

遙測科技於地盤下陷監測之應用  
**APPLICATION OF REMOTE SENSING  
IN MONITORING  
OF GROUND SUBSIDENCE**

謝瑩玲，翁坤詩，秦中天  
Y. L. Hsieh, K. S. Ueng and C. T. Chin

原著載於

地下水資源及水質保護研討會論文集  
1994年4月，473-489頁

*Reprinted from Proceedings of  
Symposium of The Source and Protection of  
GroundWater Quality Inter-Communication  
April, 1994, pp. 473~489*

## 遙測科技於地盤下陷監測之應用

### Application of Remote Sensing in Monitoring of Ground Subsidence

謝瑩玲

翁坤詩

秦中天

亞新工程顧問公司 亞新工程顧問公司 亞新工程顧問公司

工程師

工程師

計畫經理

#### 摘要

由於台灣地區在沖積平原地區不當超抽地下水，導致地盤下陷的災害陸續發生，如海水倒灌、地下水鹽化、房屋下陷、公共工程破壞...等。有鑑於問題日益嚴重，且部份重大國家建設工程將通過下陷區，故政府已加速進行地盤下陷的監測。本研究即以高雄縣永安鄉為研究區，進行地盤下陷監測，其中包括突破傳統監測的方法，如全球定位系統及遙測影像監視等。

研究結果顯示：

1. 全球衛星定位系統證明可用於快速及廣域的地盤下陷之沉陷量測定上，其誤差約在2公分之內。
2. 利用衛星影像結合地理資訊系統可方便且快速地監視土地利用類型與範圍之改變；若再結合地盤下陷之監測及分析資料，則可建立地盤下陷資訊系統，供決策者及工程設計者參考。

#### Abstract

There are lots of disasters of ground subsidence due to extraction of groundwater in the plane area in Taiwan, such as flowing back of sea water, salification of groundwater, subsidence of buildings and so on. Because ground subsidence is one of the most serious environmental geotechnology problems in Taiwan, recently, the Government sponsored a study which is aimed at providing a guideline for better monitoring, prediction, and control of ground subsidence, satellite technology has been successfully applied in this study of Yu-Ann area.

The results of this study are:

1. The mean-square-root difference between level survey and GPS can be controlled to be within 2cm which can be satisfactorily accepted for the study in large areas with significant subsidence.
2. Using of neural network concept to process the images from Satellite SPOT can identify the characteristics of land with reasonable accuracy. The processed images can then be incorporated in a Geographic Information System (GIS) for the land use control. When combing with other geotechnological data, the system will be a Ground Subsidence Information System (GSIS).

## 一、前言

台灣地區平均年水資源賦存量為 714 億立方公尺，用水量約為賦存量之 27%，其餘 73% 逕流入海。在總用水量中以引用河川逕流量佔 61%，其次為地下水抽取量佔 22%。在局部地區地下水的抽取量尚且超過天然補注量，引起嚴重的地盤下陷災害。在目前人口、經濟及生活程度快速提昇之趨勢下，各種標的用水量大幅成長，水資源漸感不足，故地下水資料之合理及有效開發與利用，以及配合地面水的綜合運用，更顯得其重要性。依據民國七十八年全國水利會議的決議，建議地下水的利用與管理應注重下列工作：

1. 加強地下水基本資料調查及蒐集。
2. 加強地下水之管制。
3. 加強開發地表水與地下水聯合運用體系之建立，以利統籌管理。
4. 加強地下水保育宣導，釐定地下水質保護工作。
5. 加強地下水管理，修正有關地下水法令規章與組織，並增加有關單位職權與經費。

要達成上述目標，建立一套完善的基本資料庫及資訊系統，以及長期監測地盤下陷量，是急切需要的。目前台灣沿海部份地區由於地下水的超抽，已出現地盤嚴重下陷，且引發海水倒灌，土壤鹽化等嚴重災害。正當政府致力推動重大國家建設的同時，多項工程又通過或位於地盤下陷區。因此，對於地盤下陷的研究乃不容延緩。

遙測法為目前正快速發展中之高科技，具有快速測定廣大面積之優點。本研究即將此科技中的全球定位系統及衛星影像運用於地盤下陷的研究。全球定位系統用於快速量測沉陷；而衛星影像則運用於土地利用之監測，若其與地理資訊系統結合，則可整合各類監測資料，形成地盤下陷資料庫，詳述於下列各章節。

## 二、全球定位系統

全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 乃是美國國防部於 1973 年聯合了空軍的 NAVSTAR (Navigation System with Time And Ranging) 及海軍的 TIMATION 計畫發展而成。此系統由 24 顆 GPS 衛星均勻分佈於距地表高度約 20200 公里之 6 個軌道面，軌道傾角為  $55^\circ$ ，迄今 24 顆 GPS 衛星均已全部發射完畢，且開始運作。目前每天在天空同時出現 4 顆或 4 顆以上 GPS 衛星的時間幾已達 24 小時，可全天候地進行 GPS 測量。本文將簡單介紹 GPS 及各項測量技術。

### 1. GPS 測量原理

GPS 主要由三部分組成，如圖一所示 [1]，分述如下：

#### (1) 太空部份—GPS 衛星

每個 GPS 衛星上均有一個頻率穩定性高達  $10^{-11} \sim 10^{-12}$  的原子鐘，能產生 10.23 MHz 不

同倍數所組成的C/A 電碼 (頻率1.023MHz) 及P 電碼(10.23MHz), 即所謂的虛擬隨機雜訊電碼 (Pseudo-Random Noise Code), 並調制在L1載波 (頻率為 $154 \times 10.23\text{MHz}$ , 波長約為19cm) 及L2載波 (頻率為 $120 \times 10.23\text{MHz}$ , 波長約為24cm) 上, 組成完整的無線電雙頻訊號, 持續向地面廣播。

