

# 台灣二〇〇五年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學

作品名稱：台灣地區的地震危害度分析

學 校：國立新營高級中學

作 者：李穎、陳裕文



我的姓名是李穎，目前就讀於國立新營高中二年級，家庭成員有母親、父親及一位妹妹。從小我就非常喜歡地理，也因為如此，連帶的喜歡地球科學。高一時，我很幸運的爭取到國科會與教育部合辦的高中基礎科學資優人才培育計畫，進入中央大學地科所陳浩維教授的實驗室，開始我兩年的實驗學習。在我進入了地科領域後，從中我學習到了如何建立科學的思維、不怕挫折的心和自信，更懂得對自己及實驗永不放棄，最重要的是，我認識了許多在這條路上與我同行的朋友，因為他們，使就讀社會組的我，得以繼續在這條路上邁進。



我的爸爸在銀行上班,我媽媽在國中當老師，小時後，我經常和我爸爸媽媽去爬山，當時我看到山上有很多彎曲的岩石和許許多多白灰的貝殼，當時的我並沒有想太多，長大後才發現，原來是地殼變動的緣故，那時我便對地球這塊我們生長的地方產生的濃厚的興趣。

繼九二一大地震後，不久前，日本也發生了地震，地震所造成的傷亡不計其數，我想如果能避開斷層，傷亡應該能減低許多吧，於是我便和我的學長做了台灣地震危害度的研究，希望能把地震的危害度減低，造福人群。

## <摘要>

本研究主要是以一連串的地震分析，來討論台灣地區地震能量的釋放型態。

首先是求出地震的活動參數，接著再繪製地震規模的年發生率，最後是推算台灣地區地震能量釋放時前餘震與主震所占之比重。

在地震參數上，發現地震活動度較高的月份中，在該月都發生了芮氏規模六級以上的大地震，因其餘震發生的頻率較小震頻繁，因此造成其 a 值較大。

在地震規模年發生率方面，我們繪製出圖表，而最後發現台灣地區的地震仍以小震多，另外大地震則有一定的週期。

在研究的最後，了解台灣地區的地震常數之後，本研究以 ESRI 公司的 GIS 軟體 ArcView8.3 版疊合各種圖層，分析人口密集區及水庫的地震危害度分析，提出地圖，對大台北地區，人口稠密的幾個行政區提出警訊；另外在水庫方面，本研究則對幾個在斷層線上的水庫提出警訊。

## <Abstract>

This research presents a series of earthquake analyses to discuss earthquake' s energy release type.

First, we evaluated earthquake' s constant and charted the percentage of earthquake measurement every year. Finally, count the after-shocks and the major earthquake measuring 6.0 and above on the ML happening in Taiwan area.

Because the after-shock frequency is more than light earthquakes, as a result it causes the “a” enumeration is large.

According to the percentage of earthquake measurement happening frequency every year, we illustrate a chart. Finally we find that in Taiwan area mirror earth-quakes account for a large percentage and major earthquakes happened regularly.

When we realize the constant of earthquake, the study folds a variety of layers by using ArcView 8.3 edition of GIS (Geography Information System) of ESRI co., LTD, analyzing the density-populated areas and the dams for seismic hazard to export the map. We raise a warning for the greater Taipei where some districts are densely-populated, and we also warn the dams on the line of fault of large of damage.

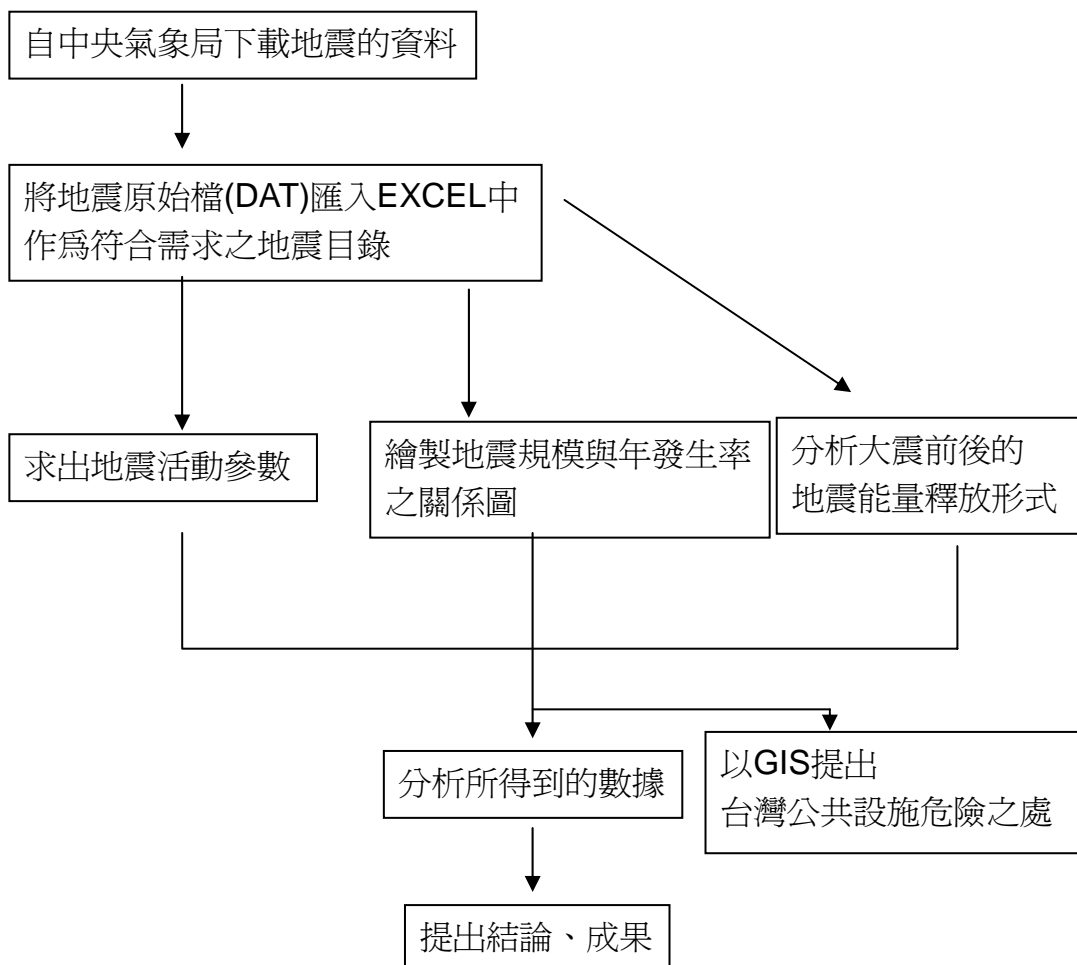
## 壹、研究動機與目的

近年來無論是台灣亦或是世界各地皆不斷發生大地震，最近的例子就是日本新潟所發生的連環大地震，連防震做得十分徹底的日本，在地震後皆受到如此的重創，令我們更想要了解在台灣的地震型態。

