

# 資料科學期末專題報告

糟了！！！是地震

組別：27

R05921034 吳明憲

R06922083 顏逸東

D06921015 康智凱

## 動機：

全世界有超過 70% 以上的地震發生於環太平洋地震帶，而臺灣更地處於其歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊相互碰撞之樞紐點上，屬於典型板塊碰撞所產生之大陸邊緣島嶼，每年都有若干個大大小小的地震在此發生。依據中央氣象局 [1] 的統計結果，如圖 1. 所示 2017 年裡總共發生了 465 個地震，其中 60 個屬於顯著有感地震，地震活動非常頻繁，根據歷史記錄，臺灣近百年曾經發生多次災害性的地震，例如 1906 年梅山地震、1935 年新竹－臺中地震、1951 年花東縱谷地震、1964 年白河地震、1986 年花蓮地震、1999 年南投集集 921 大地震以及 2016 年的台南大地震等，這些中大規模地震不斷發生，顯示臺灣明顯屬於全球地殼活動相當劇烈的特殊區域，處於如此受到地震威脅的環境之下，地震前兆的研究工作也就格外重要。此外在政府資料開放平台 [2] 中，顯著有感地震報告的下載次數在所有開放資料中排行第一，顯著有感地震報告會在地震發生時更新，這顯示出群眾對地震相關資訊有高度的興趣，同時也顯示出地震預警的必要性，基於上述兩項原因，本專題挑選了地震當成我們的主題，期望能在地震相關資料中找出地震發生的前兆。

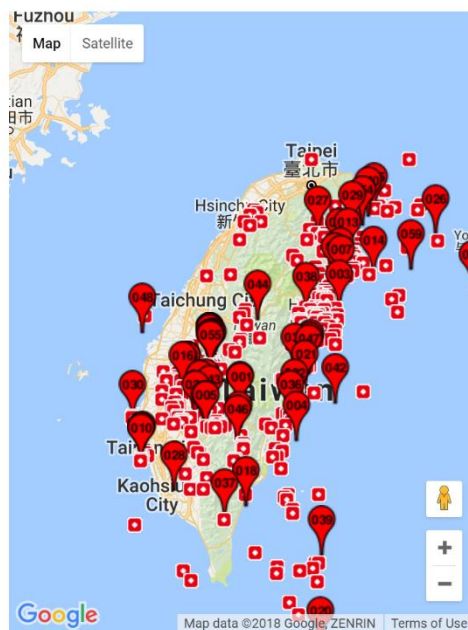


圖 1. 2017 年地震分佈

## 資料

目前有許多研究人員致力於地震前兆的相關研究，觀測的標的也非常多樣例如：自由場、放射性物質、衛星定位、地磁、地下水位、結構物以及歷史地震紀錄等等，本專題選用了資料較好取得的地下水位以及歷史地震紀錄當成我們的觀察標的。

### 資料來源：

1. 中央氣象局-地震活動彙整 [1] : 歷史地震紀錄
2. 中央氣象局-地球物理資料管理系統 [3] : 歷史地下水位變化紀錄

### 原始資料：

#### 1. 歷史地震紀錄

每一列的資料欄位依序為：

地震編號 | 發生時間 | 深度 | 規模 | 震央位置

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	編號	地震時間	深度	規模	震央位置					
2	小區域	2017/12/3 00:05	94.2	4.6	宜蘭縣政府東偏南方 86.8 公里 (位於臺灣東部海域)					
3	小區域	2017/12/1 21:06	10.8	3.3	嘉義市政府南偏西方 .9 公里 (位於嘉義市東區)					
4	小區域	2017/11/30 22:35	17.2	3.6	嘉義縣政府東偏北方 46.4 公里 (位於嘉義縣阿里山鄉)					
5	小區域	2017/11/30 05:55	16.5	3.5	雲林縣政府東偏南方 22.1 公里 (位於雲林縣古坑鄉)					
6	小區域	2017/11/29 11:39	26.1	3.8	臺東縣政府北偏東方 62.0 公里 (位於臺東縣長濱鄉)					
7	小區域	2017/11/28 11:57	10.2	3.5	嘉義縣政府東偏北方 50.9 公里 (位於嘉義縣阿里山鄉)					
8	小區域	2017/11/28 05:31	10.6	3.2	嘉義縣政府東偏北方 49.9 公里 (位於嘉義縣阿里山鄉)					
9	106058	2017/11/27 12:03	5.2	4.1	嘉義縣政府東偏北方 47.4 公里 (位於嘉義縣阿里山鄉)					
10	小區域	2017/11/27 08:48	14.1	3.7	嘉義縣政府東方 20.1 公里 (位於嘉義縣竹崎鄉)					