## (2) 控制部份—GPS 操控系統

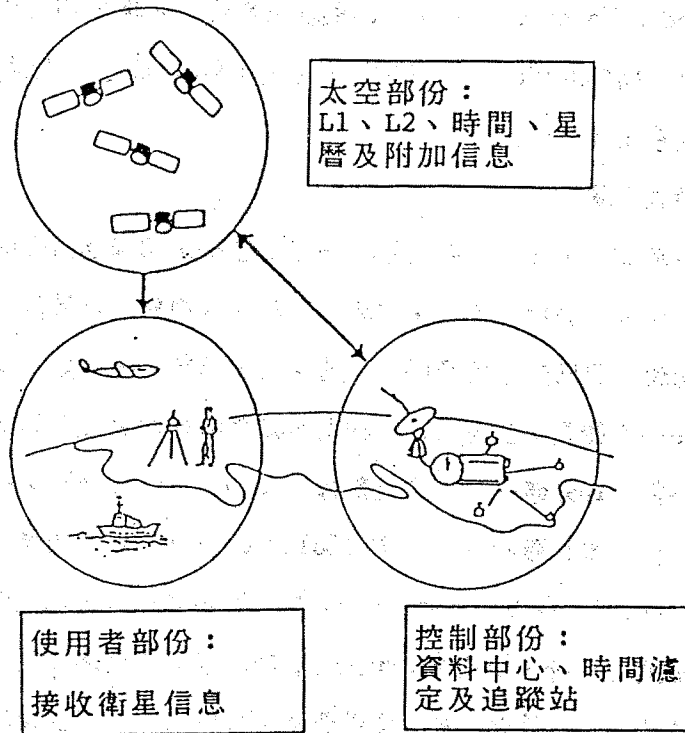
此控制系統係於1985年 9月完成, 包括一個主控站, 3個地面天線及 5個監視站, 每個監視站均擁有一個GPS 雙頻接收站、標準原子鐘、感測器及資料處理機, 且其世界大地系統WGS 84座標均經美國國防製圖局(DMA) 精密測量而得。每個監視站, 每天24小時不停地連續追蹤觀測每一顆衛星, 並將每1.5 秒之虛擬距離觀測量及觀測所得之氣象資料及電離層資料聯合求解得每15分鐘一組之勻化數據 (Smoothed Data), 然後將數據再傳送至主控站。主控站位於美國科羅拉多州泉市 (Colorado Springs) 的聯合太空控制中心 (Consolidated Space Operation Center), 其功能為接收由五個監測站傳輸來的各種數據, 並計算出衛星星曆資料、衛星時錶修正量參數及電離層延遲之改正參數, 將之傳送給地面天線再發射給衛星, 以更新衛星內之資料。主控站同時對衛星做軌道修正之計算, 再發出控制命令, 或取消功能不良的衛星由預備衛星取代。地面天線利用S 頻道之無線電波傳送資料到衛星。正常情形下每隔8 小時就會傳輸一次資料到衛星上。

## (3) 使用者部份

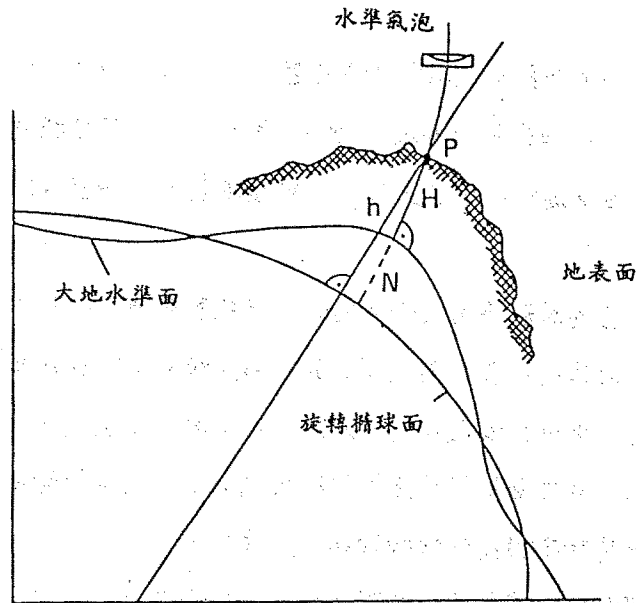
使用者部份所指的是能夠接收GPS 衛星訊號之接收器。由於GPS 之用途甚廣, 使用者部份可依目的之不同, 例如應用於導航、授時、測量……等而可採用不同功能及精度的接收器。對測量而言, 至少應包括一組天線、一部接收器、紀錄器、顯示幕、資料處理器及電力供應設備。

GPS 衛星定位測量的原理係由地面上的GPS 接收器解碼而得廣播自太空中GPS 衛星之航行訊息, 依其資料計算衛星各時刻之WGS 84空間坐標。同時觀測四顆以上之衛星, 接收器能輸出各載波播送天線到接收天線間之虛擬距離, 再利用空間後方交會法, 估算天線相位中心三維坐標 [2,3]。經過標準的坐標轉換公式, 可將該坐標變換成WGS 84旋轉橢球體之大地經度、大地緯度和幾何高(Geometric Height), 另一方面, 傳統水準測量所定的高程差異, 實代表地球重力場等勢面間差距。自水準基面起算的高程, 又稱作正高(Orthometric Height)。點位幾何高與正高間的差值, 即所謂大地起伏(Geoid Undulation), 如圖二。對50km $\times$ 50km地區而言, 常假設各方向上大地起伏呈線性變化。