另外，以目前的科技及現在的科學知識，要預測地震實在是困難重重，因此我們便想：地震是無法避免的，只是可以避免或減輕發生地震後所會帶來的災害，所以決定以地震危害度分析，來得知台灣的地震型態，進而提醒大家，台灣的地震災害如何避免。

GIS (Geography Information System)；地理資訊系統，此軟體是研究地震危害度的一門利器。GIS 可以在分析之後，將研究成果以地圖的方式輸出，讓研究成果不僅僅是數字，而是地圖。因此本研究計劃使用 GIS 將台灣的水庫、攔河壩疊合斷層圖，藉以了解水庫的危險性如何。除此之外，亦計劃對人口高度密集地區，提出分析。

## 貳、研究流程



## 參、研究方法及過程

### 一、數據分析

#### 1. 求出地震活動參數

這個部分主要是利用芮氏規模定則找出 a、b 值，有了 a、b 值後就可以了解該震源分區的地震型態。由於此實驗不適用於 EXCEL 軟體，因此，決定自行設計一個程式，由程式求算 a、b 值。

在求算的時候，匯入自中央氣象局 FTP 站所下載的資料，接著程式便會依照每一筆資料的規模找出大於該筆資料的地震規模有幾筆，這個步驟所得的常數值便為  $\lambda M$ ，得到之後，就以  $\log \lambda M$  與  $M$  之間的線性關係，回歸出 a、b 值。

芮氏規模定則為： $\log \lambda M = a - bM$

式中「M」為地震規模

「 $\lambda M$ 」指單位時間內發生規模大於 M 的次數

「a、b」為區域常數。b 值越大，表示該地區的小震比較多；

b 值越小，表示該地區之大震比較多。而 a 值大則代表震源區的地震活動度高。

因此可以由 a 值看出該震區的地震活動度，由 b 值看出該地區釋放地震的情形是大震多還是小震多。

#### 2. 繪製地震規模與年發生率之關係圖

一般地震危害度分析使用以統計方法或其他機率方法，進而推算出某一場址在地震發生的年發生率或回歸期。因此製作出地震規模與年發生率的關係圖，應當是幫助本研究了解該地區之地震型態的好方法之一。

首先先以年為單位，取一段時間，並且統計各地震規模的次數，以次數除以年，所得出來的比值便是該規模地震事件的年發生率。

接著，求出各規模區間的年發生率之後，就可以繪製折線圖了；我們可以由此圖得知在地震能量釋放上，究竟是大震釋放較多還是小震釋放較多。

### 3. 分析大震前後的地震能量釋放形式

計劃以規模 6 的地震作為分野，求出規模 6 以上與規模小於 6 的比值，藉此了解台灣之前主震與餘震在能量釋放中主要扮演的角色。

$$\xi = E1/E2$$

E1：代表前震、餘震以及主震中規模小於 6 的能量。

E2：指的是前震、餘震以及主震中規模大於或等於 6 的能量。

這個部分求得總共 31 年的比值，在求其平均值，比值大代表在前震、餘震或是規模小的主震以小規模的地震（指規模小於 6）所分擔的比例較大；相反的，若得出的比值較小就是以大規模的地震（指規模 6 以上）所分擔的比例較大，也就是其地震能量釋放主要是集中於大震釋放。

### 4. 最後

綜合比較各值，藉此分析台灣的能量釋放模式。使台灣的區域特性可以更容易令人了解，以供日後建設參考。

## 二、使用 GIS

使用由 ESRI 公司所開發出來的 GIS 軟體 — ArcView8.3 版，這個版本為目前最新版的 GIS 軟體。

### 1. 水庫的危害度分析

首先先將斷層線圖與縣市、鄉鎮行政區域圖做疊合。在疊合之後，可以在 GIS 軟體視窗上看到斷層分布的情形。緊接著，再加入水庫的點圖層，接下來找出斷層線周圍的水庫，轉出地圖，提出報告說明。

### 2. 人口密集度的危害度分析

先將縣市圖層、鄉鎮圖層疊合，再疊入包含人口資料的圖層，選取人口的圖層，使用 ArcView 內 symbology 選項繪製人口密度圖。

最後疊合斷層線圖層，選出人口密集又有多條斷層線通過的地區提出警告。

## 肆、研究結果與討論

### 一、地震活動參數

求出地震參數  $a$ 、 $b$  值後，將  $a$ 、 $b$  值繪製成折線圖，並且加以求出  $a$ 、 $b$  值的平均。

#### 1.

$a$  值方面，在折線圖中，發現有幾個月的地震活動頻率高於平均值甚多，在此提出討論，共有 1986 年 11 月、1999 年 9 月、1999 年 10 月、1990 年 12 月。

首先是 1986 年 11 月，其地震活動度  $a$  值高達 5.28 之多，為本研究採用之地震目錄至 2003 年 12 月止最多的。根據地震資料顯示，在該月發生了知名的花蓮地震，震央在花蓮東偏南 10 公里，當時死亡人口 13 人，房屋倒塌 37 棟；蘇花及橫貫公路全線中斷，另外最為人所知的應屬中和華陽市場 2/3 房屋倒塌。

再來是 1990 年的 12 月，該月接連兩天在花蓮地區發生 2 次的六級以上大地震，因此造成其  $a$  值為近百年來第四名，也是地震常數  $a$  值超過 5 的一筆資料。

