

## Term paper presentation 3: case study

### 雨量監測網測站設置最適化研究

地理三 B04208042 王澤承

#### 決策者:

中央氣象局

#### 決策內容:

雨量測站最適化分佈位置。了解該研究區中，理想情況下的雨量測站分布情形。

#### 研究區域:

新店溪集水區



#### 決策分期:

僅進行一次決策。沒有分階段設置，一次決策已將最適的空間配置規畫完。

### 模式列式

#### 一、模式參數

i: 網格名稱

N: 研究區所有網格數

t: 時間期數

T: 研究總時間期數

$Y_i$ : 網格 i 是否設置測站(0:否,1:是)

$A_i$ : 網格 i 設立測站時所涵蓋面積

$P_{it}$ : 網格 i 時段 t 的總雨量

$\bar{P}_i$ : 網格 i 平均雨量

$H_i$ : 網格 i 設站時聚落所占面積比例

$C_i$ : 網格 i 設站時崩塌地所占面積比例

B: 總設站數

- $D_{ij}$ : 網格  $i$  與網格  $j$  的距離  
 $D_c$ : 測站間限制距離  
 $S_i$ : 網格  $i$  平均坡度  
 $S_c$ : 測站設置限制坡度  
 $R_i$ : 網格  $i$  及周圍網格中是否有道路經過(0:否,1:是)

## 二、目標式

### 1. 覆蓋面積最大

$$Z_1 = \sum_{i=1}^N (A_i \times Y_i)$$

$A_i$  為  $i$  網格設置雨量站後的涵蓋的研究區面積， $Y_i$  為  $i$  網格是否設置雨量站，目標為使雨量站總涵蓋面積達最大。

### 2. 總雨量最大

$$Z_2 = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\sum_{t=1}^T P_{it}}{T} \right] Y_i$$

$P_{it}$  為  $i$  網格在第  $t$  期的總雨量，取平均後得  $i$  網格的平均雨量，目標為平均雨量最大，使雨量站設置往降雨極集中。

### 3. 聚落面積最大

$$Z_4 = \sum_{i=1}^N (H_i \times Y_i)$$

計算  $i$  網格建立雨量站後，**buffer** 所能涵蓋的聚落面積。目標為使聚落面積達到最大，使雨量站往聚落地區集中。

### 4. 崩塌地面積最大

$$Z_5 = \sum_{i=1}^N (C_i \times Y_i)$$

計算  $i$  網格建立雨量站後，**buffer** 所能涵蓋的崩塌地面積。目標為使聚落面積達到最大，使雨量站往崩塌地集中。

## 三、限制式

### 1. 預算

$$\sum_{i=1}^N Y_i \leq B$$

使建設的雨量站在可設站數內。

### 2. 設站難易度

坡度:

$$S_i \leq S_c \quad \forall i$$

$S_i$  為  $i$  網格平均坡度，使可建立測站的網格坡度小於最大坡度限制。

交通易達性:

$$R_i > 0 \quad \forall i$$

$R_i$  為  $i$  網格及周遭網格使否有道路經過，限制為使可建立測站的網格周圍有道路經過。

### 3. 資料重複性

覆蓋效率:

$$D_{ij}(Y_i + Y_j) \leq 2D_c \quad \forall i(i \neq j)$$

$D_{ij}$  為  $i$  網格及  $j$  網格之間的距離，限制為使設立的雨量站距離大於規定的最大距離。

## 四、多目標解法

因不知決策者對於個目標的偏好，故選用 Minimum deviation method:

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^K \left( \frac{Z_k^* - Z_k(x)}{Z_k^* - Z_{i_*}} \right)$$