GPS 衛星測量之精確度與測量時衛星的分佈狀況有極密切關係。定位精度之定義如圖三所示, 若衛星聚集在一起如圖三(左), 就會得到不良的GDOP, 則定位精度不佳; 反之, 若衛星分佈如圖三(右), 一顆衛星在上方, 另有三顆分佈在四方且方位角相隔約  $120^\circ$ , 此為理想的狀況, 定位精度便會提高。



圖一 GPS 系統架構之三部份(摘自曾清涼, 1993)



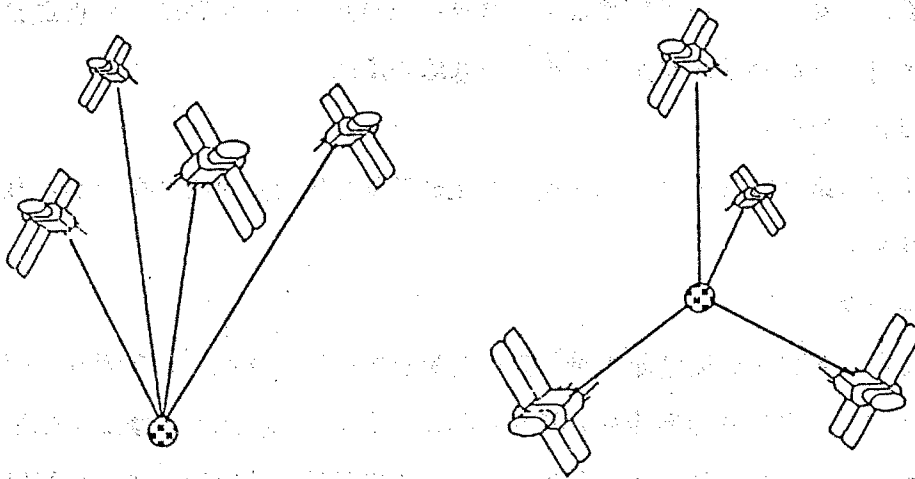
幾何高=正高+大地起伏

$$h = H + N$$

圖二 幾何高、正高和大地起伏之關係

$$\sigma = \text{GDOP} \cdot \sigma_0$$

定位精度  $\sigma$  = 幾何精度稀釋 (GDOP)  $\cdot$  量測精度  $\sigma_0$



不良的GDOP值多顆  
衛星聚集在一起

理想情況的GDOP值

- 一顆衛星在正上方
- 三顆接近地平線  
且方位角相隔120°

圖三 GDOP(幾何精度稀釋)之意義

為求高精密之測量成果，需用載波相位二次差相對定位法。相對定位方法至少需利用兩台GPS 接收器，同步獲取電碼、載波相位數據。對於共通性之軌道偏差，如衛星時鐘誤差、電離層、對流層路徑遲延及接收器時鐘誤差，可做二次差分處理，以消除上述誤差，以得到較高精密之測量成果。此法即所謂的差分衛星定位DGPS (Differential Global Positioning System)。

## 2. 減小各項誤差之技術

GPS 衛星測量主要的誤差來源有衛星軌道誤差、衛星接收器時錶差、電離層影響、對流層影響、固定站座標誤差和多路徑效應等，討論如下[4]：

### (1) 衛星軌道誤差

由於星體之引力、太陽風、大氣分子碰撞等種種原因，使得衛星軌道產生一些不準度。另外SA效應（美國國防部加入廣播星曆中之誤差）亦會造成相當程度之影響，其影響量可達百米等級。本項誤差可用軌道偏差模式化經差分組合來消除一些軌道系統誤差。在相對定位時，20m 的軌道誤差可影響1ppm基線長度[2]。

### (2) 衛星接收器時錶差

此誤差來自時錶本身的不準度，而此影響量可經由差分模式或附加參數的方式加以消除或吸收。

### (3) 電離層影響

此為衛星訊號通過電離層時，因帶電粒子散射而形成之誤差來源。其影響量於天頂方向可達10m，對基線影響約為0.35~3.5ppm，可用修正模式加以修正。此修正模式首先假設電離層之電子分佈於一球狀之薄層內，由此假設可計算得到電離層之影響量，並修正所對應之觀測量。