而在 1999 年 9 月發生了一個世界知名的「921 大地震」，當然，因為有了 921 大地震也使得 1999 年 9 月的  $a$  值躍升為百年來第二大。那麼，為什麼 921 大地震比 1986 年的花蓮地震規模還要大，可是卻不是第一大，在這裡我們發現：由於本研究所整理出來的地震目錄是以月為單位，花蓮地震發生在當月的 15 日，可是 921 大地震發生在該月的 21 日，自然的有些餘震能量釋放的情形便被累計至 1999 年的 10 月，也正是因為如此，在 1999 年的 10 月，其  $a$  值也是位居第三。

如前言所說，由地震  $a$  值來判斷地震的活動度，因此由本實驗中亦可判斷，在 921 大地震後，在十月仍然有 921 大地震的能量釋放。

#### 2.

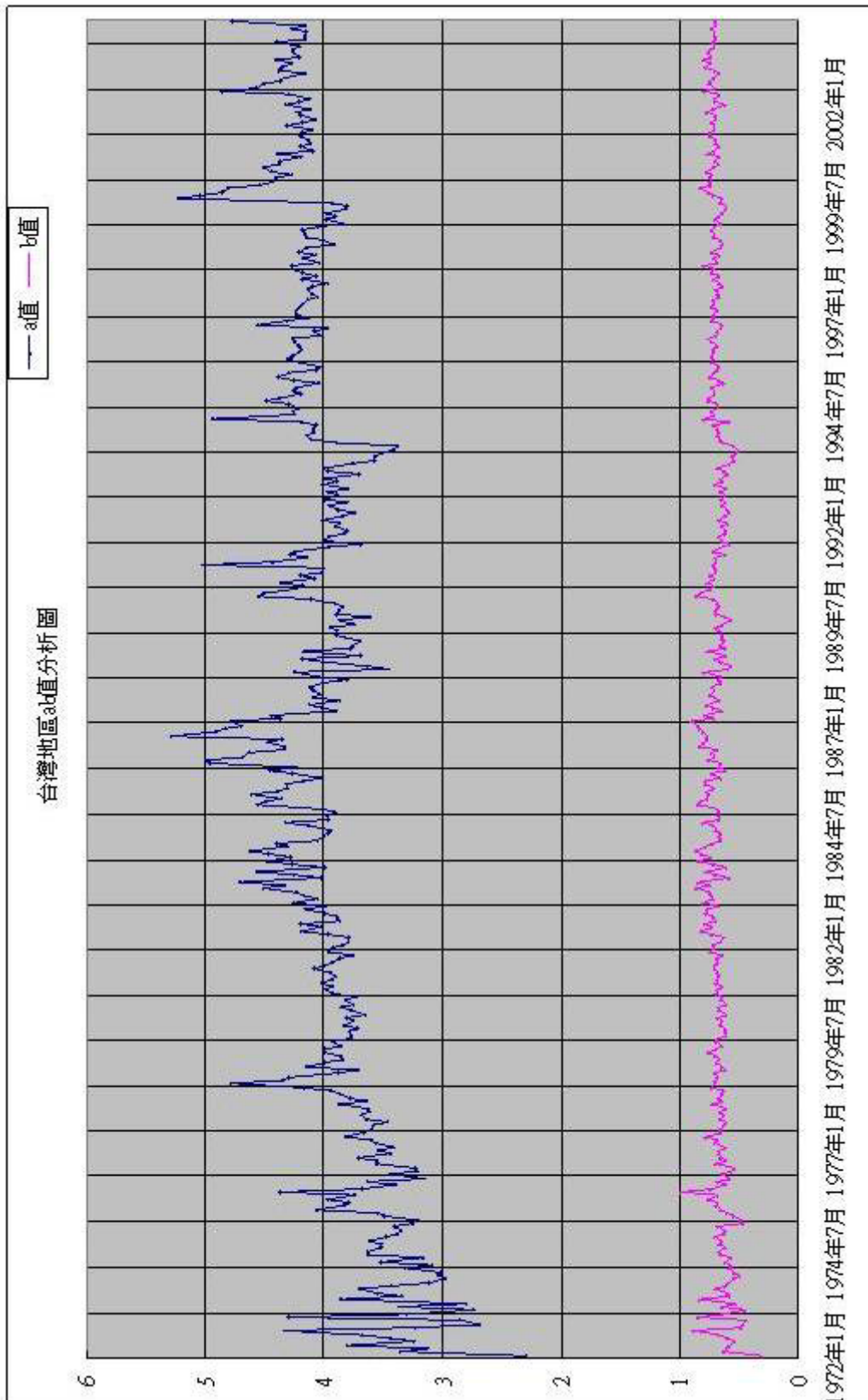
$b$  值方面可看出該地的地震釋放情形，這一點是很重要的，因為地震所累積的能量是一定的，只是其能量釋放的方式不同，便會帶來完全不同的差異；一個地區的地震若都是在平日以小小的規模分別釋放，能量就不會一直累積，可是相反的，若一個地區平日都沒有發生什麼地震，直到有一天，地殼再也無法承受地底醞釀已久的能量，就只在一次發出能量，此地震的大小可想而知。

實際的例子，就像是 921 大地震，車籠埔斷層僅在百年前活動過，在 1999 年 9 月 21 日



那一天，它釋放了近百年來都沒有釋放、積存已久的能量。

在實驗中，發現在設定的區域中，便是整個台灣地區，因此 b 值當然不會有什麼差異，這個方面，將在日後以 GIS 軟體輔助，將台灣分區，用以比較台灣各地 b 值的差異。

