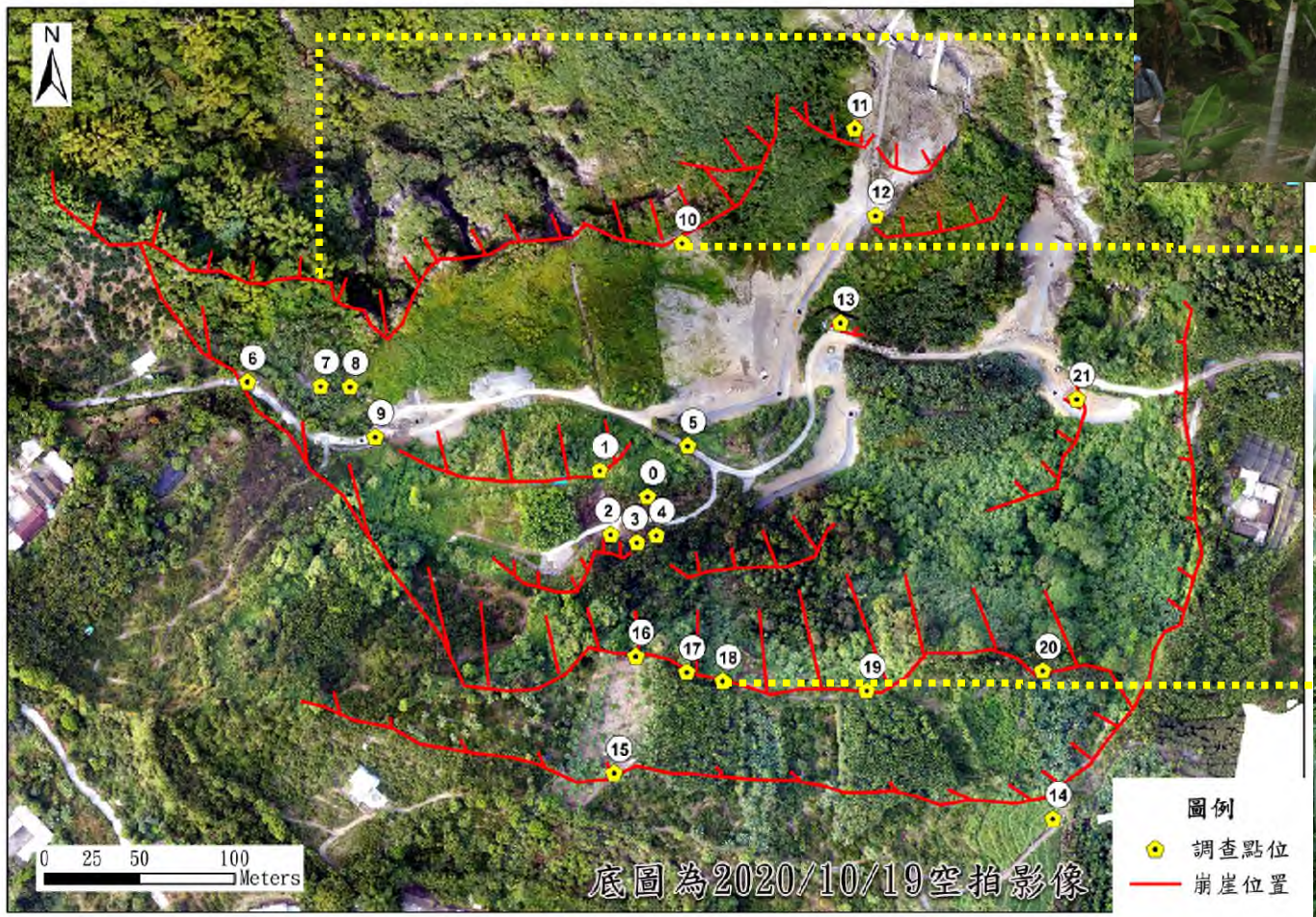






實際地形分析結果

-現地調查結果



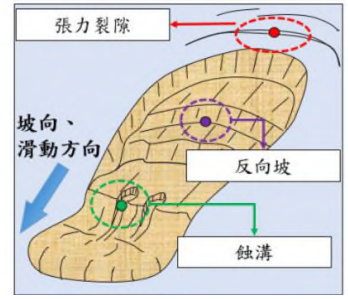






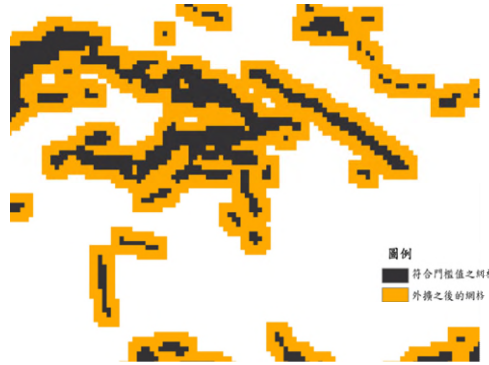
實際地形分析結果

-設定門檻值



門檻值組合的方法考慮本區主要地形特徵(崩崖)的特性，分為以下六種組合：

(1)將**坡度大於30度**的網格外擴兩個網格，並利用相同的方法外擴**地形開闊度大於5度**的網格，再將結果做交集分析。



(2)如同第一組的方法，但**坡度門檻值改為大於40度**，**開闊度門檻值大於10度**。

(3)**大於坡度30度**或**地形開闊度大於5度**的網格，再將結果做聯集分析。

(4)**大於坡度30度**或**地形開闊度大於10度**的網格，再將結果做聯集分析。

(5)**大於坡度40度**或**地形開闊度大於5度**的網格，再將結果做聯集分析。

(6)**大於坡度40度**或**地形開闊度大於10度**的網格，再將結果做聯集分析。

實際地形分析結果

門檻值結果(1)

單方向與多方向性窗口比較

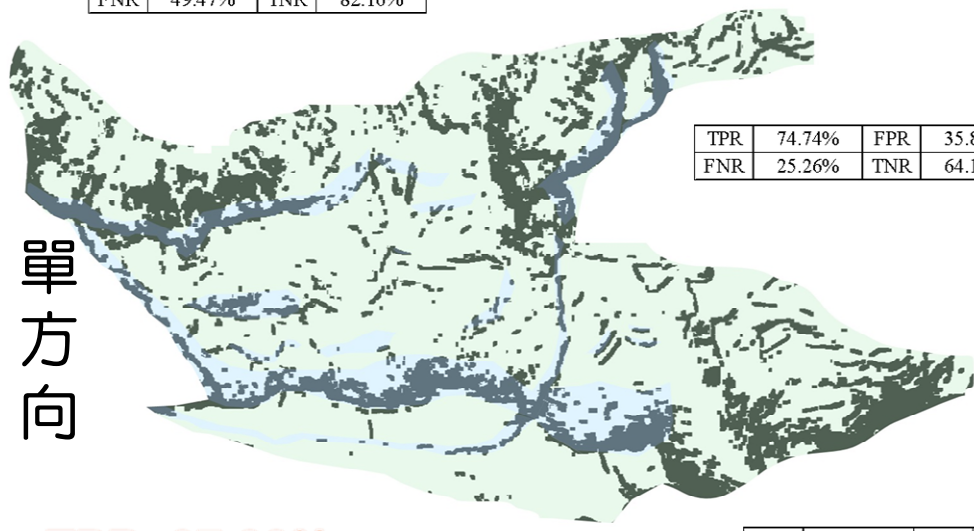
單方向性窗口的分析結果之TPR值皆大於多方向性窗口的結果，但同時FPR值也會增加。

