



嶺東科技大學
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系

實務專題期末報告

台灣西部地區地震特性型態辨識及數量預測

指導教授：倪克明 教授

組員名單：吳彥東 A38C041

陳正軒 A38C073

張翔智 A38C069

丘諺衡 A38C051

梁浩義 A38C113

中華民國一〇七年五月



嶺東科技大學
LING TUNG UNIVERSITY

資訊管理系專題口試委員審定書

實務專題期末報告

台灣西部地區地震特性型態辨識
及數量預測

指導教授：倪克明 教授

組員名單：吳彥東 A38C041

陳正軒 A38C073

張翔智 A38C069

丘諺衡 A38C051

梁浩義 A38C113

指導教授：

口試委員：

中華民國 一〇七年五月十五日

嶺東科技大學

資訊管理系

台灣西部地區地震特性型態辨識及數量預測

中華民國一〇七年五月

摘要

台灣位於環太平洋地震帶上，因為受到板塊運動的擠壓影響，發生地震的機率很高。在西元 1999 年 9 月 21 日發生了台灣最大的地震，震央於台灣南投集集鎮的逆斷層地震，造成臺灣全島均感受到嚴重搖晃，更引發大規模的山崩與土壤液化災害，其中又以台灣中部受災最為嚴重。對於地震下次會發生的地點及時間，目前還很難做到完全的預測。所以本專題要蒐集中央氣象局 1995 年到 2017 年十二月以來台灣公開數據，把所有有編號（地震規模較大影響大）及無編號（地震規模較小影響較小）統整起來。把台灣西半部地震次數、每個月發生幾次地震、每年發生幾次地震、地震深度、平均地震規模、最大地震規模、地震總能量釋放、兩個地震之間間隔的時間等等，用這些統計數據做出圖來表示現在台灣地震的特性。本專題以統計學的方式建立地震發生次數之型態(pattern)方程式，並依據過去資料進行未來 12 個月可能發生地震，在嘉義、雲林、南投地區的數量。可再進行精確評估以獲得更可靠的結果。經多次嘗試錯誤，發現 ARIMA(1, 0, 0)模型適合用於嘉義及雲林兩行政區之地震模態，而 ARIMA(1, 0, 1)則可應用於南投，未來 12 個月此三行政區的地震數量每月約發一次。

謝誌

本專題能夠如期完成，首先要感謝我們的專題指導老師——倪克明教授，我們在製作的過程中面臨困難時，老師都能詳細的給予專業知識以及指教，百忙之中撥出時間來指導我們的專題，並提供寶貴的建議讓我們的專題更加完整，給了我們很大的鼓勵，讓我們能獲得明確的方向，使專題能夠順利完成。

在這特別感謝口試老師陳建興教授以及陳明華教授，提供許多有關專題的意見，並且點出本組專題的問題，使得最後能將專題修改的更加完整。

目錄

摘要.....	I
謝誌.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第壹章 緒論.....	9
1.1 研究動機.....	9
1.2 研究目的.....	9
1.3 專題工作分配.....	10
1.4 進度甘特圖.....	11
第貳章 文獻回顧與探討.....	12
2.1 地震概述.....	12
2.1.1 地震帶.....	12
2.2 地震災害.....	13
2.3 地震常用名詞.....	13
2.4 規模與地震震度有什麼不同?.....	14
第參章 研究流程.....	15
3.1 研究方法.....	16
第肆章 台灣地震特性.....	17
4.1 有編號地震敘述統計分析.....	18
4.1.1 台灣各行政地區發生次數.....	18
4.1.2 平均每月發生的地震.....	19

4.1.2 平均每年發生的地震	20
4.1.3 平均深度(Km)	21
4.1.4 平均規模	22
4.1.5 每個行政區最強規模的地震	23
4.1.6 平均在每個行政區兩個地震之間的時間 (dtimes)	24
4.1.7 平均釋放的能量 (ergs)	25
4.2 有編號及無編號地震敘述統計分析	26
4.2.1 台灣各行政地區發生次數	26
4.2.2 平均每月發生的地震	27
4.2.3 平均每年發生的地震	28
4.2.4 平均深度(Km)	29
4.2.5 平均規模	30
4.2.6 每個行政區最強規模的地震	31
4.2.7 平均在每個行政區兩個地震之間的時間 (dtimes)	32
4.2.8 平均釋放的能量 (ergs)	33
4.3 有編號規模與深度 3D 圖	34
4.4 有編號及無編號規模與深度 3D 圖	41
第五章 台灣西岸地震型態辨識與數量預測	47
5.1 時間序列分析結果	47
5.2 嘉義每月的地震次數	48
5.3 雲林每月的地震次數	49

5.4 南投每月的地震次數	50
5.6 型態辨識與預測	51
5.6.1 嘉義每月的地震的識別型態	51
5.6.2 雲林每月的地震的識別型態	54
5.6.3 南投每月的地震的識別型態	57
5.7 誤差檢驗	60
第陸章 結論與建議.....	63
6.1 台灣地震敘述統計學分析結果	63
6.1.1 有編號地震分析結果	63
6.1.2 有編號加上無編號地震分析結果	63
6.2 地震數量預測	64
6.3 未來發展	64
參考文獻.....	65
附錄 A 台灣 20 個行政區域 (1995 年 1 月至 2017 年 12 月有編號的地震數據)	66
附錄 B 台灣 20 個行政區域 (1995 年 1 月至 2017 年 12 月有編號+無編號的地震數據) 錯誤! 尚未定義書籤。	
附錄 C Autocorrelation and Partial Autocorrelation Coefficients of AR(1)And AR(2) Models..... 錯誤! 尚未定義書籤。	

圖目錄

圖 3.1 研究流程圖	16
圖 4-1 1995 年 1 月至 2017 年 8 月每個縣市有編號的地震次數	10
圖 4-2 每個縣市有編號的每月平均數	11
圖 4-3 每個縣市有編號的每年平均數	12
圖 4-4 每個縣市有編號的平均深度	13
圖 4-5 每個縣市有編號的平均規模	14
圖 4-6 每個縣市有編號的最大規模	15
圖 4-7 每個縣市有編號的平均天數	16
圖 4-8 每個縣市有編號的平均能量	17
圖 4-9 1995 年 1 月至 2017 年 8 月每個縣市的所有地震（含未編號）次數	18
圖 4-10 每個縣市所有地震（含未編號）每月平均數	19
圖 4-11 每個縣市的所有地震（含未編號）每年平均數	20
圖 4-12 每個縣市的所有地震（含未編號）平均深度	21
圖 4-13 每個縣市的所有地震（含未編號）平均規模	22
圖 4-14 每個縣市的所有地震（含未編號）最大規模	23
圖 4-15 每個縣市的所有地震（含未編號）平均天數	24
圖 4-16 每個縣市的所有地震（含未編號）平均能量	25
圖 4-17 台灣的深度 3D 圖，以公里為單位	26
圖 4-18 台灣的規模 3D 圖	26
圖 4-19 嘉義的深度 3D 圖，以公里為單位	27
圖 4-20 嘉義的規模 3D 圖	27
圖 4-21 嘉義的震度 3D 圖，以級為單位	28
圖 4-22 雲林的深度 3D 圖，以公里為單位	29
圖 4-23 雲林的規模 3D 圖	29
圖 4-24 雲林的震度 3D 圖，以級為單位	30
圖 4-25 南投的深度 3D 圖，以公里為單位	31
圖 4-26 南投的規模 3D 圖	31
圖 4-27 南投的震度 3D 圖，以級為單位	32
圖 4-28 嘉義的深度 3D 圖，以公里為單位	33
圖 4-29 嘉義的規模 3D 圖	33
圖 4-30 嘉義的震度 3D 圖，以級為單位	34

圖 4-31 雲林的深度 3D 圖，以公里為單位	35
圖 4-32 雲林的規模 3D 圖	35
圖 4-33 雲林的震度 3D 圖，以級為單位	36
圖 4-34 南投的深度 3D 圖，以公里為單位	37
圖 4-35 南投的規模 3D 圖	37
圖 4-36 南投的震度 3D 圖，以級為單位	38
圖 5-1 1995 年 1 月至 2018 年 12 月在嘉義每月發生的地震數	40
圖 5-2 1995 年 1 月至 2018 年 12 月在雲林每月發生的地震數	41
圖 5-3 1995 年 1 月至 2018 年 12 月在南投每月發生的地震數	42
圖 5-4 嘉義每月地震的部分相關函數 (ACF)	43
圖 5-5 嘉義每月地震的部分相關函數 (PACF)	44
圖 5-6 嘉義每月地震 ARIMA (1, 0, 0) 的模型殘差相關函數 (ACF)	45
圖 5-7 雲林每月地震的部分相關函數 (ACF)	46
圖 5-8 雲林每月地震的部分相關函數 (PACF)	47
圖 5-9 雲林每月地震 ARIMA (1, 0, 0) 的模型殘差相關函數 (ACF)	48
圖 5-10 南投每月地震的部分相關函數 (ACF)	49
圖 5-11 南投每月地震的部分相關函數 (PACF)	50
圖 5-12 南投每月地震 ARIMA (1, 0, 1) 的模型殘差相關函數 (ACF)	51

表目錄

表 1-1 專題工作分配表	10
表 1-2 進度甘特圖	11
表 2-1 規模分級與能量表	14
表 2-2 各種地震震度分級比較表	15
表 5-1 2011 年 1 月至 2017 年 12 月在 3 縣市的預測與實際每年平均誤差地震的比較(MAD 法)	59
表 5-2 2011 年 1 月至 2017 年 12 月在 3 縣市的預測與實際每年平均誤差地震的比較 (RESM 法)	60
表 5-3 預測未來 12 個月 3 縣市的地震次數	61

第壹章 緒論

1.1 研究動機

台灣位於菲律賓板塊跟歐亞大陸板塊的斷層地帶，時常因板塊運動造成地震，造成多次嚴重災害，為了防止像921大地震使全台重創的災情，我們統整自1995年1月至2017年12月大大小小的地震活動，有效的統整出一個系統，預測台灣西部的三個縣市下個月地震發生的數量。

1.2 研究目的

所謂地震預測，是指在地震發生之前，能夠明確地指出地震發生的地點，地震發生的時間，以及地震的規模、震度。地震預測一直是科學家努力研究的重點，但目前還無法做到完全準確的預測[1]。所以本研究針對台灣各縣市發生的地震的時間、規模、次數等特性，再以統計的方式呈現，並以型態辨識方法找出嘉義、雲林及南投的地震模型並推測此三地區的月地震數量及其誤差，並用此型態方程式預測此三地區未來12個月的地震次數。

1.3 專題工作分配

表 1-1 專題工作分配表

專題名稱：台灣地區地震特性型態辨識及數量預測					
工作內容					
	組長： 吳彥東	組員： 張翔智	組員： 陳正軒	組員： 丘諺衡	組員： 梁浩義
文獻蒐集	S	P	S	S	S
繪製流程圖	P	S	S	S	S
地震特性分析	S	S	P	S	S
地震型態分析	S	P	S	S	S
時間序列預測	S	P	S	S	S
書面報告	P	S	S	S	P
業師請益	S	P	S	S	S
投影片製作	S	S	P	S	S
地震圖表繪製	S	S	S	P	S

P: 主要負責人

S: 次要負責人

1.4 進度甘特圖

表 1-2 進度甘特圖

	2017										2018				
	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十 一 月	十 二 月	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	
1. 尋找祖員與教授															
2. 專題題目確立															
3. 了解內容															
4. 企劃書製作															
5. 流程圖製作															
6. 文獻資料收集															
7. 資料分析															
8. 統整數據															
9. 地震圖表繪製															
10. 期中報告															
11. 期末報告															

第貳章 文獻回顧與探討

2.1 地震概述

地震是指地球表面發生的突然震動，它是地殼運動的一種形式。

發生地震的真正原因尚沒有完全知道，但是必定由地球內的變動力所造成。岩石圈內部的岩層在板塊運動的構造力作用下，產生應變而慢慢彎曲，不斷集聚能量；當集聚的能量一旦超過岩層所能承受的臨界點時，岩層就會發生突然斷裂，釋放出大量的能量，其中一部分以地震波的形式傳播出來，地震就這樣發生了。當然地震的成因是多種多樣的，上述的過程僅是其中之一。震源

(hypocenter)是指地震錯動的起始點。震央(epicenter)是指震源在地表的投影點。地震震源深度在0~30公里者稱為極淺地震(very shallow earthquake)。在31~70公里間者稱為淺層地震(shallow earthquake)。在71~300公里間者稱為中層地震(intermediate earthquake)。在301~700公里之地震為深層地震(deep earthquake) [2]。

2.1.1 地震帶

台灣地震帶主要有三個

1. 西部地震帶，自台北南方經台中、嘉義而至台南。寬度約八十公里，大致與島軸平行。地震次數較少，但餘震較頻繁，時間較短暫，範圍廣大，災情較重，震源淺(約十餘公里)，地殼變動激烈。
2. 東部地震帶，北起宜蘭東北海底向南南西延伸，經過花蓮、成功到台東，一直至呂宋島；此帶北端自宜蘭與環太平洋地震帶延伸至西太平洋海底相連，南端幾與菲律賓地震帶相接。此帶成近似弧形朝向太平洋，亦和台灣本島相平行，寬一百三十公里，特徵為地震次數多。通常，震源較西部者為深。
3. 東北部地震帶，此帶從琉球群島向西南延伸，經花蓮、宜蘭至蘭陽溪上游附近，屬淺層震源活動帶。[3]

2.2 地震災害

地震是地球上主要的自然災害之一。地球上每天都在發生地震，其中大多數規模較小或發生在海底等偏遠地區，大部分的人們感覺不到。但是發生在人類活動區強烈地震往往會造成巨大的財產損失和人員傷亡。通常來講，芮氏規模 3 以下的地震釋放的能量很小，對建築物不會造成明顯的損害。人們對於芮氏規模 4 以上的地震具有明顯的震感。在防震性能比較差且人口相對集中的區域，芮氏規模 5 以上的地震就有可能造成人員傷亡。

地震產生的地震波可直接造成建築物的破壞甚至倒塌；破壞地面，產生地面裂縫，塌陷等；發生在山區還可能引起山體滑坡，雪崩等；而發生在海底的強地震則可能引起海嘯。餘震會使破壞更加嚴重。地震引發的次生災害主要有建築物倒塌，山體滑坡，土壤液化，海嘯以及管道破裂等引起的火災，水災和毒氣泄漏等。此外當傷亡人員屍體不能及時清理，或污穢物污染了飲用水時，有可能導致傳染病的爆發。在有些地震中，這些次生災害造成的人員傷亡和財產損失可能超過地震帶來的直接破壞。[4]

2.3 地震常用名詞

1. 震源：地震發生的位置。
2. 震央：震源在地面上的垂直投影。震央是地表源最近的地方，也是震動最強烈，受地震破壞程度最大的地方。震央及其附近的地方稱為震央區，也稱極震區。
3. 震源深度：震央到震源的深度。
4. 震央距：觀測點到震央的距離。
5. 震源距：觀測點到震源的距離。
6. 震度：量度地震對某一特定地點所受到的影響和破壞的量度單位。[4]
7. 規模：地震規模是指地震所釋放的能量，臺灣所採用的計算方式為芮氏規模，在敘述時以「規模 5.0」、「規模 7.3」的方式來表示，數字的後面不加「級」字。

2.4 規模與地震震度有什麼不同？

規模是指地震所釋放的能量，臺灣所採用的計算方式為芮氏規模，在敘述時以「規模 5.0」、「規模 7.3」的方式來表示，數字的後面不加「級」字；地震規模每增加「1」，所釋放的能量約為前一個等級的 31~32 倍。為了解釋地震規模與能量大小的關係，下頁表格利用黃色炸藥爆炸威力及地震威力或地震實例來作說明。[5]

表 2-1 規模分級與能量表

芮氏規模	相當黃色炸藥 (TNT)的用量	相近能量的地震威力或地震實例
5.0	477 噸	震央在臺灣島內，規模 5 以上的淺層地震即可能釀災
6.0	15,080 噸	規模 6.2 相當於 1 顆原子彈爆炸的威力 震央在臺灣附近海域的地震，規模 6 以上即可能釀災
7.0	476,879 噸	1999 年 9 月 21 日 921 集集地震(芮氏規模 7.3)，造成 2,413 人死亡(註 1)
8.0	15,080,242 噸	2008 年 5 月 12 日中國汶川大地震(規模 7.9)，造成至少 69,185 人死亡，374,171 人受傷，18,467 人失蹤(註 2)
9.0	476,879,138 噸	2004 年 12 月 26 日印度洋大地震(規模 9.1)，引發南亞海嘯，共造成超過 227,898 人死亡及失蹤(註 2) 2011 年 3 月 11 日，日本東北大地震(規模 9.0)，引發大海嘯，造成超過 20,000 人死亡和失蹤

震度 (intensity)，是表示地震時地表面上的人所感受到振動的程度，或物體因受振動所遭受的破壞程度，與地表面振動加速度相關。現今地震儀器已能詳細記錄地震時地表面上的加速度，所以震度亦係由地表面的最大加速度值來劃分。震度級以正的整數值來表示，震度分級表由各國地震測報機構訂定，各國不盡相同，中央氣象局地震震度分級表分為 0 至 7 級，與日本所使用者相同，如下表：[6]

表 2-2 各種地震震度分級比較表[7]

震度分級		地動加速度 (cm/s^2 , gal)	人的感受	屋內情形	屋外情形
0	無感	0.8 以下	人無感覺。		
1	微震	0.8~2.5	人靜止時可感覺微小搖晃。		
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，有的人會有恐懼感。	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。	房屋搖動甚烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，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，重傢俱可能翻倒。	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摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

第參章 研究流程

3.1 研究方法

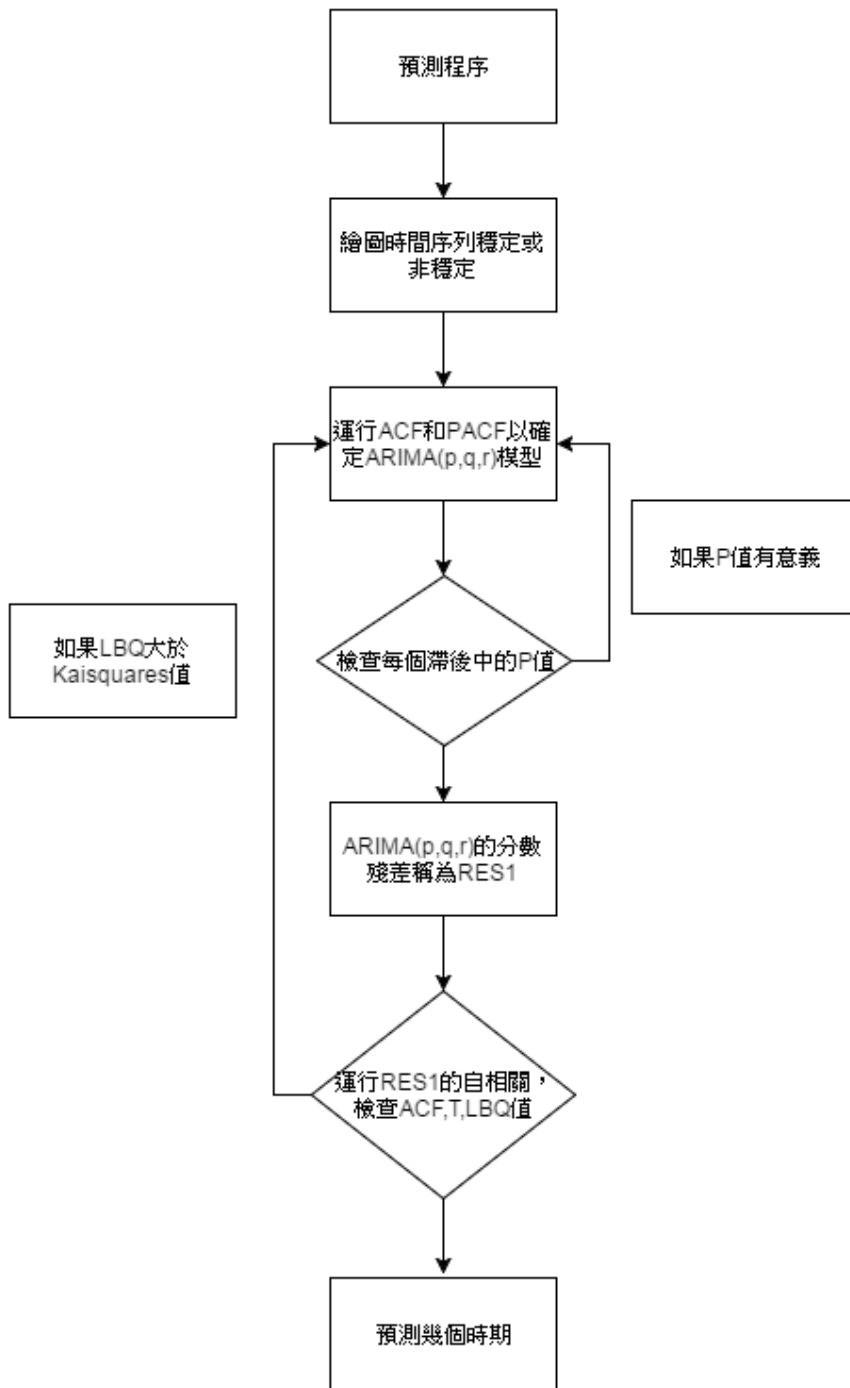


圖 3.1 研究流程圖

第肆章 台灣地震特性

根據中央氣象局公開資料表示，地震含有編號及無編號兩類，有編號的地震通常地震規模較大並影響數個縣市，無編號者地震規模較小影響不大，有編號的地震合計有 3187 個，無編號及有編號的地震合計 10012 個，此記錄由中央氣象局 1995 年 1 月到 2017 年 12 月（23 年），我們將每一個縣市地震次數總結在附錄 A 及附錄 B。

