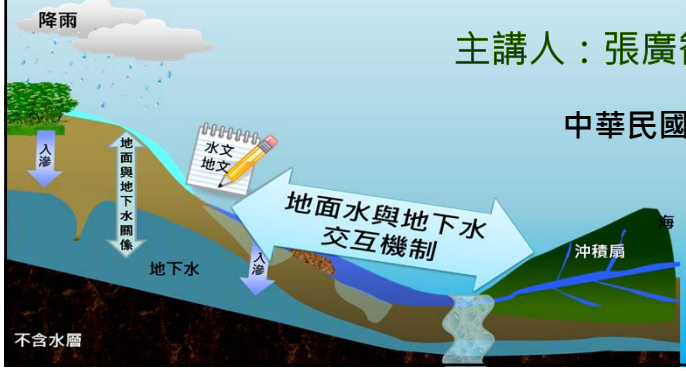
經濟部水利署 ---濁水溪水系地面水與地下水交互變動機制之研究

# 以類神經網路建立地下水變化之推估模式

主講人：張廣智 組長

中華民國102年11月13日



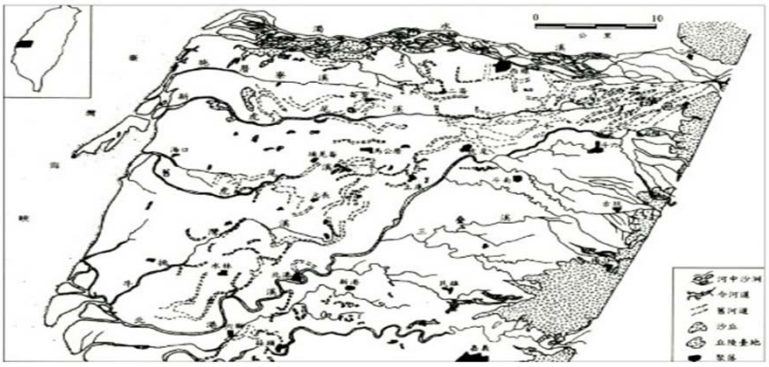

國立臺灣大學

## What the world would look like if all ice melts

Photo: National Geographic

- 台灣年平均用水總量約180 億噸，
- 河川80 億噸（45 %）
- 地下水60億噸（31 %）
- 水庫40 億噸（24 %）
- 地下水為水庫1.3 倍。
- 地下水到底有多少可用？

## 濁水溪流域地下水開發沿革



圖二　濁水溪南岸的地面水文系統

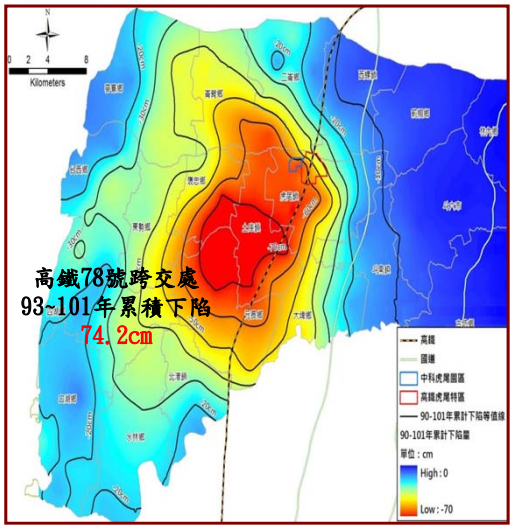
資料來源：陳國川，《清代雲林地區的農業墾殖與活動形式》（臺北：國立臺灣師範大學地理學系，2002），頁 15。
說明：康熙年間濁水溪的主要河道在今雲林縣境，不利墾殖。

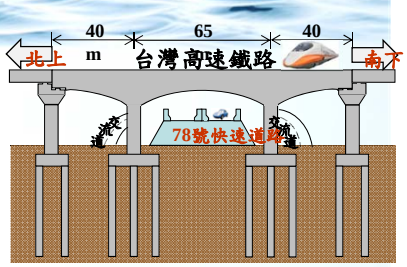
資料來源：濁水溪的歷史難題，張素玲

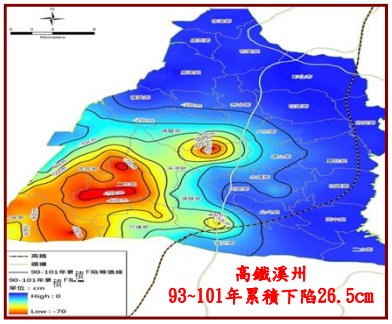
## 濁水溪流域地下水開發沿革

- 1949年，台糖委託美國莊世敦公司調查鑿深井灌溉蔗田。
- 1955年，與水利局合組地下水勘測隊。
- 1959年，成立台灣省立地下水開發委員會及台灣省地下水開發工程處，開發雲林地區深井地下水。
- 1970年，沿海養殖興起，彰雲南高屏規劃養殖區，1978年漁塭面積激增，大量抽取地下水。
- 1980年起，西南沿海出現地層下陷。
- 2000年起，下陷中心往內入遞移。

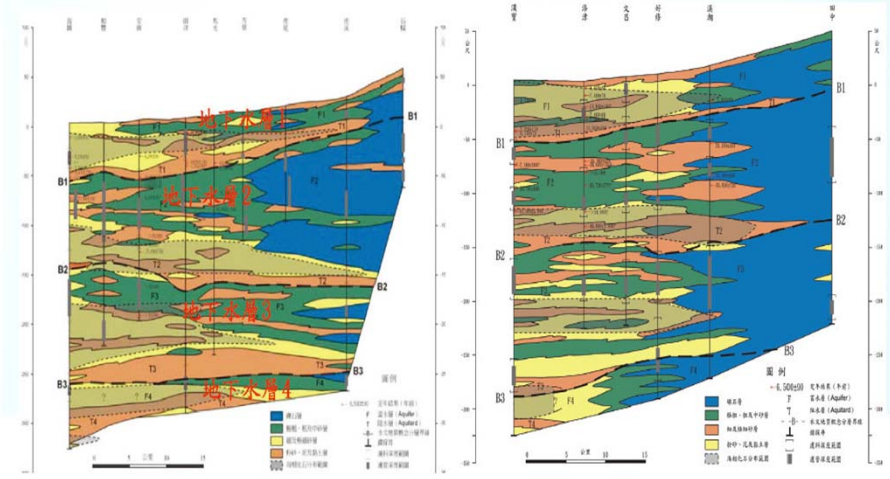
## 地層下陷對環境的影響



## 臺灣地區地下水觀測網整體計畫



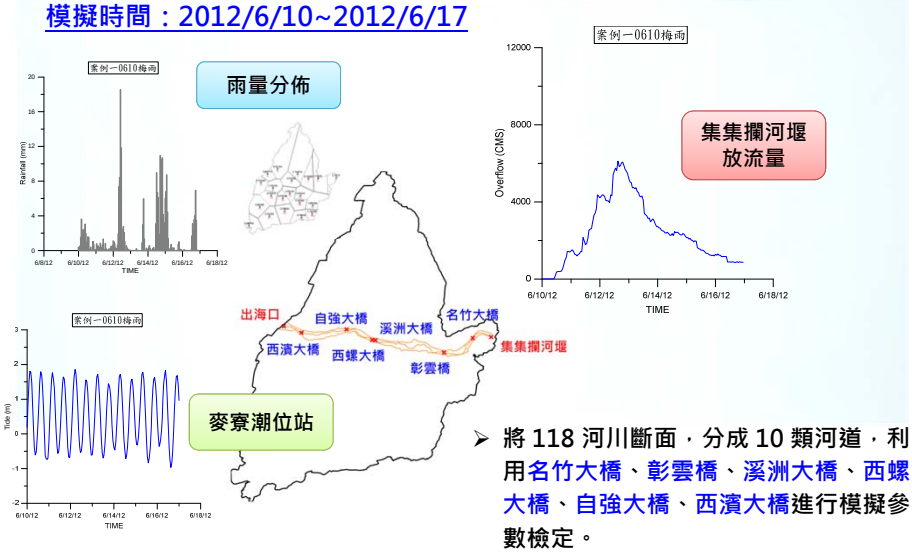

## 濁水溪沖積扇地表地下水 WASH123D模擬

5場水文事件

- 2012/6/10-6/17
- 2012/7/31-8/7 (蘇拉颱風事件)
- 2012/8/23-8/30 (天秤颱風事件)
- 2013/5/18-5/25 (梅雨事件)
- 2013/7/12-7/20 (蘇力颱風事件)

