

Landsat 영상을 이용한 서해안 지형 변화 분석

Analysis on the Topographic Change in the West Coast Using Landsat Image

강준목* · 강영미** · 이주대**

Kang, Joon Mook · Kang, Young Mi · Lee, Ju Dae

要 旨

서해안 지역은 1980년대 말부터 국토의 균형개발과 중국대륙을 겨냥한 국가적 요청에서 본격적인 개발이 시작되었고 최근에는 수도권 서부를 동북아 중심축으로 성장시킨다는 청사진 아래 대규모 개발이 이어지고 있다. 앞으로도 계속적인 개발이 있을 것으로 예상되며 그에 따라 서해안 일대에는 많은 변화가 예고되고 있다. 본 연구에서는 인공위성 영상에 의한 서해안 일대의 지형 및 지물 변화를 분석 한 것으로, 이를 위한 기본도를 구축하기 위해 landsat 영상을 이용하여 모자이크 영상을 제작하였다. 1:25,000의 수치지도를 통해 GCP를 비교함으로써 영상의 정확도를 검증하였으며, 모자이크된 1970년대와 2000년대의 영상 중 서해안 일대의 간척지인 시화지구와 화옹지구 및 안산시를 대상으로 그 변화를 알아보았다. 그 결과 간척지 개발이나 육지의 경우 나지상의 개발로 인해 지형상의 변화는 많지 않은 것으로 나타났으며, 토지이용의 면적변화를 산출하여 비교함으로써 수계와 나지가 감소하고 농업지역과 도심지역이 증가되었음을 알 수 있었다.

핵심용어 : Landsat 영상, 변화탐지, 지형분석

Abstract

Upon the request of balanced development of the country and making inroads into the continent of China, the development of the west coast was begun in the late 1980s, which has been being continued till recently under the blueprint of making the western part of the capital region to be the hub of northeastern Asia. As more lively development is expected to continue in the area, there are many occurrences of change in topology and terrain in the west coast. This study was done to detect the topographic and terrain change of the vicinity of the west coast. To make the basic map of the change in topology and terrain, the mosaic images were made using landsat images, The accuracy of the images was examined by comparing them with GCP through 1:25,000's digital map. After that, among the resultant images of the 1970s and 2000s, those of Sihwa, Hwaong and Ansan, the lands reclaimed by drainage were compared to observe the change in the area. From the results, it was concluded that, in case of the land the topological change was not so big due to the development in the reclaimed land or the bare land, and the area of agriculture and downtown increased, the drainage and bare land area decreased by comparing the change of land use.

Keywords : Landsat Image, Change detection, Topography analysis

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

고해상도 영상의 출현과 수치사진측량시스템의 보급으로 인해 인공위성 자료를 이용한 지도제작이나 갱신에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(ESTES et al., 1983; EVERTEE et al., 1985; HANUS CHAK, 1985).

그 중 토지 피복 분류 및 인공지형지물의 변화탐지에 대한 연구로서는 주로 Landsat TM 자료의 분광특성을

이용하는 연구가 진행되었고(Fung, 1990), 또한 이에 병행하여 영상자료를 처리하는 분야의 연구도 진행되었다(Sigh, 1989). 국내에서는 Landsat TM 자료를 이용한 충남 서해안의 해안선과 연안 변화(해수면상승에 따른)에 대한 연구가 있었으며(전미숙, 1997), 시계열별 Landsat 자료를 이용한 춘천시 도시변화연구가 수행되기도 하였다(박진, 1999).

서해안지역은 1980년대 말부터 국토의 균형 개발과 중국대륙을 겨냥한 전진기지적 개발, 서해안 주민에게

2005년 3월 30일 접수, 2005년 5월 23일 채택

* 주저자, 정희원 · 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수 (jmkang@cnu.ac.kr)

** 정희원 · 충남대학교 공과대학 토목공학과 박사수료 (ladykym@empal.com)

** 정희원 · 충남대학교 공과대학 토목공학과 박사수료 (gentlec@empal.com)

는 낙후를 극복하기 위한 속된 사업으로서 국가적 요청에 의해 개발이 시작되었다.

간척사업, 항만시설확충, 대불공업단지 조성, 서해안고속도로 개통 등 서해안 개발이 순차적으로 추진되었으며 서해안시대에 대비해 수도권 서부를 동북아 중심축으로 성장시킨다는 정부의 청사진 아래 수도권 서쪽에 대한 대규모 개발이 이어지고 있다. 또한 김포 신도시, 인천경제자유구역, 시화지구 개발 등이 연이어 발표되면서 수도권 서쪽이 신흥 주거지로 부상되고 있다.

