

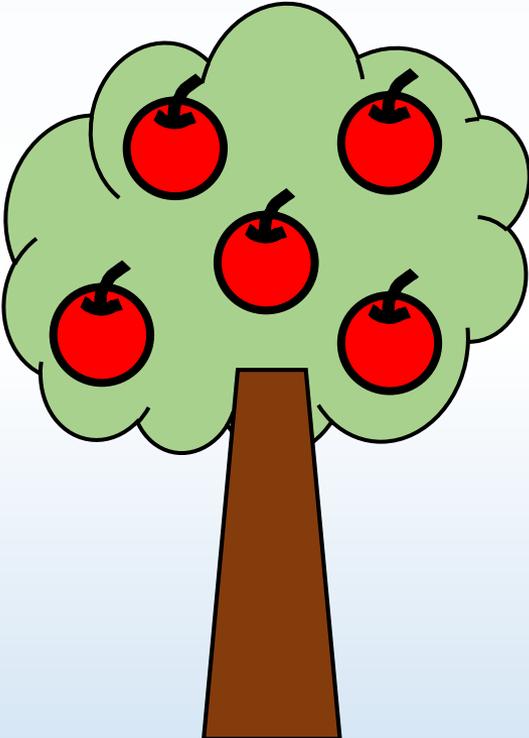
WEPS系集預報之經濟價值

陳冠儒¹ 張惠玲¹ 吳佳蓉¹ 汪琮¹ 洪景山¹ 楊舒芝²

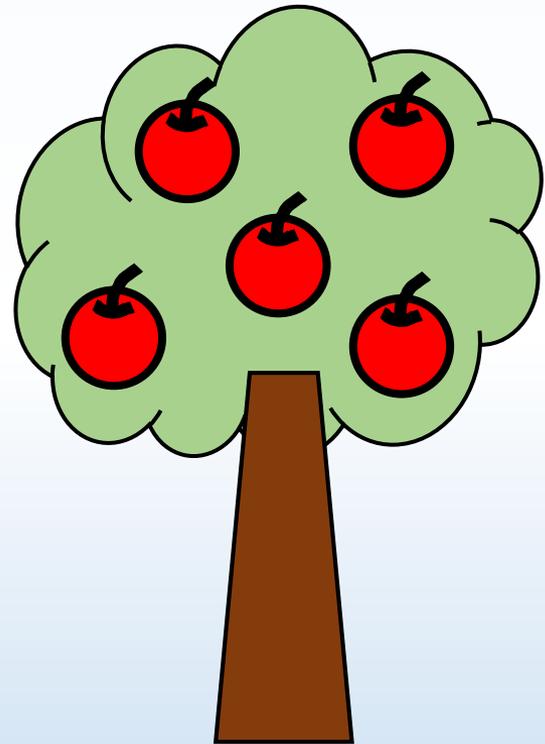
中央氣象局¹
中央大學大氣科學系²

目的

- 中央氣象局近年來以區域模式WRF為基礎，發展一套系集預報系統（WRF Ensemble Prediction System），希望藉由不同的初始場、參數化等設定，以獲取預報的不確定性。
- 本研究將對WEPS預報進行經濟價值（Economic Value）之分析，藉由量化機率預報的表現，評估防災決策時，WEPS機率預報能為決策者降低多少損失。