圖 2. 歷史地震資料

#### 2. 地下水位紀錄

每一列的資料欄位依序為：

年 | 月 | 日 | 時 | 分 | 秒 | 水位

							2017011320.LIU
2017	01	13	20	00	00	542.5587	2.6038
2017	01	13	20	00	01	542.5093	2.6036
2017	01	13	20	00	02	542.5835	2.6039
2017	01	13	20	00	03	542.5340	2.6037
2017	01	13	20	00	04	542.5587	2.6038
2017	01	13	20	00	05	542.5340	2.6037
2017	01	13	20	00	06	542.5587	2.6038

圖 3. 地下水位紀錄

資料處理：

1. 歷史地震紀錄

將資料欄位整理成下列順序並參考相關文獻抽取其他特徵

編號 | 城市 | 日期 | 深度 | 相對距離 | 規模 | 時間 | 其他特徵..

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		city	date	depth	distance	magnitude	time	b	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	a	y
2	0	宜蘭	2017/12/3	94.2	86.8	4.6	00:05	0.404851	-0.00076	-0.00306	-0.00388	-0.00237	0.016749	3.8	0.088445	2.163343	
3	1	嘉義	2017/12/1	10.8	0.9	3.3	21:06	0.413333	0.005439	0.002287	-0.00538	-0.00314	0.011525	4.1	0.084063	2.976784	
4	2	嘉義	2017/11/30	17.2	46.4	3.6	22:35	0.404097	-0.00457	0.001533	-0.00858	0.000795	0.013062	4.1	0.088845	2.776968	
5	3	雲林	2017/11/30	16.5	22.1	3.5	05:55	0.405607	0.000757	-0.00458	-0.00469	0.002357	0.006914	4.1	0.088045	2.882024	
6	4	臺東	2017/11/29	26.1	62	3.8	11:39	0.405607	-0.00306	-0.00388	-0.00237	0.016749	-0.00518	4.1	0.088045	2.495551	1
7	5	嘉義	2017/11/28	10.2	50.9	3.5	11:57	0.407895	0.002287	-0.00538	-0.00314	0.011525	-0.0015	4.1	0.086847	2.87479	0
8	6	嘉義	2017/11/28	10.6	49.9	3.2	05:31	0.408663	0.001533	-0.00858	0.000795	0.013062	0.002955	4.1	0.086448	2.970479	0
9	7	嘉義	2017/11/27	5.2	47.4	4.1	12:03	0.404851	-0.00458	-0.00469	0.002357	0.006914	0.006686	4.1	0.088445	2.261948	0
10	8	嘉義	2017/11/27	14.1	20.1	3.7	08:48	0.408663	-0.00388	-0.00237	0.016749	-0.00518	0.003714	4.1	0.086448	2.658181	0
11	9	花蓮	2017/11/27	24.8	20.5	4.1	02:43	0.405607	-0.00538	-0.00314	0.011525	-0.0015	0.003728	3.8	0.088045	2.265051	0
12	10	嘉義	2017/11/26	19.9	47.4	3.8	00:11	0.407129	-0.00858	0.000795	0.013062	0.002955	0	3.6	0.087246	2.501334	0
13	11	花蓮	2017/11/25	23.1	10.5	3.6	22:51	0.409434	-0.00469	0.002357	0.006914	0.006686	0.001456	3.7	0.08605	2.752716	0
14	12	嘉義	2017/11/25	23.7	46.6	3.5	17:32	0.412548	-0.00237	0.016749	-0.00518	0.003714	0.000735	3.7	0.08446	2.87528	0
15	13	屏東	2017/11/25	27.6	9.3	3.6	03:21	0.410985	-0.00314	0.011525	-0.0015	0.003728	0.002933	4.8	0.085254	2.780575	0
16	14	嘉義	2017/11/25	16	50	3.5	00:14	0.415709	0.000795	0.013062	0.002955	0	0.003633	4.8	0.082875	2.886345	0
17	15	嘉義	2017/11/24	21.7	46.7	3.4	23:58	0.414122	0.002357	0.006914	0.006686	0.001456	0.004304	4.8	0.083667	2.964318	0
18	16	嘉義	2017/11/24	17.1	44.2	3.4	17:14	0.414914	0.016749	-0.00518	0.003714	0.000735	-0.00977	4.8	0.083271	2.96701	0
19	17	嘉義	2017/11/24	19.2	46.9	3.6	14:27	0.414122	0.011525	-0.0015	0.003728	0.002933	-0.01355	4.8	0.083667	2.813059	0
20	18	雲林	2017/11/24	18.2	23.7	3.7	14:13	0.414914	0.013062	0.002955	0	0.003633	-0.01494	4.8	0.083271	2.68131	0
21	19	雲林	2017/11/24	21.4	22.9	3.3	07:33	0.411765	0.006914	0.006686	0.001456	0.004304	-0.00576	4.8	0.084857	2.960884	0
22	20	雲林	2017/11/24	17	22.3	4.8	04:55	0.398165	-0.00518	0.003714	0.000735	-0.00977	0.022542	4	0.092059	2.212223	0
23	21	嘉義	2017/11/23	15.3	48.6	3.6	06:21	0.402597	-0.0015	0.003728	0.002933	-0.01355	0.024864	4	0.089647	2.791773	1
24	22	嘉義	2017/11/23	17.3	48.1	4	06:19	0.401852	0.002955	0	0.003633	-0.01494	0.024773	3.8	0.090048	2.452505	1
25	23	嘉義	2017/11/23	14.2	46.3	3.3	02:40	0.404851	0.006686	0.001456	0.004304	-0.00576	0.018795	3.8	0.088445	2.948791	1