推測原因在於本次劃設的目標為崩崖之地形特徵(藍色範圍)，而區內另有類似此上緩下陡的地形特徵，因此會影響到混淆矩陣的計算。

TPR=50.53%　FPR=17.84%

TPR	50.53%	FPR	17.84%
FNR	49.47%	TNR	82.16%

單方向

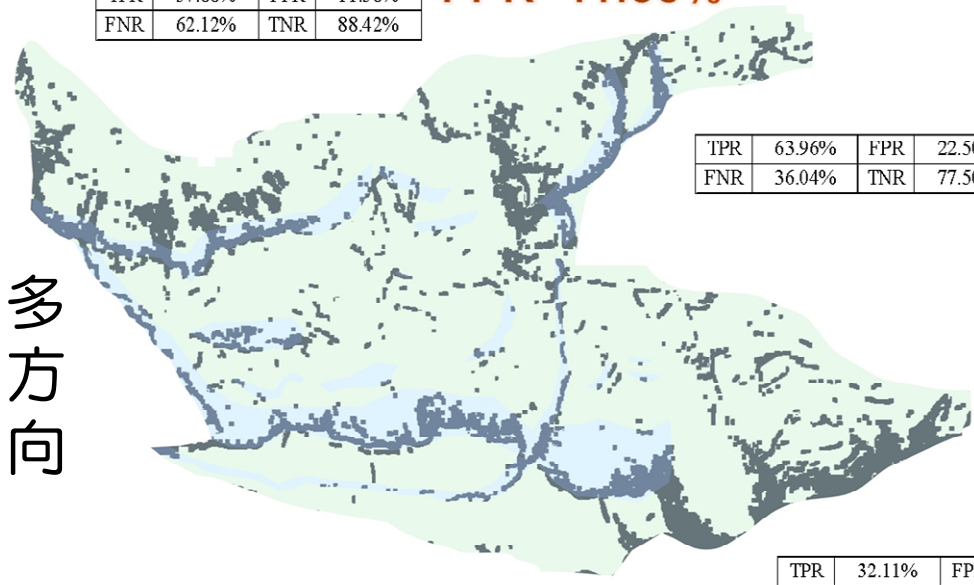


TPR	74.74%	FPR	35.84%
FNR	25.26%	TNR	64.16%

TPR=37.88%　FPR=11.58%

TPR	37.88%	FPR	11.58%
FNR	62.12%	TNR	88.42%

多方向



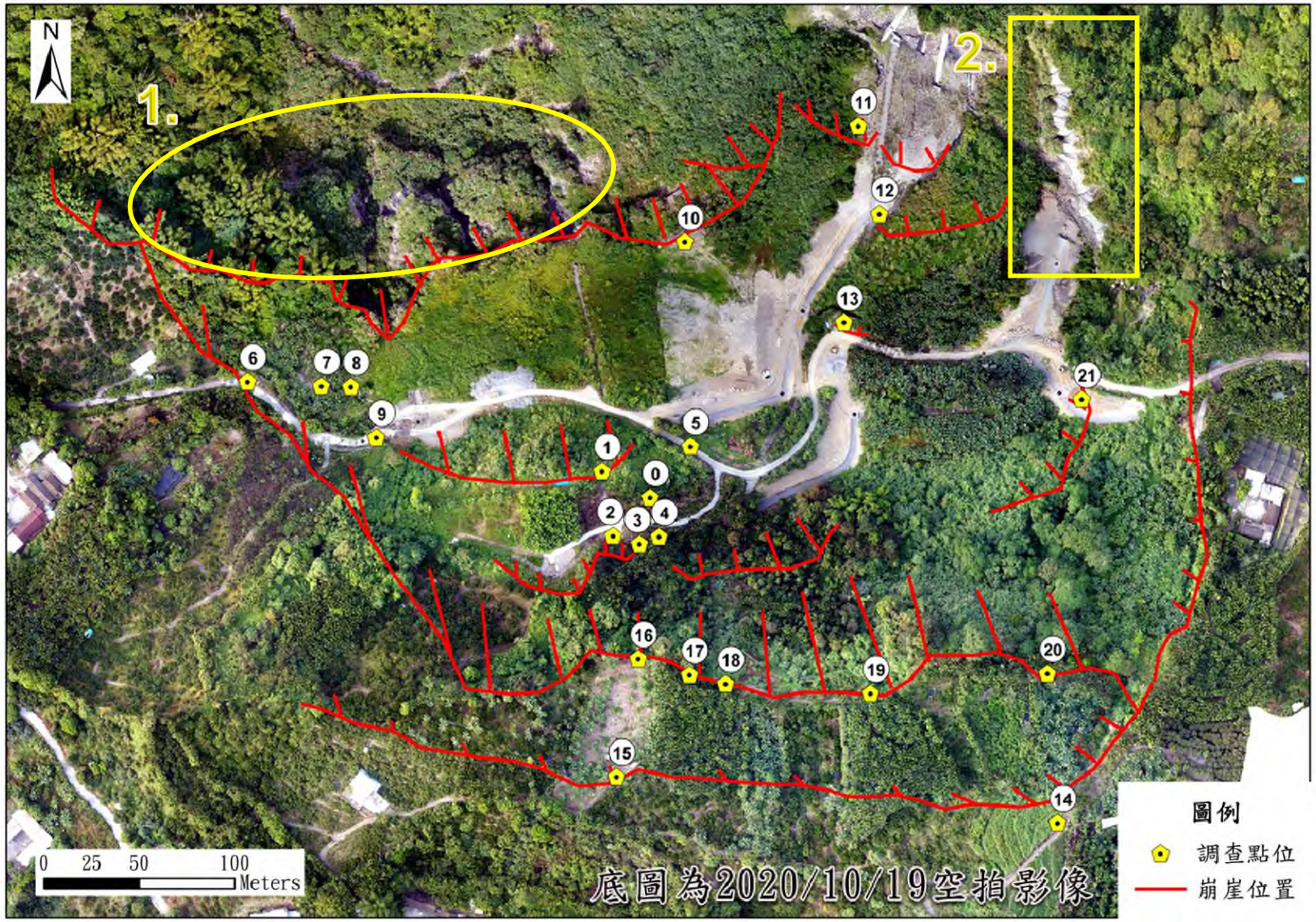
TPR	46.60%	FPR	31.67%
FNR	53.40%	TNR	68.33%

