

第五章 專案計畫內容

5-1 計畫目的

本次短期研習課程除 RS 及 GIS 理論授課及當地各水資源局參訪行程外，課程安排專案計畫之製作，內含 7 個實機練習，主要利用軟體為 ESRI ArcMap 9 與 ERDAS IMAGINE 9.3，搭配農工中心譚志宏博士所給的資料(台灣各縣市界圖層、河系圖層、桃園及南投之土壤分類圖層、台灣地區 SPOT 及 MODIS 影像)，實機練習地理資訊系統與 MODIS 衛星影像資料操作與分析作業。該專案計畫的主要目的為利用 ERDAS IMAGINE 進行衛星影像幾何校正、地表植被指數 NDVI 計算、非監督式分類後配合 GIS 系統進行圖層套疊來設定地表逕流係數(Runoff Coefficients)及 Curve Number，最後分別利用合理化公式(Rational Formulas)與美國水土保持局入滲公式(SCS Formulas)進行區域性地表逕流量計算，茲將 7 個實機練習之過程與成果分述如下：

5-2 練習一：基本操作與資料查詢

本練習單元之設計目的係運用地理資訊系統 (GIS) 的基本查詢功能展示圖層相關地理資訊，例如展示 2004 年通過佛羅里達州的颶風行進路徑，大致上為朝北方向。

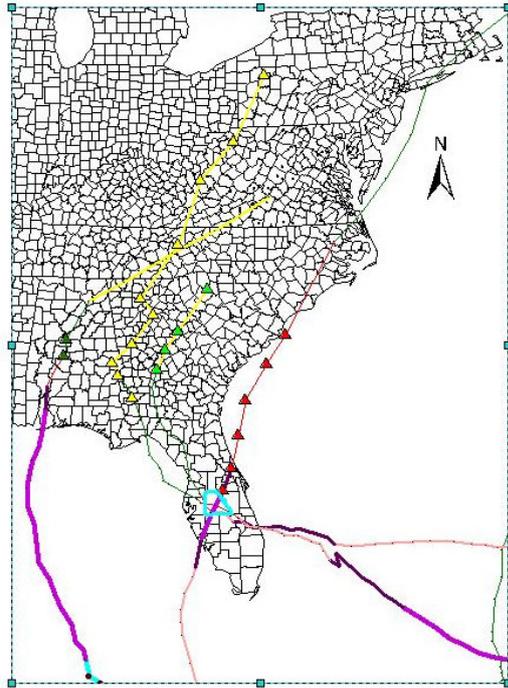


圖 5-1 2004 年行經佛羅里達州颶風路徑

利用 ArcMap 之識別 (Identify) 功能，展示佛羅里達州中部地區三個颶風的中心橫渡通過 Polk 郡。

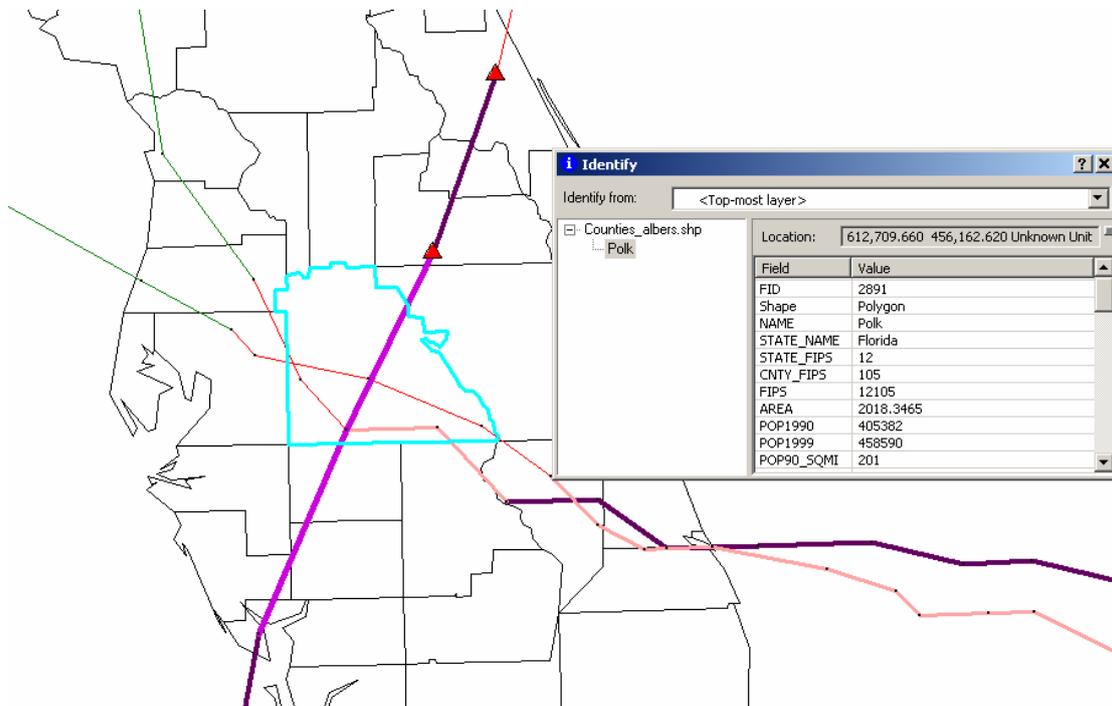


圖 5-2 2004 年行經 POLK 郡颶風路徑

利用標籤 (Label) 之功能，標示出 Gainesville 東部四邊形區域內的土壤類型，可看出該區域有 4 種不同之土壤類別，並加以辨識該區域內的地表利用狀況，大致地表情況概分為 4 種：水體(Water)、都市區(Suburban)、農業區(Agriculture Field)及溼地區(Swamp Forest)。

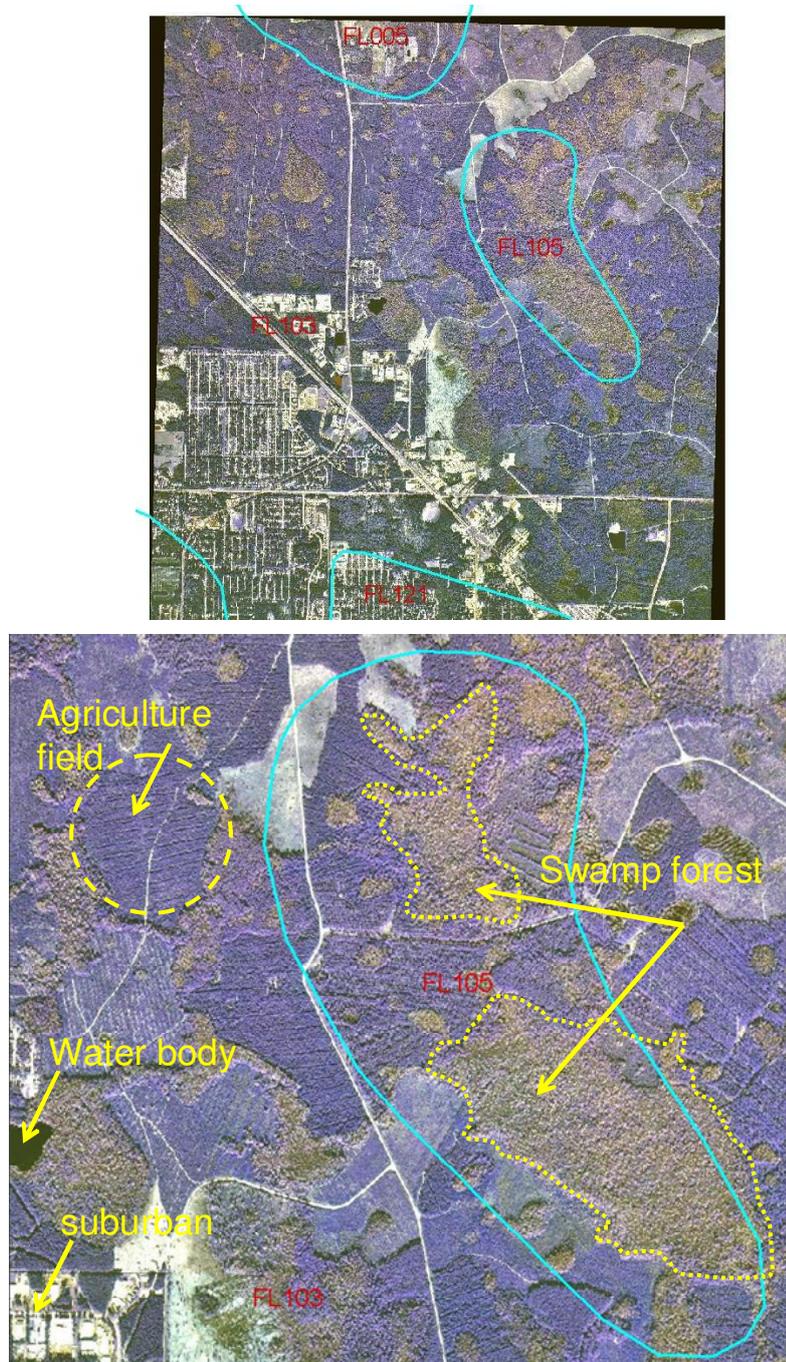


圖 5-3 2004 年行經 POLK 郡颶風路徑

利用屬性表查詢 (Select by attribute) 之功能，鍵入公式查詢美國有 Killer-Bee 的有 5 州、Brown Recluse Spider 的有 15 州及同時有 Killer-Bee 與 Brown Recluse Spider 的州為 Texas。