圖 4. 地震資料

2. 地下水位紀錄

用一個三維陣列來記錄年度的地下水位資訊，三個維度分別為：

日：總共有 365 個欄位，記錄著每日的水位資訊。

時：總共有 24 個欄位，紀錄著每小時的水位資訊

秒：總共有 3600 個欄位，紀錄著每秒的水位資訊

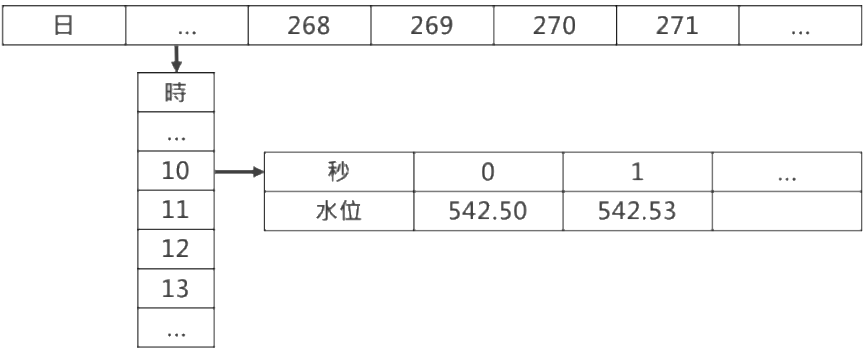


圖 5. 水位資料結構

## 工具

### 1. Programming language:

- Python

### 2. Modules:

- pandas
- matplotlib
- Keras

本次專題所使用的工具都是課堂上所教授過的，主要程式與語言選用 Python，各個模組的用途說明如下：

pandas：

讀取原始資料，並且預先對原始資料做前置處理，方便後續的分析。

matplotlib：

將分析的結果視覺化。

Keras：

建立深度學習模型，嘗試著找出地下水位以及歷史地震資訊與地震前兆的關係。

## 方法

我們的方法主要分成兩個方向去探討，一個是探討歷史地震與未來地震的關係，另一個則是地下水位與地震前兆的觀察。

### 1. 歷史地震與未來地震

在地震預測中，我們第一個想到的是能否用過去的資訊來預測未來的地震發生，那我們也發現有許多研究人員在探討這個問題，所以我們挑選了一篇預測東京地震的論文 [4]當作我們研究的對象，這篇論文號稱有70%的準確率，所以我們嘗試著實現他的方法，並且套用在台灣的地震，觀察是否能重現類似的成果。