4.1 有編號地震敘述統計分析

4.1.1 台灣各行政地區發生次數

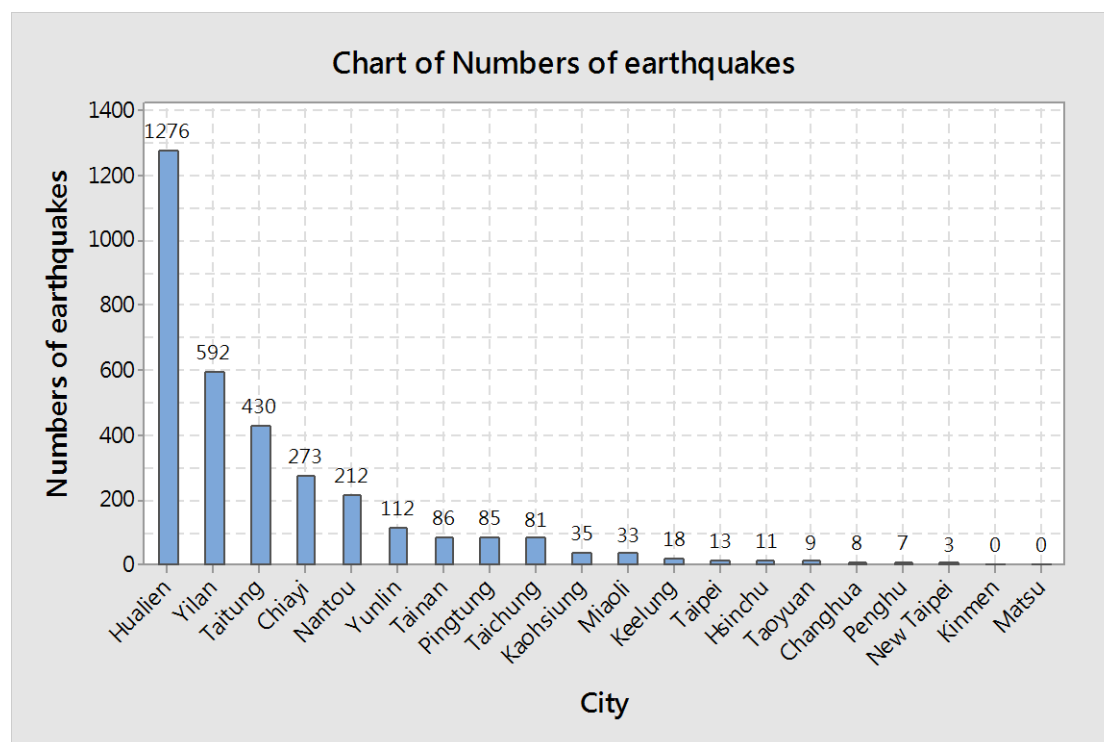


圖 4-1 1995 年 1 月至 2017 年 12 月每個縣市有編號的地震次數

根據圖 4-1，發現在台灣花蓮是最常有地震活動的，在有編號總數 3284 之中，有 1276 次的地震是位於花蓮，比例上來講是 38.8%，宜蘭以 592 次（18%）位居第二，台東則以 430 次（13.1%）位居第三。

4.1.2 平均每月發生的地震

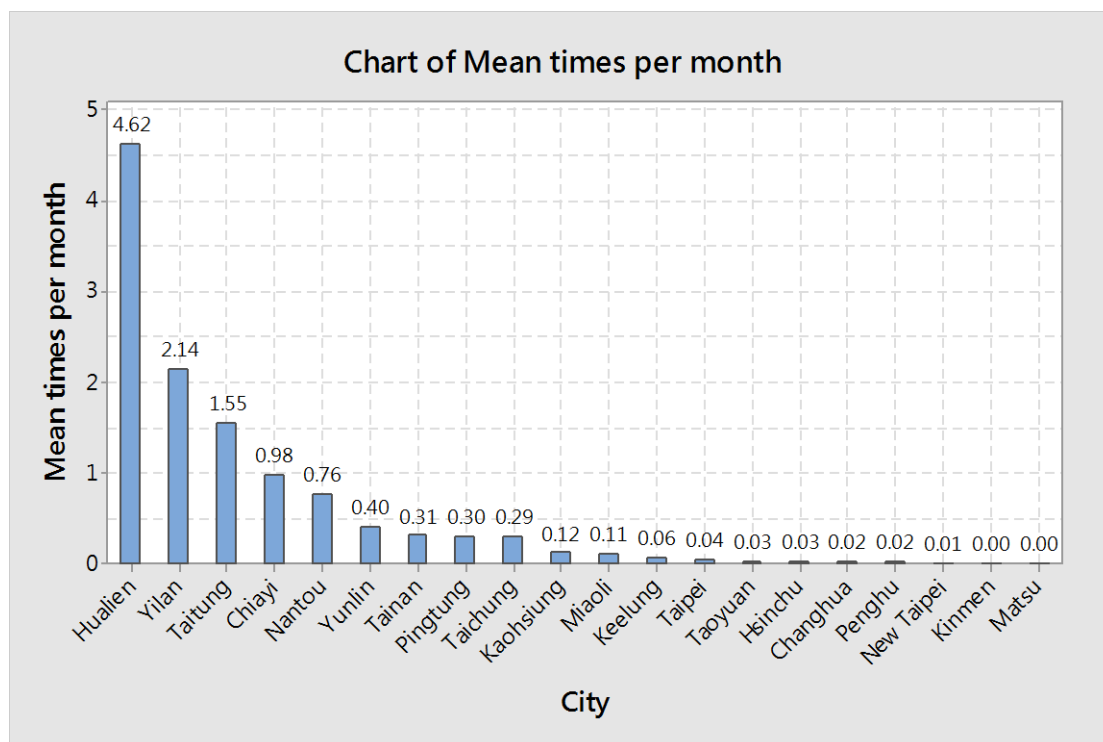


圖 4-2 每個縣市有編號的每月平均數

圖 4-2 有編號從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，台灣每個市/縣間隔時間的地震。花蓮是每月間隔時間之冠，在每個月份有 4 次有感地震，宜蘭和台東分別有 2 次與 1 次。

4.1.2 平均每年發生的地震

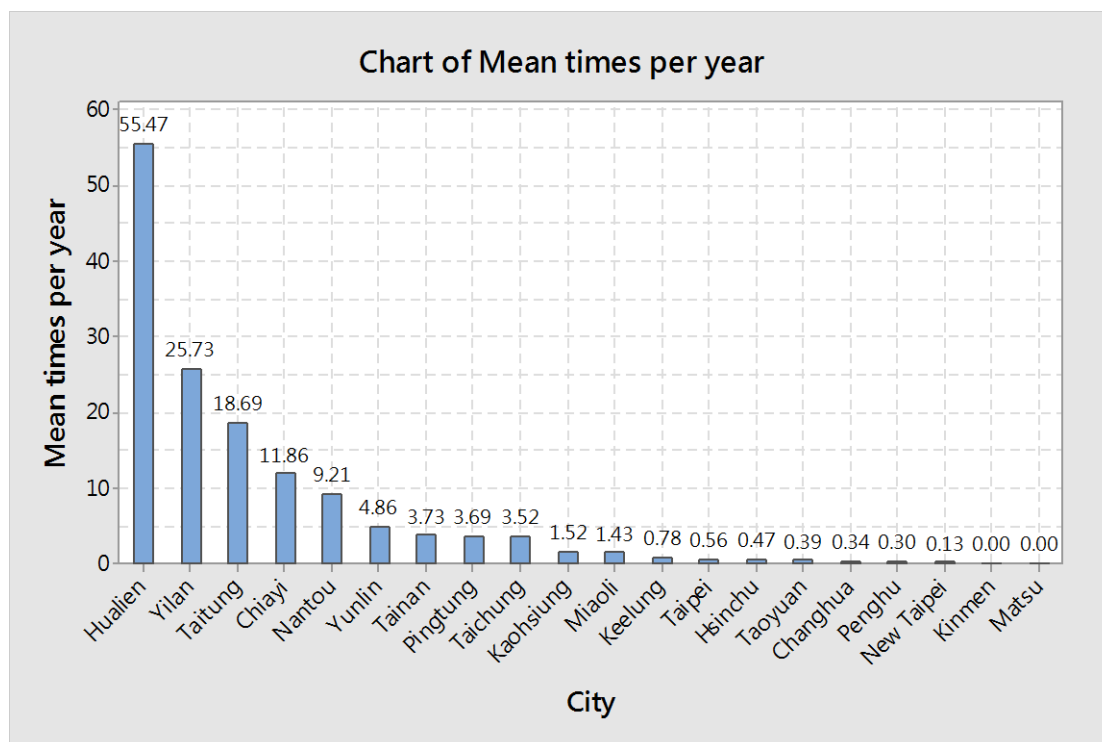


圖 4-3 每個縣市有編號的每年平均數

以圖 4-3 來看從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，台灣每個市/縣的地震。每年發生地震頻率最高的是花蓮的 55 次，接著是宜蘭的 25 次，和台東的 18 次

4.1.3 平均深度(KM)

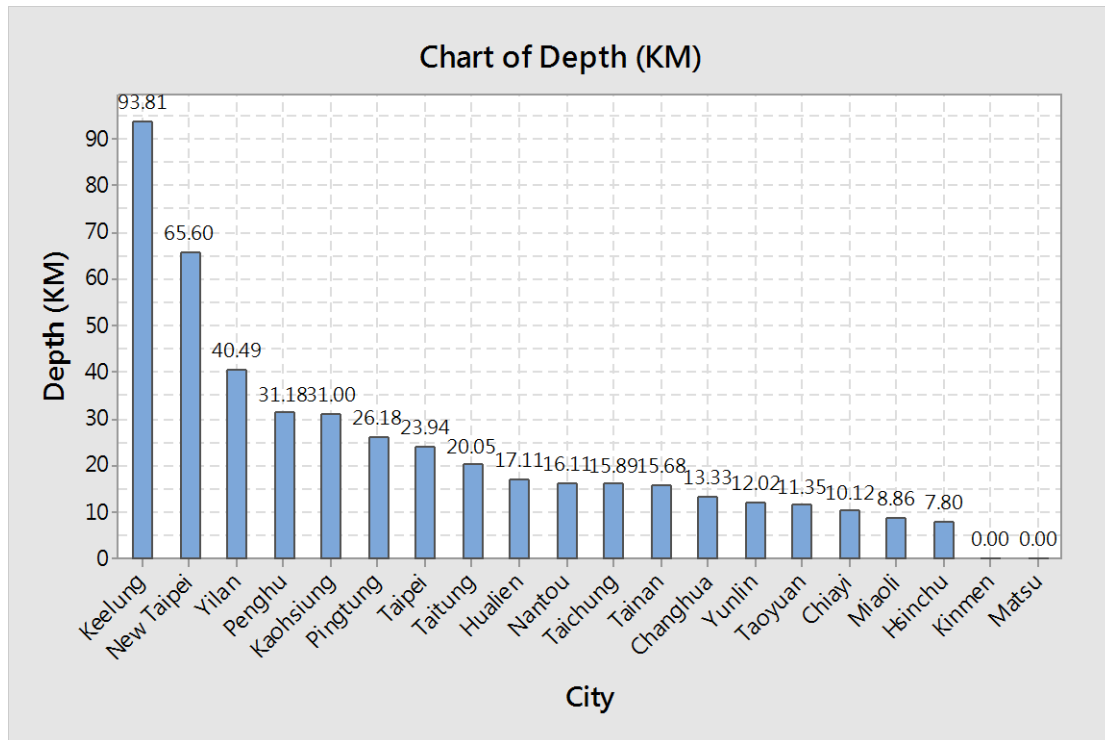


圖 4-4 每個縣市有編號的平均深度

以圖 4-4 來看從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，其中被列為中等深度地震的基隆(震源 93.81 公里)，其他幾乎為淺層地震 (< 70 公里)，也許這是因為在基隆地震源在板塊隱沒帶。

4.1.4 平均規模

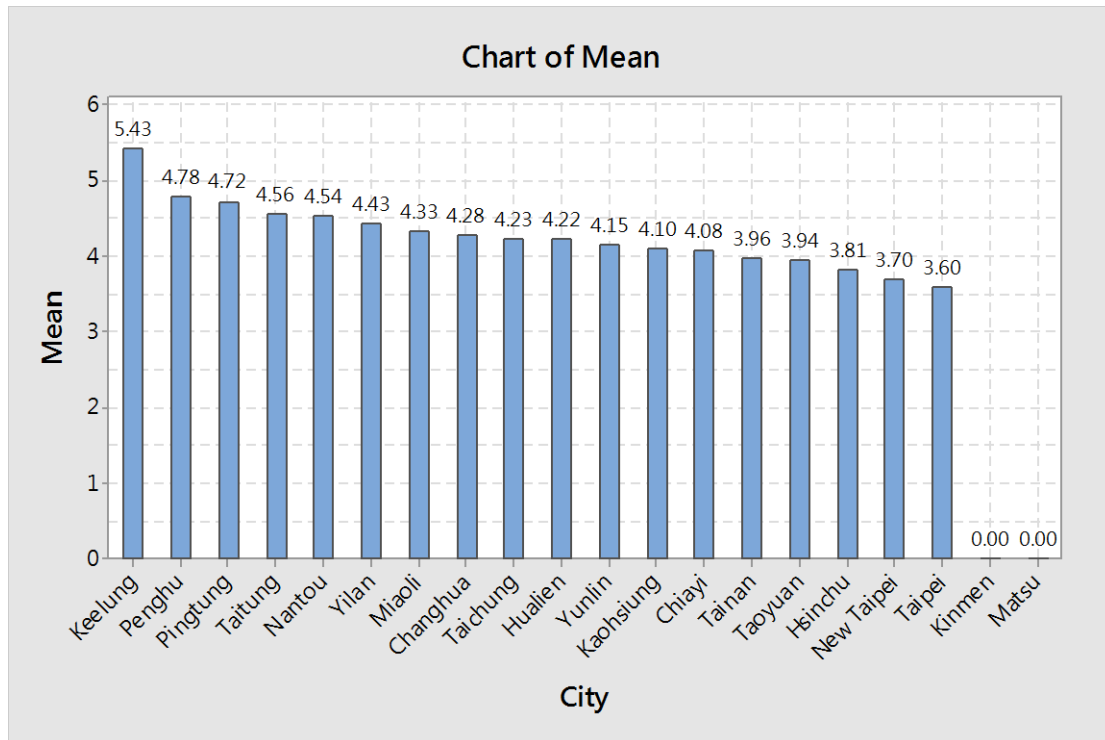


圖 4-5 每個縣市有編號的平均規模

M)，最低的為金門和馬祖 0.0 (芮氏, M)，由此圖可知基隆平均值較其他地區高，可能是地震發生在較深層的地區。

4.1.5 每個行政區最強規模的地震

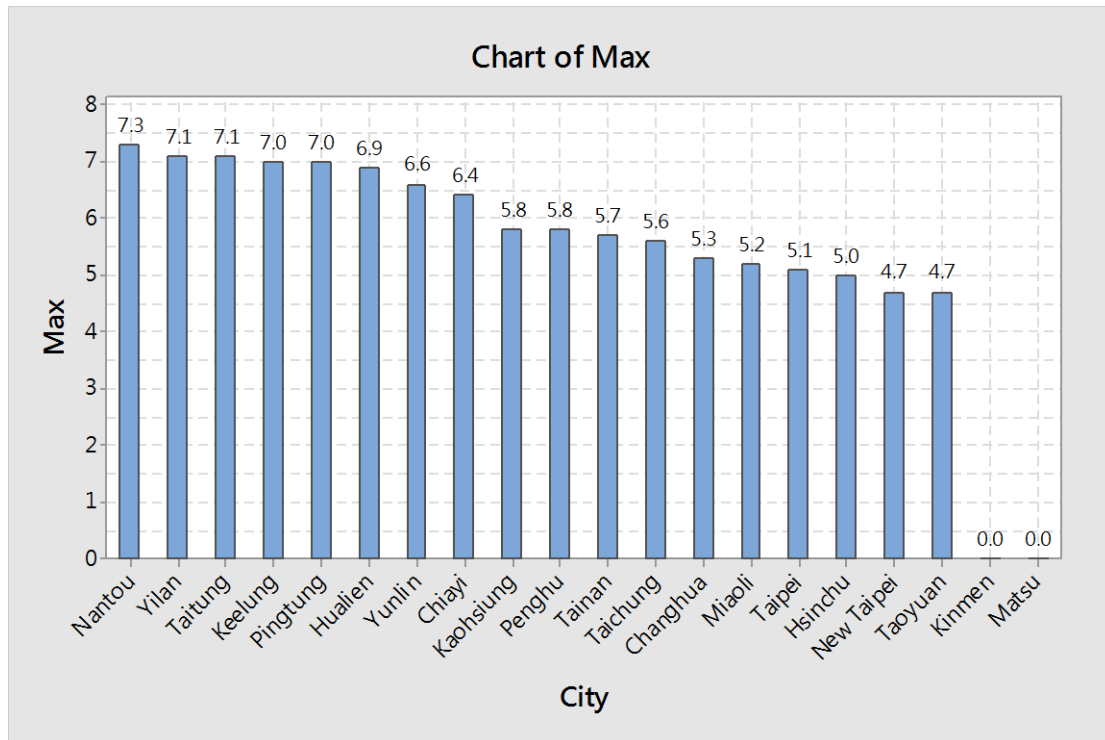


圖 4-6 每個縣市有編號的最大規模

M)，1999 年 9 月 21 日在南投，也就是台灣歷史上最嚴重地震” 921 大地震”。

4.1.6 平均在每個行政區兩個地震之間的時間 (DTIMES)