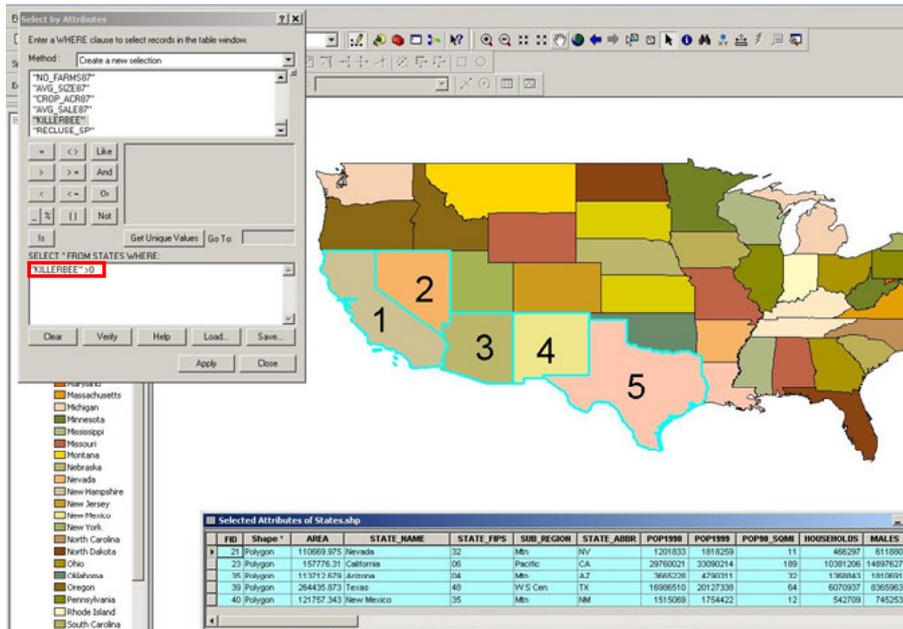


圖 5-4 以屬性表查詢 Killer-Bee 分布

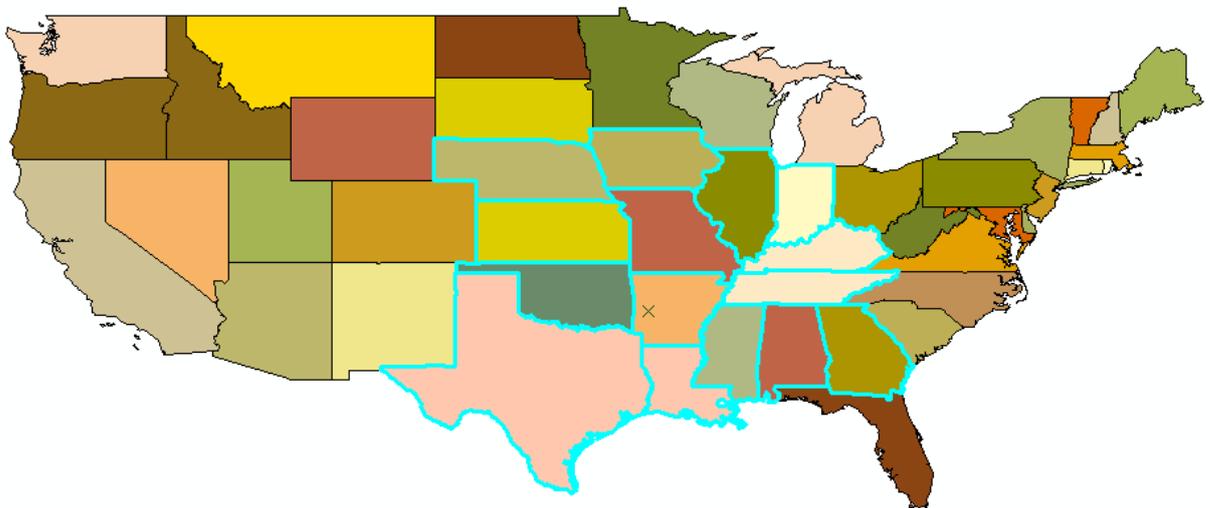


圖 5-5 以屬性表查詢 Brown Recluse Spider 分布

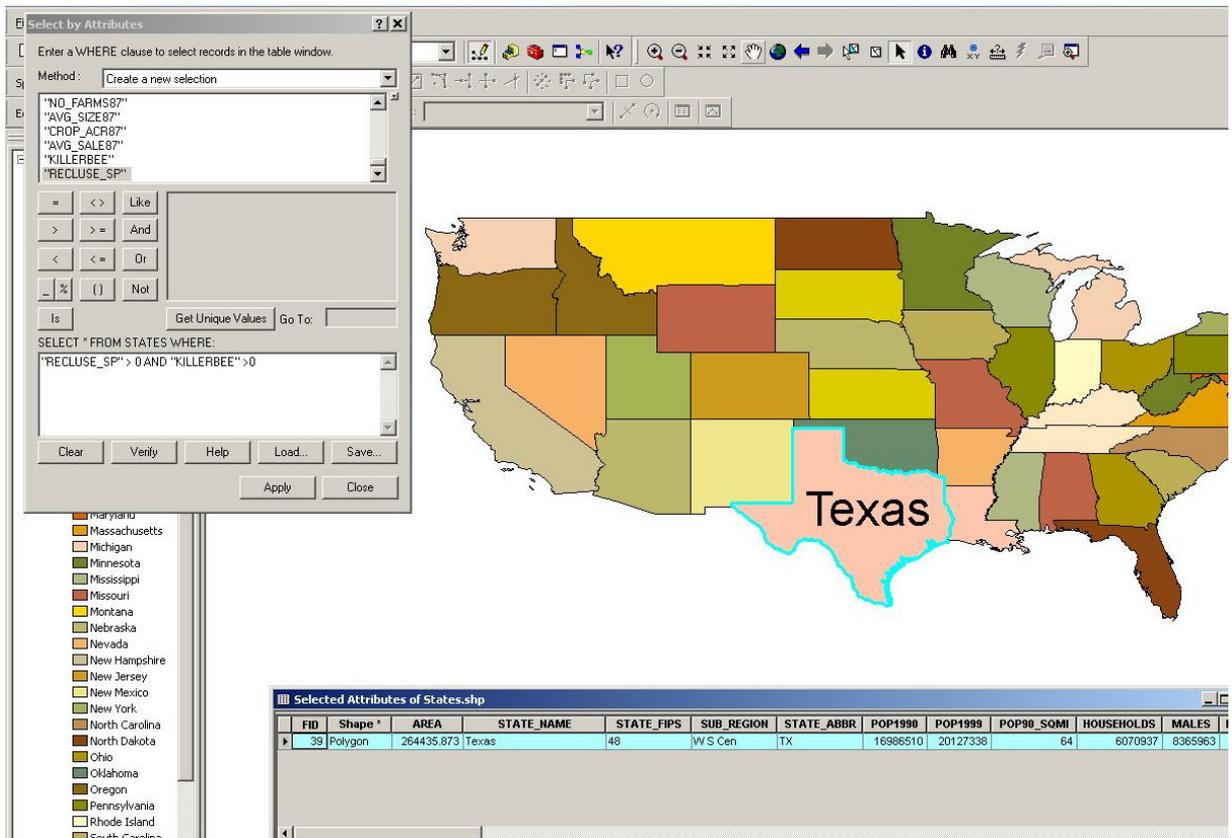


圖 5-6 查詢兩個物種分佈的交集

5-3 練習二 運用網路上之現有 GIS 資料

本練習單元運用 ArcMap 讀入 ArcGIS 資料(包含台灣邊界圖資、台灣集水區邊界圖資、台灣河川圖資及桃園與南投土壤分類圖)、桃園及南投 DTM 資料與 MODIS 影像資料，上述資料讀入結果如下所示：

- County boundaries
- Watershed boundaries
- River Map

Metadata:

Ellipsoid=GRS-1980
Datum=TWD67
Map projection=TM-2
Units=m



圖 5-7 縣市界、集水區、河川圖資套疊成果

- DTM

Metadata:

Ellipsoid=GRS-1980
Datum=TWD67
Map projection=TM-2
Units=m
Resolution=40m

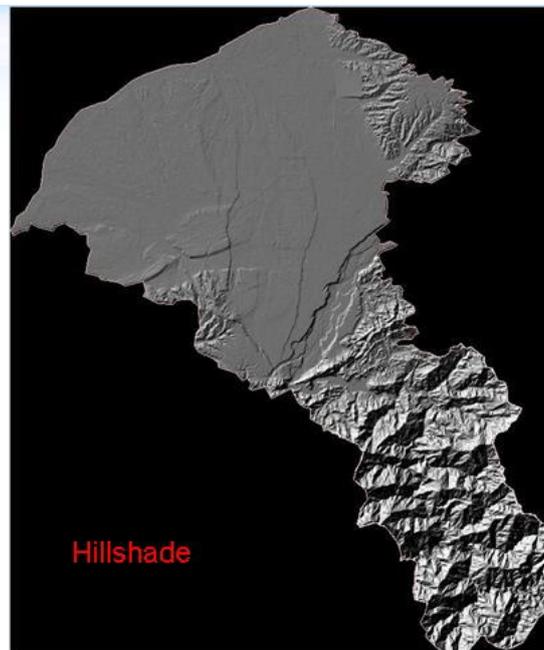


圖 5-8 數值地型模型(DTM)

- MODIS image dataset
launched by NASA in 1999.
36 spectral bands from 400nm-1440nm
2 bands @ 250m
5 bands @ 500m
29 bands @ 1km
Metadata:
Ellipsoid=WGS-1984
Units=lat/long

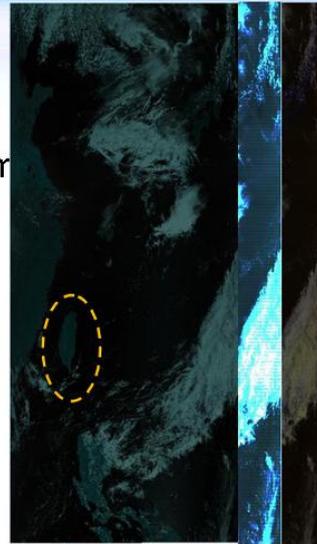


圖 5-9 MODIS 衛星影像

並利用上述資料製作一張主題圖，本報告以製作台灣主要河川集水區主題圖為例，製作步驟如下：首先加入台灣行政區、河川、集水區圖層

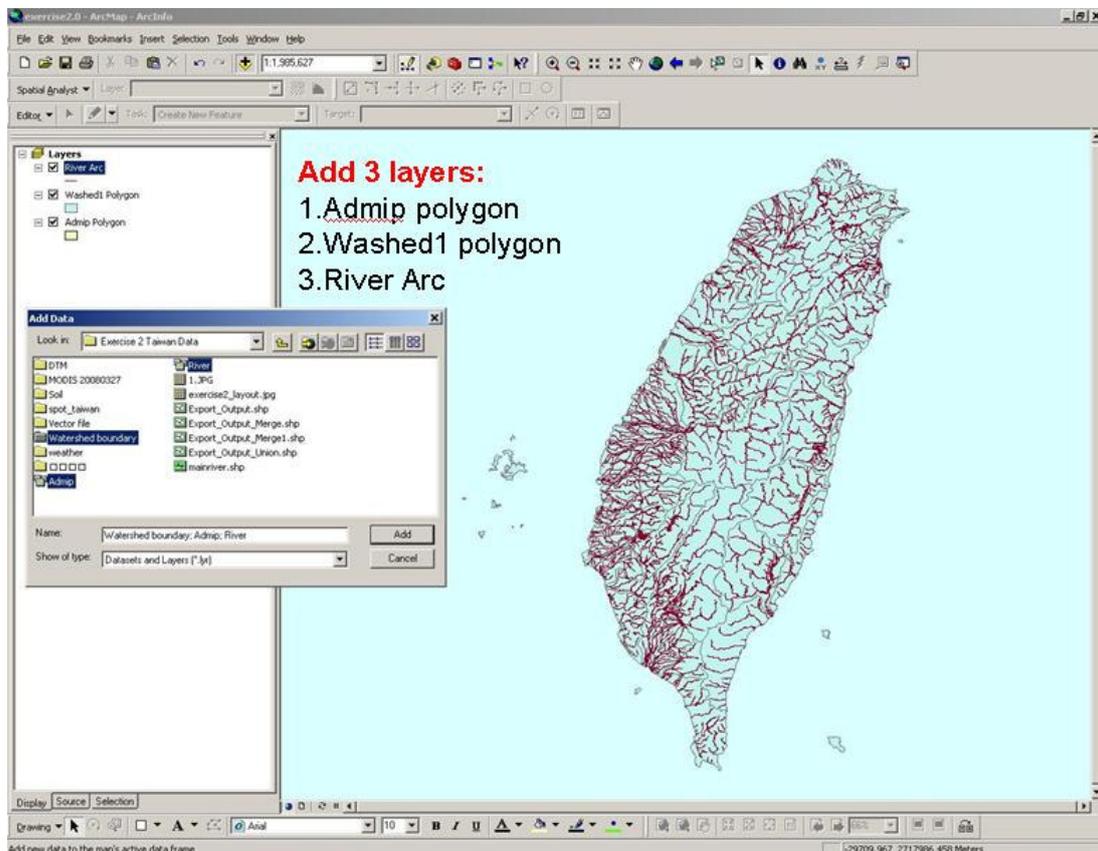


圖 5-10 開啟圖層

開啟河川圖層屬性表(Open the Attribute Table)，選取主要河川(Class=1)

