

Term paper presentation 1: decision making problem & key paper review

雨量監測網設站設置最適化研究

地理三 B04208042 王澤承

第一節、前言

一、研究動機

台灣地區雨量測站大多集中於平原地區，又以都會區最為集中，如圖 1.所示。山區測站數量為數不多，僅主要道路如台 8 線、台 20 線，沿線有雨量站之設立，中央及雪山兩大山脈其餘的部分幾乎沒有雨量監測網的設置，形成空間上的不均勻分布。



圖 1.台灣本島雨量站分布

黃點為雨量觀測站，藍點為中央氣象局氣象測站。

可以看出雨量站分佈以台北、高雄兩大都市最為集中；中央山脈及雪山山脈雨量站設置便相對稀少。

當政府在對集水區進行管理，抑或學者對流域進行水文分析時，常常受限於山區降雨資料的不足，僅能以空間內差的方式得出較為概似的估計值，而可能導致決策上的誤判；加上國內目前架設雨量設站之單位有中央氣象局、環保署、水利署...等公家機關，並非由單一機關所設置。進而出現不同機關位於相近地區同時架設測站之情形。例如中央氣象局林口測站(林口高中)與環保署林口測站(林口國中)，水平距離僅 500 多公尺。

傳統的雨量站設置方法大多僅單純地使用空間統計的方式，如 Kriging，僅

對地表狀態進行分析，較少將社會經濟狀況，如設站成本...等，納入考量。故，本研究將透過最適化分析的方式，規劃出最符合經濟成本的雨量測站設立方式。在現有的測站分布下，找出台灣目前有哪些地區雨量監測網設置仍有不足，接著判斷出哪些地區為最佳的新測站設立位置；以及有哪些地區雨量測站密度已足夠，不需要再進行新設。希望透過此模式的設計方案，提供未來各機關在進行測站設置時的參考。

二、研究目的

1. 以最適化的方式分析台灣雨量監測網最佳配置方案
2. 確認台灣有哪些地區雨量測站設置不足及哪些地區設置已達飽和

第二節、站網概述

一、相關機關

目前全台灣雨量測站共 1051 處。其中管轄單位有中央氣象局(597 處)、環境保護署(131 處)、水土保持局(85 處)、台北市政府大地工程處(22 處)、台北市政府水利處(27 處)、河川局(144 處)、翡翠水庫(6 處)、石門水庫(10 處)

二、站網密度分析

本次使用中央氣象局及環境保護署所轄之雨量站進行計算。以北北基作為比較基準，花蓮縣作為山地地區，雲林作為平原鄉村，台北市作為平原都市，四種空間尺度進行分析。由表 1.可以看出，平均單一測站所涵蓋的面積。北北基平均一站涵蓋面積為 27 平方公里；山區為主的花蓮縣，因為西半部為中央山脈，大多數面積沒有設立測站，使單一測站平均涵蓋範圍達到 85 平方公里；平原鄉村的雲林縣，有 30 個測站，平均涵蓋面積為 43 平方公里；而平原都市區的台北市，同樣測站數也是 30，但因面積僅 271 平方公里，使單一測站涵蓋面積為 9 平方公里。

山區相較於平原，因為設站難易度的關係，使涵蓋面積比平原區大上許多，雖然有經濟上的考量，但卻使氣象資料取得不易；而平原區之中，又有都市及鄉村的區別，都市因為交通方便、人口密度高...等諸多社會因素，使測站涵蓋面積高出鄉村許多，測站數多的確更容易獲得氣象資料，但也有設站過密的隱憂，過密的測站可能使同性質資料重複性過高，造成經濟上的不必要支出。

表 1.平均單一測站涵蓋面積

	測站數	面積(km ²)	平均單一測站涵蓋面積(km ² /站)
北北基	91	2457.12	27.001
花蓮縣	54	4628.57	85.714
雲林縣	30	1290.83	43.027
台北市	30	271.8	9.06