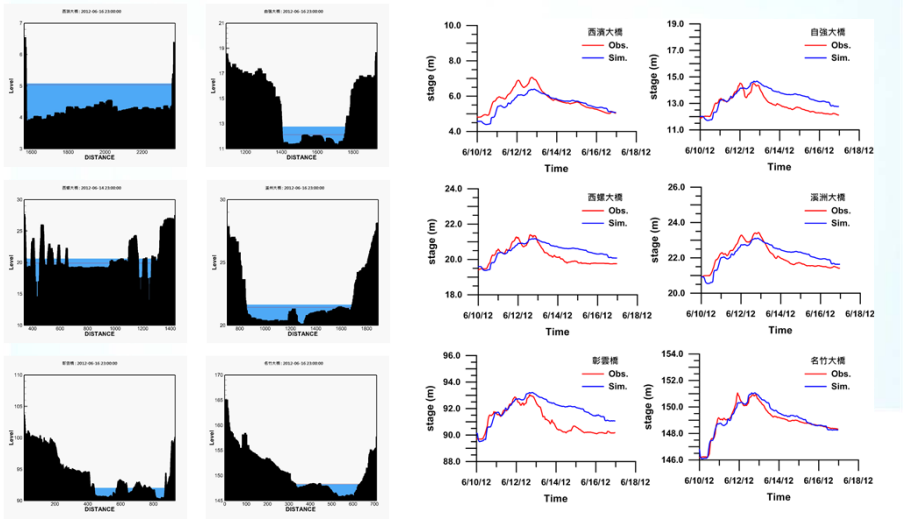
# 模擬案例-1 (模擬輸入條件)

模擬時間：2012/6/10~2012/6/17

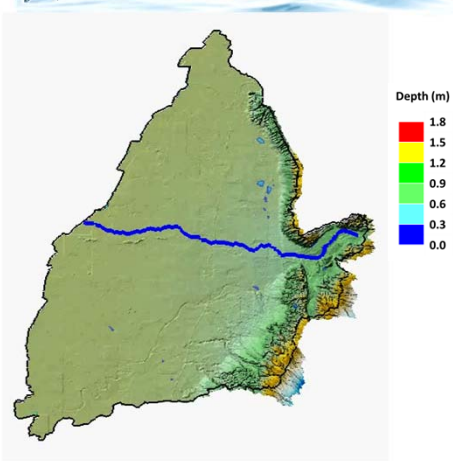



- 將 118 河川斷面，分成 10 類河道，利用名竹大橋、彰雲橋、溪洲大橋、西螺大橋、自強大橋、西濱大橋進行模擬參數檢定。

# e. 模擬案例-1 (河道水位變化圖)

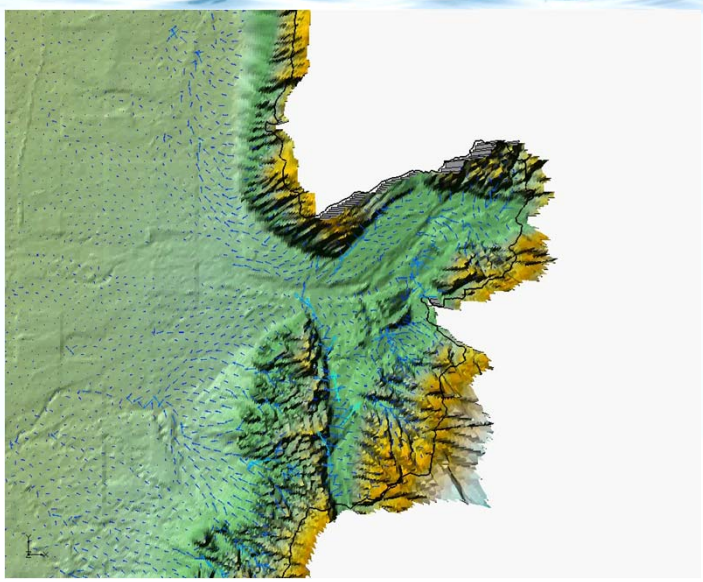


## e. 模擬案例-1 (地表水深變化圖)

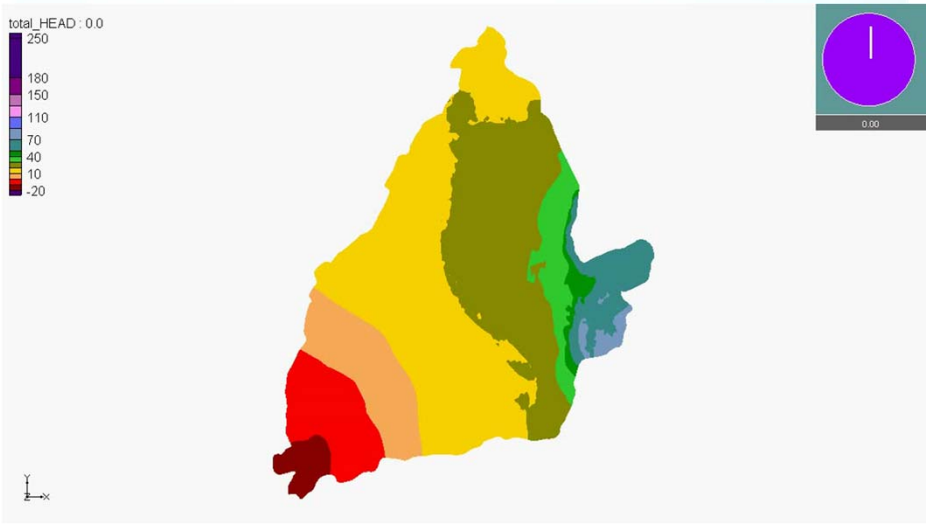



模擬時間：
2012/6/12 08:00
~
2012/6/16 11:00

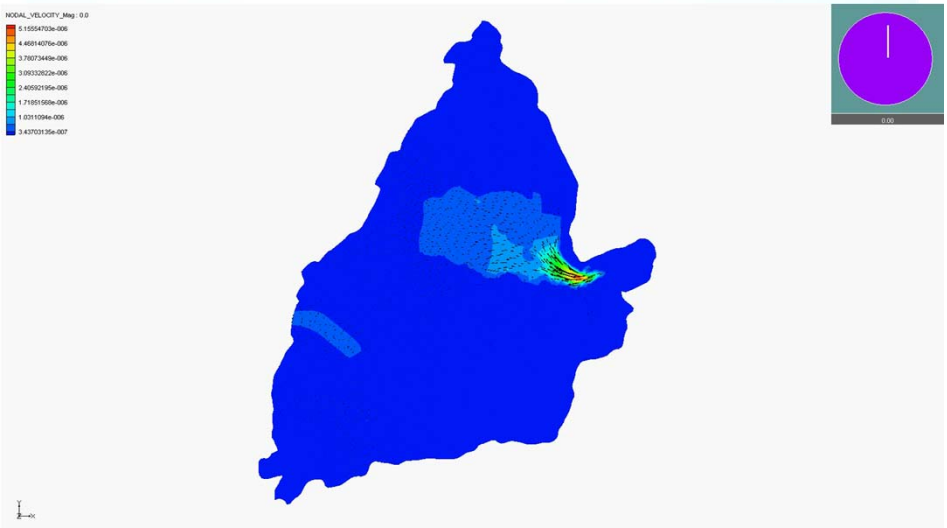
## e. 模擬案例-1 (地表水流速圖)



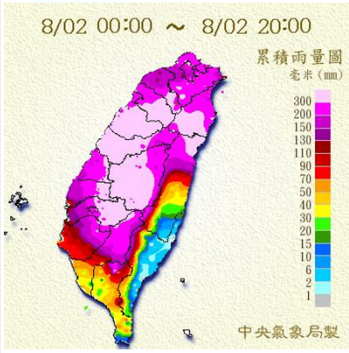
## e. 模擬案例-1 (含水層一之地下水總水頭變化圖)