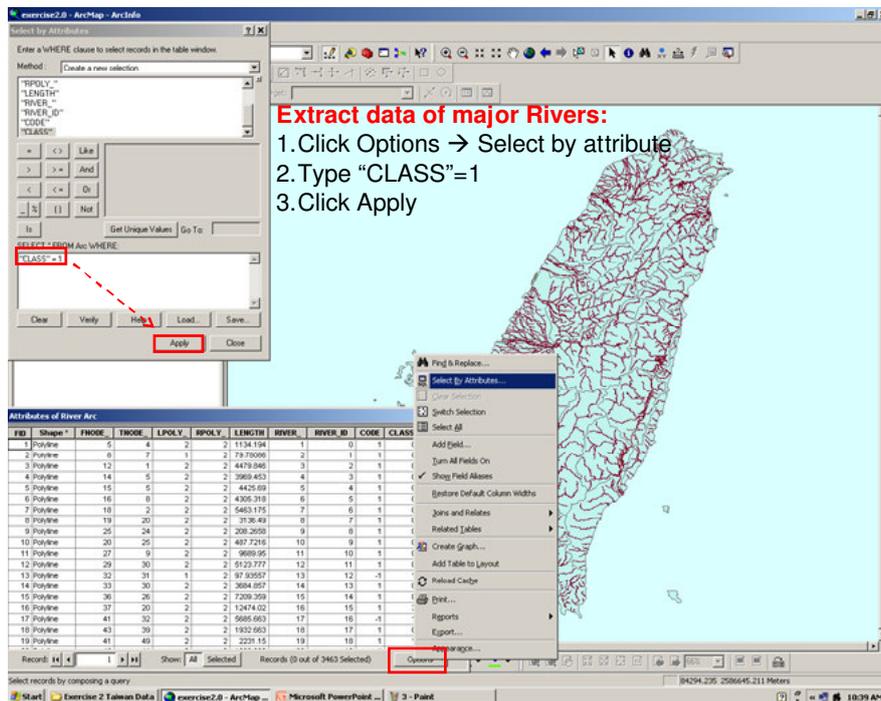


圖 5-11 以屬性表選取主要河川

將選取到的主要河川匯出成 shape file 檔，命名該檔後加入該圖層。

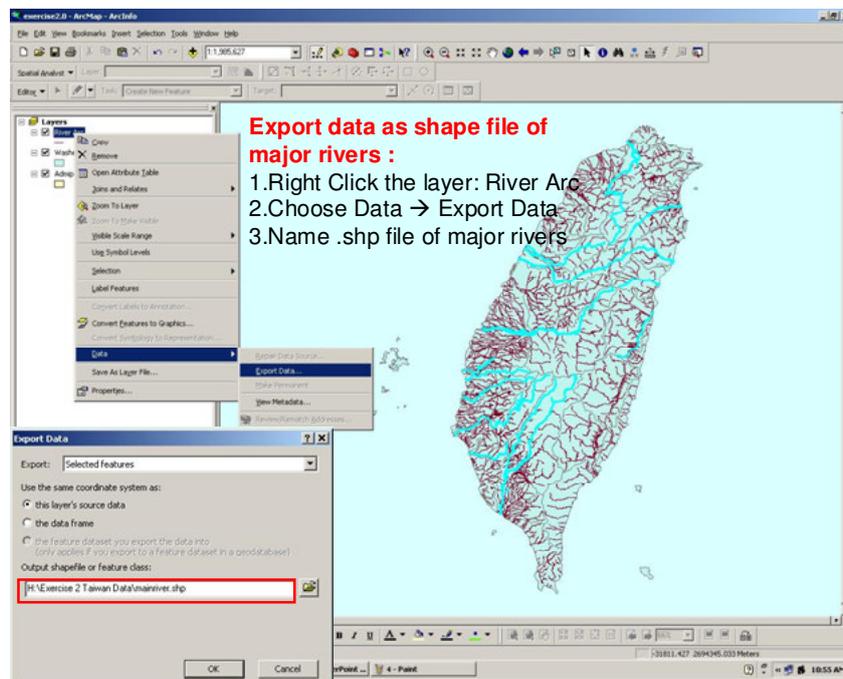


圖 5-12 匯出主要河川圖層

以選取按鈕選取主要河川集水區，並將選取結果匯出成 shape file 檔。

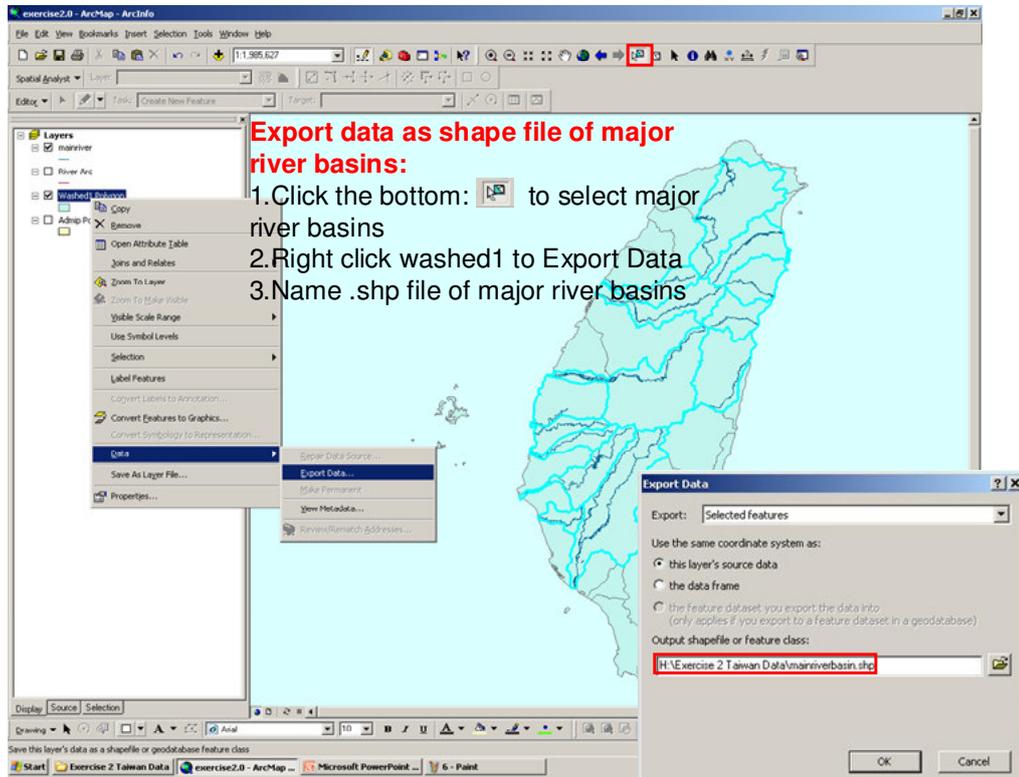


圖 5-13 匯出主要集水區圖層

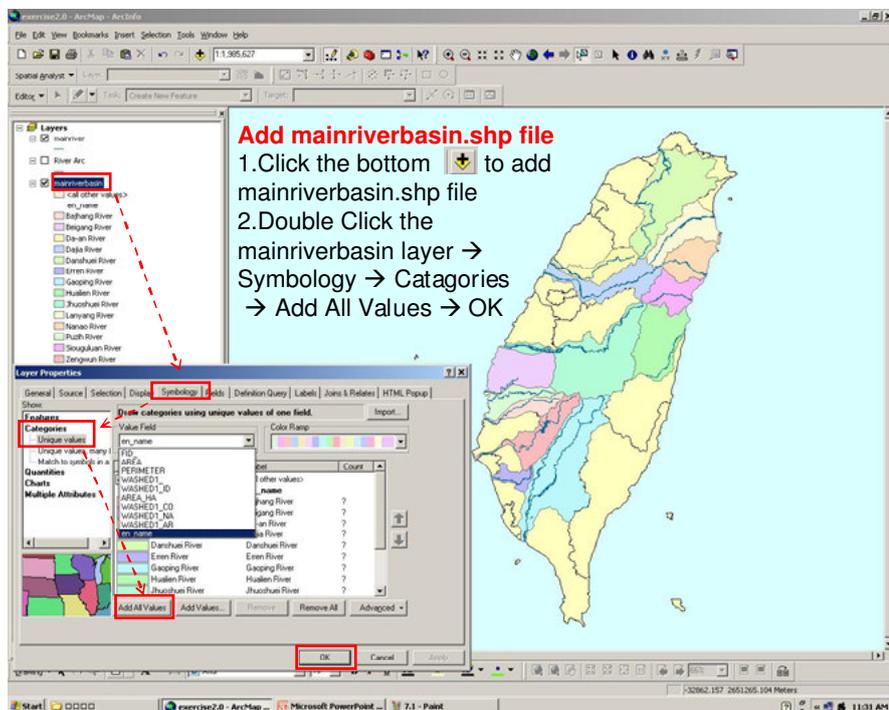


圖 5-14 以顏色區分各集水區

最後增加各集水區標籤，利用 Layout 功能佈置主題圖，並增加圖例、指北針及比例尺等，便於主題圖閱讀。

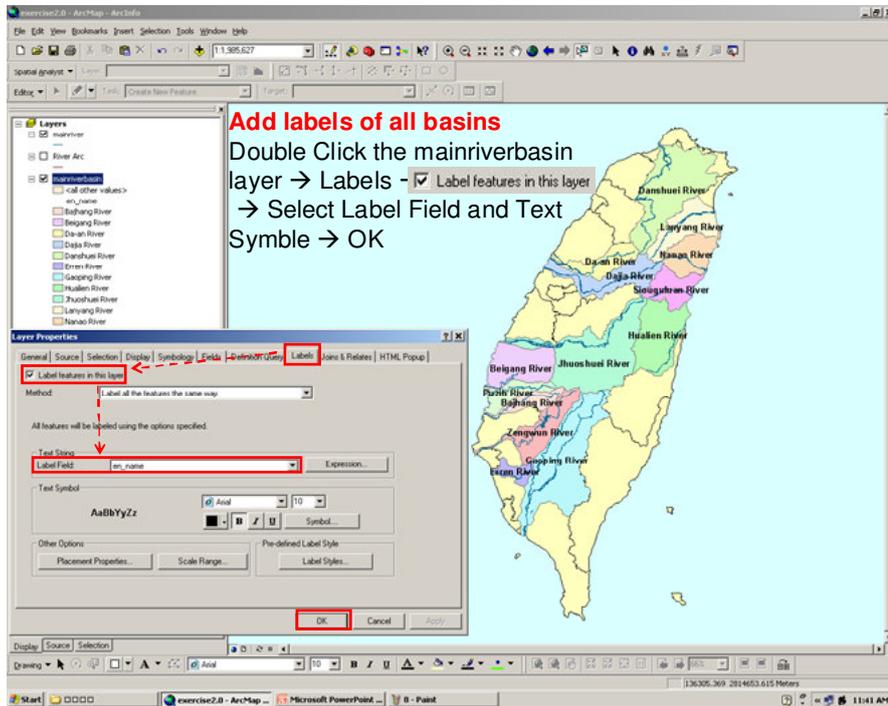


圖 5-15 佈置主題圖之過程

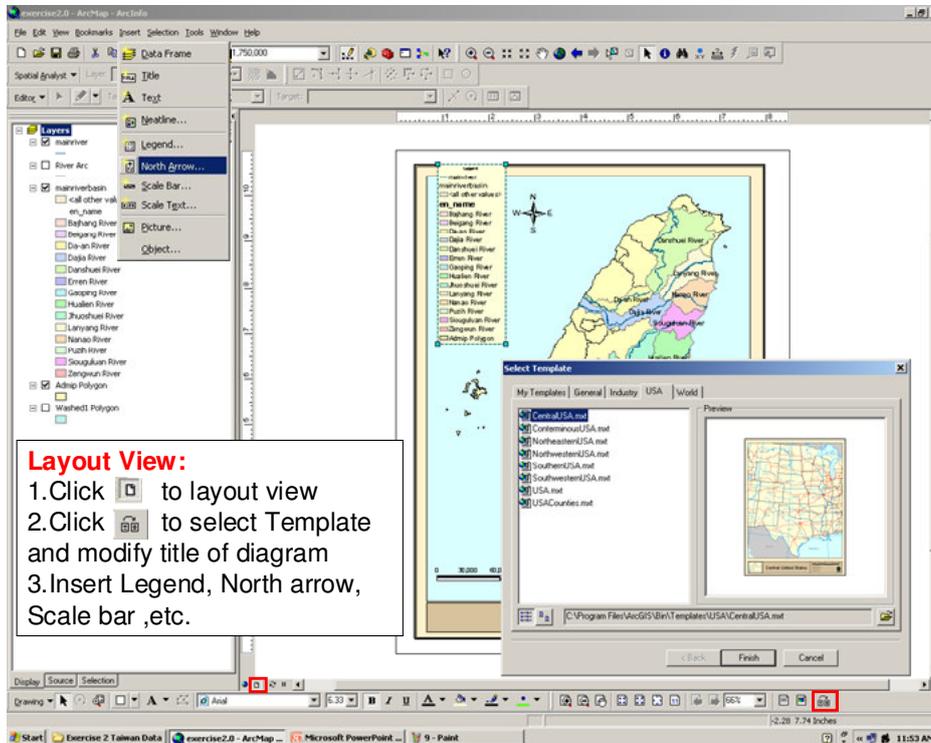


圖 5-16 輸出主題圖

台灣主要河川集水區之主題圖如下圖所示：

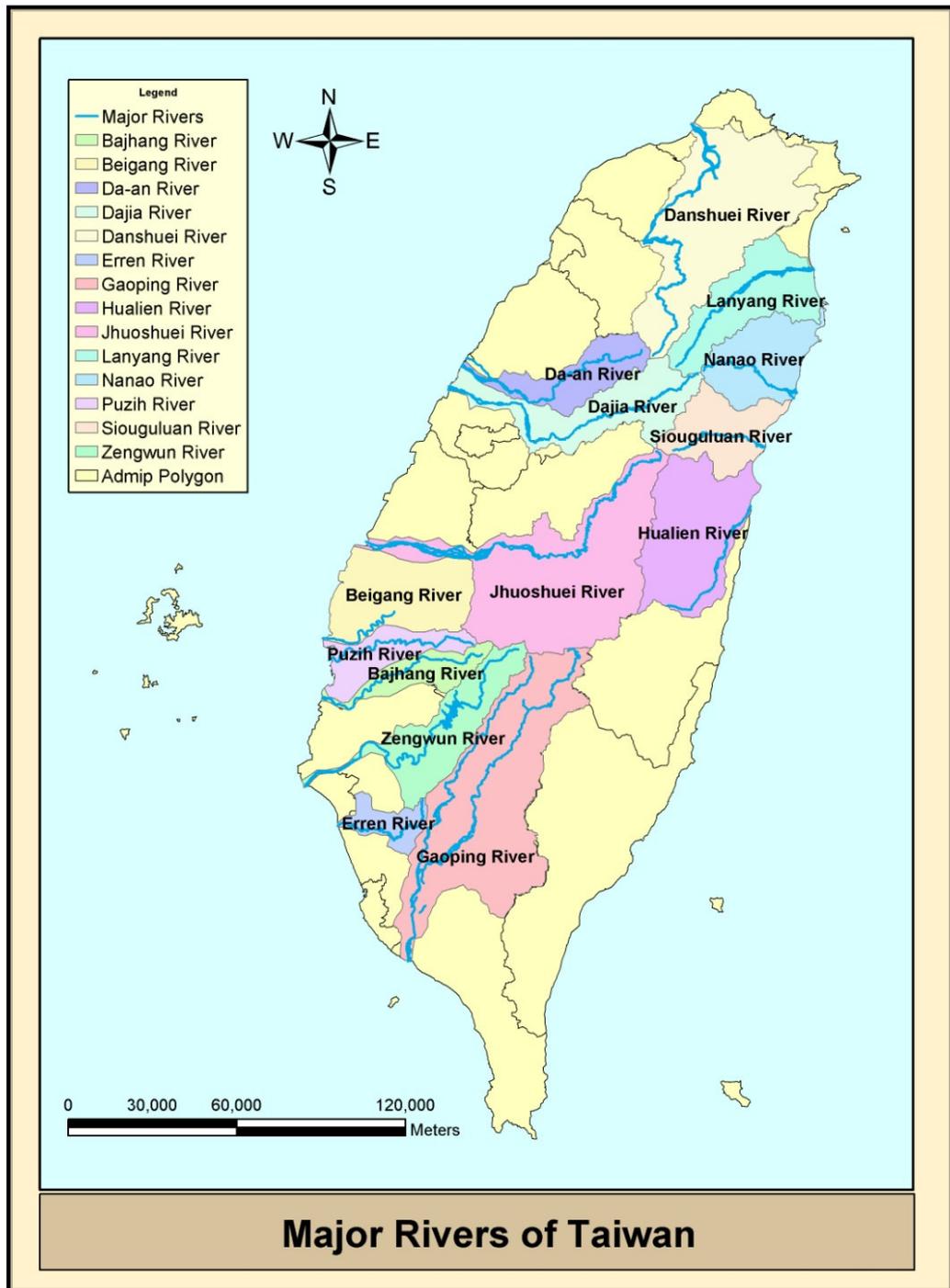


圖 5-17 主題圖輸出成果

5-4 練習三 影像資料幾何校正

本練習單元練習針對 MODIS 影像進行幾何校正，並裁剪出感興趣的研究區域(Area of Interest)。首先利用 ERDAS Imagine 軟體之 Import 模組匯入 MODIS 影像，其影像解析度共分為 250m、500m 及 1000m 三種，檔案格式為.HDF 檔，由匯入完成後的原始影像可發現影像中的台灣有些許扭曲的現象，下圖是尚未設定投影座標及幾何校正的原始圖像。

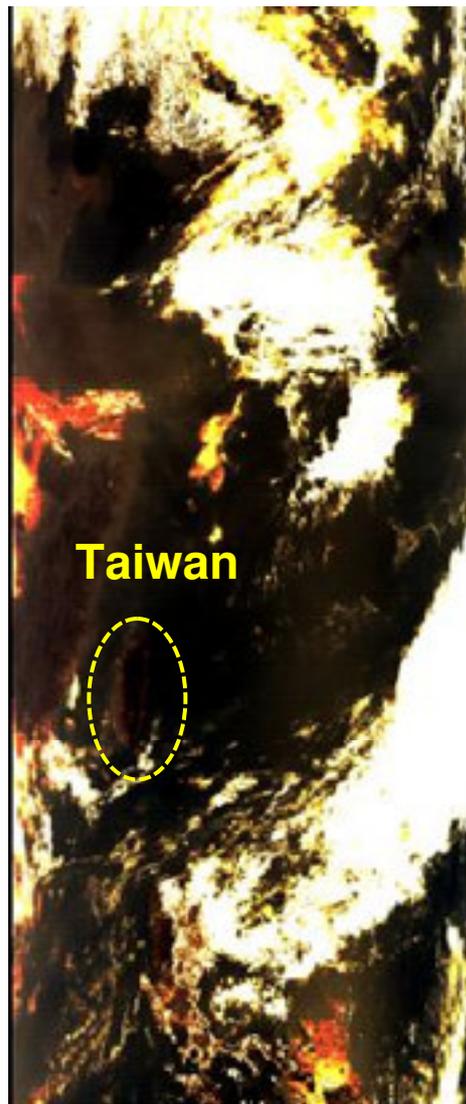


圖 5-18 MODIS 衛星原始影像

匯入原始影像後，進行幾何校正前須設定投影座標(UTM WGS84 North, UTM Zone51)及指定重新採樣的方法(Nearest Neighbor)，指定投影座標即是賦予影像座標系統，以便後續的幾何校正作業，下圖為設定投影座標後的 MODIS 影像。

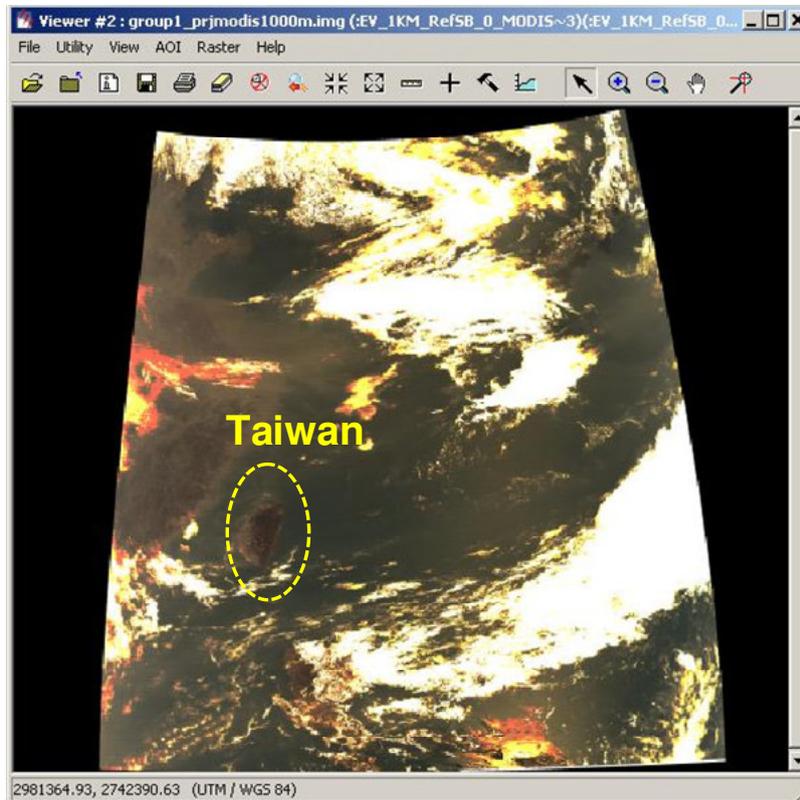


圖 5-19 設定投影座標後的 MODIS 影像

接著利用 Geometric Correction tool 選定台灣 SPOT 影像作為參考影像進行幾何校正作業，選定 15 至 20 點地面控制點 (Ground Control Point) 以校正各解析度之 MODIS 影像，GCP 選定過程如下圖所示。