따라서 서해안 지역의 발전상황을 모니터링 하고 여러 요소의 자료를 구축함으로써 장래의 효율적이고 지속적인 발전 및 개발 계획 수립에 인공위성 영상자료를 이용하면 실측에 못지않은 정확도는 물론 보다 경제적이고 시간적인 효율성이 클 것으로 판단된다.

본 연구에서는 Landsat MSS/TM 영상 자료를 이용하여 서해안 일대의 간척지인 시화지구, 화옹지구와 안산시를 대상으로 영상분석에 의한 지형 및 토지이용변화를 탐지하고자 한다.

1.2 연구내용 및 방법

본 연구에서는 1970년대 Landsat의 MSS/TM영상과 2000년대의 MSS/TM영상을 이용하여 서해안의 발전상황을 모니터링 하는 것으로, 1:25,000 수치지도를 이용하여 Landsat 영상의 기하보정 및 모자이크 과정을 수행하고 정확도 확인을 거친 신뢰도 있는 위성 영상을 구간별로 비교함으로써 토지변화를 탐지하고자 한다.

연구 대상지역에 대한 3차원 지형 정보 변화 및 지물 정보 변화를 탐지하기 위하여 1975년 5월 14일, 2000년 5월 7일에 취득한 Landsat 영상 자료를 사용하였고 GCP 확보 및 정확도 산출을 위해 수치지도를 이용하였다. Landsat 영상자료는 위성영상 이미지 처리 프로그램인 Erdas imagine 8.5를 이용하여 GCP를 결정하고 기하보정(Geometric Correction) 및 재배열(Resampling) 과정을 거쳐 모자이크 영상을 획득한다. 연도별 영상을 지형정보와 지물정보로 구분·추출하여 변화정도를 분석하였다.

그림 1은 서해안 지형 변화 추이 분석을 수행하기 위한 연구의 흐름도 이다.

2. Landsat MSS/TM 데이터 기하보정

2.1 GCP 획득 및 처리

GCP는 기하보정 및 모자이크를 수행하기 위한 기준 자료로 이용되는 것으로 위성영상자료에서 구분이 가능한 위치를 선점하고 이를 지상 측량이나 지형도 자료를 이용하여 획득한다. 본 논문에서 사용된 Landsat 위성영

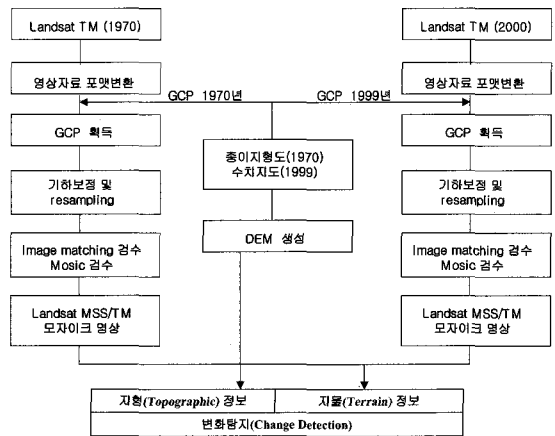


그림 1. 연구 흐름도

상의 공간 해상도는 30m로 중간 정도의 해상력을 가지고 있으므로 기하보정에 이용될 GCP의 선정은 국립지리원에서 제작되고 있는 1:25,000의 지형도를 이용하여 획득하였다.

Landsat MSS/TM 위성영상의 한 장당 촬영면적은 가로(185km)×세로(170km)이지만 수치지도(1:25,000)는 가로(11km)×세로(13.75km) 이므로 기하보정을 위해서 여러 장을 이용해야한다. 수치지도에서 불필요한 레이어를 제거하면 한꺼번에 여러 장의 지형도를 모자이크하여 작업할 수 있다.

수치지도의 DXF 포맷 형태의 자료는 파일용량도 크고 ERDAS IMAGINE에서 기하보정 작업 시 사용할 수 없기 때문에 영상처리 소프트웨어에서 작업하고 파일 용량을 작게 하기 위해서 ARC Coverage 파일로 포맷변환을 수행하였다. 위 작업에서 ARC Coverage로 변환된 파일은 하나의 레이어로 통합되게 된다. 그림 2는 대상지역의 GCP 획득에 이용된 수치지도를 모자이크한 것이다.