TPR	63.96%	FPR	22.50%
FNR	36.04%	TNR	77.50%

TPR	32.11%	FPR	23.11%
FNR	67.89%	TNR	76.89%

實際地形分析結果

雜點來源



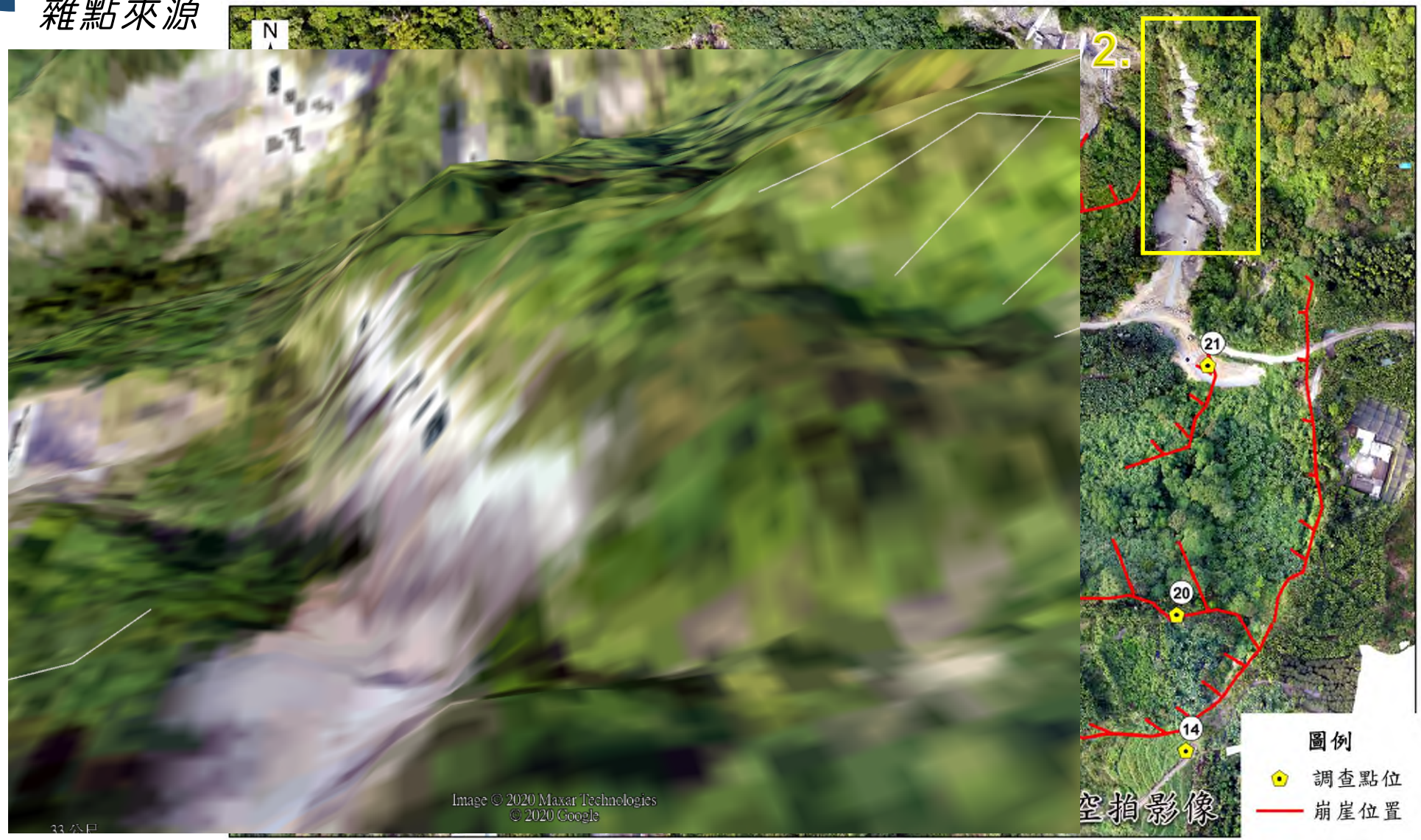
實際地形分析結果

雜點來源



實際地形分析結果

雜點來源

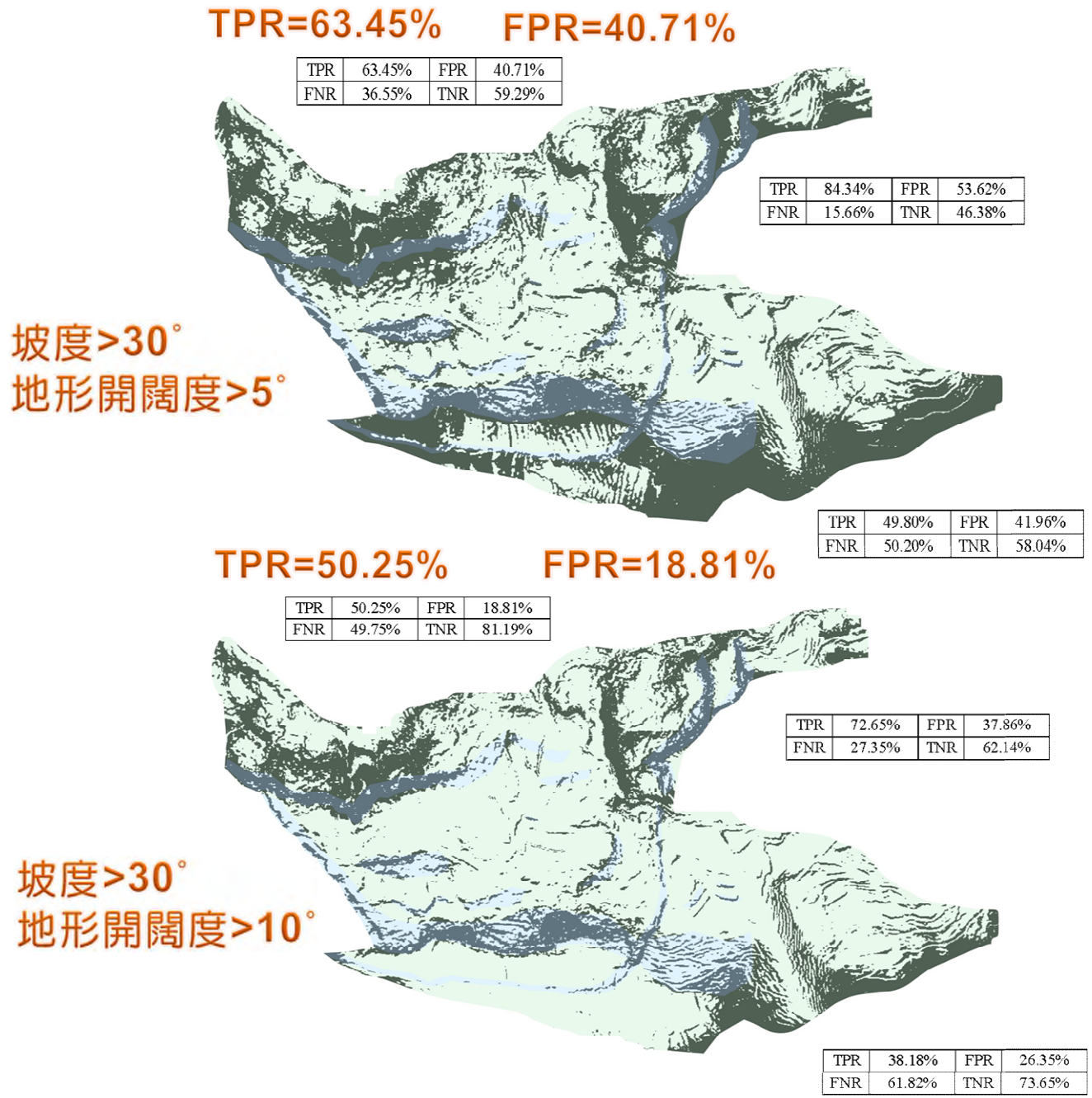


實際地形分析結果

門檻值結果(2)