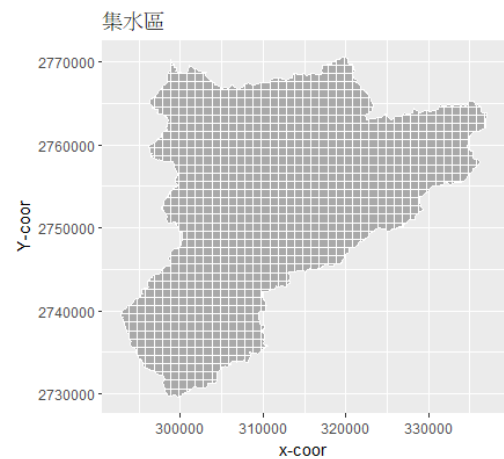
$$\text{s.t. } x \in Z$$

其中， $Z_k^*$  為各個  $Z_k(x)$  的最大值； $Z_{i_*}$  為各個  $Z_k(x)$  的最小值。

## 資料處理

### 一、研究區分割

切出 1km X 1km 網格:共 1016 格



## 二、對各項因子進行屬性資料建立 目標式資料處理

### 1. 覆蓋面積:

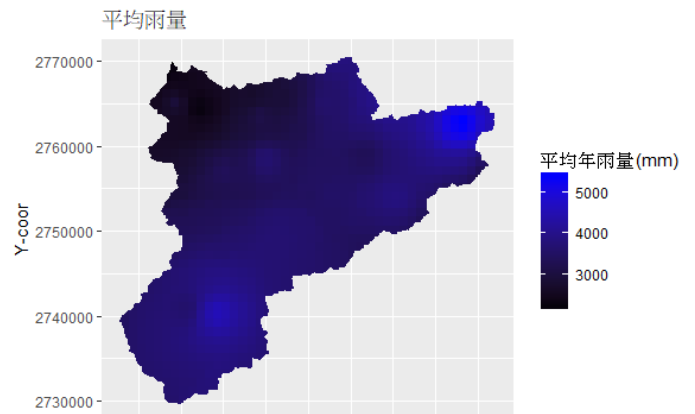
各網格中心點 **buffer**(半徑:2.5km) ，  
計算出各 **buffer** 在研究區中的面  
積。