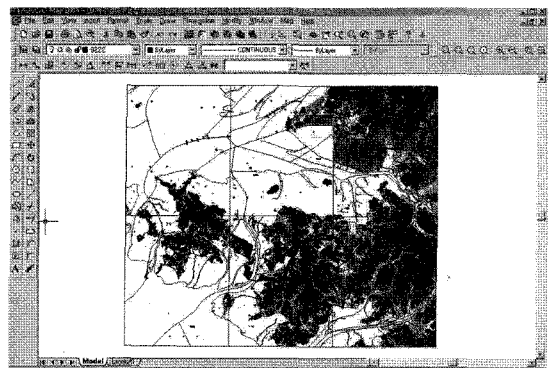


그림 2. GCP 획득을 위한 수치지도 모자이크

2.2 Landsat 영상의 기하보정

원격탐사를 통해 획득된 영상 자료는 절대 위치를 나타내는 기하학적인 변형이 나타나게 된다. 이렇게 휘어진 영상을 평면 위에 존재하는 기존의 지형도나 보정된 영상과 중첩을 시키기 위해서는 인공위성 영상에 나타나는 각 점의 위치를 수차종이 지형도나 영상, 그리고 측량점(GCP Point)과 같은 위치와 투영 값을 갖도록 변환해 주는 과정이 필요하다. 이러한 과정을 기하학적 보정이라고 한다.

위성영상 자료의 기하보정을 실시하는 방법에는 여러 가지 방법이 있지만 본 연구에서는 수치지도를 이용한 기하보정 방법을 사용하였다. 수치지도를 이용한 방법은 현재 1:25,000 또는 50,000 축척의 수치지도가 한반도 전체에 대해 제작되어 있으며 오차의 범위도 위성영상의 공간해상도보다 정확하여 많이 이용되고 있는 방법이다.

ERDAS IMAGINE 프로그램의 「Image to Map」 기능을 이용하여 기하보정을 수행하였으며 그림 3, 4는 기하보정 전·후의 영상이다.

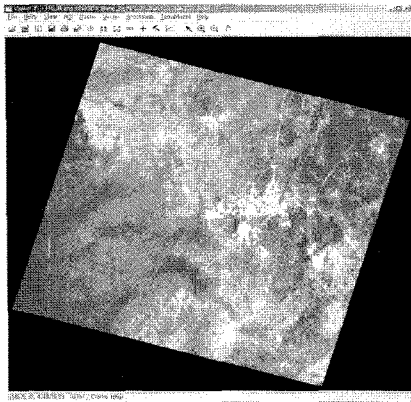


그림 3. 기하보정전 영상

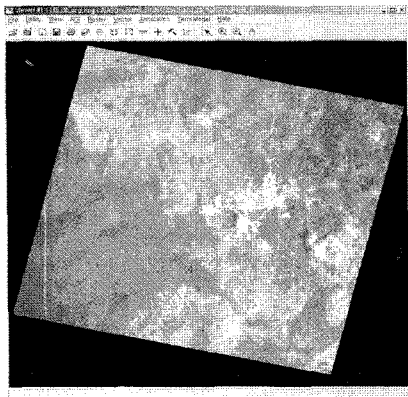


그림 4. 기하보정후 영상

2.3 정확도 분석

수치지도는 지도에 표시된 정보와 관련정보를 수치화하여 전산기용 기록 매체에 기록한 수치 좌표계를 사용하는 지도이다. 또한 기존의 도면에 나타난 각종 정보를 컴퓨터를 이용하여 수치화 시키거나 신규로 항공측량에 의한 해석도화로 수치화시킨 지도로서 수치지도의 축척별 허용오차 범위는 표 1과 같다.

이에 본 연구에서는 모자이크 영상의 정확도 평가를 위해 수치지도를 활용하였다. 정확도는 수치지도에 의해 산출된 GCP 성과와 2000년 위성영상으로부터 독취한 성과를 비교한 것으로 그 결과는 표 2와 같다는 방법에 의해 이루어졌다. 비교결과는 X에서 최대 7.68m, Y에서 최대 4.35m의 편차를 나타내고 평균제곱근오차는 X에서 4.00m, Y에서 2.53m를 나타냈다. 그림 5는 그 정확도 분석결과를 나타낸 것이다.