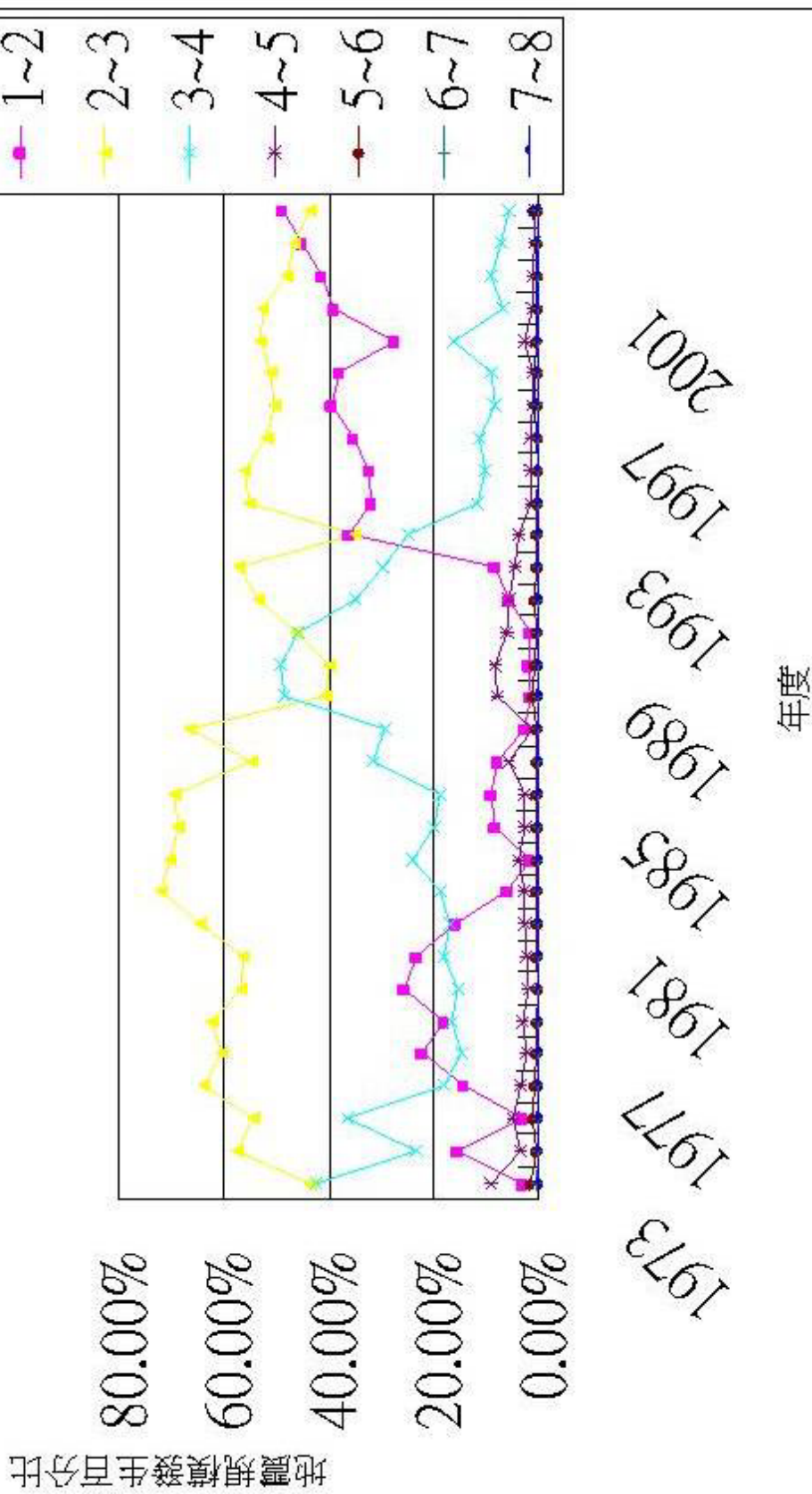


## 二、地震活動年發生率圖

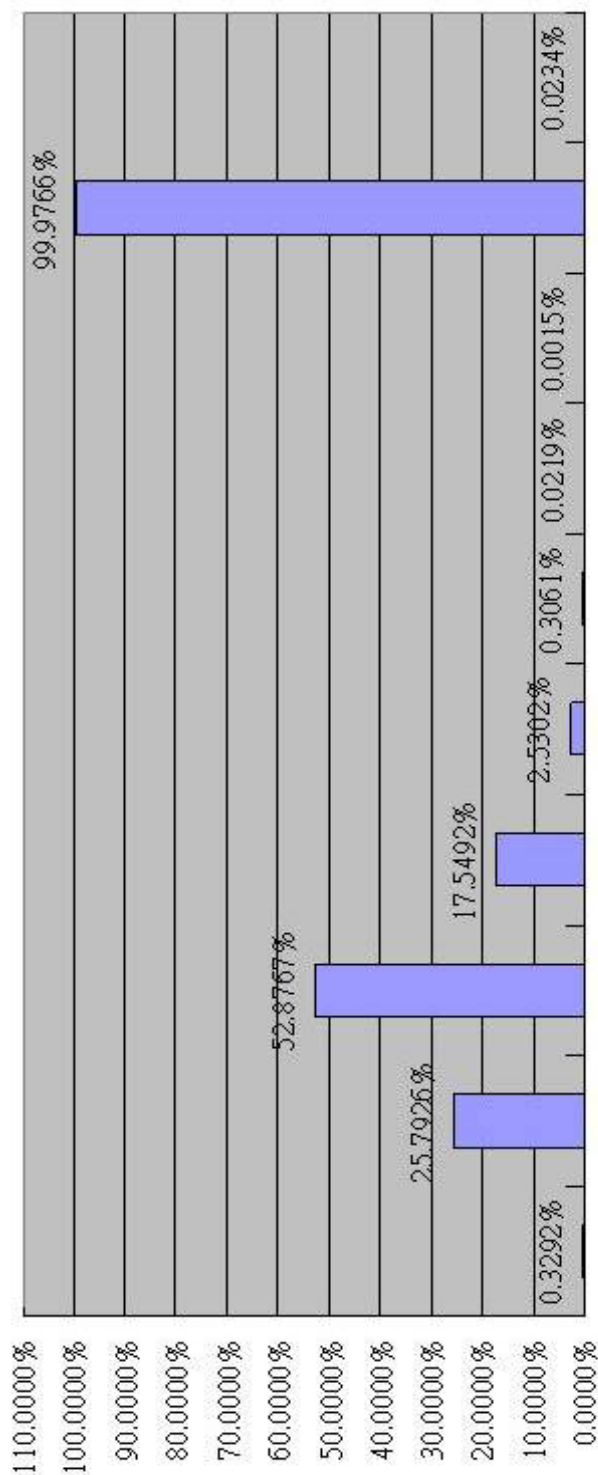
依照前文所述，繪製出折線圖後，可以從中發現，台灣地區主要還是小震所發生的「次數」較多。而且依照圖表發現，在圖中，若是 2~3 級地震多則 1~2 級地震便少，我們認為那是因為分級方式所造成。