### (4) 對流層影響

此誤差是由大氣中之空氣分子與水分子折射造成之影響。其影響量於天頂方向約為2~3m，對基線影響量約為1ppm。較常用的有下列幾個改正模式：

A. Saastamoineu

B. Hopfield

C. Modified Hopfield

上述三種模式均利用地面之溫度、溼度、壓力來計算衛星訊號通過對流層之延遲量，其修正效果接近。值得注意的是計算時必須選擇一模式進行修正，以確保定位成果。

### (5) 固定站座標誤差

高精度之衛星測量必須控制固定站座標誤差在15m 以內。可利用長時間資料平滑絕對

定位成果，或以相對定位引測另一已知座標點，來達成這項約制。

### (6) 多路徑效應

多路徑效應是由衛星訊號的漫射，直接干擾入射之衛星訊號所造成，可由長時間觀測降低其影響。若採快速的定位方式，須選擇較空曠之處來佈點，以降低其影響。

## 3. 提高衛星測量精度之建議

前節已提到減少各項主要誤差之方法，本節則提出整個衛星測量過程中，提高GPS 衛星測量精度之建議[4]。

### (1) 前置作業注意事項

A. 時段之選擇：選取GDOP值小於6 的時段，GDOP值愈小，觀測成果愈佳。

#### B. 測量方法之訂定

固定站：長時間接收，並與移動站同時觀測，以計算其基線長度。

移動站：當作控制點的測點，須觀測20分，以做為基準轉換用。其他點位則觀測5 ~10分，同時取樣時間間隔必與固定站同為15秒之間隔。

#### C. 測站之佈設需注意下列事項

(A) 測站點位分佈均勻，不要太集中。

(B) 點位需空曠、無遮蔽物，且透空度良好。

(C) 不要在電線桿旁、湖旁、大樹旁、電台旁及遮蔽物旁等，以免影響衛星觀測。

D. 儀器校正：儀器需定期校正，野外實測前可至工研院量測中心基線校正場實測，或自行設置基線校正場，以了解儀器本身精度與衰減情況，若誤差太大須送廠修理。

### (2) 數據獲取要點

#### A. 同時觀測

GPS 求解是利用兩站(參考站及待測站)接收的資訊加以計算，其處理數據必須兩站「同步」的時段，所以兩站必須同時接收，方可利用差分模式消除一些誤差，提高測量精度。此即目前流行的DGPS(Differential Global Positioning System)。其中參考站在量測期間，全天候保持接收狀態，使移動站不論何時均和參考站「同步」觀測。

#### B. 最低觀測仰角

低仰角衛星之訊號因通過大氣路徑較長，其所含誤差較大且訊號品質較差，因此必須訂立最低觀測仰角。通常建議以 $15^\circ$  為佳。

#### C. 星曆

可分為廣播星曆與精密星曆兩種，精密星曆雖較準確，但時效性差且獲得不易，因此通常以廣播星曆為主。

#### D. 使用電碼之資料

GPS 之基本觀測量分為電碼測距與載波相位二種，通常於計算時兩者均需選用，以增進定位成果。由於電碼波長(P電碼29.33m, C/A電碼293.3m)遠較L1, L2載波波長為大，故進行高精度量測時，皆以相位數據為處理對象。

#### E. 使用之頻率

GPS 衛星發射之訊號有L1、L2 二種頻率，通常兩者均需選用，以便消除電離層影響。

#### F. 先驗權單位中誤差

此項為預期測量成果之指標，我們希望有公分級之精度，因此選擇其值為1cm。

#### G. 先驗時錶差

此項提供時錶差附加參數一個界限值，通常為 $10^{-5} \sim 10^{-6}$  sec。

### (3) 成果評估方式

#### A. 週波模稜求解

週波模稜值理論上為一整數，因此計算所得之週波模稜值能合理的進位成整數，則週波模稜的求解便成功了。也就是說理論與計算結果符合，其可信度便提高了。

#### B. 後驗權單位中誤差

GPS 之基線計算是以最小二乘平差法為主，其計算得之後驗權單位中誤差是否合理，即成為一重要指標。

#### C. 傳統測量工具之比較

衛星測量所得之正確性可借助傳統測量工具(如電子測距儀、水準儀等)，以確定成果之準確性。

## 4. GPS 測量成果

依據上述測量方法及注意事項，本研究將其實地運用於量測永安地區之沉陷狀況。測量時間分別於民國81年9月，民國82年1月和4月各施測一次，共進行三次。將所得之資料，由觀測時之GDOP與數據處理時之後驗權單位中誤差及週波模稜值求解。分析後結果列於表一中。以GPS 衛星測量成果和精密水準測量(NA3000)成果比較，發現三次測量之誤差平均值分別為0.006公尺、0.010公尺和0.011公尺，總平均誤差為0.009公尺；均方根誤差分別為0.009公尺、0.014公尺和0.017公尺，總平均為0.013公尺。以一等水準測量之精度 $4\sqrt{K}$ mm (K為公里數)而言，GPS 衛星測量若用於測距大於5公里之水準測量時，其精度可達一等水準測量之標準。以5公里之測量而言，傳統水準測量需50個轉點以上，來回閉合至少要100個轉點，若天候許可下，工作約需費時一天方能完成，而GPS 衛星測量加上交通時間大約只需半個鐘頭，且不論天候如何，白天或晚上皆可進行。