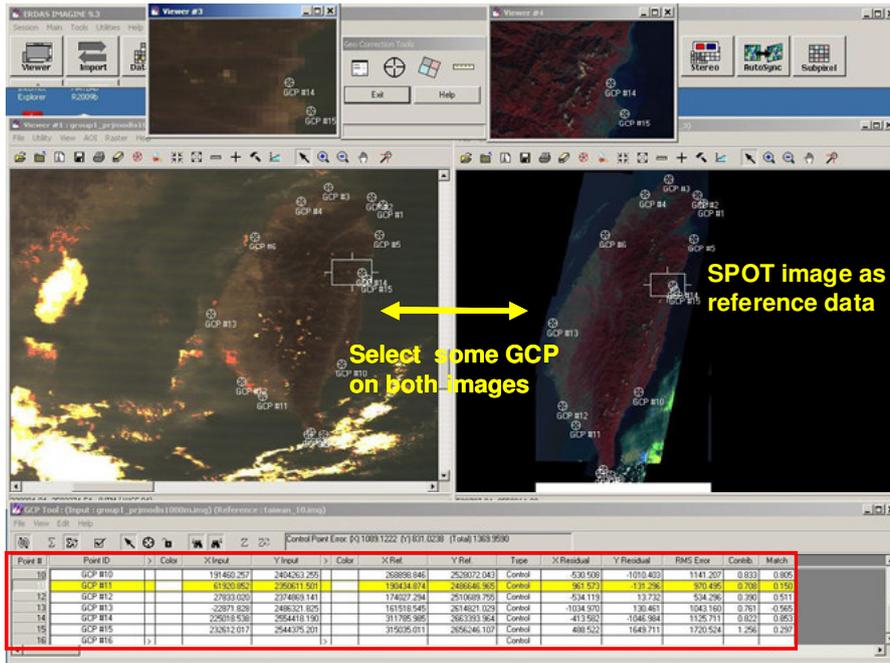


圖 5-20 GCP 選定過程

再套疊台灣邊界向量圖檔，可看出向量邊界線與校正後之 MODIS 影像吻合良好。

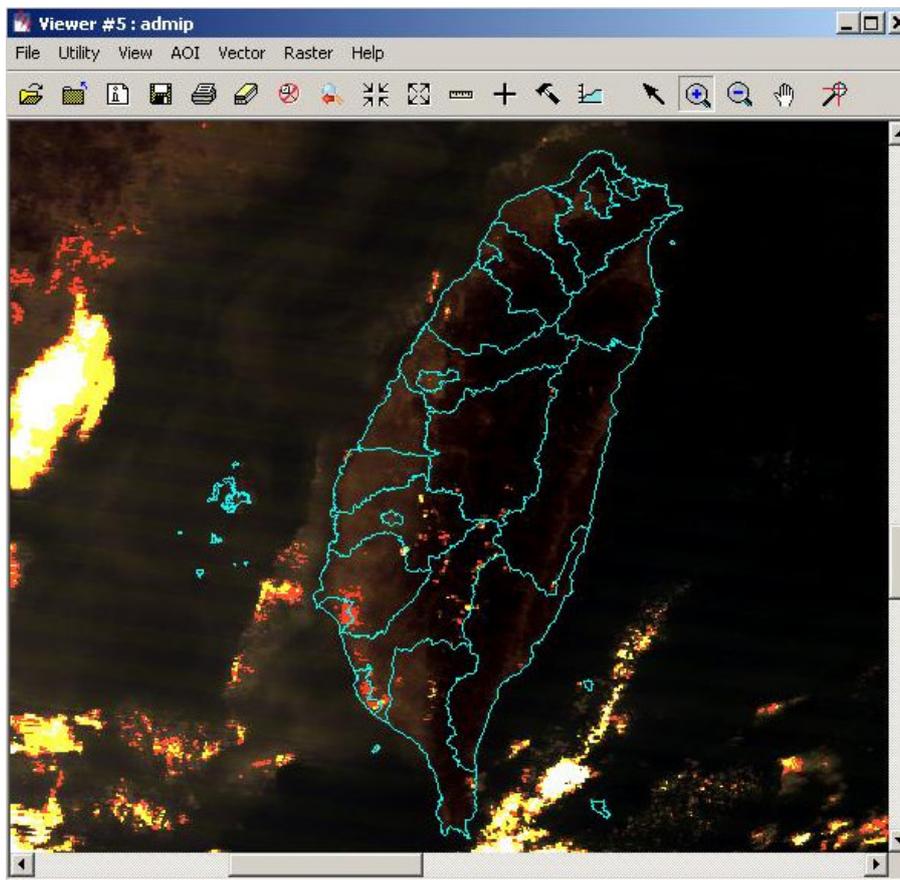
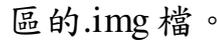


圖 5-21 經過幾何校正之衛星影像

針對校正後之影像進行研究區域的裁剪，本報告選定研究區域為桃園地區，套疊桃園邊界圖層與校正後影像，選定該區域並儲存成 AOI 檔案，以 ERDAS DataPrep 功能裁剪出桃園地區的檔。

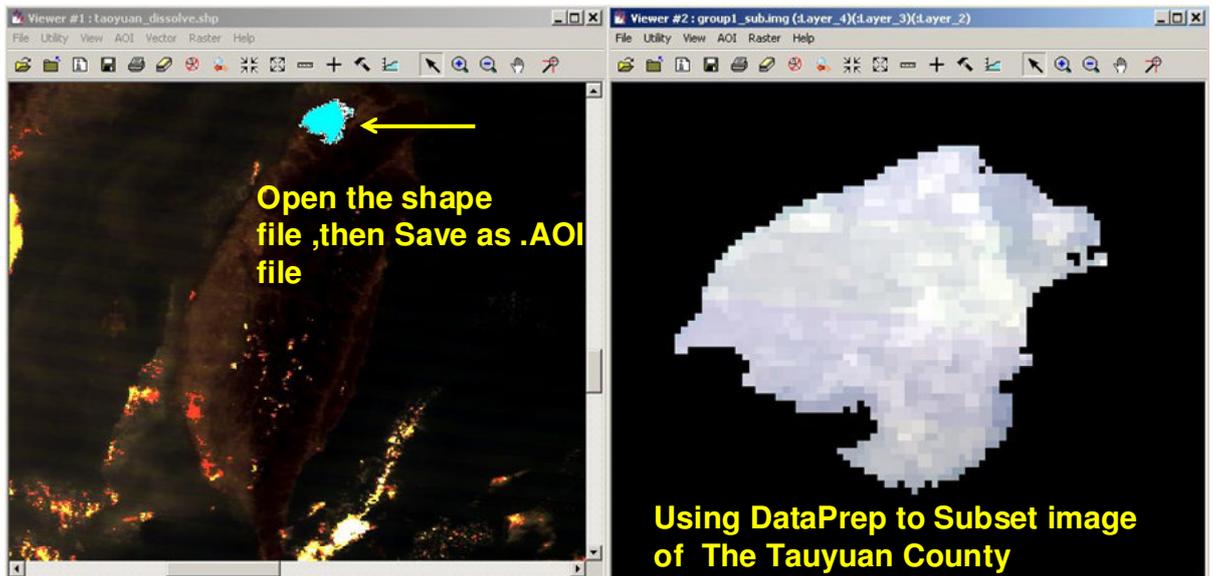


圖 5-22 裁切興趣範圍之影像

5-5 練習四：光譜範圍影像處理

該練習可分作三部份，第一部份為 MODIS 影像的預覽，以 ArcMap 調整不同光譜波段來顯示 RGB 三波段。第二部份為製作解析度 250m 之 MODIS 影像的植被指數 NDVI。第三部份為利用 ERDAS DataPrep 中的 Unsupervised Classification 製作解析度 500m 之 MODIS 影像非監督式分類圖，分類類別為 30 類。

一、MODIS 影像預覽

解析度 1000m：以 MODIS 影像第 14 波段表示紅光段、第 12 波段表示綠光段，第 9 波段表示藍光段，光譜波段調整後影像如下。

Adjust bands to display the image

R→MODIS Band 14
G→MODIS Band 12
B→MODIS Band 9

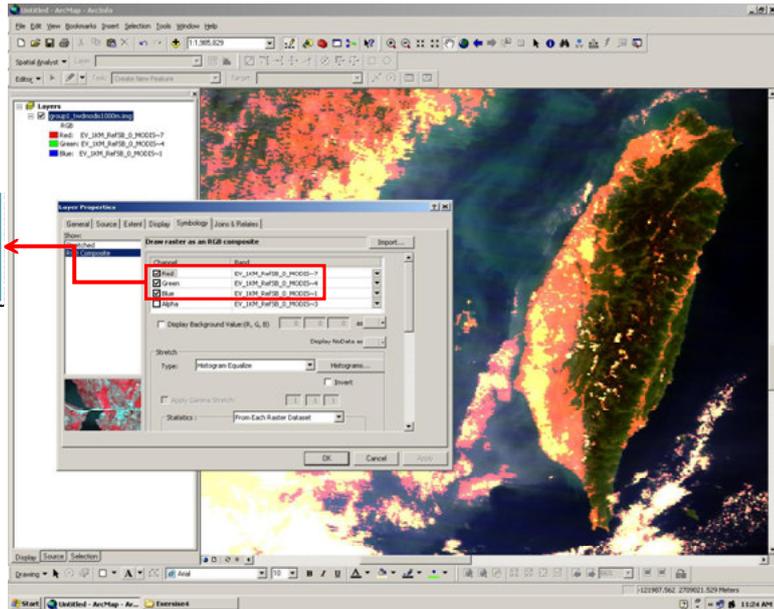


圖 5-23 利用不同波段組合展現 1000m 解析度衛星影像

解析度 500m：以 MODIS 影像第 6 波段表示紅光段、第 4 波段表示綠光段，第 3 波段表示藍光段，光譜波段調整後影像如下。

Adjust bands to display the image

R → MODIS Band6
G → MODIS Band4
B → MODIS Band3

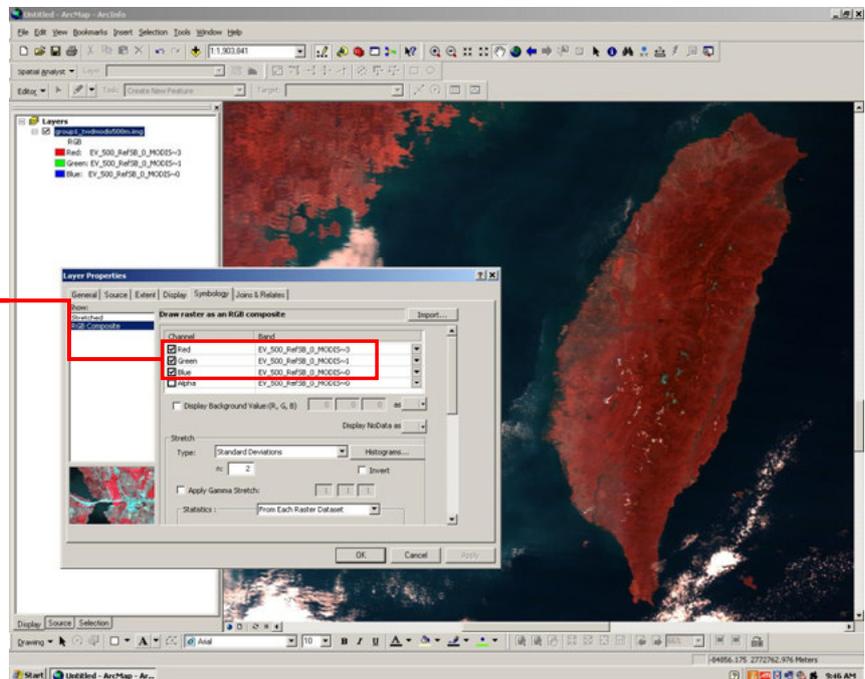


圖 5-24 利用不同波段組合展現 500m 解析度衛星影像

解析度 250m：由於該解析度僅有兩波段，因此經過波段堆疊(Stack)後，以解析度 500m 之 MODIS 影像第 4 波段表示綠光段、第 3 波段表示藍光段，而原解析度 250m 的第 1 波段表示紅光段，光譜波段調整後影像如下。

Export and stack bands data to display the image

Stack Band :
R→Band 1 (250m)
G→Band 4 (500m)
B→Band 3 (500m)