比較在相同坡度門檻值下，不同地形開闊度門檻值的結果

可以發現在相同的坡度門檻值下，當地形開闊度門檻值越高時，雖然TPR會稍許降低，但能夠大幅度的降低FPR值，也就是雜點出現的頻率減少許多。

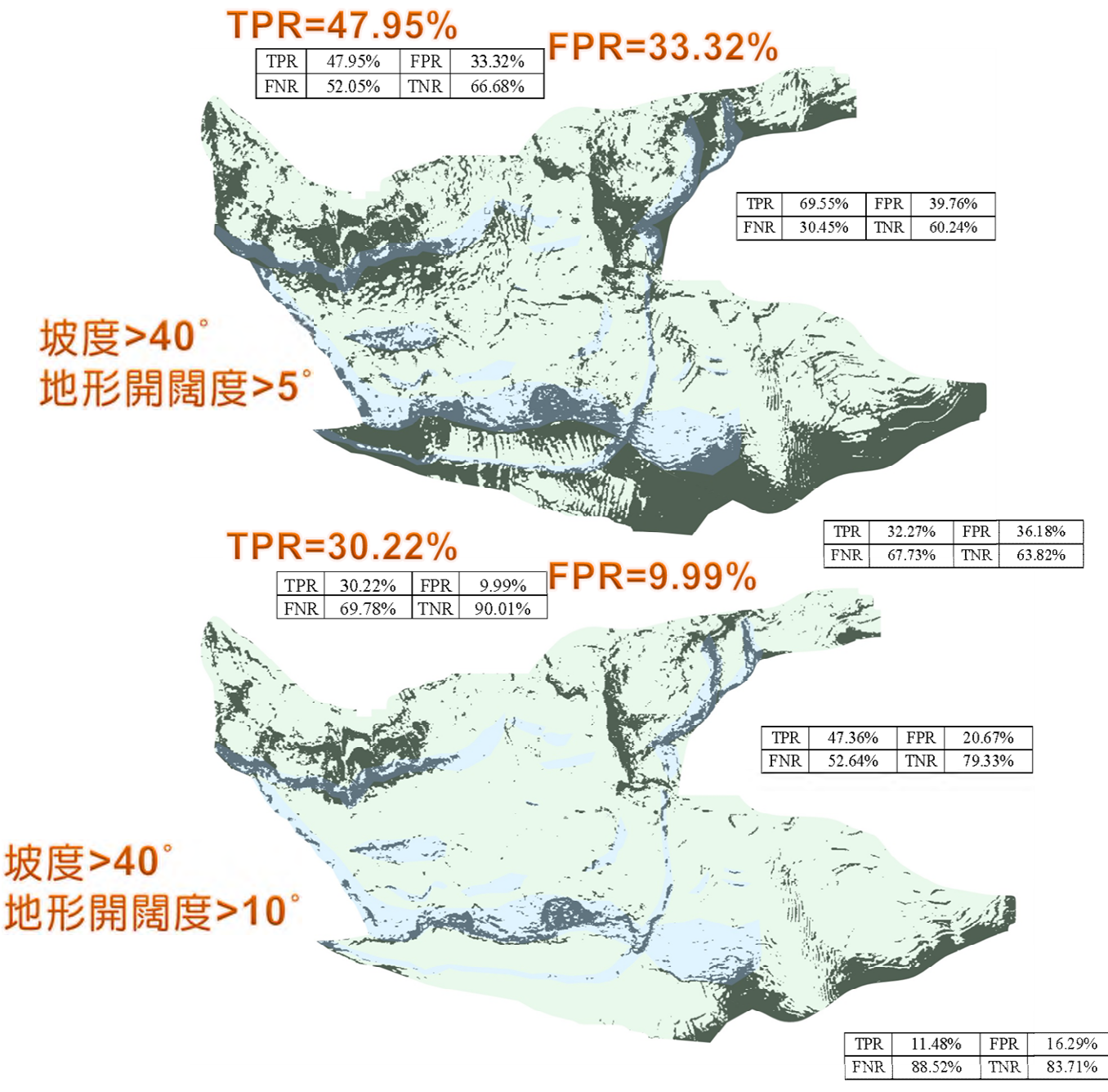


實際地形分析結果

門檻值結果(2)