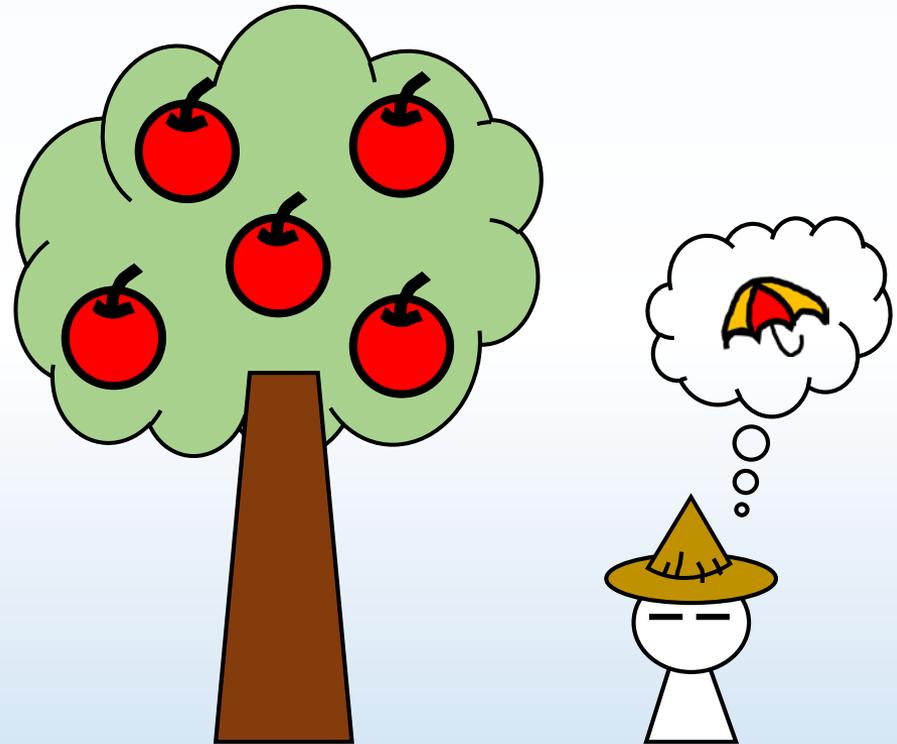
颱風



颱風

農夫面對颱風時，四種可能的未來：

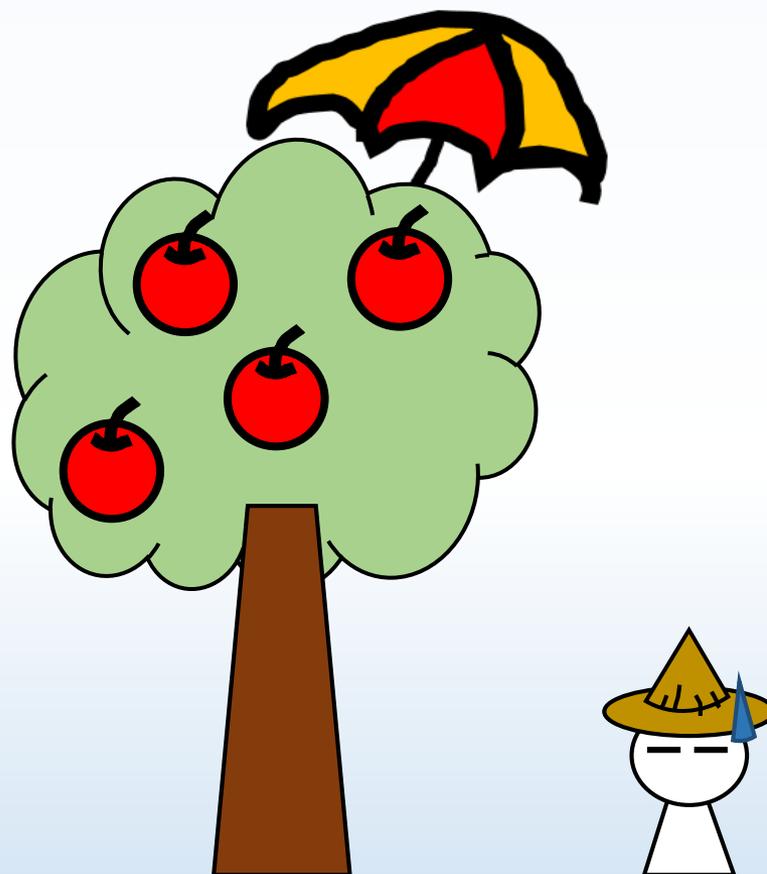
	執行防災	不防災
有災害		
無災害		



颱風

農夫面對颱風時，四種可能的未來：