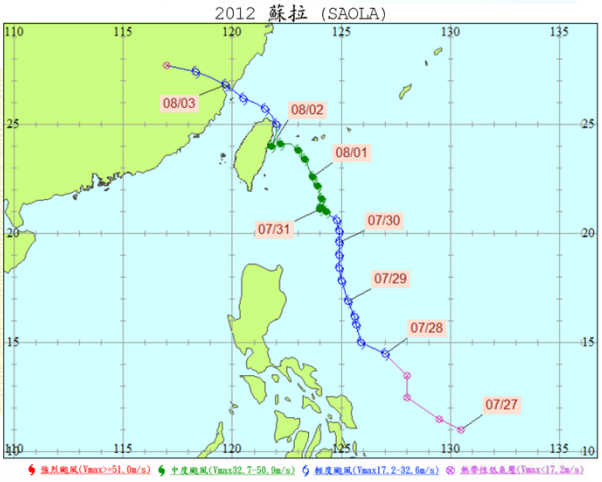



## e. 模擬案例-1 (含水層一之地下水流速變化圖)



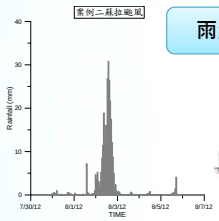
# 案例二：蘇拉中度颱風



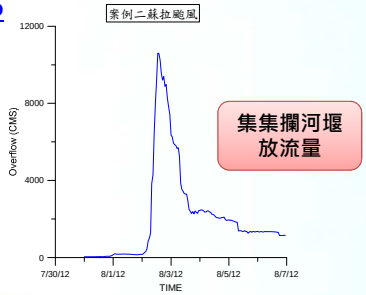




# 模擬案例-2 (模擬輸入條件)

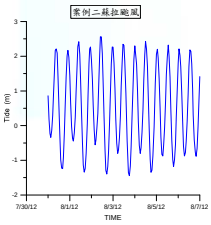
模擬時間：2012/7/31~2012/8/06




雨量分佈



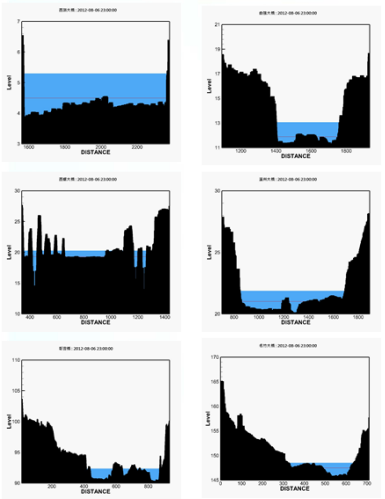

集集攔河堰放流量

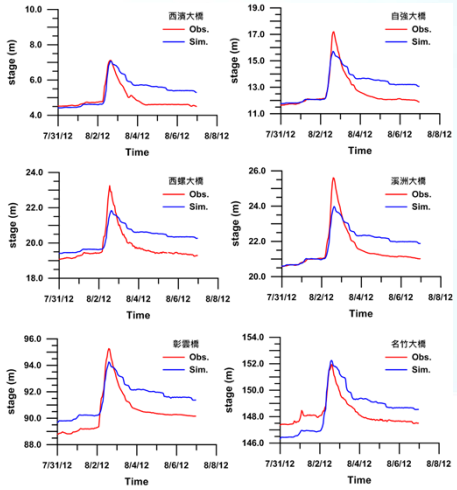



麥寮潮位站

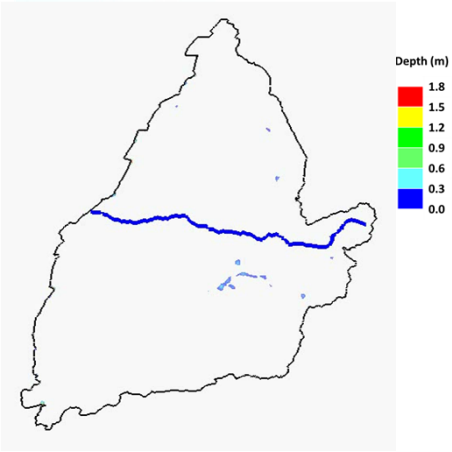
- 將 118 河川斷面，分成 10 類河道，利用名竹大橋、彰雲橋、溪洲大橋、西螺大橋、自強大橋、西濱大橋進行模擬參數檢定。

## e. 模擬案例-2 (河道水位變化圖)




## e. 模擬案例-2 (地表水深變化圖)



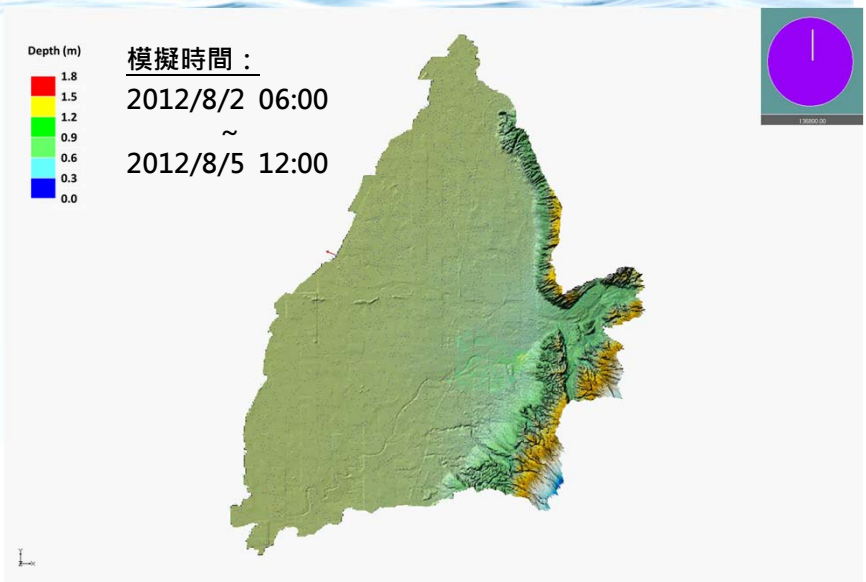

模擬時間：

2012/8/2 06:00

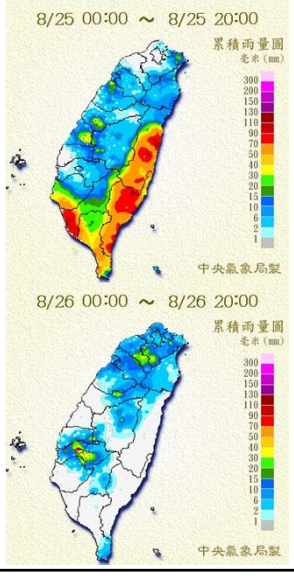
~

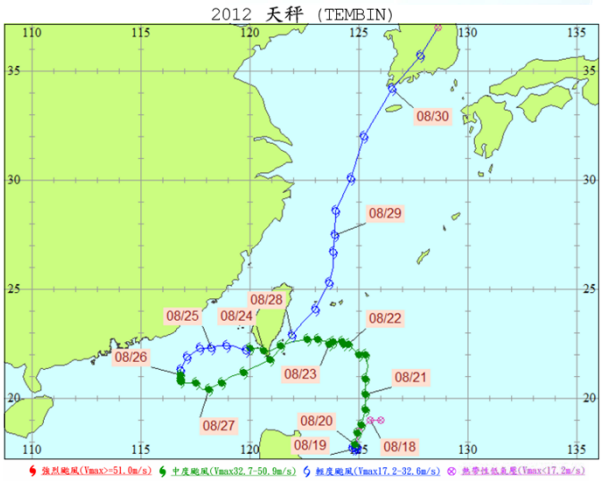
2012/8/5 12:00

# e. 模擬案例-2 (地表水流速與水深圖)



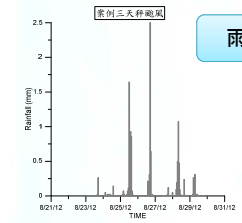

# 案例三：天秤中度颱風



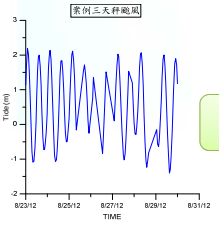



# 模擬案例-3 (模擬輸入條件)

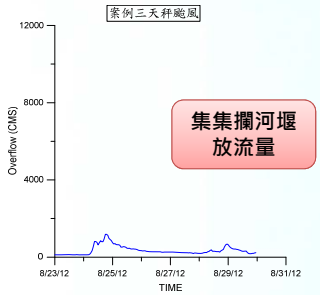
模擬時間：2012/8/23~2012/8/29




雨量分佈



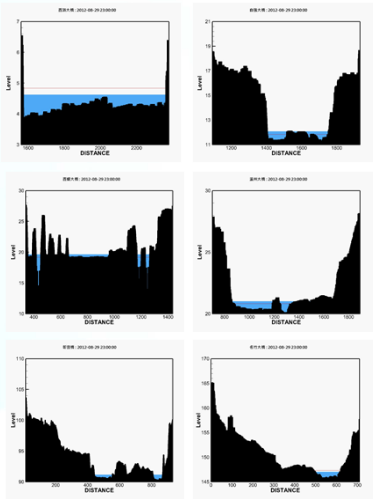

麥寮潮位站

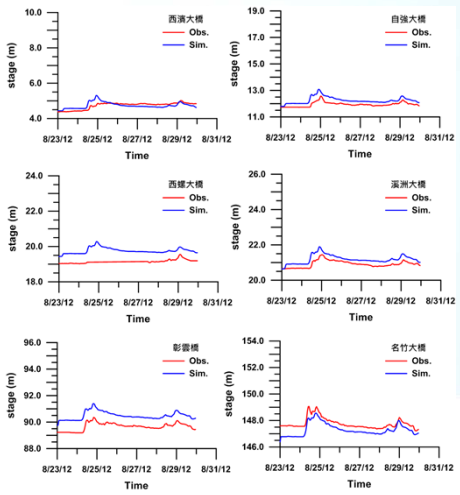



集集攔河堰放流量

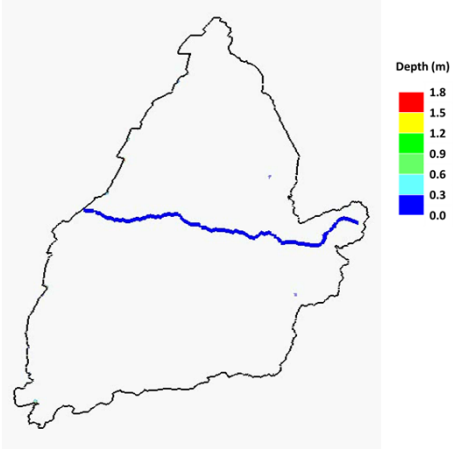
- 將 118 河川斷面，分成 10 類河道，利用名竹大橋、彰雲橋、溪洲大橋、西螺大橋、自強大橋、西濱大橋進行模擬參數檢定。