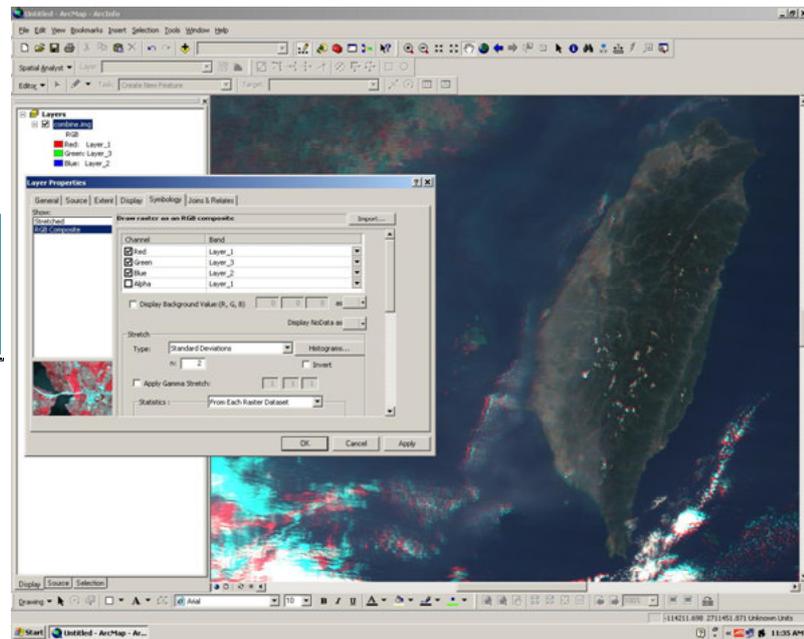


圖 5-25 利用不同波段組合展現 250m 解析度衛星影像

二、製作植生變異指標 (NDVI) 圖

利用 ERDAS Imagine 製作桃園地區 NDVI，其製作流程及結果如下圖所示。

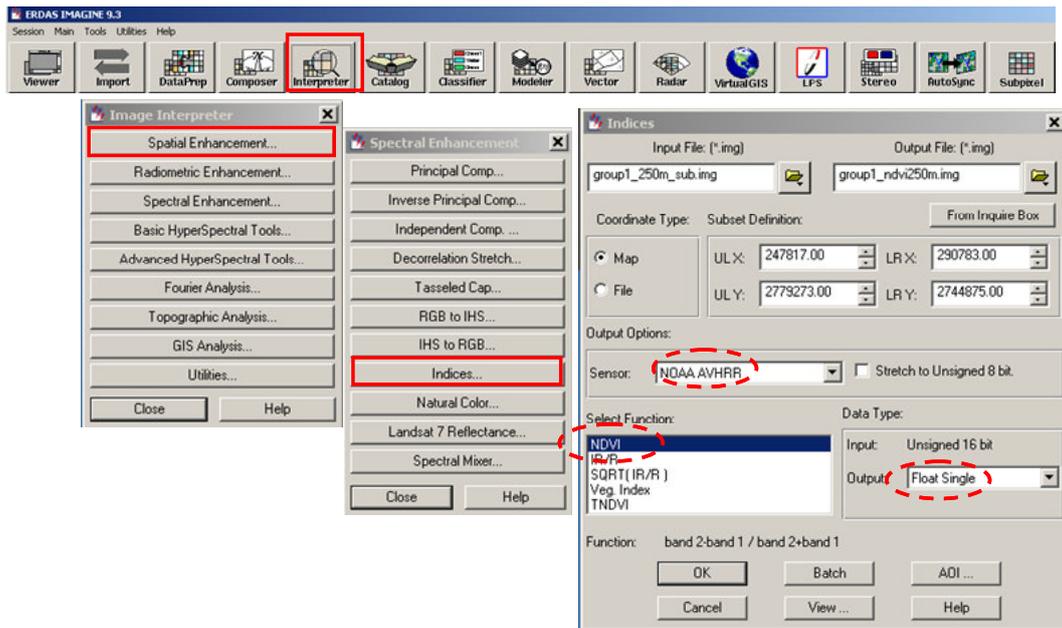


圖 5-26 製作植生變異指標（NDVI）圖流程

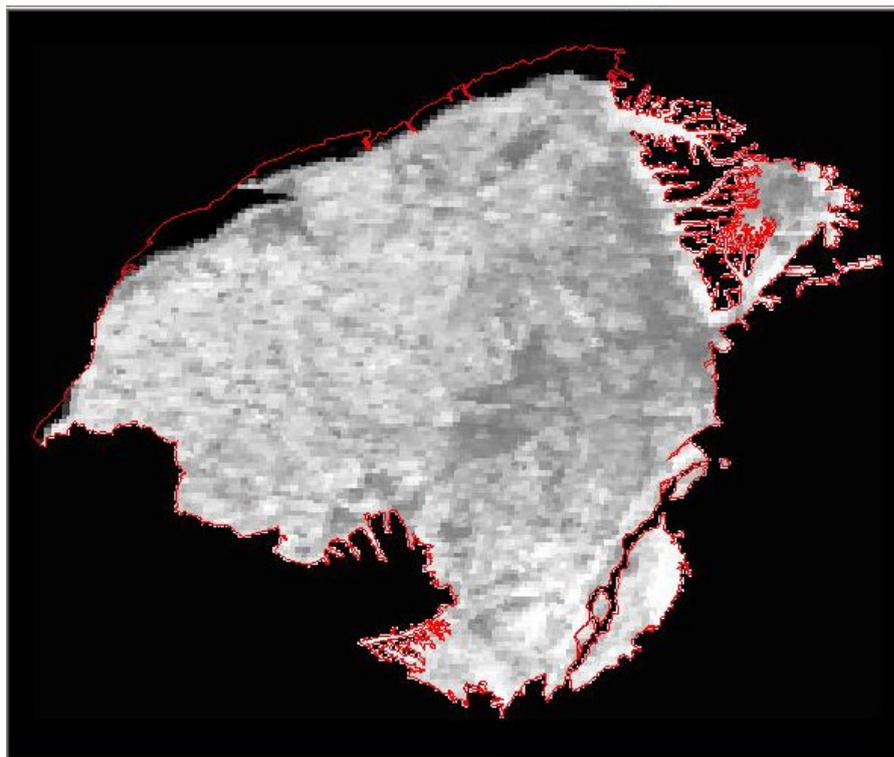


圖 5-27 植生變異指標（NDVI）圖

藉著比較 NDVI 圖(水體-黑色，道路和裸地-深灰色，植物-淺灰色)與經波段調整後的解析度 500m 影像，可約略概分地表分類如下圖：

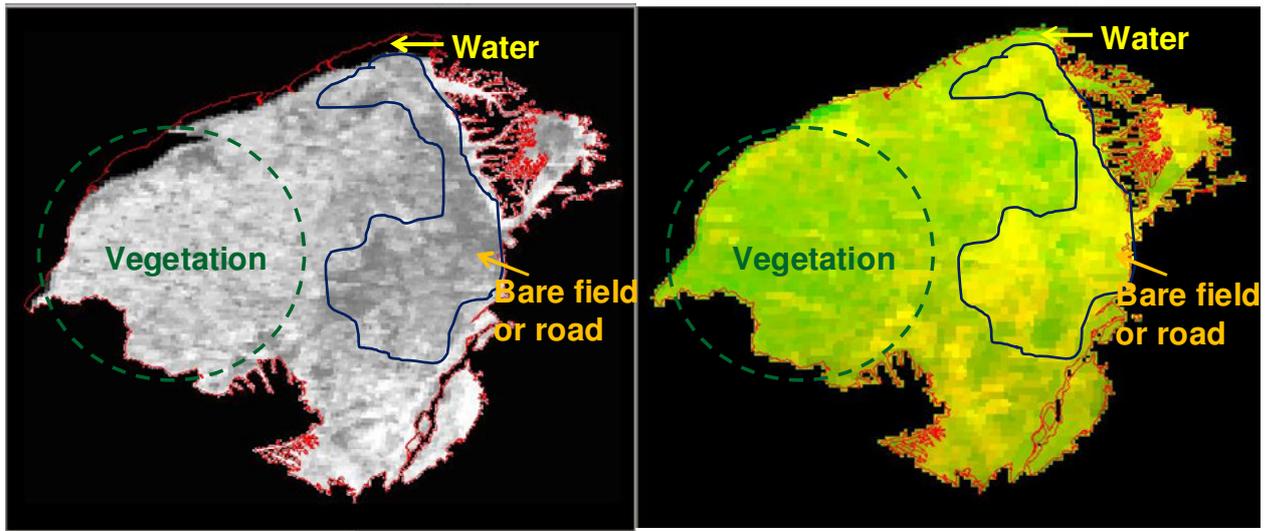


圖 5-28 植生變異指標地表物分類結果

三、製作非監督式分類成果

利用 ERDAS 的 DataPrep 功能，將解析度 500m 的影像，以非監督式分類法將地表覆蓋分成 30 類，並分別賦予各類別不同顏色，非監督式分類過程及結果如下圖所示。

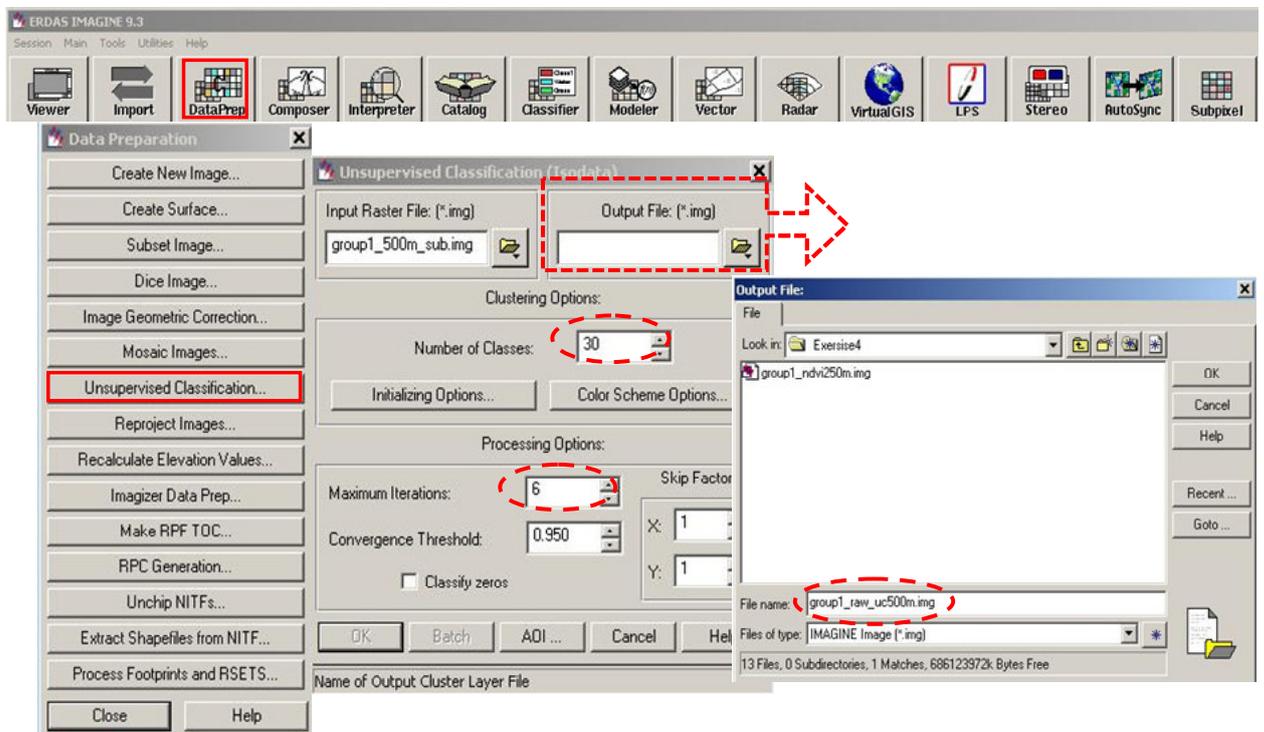


圖 5-29 監督式分類過程

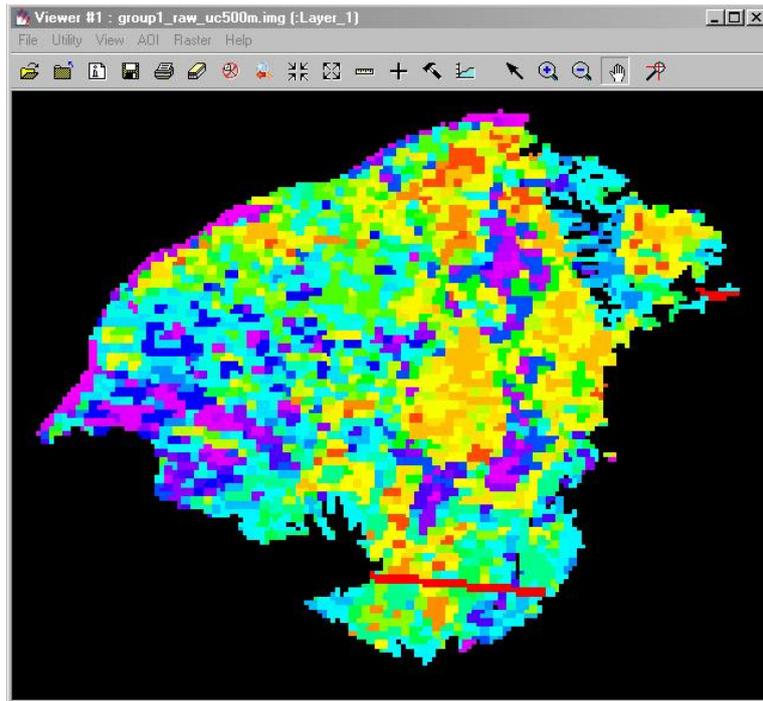


圖 5-30 監督式分類結果

5-6 練習五：重新編碼地表覆蓋與產生地形坡度

本練習單元中，我們將對練習四所得之非監督式分類成果重新進行地表辨識及編碼，以便後續練習指定逕流係數(Runoff Coefficients)及 CN (Curve Number) 值。利用 ERDAS Cursor 功能我們可以定位出影像中某一點之座標及其非監督式分類類別，再透過 google map 找到同一點位之地表真實資料，根據標準地表覆蓋類別表(如下二表)進行地表重新分類，其步驟如圖 5-31 所示。

表 5-1 Landcover Categories for Curve Number

Landcover Categories for Curve Number	
0	Blank(margin, Non-identifiable pixels)
1	Forestland
2	Rangeland
3	Agriculture(with crops on it)
4	Urban
5	Wetland
6	Water
7	Barren land

表 5-2 Landcover Categories for Runoff Coefficients

Landcover Categories for Runoff Coefficients	
0	Blank(margin, Non-identifiable pixels)
1	Woodland
2	Pasture
3	Cropland(with crops on it)
4	Urban

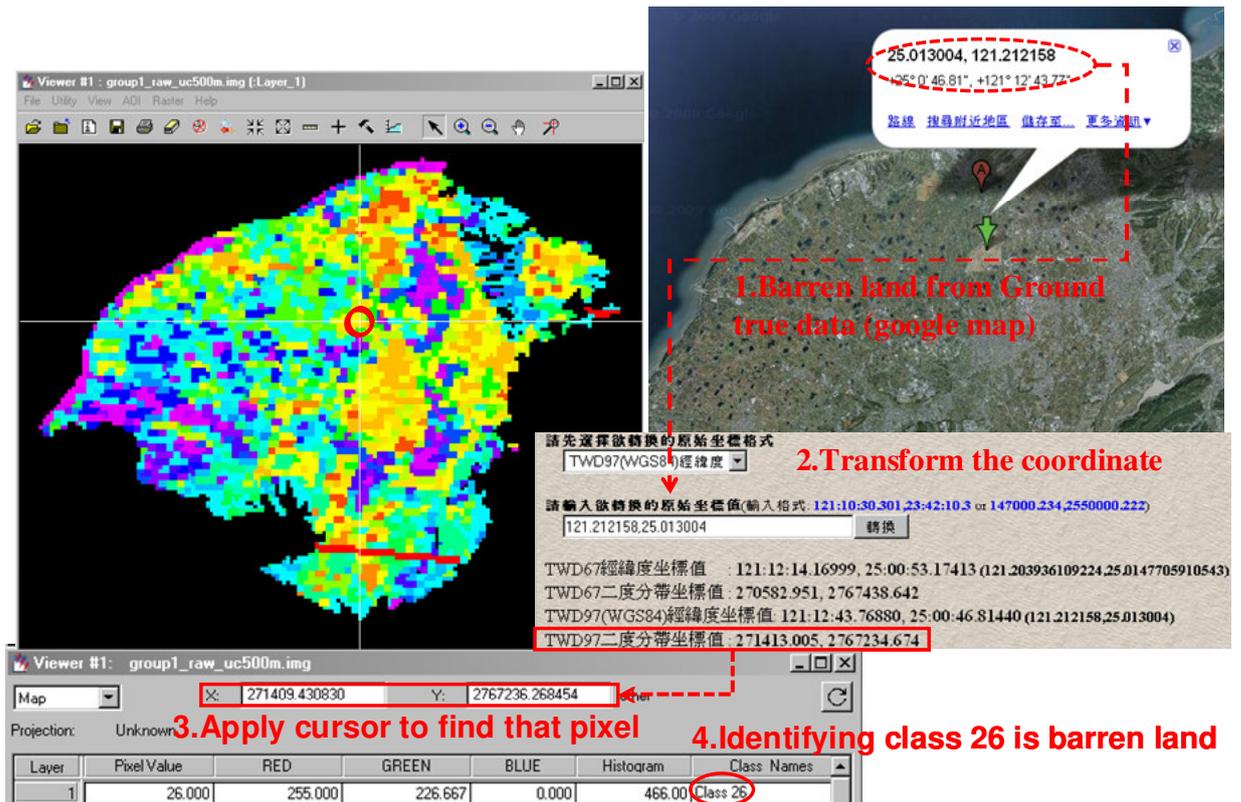


圖 5-31 地表重新分類

地表重新分類後，再利用 Imagine 之 Raster Recode 模組，依據標準地表覆蓋類別予以重新編碼。為後續求得 Curve Number，本報告將地表分作 7 類，Runoff Coefficients 則分作 4 類，下圖表示分類前後地表類別為 30 類變成 7 類及 4 類，並加以重新編碼。