	執行防災	不防災
有災害		
無災害		



農夫面對颱風時，四種可能的未來：

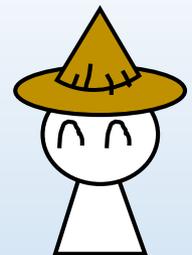
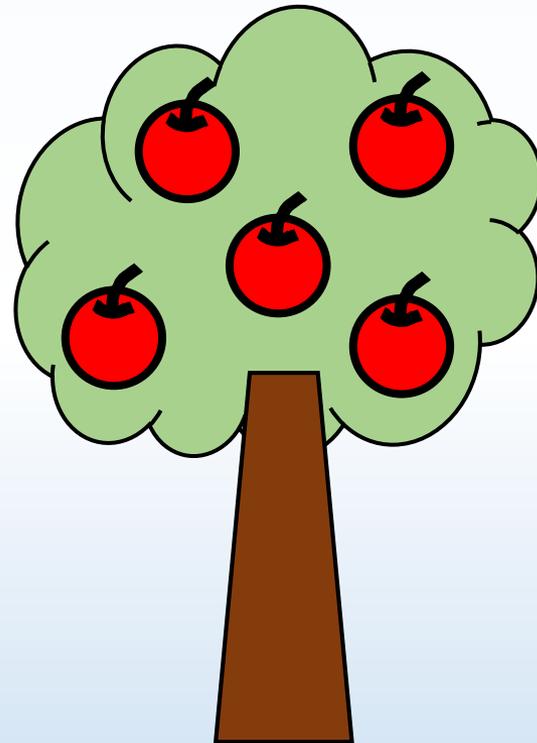
	執行防災	不防災
有災害		
無災害		