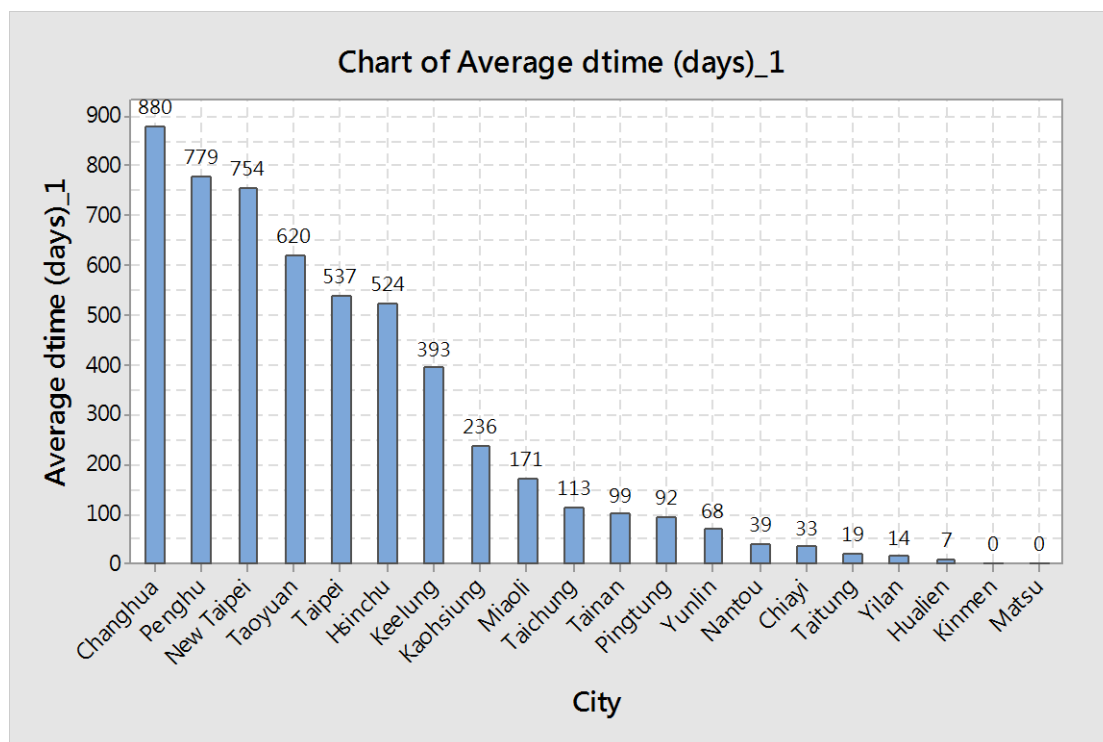


圖 4-7 每個縣市有編號的平均天數

從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，在有編號的兩個地震之間的平均間隔時間（天數），圖 4-7 在兩個地震之間的平均間隔時間，在花蓮，人們可能每 7 天就會有周圍在震動的經驗，對彰化來說，兩者之間的時間或許要花上 880 天。

4.1.7 平均釋放的能量 (ERGS)

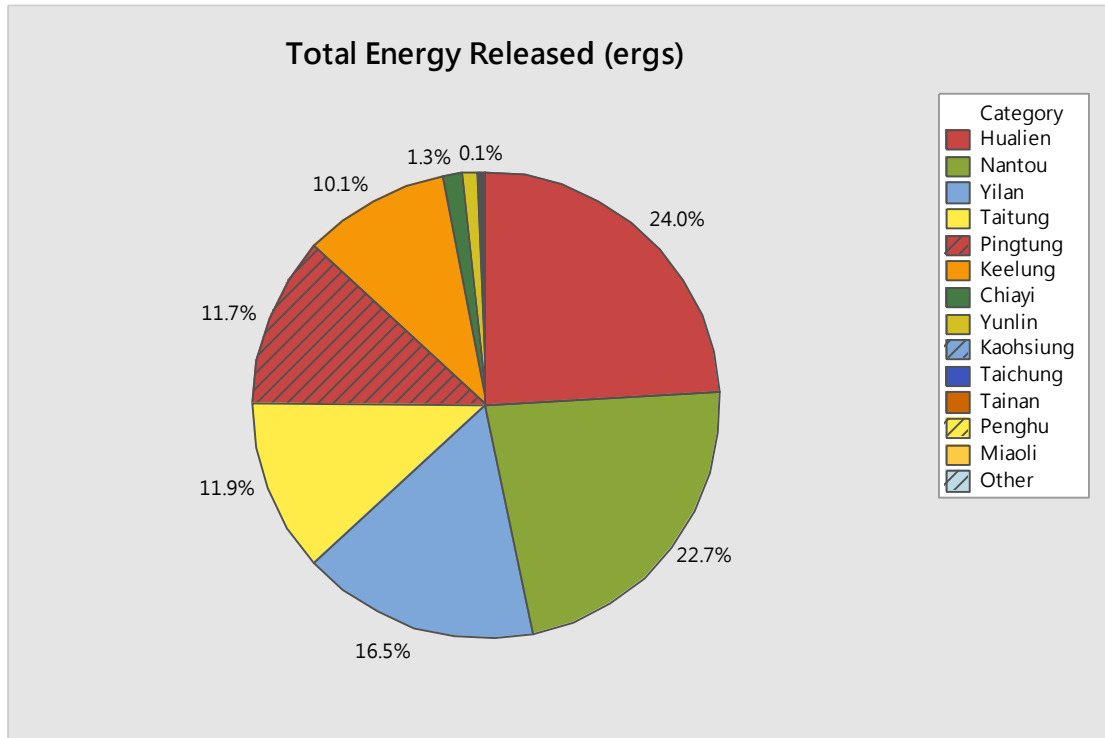


圖 4-8 每個縣市有編號的平均能量

從 1995 年 1 月在台灣總地震釋放能量到 2017 年 12 月在比表示。圖 4-8 南投 (22.7%)，花蓮 (24.0%)，雖然這兩個地區地震次數大不同，可能南投在 1999 年 9 月 21 日 7.3 級的地震貢獻能量為顯著的一部分。

4.2 有編號及無編號地震敘述統計分析

4.2.1 台灣各行政地區發生次數

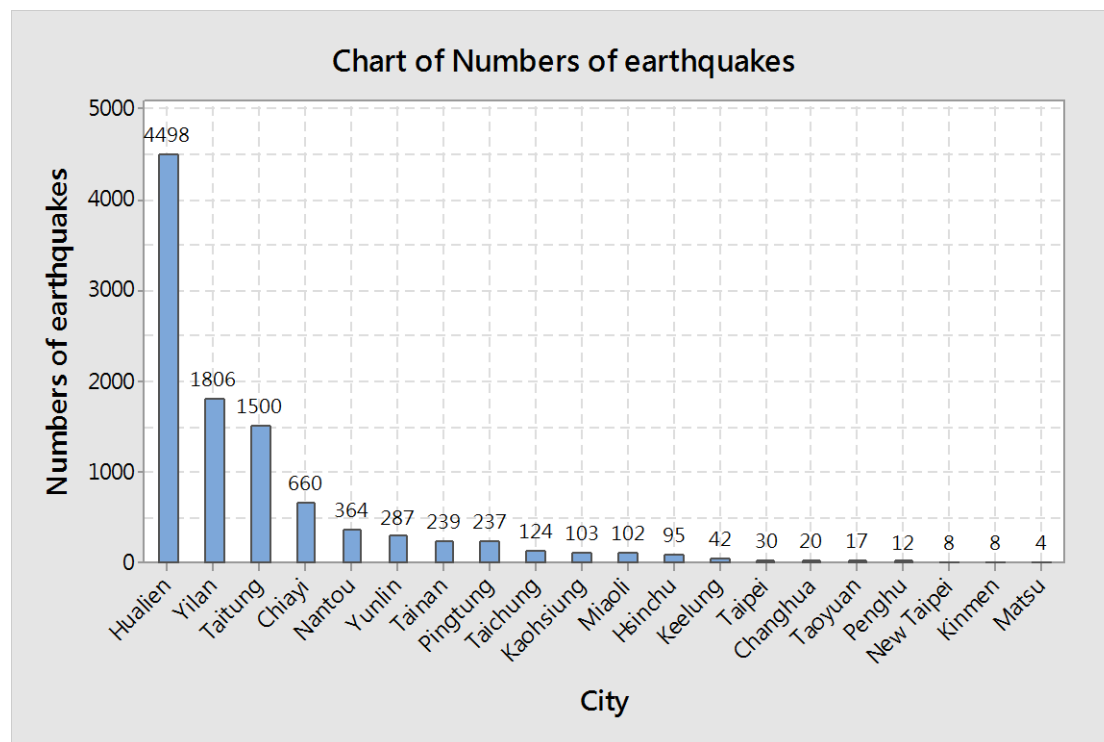


圖 4-9 1995 年 1 月至 2017 年 12 月每個縣市的所有地震（含未編號）次數

根據圖 4-9 總數中，花蓮 4498 次地震位居第一，宜蘭 1806 次地震位居第二，台東 1500 次地震，位居第三。而圖 4-9 花蓮地區的次數與圖 4-1 的花蓮相差了 3222 次小區域地震，所以花蓮地區的地震次數相當頻繁，宜蘭相差 1214 次位居第二。

4.2.2 平均每月發生的地震

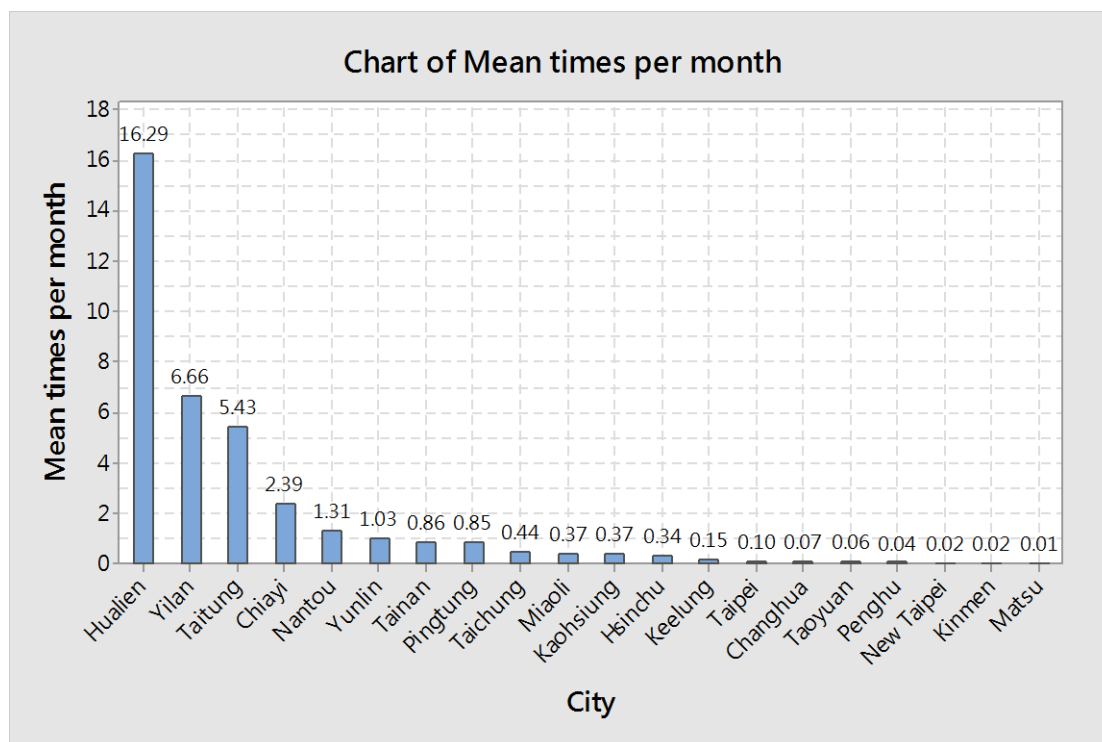


圖 4-10 每個縣市所有地震（含未編號）每月平均數

圖 4-10 是有編號加無編號地震，根據圖來看，一樣是花蓮居冠，地震平均次數為 16 次，再來是宜蘭第二 6 次，台東第三 5 次。

4.2.3 平均每年發生的地震

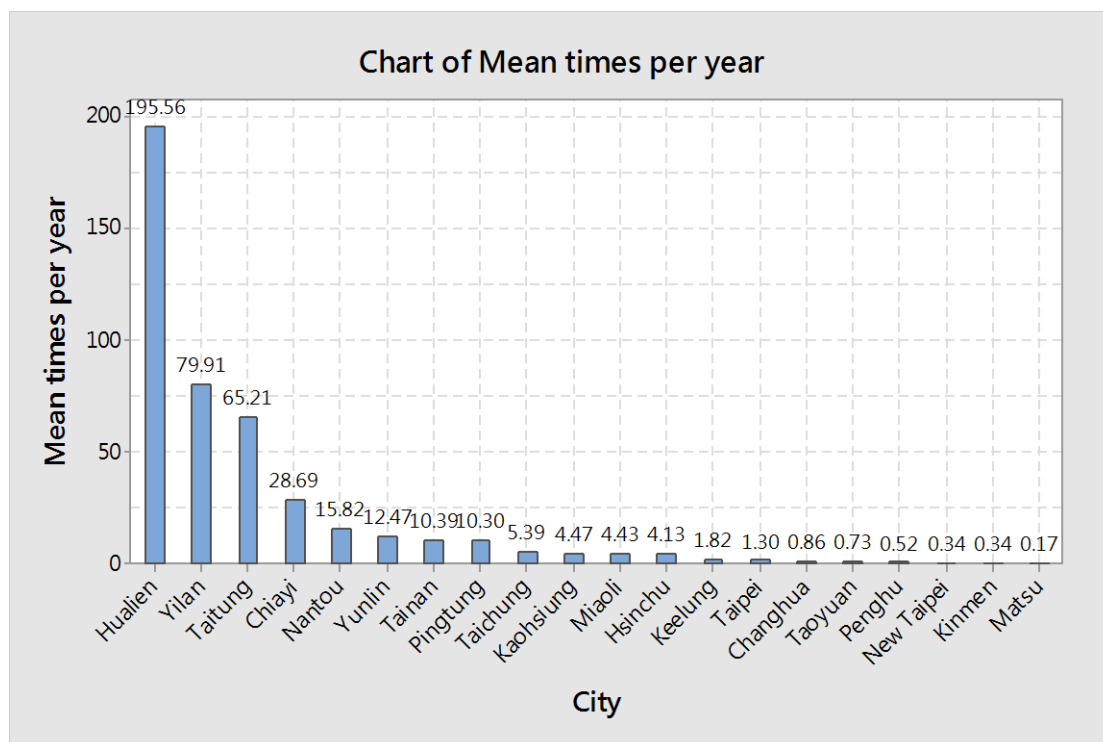


圖 4-11 每個縣市的所有地震（含未編號）每年平均數

以圖 4-11 來看從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，台灣每個市/縣的地震。每年發生地震頻率最高的是花蓮的 196 次，接著是宜蘭的 80 次，和台東的 65 次。

4.2.4 平均深度(KM)

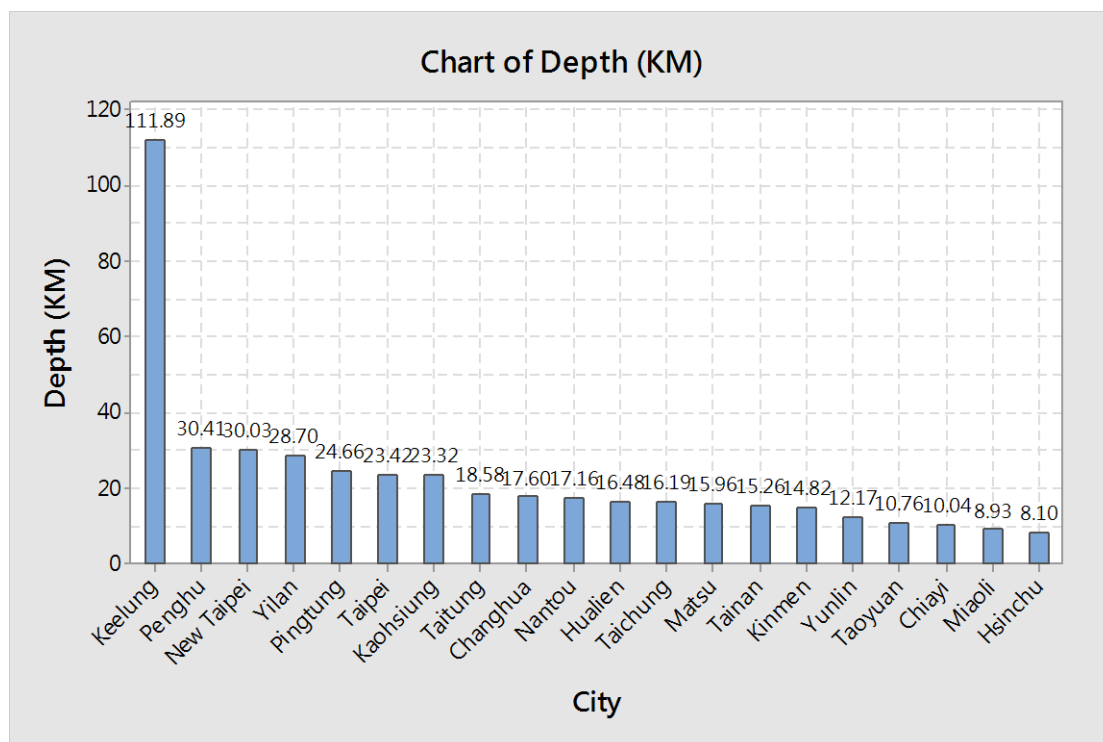


圖 4-12 每個縣市的所有地震（含未編號）平均深度

以圖 4-12 來看從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，其中被列為中等深度地震的基隆(震源 111.89 公里)，也許這是因為在基隆地震源在板塊隱沒帶。