### 2. 降雨模擬:

模擬真實降雨情況:IDW  
計算各網格內平均雨量。

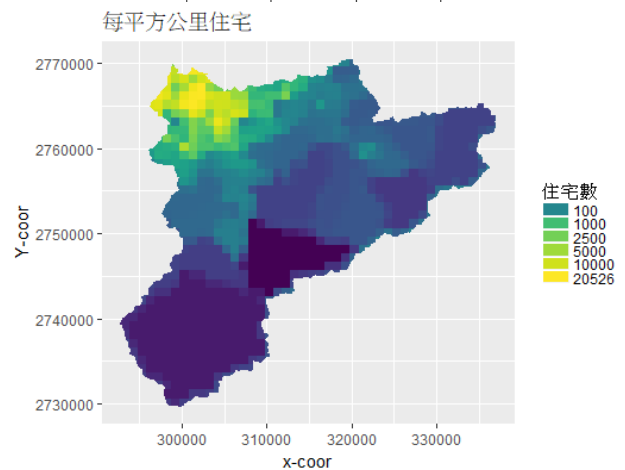
資料:設站 10 年雨量平均



### 3. 住宅數量:

計算各網格內的平均住宅數  
量。

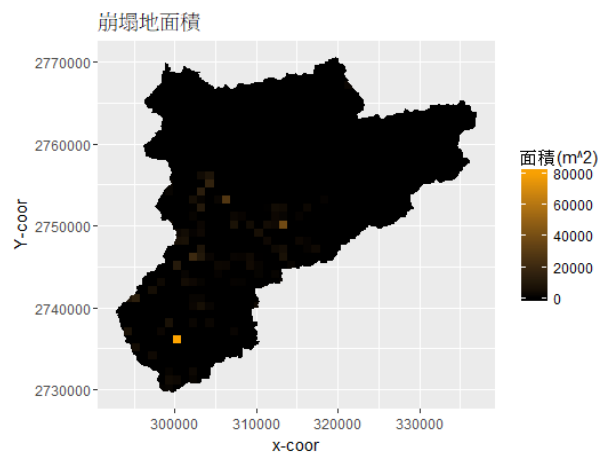
資料:內政部村里住宅統計



### 4. 崩塌地面積:

計算各網格內崩塌地面積。

資料:105 年農林航照辨識



### 限制式資料處理

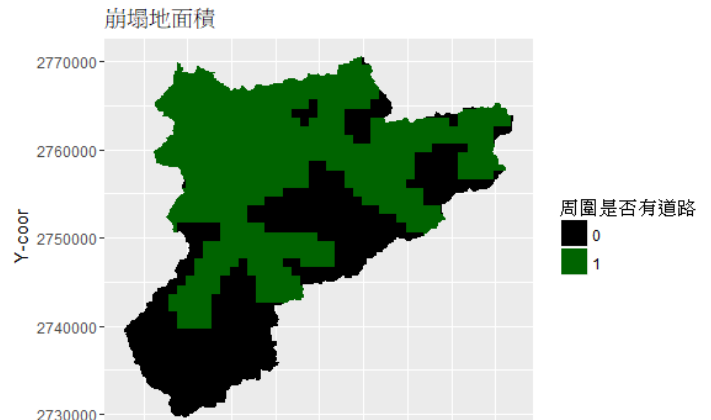
#### 5. 道路:

以北北基道路畫出 1km buffer，  
挑選出有在 buffer 內的網格。

資料:台北市街道

· 可事先排除:

排除條件:道路=0

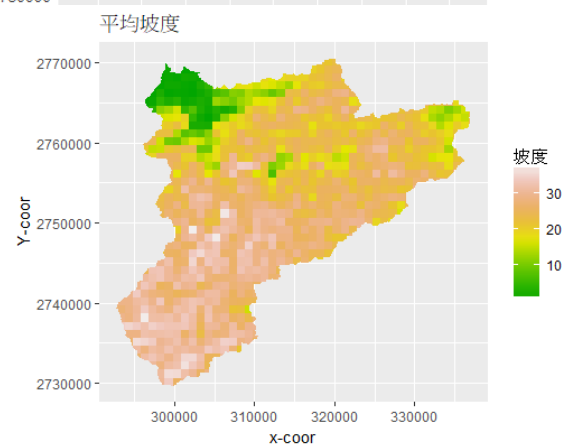


#### 6. 坡度:

運用 DEM 網格進行坡度運算，  
計算各網格內的平均坡度。

· 可事先排除:

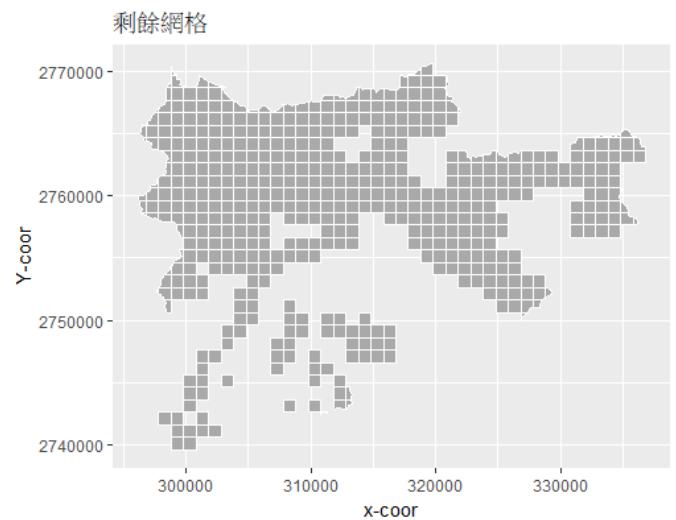
排除條件:坡度>30°



### 三、網格排除

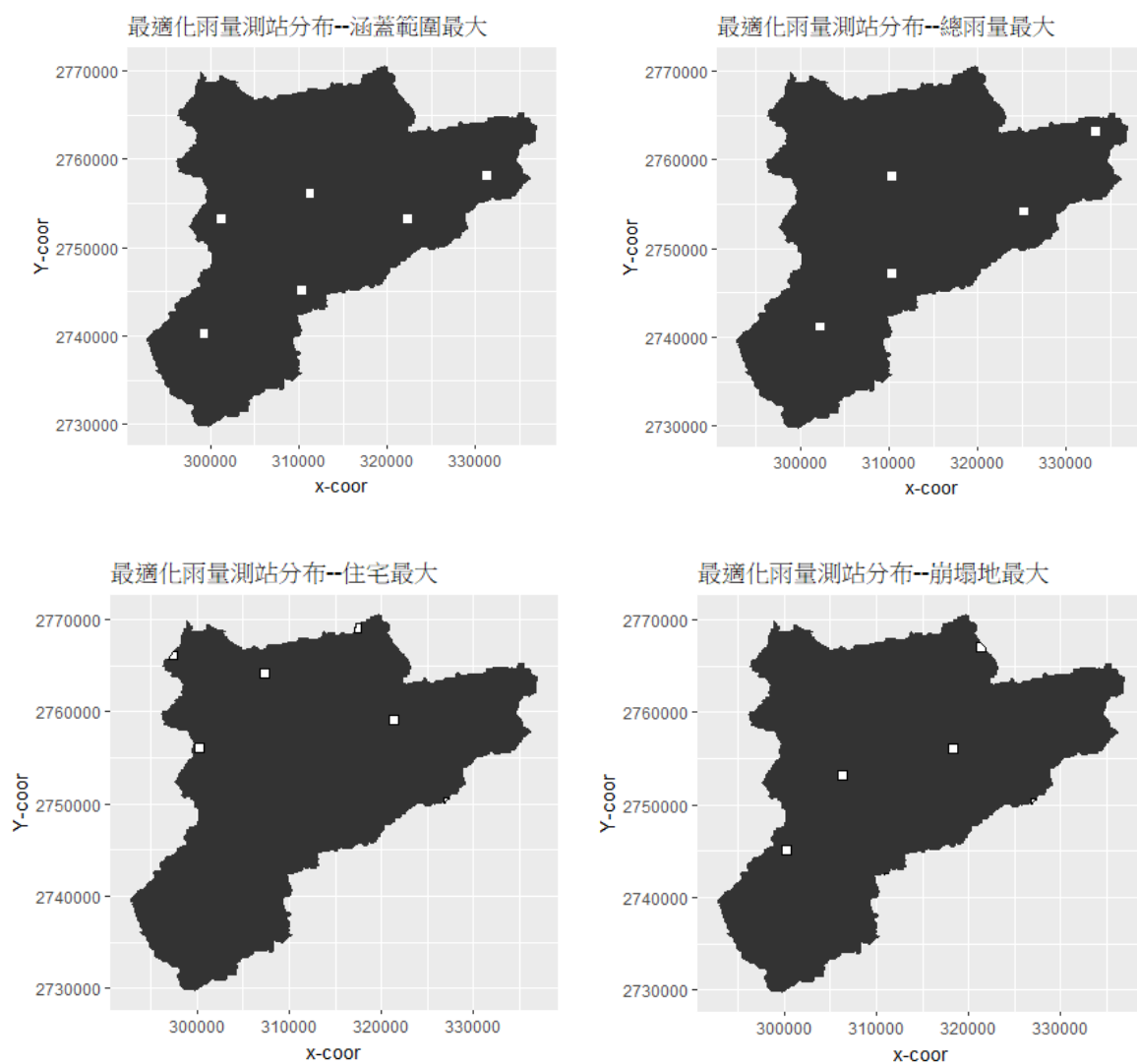
由於目標式 2(道路)、目標式 3(坡度)，可是前進行排除，排除後剩餘網格如右圖。顧，僅須對剩餘網格進行目標規劃即可。