# e. 模擬案例-3 (河道水位變化圖)



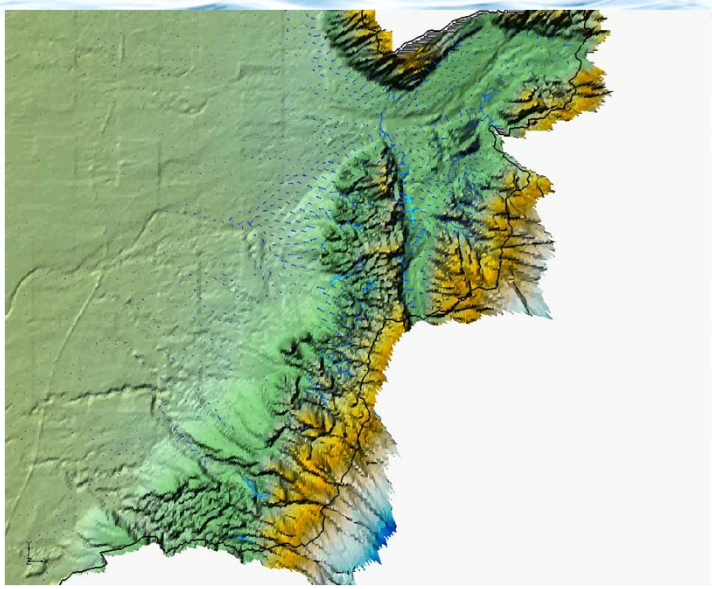


## e. 模擬案例-3 (地表水深變化圖)



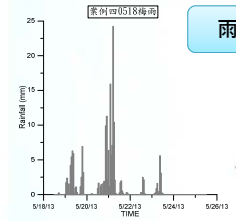

模擬時間：
2012/8/25 12:00
~
2012/8/27 16:00

## e. 模擬案例-3 (地表水流速圖)

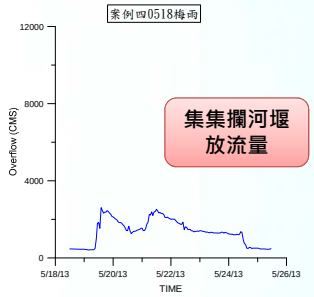


# 模擬案例-4 (模擬輸入條件)

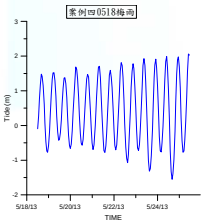
模擬時間：2013/5/18~2013/5/25




雨量分佈



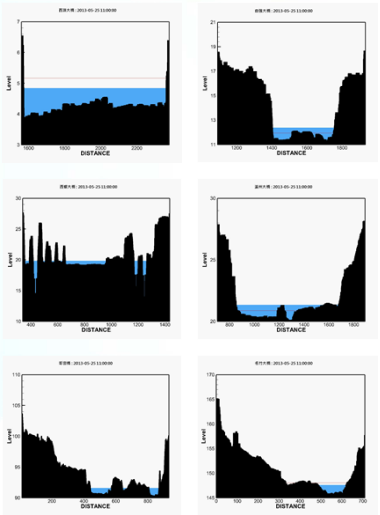

集集攔河堰放流量

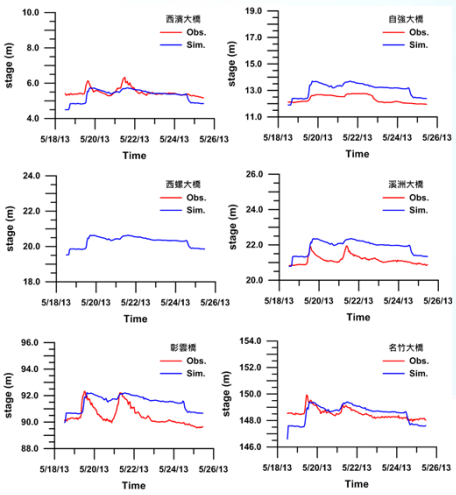



麥寮潮位站

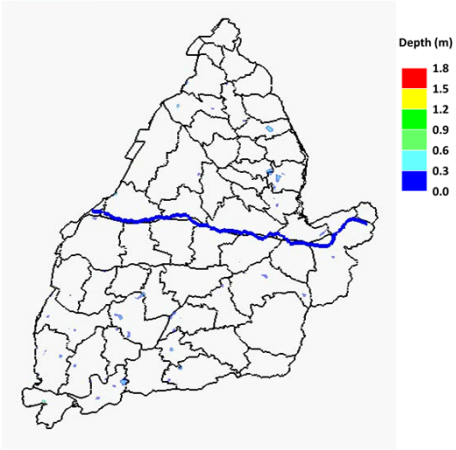
- 將 118 河川斷面，分成 10 類河道，利用名竹大橋、彰雲橋、溪洲大橋、西螺大橋、自強大橋、西濱大橋進行模擬參數檢定。