[4]的方法是依據 Gutenberg-Richter's law 來抽取地震特徵，並且採用深度學習來建立預測模型，特徵描述如下：

Gutenberg - Richter' s law :

$$a = \log_{10}N(M) + bM$$

$$b = \frac{\log e}{(\bar{M} - M_0)}$$

$x_1$  : 前 4 個地震事件的 b 值變化

$x_2$  : 前 4~8 個地震事件的 b 值變化

$x_3$  : 前 8~12 個地震事件的 b 值變化

$x_4$  : 前 12~16 個地震事件的 b 值變化

$x_5$  : 前 16~20 個地震事件的 b 值變化

$x_6$  : 過去一周的最強地震規模

$x_7$  : 地震事件規模大於 6 的機率分佈

$y$  : 未來 5 天發生有感地震的機率

最後將這些特徵餵給類神經網路模型來預測地震發生。

## 2. 地下水位與地震前兆

除了以歷史地震來預測之外，我們更進一步地找尋其他地震發生前的徵兆，發現地下水位的變化也與地震的發生有關係，因為地震前岩體因受應力作用而產生微小裂隙，導致孔隙率與滲透率改變，進而產生地下水位變化，因此觀測地下水位的變化將有助於地震前兆現象的掌握。更重要的是氣象局有提供地下水位資料供給特定人士使用。算是多個地震前兆相關資料中較好取得的，所以我們選用地下水當作觀測標的。

氣象局所提供的水位紀錄是以秒為單位在紀錄，原始資料太過龐大而且有許多冗餘的資料，所以我們將水位資料轉換成每小時紀錄一次，以小時為單位來觀察，將原先三個維度的資料結構降成兩個維度，把每秒的水位資訊加總平均後存放到小時的資訊裡。