剩餘網格:523 格



## 模式結果

各目標值下最適化結果:



上圖為 4 個目標值最大化後的結果:

可以發現涵蓋面積最大時，點趨近於平均分布；總雨量最大時，點較往雨量模擬大值的東半部集中；住宅數最大時，點集中於集水區北半部，也就是地勢較低平處；崩塌地面積最大時，點集中於崩塌地的位置。

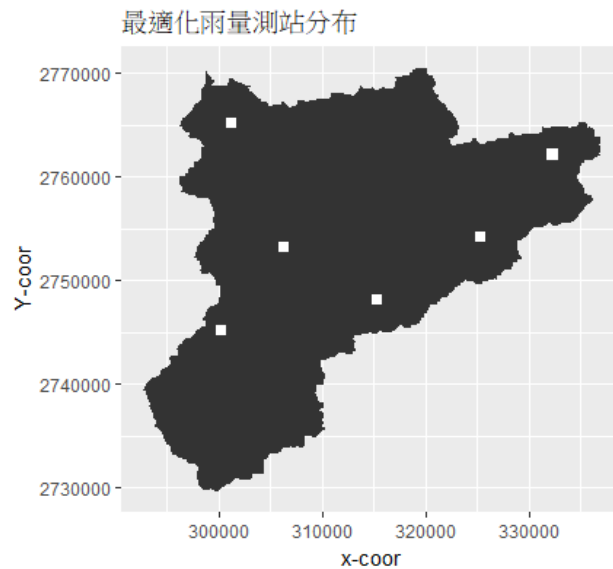
多目標規劃:

償付表:

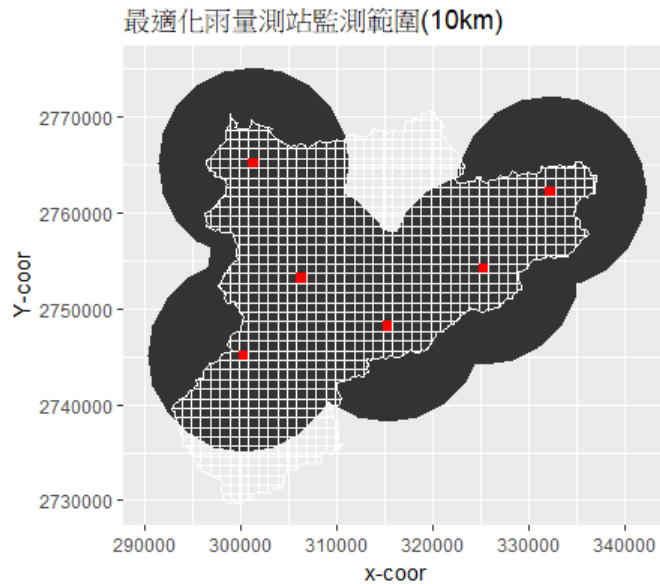
	$X^1=(1,23,89,92,145,205)$	$X^2=(6,33,113,191,381,489)$	$X^3=(63,135,236,396,493,515)$	$X^4=(10,20,63,91,148,488)$
f1	115.8814	104.853	83.24044	89.97812
f2	21621.07	24634.98	18581.52	21471.52
f3	57	104	27024	191
f4	1293.86	1590.47	0	50813.61

Minimum deviation method 結果:  
optimum: 49.0107  
solution : (20 ,43 ,91 ,113 ,348 ,415)

測站分布情形:



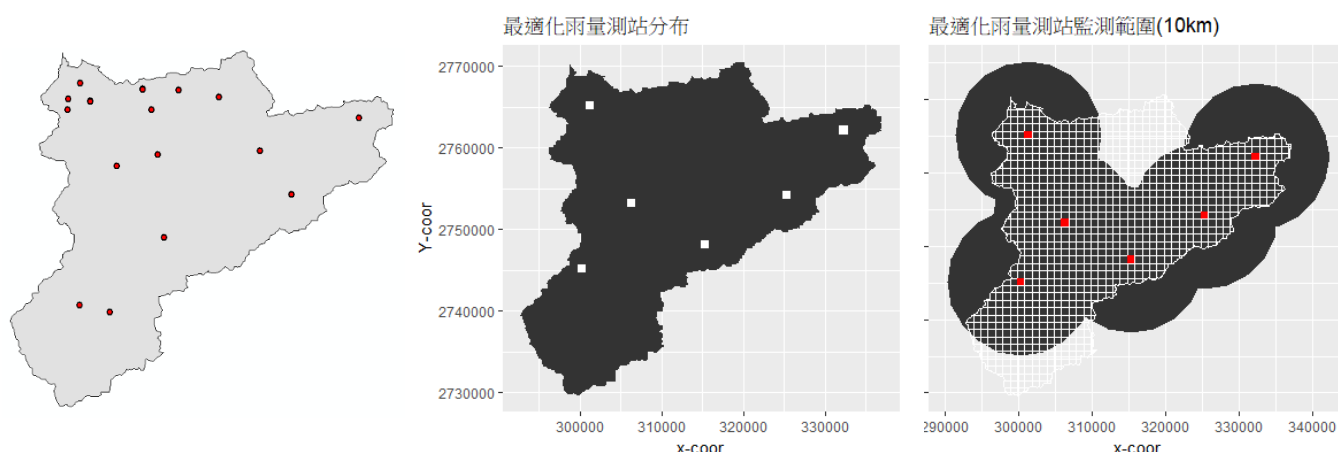
測站監測面積(10km)涵蓋範圍:



由 Minimum deviation method 進行多目標的加權後，結果如上圖。可以看到，點的分布較相近於涵蓋面積最大，但有受到其他目標式影響，有稍微偏移。如，左上較有受到住宅影響，產生一個測站。

## 結論

### 一、結果討論



上圖中，左圖為現有的測站分布，右圖違規化後取得的最適化測站分布。可以看出在現有的 16 站設置下，集水區左半部的測站其實有測站點過密的情形，經過最適化的調整後，測站點位有分散開來。此情況下各目標值：

1. 涵蓋面積: 114.7959 km<sup>2</sup>
2. 監測總雨量: 22151.89 mm
3. 涵蓋住宅數: 20015 戶
4. 崩塌地涵蓋面積: 40752.46 m<sup>2</sup>

#### 模式優點:

1. 可以避免設置站點過度集中:此模式有事先規定測站間最近距離，故產生結果不會過度集中於某一地區。可避免資源浪費。
2. 考慮到氣象局外，其他各重要關係人需求:
  - (1)一般民眾:考慮距離民眾住宅最近，增加測站與住宅緊密度。
  - (2)水土保持局:考慮與崩塌地及年雨量大的地區，可增加測站與崩塌地潛勢區的緊密度。
  - (3)集水區經營者:考慮集水區韓泰面積最大，可以最有效的方式覆蓋整個集水區。

#### 模式缺點:

1. 限制式未考慮周全:目前僅考慮設站難易度、資料重複性及經費，位考慮到更多地形因素。如:迎風坡及背風坡問題，目前環域內視為相同地形環境，但同一環域內可能有迎風及背風問題，若僅設一站，可能忽略另一部分雨量情況。
2. 未依據現有情況進行再配置:目前結果為在完全未設站的情況下設置站點，並未考慮到現有設站。若未來設站要往此方向設置，勢必得遷移現有站點，如此在以現有站點設置情況下，進行規劃，才能使遷移所需花費的成本最低。



## 二、未來方向

1. 考慮迎風背風情形:可在雨量模擬推估時，使用 **WRF** 等大氣模式，而不是用 **IDW** 等空間內插方法。如此，可以在雨量時將迎風背風的情況表現出來。
2. 再現有設站下，再進行一此最適規劃。如此，可將遷移站點時，所需花費的移動成本最小化，避免資源浪費，也可減少需要遷移的站點。