比較在相同坡度門檻值下，不同地形開闊度門檻值的結果

可以發現在相同的坡度門檻值下，當地形開闊度門檻值越高時，雖然TPR會稍許降低，但能夠大幅度的降低FPR值，也就是雜點出現的頻率減少許多。

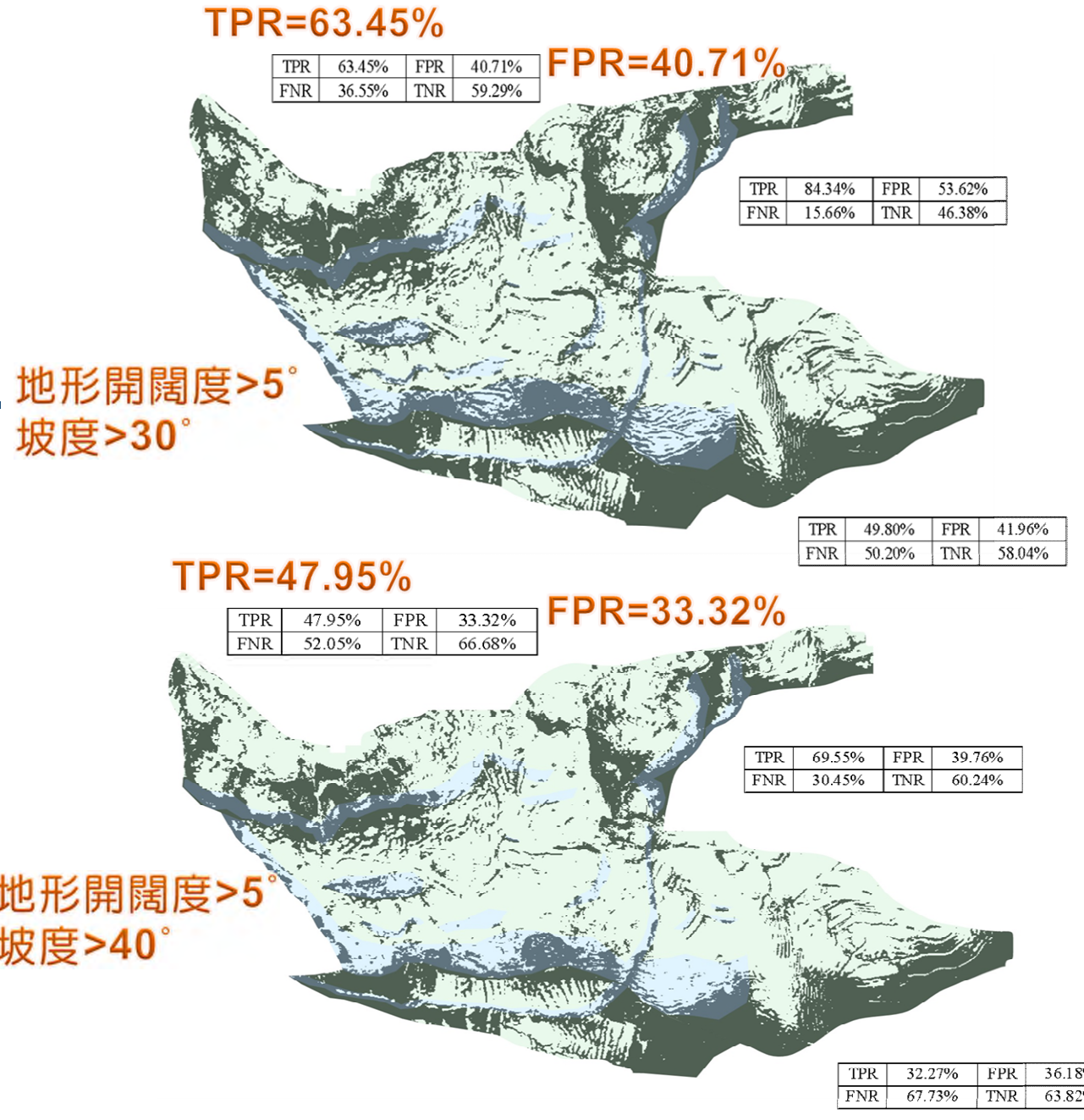


實際地形分析結果

門檻值結果(3)

比較在相同地形開闊度門檻值下，不同坡度門檻值的結果

在相同的地形開闊度門檻值下，當坡度門檻值越高時，雖然FPR值會稍許降低，但同時TPR亦會大幅度減少，也就是目標範圍內的預測值會減少許多。

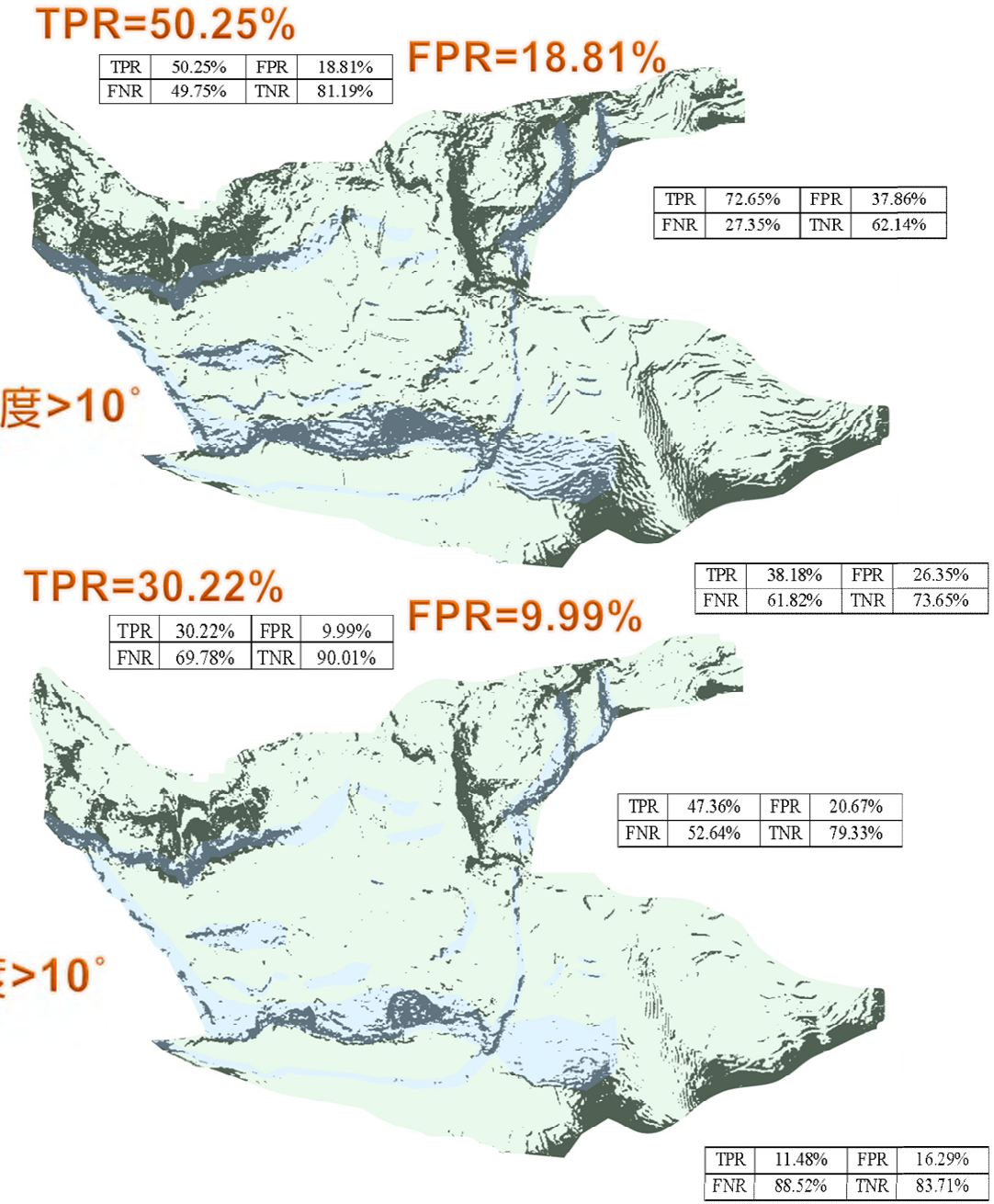


實際地形分析結果

門檻值結果(3)

比較在相同地形開闊度門檻值下，不同坡度門檻值的結果

在相同的地形開闊度門檻值下，當坡度門檻值越高時，雖然FPR值會稍許降低，但同時TPR亦會大幅度減少，也就是目標範圍內的預測值會減少許多。



實際地形分析結果

門檻值結果(4)