4.2.5 平均規模

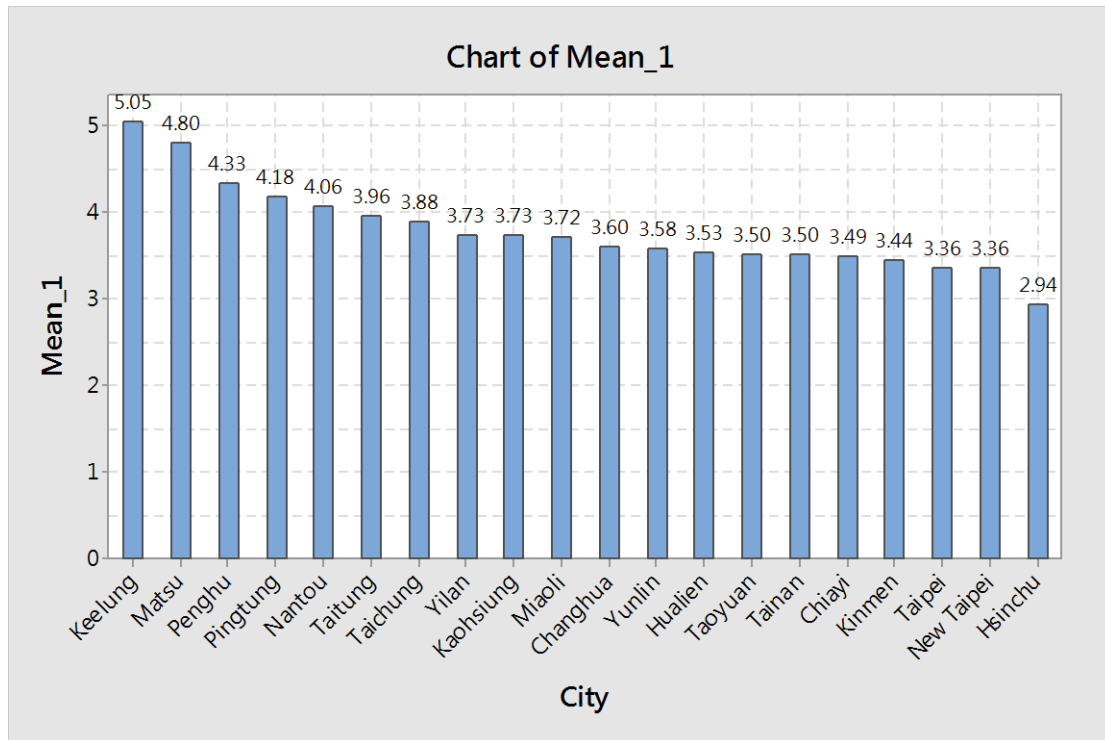


圖 4-13 每個縣市的所有地震（含未編號）平均規模

），可能是地震發生在較深層的地區，最低的為新竹 2.94（芮氏， M ），所以波衰減、小，對板塊表面來說，危害也相對較小。

4.2.6 每個行政區最強規模的地震

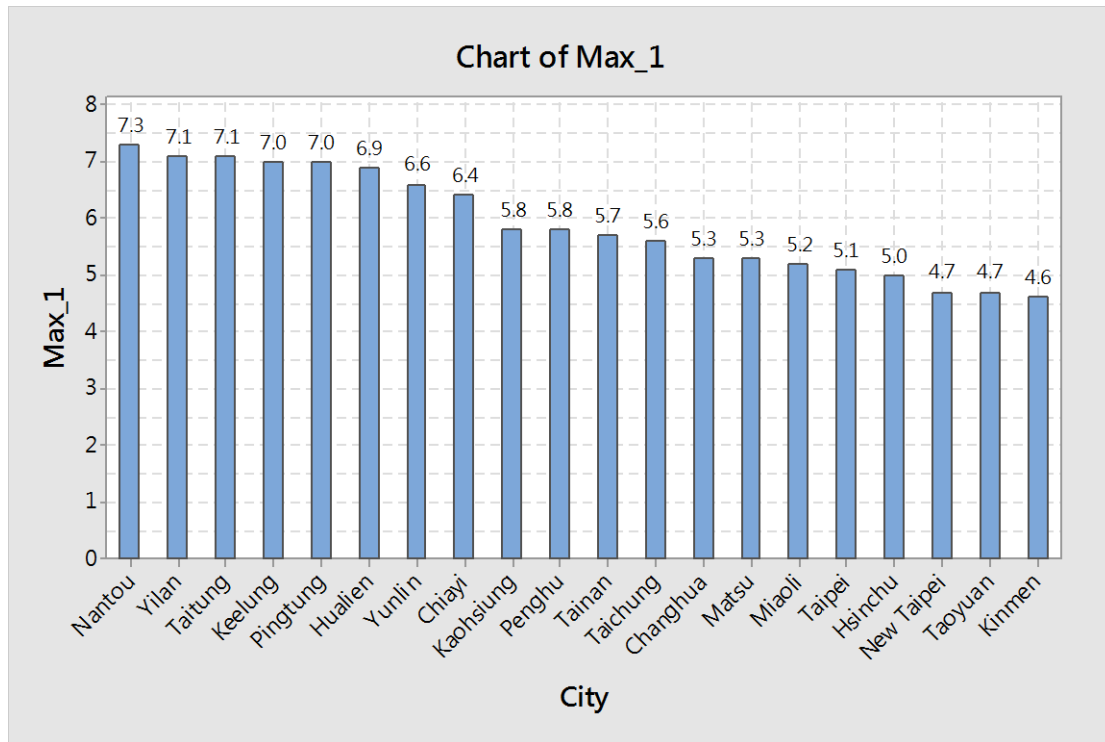


圖 4-14 每個縣市的所有地震（含未編號）最大規模

），為台灣歷史上的 921 大地震。

4.2.7 平均在每個行政區兩個地震之間的時間 (DTIMES)

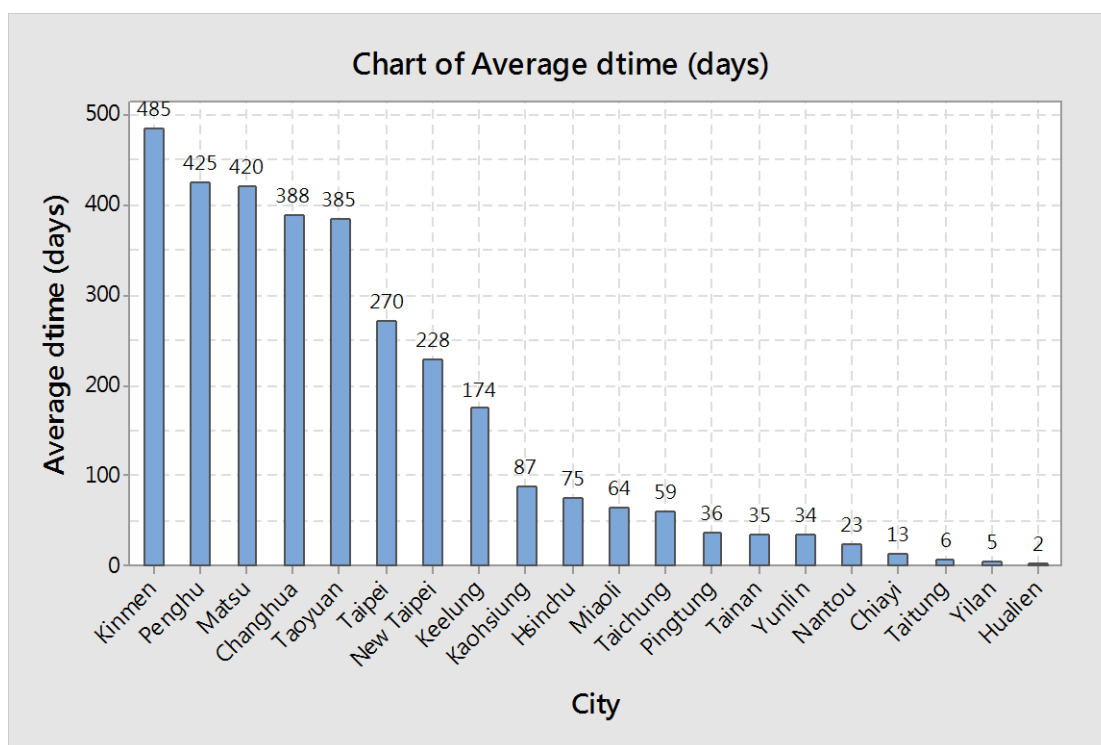


圖 4-15 每個縣市的所有地震 (含未編號) 平均天數

從 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，在所有地震 (含未編號) 的兩個地震之間的平均間隔時間 (天數)，在圖 4-15 花蓮可能平均每隔 2 天就會有震動的經驗，對金門來說，兩者之間的時間或許要花上 485 天。

4.2.8 平均釋放的能量 (ERGS)

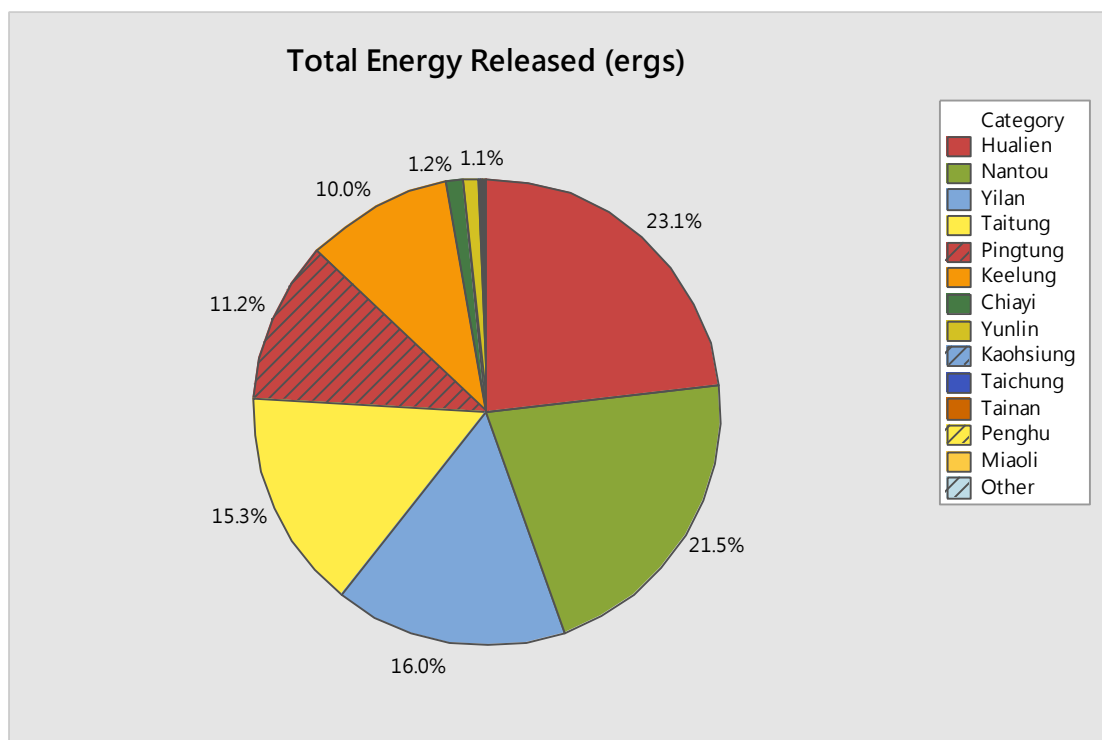


圖 4-16 每個縣市的所有地震 (含未編號) 平均能量

從 1995 年 1 月在台灣總地震釋放能量到 2017 年 12 月在比表示。圖 4-16 南投 (21.5%)，花蓮 (23.1%)，雖然這兩個地區地震次數大不同，可能南投在 1999 年 9 月 21 日 7.3 級的地震貢獻能量為顯著的一部分。

4.3 有編號規模與深度 3D 圖

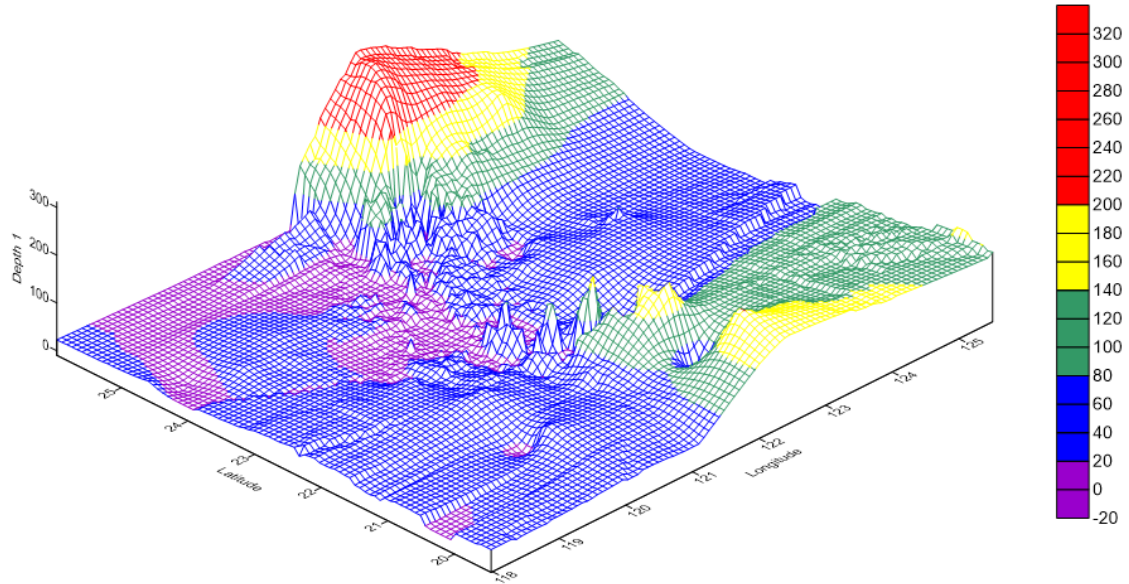


圖 4-17 台灣的深度 3D 圖，以公里為單位

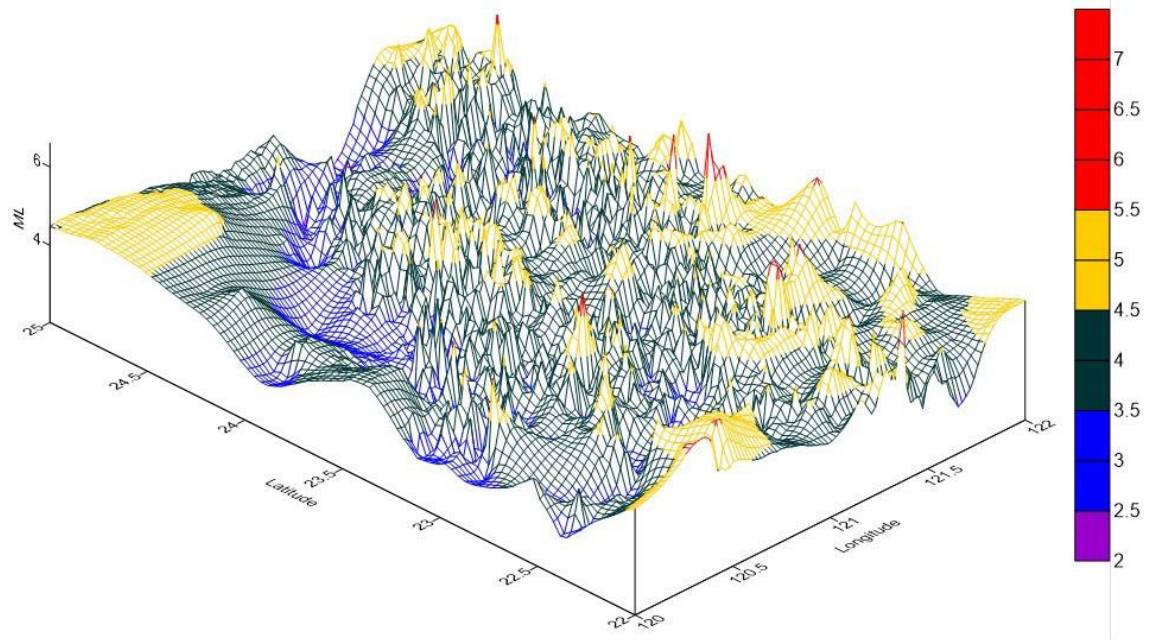


圖 4-18 台灣的規模 3D 圖

嘉義深度(有編)

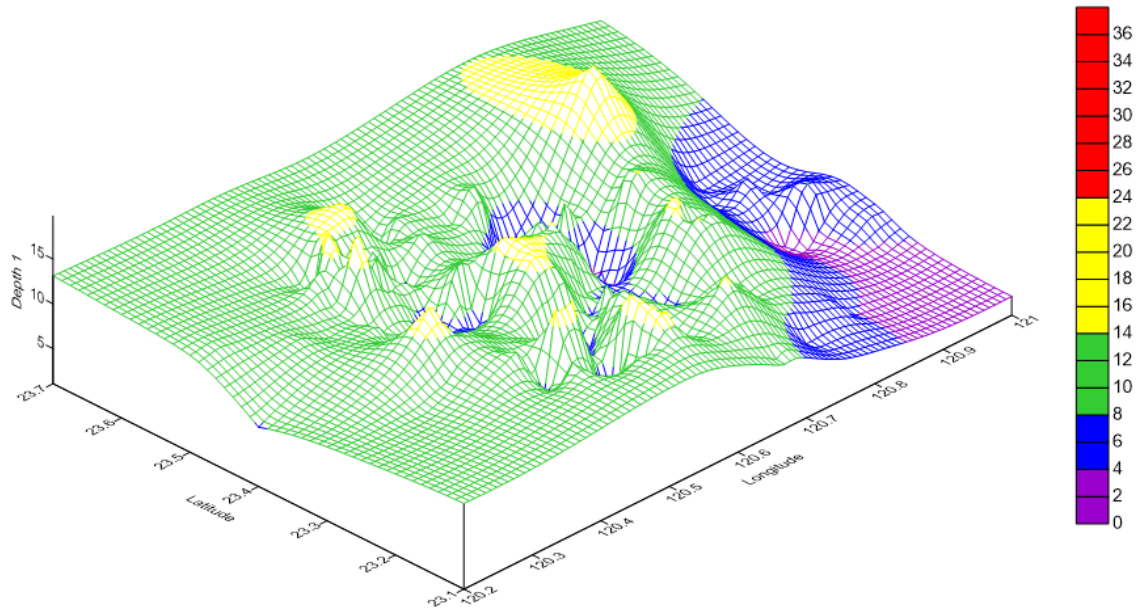


圖 4-19 嘉義的深度 3D 圖，以公里為單位

嘉義規模(有編)

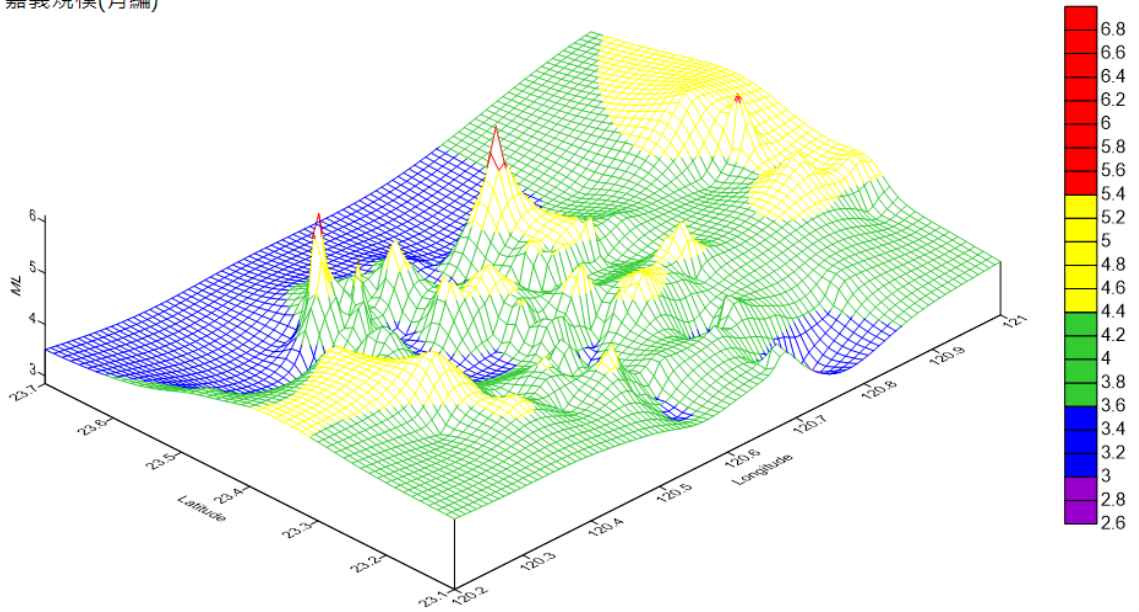


圖 4-20 嘉義的規模 3D 圖

嘉義震度(有編)