GPS 衛星測量運用於水平定位準確度高，且已廣被使用，其運用於下陷之研究國外也有成

表一 GPS 衛星測量成果與精密水準測量(NA 3000) 之比較

高程控制點 (*) 或沉陷 點編號	民國81年9月之測量				民國82年1月之測量				民國82年4月之測量			
	數位水準儀 WILD NA3000 測得之高程 H (m)	GPS 衛星 測量之正高 Hi (m)	高程差 Hi - H (m)	幾何架構 指 GDOP	數位水準儀 WILD NA3000 測得之高程 H (m)	GPS 衛星 測量之正高 Hi (m)	高程差 Hi - H (m)	幾何架構 指 GDOP	數位水準儀 WILD NA3000 測得之高程 H (m)	GPS 衛星 測量之正高 Hi (m)	高程差 Hi - H (m)	幾何架構 指 GDOP
YK8 *	3.937	3.940	0.003	2	3.928	3.928	0.000		3.929	3.929	0.000	
YK9					4.039	4.044	0.005	2	4.039	4.039	0.000	2
S55 *	2.061	2.061	0.000	3								
HT1 *	2.095	2.095	0.000	2	2.067	2.068	0.001	1	2.067	2.067	0.000	1
HT2					9.481	9.481	0.000	1	9.476	9.476	0.000	1
AN3 *	4.087	4.074	-0.013	2	4.047	4.049	0.002	1	4.039	4.045	0.006	2
AN2	6.420	6.417	-0.003	2	6.378	6.383	0.005	3	6.360	6.378	0.018	2
AN4	4.777	4.776	-0.001	2	4.752	4.753	0.001	4	4.740	4.745	0.005	2
AN5	6.040	6.037	-0.003	2	6.014	6.021	0.007	2	6.004	6.010	0.006	1
AN6	3.659	3.658	-0.001	2	3.633	3.657	0.024	4	3.622	3.634	0.012	2
SP1					3.642	3.618	-0.024	3	3.635	3.637	0.002	1
SP2					4.258	4.235	-0.023	4				
SP3	3.857	3.865	0.008	3	3.829	3.821	-0.008	3	3.817	3.824	0.007	1
SP4	3.746	3.748	0.002	3	3.723	3.741	0.018	5	3.712	3.733	0.021	2
SP6	3.981	3.978	-0.003	3	3.961	3.977	0.016	3	3.953	3.979	0.026	2
SP7	4.526	4.529	0.003	4	4.506	4.505	-0.001	2				
SP8	2.832	2.819	-0.013	2								
SP9	1.279	1.280	0.001	3	1.249	1.263	0.014	2				
SP10	1.637	1.659	0.022	3	1.616	1.630	0.014	2	1.609	1.609	0.000	2
SP27					0.327	0.325	-0.002	1				
SP31					1.225	1.239	0.014	2	1.221	1.246	0.025	1
SP38	4.110	4.126	0.016	3	4.080	4.062	-0.018	1	4.072	4.081	0.009	2
SP43	1.452	1.455	0.003	3	1.425	1.443	0.018	2	1.420	1.464	0.044	2
SP53	1.574	1.583	0.009	3								
SP54					5.143	5.144	0.001	3	5.138	5.139	0.001	2
SP57					1.826	1.846	0.020	3	1.820	1.852	0.032	2
誤差平均值		0.006				0.010				0.011		
均方根誤差		0.009				0.014				0.017		

功的例子[5,6]，其精度與本計畫相近。亞新工程顧問公司乃採用GPS 快速靜態定位方法量測，其精度與精密水準測量比較三次的測量結果均維持在兩公分之內。就其快速測量、不受天候及日夜影響和兩公分之精度而言，於一般工程上及下陷嚴重區之監測已足以成一監測利器。若要再提高其精度，使其達到公厘級之程度，其實並非不可，只要增加每一點的測量時間，由10分鐘變成幾小時甚至幾十小時，接收的資料增多後，分析之準度自然提高，然而這一來測量時間增長，人力及物力相對增加，而資料處理易因數據量劇增，增加許多處理分析的時間，就成本效益上反不及傳統之測量。

### 三、衛星影像與地理資訊系統

根據經濟部水資源統一規劃委員會的一項資料顯示，台灣地區超抽下水的問題日益嚴重，超抽的結果，造成一千一百七十平方公里的土地地層下陷，占平原面積的11%，各地下陷量從0.5 公尺到2.5 公尺不等。超抽地下水，不僅造成地盤下陷，亦導致海水入侵、水災頻仍、地下水鹽化等現象。民國八十一年九月寶莉、歐馬颱風來襲，潮汐漲潮加上風浪肆虐，海水繞過海堤，由內陸潰決的事業堤入侵，使得嘉義縣東石鄉連續多日被滾滾洪流包圍，形成水鄉澤國；民國八十二年四月，大高雄地區發生地下水水質鹽化的形象，使得林園石化工業區造成停工危機；因地下水大量超抽而使整個社會付出了慘痛的代價。在採取適當管制措施之前，首要之務乃在於明瞭現狀及收集資料，而衛星影像的特點，正足以輔助有關單位對特定地區的土地利用情形做最快速而且正確的了解。

#### 1. 衛星影像簡介

衛星影像為遙測影像之一種，遙測影像獲取的原理為利用感測器計測並紀錄地面物體反射與放射之電磁波輻射能量，然後經過成像系統形成影像，或直接儲於磁帶上。遙測影像常用者包含紫外線、可見光、攝影紅外線、熱紅外線及微波、雷達波等波段。地面物體由於其物理與化學性質的差異，對不同波長的能量有不同的反應，而物體表面的形狀與粗糙度，入射光源照明強度及入射角度亦會影響其反射；不同的能量反應記載於影像上後，即可用以鑑別該物體。

遙測影像就攝取方式而言，可分為類比式像片及數位式影像，衛星影像即屬於後者，它具有許多優點，最重要者為其涵蓋面積大，便於資料之彙整；並且具有同一涵蓋區域重複照像的特性，容易進行地面資料之動態對比。將衛星影像加以分析，可快速了解地表土地利用之狀況，對於大範圍的地區有全盤的認識，所得之判釋結果客觀、具體，而且非常迅速、經濟。

1972年美國發射第一顆資源探測衛星ERTS（後易名為Landsat，稱為陸地衛星），開啟了人類使用衛星遙測科技對地球進行資源探測及環境監視的新紀元。1986,1990,1993年法國分別發射SPOT-1, SPOT-2, 及SPOT-3衛星，更使衛星影像在空間及時間的解析度上向前邁進一大步。

#### (1) 美國Landsat 衛星特性

Landsat 衛星具有三個視訊攝像錄影機(RBV) 和一個多波段掃描器(MSS)，攝像涵蓋面積為 $185 \times 185$ 平方公里，地面解析力約為80公尺；而於1982及1984年發射之4號及5號 Landsat TM (Thematic Mapper)則加裝了具有7個波段的主題作圖儀(TM)，其中除了熱紅外光段之地面解析力為120公尺外，其餘各波段之解析力均已提高至30公尺。

Landsat 衛星環繞地球一圈約需103分鐘，每天可環繞地球14圈，相鄰兩軌道之間距在赤道附近約為159公里，故約每16天可回到同一軌道觀測同一地區；通過台灣上空的時刻為上午九點三十分左右。