比較聯集與交集結果

地形開闊度>5°，坡度>30°

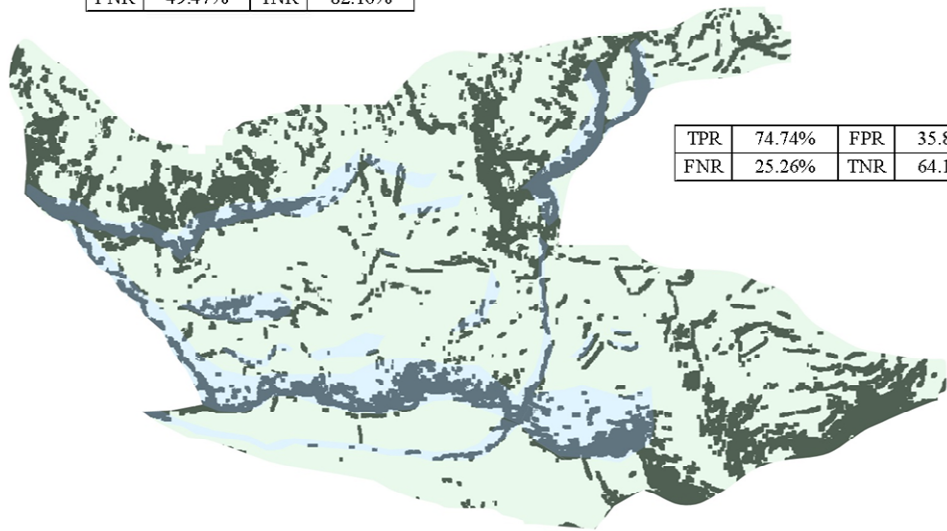
外擴交集方式可以讓一個網格同時考慮兩個因子，大幅降低雜點的頻率。外擴的方式也能夠讓線段更連續，但同時亦會讓雜點擴大範圍。

外擴交集

TPR=50.53%

FPR=17.84%

TPR	50.53%	FPR	17.84%
FNR	49.47%	TNR	82.16%



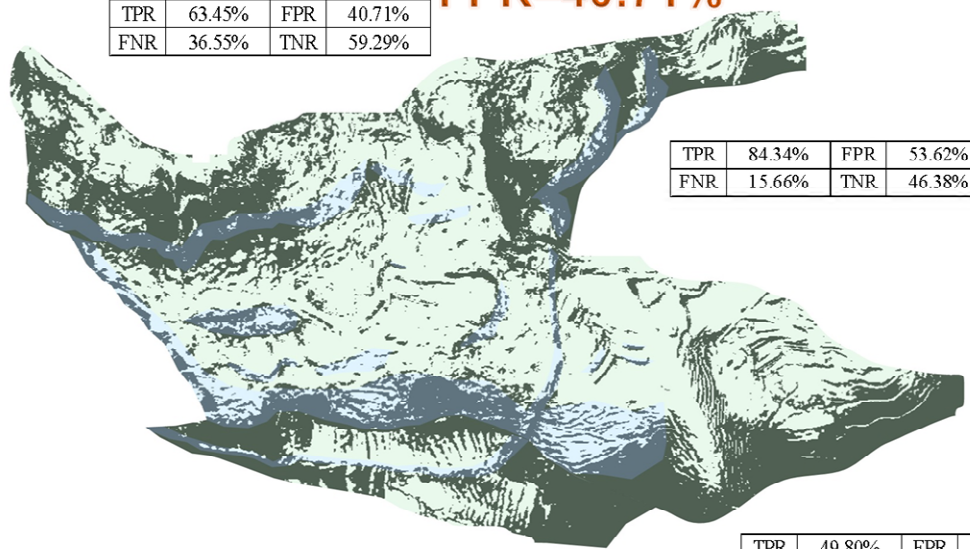
TPR	74.74%	FPR	35.84%
FNR	25.26%	TNR	64.16%

聯集

TPR=63.45%

FPR=40.71%

TPR	63.45%	FPR	40.71%
FNR	36.55%	TNR	59.29%



TPR	46.60%	FPR	31.67%
FNR	53.40%	TNR	68.33%

TPR	84.34%	FPR	53.62%
FNR	15.66%	TNR	46.38%

TPR	49.80%	FPR	41.96%
FNR	50.20%	TNR	58.04%

實際地形分析結果

門檻值結果(4)

比較聯集與交集結果

地形開闊度>10°, 坡度>40°

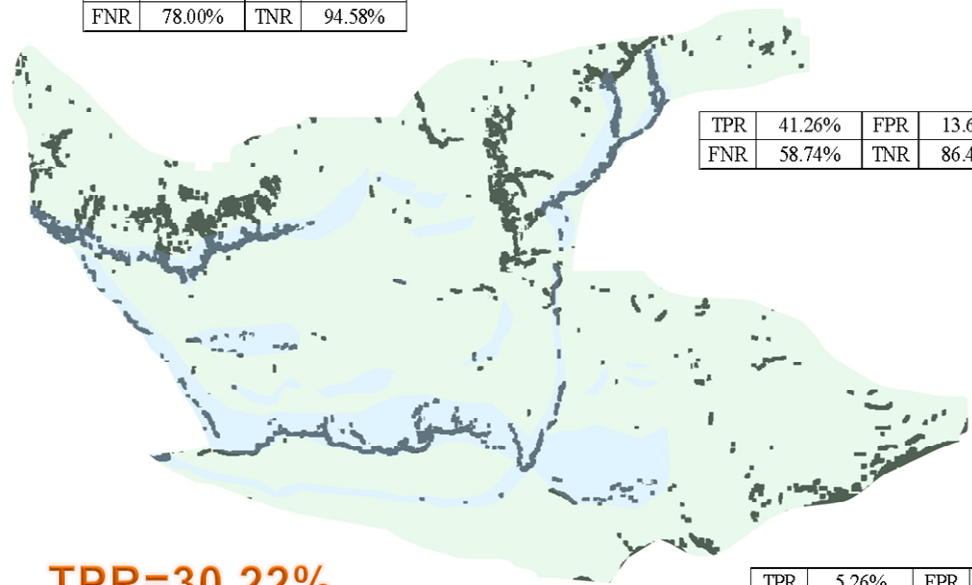
聯集TPR較高的原因在於坡度與地形開闊度因子提取崩崖的範圍不同，聯集的方式能讓涵蓋範圍較大。

外擴交集

TPR=22.00%

TPR	22.00%	FPR	5.42%
FNR	78.00%	TNR	94.58%

FPR=5.42%



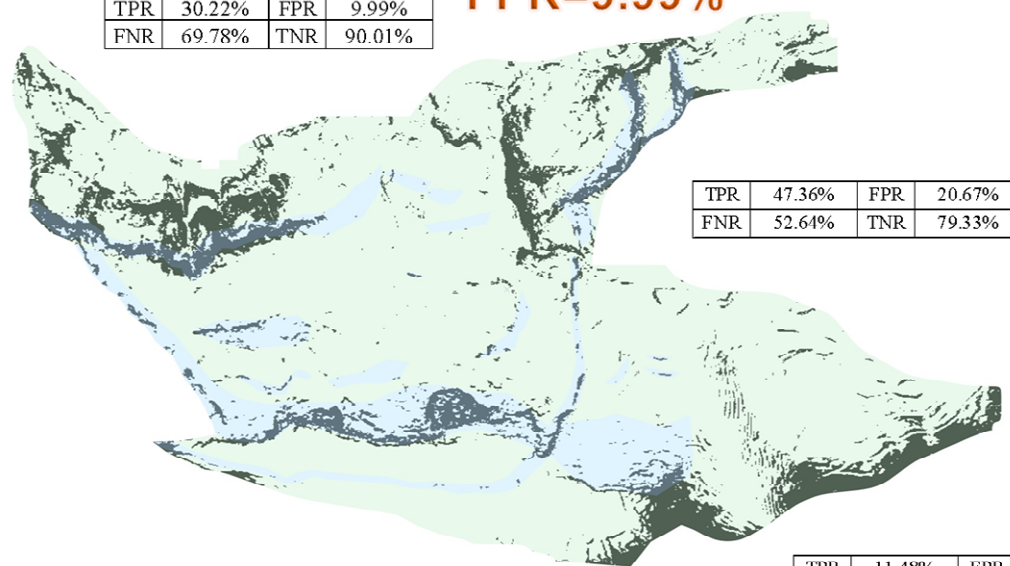
TPR	41.26%	FPR	13.60%
FNR	58.74%	TNR	86.40%