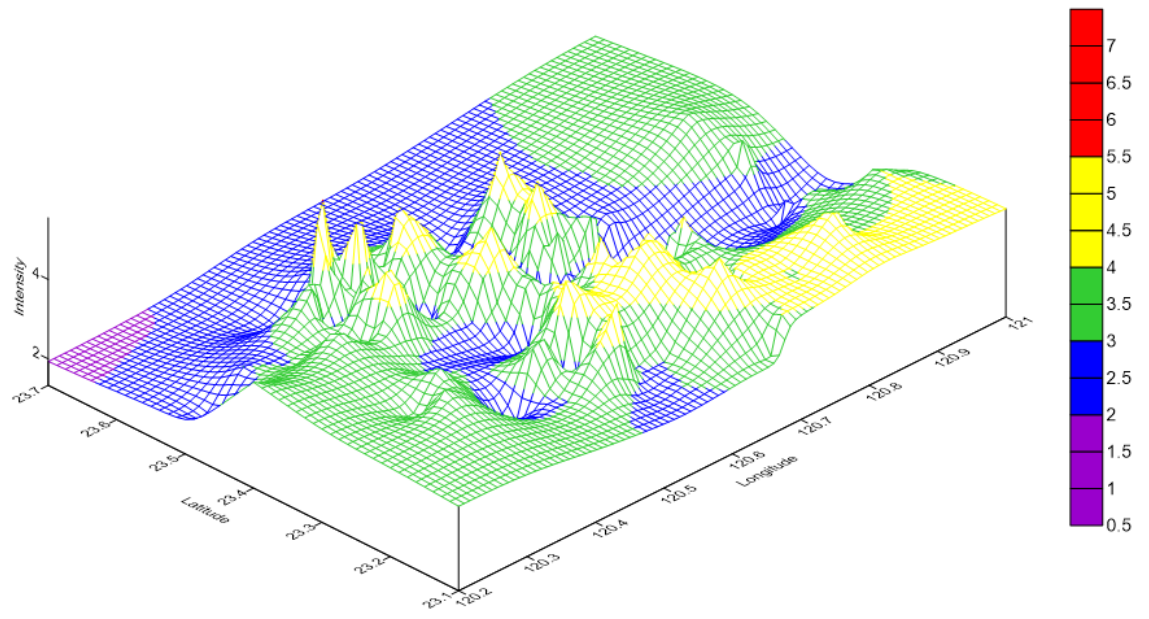


圖 4-21 嘉義的震度 3D 圖，以級為單位

雲林深度(有編)

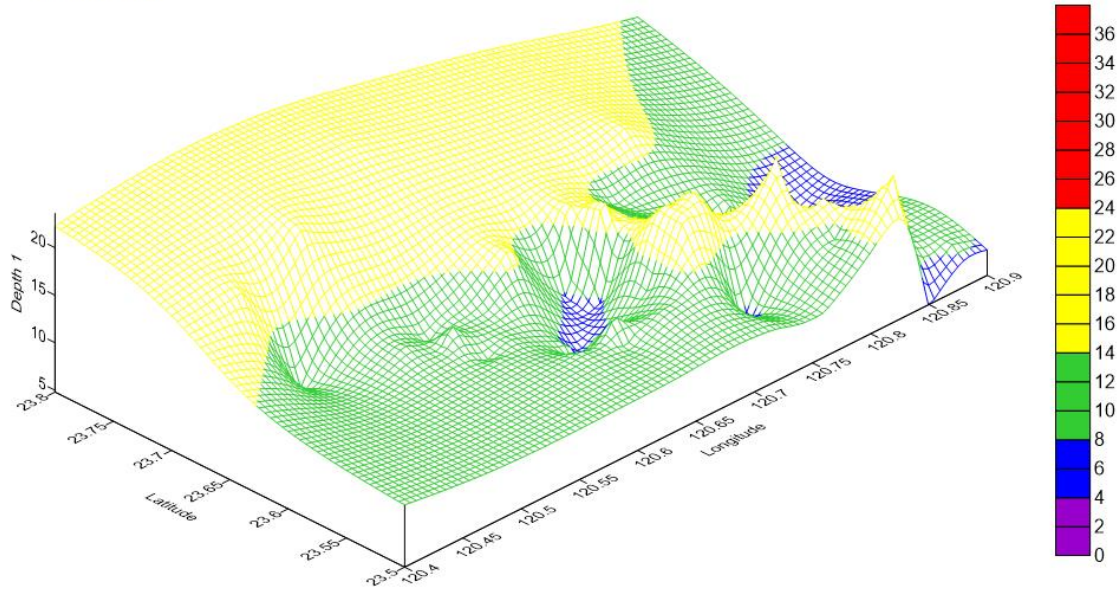


圖 4-22 雲林的深度 3D 圖，以公里為單位

雲林規模(有編)

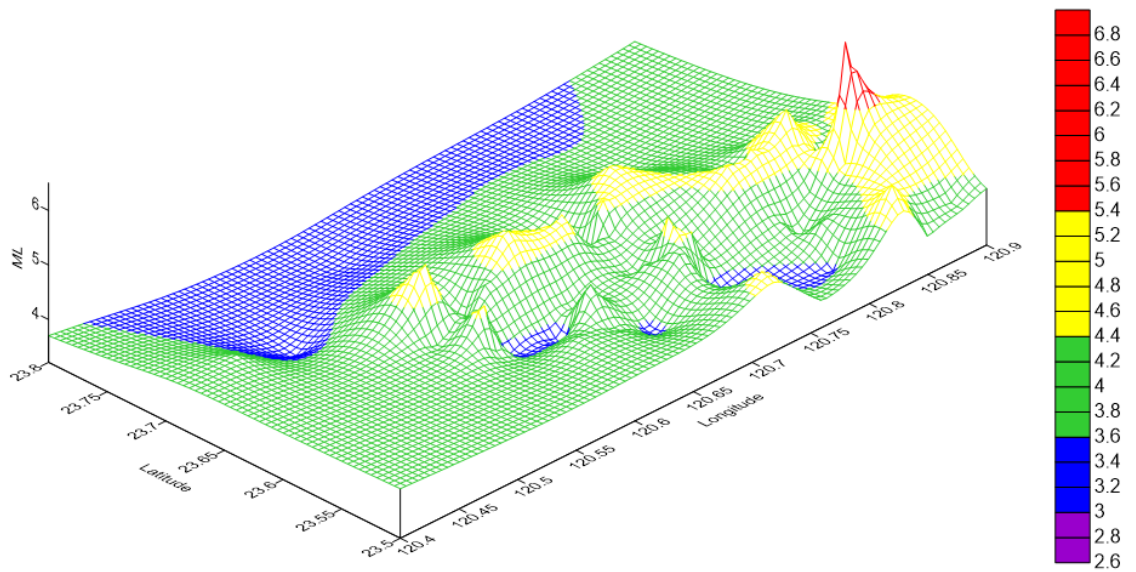


圖 4-23 雲林的規模 3D 圖

雲林震度(有編)

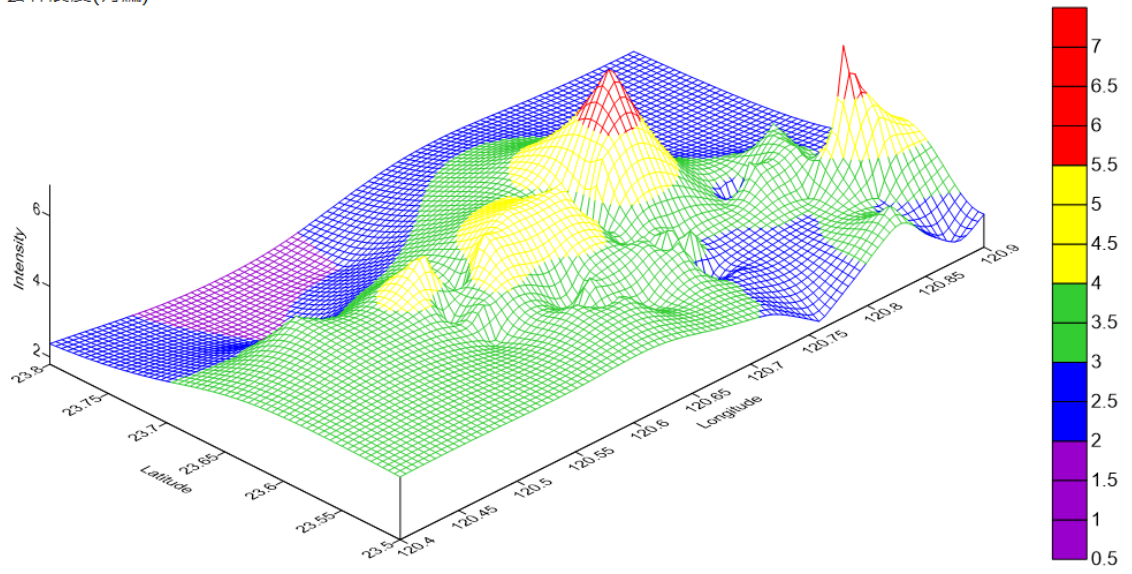


圖 4-24 雲林的震度 3D 圖，以級為單位

南投深度(有編)

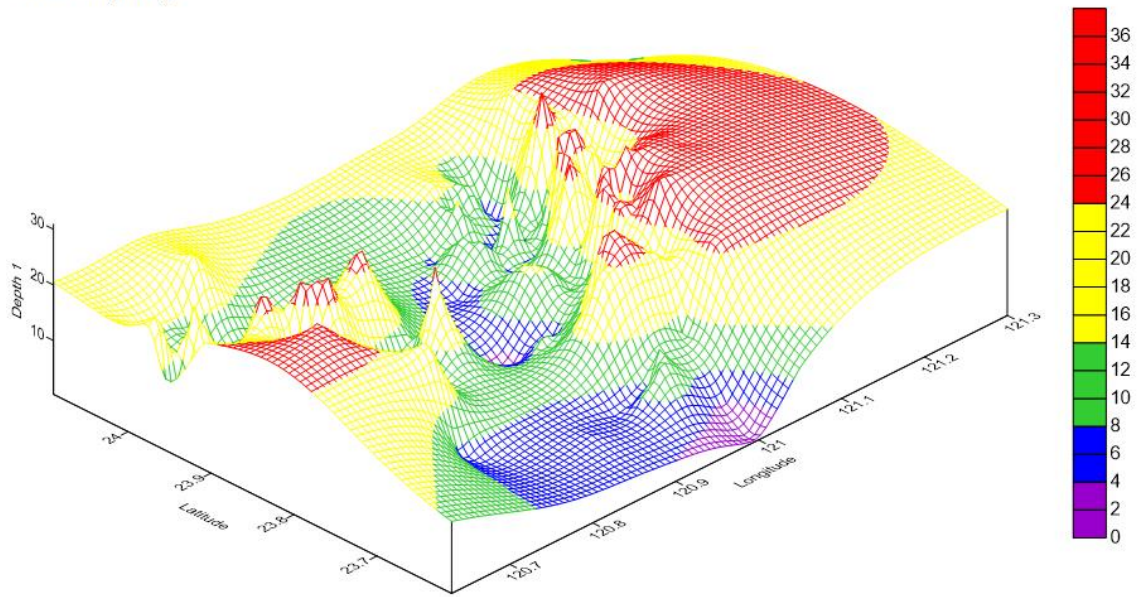


圖 4-25 南投的深度 3D 圖，以公里為單位

南投規模(有編)

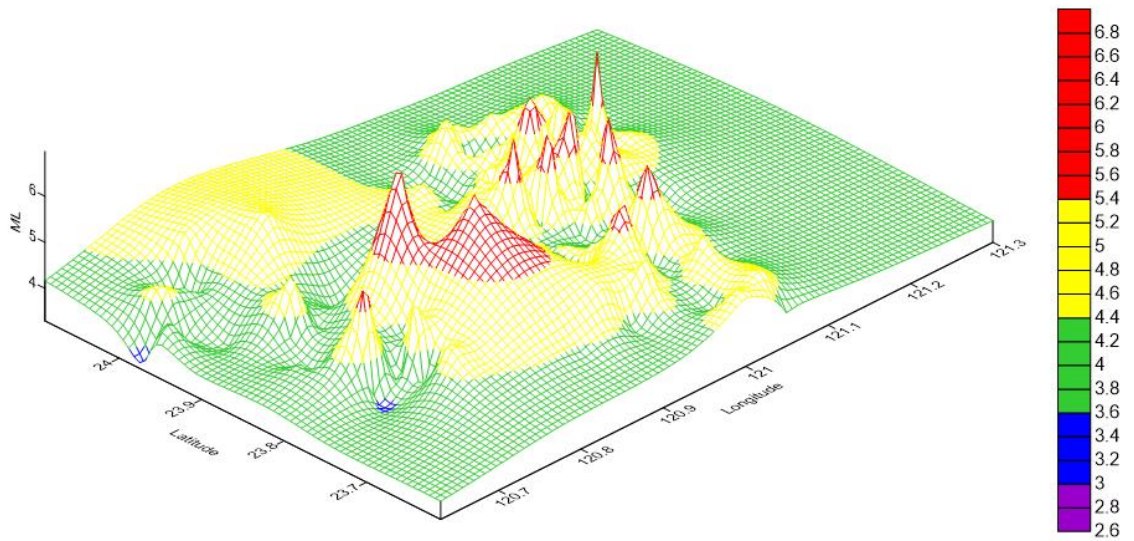


圖 4-26 南投的規模 3D 圖

南投震度(有編)