표 1. 수치지도의 축척별 오차허용범위

도화축척	평면위치의 표준편차(m)	표고점의 표준편차(m)
1:1,000	0.2 이내	0.15 이내
1:5,000	1.0 이내	0.5 이내
1:25,000	5.0 이내	1.5 이내

표 2. 수치지도 독취성과 위성영상 관측성과의 비교

측점	수치지도 성과(m)		위성영상 성과(m)		편차(m)	
	X	Y	X	Y	ΔX	ΔY
1	173479.83	427096.99	173477.10	427098.48	2.73	-1.49
2	161455.72	419102.01	161452.65	419102.57	3.07	-0.56
3	184700.03	422437.06	184705.52	422434.41	-5.49	2.65
4	184916.00	406585.25	184914.55	406583.59	1.45	1.66
5	178729.60	407132.96	178732.93	407128.61	-3.33	4.35
6	167180.04	408167.41	167182.67	408168.34	-2.63	-0.93
7	183649.55	425296.77	183641.87	425300.72	7.68	-3.95
8	181602.17	409458.36	181603.47	409456.71	-1.30	1.65
9	176723.21	429532.07	176726.30	429529.61	-3.09	2.46
10	159564.94	411717.77	159567.72	411719.46	-2.78	-1.69

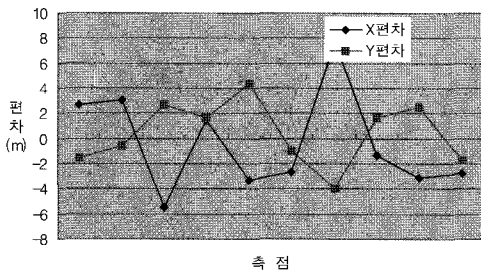


그림 5. 모자이크 영상의 정확도 분석

3. 지형변화 탐지

서해안 일대의 변화를 탐지하기 위해 Landsat 위성영상(1975년, 2000년)과 수치지도를 이용하였고 위성영상의 지형변화 탐지는 축척 1:25,000 지형도에서 추출한 등고선 및 표고점을 이용하여 구축한 DEM 성과를 가지고 비교함으로써 이루어졌다.

약 50년 동안 변화한 서해안의 지형·지물에 대한 동일한 측정점을 획득하는 것은 어려운 작업이다. 따라서 본 연구에서는 GCP로 획득된 데이터베이스 중에서 연도별 비교를 통해 일치하는 점을 선택하여 비교하였다.

GIS 프로그램 Arcview 3.2를 이용하여 DEM을 제작하고 1975년 DEM 성과 2000년도 DEM 성과를 비교하면 그림 6과 같다. DEM 비교결과 서경기지역이 도시화되면서 토지정리 되긴 했지만 약간의 지형변화를 제외하고는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 대상지역은 대체

로 표고가 낮고 간척지 개발이나 육지의 경우 나지상의 개발로 인해 지형상의 변화는 많지 않은 것으로 나타났다.

두 시기의 DEM의 차이를 분석하기 위하여 그림 7과 같이 ①, ② 단면을 정하고 그에 대한 단면도를 산출하였다. 두 개의 비교에서 지형의 변화는 거의 없는 것을 알 수 있었다.