在這個實驗部份，由於是以次數來繪製折線圖，可是在此必須提出一個懷疑，難道單憑次數即可判定地震能量已經逐漸釋放？若是小震亦多，可是釋放小震的能量不及地震能量累積的多，地震的能量仍舊會不斷的累積。也正因為如此，再設計了一個以能量的比值為比較依據的實驗。

### 地震規模與年發生率圖



# 年平均發生率

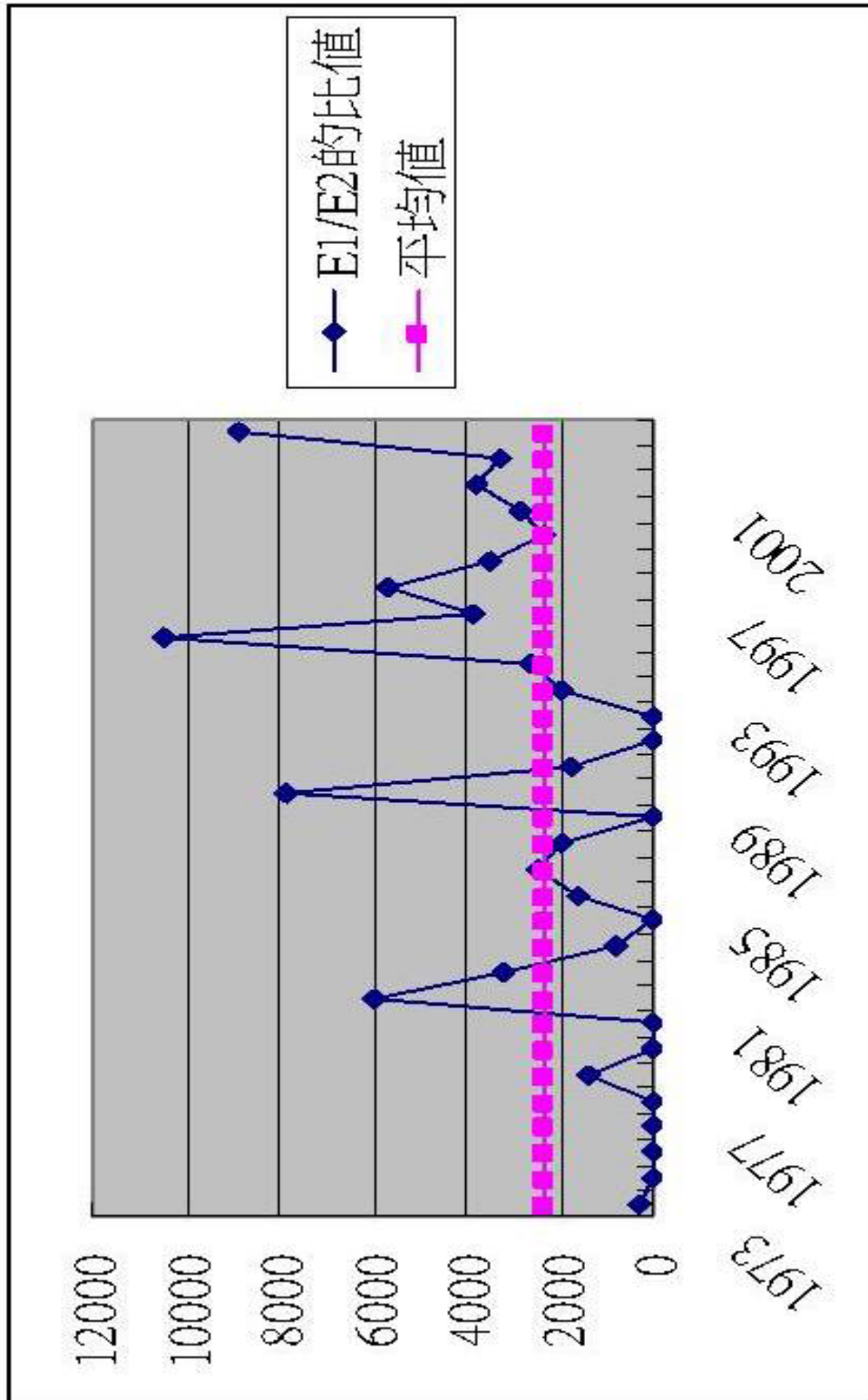


0~1 1~2 2~3 3~4 4~5 5~6 6~7 7~8 <6 >=6

規模

### 三、地震能量釋放形式

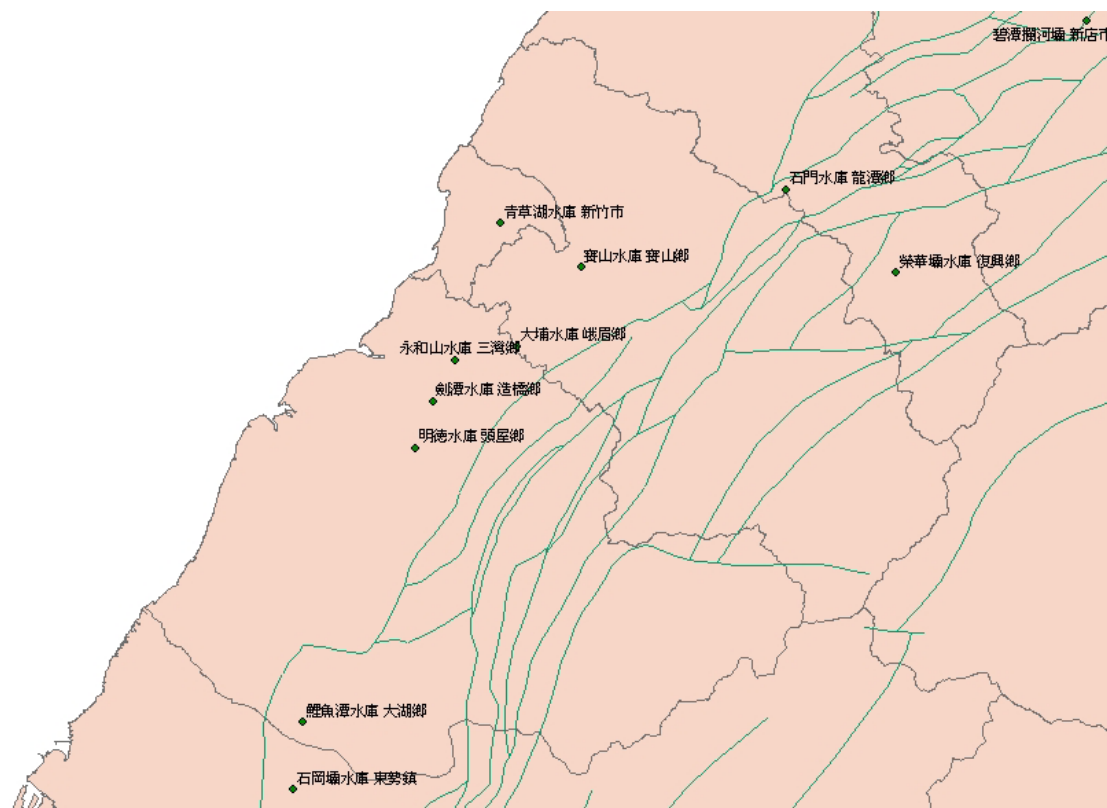
依據圖表可以看出，近年來的地震活動度，在小地震的能量釋放上仍屬活躍，皆高於 31 年來的平均值。不過，也由於如此，我們可從中推斷，目前應屬地震的相對平靜期（因為大地震並未發生）。