## (2) 法國SPOT衛星特性

SPOT衛星具有兩個高解析度可見光感測器，其焦距為1.082公尺，可做最大為 $\pm 27^\circ$ 的傾斜攝像，每次旋轉 $0.6^\circ$ ，採用推掃式掃描方式(Pushbroom Scanning)，每幅掃描影像涵蓋之地面面積為 $60 \times 60$ 平方公里。地面解像力方面，多段態者為20公尺，全色態者為10公尺，較Landsat衛星增強許多。

SPOT衛星平均航高為832公里，軌道與赤道斜交 $98.77^\circ$ ；每26天可觀測同一地區一次，如考慮其側攝能力，則觀測周期可縮短為3天。通過台灣地區上空的時間約為上午十點四十五分左右。

由於SPOT衛星地面解像力較Landsat為強，對同一地區之拍攝周期亦較短，故適合對某一定點做長期連續性的監測。目前全台灣地區均在SPOT衛星觀測的涵蓋範圍之內，故對地盤下陷區之監測助益甚大。

## 2. 影像處理技術

衛星攜帶的感測器除了紀錄含有目標物的反射或輻射強度資訊之外，還有一部份來自中間大氣、航行特性、感測特性及紀錄特性的干擾效應。影像處理的目的即在儘量不改變目標物資訊的條件下，消除或降低這些干擾。

影像處理可分為三個運作步驟：影像前處理，幾何修正及輻射儀修正。茲分別說明如下：

### (1) 影像前處理

影像前處理包括三個主要工作：整體亮度修正、整體大氣修正及雜訊去除作業。前兩項的修正工作可將與幾何轉換特性無關的部份先去除，在不同來源的影像比較中，這是特別重要的處理項目；例如相同地點不同時間所拍攝之影像，利用整體亮度修正工作，可使影像皆具有相同的平均亮度，如此比較才具有客觀性。

雜訊去除方面，則有兩種情形需處理，一為對照片作數據化時所產生的隨機雜訊，另一為系統操作所引起的系統雜訊。隨機雜訊可將照片多次數據化取其平均值後，而使雜訊降低。系統雜訊則可在影像攝取時利用在頻率定義區(frequency domain)之各種濾鏡(filter)技巧加以消除。

### (2) 幾何修正

預將影像與地圖作比對或將不同來源的影像鑲合或疊合時，幾何修正是非常重要的處理步驟。幾何誤差的來源通常有：儀器誤差、全景變形、地球自轉、載具飛行變化、載具高程變化及透視誤差。一般可利用座標轉換 (geometric transform) 及重新取樣 (resampling) 兩種方法將誤差做修正。

### (3) 輻射修正

輻射修正的主要目的是將大氣傳播、光學系統及感測紀錄等反應效應去除。去除方式和消除系統雜訊方式相同，亦是利用各種濾鏡技巧加以修正。

## 3. 影像分類—類神經網路系統

資源衛星多波段影像應用於自動化土地分類一直都是遙測資料主要用途之一，國內外這方面的研究與應用不勝枚舉，如森林分類、農作物分類、都市地區分類、土地利用調查、分類技術研究等。基於衛星資料之多波段及數值化的特性，傳統的分類方法大致可分為監督性 (supervised) 及非監督性 (unsupervised)。前者係根據已知類別決定訓練區，再由此訓練區求出每一單獨種類之特徵作為分類標準；後者則根據各種條件直接對影像進行分類。兩者都需借助影像處理系統來分析影像及進行大量的計算。基本上無論何種分類法都是利用影像的多波段資料進行統計的分類 [7]。分類的過程中，利用每一像元的統計特性以決定像元類別的歸屬，這樣的傳統分類法因受統計方法及資料特性的影響，使其分類精度有限，無法提昇。

類神經網路系統 (Neural Network System) 為目前最先進且頗具潛力的自動化土地覆蓋分類法，研究結果指出此系統較傳統的分類方法更為精確 [8]。基本上類神經網路分類法是模仿人類的神經網路進行資料之分類。其基本架構為：將已知特性的資料輸入，以訓練神經網路記憶其特性，神經網路即會因訓練的過程而記憶特性權值 ( $W_0, W_1 \dots W_{n-1}$ )。如此一來，當有一未知特性的資料輸入時，神經網路便會透過記憶中的權值來計算其輸出值，並與記憶中的特性相比對，而找出此輸入資料的特性歸屬。

衛星資料之土地分類，即先輸入各類別的光譜反應以訓練神經網路，然後再逐點利用神經網路記憶權值進行土地覆蓋分類，最後，將土地覆蓋影像經向量化後，產生向量式圖檔。

## 4. 地理資訊系統

地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱GIS) 為一搜集、儲存、管理、分析及展示具有地理區位特性事物與現象的資訊系統。其資料庫可分為兩大類，一為空間圖形資料庫，一為數值屬性資料庫。而利用遙測技術所獲取的衛星影像，以及類神經網路分類法萃取出土地覆蓋資訊，再加以向量化所獲得的向量式圖檔，皆可成為地理資訊系統空間圖形資料庫中重要的檔庫。

由於目前國立中央大學太空及遙測研究中心已建立資源衛星接收站，並於民國82年夏季開始運轉及接收資料，日後國人對於衛星影像的使用將更為便利。且因衛星拍攝週期短，對某一觀測區域短期或長期的土地利用變遷情形，將一目瞭然。若於觀測地區另有其他相關資料，如