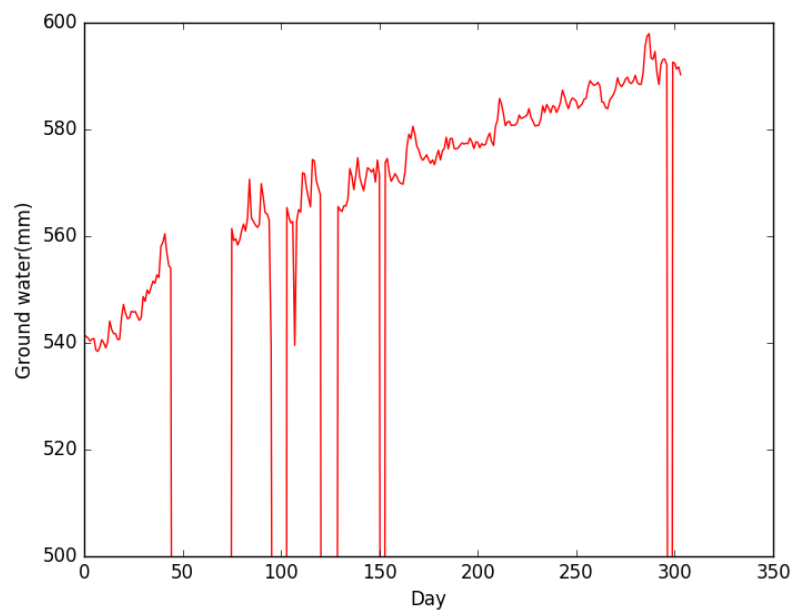


圖 6. 2017 地下水位變化

同時我們也用同樣的紀錄方式將地震資訊轉換成一個一維陣列，記錄著每日發生的最強地震規模，如圖 7。

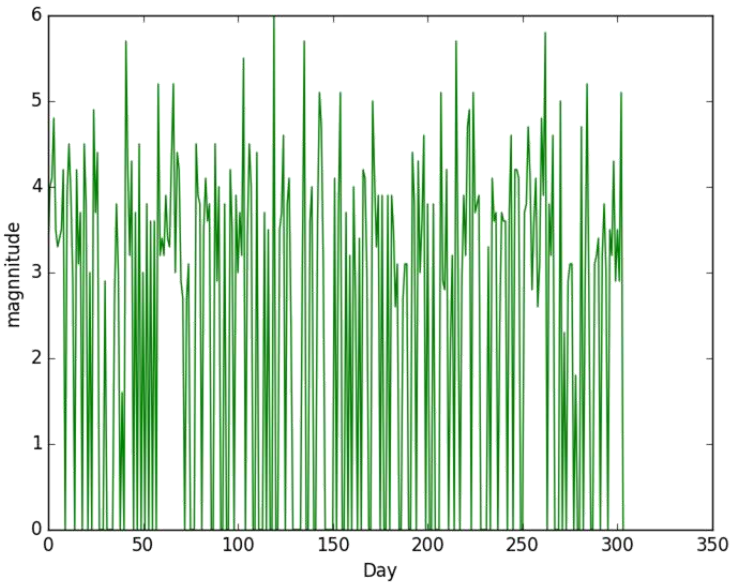


圖 7. 每日地震規模

台灣幾乎每日都有許多小地震發生，這樣的數據不利於我們觀察地下水位變化與地震的關係，所以我們參考了交通部提供的地震分級表，只觀察地震規模大於 4 以上的有感地震。

2	 輕震	2.5~8.0	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來	電燈等懸掛物有小搖晃	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短
3	 弱震	8~25	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會恐懼感	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃
4	 中震	25~80	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒	房屋搖棟甚烈，底坐不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害	棄車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃
5	 強震	80~250	大多數人會感到驚嚇恐慌	部分牆壁產生裂痕，重家具可能翻倒	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒
6	 烈震	250~400	搖晃劇烈以致站立困難	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象
7	 劇震	400以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或掉落地面	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞

圖 8. 交通部地震分級表



## 實驗結果與觀察

### 1. 歷史地震與未來地震

我們參考了 [4] 的方法，以 Keras 實作了一個三層的全連接類神經網路，將先前收集到的地震資訊餵進去，預測未來 5 天內是否會發生有感地震，我們用了 5600 筆的訓練資料，2000 筆的測試資料。

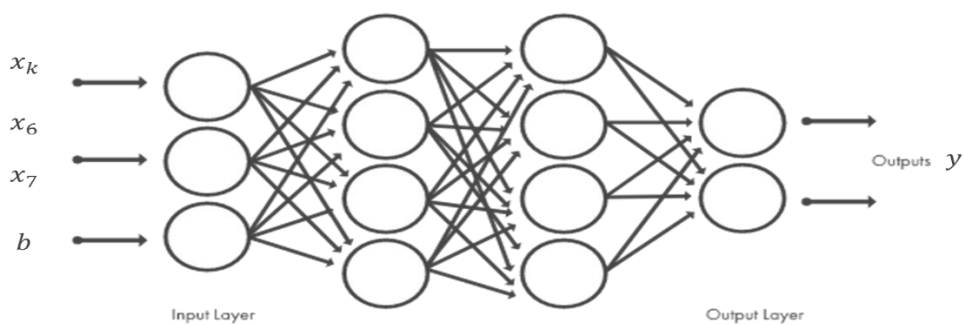


圖 9. 類神經網路模型

最後實驗的結果，在測試資料上我們的模型有 62.5% 的準確率，與原本論文內的結果相差不遠，雖然準確率看起來很高，但實際上大多數的事件都是預測未來五天不會有地震發生，預測的 Recall 值非常的低，這顯示出歷史的地震資訊與未來的地震相關性並不高，以歷史地震來當成預測的標的並不是個好選擇。