• Before

Row	Histogram	Color	Red	Green	Blue	Opacity	Class Names
0	10109		1	0	1	0	Unclassified
1	124		0.97	0	1	1	Class 1
2	365		0.89	0	1	1	Class 2
3	216		0.75	0	1	1	Class 3
4	349		0.55	0	1	1	Class 4
5	236		0.3	0	1	1	Class 5
6	380		0	0	1	1	Class 6
7	412		0	0.3	1	1	Class 7
8	191		0	0.55	1	1	Class 8
9	217		0	0.75	1	1	Class 9
10	402		0	0.89	1	1	Class 10
11	263		0	0.97	1	1	Class 11
12	440		0	1	1	1	Class 12
13	446		0	1	0.97	1	Class 13
14	597		0	1	0.89	1	Class 14
15	445		0	1	0.75	1	Class 15
16	526		0	1	0.55	1	Class 16
17	273		0	1	0.3	1	Class 17
18	343		0	1	0	1	Class 18
19	587		0.3	1	0	1	Class 19
20	432		0.55	1	0	1	Class 20
21	512		0.75	1	0	1	Class 21
22	332		0.89	1	0	1	Class 22
23	484		0.97	1	0	1	Class 23
24	269		1	1	0	1	Class 24
25	323		1	0.97	0	1	Class 25
26	466		1	0.89	0	1	Class 26
27	486		1	0.75	0	1	Class 27
28	210		1	0.55	0	1	Class 28
29	241		1	0.3	0	1	Class 29
30	93		1	0	0	1	Class 30

• After

Recoding

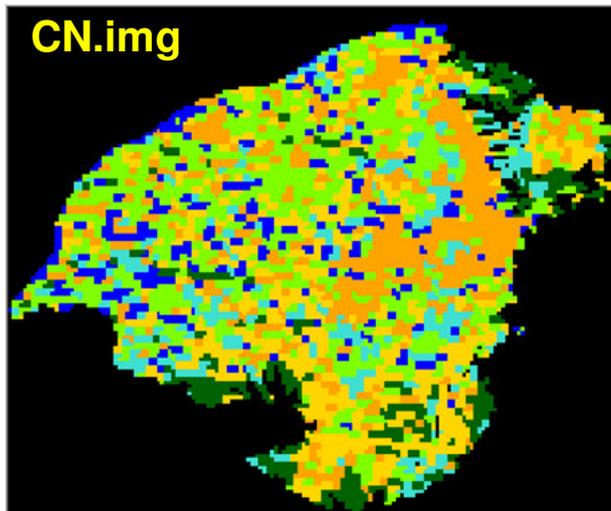
CN		RC	
water	6	unidentifiable	0
agriculture	3	agriculture	3
agriculture	3	agriculture	3
wetland	5	unidentifiable	0
agriculture	3	agriculture	3
water	6	unidentifiable	0
wetland	5	unidentifiable	0
wetland	5	unidentifiable	0
wetland	5	unidentifiable	0
urban	4	urban	4
forest	1	forest	1
barren land	7	unidentifiable	0
forest	1	forest	1
agriculture	3	agriculture	3
barren land	7	unidentifiable	0
barren land	7	unidentifiable	0
forest	1	forest	1
urban	4	urban	4
agriculture	3	agriculture	3
urban	4	urban	4
water	6	unidentifiable	0
agriculture	3	agriculture	3
urban	4	urban	4
barren land	7	unidentifiable	0
barren land	7	unidentifiable	0
agriculture	3	agriculture	3
urban	4	urban	4
agriculture	3	agriculture	3
urban	4	urban	4
barren land	7	unidentifiable	0

Categories 30 → 7 30 → 4

圖 5-32 地表重新分類編碼

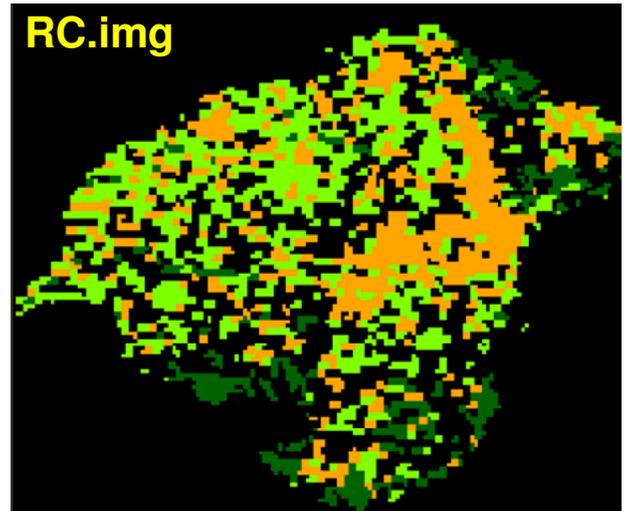
將重新分類及編碼後的地表分類以不同顏色表示，可得下列二圖，分別為 7 類的 CN.img 及 4 類的 RC.img，此二圖在後續練習中將與其他圖層套疊，用來決定 Curve Number 以及 Runoff Coefficients 的值。

由於 Runoff Coefficients 的決定除了與地表種類有關外，也和地表坡度及土壤種類相關，因此需藉由數值高程模式 DEM 資料，計算研究區域內之坡度，本報告中以 ArcMap 的 Spatial Analysis 中的 Surface Analysis 功能計算桃園地區坡度值，並將結果輸出成 ESRI GRID 格式檔。坡度計算結果分別以 2D 及 3D 圖展示如下，其單位為百分比。



New Thematic codes : 0 to 7

Row	Histogram	Color	Red	Green	Blue	Opacity	Class Names
0	10109		1	0	1	0	Unclassified
1	982		0	0.39	0	1	forestland
2	0		0.5	1	0	1	rangeland
3	3009		0.5	1	0	1	agriculture
4	2388		1	0.65	0	1	urban
5	1169		0.25	0.88	0.82	1	wetland
6	1016		0	0	1	1	water
7	2096		1	0.84	0	1	barren land

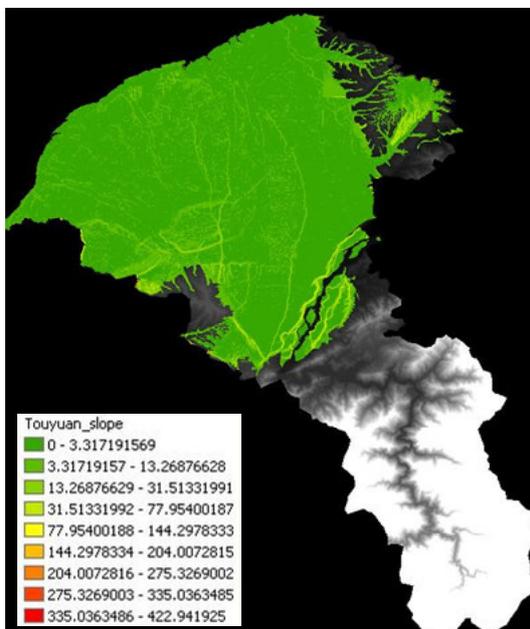


New Thematic codes : 0 to 4

Row	Histogram	Color	Red	Green	Blue	Opacity	Class Names
0	14390		1	0	1	0	Unclassified
1	982		0	0.39	0	1	woodland
2	0		0.5	1	0	1	pasture
3	3009		0.5	1	0	1	cropland
4	2388		1	0.65	0	1	urban

圖 5-33 重新編碼結果

2D



3D

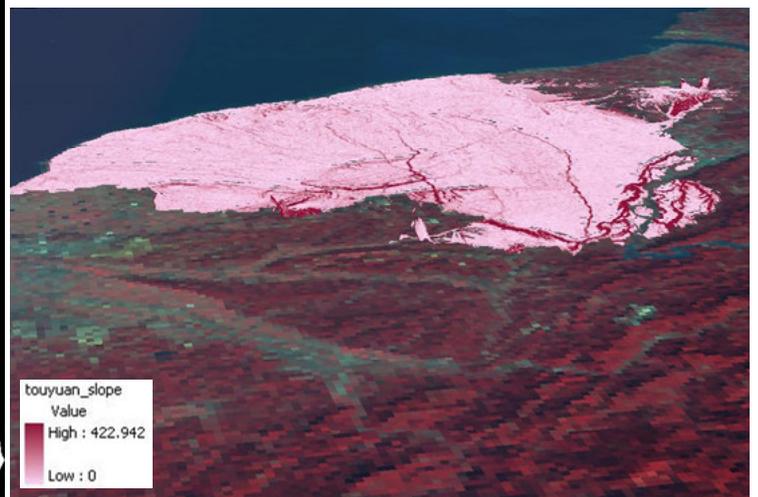


圖 5-34 坡度計算結果

5-7 練習六：逕流係數與 CN 值的推導

本練習中，將嘗試套疊不同圖層以決定逕流係數及 CN 值，並將結果輸出成圖 (Runoff Coefficients Map 及 Curve Number Map)。逕流係數的決定與地表覆蓋、土壤種類及地表坡度有關，可參閱表 5-3；而 CN 值的決定則與地表覆蓋、土壤排水特性及土壤臨前含水量有關，可參閱下表 5-4。

表 5-3 Runoff Coefficients for Rational Method

Value of the Runoff Coefficients C			
Soil texture Landcover And Topography	Open loam	Sandy Clay and Silt loam	Tight Clay
Woodland			
Flat, 0-5% slope	0.10	0.30	0.40
Rolling, 5-10% slope	0.25	0.35	0.50
Hilly, 10-30% slope	0.30	0.50	0.60
Pasture			
Flat	0.10	0.30	0.40
Rolling	0.16	0.36	0.55
Hilly	0.22	0.42	0.60
Cropland			
Flat	0.30	0.50	0.60
Rolling	0.40	0.60	0.70
Hilly	0.52	0.72	0.82
Urban			
Flat	0.40	0.55	0.65
Rolling	0.50	0.65	0.80

表 5-4 Curve Number for SCS Method

HSG ²	A			B			C			D		
AMC ³	I	II	III									
Agricultural	52	72	86	64	81	91	75	88	94	81	91	96

Land												
Rangeland	18	35	55	35	56	75	49	70	84	58	77	89
Forestland	19	36	56	39	60	78	53	73	86	61	79	90
Wetland	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Water	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Barrenland	58	77	89	72	86	93	81	91	96	87	94	97
Urban	77	89	95	83	92	96	86	94	97	89	95	98

Hydrologic soil group [A = well-drained/high permeability (7.62-11.43 mm/hr infiltration rate), B = well-to moderately-drained/ moderate permeability (3.81-7.62 mm/hr infiltration rate), C = moderately- to poorly-drained/low permeability (1.27-3.81 mm/hr infiltration rate), D = poorly-drained/very low permeability (0-1.27 mm/hr infiltration rate)]

Antecedent moisture condition [I = dry(five-days antecedent rainfall < 12.7mm for dormant season or < 35.6mm for growing season), II = average(five-days antecedent rainfall < 12.7-27.9mm for dormant season or 35.6mm-53.3mm for growing season), III = wet(five-days antecedent rainfall > 27.9mm for dormant season or >53.3mm for growing season)]

逕流係數圖繪製步驟說明如下，首先根據下表重新分類土壤種類及練習 5 之坡度資料，將原本 11 類的土壤種類重新分成 4 類，坡度則分為 3 類，並將兩者分類結果重新匯出成 shape.file 檔。再來以同樣方法將 RC.img 匯出成 shape.file 檔，最後進行三個圖層套疊，並依上述表格決定逕流係數，可得逕流係數圖如下。

表 5-5 土壤及坡度重分類參考表

Soil Categories for Runoff Coefficient	
0	No data
1,2,3,4,11	1 Open sandy loam
5,6,7,8	2 Clay and silt loam
9,10	3 Tight clay
7	Barren land

Terrain Slope Categories for Runoff Coefficients	
Slope 0-5%	1 Flat
Slope 5-10%	2 Rolling
Slope > 10%	3 Hilly