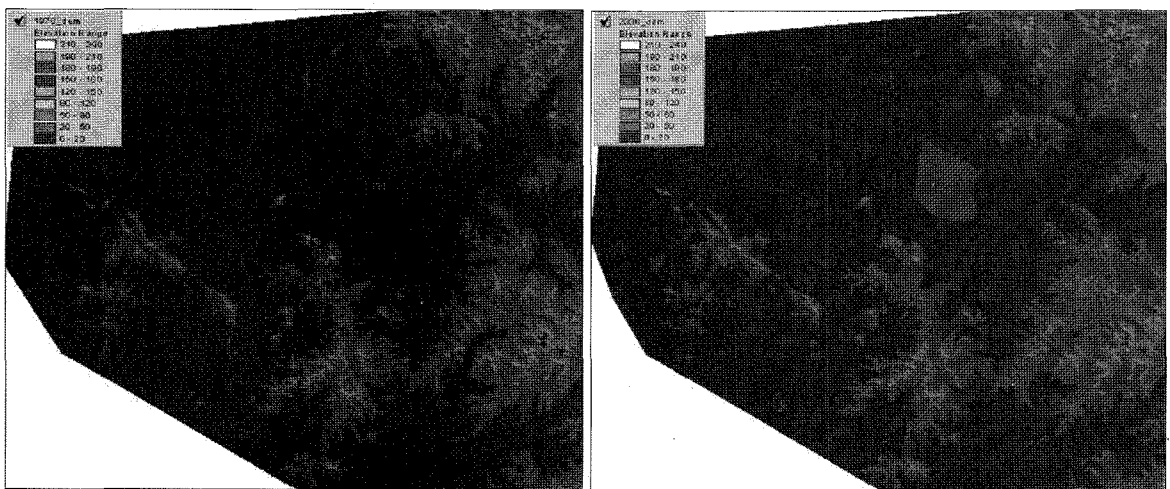
4. 지물변화 탐지

지물변화 탐지를 위한 대상지역은 시흥시, 안산시, 화성시 등이 포함되며, 화성시와 시흥시를 걸치는 시화지구, 화성시 남양동 화옹호를 포함하는 화옹지구, 그 주변 산업이 발달한 안산시의 1975년이후 2000년까지의 변화 상황을 모니터링 하고자 한다.

이를 위해 수치지도와 함께 1975년도 모자이크 영상과 2000년도 영상을 비교하여 시화지구, 화옹지구, 안산시 일대의 지형피복의 변화를 탐지한다. 분류방법은 선분류 후비교법(postclassification comparison)을 이용하였으며 주로 변화의 면적을 산출하였다.

토지피복분류 항목은 미국의 지질조사국(USGS)에서 정한 토지피복분류 항목을 참고하여 표 4와 같이 도심지역, 농업지역, 산림지역, 습지지역, 나지지역, 수계지역의 6가지 항목으로 선정하였다.

분류방법으로는 감독분류 방법 중 최대우도법(Maximum Likelihood Classifier)을 사용하고 Landsat MSS/TM 2, 3, 4 밴드에서 얻어진 각각의 토지이용도에 현황도 및 행정구역도를 중첩시켜 구역 내의 토지이용별 면적을 산출하였다.



(a) DEM(1975년)

(b) DEM(2000년)

그림 6. DEM 성과

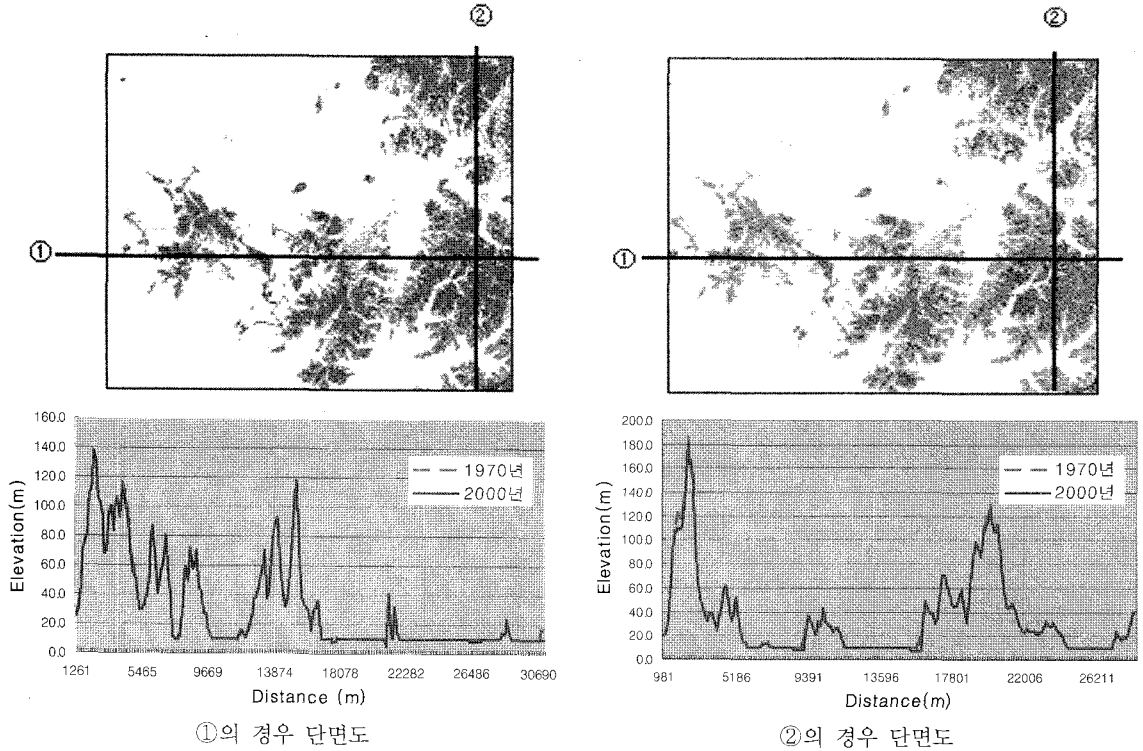


그림 7. 지형변화 추이 분석을 위한 단면도

표 4. 토지피복분류 항목

토지피복분류 항목	
시가화건조지역	
농업지역	
산림지역	
습지/간척지 지역	
나지지역	
수계지역	

4.1 시화지구

시화지구는 70~80년대의 각종 해안공업 공단 등의 발전과 일본, 중국과의 무역교역량이 늘어나면서 경제적인 전략필요와 저렴한 해안 매립 비용, 수도권과의 연계성 등의 이유로 시화지구가 선정되었고, 인천-안산-아산을 연결하는 서해안 공업벨트를 만들고 있다.