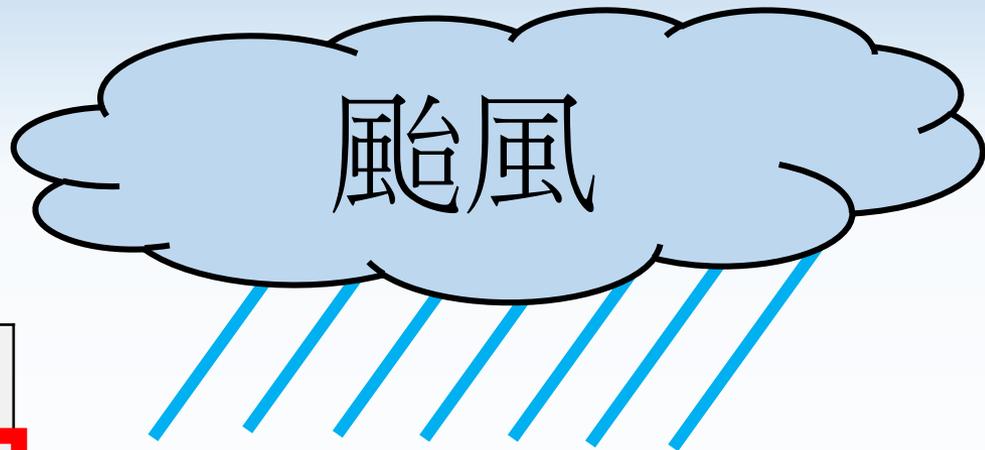




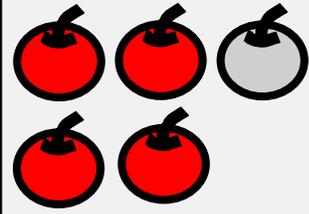
農夫面對颱風時，四種可能的未來：

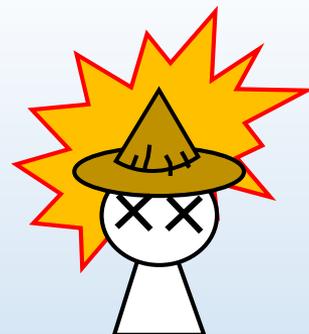
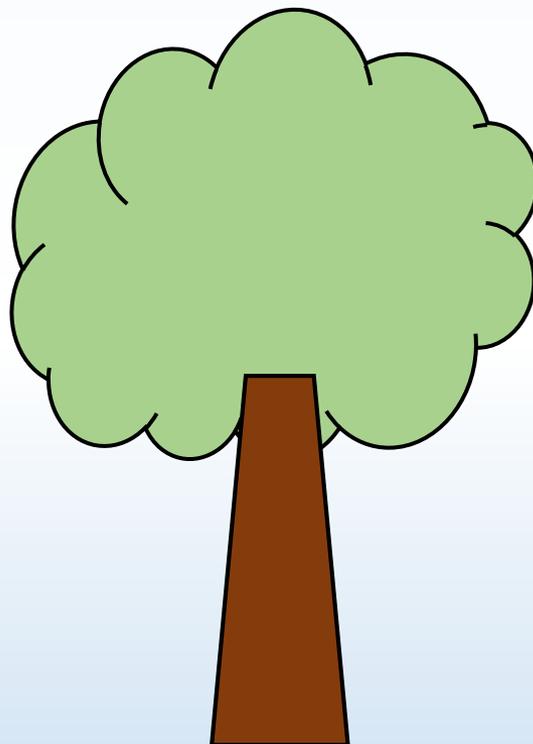
	執行防災	不防災
有災害		
無災害		





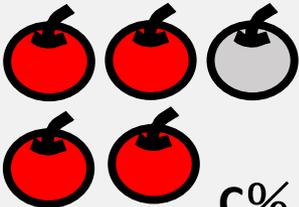
農夫面對颱風時，四種可能的未來：

	執行防災	不防災
有災害		
無災害		

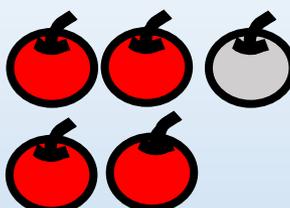




農夫的費用期望值：

	執行防災	不防災
有災害	 A%	 C%
無災害	 B%	D%

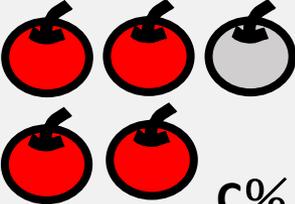
??%代表該狀況發生的機率

期望花費 $E =$  $\times A\% +$  $\times B\% +$  $\times C\%$



經濟價值分析

農夫的費用期望值：

	執行防災	不防災
有災害	 A%	 C%
無災害	 B%	D%

- 經濟價值 Economic Value：
評估模式預報能夠減少的花費

$$EV = \frac{E_{climate} - E_{forecast}}{E_{climate} - E_{perfect}}$$

$E_{climate}$ 參考氣候值的花費

$E_{perfect}$ 參考完美預報的花費

$E_{forecast}$ 參考數值模式的花費

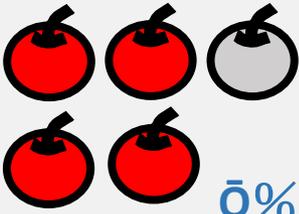
EV = 0：表示數值模式的效益與參考氣候值一樣。

EV = 1：表示數值模式的效益等於完美預報。



經濟價值分析

農夫的費用期望值：

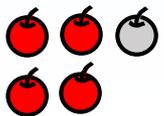
	執行防災	不防災
有災害		 $\bar{o}\%$
無災害		$1 - \bar{o}\%$