# e. 模擬案例-4 (河道水位變化圖)





## e. 模擬案例-4 (地表水深變化圖)



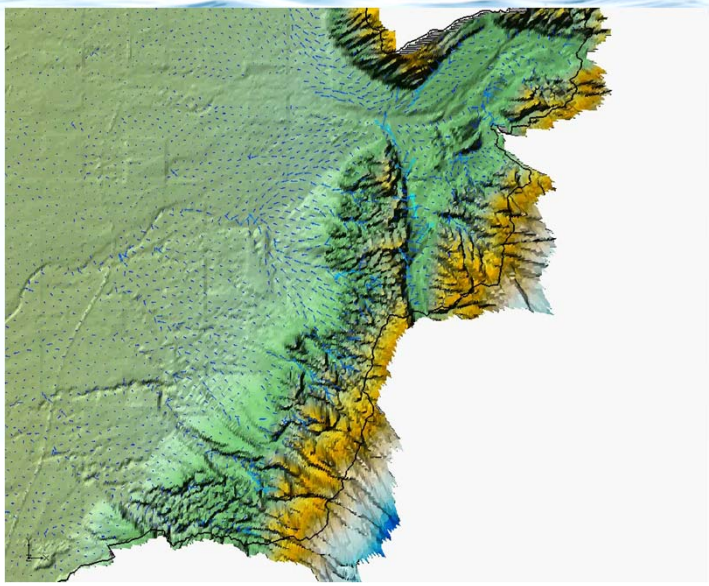

模擬時間：

2013/5/20 20:00

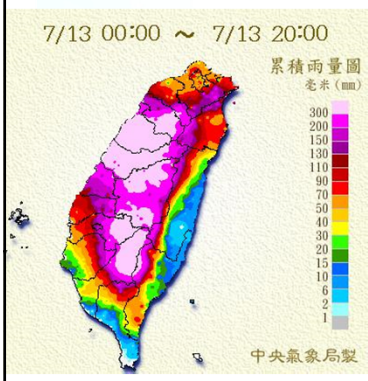
~

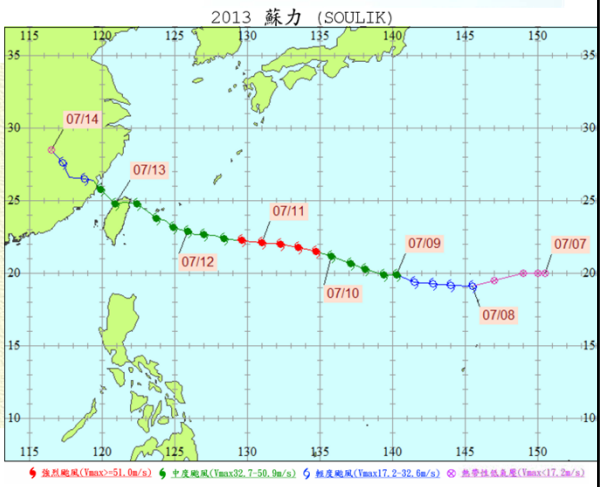
2013/5/23 01:00

## e. 模擬案例-4 (地表水流速圖)



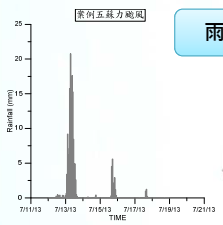
# 案例五：蘇力強烈颱風

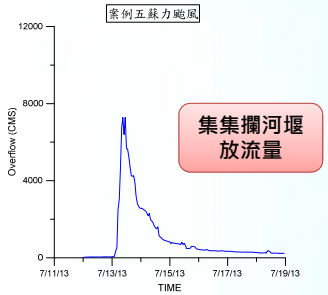


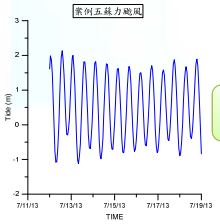




# 模擬案例-5 (模擬輸入條件)

模擬時間：2013/7/12~2013/7/18

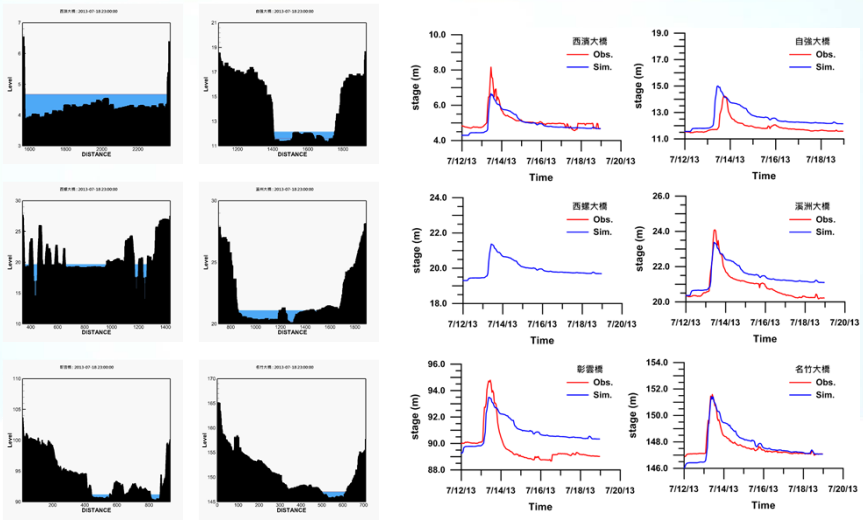


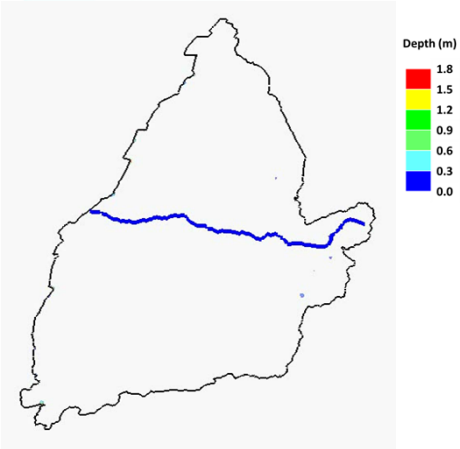



- 將 118 河川斷面，分成 10 類河道，利用名竹大橋、彰雲橋、溪洲大橋、西螺大橋、自強大橋、西濱大橋進行模擬參數檢定。

## e. 模擬案例-5 (河道水位變化圖)




## e. 模擬案例-5 (地表水深變化圖)



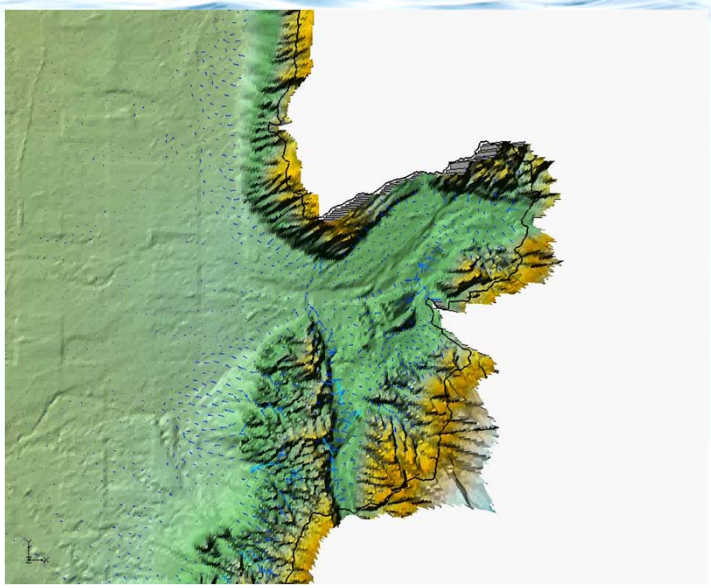

模擬時間：

2013/7/13 05:00

~

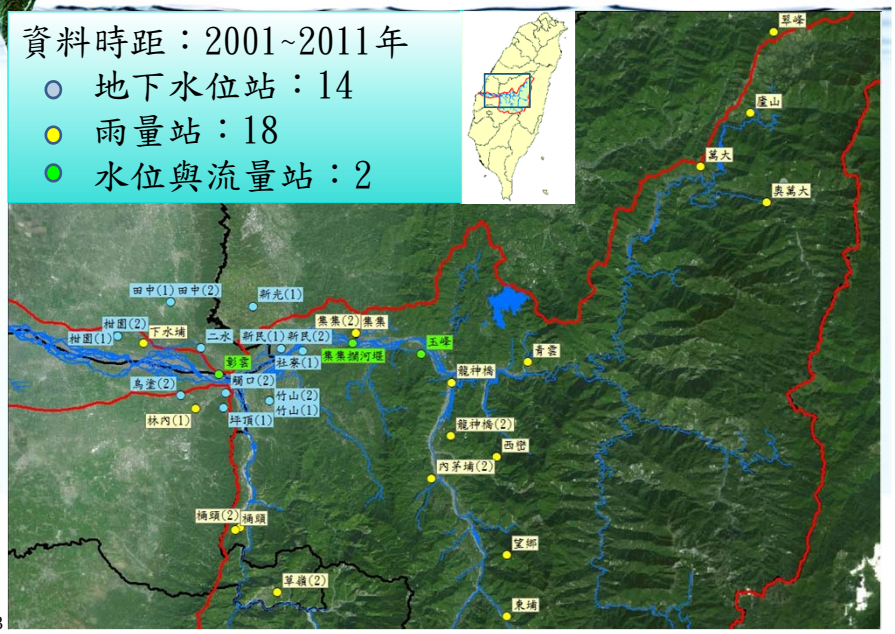
2013/7/15 09:00

# e. 模擬案例-5 (地表水流速圖)



# 資料蒐集-選用測站位置圖

資料時距：2001~2011年
- 地下水位站：14
- 雨量站：18
- 水位與流量站：2

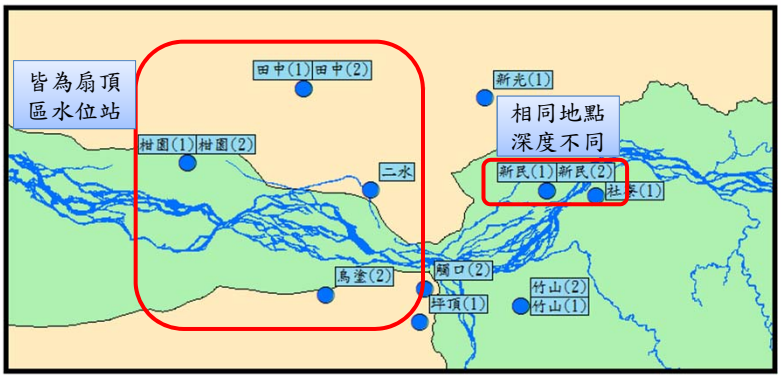



33

## 地面水文與地下水水位之統計特性分析

### 基本統計特性分析($R^2$)

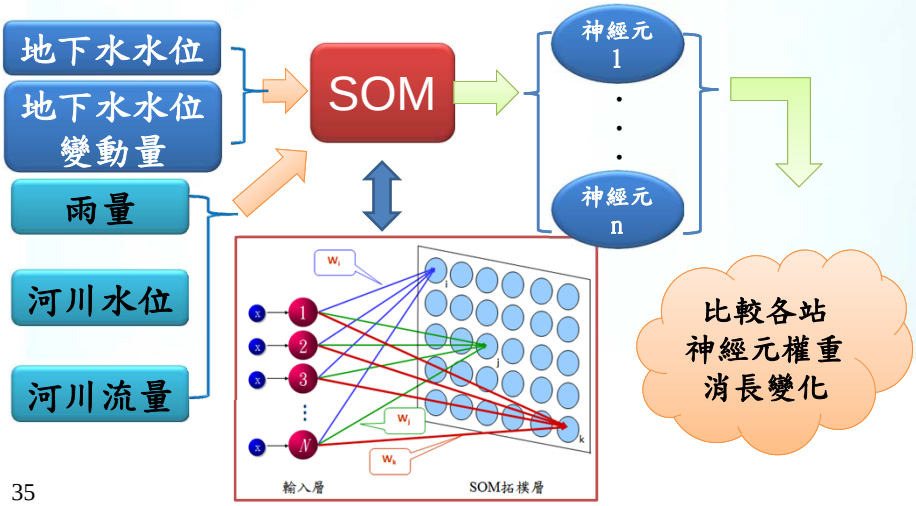
- 高度相關($R^2$>0.8)
  - 柑園(1)、柑園(2)、田中(1)、田中(2)、二水、烏塗(2)
  - 新民(1)、新民(2)