三、距離分析

將上述四種分區進行最鄰近分析法及 k function 分析，測站點資料分布型態如圖 2.所示。

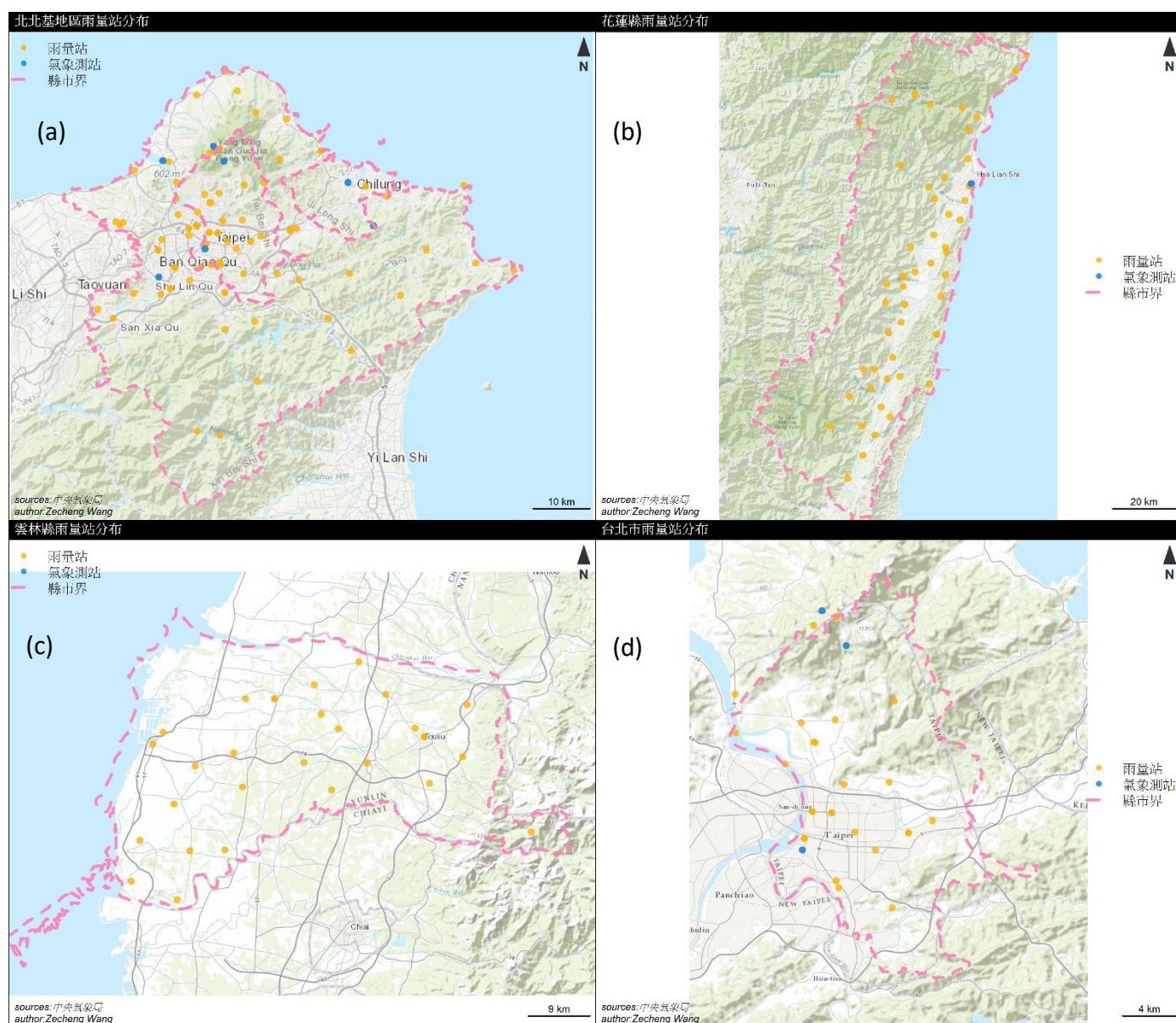


圖 2.各地區雨量測站分布:

- (a)北北基雨量測站分布。北北基測站位置多集中於台北盆地中心，雪山山脈地區鮮少有測站分布。
- (b)花蓮縣雨量測站分布。花蓮縣測站多集中於花東縱谷，中央山脈地區鮮少有測站分布。
- (c)雲林縣雨量測站分布。雲林縣測站相較於(a)(b)分布較為平均。
- (d)台北市雨量測站分布。台北市測站相較於(a)(b)分布較為平均。