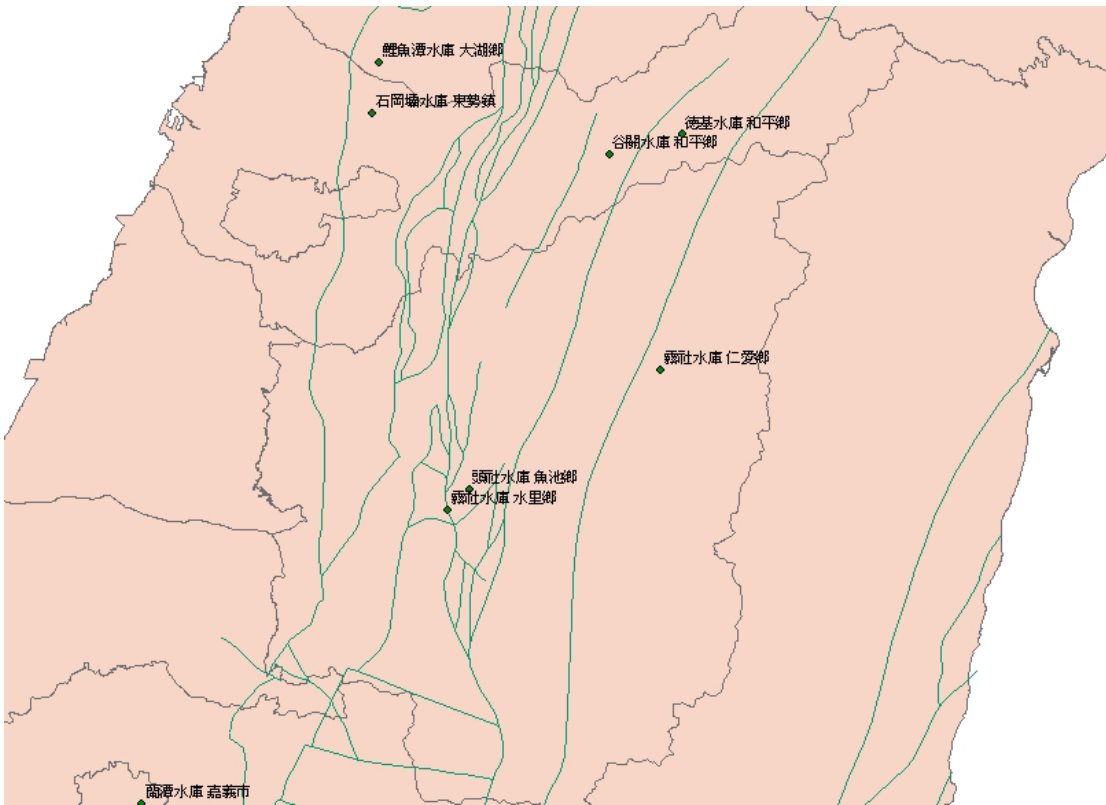
#### 四、水庫危害度分析



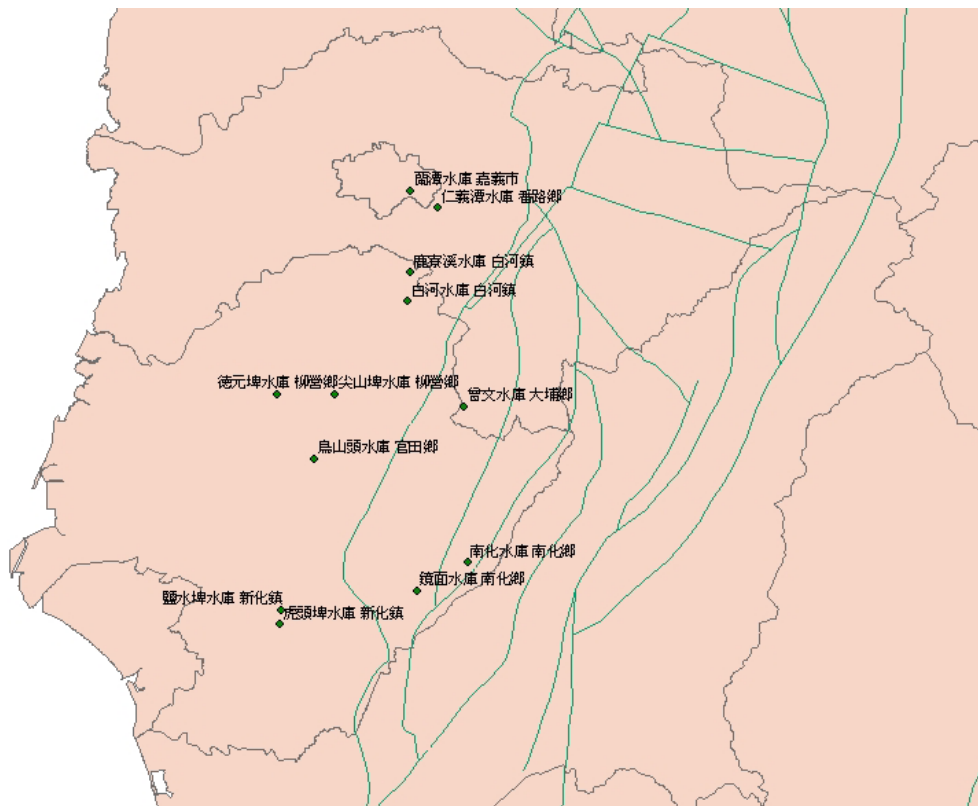
北區



竹苗區



中區



嘉南地區



## 高高屏區

(藍綠色的綫表斷層線)

我們輸出地圖以五個分區作為區分，分別是：台北縣市與桃園縣及基隆市(北區)、新竹縣市與苗栗縣(竹苗區)、台中縣市與南投彰化雲林等縣(中區)、嘉義縣市與台南縣市(嘉南區)、高雄縣市與屏東縣(高高屏區)。

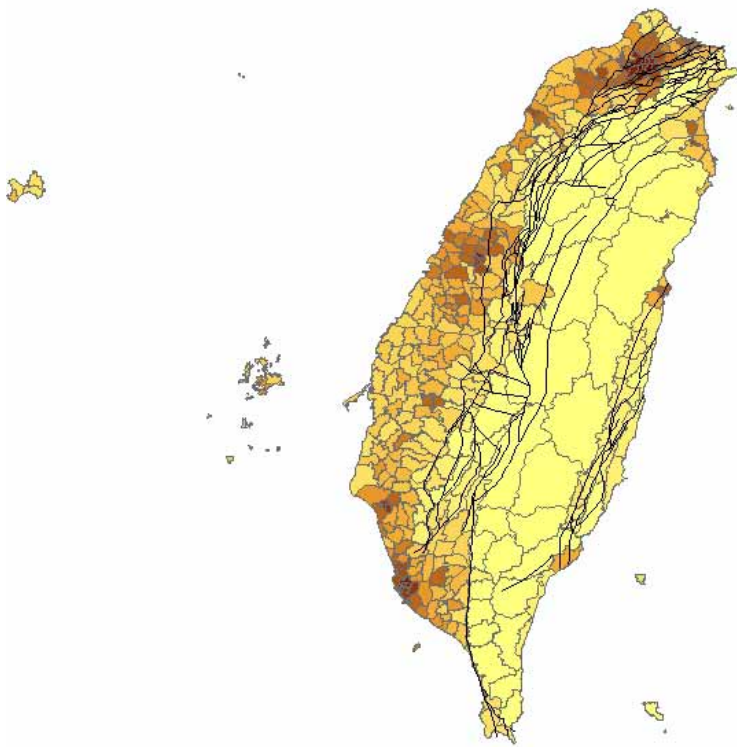
在北區方面，本研究發現，有許多水庫都位於斷層上，例如台北縣新店市的碧潭攔河壩，根據 ArcView 中的比例尺推估，碧潭攔河壩只距其附近的斷層線約 200 公尺，另外如基隆暖暖區的西勢水庫、七堵區的新山水庫亦是離斷層線很近的水庫。