$\bar{o}\%$ 為災害發生的機率

$E_{climate}$

決策者根據過去經驗，決定是否執行防災行動。此時防災與否與災害出現的頻率（氣候值）有關。

氣候上災害很少發生，故完全不防災：

決策者花費： $\times \bar{o}\%$

決策者花費： $\times \bar{o}\% + \times (1 - \bar{o}\%)$

經濟價值分析：氣候值

農夫的費用期望值：

	執行防災	不防災
有災害	 $\bar{0}\%$	
無災害	 $1 - \bar{0}\%$	

$\bar{0}\%$ 為災害發生的機率

$E_{climate}$

決策者根據過去經驗，決定是否執行防災行動。此時防災與否與災害出現的頻率（氣候值）有關。

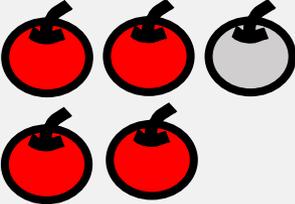
氣候上災害很常發生，因此每次都防災：

決策者花費： $\bar{0}\%$

決策者花費： $\bar{0}\%$  $\times \bar{0}\%$ + orange $\times (1 - \bar{0}\%)$

經濟價值分析：氣候值

農夫的費用期望值：

	執行防災	不防災
有災害		
無災害		

$\bar{0}\%$ 為災害發生的機率

$E_{climate}$

決策者根據過去經驗，決定是否執行防災行動。此時防災與否與災害出現的頻率（氣候值）有關。

參考氣候值的花費：

$$E_{climate} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \begin{array}{l} \text{五個蘋果} \\ \text{四紅一灰} \end{array} \times \bar{0}\% \\ \begin{array}{l} \text{一個黃橙} \\ \text{一個灰橙} \end{array} \times \bar{0}\% + \begin{array}{l} \text{一個黃橙} \\ \text{一個灰橙} \end{array} \times (1 - \bar{0}\%) \end{array} \right.$$

經濟價值分析：完美預報

農夫的費用期望值：

	執行防災	不防災
有災害	 $\bar{o}\%$	
無災害		$1 - \bar{o}\%$

$\bar{o}\%$ 為災害發生的機率

$E_{perfect}$

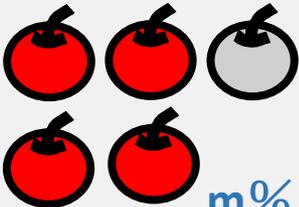
100%預測災害的發生，因此僅有災害發生時，決策者才需要付出少量費用：

參考完美預報的花費：

$$E_{perfect} = \text{orange} \times \bar{o}\%$$

經濟價值分析：數值模式

農夫的費用期望值：

	執行防災	不防災
有災害	 $h\%$	 $m\%$
無災害	 $f\%$	 $c\%$

h, f, m, c 與數值模式的表現有關。

$E_{forecast}$

根據數值模式預報的結果進行防災決策時的所需付出的成本：

參考數值模式的花費：

$$\begin{aligned}
 & \begin{matrix} \text{yellow fruit} \\ \text{grey fruit} \end{matrix} \times h\% \\
 & + \\
 E_{forecast} = & \begin{matrix} \text{yellow fruit} \end{matrix} \times f\% \\
 & + \\
 & \begin{matrix} \text{red fruit} & \text{red fruit} & \text{grey fruit} \\ \text{red fruit} & \text{red fruit} & \end{matrix} \times m\%
 \end{aligned}$$

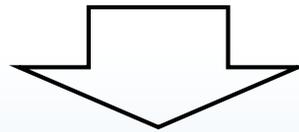
經濟價值分析

$$E_{climate} = \text{Min} \left[\begin{array}{c} \text{red apple} \text{ red apple} \text{ grey apple} \\ \text{red apple} \text{ red apple} \end{array} \times \bar{o} \% , \begin{array}{c} \text{yellow apple} \\ \text{grey apple} \end{array} \times \bar{o} \% + \text{yellow apple} \times (1 - \bar{o} \%) \right]$$

$$E_{perfect} = \begin{array}{c} \text{yellow apple} \\ \text{grey apple} \end{array} \times \bar{o} \%$$

C:	
Lu:	
Lp:	   

$$E_{forecast} = \begin{array}{c} \text{yellow apple} \\ \text{grey apple} \end{array} \times h \% + \text{yellow apple} \times f \% + \begin{array}{c} \text{red apple} \text{ red apple} \text{ grey apple} \\ \text{red apple} \text{ red apple} \end{array} \times m \%$$



$$E_{climate} = \bar{o}Lu + \text{Min}[\bar{o}Lp, C]$$

$$E_{perfect} = \bar{o}(C + Lu)$$

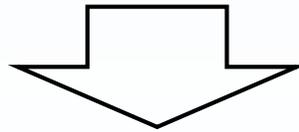
$$E_{forecast} = h(C + Lu) + fC + m(Lp + Lu)$$