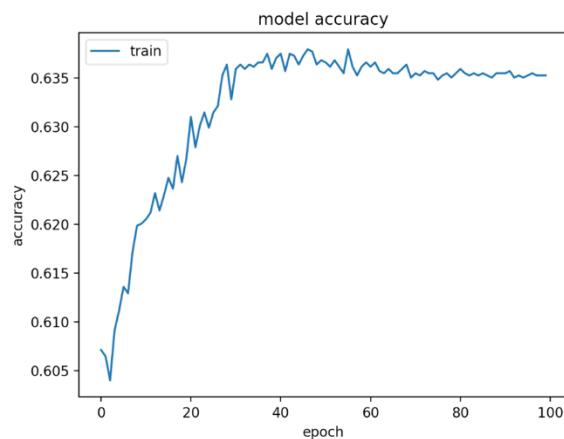


圖 10. 訓練過程

## 2. 地下水位與地震

我們將地下水位變化與地震資訊(規模>4)疊在一起觀察，如圖 11 所示，圖中紅色線條代表著地下水位地變化，綠色虛線代表著當天發生規模大於 4 的地震，藍色線條則是時間參考線每四天一條，我們可以發現地震發生的前四天內會有地下水位下降的現象發生，這現象與先前提到的地震導致孔隙率與滲透率改變，進而產生地下水位變化相符，在 65 次有感地震中有 43 次出現水位下降的現象，這也證實了地下水位與地震前兆的相關性，但地下水位容易受到其他因素影響例如:氣壓、降雨、設備等等，所以目前還沒能用地下水位當成一個有效的觀測指標。

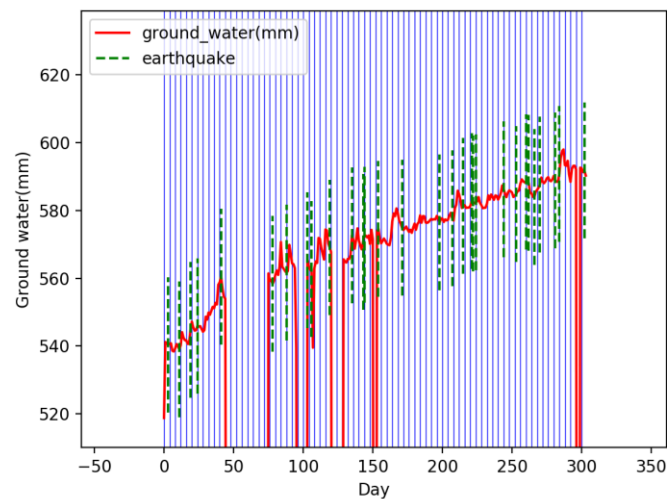


圖 11. 地下水與地震

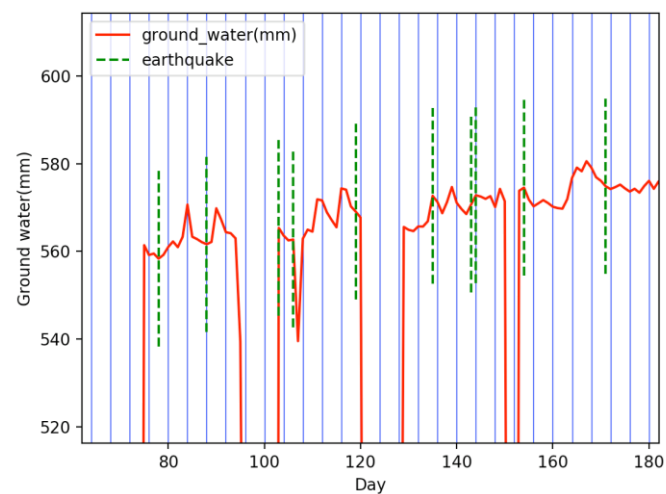


圖 12. 地下水與地震(大)

## 結論

在這個專題中我們探討了地震發生的前兆，我們實作了一個類神經網路地預測模型，也觀察了地下水位變化與地震發生的關係，我們重現了 [4] 的實驗結果，但也發現他潛在的問題，單純以歷史地震資訊來預測未來的地震發生似乎是不太可行，我們也發現了地下水位變化確實可以當成地震發生的前兆，但地下水位容易受到外來因素影響，要以地下水位變化來預測地震的發生仍有許多問題需要被克服。

## 參考資料

- [1] "中央氣象局地震活動彙整," [Online]. Available:  
[http://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtd\\_eq.htm](http://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtd_eq.htm).
- [2] "政府資料開放平臺," [Online]. Available: <https://data.gov.tw/>.
- [3] "中央氣象局-地球物理資料管理系統," [Online]. Available:  
<http://gdms.cwb.gov.tw/index.php>.
- [4] G. Asencio-Cortes, F. Martinez-Alvarez, A. Troncoso, A. Morales-Esteban,  
"Medium-large earthquake magnitude prediction in Tokyo with artificial neural  
networks," *Neural Computing and Applications*, 2017.
- [5] J. Reyes, A. Morales-Esteban, F. MartiNez-ALvarez, "Neural networks to predict  
earthquakes in Chile," *Applied Soft Computing*, 2013.