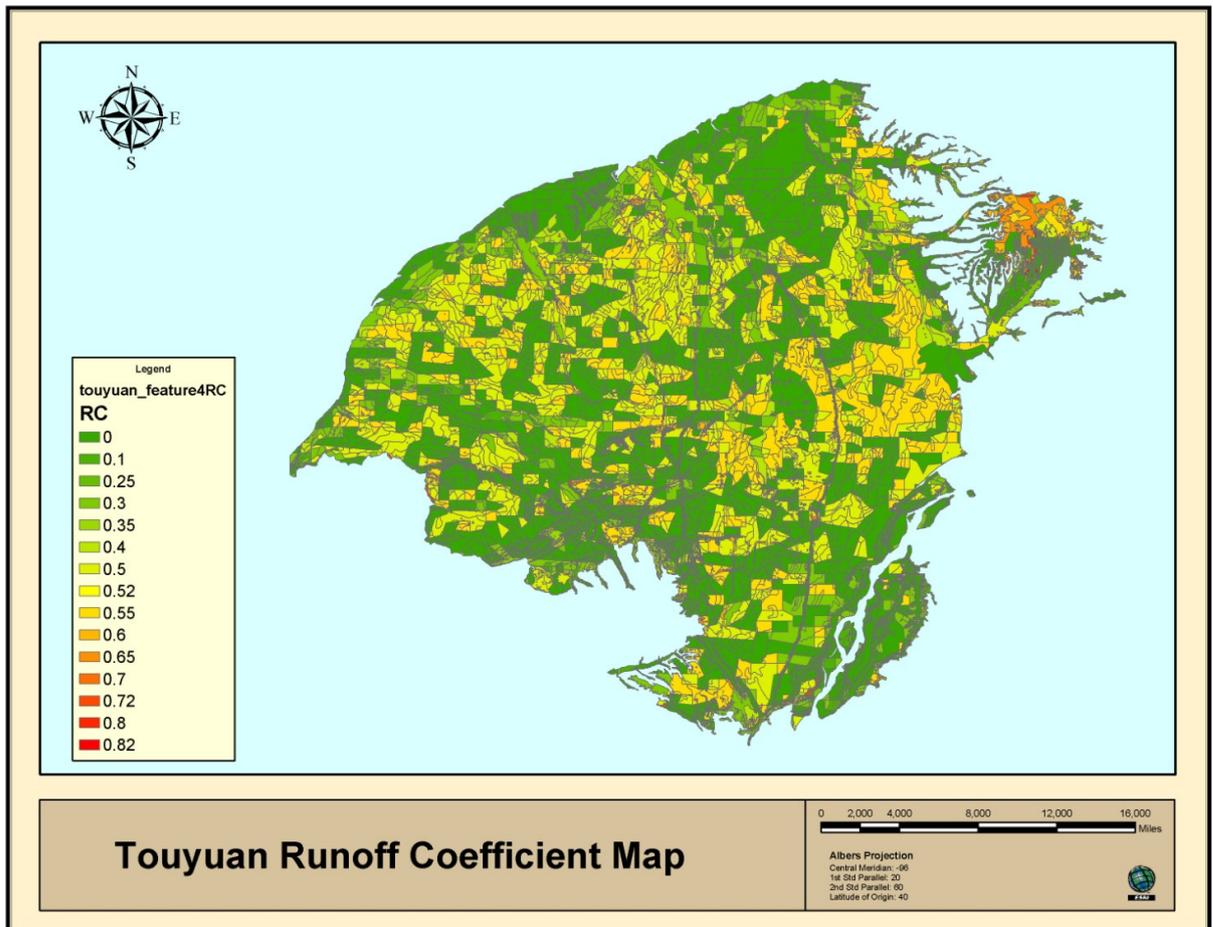
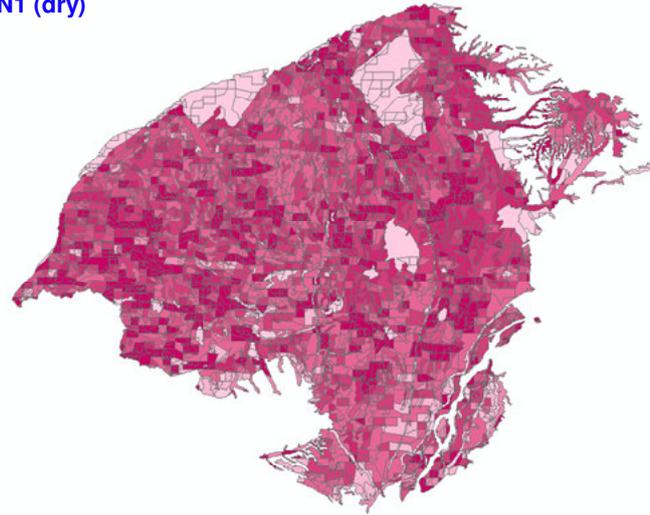


圖 5-35 桃園地區逕流係數圖

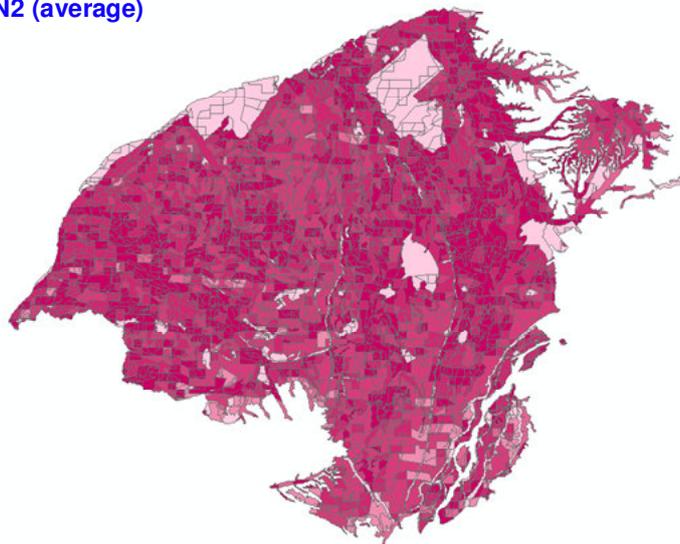
CN圖繪製主要是利用土壤圖層與練習 5 的 CN.img 進行套疊，依上述表格決定 Curve number，因其值與土壤臨前水份有關，故不同水分含量下，其 CN 圖亦有所不同。CN 圖結果如下列 3 圖所示，分別表示不同臨前土壤含水量情況下桃園地區 CN 值的變化。



CN1 (dry)



CN2 (average)



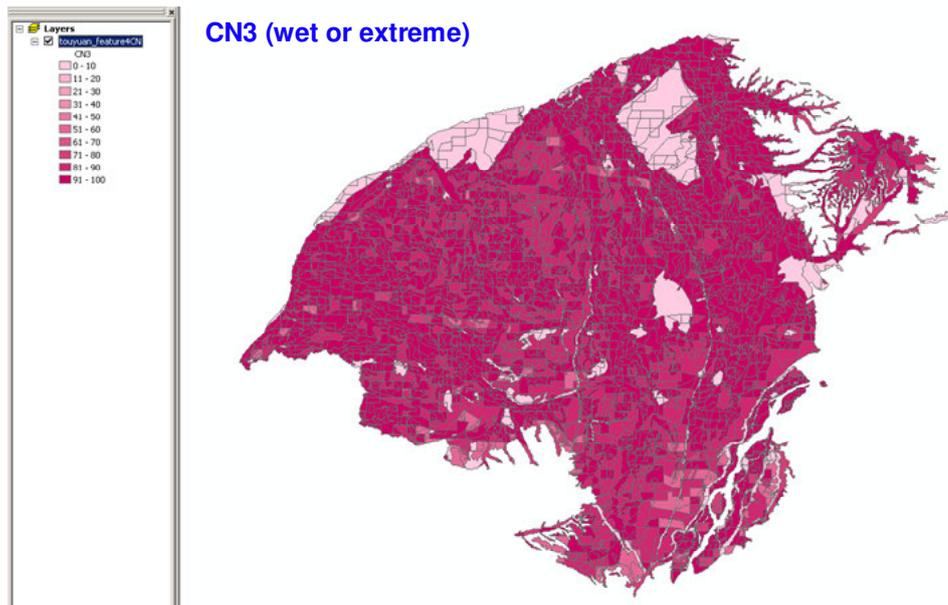


圖 5-36 不同含水量下，桃園地區 CN 值分佈

5-8 練習七：尖峰逕流率與直接逕流量的計算

本練習中，將利用合理化公式(Rational Method)配合逕流係數圖估算尖峰逕流率，及利用美國水土保持局入滲公式(SCS Method)配合 Curve Number 圖計算直接逕流體積。合理化公式說明如下：

$$Q = CiA * 10^{-3} / 3600$$

Q：尖峰逕流率(cms)

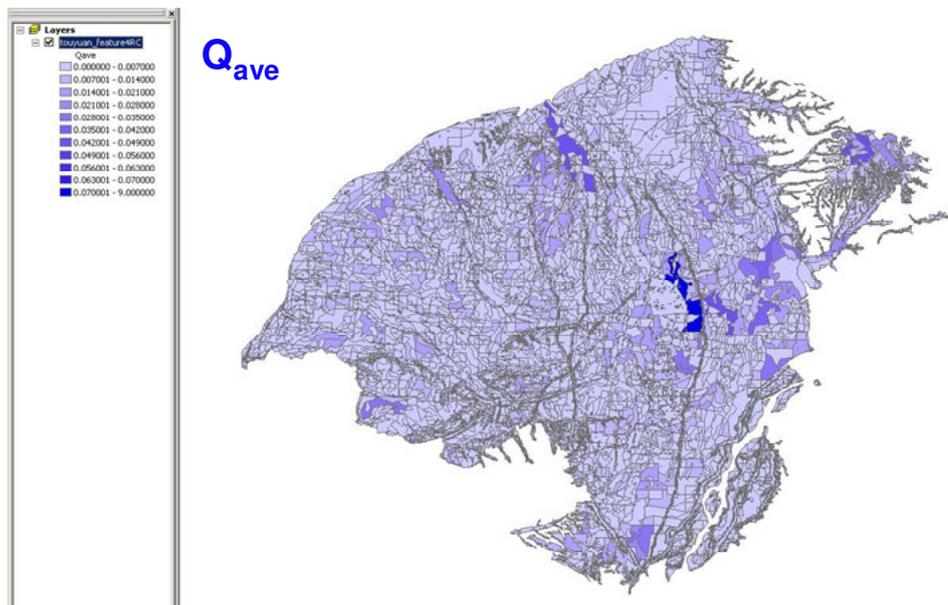
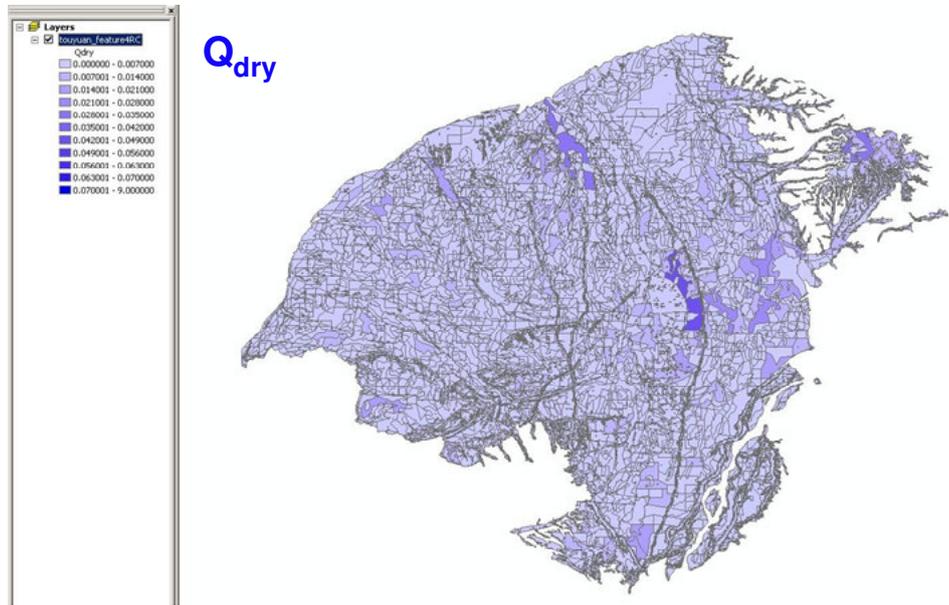
C：逕流係數(無因次單位)

I：降雨強度(mm/hr)，本練習需自行假設降雨強度值

A：集水區面積(m²)

利用 ArcMap 軟體，開啟屬性表並新增一欄位(Area)，資料型態選擇 Double，執行 Calculate Geometry 指令計算各集水區面積後，假設 4 個降雨強度值，分別表示為 $I_{dry}=0.10\text{mm/hr}$ 、 $I_{ave}=0.17\text{mm/hr}$ 、 $I_{wet}=0.23\text{mm/hr}$ 及

$I_{ext}=30\text{mm/hr}$ ，配合練習 6 所得的逕流係數圖，撰寫公式分別計算不同降雨強度下的尖峰流量值，可得下列 4 圖，由顏色變化可清楚看出尖峰逕流率變化隨著降雨強度增加而遞增。



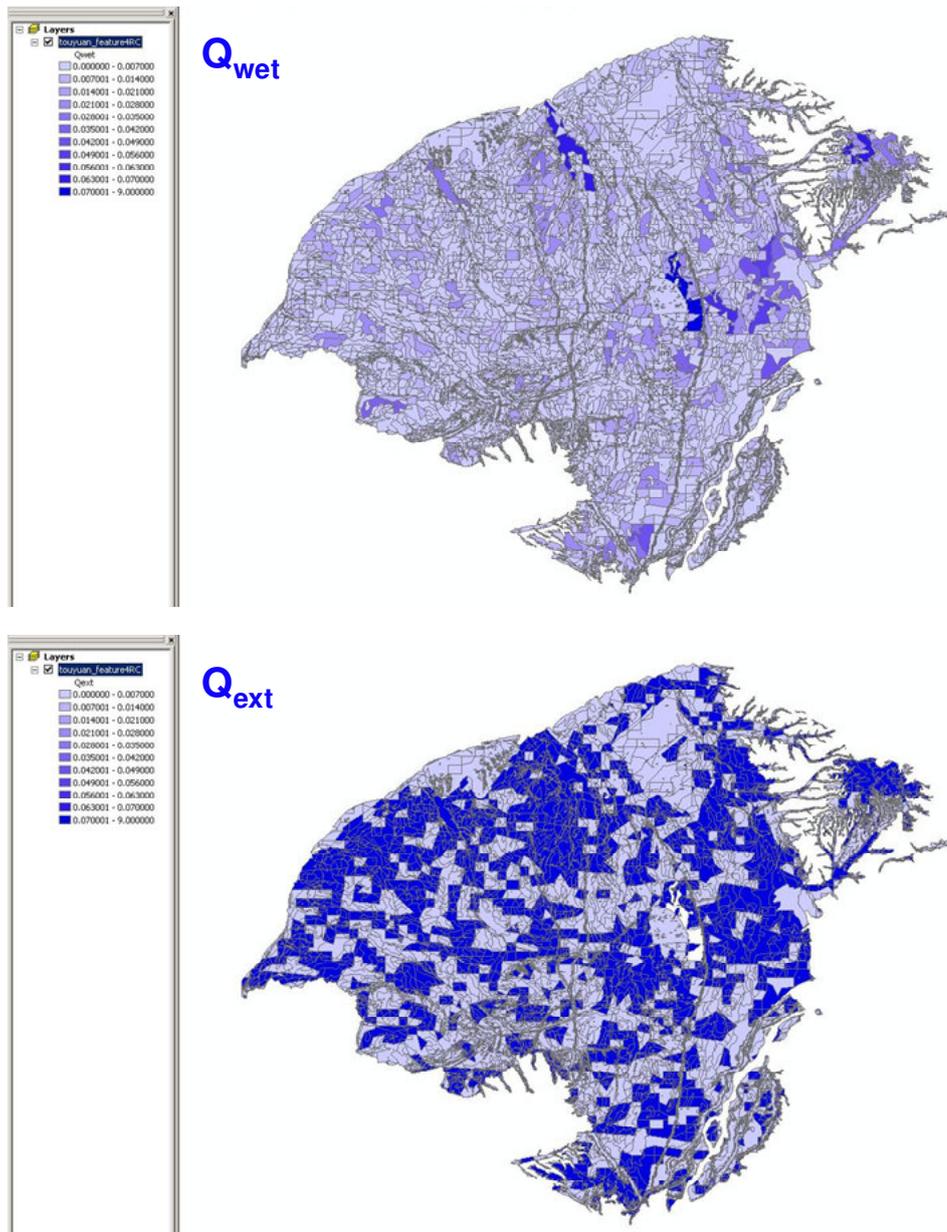


圖 5-37 桃園地區不同降雨強度下的尖峰流量值

另一個計算直接逕流量的方法為美國水土保持局入滲公式，公式說明如下；

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad P \geq 0.2S$$

Q：直接逕流體積(mm)