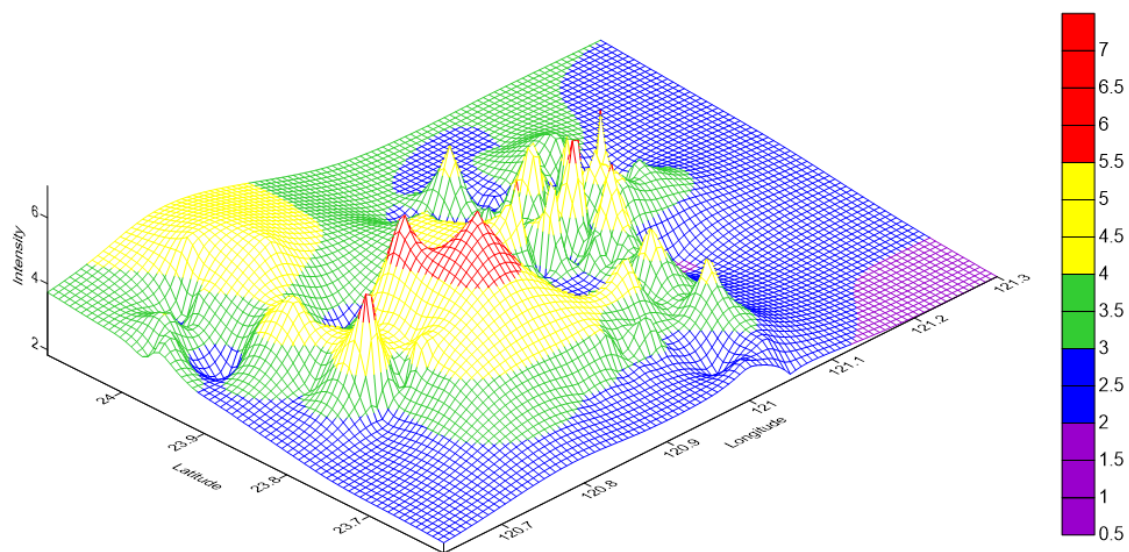


圖 4-27 南投的震度 3D 圖，以級為單位

4.4 有編號及無編號規模與深度 3D 圖

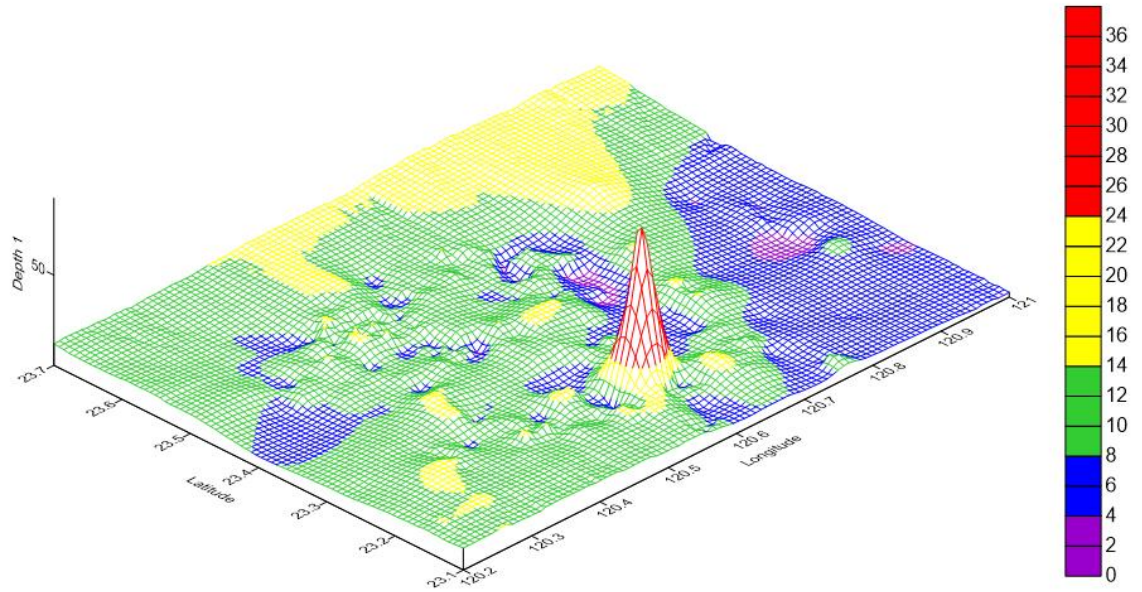


圖 4-28 嘉義的深度 3D 圖，以公里為單位

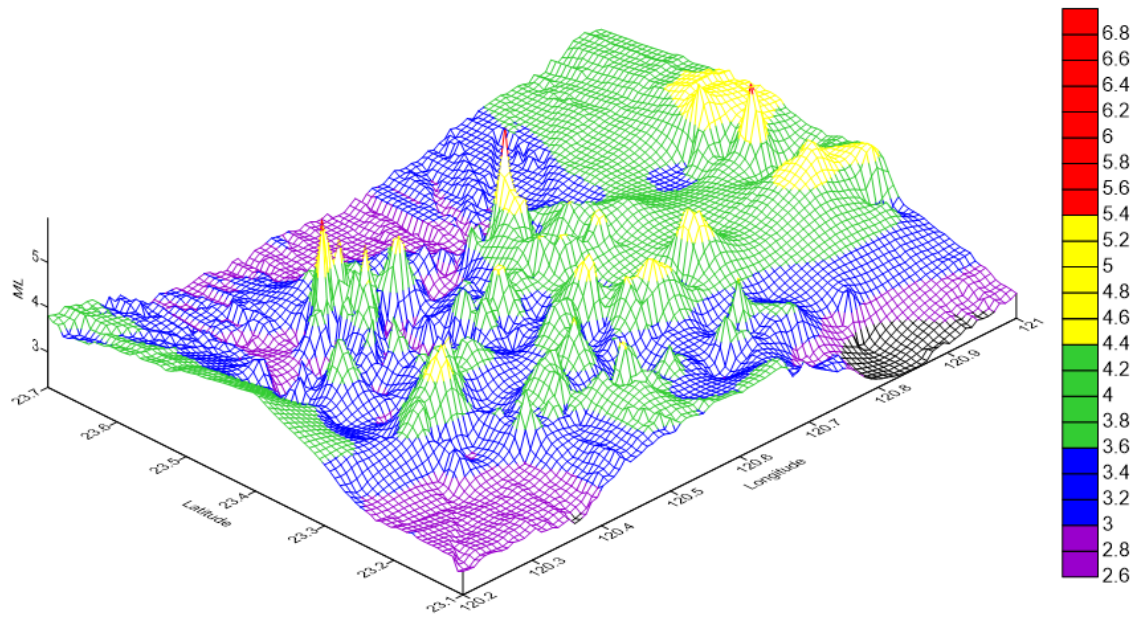


圖 4-29 嘉義的規模 3D 圖

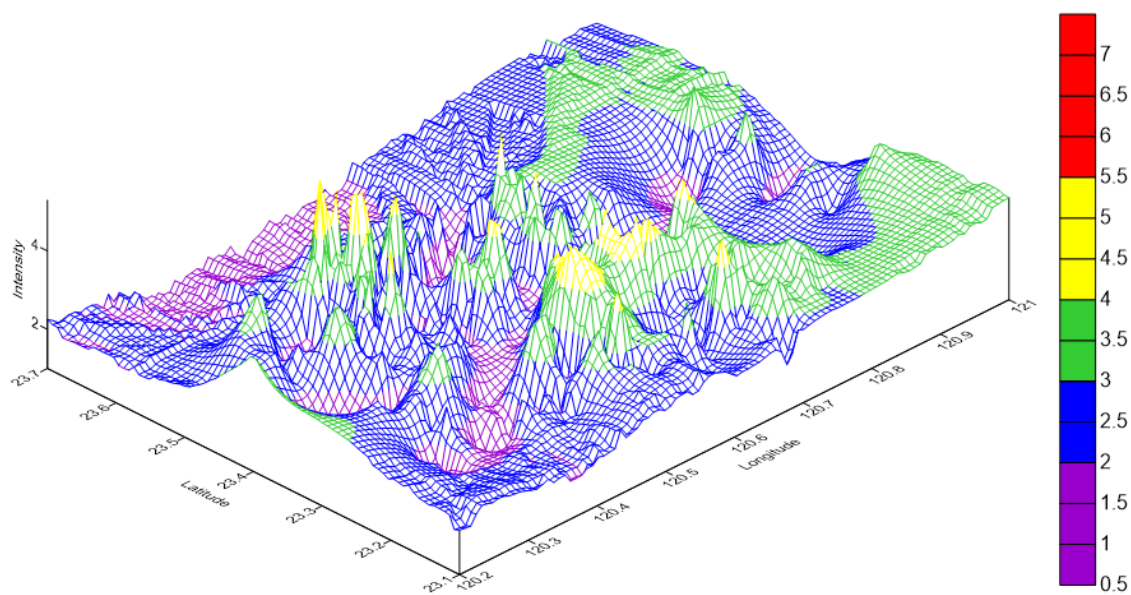


圖 4-30 嘉義的震度 3D 圖，以級為單位

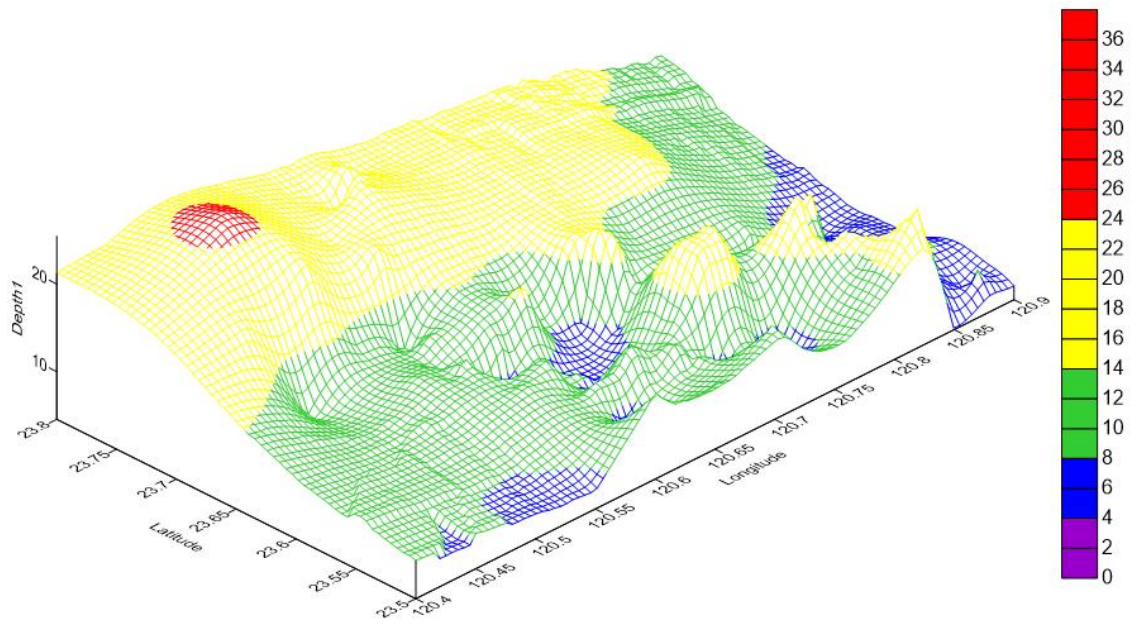


圖 4-31 雲林的深度 3D 圖，以公里為單位

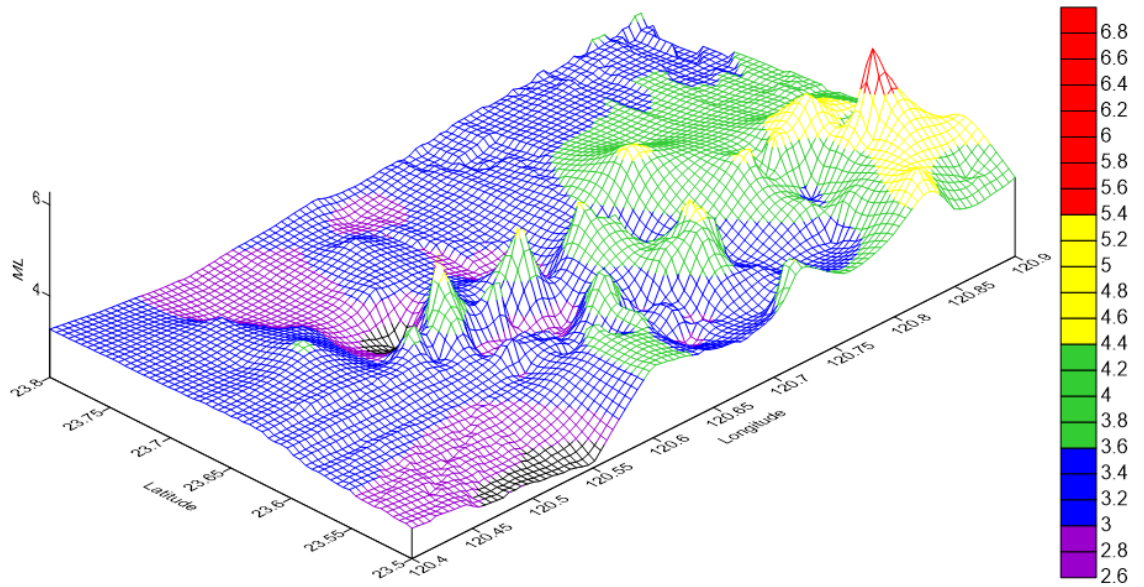


圖 4-32 雲林的規模 3D 圖

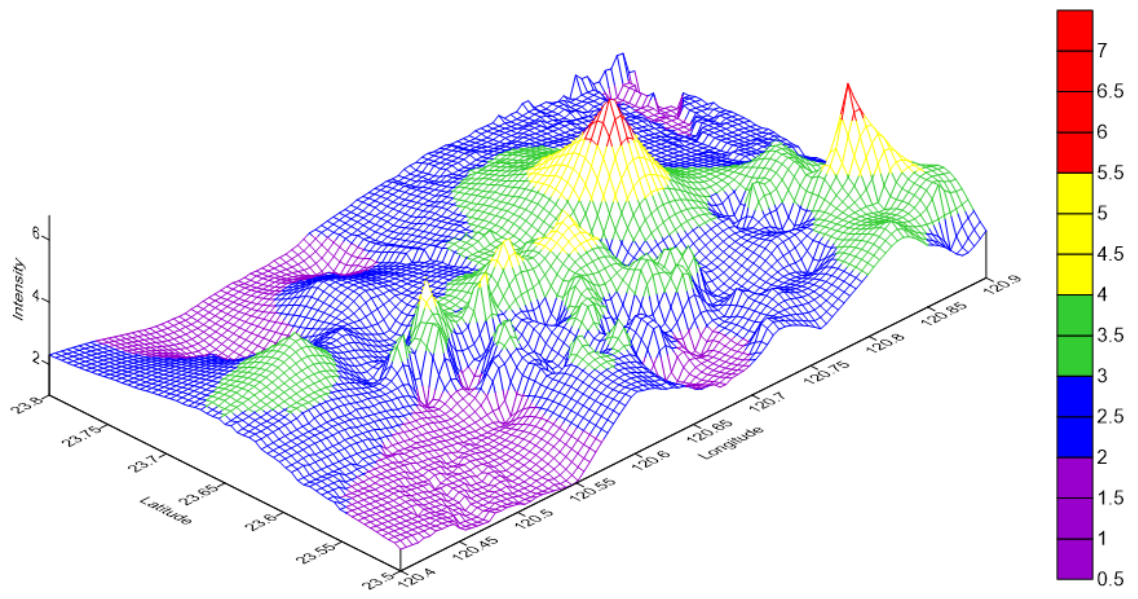
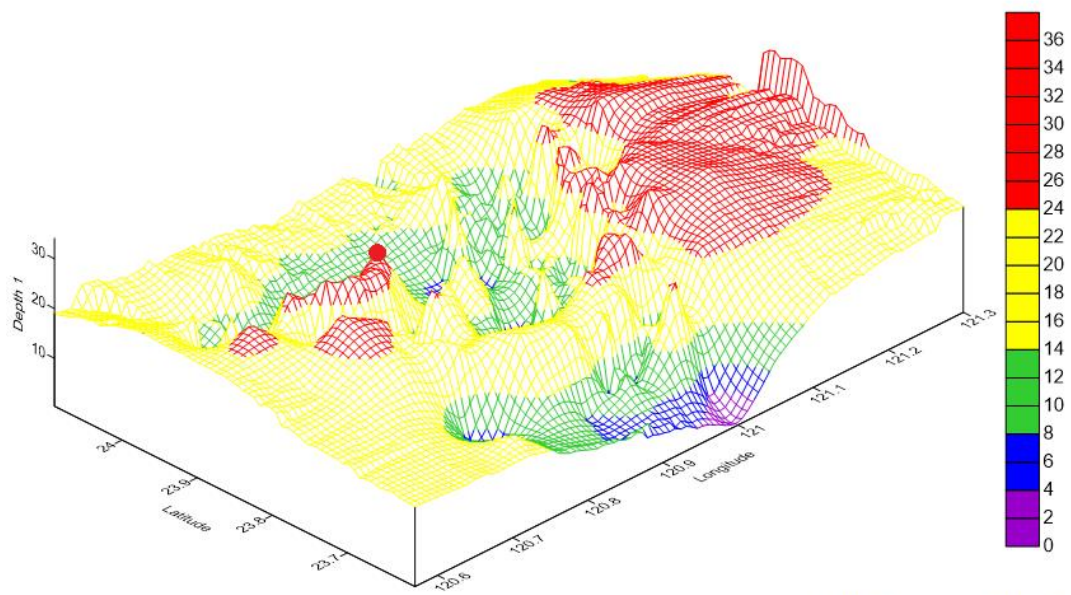
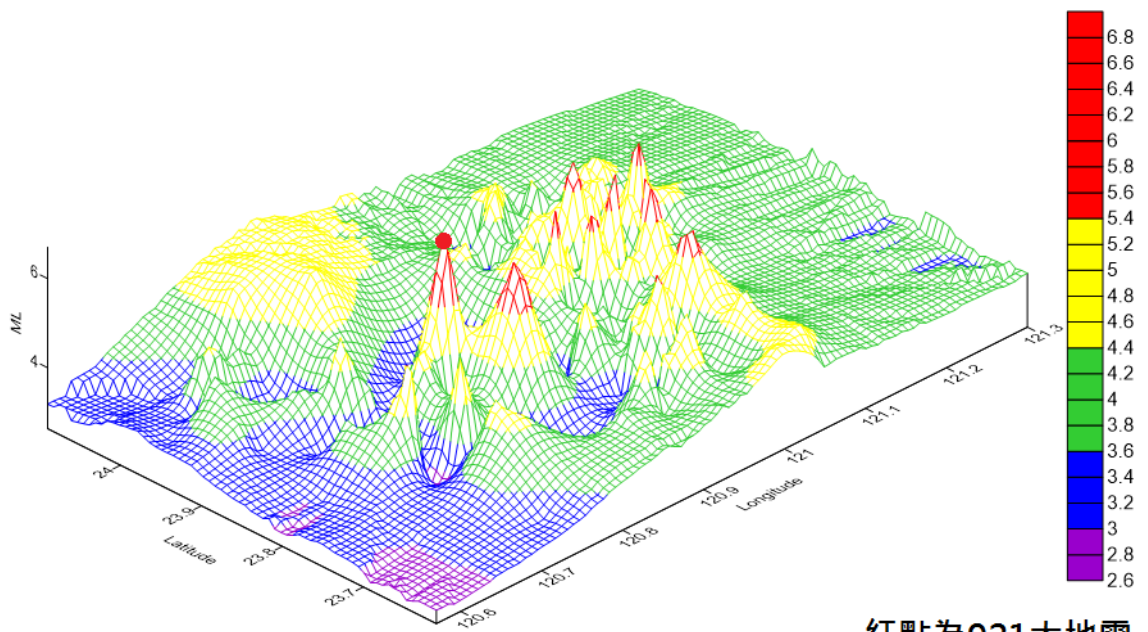


圖 4-33 雲林的震度 3D 圖，以級為單位



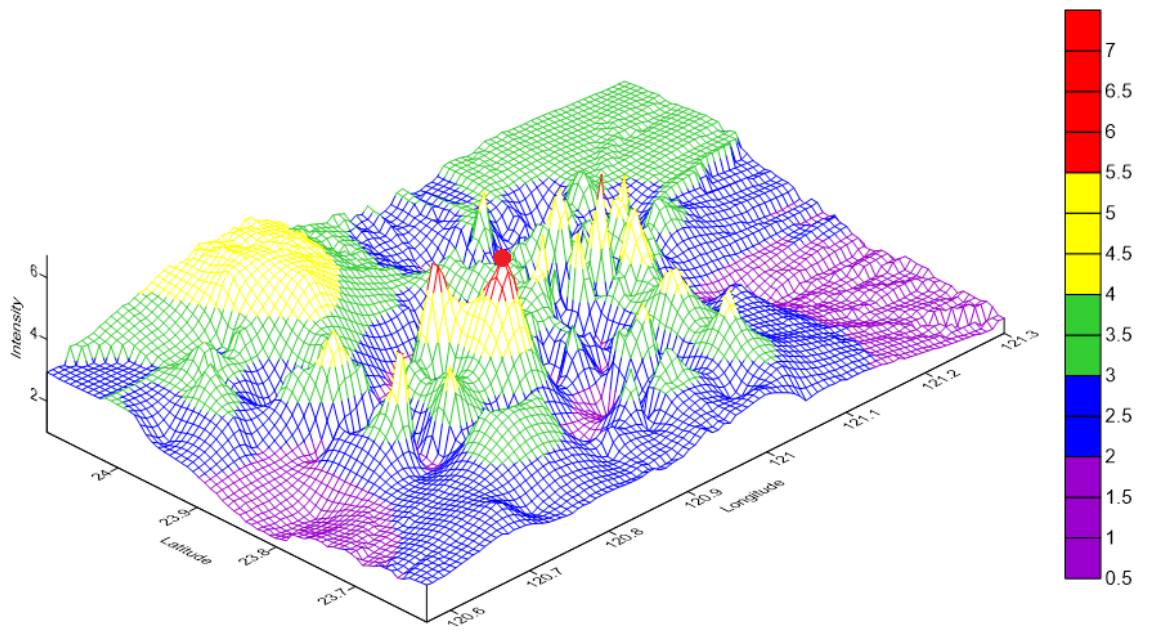
紅點為921大地震

圖 4-34 南投的深度 3D 圖，以公里為單位



紅點為921大地震

圖 4-35 南投的規模 3D 圖



註：紅點為921大地震

圖 4-36 南投的震度 3D 圖，以級為單位

第五章 台灣西岸地震型態辨識與數量預測

5.1 時間序列分析結果

我們取西半部前二名還有位於中間的南投，共 3 個縣市做分析，在過去 23 年中，嘉義、雲林，3284 次有編號地震中有 385 次在這兩個縣發生，佔 11.7 %，在位於中間的南投在這 23 年來也有 212 次地震，它們都值得拿來探討與研究。ARIMA (p, q, r) (自動迴歸積分移動平均) 在這個模型裡面時間序列是最強而有力的表達法之一，在這個部分，我們希望能預測到近期在各縣市地震發生數量，在所有 ARIMA (p, q, r) 使用的模型中是為了滿足流程圖 (圖 3-1) 中的程序測試，包括 χ^2 的每一個 ARIMA[8] 和相關函數的差別測試。

