

衛星科技在地盤下陷研究上之應用
**APPLICATION OF SATELLITE TECHNOLOGY
TO LAND SUBSIDENCE STUDY**

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

原著載於

海峽兩岸地工技術研討會論文集

西安，1994年10月

*Reprinted from Proceedings of
Cross-Strait on Geotechnical Engineering
October, 1994
Sian China*

衛星科技在地盤下陷研究上之應用

APPLICATION OF SATELLITE TECHNOLOGY TO LAND SUBSIDENCE STUDY

ABSTRACT

Due to ground subsidence is one of the most serious environmental problems in Taiwan, the government fall to doing some monitoring researches on subsidence, and one of them is the possible application of satellite technology. Satellite technology has two applications in monitoring ground subsidence, including:

- 1) Global Positioning System (GPS), and
- 2) satellite images.

Although the precision of elevation survey is limited by the present technology of GPS, it can be improved by using backward intersection method development in this study. The mean-square-root differences of elevation measurements as recorded between GPS and level survey are all within 2 cm, and this performance from GPS can be satisfactorily accepted for the study in large areas with significant subsidence.

The images from Satellite SPOT are also used in this study and by neural network classification, can easily identify the characteristics of land with reasonable accuracy. The processed images, which incorporated in a Geographic Information System (GIS) can be employed in the Land-use control. Combining with other geotechnological data, this system will become a Ground Subsidence Information System (GSIS), and can offer assistance for users and decision makers.

衛星科技在地盤下陷研究上之應用

謝瑩玲 翁坤詩 詹世倍 秦中天

(亞新工程顧問股份有限公司)

提要 由於台灣地區地盤下陷問題嚴重，政府已著手對下陷情況進行監控研究，其中一項即是引進衛星技術。衛星技術在地盤下陷之應用有二：一為全球定位系統，一為衛星影像。

全球定位系統衛星測量於高程測量上有其技術上之限制，本研究利用空間後方交會法提高其高程測量之精度。研究顯示其測量成果與精密電子式水準測量成果比較，其均方根誤差皆在 2公分之內，證實此科技於地盤下陷監測之可行性。

本次研究亦利用法國SPOT衛星拍攝得之衛星影像，經類神經網路分類法進行自動化的土地覆蓋分類，由於台灣目前已設有衛星接收站，可進行土地利用監控，其成果顯著，可推廣至各重大工程經過之下陷地區。此外，衛星影像可進一步與地理資訊系統結合，配合其他監測資料，成為地盤下陷資訊系統，以供決策者與設計者參考。

一、前言

根據經濟部水資源統一規劃委員會的資料顯示，台灣地區因超抽地下水導致的土地下陷面積已達平原面積的11%，各地下陷量從0.5公尺2.5公尺不等。正當政府致力推動重大建設的同時，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迂緩。

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監測。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

1. 簡介

全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 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° 。目前每天在天空同時出現4顆或4顆以上的時間已達24小時，可全天候進行GPS測量。

2. 測量成果

本研究以台灣省高雄縣永安鄉為研究地區，實地進行GPS之量測工作，並以後方交會法提高測量精度^[1]。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，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^[2]。

三、衛星影像與地理資訊系統

1. 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，再經過成像系統形成影像，或直接儲存於磁帶上。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。

1972年美國發射第一顆資源探測衛星ERTS(後易名為Landsat)，開啓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；至今已有法國SPOT衛星、美國Landsat 5號衛星及歐洲資源一號衛星(ERS1)可供利用。目前國立中央大學太空及遙測研究中心已與SPOT正式簽約，可提供SPOT衛星影像。SPOT衛星地面解像力可達10公尺，對同一地區之拍攝周期較短，適合對某一定點做長期連續性的監測，且全台灣地區均在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。傳統的分類法大致可分為監督性與非監督性^[3]，但受統計方法及資料特性的影響，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法更為精確。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^[4]。

3. 研究成果

為明瞭近幾年來高雄縣永安地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(如圖一及圖二)。經資料轉換，將成果移轉至"地盤下陷資訊系統"(Ground Subsidence Information Systems)的圖形檔中，並利用程式將兩張成果圖加以比較，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) 完成浚填區域增大。
- (3) 河川兩旁魚塭減少。
- (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。

參考文獻

- [1] A. Leick, "GPS Satellite Surveying", John Wiley and Sons, New York, (1990).
- [2] 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)。
- [3] P. H. Swain, and S. M. Davis, "Remote Sensing: The Quantitative Approach", McGraw-Hill, New York, N. Y. (1978).
- [4] J. A. Benediktson, P. H. Swain, and O. K. Ersoy, "Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data", IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, v. 28, no. 4, p. 540-551, (1990).

表一. GPS衛星測量成果與精密水準測量(NA3000)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)	幾何架橋 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)	幾何架橋 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)	幾何架橋 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	4.506	-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		



圖一 類神經網路分類成果圖 (1986)



圖二 類神經網路分類成果圖 (1988)