P：降雨總量(mm)，本練習需自行假設降雨總量

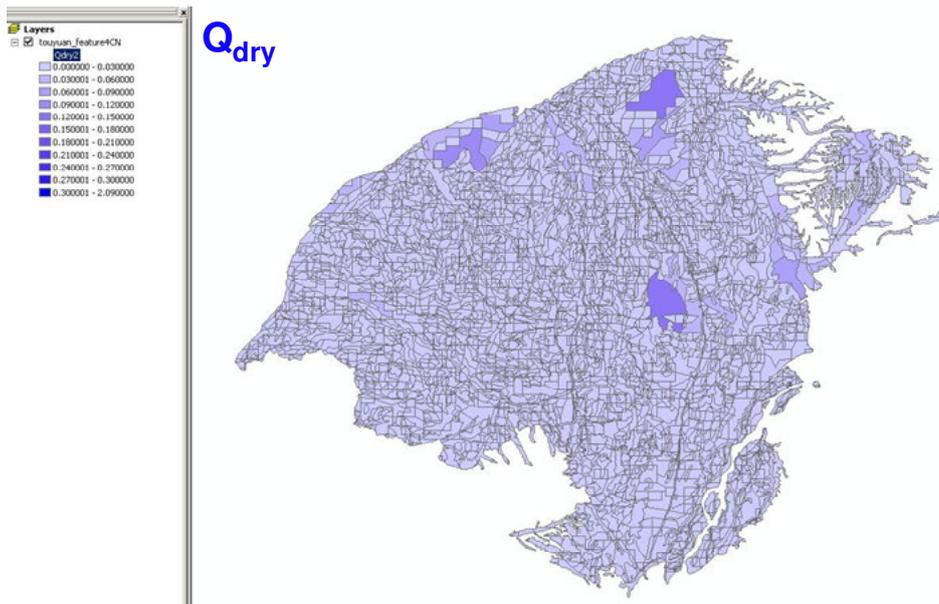
S：集水區蓄水量(mm)

CN：逕流指數(無因次單位，值域為 1 至 100)

本練習假設 4 個降雨總量值，分別表示為 $P_{dry}=152\text{mm}$ (降雨延時 60 天)、 $P_{ave}=244\text{mm}$ (降雨延時 60 天)、 $P_{wet}=348\text{mm}$ (降雨延時 60 天)及 $P_{ext}=2160\text{mm}$ (降雨延時 3 天)，配合練習 6 所得的 CN 係數圖，撰寫公式分別計算不同降雨總量下的直接逕流體積，由於該公式所得逕流量單位為 mm，為方便與合理化公式所得結果進行比較，遂以下式進行單位轉換。

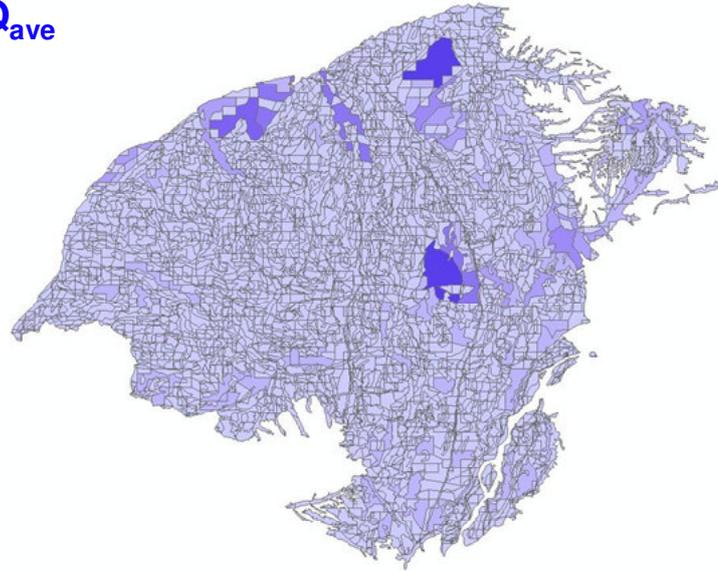
$$Q_{(cms)} = Q_{(mm)} * A_{(m^2)} * 10^{-3} / Duration_{(sec)}$$

上式集水區面積利用 ArcMap 軟體，執行 Calculate Geometry 指令計算可得，單位轉換後的流量圖如下列 4 圖所示。

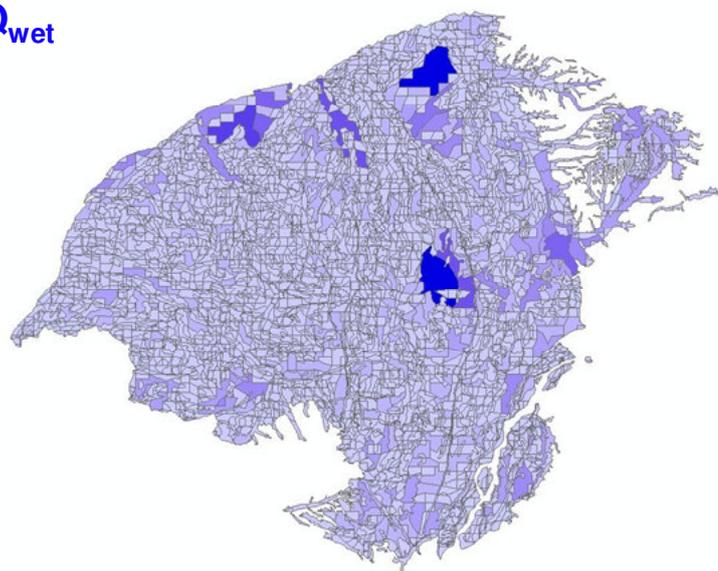




Qave



Qwet



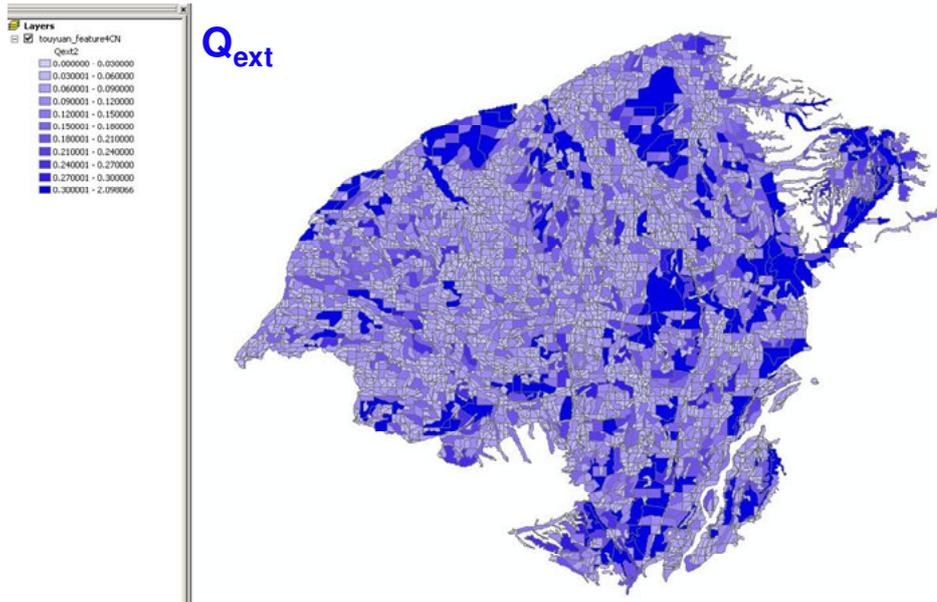
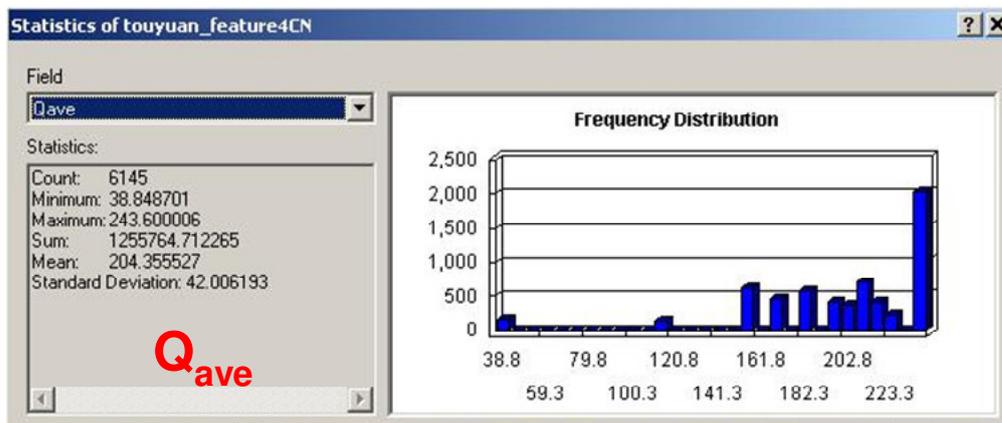
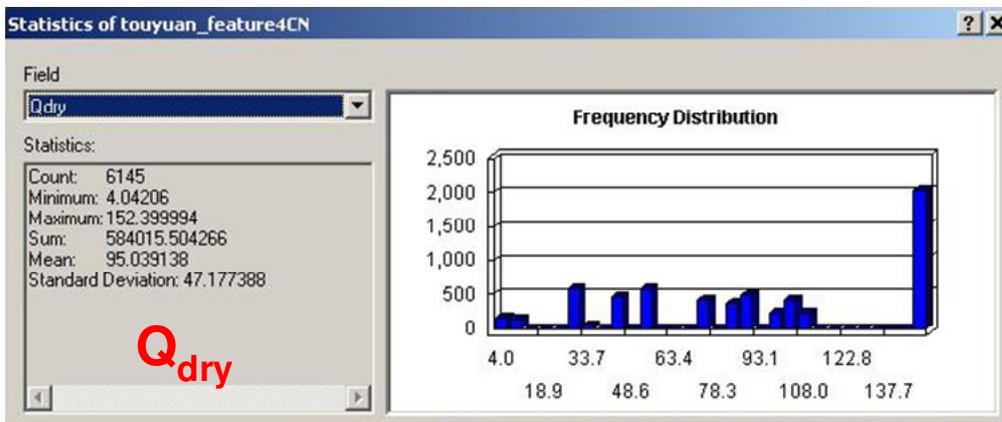


圖 5-38 單位轉換後的流量圖

流量計算完畢後，開啟各流量圖的屬性表，執行統計功能 (Statistic)，可得不同程度逕流量的平均值、最大最小值及流量總和，本報告以美國水土保持局入滲公式計算所得流量為例，執行統計功能後可得如下 4 圖，及其相關統計資訊。



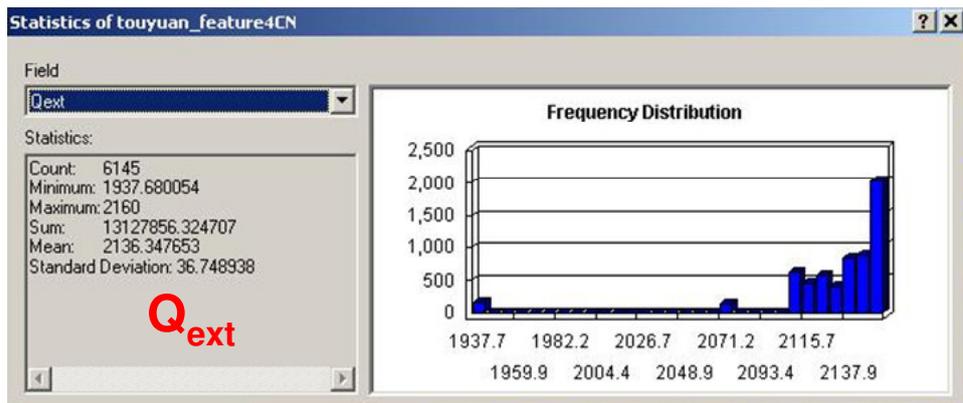
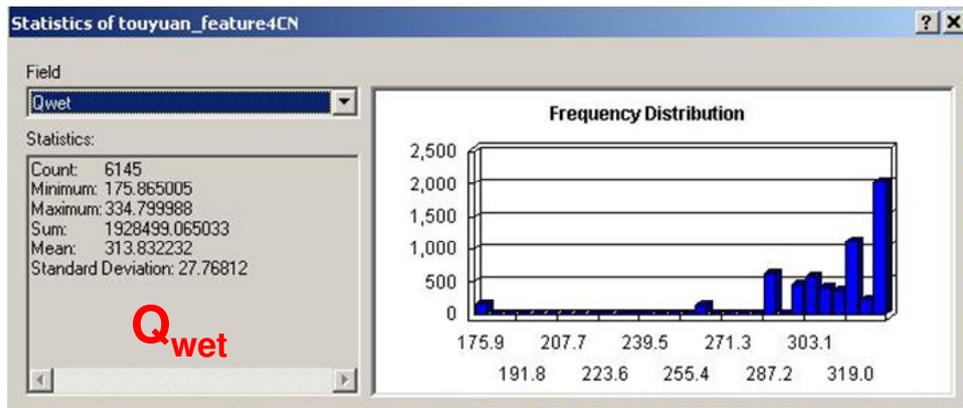


圖 5-39 逕流量相關統計資訊

藉由實機練習 ArcMap 與 ERDAS IMAGINE 9.3 軟體，進行衛星影像幾何校正、AOI 區域切割、影像光譜色調調整、地表植被指數 NDVI 計算、非監督式分類地表覆蓋、網格資料重新編碼、GIS 圖層套疊、設定地表逕流係數及 Curve Number，最後估算區域性地表逕流量，7 個實機練習使學員們對於 ArcMap 與 ERDAS 的操作更加熟稔，期許未來結合各相關領域專業知識後，能將 GIS 系統應用至自身業務上。