5.2 嘉義每月的地震次數

嘉義每月地震數量歷時圖，我們以 Minitab 繪製如圖 5-1

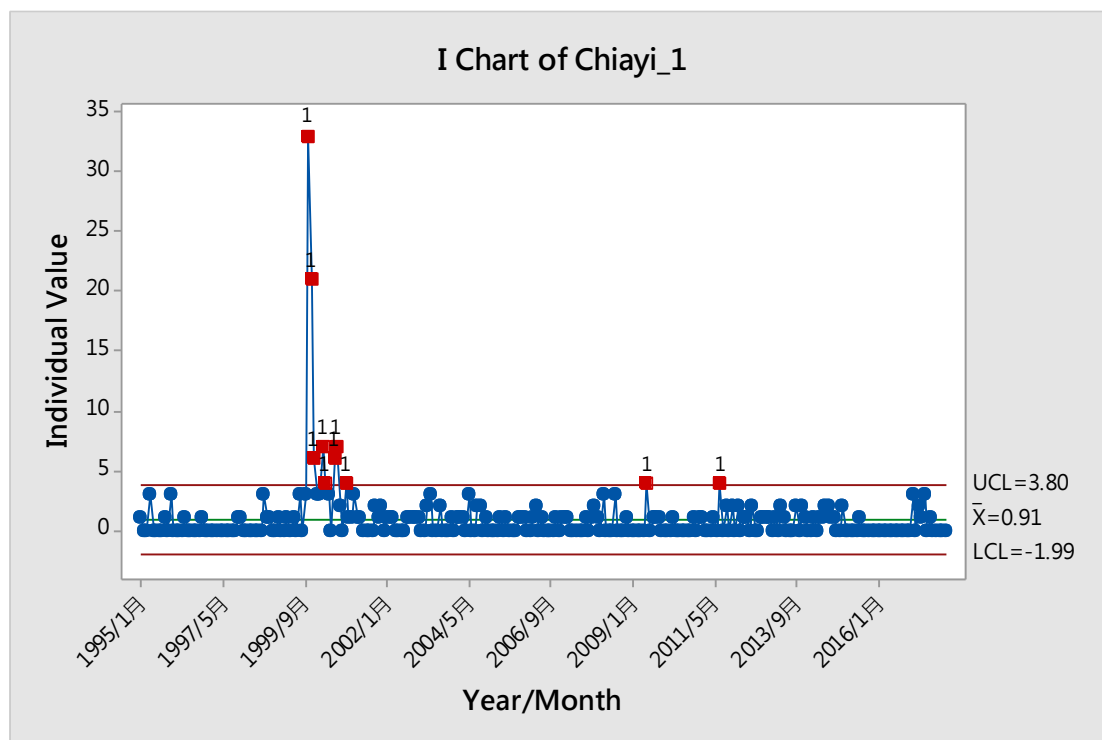


圖 5-1 1995 年 1 月至 2017 年 12 月在嘉義每月發生的地震數。

在嘉義縣，平均地震頻率為每月 0.91 次。其中有 10 個月之每月地震數量超過 平均數加 3 個標準誤。

5.3 雲林每月的地震次數

雲林每月地震數量歷時圖，我們以 Minitab 繪製如圖 5-2

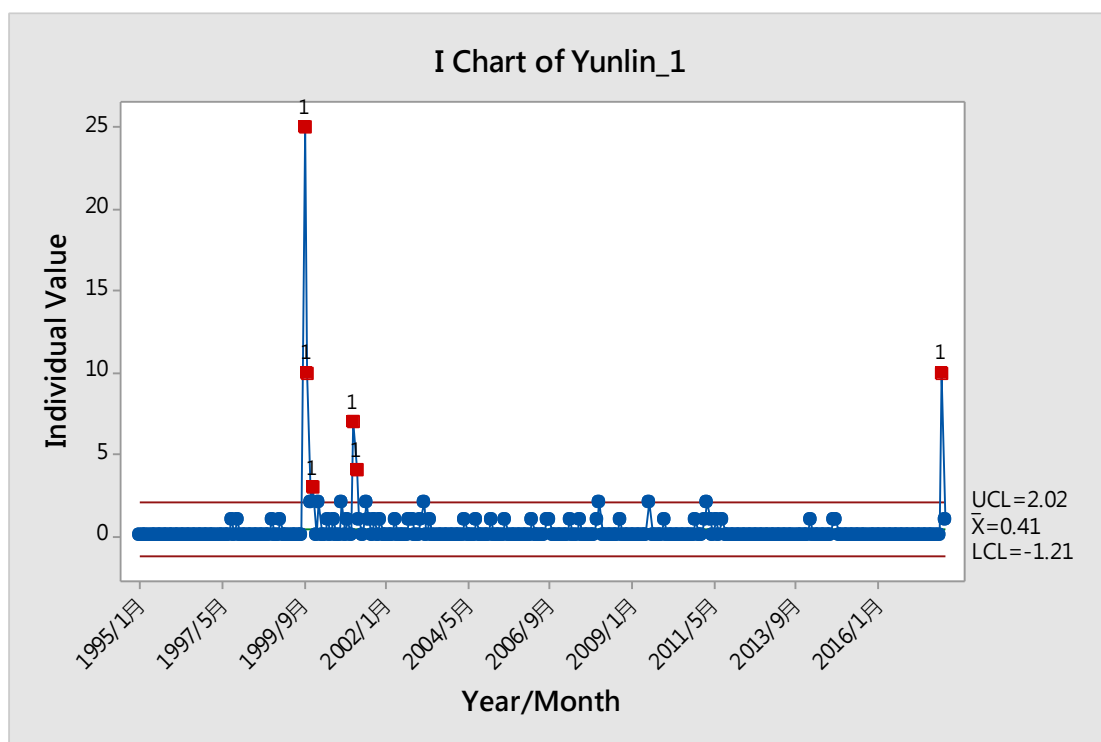


圖 5-2 1995 年 1 月至 2017 年 12 月在雲林每月發生的地震數。

在雲林縣，平均地震頻率為每月 0.41 次。其中有 6 個月之每月地震數量超過 平均數加 3 個標準誤。

5.4 南投每月的地震次數

南投每月地震數量歷時圖，我們以 Minitab 繪製如圖 5-3

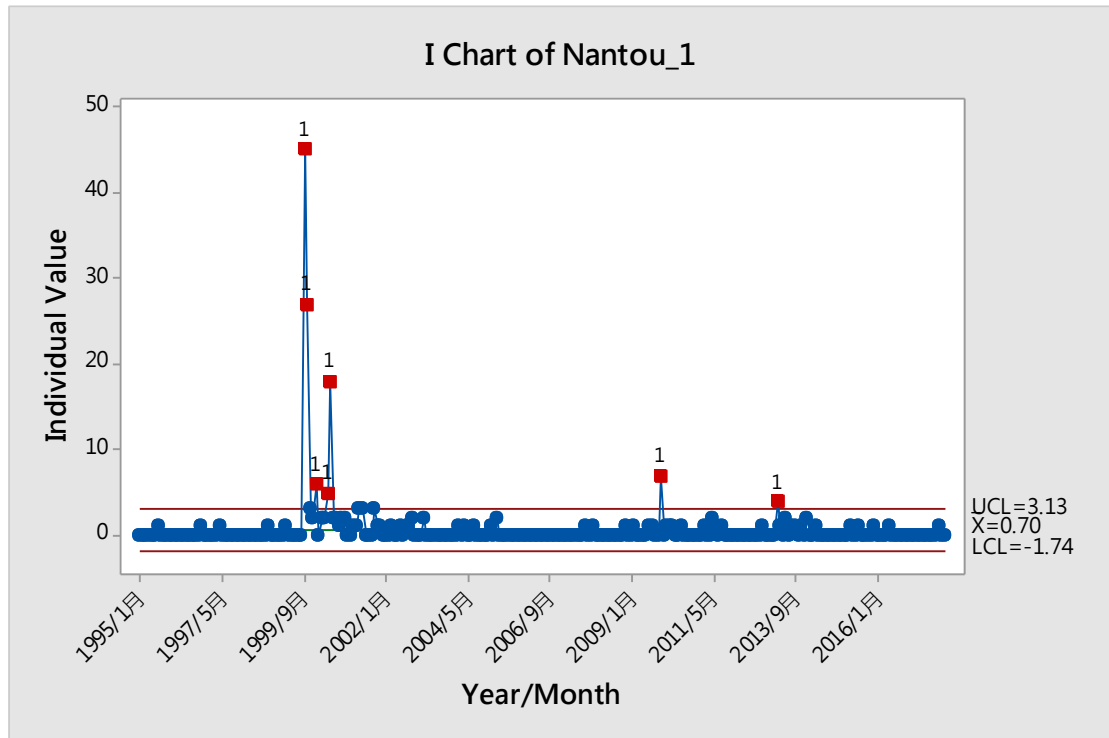


圖 5-3 1995 年 1 月至 2017 年 12 月在南投每月發生的地震數。

在南投縣，平均地震頻率為每月 0.7 次。其中 79 個月之每月地震數量超過平均數加 3 個標準誤。

5.6 型態辨識與預測

5.6.1 嘉義每月的地震的識別型態

自相關函數的形成 (ACF) (圖 5-4) 和部分相關函數 (PACF) (圖 5-5) 在嘉義每個月的地震頻率的圖表中，發現他們不是隨機數據，嘉義每個月的地震數量可以預測地震的變化。

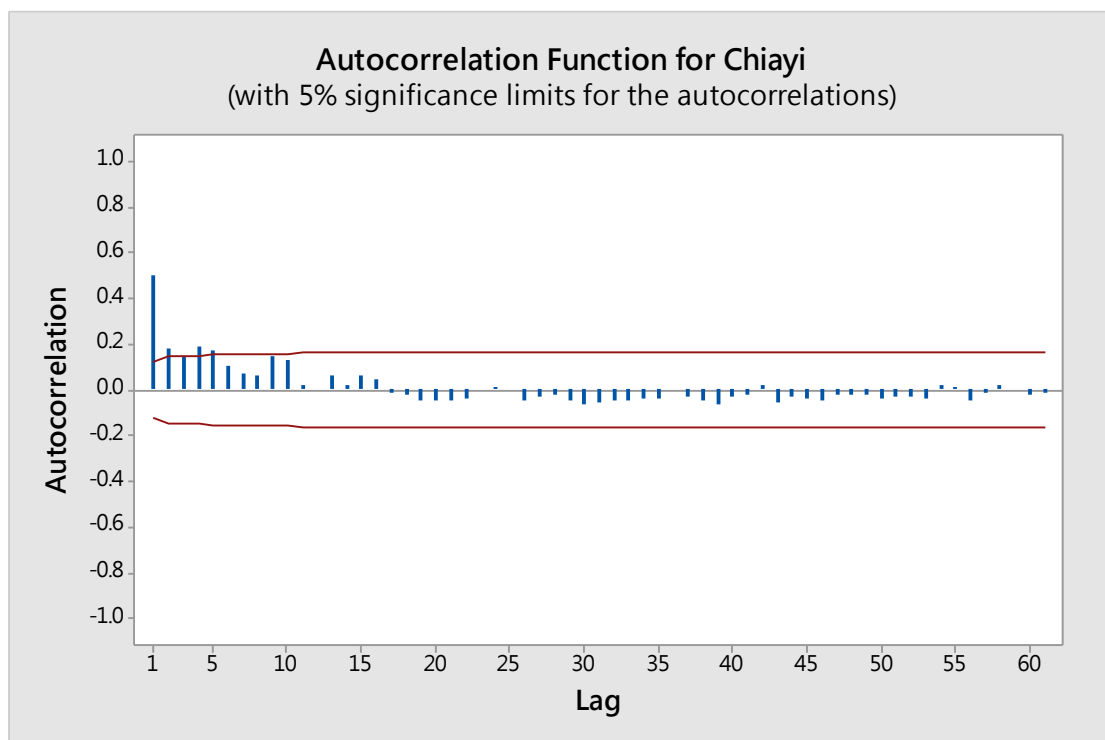


圖 5-4 嘉義每月地震的自相關函數 (ACF)

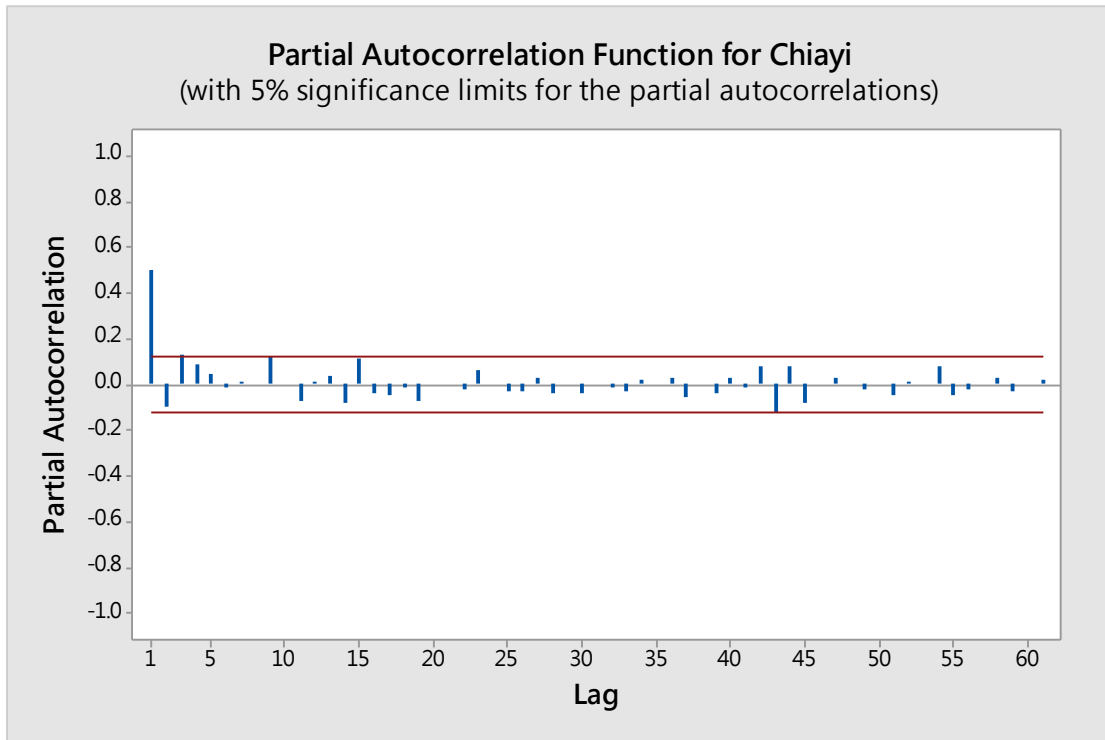


圖 5-5 嘉義每月地震的部分相關函數 (PACF)

經過多次試驗，發現 ARIMA (1, 0, 0) 模型的地震模式最適合在嘉義。ARIMA (1, 0, 0) 相關函數的殘差表示在圖中，大部分是在 95% 信賴區間內。

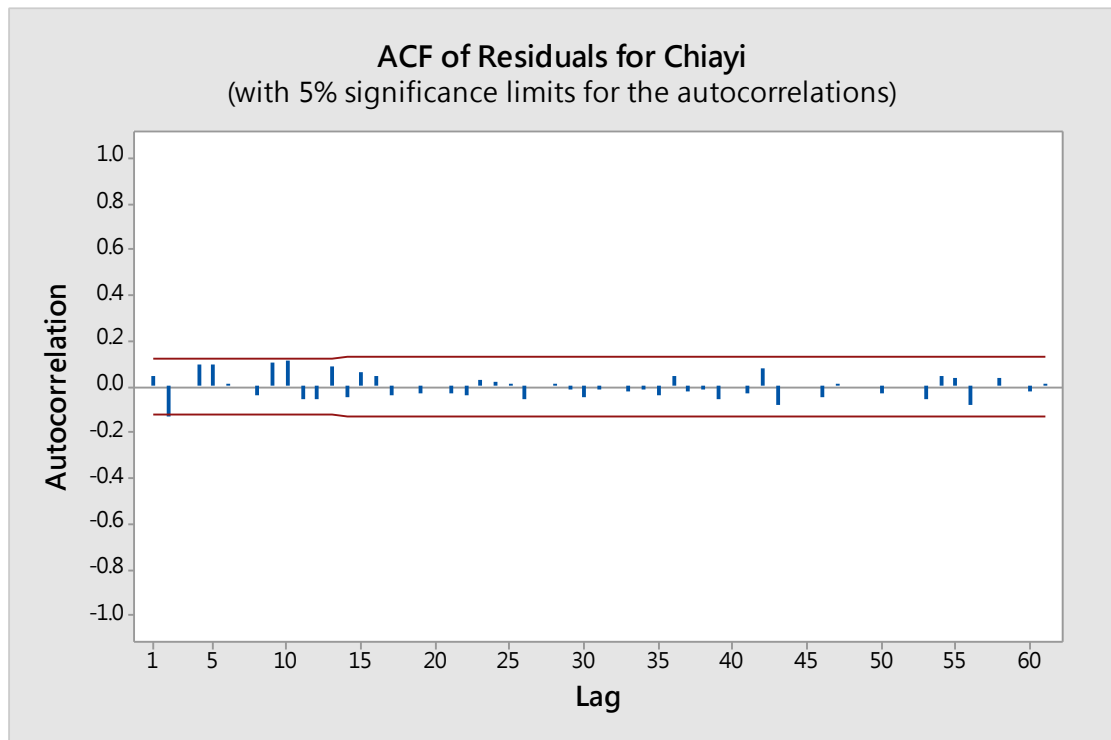


圖 5-6 嘉義每月地震 ARIMA (1, 0, 0) 的模型殘差相關函數 (ACF)

5.6.2 雲林每月的地震的識別型態

自相關函數的形成 (ACF) (圖 5-7) 和部分相關函數 (PACF) (圖 5-8) 在雲林每個月的地震頻率的圖表中，發現他們不是隨機數據，雲林每個月的地震數量可以預測地震的變化。

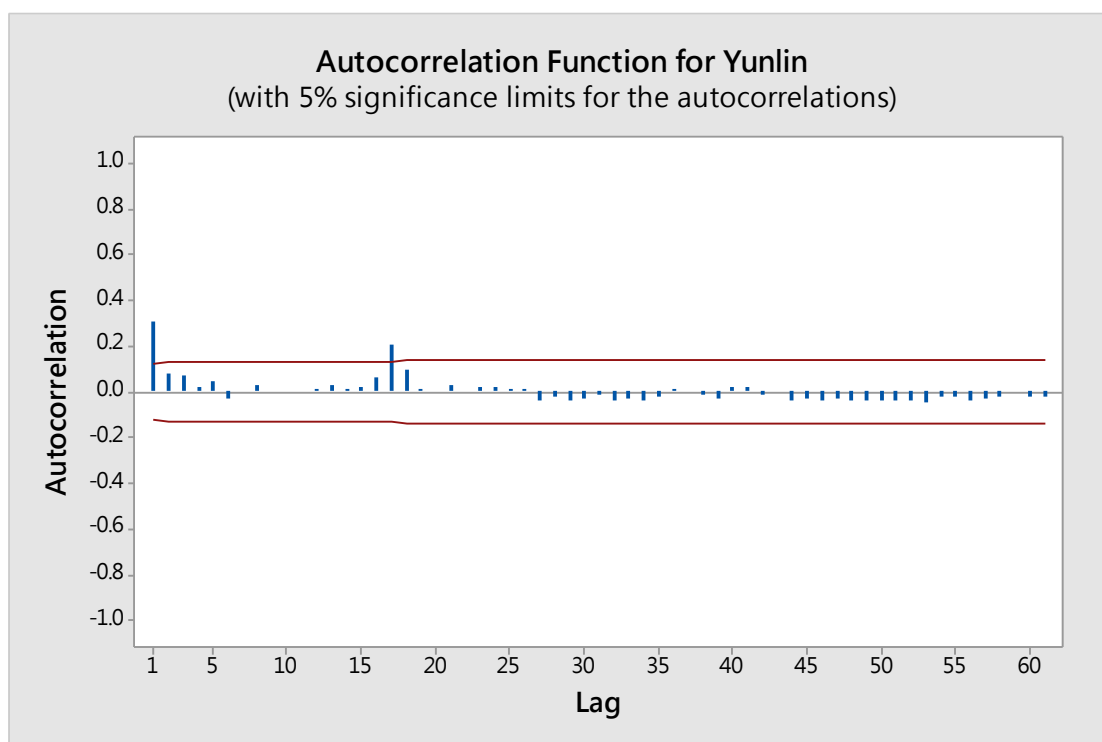


圖 5-7 雲林每月地震的自相關函數 (ACF)

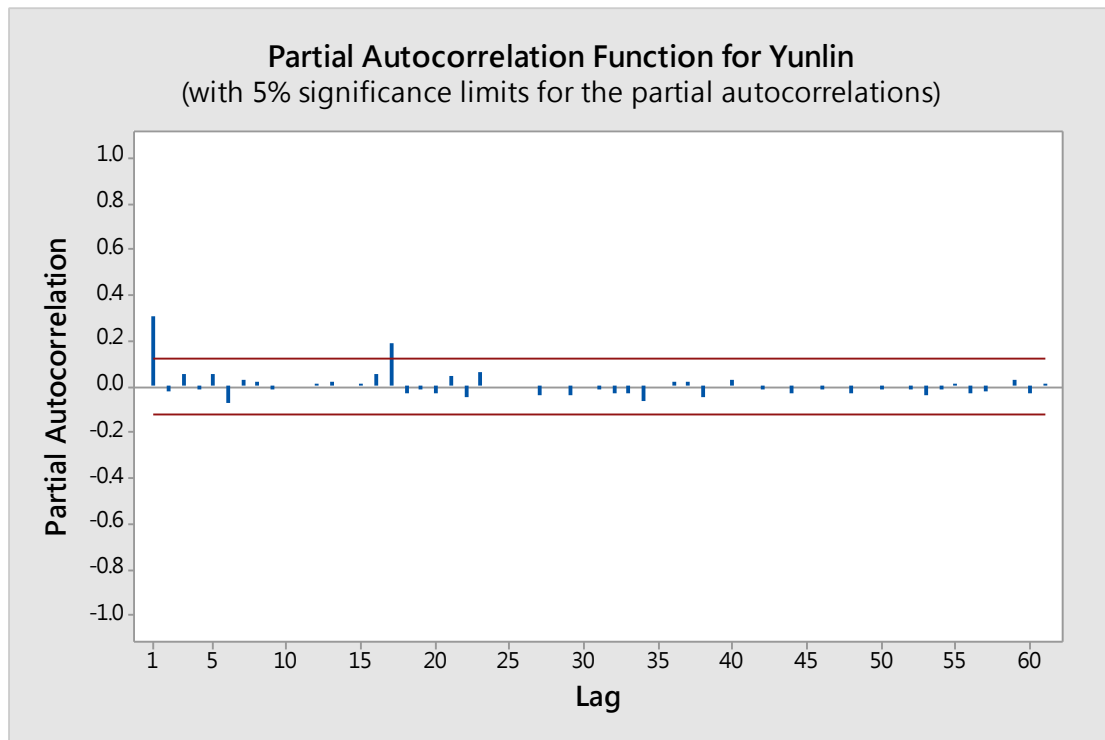


圖 5-8 雲林每月地震的部分相關函數 (PACF)