最近鄰分析:

北北基:

在 95 信心水準下，觀察的 R 值 0.8405788。小於隨機下 95 信賴區間的 R 值:(0.9409758,1.185118)。故，判斷空間型態為「群聚」

花蓮縣:

在 95 信心水準下，觀察的 R 值 0.9669764。接近隨機下 95 信賴區間的 R 值:(0.940264 , 1.228136)。故，判斷空間型態為「隨機」

雲林縣:

在 95 信心水準下，觀察的 R 值 1.283141。接近隨機下 95 信賴區間的 R 值:(0.959465 , 1.381068)。故，判斷空間型態為「隨機」

台北市:

在 95 信心水準下，觀察的 R 值 0.8294633。小於隨機下 95 信賴區間的 R 值:(0.9159914 , 1.358901)。故，判斷空間型態為「群聚」

k function:

結果如圖 3.所示。

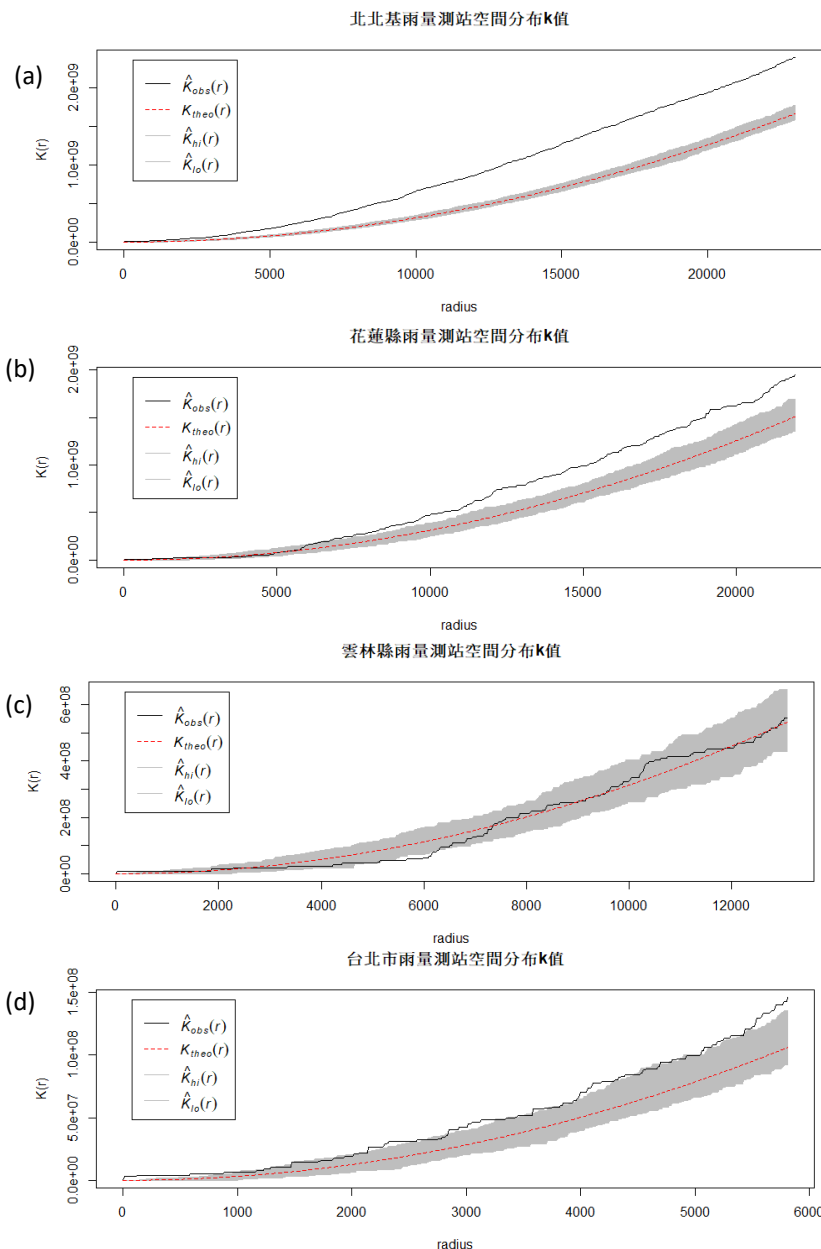


圖 3.各地區 k function 分析結果

(a)北北基地區。

不論半徑多大，皆位於隨機的信賴區間上方，空間型態為群聚。

(b)花蓮縣

距離近時，落在隨機的信賴區間內；隨半徑增加，觀察的 k 值便急遽上升，高於信賴區間，空間型態為線狀群聚

(c)雲林縣

不論距離多遠，皆在隨機的信賴區間內，空間型態為隨機分布。
中距離有偏離散趨勢。

(d)台北市

觀察的 k 值皆在信賴區間附近，帶位於上方，空間型態為接近隨機的群聚分布

北北基雨量測站的 K 值不論以多少距離作為半徑，觀察值皆為於隨機分部時的信賴區間之上方，結果皆顯示為群聚。可以證實大多數的測站皆分布於台北盆地中心；花蓮縣的 K 值，若距離較短時，觀察值落在隨機分布的新賴區間內，但距離一拉長，便高出信賴之間非常多，結果為群聚，代表測站群聚於直線內。