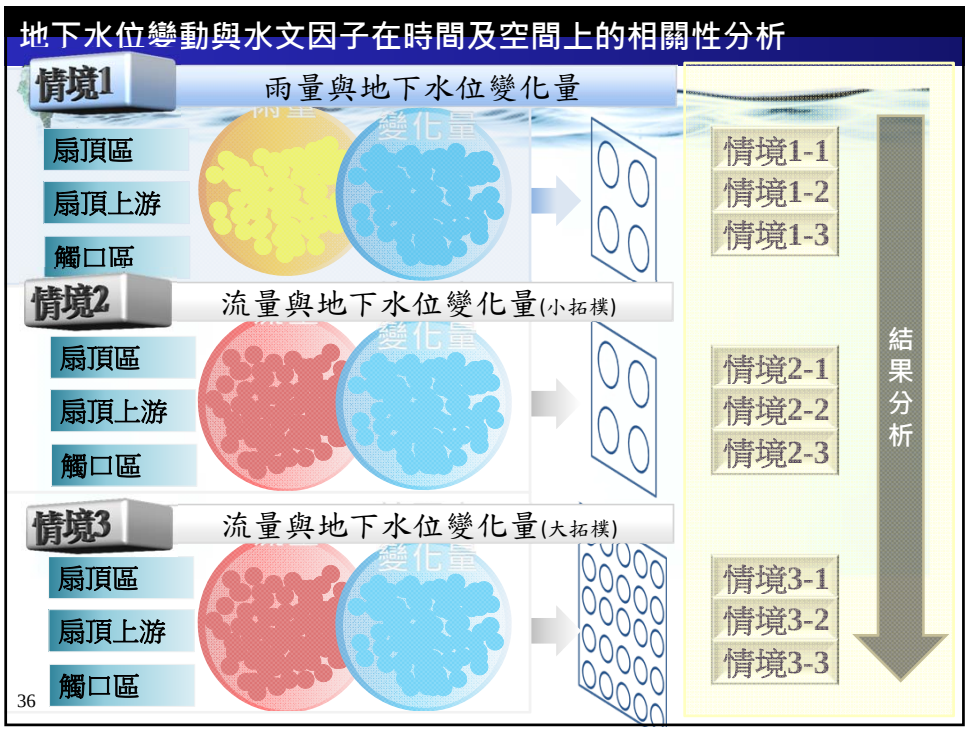

34

## 地面水文與地下水水位之統計特性分析

### 利用自組特徵類神經網路(SOM)進行聚類分析



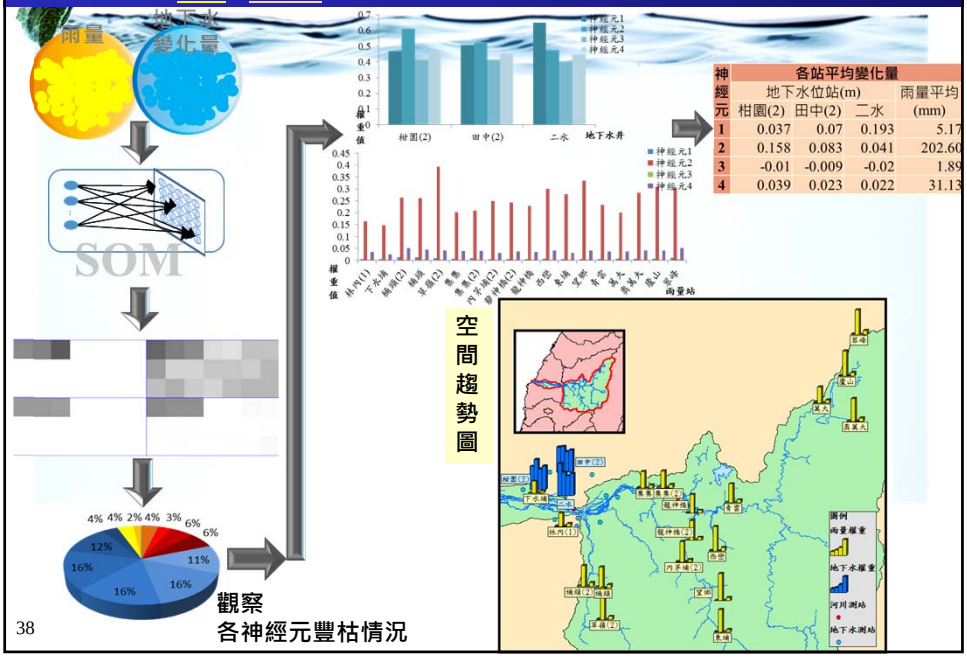

35


地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析
情境1
雨量與地下水位變化量
扇頂區
扇頂上游
觸口區
情境2
流量與地下水位變化量(小拓樸)
扇頂區
扇頂上游
觸口區
情境3
流量與地下水位變化量(大拓樸)
扇頂區
扇頂上游
觸口區
情境1-1
情境1-2
情境1-3
情境2-1
情境2-2
情境2-3
情境3-1
情境3-2
情境3-3
結果分析
36

地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析
情境1-1 降雨對扇頂區地下水位變化之影響關係
情境1-2 降雨對扇頂上游地下水位變化之影響關係
情境1-3 降雨對觸口區地下水位變化之影響關係
情境2-1 河川流量對扇頂區地下水位變化之影響關係
情境2-2 河川流量對扇頂上游地下水位變化之影響關係
情境2-3 河川流量對觸口區地下水位變化之影響關係
情境3-1 河川流量對扇頂區地下水位變化之影響關係
情境3-2 河川流量對扇頂上游地下水位變化之影響關係
情境3-3 河川流量對觸口區地下水位變化之影響關係
降雨
流量
流量與地下水之交互作用
37

## 地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析

### 情境1-1:降雨對扇頂區地下水位變化流程示意圖




| 神經元 | 各站平均變化量 地下水位站(m) 柑園(2) | 田中(2) | 二水 | 雨量平均 (mm) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.037 | 0.07 | 0.193 | 5.17 |
| 2 | 0.158 | 0.083 | 0.041 | 202.60 |
| 3 | -0.01 | -0.009 | -0.02 | 1.89 |
| 4 | 0.039 | 0.023 | 0.022 | 31.13 |

38

## 地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析

### 情境1:降雨對各區地下水位變化

**情境1-1:降雨對扇頂區**

柑園(2)受颱風雨影響大，二水站則在少雨期間水位有下降較多現象。

柑園(2)受一般降雨影響最大，其餘神經元及二水與田中(2)變化不顯著

**情境1-2:降雨對扇頂上游**

新民(2)、竹山(1)、社寮(1)在第3神經元(降雨大)有明顯抬升，則扇頂上游受其他降雨量影響並不顯著。

**情境1-3:降雨對觸口區**

在颱風時期觸口(1)水位下降、觸口(2)上升量不是最大的，第4神經元一般降雨兩站水位皆為上升

一般降雨情況下，觸口(1)觸口(2)受較大雨量影響。

39

## 地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析

### 情境2:流量對各區地下水位變化

**情境2-1:流量對扇頂區**

**扇頂區**受**高流量**與**中低流量**影響大

**情境2-2:流量對扇頂上游**

**扇頂上游**受中高流量影響大，**竹山(2)**與**坪頂(1)**無明顯水位變化趨勢。

第2、3神經元的彰雲流量小於玉峰流量，在中低與低流量時期集集攔河堰取水有明顯的影響。

**情境2-3:流量對觸口區**

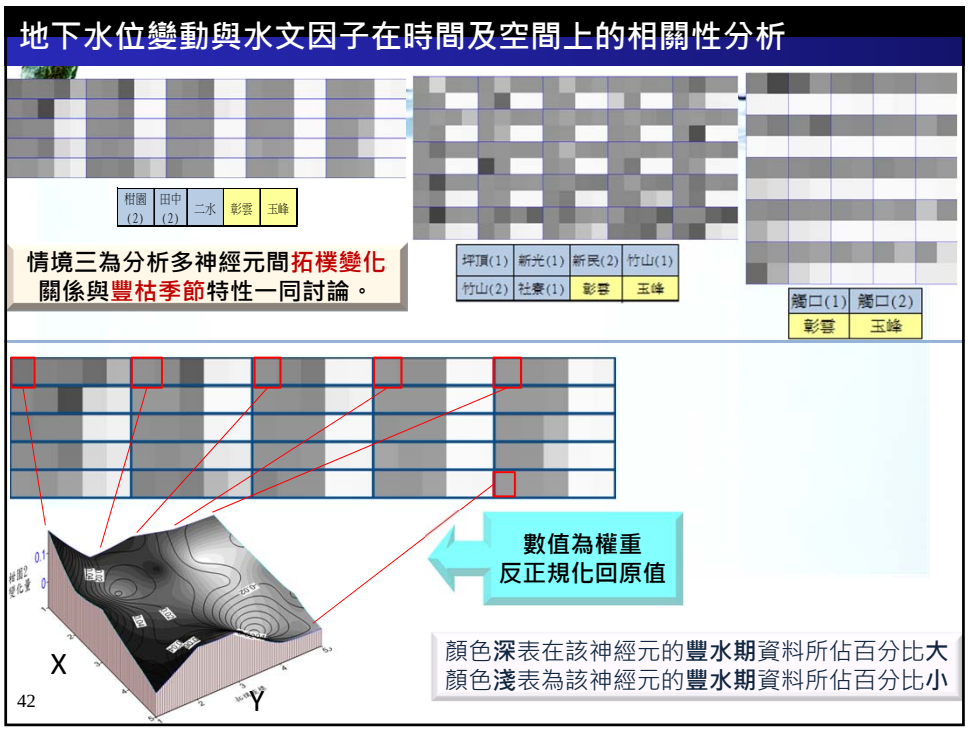
**觸口(2)**在中高流量變化不同，在較高的中高流量下降，較低的中高流量上升；**觸口(1)**有相似現象但其量並無如此劇烈變化