經濟價值分析

$$E_{climate} = \bar{o}Lu + \text{Min}[\bar{o}Lp, C]$$

$$E_{perfect} = \bar{o}(C + Lu)$$

$$E_{forecast} = h(C + Lu) + fC + m(Lp + Lu)$$



$$\text{經濟價值 EV} = \frac{E_{climate} - E_{forecast}}{E_{climate} - E_{perfect}} = \frac{\text{Min}(\bar{o}, r) - (h + f)r - m}{\text{Min}(\bar{o}, r) - \bar{o}r}$$

經濟價值分析

$$\text{經濟價值 } EV = \frac{\text{Min}(\bar{o}, r) - (h + f)r - m}{\text{Min}(\bar{o}, r) - \bar{o}r}$$

\bar{o} ：反映災害發生的頻率

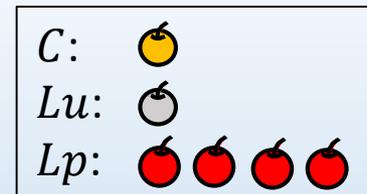
h, f, m ：反映數值模式的表現

以「決定性預報」做為防災決策參考時， h, f, m 的數值固定。

但以「機率預報」作為防災決策參考時，其數值會因為決策者選定的警戒閾值不同而有變化。

$r=C/Lp$ ：反映決策者特性

r 值較小的決策者，能以少量的成本規避大量損災害失。



使用資料

- 校驗模式：中央氣象局區域系集預報系統 WEPS

使用版本為WRF 3.3.1版，組合不同的初始條件、邊界條件、模式參數化等，產生20個系集預報成員。

（感謝資訊中心洪景山簡正與NWP小組提供資料）

- 個案選擇：

2013年至2015年發布警報之颱風

颱風個案		
2013蘇力	2014麥德姆	2015蓮花
2013潭美	2014鳳凰	2015昌鴻
2013康芮		2015蘇迪勒
2013天兔		2015天鵝
2013菲特		2015杜鵑

- 降雨參考資料：

QPESUMS雷達降水估計

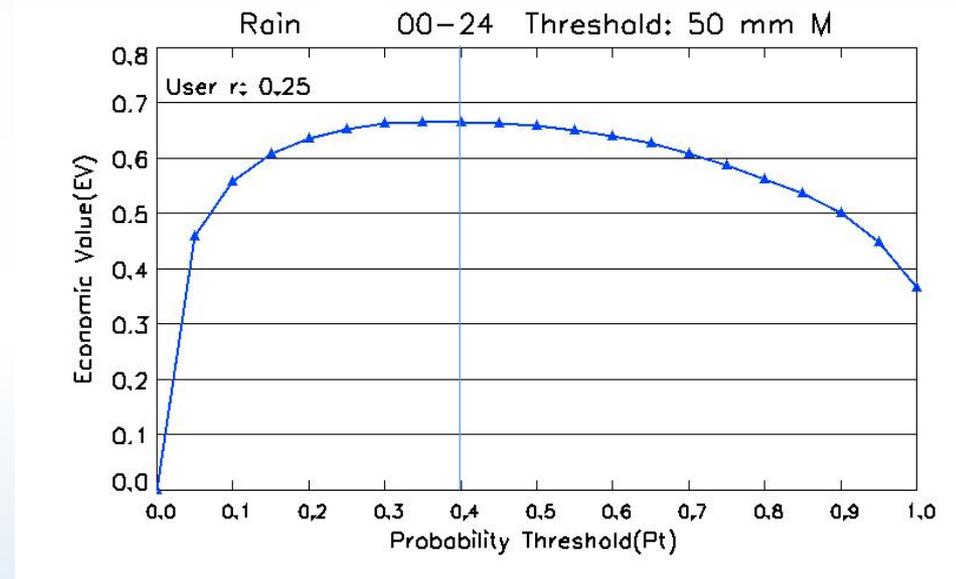
WEPS經濟價值分析

- 經濟價值
$$EV = \frac{\text{Min}(\bar{o}, r) - (h + f)r - m}{\text{Min}(\bar{o}, r) - \bar{o}r}$$