因短距離時，周邊皆有測站存在，但長距離下，測站數並未如隨機上升；雲林縣的 K 值則不論距離多少，觀察直接在隨機的信賴區間內，代表測站分布趨近隨機分布，在中段距離時，有偏向離散趨勢；而台北市的 K 值則是相當接近於隨機的信賴區間，但位於信賴區間上方，可以判斷雖然空間分布接近於隨機，但仍以盆地中心作為主要設站區，陽明山的設站數目較少。

上述兩種方法顯示的結果類似，僅花蓮縣有相異。原因為 k function 的判斷依據為依半徑擴大逐漸尋找鄰近點，而最鄰近法為直接尋找最鄰近的點，當點分布為線狀群聚時(如花蓮縣)，最鄰近法可能判斷出隨機的狀況，故此採用最鄰近法及 k function，兩種方法作為判斷測站分布的空間型態。

第三節、參考論文

題目: Development of a multiple objective planning theory and system for sustainable air quality monitoring networks

作者: Ching-Ho Chen, Wei-Lin Liu, Chia-Hsing Chen

出處: Science of the Total Environment (2006 年) 354:1 – 19

一、研究簡介

1.研究問題:

空氣品質監測網規劃設置最佳化。台灣地區空氣品質測站監測網最早由環保署設置，至 2005 年已設有 72 個空氣測站。另外在部分縣市，亦有由環保局所自行設置之若干測站。兩類測站並未以整合方式進行規劃，故此研究對目前的空氣品質監測網進行最適化配置的分析，以檢討現有的配置是否能滿足空氣監測網之目的，以及使否有設置的必要性。

2.規劃系統範圍:

以空氣品質管理單位所管轄的區域行政界做為系統邊界。此研究將行政邊界劃分為多個等面積網格，以網格作為分析單位。

3.規劃系統考慮因素:

空氣品質測站、空氣污染物、污染源、影響空氣污染物擴散的環境因子(地形、地勢、大氣狀況)、人類社會(人口、交通、敏感受體)。

4.規劃測站種類

一般測站:測量系統中全部的污染源，計算整體空氣品質

交通測站:測量針對特定污染源，計算其所造成的空氣品質

工業測站:同交通測站

背景測站:排除系統中全部的污染源，計算背景空氣品質

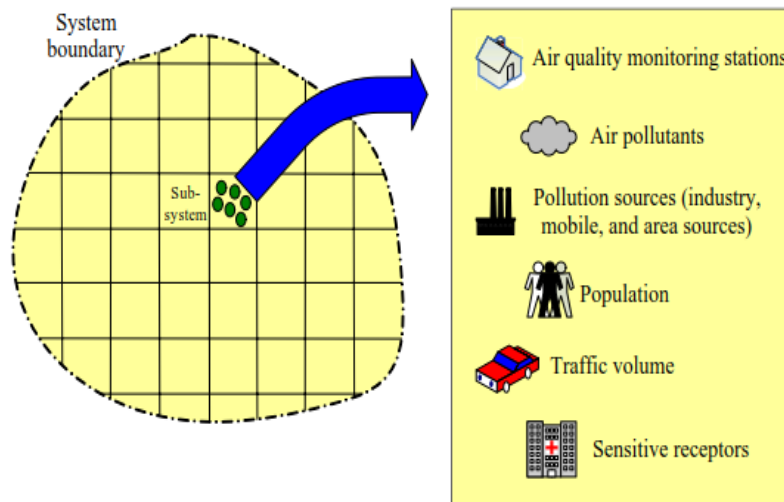


圖 4.研究系統概念圖

二、研究方法

由於空氣品質監測網規劃的問題必須考慮環境、社會、經濟三大目標，此三大目標在性質上為互相衝突，故作者選用「多目標規劃」進行最適化的分析。

1.最適化目標

環境目標:

- (1)污染物單一濃度值最大
- (2)污染物濃度累積值最大
- (3)濃度超過標準幅度最大
- (4)濃度變化量最大
- (5)污染物排放總量最大
- (6)固定污染源排放量最大
- (7)移動污染源排放量最大

社會目標:

- (1)人口數最多
- (2)敏感受體數最多
- (3)交通流量最大
- (4)陳情案件數最多

經濟目標:

- (1) 設站成本最小

總目標值的計算，是以權重值進行加總。針對每一種測站分別設制不同子目標的權重值。如果該種測站不考量某一子目標，則權重值為 0。權重計算如表 2。

表 2.各類測站子目標權重

		一般	交通	背景	工業區
環境	污染物濃度最高值	0.15	0.1	0.1	0.1
	污染物濃度累積值	0.05	0.05	0.05	0.05
	污染物濃度超過標準幅度	0.1	0.05	0.1	0.05
	污染物濃度變化量	0.05	0.05	0.05	0.05
	污染物排放總量	0.1		0.2	
	固定污染源排放量	0.05			0.25
	移動污染源排放量		0.25		
社會	人口數	0.2	0.1	0.3	0.15
	敏感受體數	0.1			
	交通流量		0.2		
	陳情數				0.15
經濟	設站成本	0.2	0.2	0.2	0.2

目標函數

$$Max. Z = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (W_j \times OB_{ijk})$$

其中，

i:第幾個網格

j:第幾種目標

k:第幾種污染物

W_j:第 j 個目標權重值

0，當 X_i=0

WG_j，當 X_i=1

WT_j，當 X_i=2

WB_j，當 X_i=3

WI_j，當 X_i=4

X_i:第 i 個網格設置空氣品質測站種類

0，未設站

1，一般測站

2，交通測站

2，背景測站

4，工業測站

OB_{ijk}:第 k 個污染物第 i 個網格第 j 個目標值

2.限制條件

(1)法令規定設站數:

以人口數及人口密度所計算各縣市應設立最少空氣測站站數。

(2)經費:

設置空氣品質監測網所可使用經費上限。

(3)測站距離:

同種類之測站距離過近，易使監測數據相關性過高。此研究設測站間距至少在 8 公里。

(4)由於設站條件不同，每個網格只能設立一種測站，只有交通測站可與一般測站一起設置。

s.t.

$$NG \geq PG$$

$$NT \geq PT$$

$$NB \geq PB$$

$$NI \geq PI$$

$$(NG \times CG + NT \times CT + NB \times CB + NI \times CI) \leq Q$$

$$R_{ab} \times (X_a + X_b) \geq 2R_c$$

其中，

Nx:X 種測站實設站數

Px:X 種測站至少應設站數

Cx:X 種測站設站成本

Q:設站預算

R_{ab}:第 a 個網格與第 b 個網格之距離

R_c:測站最小距離

3.最佳化模式

採用 0-1 整數規劃，用隱含枚舉法求解，為一種用來尋找最佳組合併消除不可能的方法。將所有變量從 0 出發，依次指定一些變量為 1，值道德到可行解，並將它做為目前最好的可行解。

三、案例:桃園

規劃範圍:

以 4 km × 4 km 為一個網格，將桃園縣分為 92 個等面積網格

最適化目標:

如上述公式

限制條件:

1.設站數量:依桃園縣人口換算，應設置至少 5 個一般測站，1 個交通測站，1 個背景測站，1 個工業區測站及 1 個焚化爐測站。

- 2.經費:新台幣 80,000,000 元為設置上限。
- 3.測站間最小距離:應大於 8 公里
- 4.一般測站:若網格人口大於 20000 人應設置
- 5.交通測站:若網格交通量一年大於 200000 PCU 應設置
- 6.背景測站:若網格人口小於 2000 人應設置
- 7.工業測站:若網格鄰近工業區或位於工業區下風處應設置

結果:

此研究共展示兩種方案:

1. 設置測站數量與現有測站數量一致，如圖 5.。

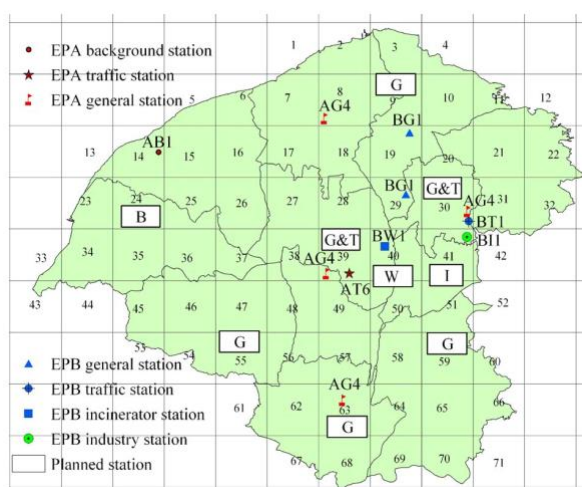


圖 5.與現有測站數量一致下，應配置空間

2. 設置測站數量較現有測站數量多 1 站，如圖 6.。

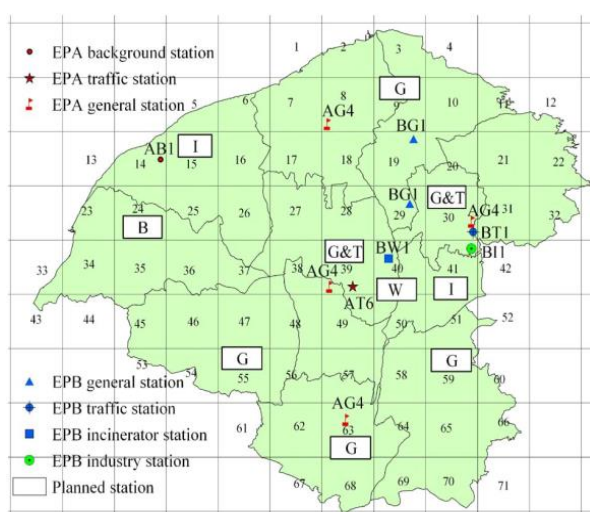


圖 6.較現有測站數量多 1 站下，應配置空間

第四節、 結論

台灣的地形崎嶇，山地面積大，使雨量監測網的設置大多以平原區為主，出現空間上的不平均分布。加上雨量測站並非由單一機關所管轄，因而可能出現相近的地區設置多個測站的情形。運用空間統計的方式(最鄰近法、k function)分析四個地區的雨量站設置，發現大多有群聚的現象，表示有某些地區雨量站設置不足的情形發生，如此可能導致研究或決策時，資料收集的困難。

Chen(2006)使用多目標規劃的方式對桃園地區進行空氣汙染監測網的最適化分布分析，將研究區畫為若干網格，對每個網格進行權重加權，進而判斷出哪些地區需要設置空汙測站。對於此題目:雨量監測網設站設置最適化研究，將參考其作法，將其最適化分析的方法納入雨量監測網的選址判斷，以分辨出何處需要多設置雨量站，以及何處的雨量站設置已達需求，不需要再新設立。

不過，Chen(2006)的研究，並未考慮到地形因素，將研究區視為平面，在上面進行規劃。其做法較適用於平原地區，面對台灣多山的情形可能得再進行修正。

未來需要修正點:

地形:進行加權時，可能加入空間統計的方法，將地形作為加權因素。

尺度: Chen(2006)以 4km X 4km 作為網格大小，但台灣地區地勢崎嶇，若仍為 4km X 4km 的網格，可能將現實情況做過多簡化。

現有情況納入考量: Chen(2006)提出的方案為將桃園市為沒有空汙測站，再進行評估。未來可在現有的測站分布下，進而尋找最適化方案。