40

## 地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析

| | | |
|---|---|---|
| 情境1-1 | 降雨對扇頂區地下水位變化之影響關係 | 降雨 |
| 情境1-2 | 降雨對扇頂上游地下水位變化之影響關係 | |
| 情境1-3 | 降雨對觸口區地下水位變化之影響關係 | |
| 情境2-1 | 河川流量對扇頂區地下水位變化之影響關係 | 流量 |
| 情境2-2 | 河川流量對扇頂上游地下水位變化之影響關係 | |
| 情境2-3 | 河川流量對觸口區地下水位變化之影響關係 | |
| **情境3-1** | **河川流量對扇頂區地下水位變化之影響關係** | 流量與地下水之交互 |
| 情境3-2 | 河川流量對扇頂上游地下水位變化之影響關係 | |
| 情境3-3 | 河川流量對觸口區地下水位變化之影響關係 | |

41


地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析
柑園(2)
田中(2)
二水
彰雲
玉峰
情境三為分析多神經元間拓樸變化關係與豐枯季節特性一同討論。
坪頂(1)
新光(1)
新民(2)
竹山(1)
竹山(2)
社寮(1)
彰雲
玉峰
觸口(1)
觸口(2)
彰雲
玉峰
數值為權重
反正規化回原值
X
Y
顏色深表在該神經元的豐水期資料所佔百分比大
顏色淺表為該神經元的豐水期資料所佔百分比小
42

地下水位變動與水文因子在時間及空間上的相關性分析
情境3-1:流量對扇頂區地下水位變化
交互作用
扇頂區地下水位站在豐水期過後流量從高銳減至中高或中低流量的時候，
由地下水補注地面水，二水站則在枯水期末至豐水期初補注河川
河川長期在低流量時期
流量快速的洩降，地下水明顯的下降趨勢，發生在豐水期過後的10~12月
從中高流量至中低流量，地下水有明顯下降趨勢，
中低流量持續維持表地面水與地下水達平衡
43

## 小結

●正影響關係　--影響不顯著
○負影響關係　⊕特殊影響趨勢

| | | 雨量 | | 流量 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 颱風雨或豪大雨 | 區域性大雨 | 高流量 | 中高流量 | 中低流量 | 低流量 |
| 扇頂區 | 柑園(2) | ● | | ● | | ○ | |
| | 田中(2) | ● | | ● | | ○ | |
| | 二水 | | | ● | | ○ | |
| 山區 | 坪頂(1) | -- | -- | | | | |
| | 新光(1) | | ● | | ● | | ○ |
| | 新民(2) | ● | | | ● | | |
| | 竹山(1) | ● | | | ● | | |
| | 竹山(2) | -- | -- | | | | |
| | 社寮(1) | ● | | | ● | | |
| 觸口區 | 觸口(1) | ○ | ● | | -- | | |
| | 觸口(2) | | ● | | ⊕ | | |

**扇頂區**受降雨、流量之影響大

**扇頂上游**受流量影響大於雨量

**受集集攔河堰影響使得彰雲流量小於玉峰流量**

**觸口區**受降雨、流量之影響獨特與其它地下水井不相同

同時有補注亦有流出

44

## 分析地面與地下水長週期之變異及地下水位變動之主因

### 分層概念

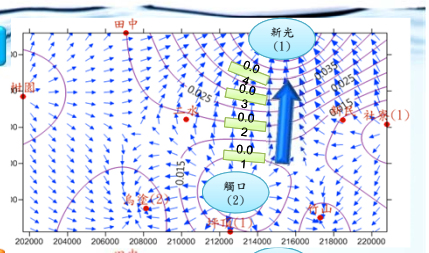
| 井名 | 含水層2、3 | 含水層4 |
|---|---|---|
| 柑園1 | ● | ● |
| 柑園2 | ● | ● |
| 田中1 | ● | |
| 田中2 | | ● |
| 二水 | ● | |
| 烏塗 | | ● |
| 坪頂1 | ● | |
| 觸口1 | ● | |
| 觸口2 | | ● |
| 新光1 | ● | |
| 新民1 | ● | |
| 新民2 | | ● |
| 竹山1 | ● | |
| 竹山2 | | ● |