地下水位、地盤下陷觀測量、土壤及地質資料等，則可進一步予以整合，成為一套地盤下陷資訊系統。

#### 5. 衛星影像監視成果

有鑑於台灣西南沿海地區地盤下陷量日增，本研究以高雄縣永安鄉為研究區，進行地盤下陷之研究工作。為明瞭近幾年來該區土地使用的變化情形，亞新工程顧問公司與擁有衛星接收站的國立中央大學太空及遙測研究中心合作，並向法國SPOT衛星中心購得台灣高雄永安地區1986及1988年之衛星影像，再以最新發展之類神經網路系統進行監督性分類，萃取出地表覆蓋資訊，得到土地覆蓋自動化分類成果圖(如圖四及圖五)。經資料轉換，將成果移轉至"地盤下陷資訊系統"的圖形檔中，並利用程式將兩張成果圖加以比較成果如圖六，可發現兩年內永安地區土地利用上有以下之變化：

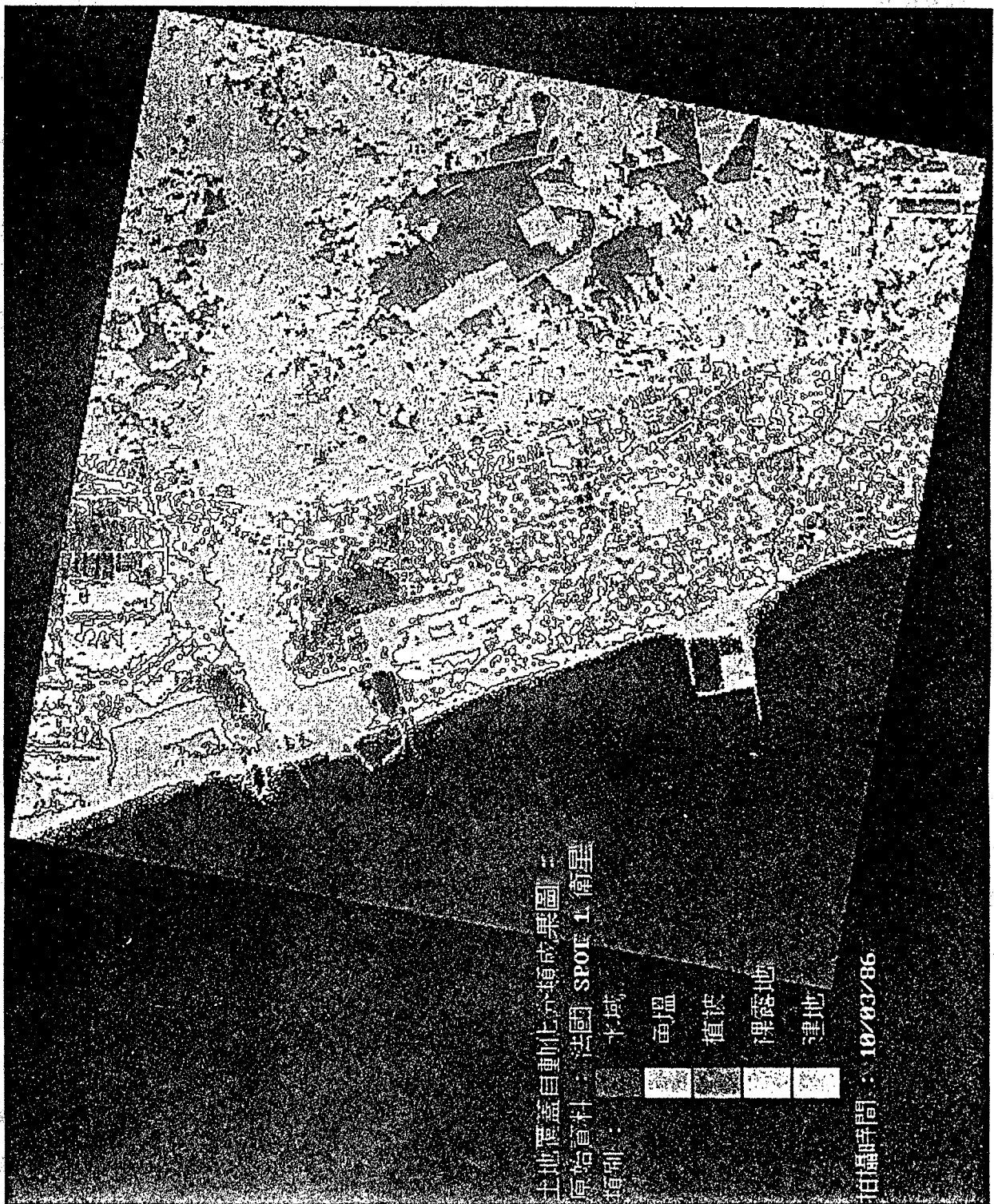
- (1) 堤防構築長度加長。
- (2) 完成淤填區域增大。
- (3) 河川兩旁魚塢減少。
- (4) 綠地面積變小，建地(裸露地)面積增大。

#### 四、結論

台灣地區近年來地盤下陷問題嚴重，與地下水超抽有密切的關係。而民國82年更因雨量不均，水庫日漸枯竭，水資源面臨乾旱的威脅逐日加深，各界深感水資源管理的重要性，建議成立"水資源管制中心"。而由於遙測資料密度高，且具有空間分佈的特性，可補償水資源定點測量的不足，再加上地理資訊系統為一優秀的資料管理系統，可藉以儲存及分析水文及水文地質等資料，作為聯合運用、調配及有效經營地面水與地下水資源的重要依據。