聯集

TPR=30.22%

TPR	30.22%	FPR	9.99%
FNR	69.78%	TNR	90.01%

FPR=9.99%



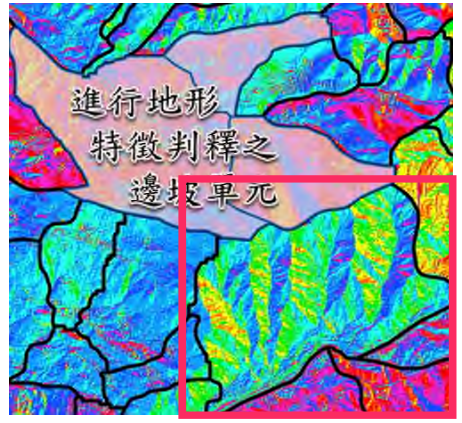
TPR	47.36%	FPR	20.67%
FNR	52.64%	TNR	79.33%

TPR	5.26%	FPR	6.80%
FNR	94.74%	TNR	93.20%

TPR	11.48%	FPR	16.29%
FNR	88.52%	TNR	83.71%

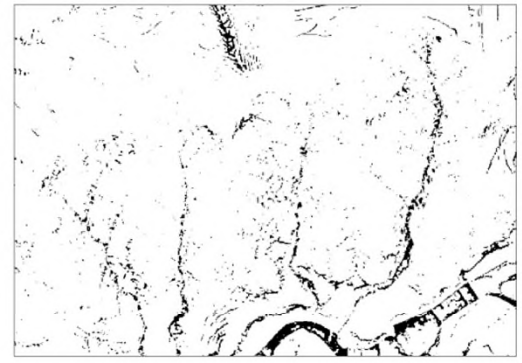
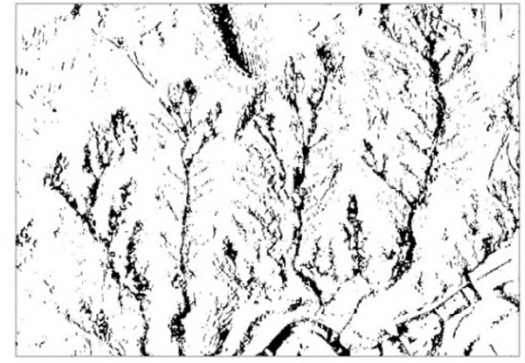
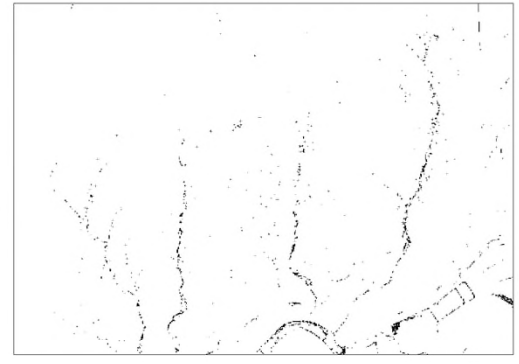
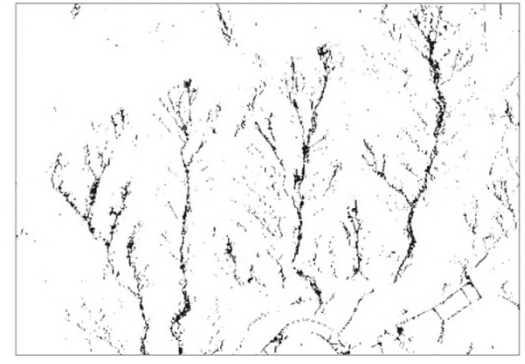
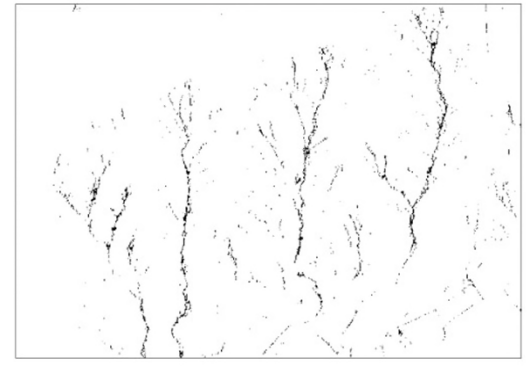
實際地形分析結果

蝕溝



東西向分析窗口的提取結果，都較多方向性分析窗口有更連續且更完整的南北向蝕溝線段，但兩者在細微的側向蝕溝線段都較不連續。

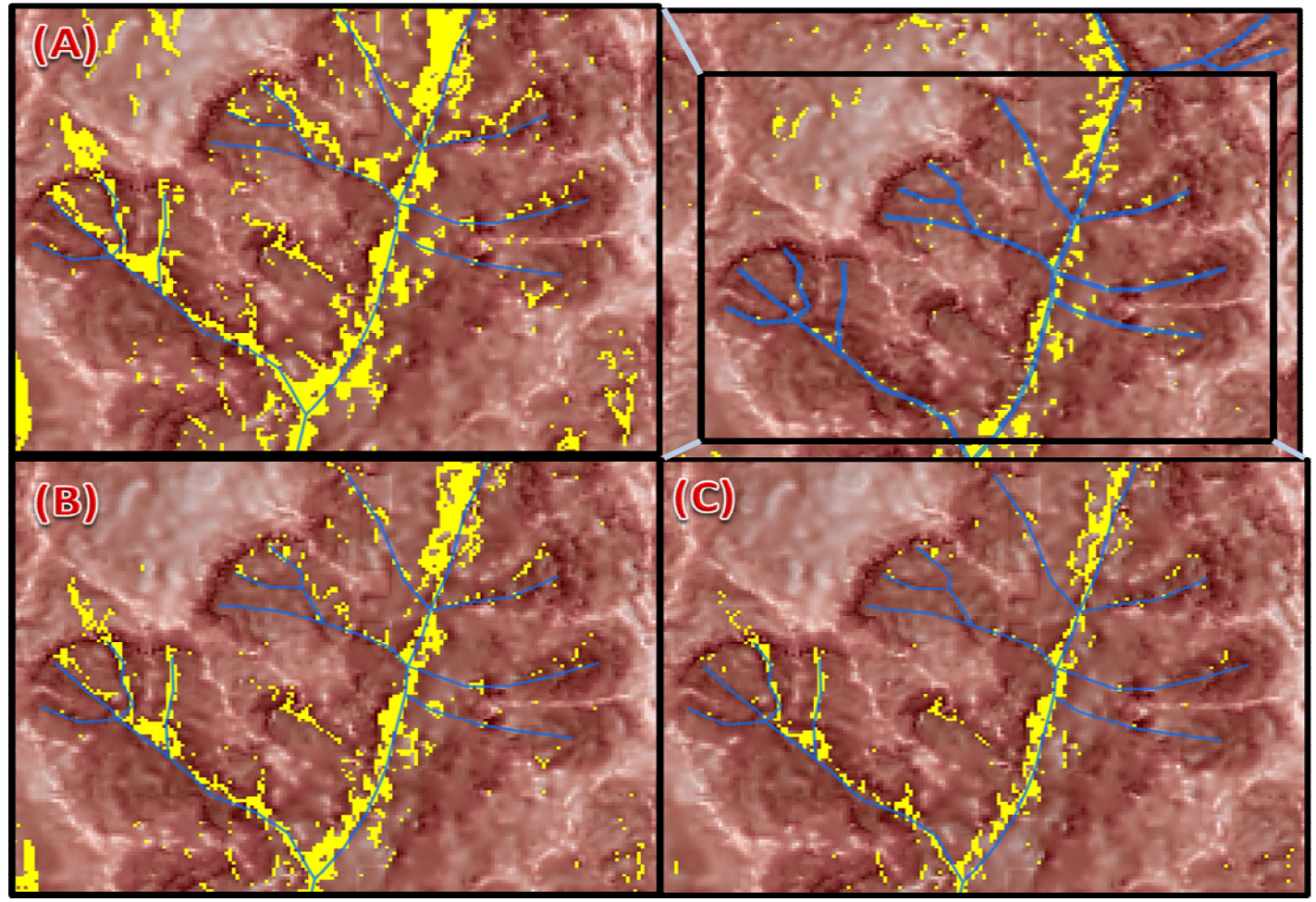
隨著地形因子的門檻值越小，所提取的網格越少，周圍的非目標雜點亦大幅減少，但目標的蝕溝線段也更為稀疏。