相對較淺含水層　相對較深含水層

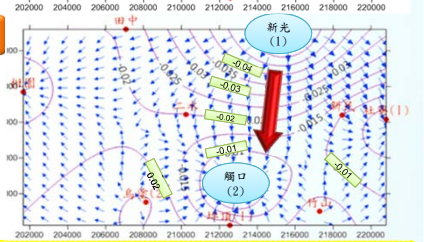
變異量 = 今日水位 － 昨日水位

正值：補注　負值：流出

豐水期



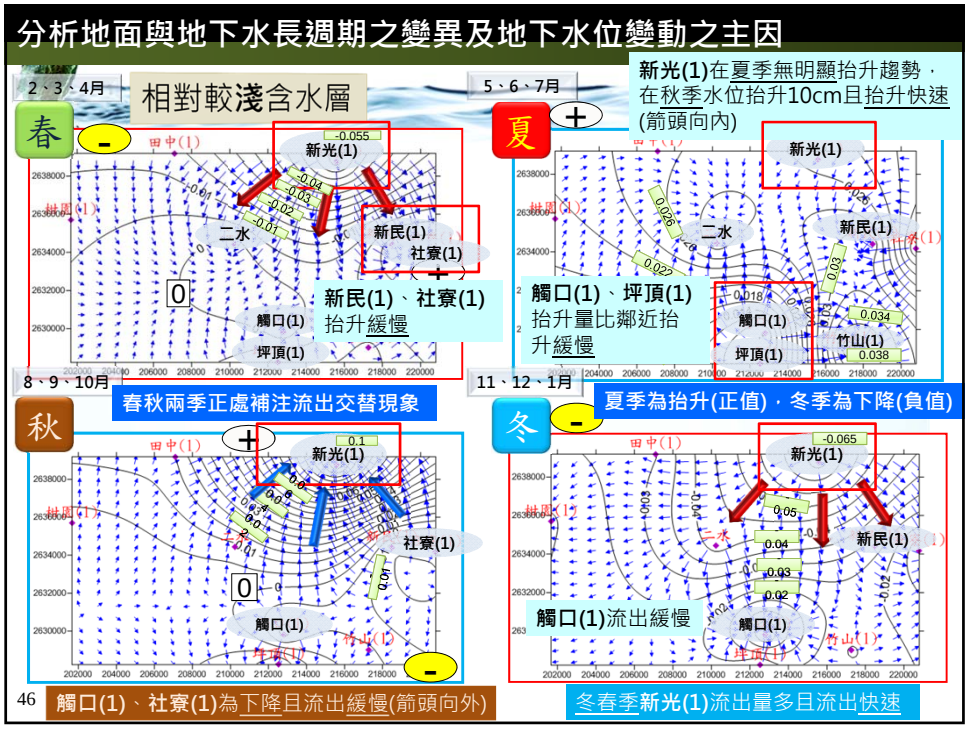

枯水期

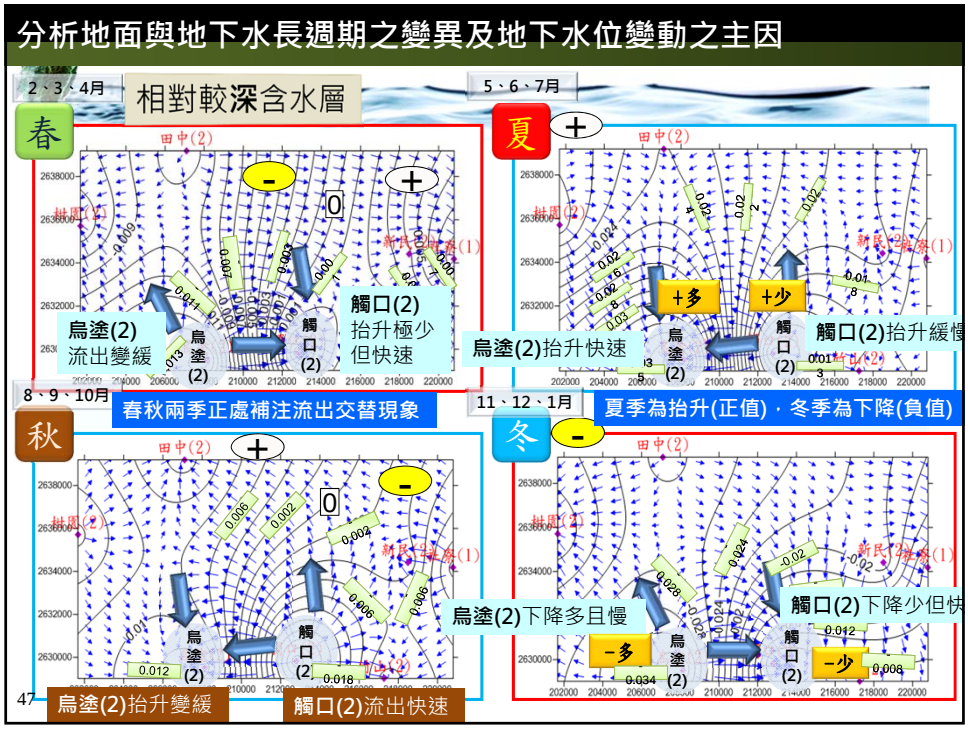


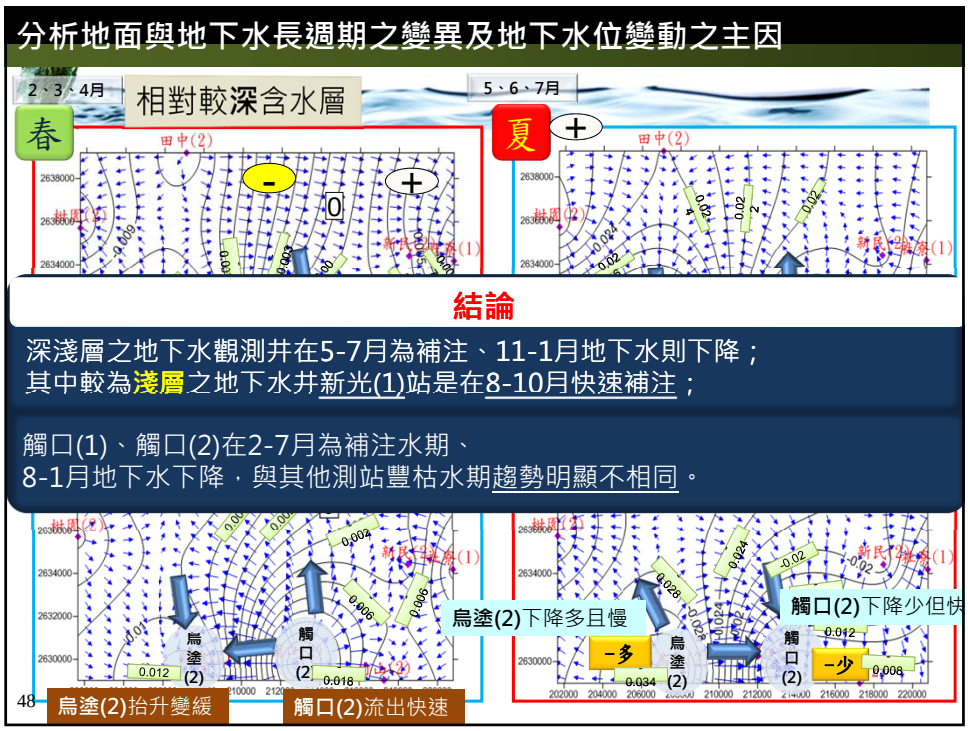

枯水期為**地下水流出**的空間趨勢
豐水期為**地下水補注**的空間趨勢

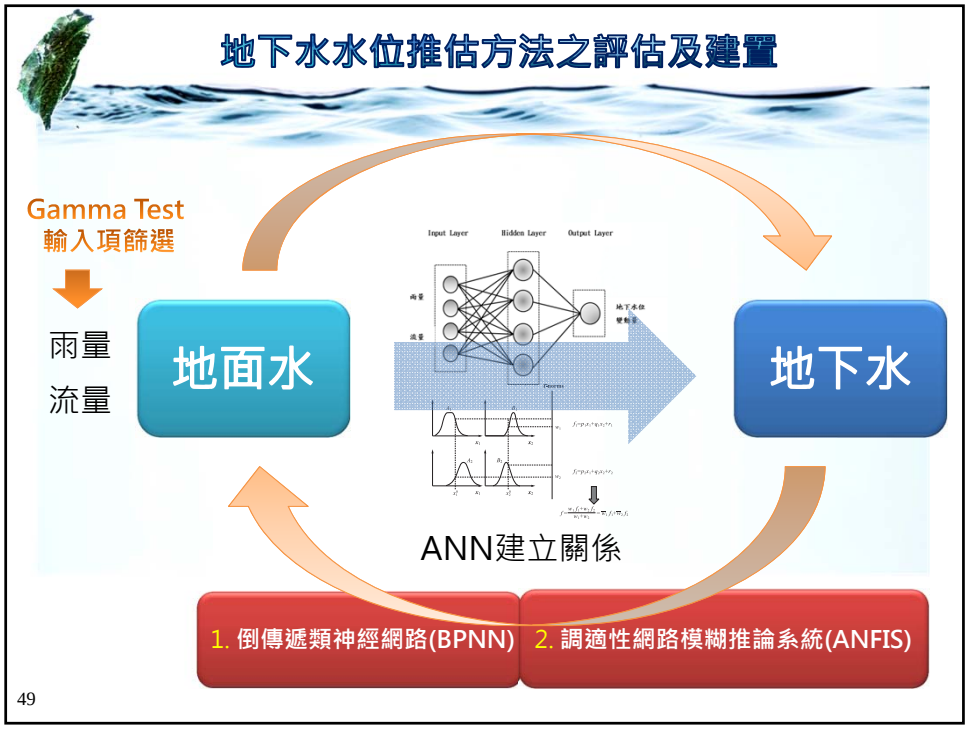
分析豐枯水期後，再分別觀察深淺層四季季節的變化特性。

45


分析地面與地下水長週期之變異及地下水位變動之主因
2、3、4月
相對較淺含水層
5、6、7月
新光(1)在夏季無明顯抬升趨勢，在秋季水位抬升10cm且抬升快速(箭頭向內)
春
夏
新光(1)
二水
新民(1)
社寮(1)
新民(1)、社寮(1)抬升緩慢
觸口(1)
坪頂(1)
觸口(1)、坪頂(1)抬升量比鄰近抬升緩慢
竹山(1)
8、9、10月
春秋兩季正處補注流出交替現象
11、12、1月
夏季為抬升(正值)，冬季為下降(負值)
秋
冬
觸口(1)流出緩慢
46
觸口(1)、社寮(1)為下降且流出緩慢(箭頭向外)
冬春季新光(1)流出量多且流出快速


分析地面與地下水長週期之變異及地下水位變動之主因
2、3、4月
相對較深含水層
5、6、7月
春
夏
烏塗(2)流出變緩
觸口(2)抬升極少但快速
烏塗(2)抬升快速
觸口(2)抬升緩慢
+多
+少
8、9、10月
春秋兩季正處補注流出交替現象
11、12、1月
夏季為抬升(正值)，冬季為下降(負值)
秋
冬
烏塗(2)下降多且慢
觸口(2)下降少但快
-多
-少
47
烏塗(2)抬升變緩
觸口(2)流出快速


分析地面與地下水長週期之變異及地下水位變動之主因
2、3、4月
相對較深含水層
5、6、7月
春
夏
田中(2)
結論
深淺層之地下水觀測井在5-7月為補注、11-1月地下水則下降；
其中較為淺層之地下水井新光(1)站是在8-10月快速補注；
觸口(1)、觸口(2)在2-7月為補注水期、
8-1月地下水下降，與其他測站豐枯水期趨勢明顯不相同。
烏塗(2)下降多且慢
觸口(2)下降少但快
烏塗(2)抬升變緩
觸口(2)流出快速
48


地下水水位推估方法之評估及建置
Gamma Test
輸入項篩選
雨量
流量
地面水
地下水
ANN建立關係
1. 倒傳遞類神經網路(BPNN)
2. 調適性網路模糊推論系統(ANFIS)
49

# 結論

## 地下水站線性相關分析

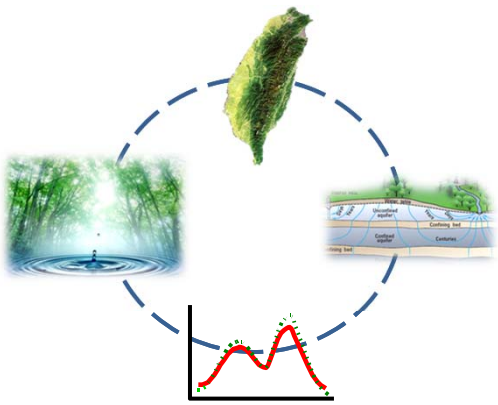
扇頂
- 地下水站 具有高度線性相關

扇頂上游
- 地下水站 與其他站無線性關係

自組特徵映射網路(SOM)分析可具體顯示地下水位與雨量、流量之關係

## 地面水對地下水位變化之豐枯水期趨勢分析

- 枯水期地下水水位下降量趨勢與豐水期正好相反
- 豐水期補注量較大之觀測井，其枯水期之地下水水位下降量也比較大

50

# 報告結束
# 敬請指教