#### 五、誌謝

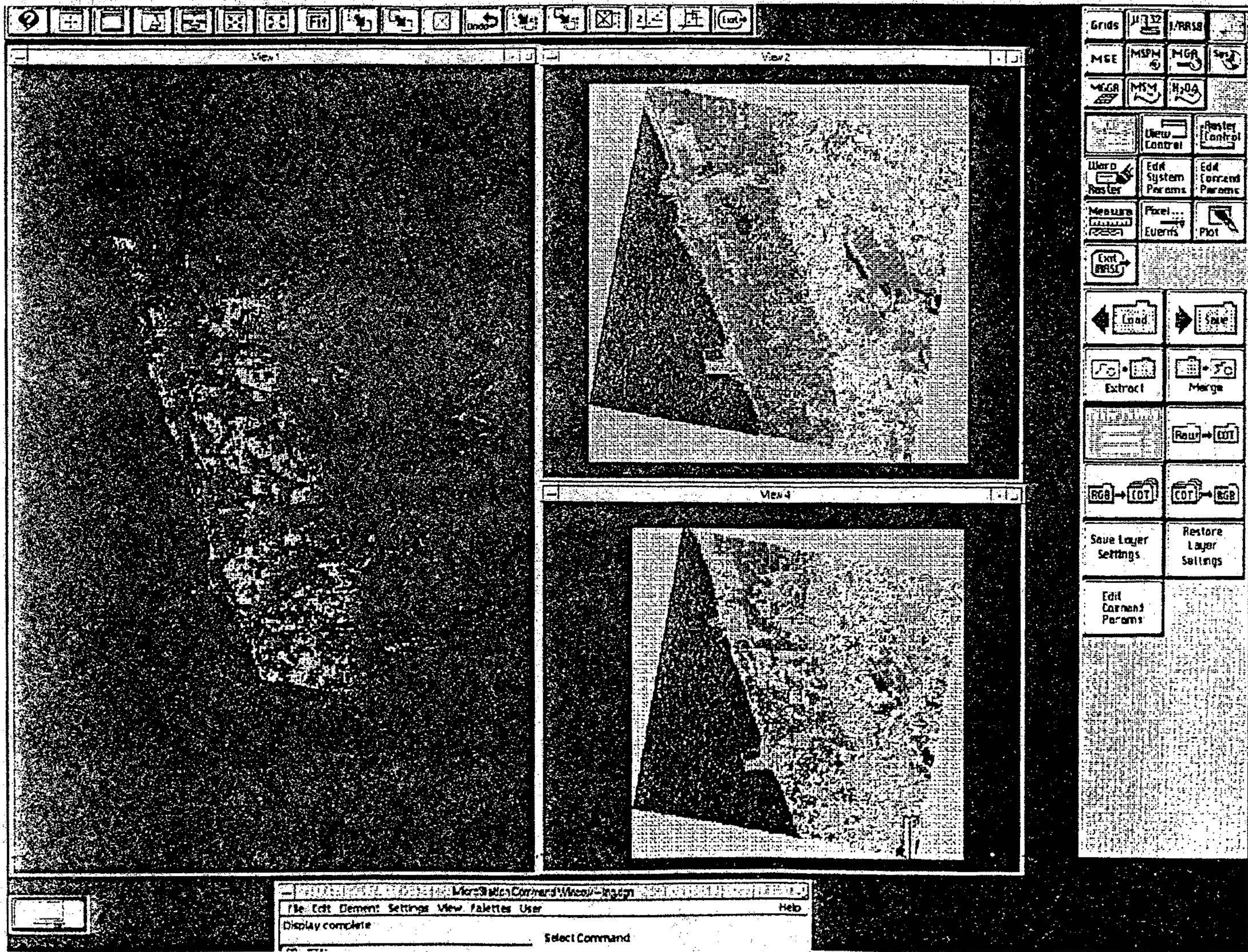
本文係根據行政院公共建設督導會報委託亞新亞程顧問公司之研究計劃，謹誌感謝。此外，為文期間蒙潘國樑博士、陳良健博士、吳究博士、陳繼藩博士、張瑞隆先生、趙介山先生與詹世倍先生多方指導與協助，特此一併致以謝忱。



圖四 類神經網路分類成果圖(1986)



圖五 類神經網路分類成果圖(1988)



圖六 衛星影像經處理與比較結果圖(1986/1988)

## 參 考 文 獻

- 1.曾清涼，"GPS 衛星測量(規劃、程序……等)"，GPS 衛星定位技術研習課程講義，(1993)。
- 2.Wells, D., Beck, N., Delikaraoglou, D., Kleusberg, A., Krakiwsky, E. J., Lachapelle, G., Langley, R. B., Nakiboglu, M., Schwarz, K. P., Tranquilla, J. M., and Vanicek, P., "Guide to GPS Positioning", Canadian GPS Associates, Fredericton, (1986).
- 3.Leick, A., (1990), "GPS Satellite Surveying", John Wiley and Sons, New York.
- 4.亞新工程顧問股份有限公司，"台灣各地區地盤下陷研究(二)"，行政院公共建設督導會報專業研究成果報告，82-技-02，(1993)。
- 5.Chrzanowski, A., Chen, Y.O., Leal, J., Murria, J. & Poplawski, T., " Use of the Global Positioning System (GPS) for ground subsidence measurements in Western Venezuela oil fields ", Land Subsidence: IAHS Pub. 1, No. 200, p. 419~431, (1991).
- 6.Gambardella, F., Bortolotto, S., & Zambon, M., " The positioning system GPS for subsidence control of the terminal reach of the Po River, Land Subsidence", IAHS Pub. 1, No. 200, p. 433~441 ,(1991).
- 7.Swain, P.H., and Davis, S. M., "Remote Sensing:The Quantitative Approach", McGraw-Hill , New York, N. Y. (1978).
- 8.Benediktson, J.A., Swain, P. H., and Ersoy, O. K., "Neutral network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data", IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 28, No. 4, p. 540-551 ,(1990).