	多方向	東西向
(A)坡度<25度且 地形開闊度<-5度		
(B)坡度<20度且 地形開闊度<-10度		
(C)坡度<15度且 地形開闊度<-15度		

實際地形分析結果

蝕溝

當地形開闊度門檻值越小時，雜點出現的頻率大幅降低，更能夠準確的找出微地形特徵的位置。



相同坡度門檻值(25度)之不同地形開闊度門檻值結果：(A)地形開闊度小於-5度、(B)地形開闊度小於-10度、(C)地形開闊度小於-15度、底圖為多方向性窗口在地形開闊度小於-5度門檻值結果。

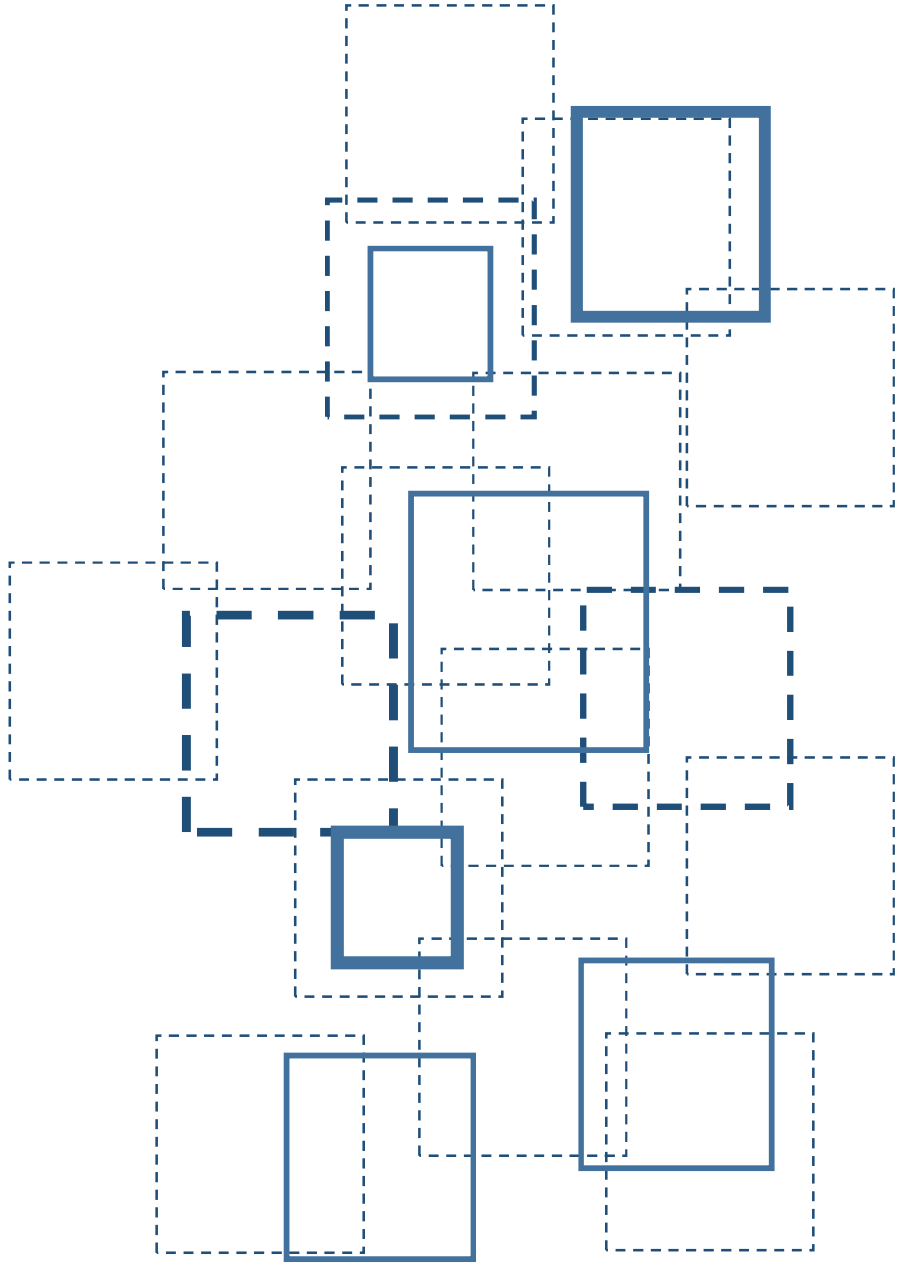
結論與建議

1.單方向性分析窗口較多方向性分析窗口有更佳的提取效果，當分析窗口與微地形特徵垂直時，有最佳的特徵提取效果。

2.單方向性分析窗口的分析結果之TPR值皆大於多方向性的結果，但同時FPR值也會增加。

3.依據微地形特徵的特性，選取適合的因子與門檻值。如崩崖的特性：地形開闊度門檻值越高，可以減少雜點出現的頻率；但蝕溝之狀況則相反。

4.各地形因子的建議窗口大小：地形粗糙度與坡度粗糙度之建議窗口大小為小於5個網格，因為半徑過大會使得微地形特徵模糊；地形開闊度與天空開闊度的半徑則是越大越能夠顯示全區域的開闊度值。



謝謝聆聽
敬請指教