竹苗區方面，該地區的水庫皆在較西邊的位置，而斷層主要是分布在東側山地，因此相較於北區，這裡的水庫安全許多。

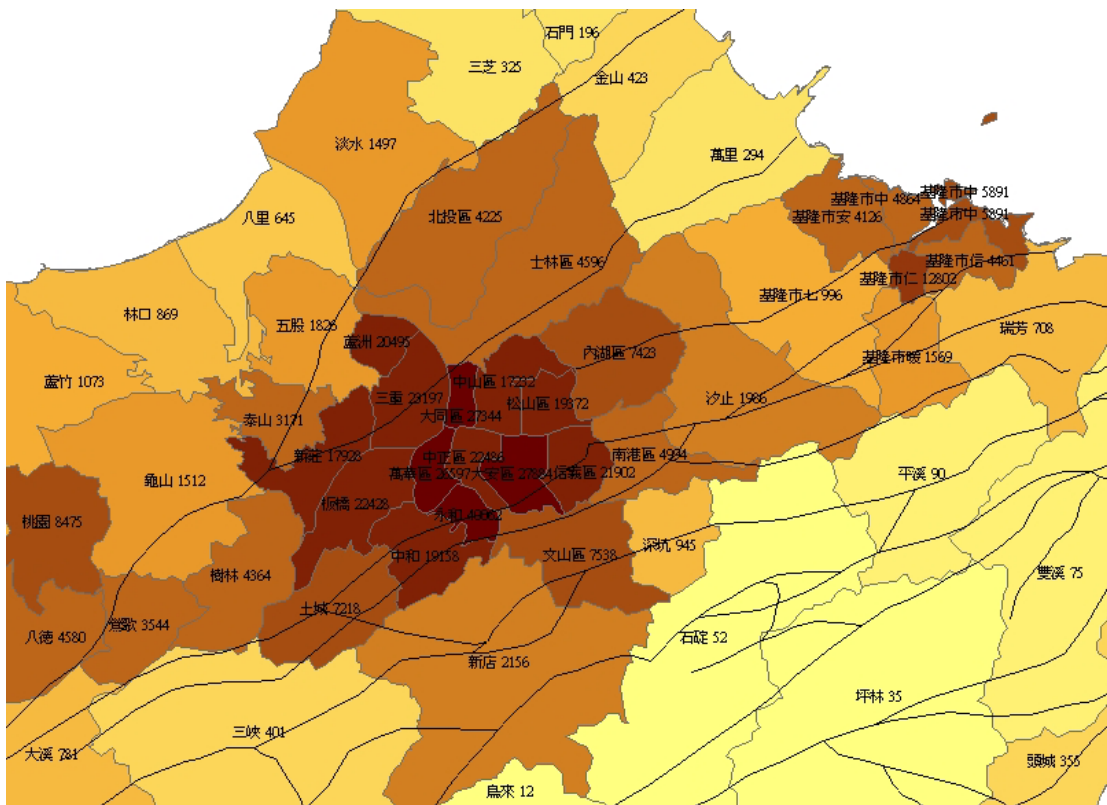
中區方面，令人感到注意的是南投縣水里鄉的霧社水庫，其庫址便直接位於斷層上。



## 五、人口密集區危害度分析



全台灣的人口密度及斷層線分布



北部人口密度圖及斷層線圖

在此分析，決定以台北市及其衛星都會區做分析，因為此地居全台之冠，再加上古老斷層又多，很多斷層在紀錄上都尚未活動過，也因此，更需要藉此分析提出看法及警告。

由圖中可以看出幾個人口密度相當稠密，在約每平方公里兩萬人左右的地區，也是有斷層通過。包括：台北市信義區、大安區、中正區、中山區，台北縣三重市、新莊市、中和市、永和市，上述地區全都有斷層帶通過。這些地區的人口總數約達三百萬人，如果有一斷層帶發生活動，那麼大台北地區的安全問題堪憂，正因為如此，大家更要做好防震準備，隨時提醒自己身在斷層上，更要小心謹慎。

## 伍、結論與應用

由本研究所設計實驗中，各項的研究數據，可以發現，台灣的地震型態皆為小震多，偶爾發生的大地震則只分布在某些久未發生地震的斷層上。

## 陸、參考文獻

- 1.陳頌文，1995，由模擬斷層錯位分布估計地動加速度
- 2.傅玉琳，2003，台灣小規模地震再發統計模式參數研究
- 3.潘燕弘，1998，嘉南地區地震危險度分析-以 GIS 為工具
- 4.歐國斌，1994，台灣西南部地動估計（二）：地殼參數和震源參數之研究，  
行政院國科會專題研究計畫成果報告，NSC 83-0414-P-194-002-B

## 附錄一

以下是計算地震常數(a,b)值的程式

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
void clean_array(long int count_times[],long int count_acc[])
{
for(int k=0;k<800;count_times[k]=0,count_acc[k]=0,k++);
}

void calc_acc(long int count_times[],long int count_acc[])
{
count_acc[799]=count_times[799];
for(int j=798;j+1>0;count_acc[j]=count_times[j]+count_acc[j+1],j--);
}

void calc_reg(long int count_times[],long int count_acc[],int tmp_year,int tmp_month,char tmp_str[])
{
double sigmaxy=0,sigmax=0,sigmay=0,sigmaxsquare=0,a,b;
int j,k;
double tmp_k,tmp_j;
for(k=0, j=0;k<800;k++)
{
if(count_acc[k]!=0 && count_times[k]!=0)
{
j++;
tmp_k=k;
sigmaxy=sigmaxy+(tmp_k+1)/100*log10(count_acc[k]);
sigmax=(tmp_k+1.0)/100+sigmax;
sigmay=sigmay+log10(count_acc[k]);
}
```

```

        sigmaxsquare=sigmaxsquare+(tmp_k+1)*(tmp_k+1)/10000;
    }
}
if(j!=0&&j!=1)
{
    tmp_j=j;
    b=(sigmax*sigmay-tmp_j*sigmaxy)/(tmp_j*sigmaxsquare-sigmax*sigmax);
    a=sigmay/tmp_j+sigmax/tmp_j*b;