經過多次試驗，發現 ARIMA (1, 0, 0) 模型的地震模式最適合在雲林。ARIMA (1, 0, 0) 相關函數的殘差表示在圖中，大部分是在 95% 信賴區間內。

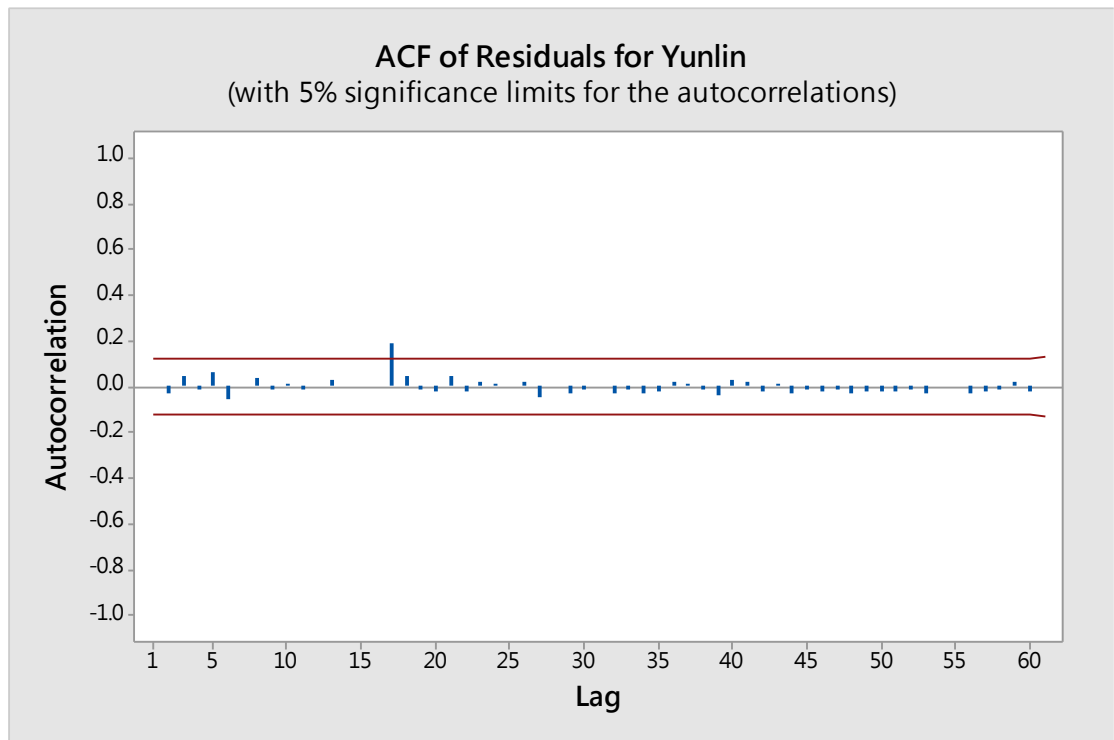


圖 5-9 雲林每月地震 ARIMA (1, 0, 0) 的模型殘差相關函數 (ACF)

5.6.3 南投每月的地震的識別型態

自相關函數的形成 (ACF) (圖 5-10) 和部分相關函數 (PACF) (圖 5-11) 在南投每個月的地震頻率的圖表中，發現他們不是隨機數據，南投每個月的地震數量可以預測地震的變化。

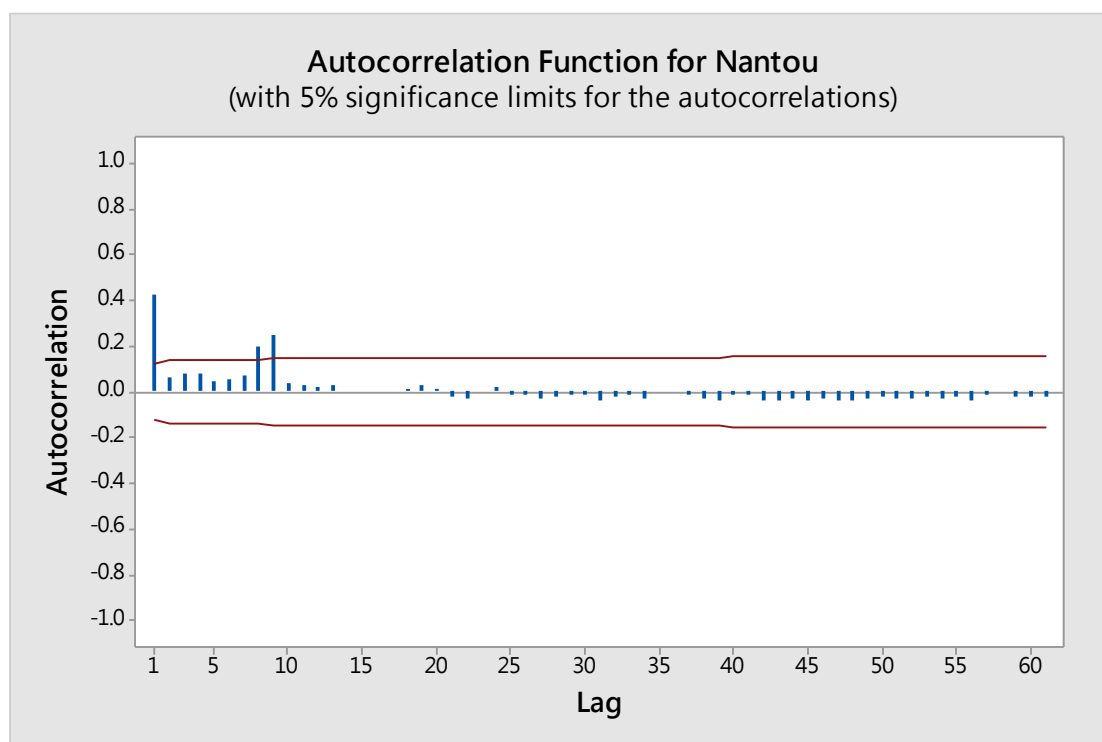


圖 5-10 南投每月地震的自相關函數 (ACF)

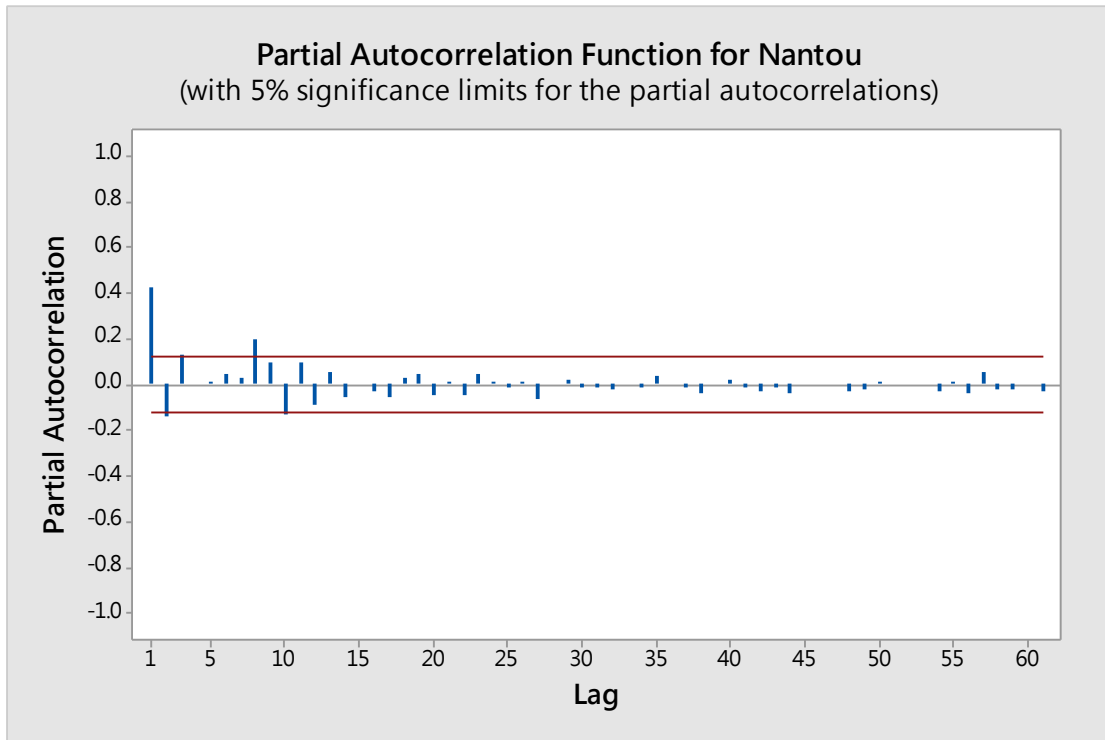


圖 5-11 南投每月地震的部分相關函數 (PACF)

經過多次試驗，發現 ARIMA (1, 0, 1) 模型的地震模式最適合在南投。ARIMA (1, 0, 1) 相關函數的殘差表示在圖中，大部分是在 95% 信賴區間內。

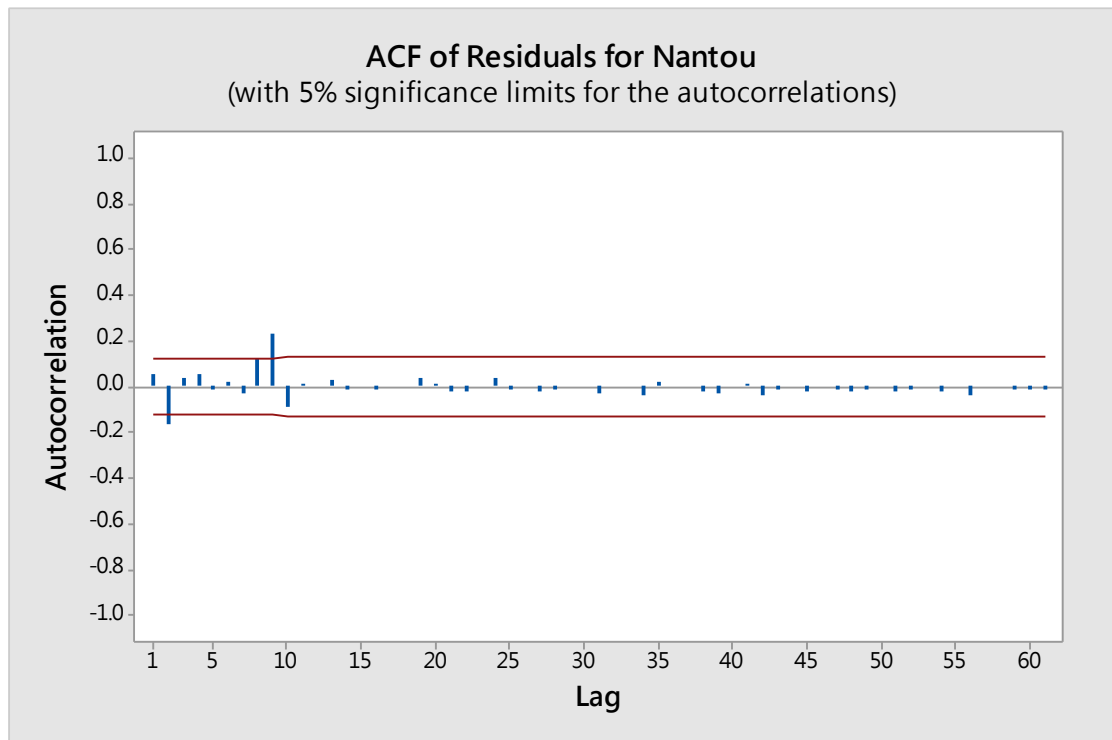


圖 5-12 南投每月地震 ARIMA (1, 0, 1) 的模型殘差相關函數 (ACF)

5.7 誤差檢驗

使用 ARIMA 模型，預測嘉義、雲林、南投 2011 年至 2017 年 12 月各年的地震平均誤差值，此表是檢視誤差值是否在可接受的範圍內，如下表 5-1、5-2 所示

表 5-1 2011 年 1 月至 2017 年 12 月在 3 縣市的預測與實際每年平均誤差地震的比較 (MAD 法)

	Chiayi ARIMA (1, 0, 0)	Yunlin ARIMA (1, 0, 0)	Nantou ARIMA (1, 0, 1)
2011	1.07	0.49	0.68
2012	1.14	0.98	0.75
2013	0.96	0.40	0.82
2014	1.68	0.50	0.77
2015	1.02	0.39	0.61
2016	1.43	0.51	0.73
2017	1.50	1.00	1.00
平均	1.25	0.61	0.77

平均絕對偏差 (Mean absolute deviation, MAD) 有如下面公式的形式

Y_t = 在時間 t 的實際值； \hat{Y}_t = t 期預測值； n = 月數

表 5-2 2011 年 1 月至 2017 年 12 月在 3 縣市的預測與實際每年平均誤差地震的比較 (RMSE 法)

	Chiayi ARIMA (1, 0, 0)	Yunlin ARIMA (1, 0, 0)	Nantou ARIMA (1, 0, 1)
2011	1.23	0.64	0.76
2012	0.75	0.47	0.78
2013	0.82	0.44	1.13
2014	0.77	0.47	0.85
2015	0.96	0.41	0.65
2016	1.01	0.39	0.75
2017	1.58	1.00	1.00
平均	1.02	0.55	0.85

誤差值是以 1995 年至 2010 年所觀察到的每月地震數量為基礎，套入所推得的 ARIMA (p, q, r) 模型，計算出 2011 年 12 個月的平均地震數量誤差值並填入表 5-1、5-2，再用 1995 年至 2011 年的每月地震記錄，套入推得的 ARIMA(p, q, r) 模型，計算出 2012 年 12 個月的地震月數量，求出的值與真實值比較平均誤差，重複此步驟 6 次，直至資料用盡為止。

均方根誤差 (Root mean squared error , RMSE) 有如下面公式的形式

Y_t = 在時間 t 的實際值； \hat{Y}_t = t 期預測值；n = 月數

使用 ARIMA 模型，預測了嘉義、雲林、南投未來 12 個月 3 個縣市每月的地震數，如下表所示：

表 5-3 預測未來 12 個月 3 縣市的地震次數

	Yunlin ARIMA (1, 0, 0)	Chiayi ARIMA (1, 0, 0)	Nantou ARIMA (1, 0, 1)
2018/01	0.24	0.49	0.52
2018/02	0.37	0.78	0.67
2018/03	0.39	0.86	0.69
2018/04	0.40	0.89	0.69
2018/05	0.40	0.90	0.69
2018/06	0.40	0.90	0.69
2018/07	0.40	0.90	0.69
2018/08	0.40	0.90	0.69
2018/09	0.40	0.90	0.69
2018/10	0.40	0.90	0.69
2018/11	0.40	0.90	0.69
2018/12	0.40	0.90	0.69

第陸章 結論與建議

6.1 台灣地震敘述統計學分析結果

6.1.1 有編號地震分析結果

1. 花蓮為台灣地震頻率發生最高的地區，自 1995 年 1 月至 2017 年 12 月，該地區發生 1276 次地震，宜蘭以 592 次位居第二，台東則以 430 次位居第三。

6.1.2 有編號加上無編號地震分析結果

(1) 有編號加無編號的花蓮地區與有編號的花蓮地區相差了 3222 次的小區域地震，所以花蓮地區的地震次數相當頻繁，宜蘭相差 1214 次位居第二。

(2) 在平均每個月地震數以花蓮為 16 次位居第一，宜蘭為 6 次位居第二，台東為 5 次位居第三。

(3) 每年地震發生頻率最高的是花蓮 196 次，其次為宜蘭 80 次，台東 65 次。

(4) 在台灣地震的平均深度，除了基隆（102.4 公里）外，台灣幾乎所有地震都 < 70 公里為較淺層，基隆屬於中深度。

），雖然平均值比其他地區高，但因地震發生在較深層的地區，所以震波衰減後，對板塊表面來說，危害也相對較小。

），當時造成許多人傷亡。

(7) 在花蓮的人們每 6 天能感受到地面震動，而在金門兩次地震間隔的時間需要 485 天，是台灣地區最長的。

(8) 在台灣每個縣市的平均釋放能量最高的為花蓮縣 24%再來就是南投 22%，這兩個縣市在地震次數上是差很多，但在釋放能量比相差無幾，原因是 1999 年 9 月 21 日 7.3 級在南投的地震能量貢獻是非常顯著的。

6.2 地震數量預測

(1) 在嘉義我們預測出未來 12 個月（2018 年 1 月至 2018 年 12 月）每月的數量保守估計都是 1 次。

(2) 在雲林我們預測出未來 12 個月（2018 年 1 月至 2018 年 12 月）每月的數量保守估計都是 1 次。

(3) 在南投我們預測出未來 12 個月（2018 年 1 月至 2018 年 12 月）每月的數量保守估計都是 1 次。

6.3 未來發展

本專題是依據中央氣象局提供的資料，研究台灣地區地震型態辨識及數量預測，雖然我們不能直接性去預測在何時何處在哪會發生地震，但我們希望未來對地震數量的預測可以精準到 0.5 次之內。

參考文獻

[1]NAR Labs 國家實驗研究室

http://www.narlabs.org.tw/tw/pressroom/popsci/popsci.php?feature_id=16

[2]天搖地動-地震概述

<http://web.tcfsh.tc.edu.tw/natu/earth/geo/quake/921/stu/5/qua/page2.htm>

[3]地震百問

<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/eq000.htm>

[4]地震-維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%B0%E9%9C%87>

[5]規模與震度

http://www.ncree.org/SafeHome/ncr01/pc3_3.htm

[6]地震專欄

<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/planning/seismological.htm#eq09>

[7]地震專欄-中央氣象局

<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/planning/seismological.htm>

[8]J. E Hanke and D. W. Wichern *Business Forecasting*, 9th edition. Pearson Education International. 2009(課本)

(1995年1月至2017年12月有編號的地震數據)

City	Numbers of earthquakes	Mean times per month	Mean times per year	Earthquakes percentage %	Depth (KM)	Magnitude		Total Energy Released (ergs)	Average dtime (days)
						Mean	Max		
Yilan	592	2.14	25.73	18.0268	40.49	4.43	7.1	7.86E+22	14
Hualien	1276	4.62	55.47	38.85505	17.11	4.22	6.9	1.14E+23	7
Taitung	430	1.55	18.69	13.09379	20.05	4.56	7.1	5.68E+22	19
Nantou	212	0.76	9.21	6.455542	16.11	4.54	7.3	1.08E+23	39
Keelung	18	0.06	0.78	0.548112	93.81	5.43	7	4.82E+22	393
Taipei	13	0.04	0.56	0.395859	23.94	3.6	5.1	3.98E+19	537
New Taipei	3	0.01	0.13	0.091352	65.6	3.7	4.7	7.31E+18	754
Taoyuan	9	0.03	0.39	0.274056	11.35	3.94	4.7	1.6E+19	620
Hsinchu	11	0.03	0.47	0.334957	7.8	3.81	5	3.46E+19	524
Miaoli	33	0.11	1.43	1.004872	8.86	4.33	5.2	1.9E+20	171
Taichung	81	0.29	3.52	2.466504	15.89	4.23	5.6	6.17E+20	113
Changhua	8	0.02	0.34	0.243605	13.33	4.28	5.3	7.43E+19	880
Yunlin	112	0.4	4.86	3.410475	12.02	4.15	6.6	5.4E+21	68
Chiayi	273	0.98	11.86	8.313033	10.12	4.08	6.4	6.24E+21	33
Tainan	86	0.31	3.73	2.618758	15.68	3.96	5.7	4.67E+20	99
Kaohsiung	35	0.12	1.52	1.065773	31	4.1	5.8	6.88E+20	236
Pingtung	85	0.30	3.69	2.588307	26.18	4.72	7	5.59E+22	92