- 決策者： $r = C/Lp = 0.25$
- 降雨（災害）強度：50mm
- 降雨累積時間：0-24小時
- 降雨區域：山區

- 其經濟價值如右圖所示。

$r=0.25$ 的決策者選擇 40% 做為採取防災行動的標準時，將會得到最高的經濟價值（0.67）。



藍線表示決策者選擇不同pt時可以獲得之EV。

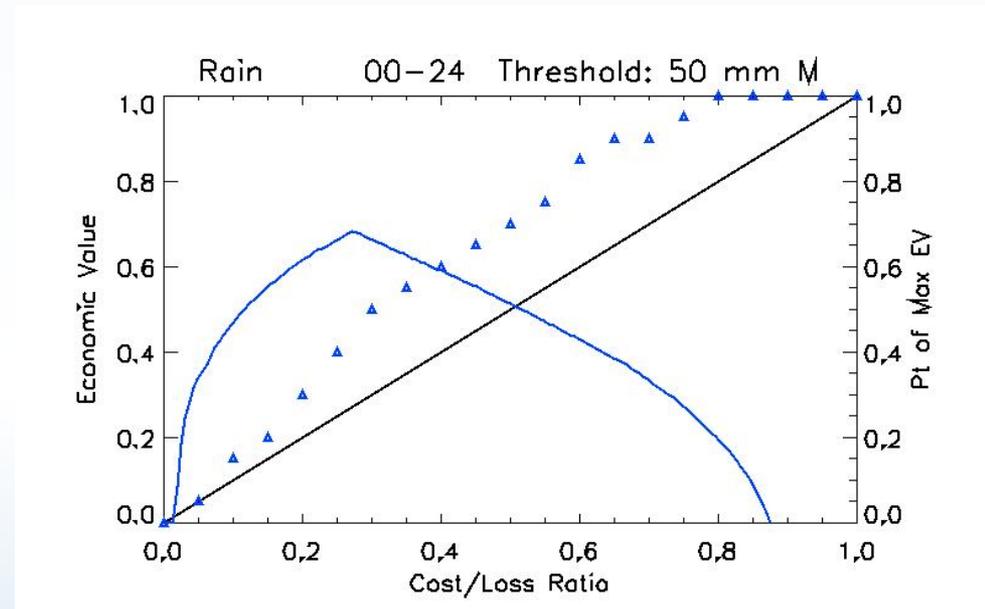
WEPS經濟價值分析

- 經濟價值
$$EV = \frac{\text{Min}(\bar{o}, r) - (h + f)r - m}{\text{Min}(\bar{o}, r) - \bar{o}r}$$