시화호 주변 간척지는 서울에서 남서쪽에 위치해 있으며 행정구역상 시화호 동으로는 경기도 안산시, 남으로는 화성시, 북으로는 시흥시와 접하고 있으며 시화호에

직접적인 영향을 미치는 유역범위에는 시흥시, 안산시, 화성시의 매송면, 비봉면, 남양면, 마도면, 송산면 등이 포함되며, 해당지역 면적은 약 494.34km² 이다. 그림 8은 시화지구 개발 현황도이다.

시화지구 토지피복변화의 경우 2000년 영상에서 해안선 부근에 경계가 뚜렷한 선형의 시가화건조지역으로 나타나는 부분이 1975년 위성영상에서는 수계로 나타나고 있는

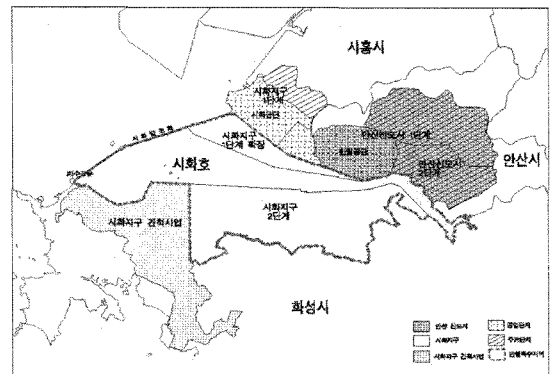


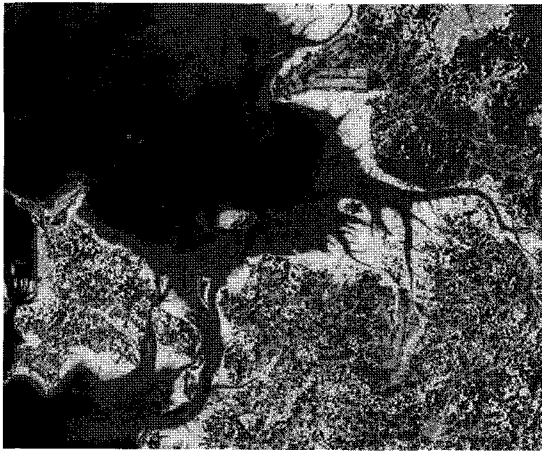
그림 8. 시화지구 개발 현황도

며 이는 간척사업시 건설된 시화방조제가 탐지되면서 도심지와 농업지의 면적이 증가하였음을 보여주는 것이다.

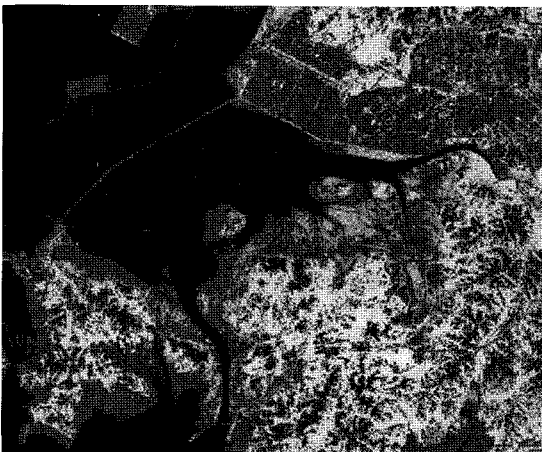
이러한 결과의 구체적인 내용을 살펴보면 농경지는 1975년의 105.8km²에서 136.1km²으로, 도심지는 24.9km²에서 110.4km²으로 증가하였고 갯벌지역을 포함한 수계지역은 80.9km² 감소하였다. 그림 9는 시화지구 토지피복 변화 결과이다.