    sprintf(tmp_str,"%d,%d,%lf,%lf\n",tmp_year,tmp_month,a,b);
}
else
    sprintf(tmp_str,"%d,%d,can't calc\n",tmp_year,tmp_month);
}

```

```

void get_words(int start_no,int get_no,char buffer[],char get_word_str[])
{
    for(int i=0;i<get_no;get_word_str[i]= buffer[start_no+i],i++);
    get_word_str[i]='\0';
}

```

```

long int count_times[800], count_acc[800];
void main (void)
{
    long int count_times[800], count_acc[800];
    FILE *fp_in,*fp_out;
    fp_in=fopen("e_o_data.txt","r");
    fp_out=fopen("e_o_mont.txt","w");
    int tmp_year,tmp_month,i=0,now_year,now_month,tmp_value,count_first=0;
    double now_level;
    clean_array(count_times,count_acc);
    char buffer[200],get_word_str[5],tmp_str[100];
    while(fgets(buffer,200,fp_in))

```

```

{
get_words(0,4,buffer,get_word_str);
now_year=atoi(get_word_str);
get_words(4,2,buffer,get_word_str);
now_month=atoi(get_word_str);
get_words(39,4,buffer,get_word_str);
now_level=atof(get_word_str);
if(count_first==1&&tmp_month!=now_month)
{
calc_acc(count_times,count_acc);
calc_reg(count_times,count_acc,tmp_year,tmp_month,tmp_str);
fputs(tmp_str,fp_out);
i=0;
clean_array(count_times,count_acc);
}
else
i=1;
tmp_year = now_year;
tmp_month=now_month;
tmp_value=floor(now_level*100-0.5);
count_times[tmp_value]++;
count_first=1;
}

get_words(0,4,buffer,get_word_str);
now_year=atoi(get_word_str);
get_words(4,2,buffer,get_word_str);
now_month=atoi(get_word_str);
get_words(39,4,buffer,get_word_str);
now_level=atof(get_word_str);
calc_acc(count_times,count_acc);
calc_reg(count_times,count_acc,tmp_year,tmp_month,tmp_str);
fputs(tmp_str,fp_out);

```

```
fclose(fp_in);  
fclose(fp_out);  
}
```