- 決策者： $r = C/Lp = 0 \sim 1$
- 降雨（災害）強度：50mm
- 降雨累積時間：0-24小時
- 降雨區域：山區

- 其經濟價值如右圖所示。

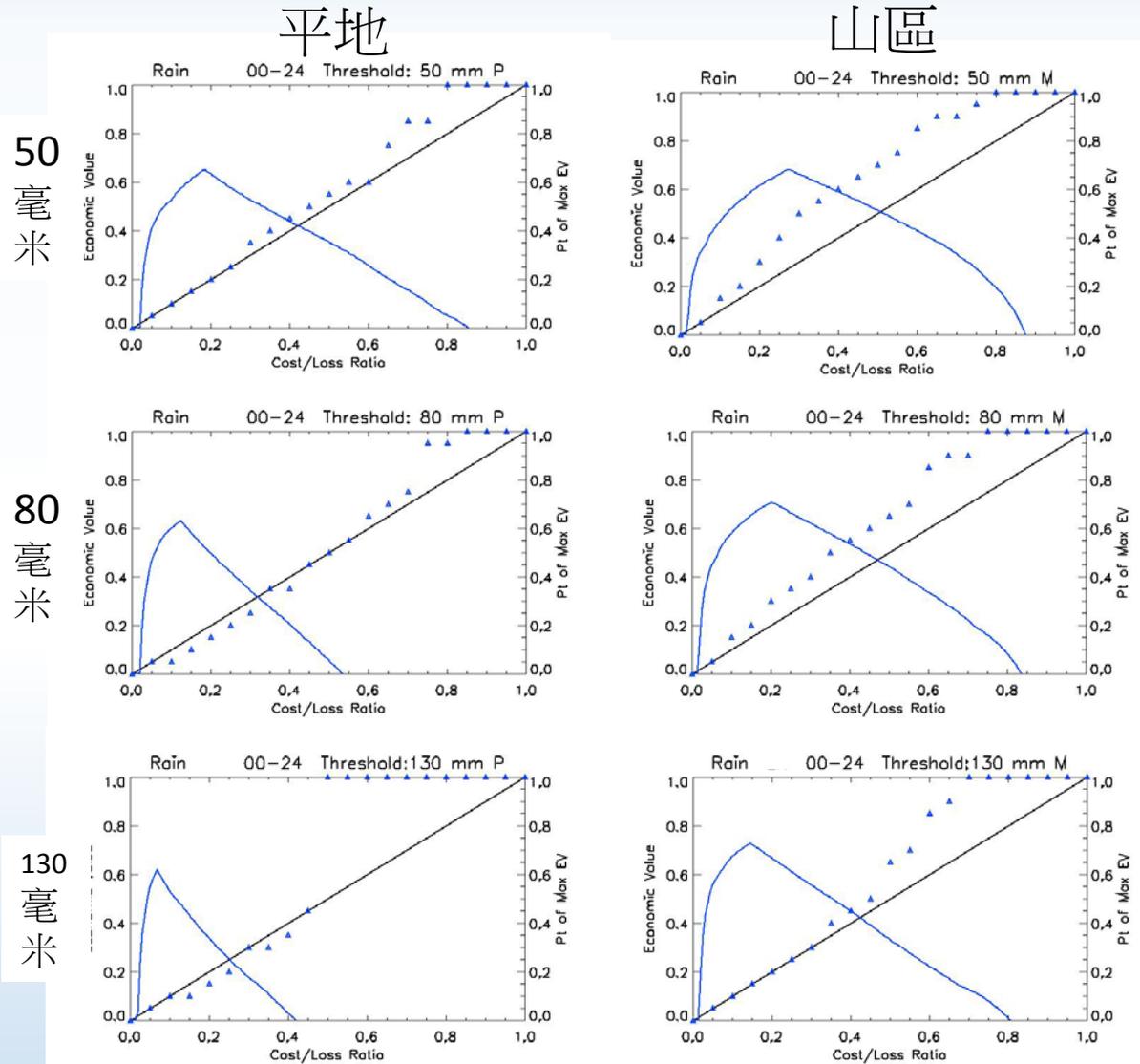
對於山區50毫米的降雨預報， r 介於0.2至0.4的決策者降可以得到高於0.6的經濟價值。



藍線表示決策者可以獲得之最高EV（對應左軸），藍點表示最高EV所對應的Pt（對應右軸）。

WEPS整體經濟價值分析

- 整體而言WEPS山區價值高於平地
- r 值在0.2至0.4間的決策者於山區關注50mm降雨時可得到較高經濟效益
- 高 r 決策者：
隨著降雨量值增加，EV會逐漸降低
- 低 r 使用者：
隨著降雨量值增加，WEPS的EV反而會些許提昇



結論

- 經濟價值分析可以幫助我們評估使用系集預報作為決策參考時，能帶來多少的效益。
- WEPS整體上在山區的經濟價值較平地高。
- WEPS為決策者帶來的經濟價值與其關注的降雨事件及決策者本身特性息息相關。

End