4.2 화옹지구

화옹지구는 농경지와 농업용수를 확보하기 위해 화성시 궁평리와 매항리 사이의 바다를 방조제로 가로막아, 농업용 담수호를 만드는 간척사업 지역으로 화성시 남양동, 마도면, 우정면, 장안면 등이 포함되며 해당지역 면적



(a) 1975년 시화지구 토지피복 분류결과



(b) 2000년 시화지구 토지피복 분류결과

그림 9. 시화지구 토지피복 변화

은 185.5km²이다. 그림 10은 화옹지구의 개발 현황도이다.

화옹지구 토지피복변화를 살펴보면 2000년 영상에서 해안선 부근의 간척지 조성을 위한 방조제로 나타나는 부분이 1975년 위성영상에서는 수계로 나타나고 있다. 또한 나지와 산림지역이 감소하고 농경지역은 58.05km²에서 68.3km² 증가하였다. 그림 11은 화옹지구 토지피복 변화 결과이다.

4.3 안산시

안산시는 정부가 수도권권을 균형 있게 발전시키기 위해 계획적으로 개발한 공업도시이다.

안산시의 1975년 관측된 토지피복 영상에서는 그림 12-(a)처럼 이들 지역은 녹지로 분류되고 있으나, 2000년 영상에서는 건물이 많이 들어선 시가지로 바뀌었음을 알 수 있다. 즉, 도시지역이 개발로 확산되었음을 알 수 있다. 또한 그림에 나타난 이들 나지 지역은 도시화의 진행에 따른 도시지역의 확산과 밀접한 관련을 갖고 있다. 다시 말해서 그림 12-(a)상에서 나지로 분류된 ①, ②지역은 그림 12-(b)에서는 건물이 밀집한 시가지로 분류되고 있다. 특히, 초지동, 월피동, 반월동 지역이 이러한 경향이 두드러지게 나타난다.

25년 기간동안 안산시의 토지피복 면적 변화는 안산시 면적이 71km² 증가하는 동안 녹지공간과 나지가 15.8km² 감소하고 시가지의 면적은 11.6km²에서 32.2km²로 증가

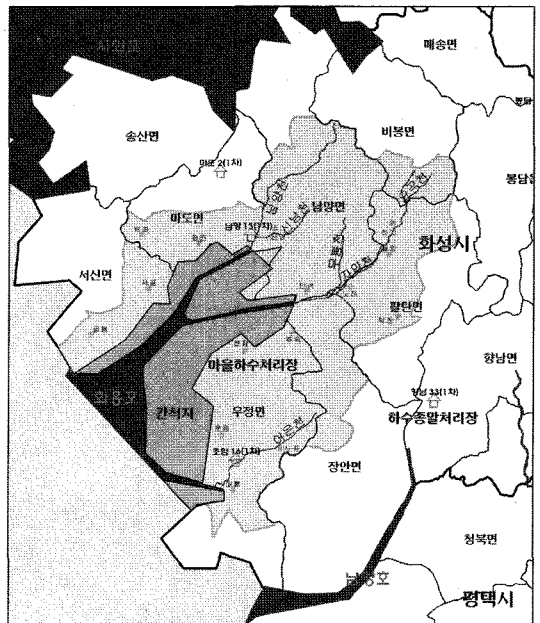
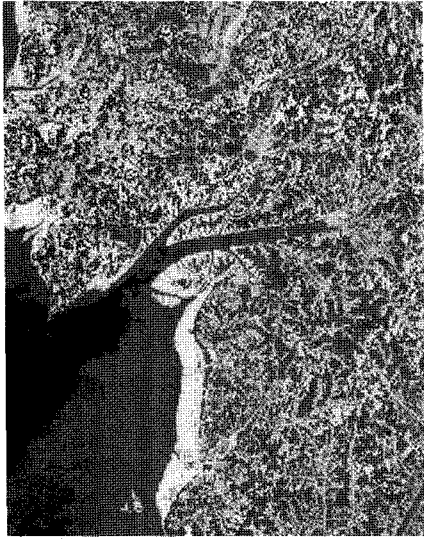


그림 10. 화옹지구 개발 현황도

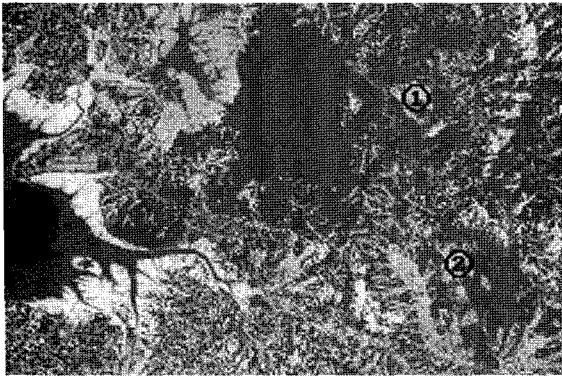


(a) 1975년대 화옹지구 토지피복 영상



(b) 2000년대 화옹지구 토지피복 영상

그림 11. 화옹지구 토지피복 변화



(a) 1975년 안산시 토지피복 영상



(b) 2000년 안산시 토지피복 영상

그림 12. 안산시 토지피복 변화

하였다. 그림 12-(a)의 중앙에 도심지로 분류되고 있는 것은 구름에 영향으로 면적계산에서 제외시켰다.

5. 결 론

수치지도와 인공위성 자료를 이용하여 서해안 일부 지역에 대해 지형 및 지물의 변화 추이를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Landsat MSS/TM의 연도별 영상과 1:25,000 수치지도를 이용하여 정확도 확인을 거친 신뢰도 있는 모자이크 영상을 생성할 수 있었다.

2. 경기 서부지역은 간척지개발과 도시화로 인하여 약간의 지형변화가 나타났으며, 대체로 표고가 낮고, 나지상의 개발이 많이 이루어졌음을 알 수 있었다.
3. 시화지구, 화옹지구 및 안산시의 경우에는 간척지개발과 도시개발 및 공업단지 조성으로 인하여 수계와 나지가 감소하고 농업지와 도심지역이 증가되었음을 알 수 있었다.

향후 고해상도 영상을 이용한 정확한 탐지결과는 지형 및 지물 갱신이나 서해안 지역 발전상황의 모니터링 등을 통해 앞으로의 계획수립에도 큰 도움이 되리라 기대된다.

참고문헌

1. SHORT, N. M., "The Landsat Tutorial Workbook : Basics of Satellite Remote Sensing" . Washington, D. C. : NASA Scientific and Technical Information Branch, 1982, pp. 174-175.
2. FORD, G. E., V. R. ALGAZI, nad D. I. MEYER. "A Nonin-teractive Procedure for Landuse Determination" , Remote Sensing of Environment, Vol. 13, 1983, pp. 1-16.
3. Stringer, W. J., Groves, J. E. and Olmsted, C., "Landsat deter-mines geographic change" , Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54(3), 1988, p. 347-352.
4. Fung, T., "An assessment of TM imagery for land-cover change dection" , IEEE transactions of Geoscience and Remote Sensing, 28(4), 1990, p.681-684.
5. Sigh, A., "Digital change dection techniques using remotely sensed data" . International Journal of Remote Sensing, 10, 1989, p. 989-1003.
6. 유복모, 사진측량개론, 사이텍미디어, 2000, p. 307-308.
7. 유복모, Anton F. schenk, 현대수치사진측량학, 문은당, 2000, p. 249-262.
8. ESTES, J. E., E. J. HAJIC, and L.R. TINNEY. "Fundamentals of Image Analysis : Analysis of Visible and Thermal Infrared Data" , Chapter 24 in The Manual of Remote Sensing, R. N. Colwell, Ed., Falls Church, Va.: American Society of Photo-grammetry and Remote Sensing 1983, Vol. 1, pp. 987-989.
9. EVERTEE, J, and D. S. SIMONETT. "Principles, Concepts, and Philosophical Problems in Remote Sensing" , Chapter 3 in Remote Sensing of the Environment, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1985, pp. 85-127.
10. HANUSCHAK, G., "Obtaining Timely Crop Area Estimates Using Ground-Gathered and Landsat Data, Washington, D. C" , : United States Department of Agriculture Technical Bulletin, 1985, PP. 1609.
11. JENSEN, J. R., "Biophysical Remote Sensing. Annals of the Association of American Geographers" , Vol. 73, pp. 111-132, 1985.
12. 전미숙, "지구 온난화로 인한 해수면 상승에 따른 충남 서해안의 해안선과 연안역 변화에 관한 연구" , 공주대학교, 1997.
13. 김영섭외 2인 공역, 원격탐사개론, 동화기술, 1998.
14. 박건, "시계열 인공위성 데이터와 GIS Tool을 이용한 춘천시 도시공간변화 조사" , 강원대학교, 1999.
15. 이성순, 지광훈, 강준목, "영상자료를 이용한 지형지물 변화탐 지에 관한 연구" , 한국측량학회 추계학술발표회 논문집, 2002, p. 165-168.