

## 인공위성 영상 자료를 이용한 북한 지역의 간척지 조사 Survey for Reclaimed Lands in Western Coast of North Korea using Satellite Image data

신석효<sup>1)</sup> · 김상철<sup>2)</sup> · 안기원<sup>3)</sup> · 김남식<sup>4)</sup>

Shin, Seok Hyo · Kim, Sang Cheol · Ahn, Ki Won · Kim, Nam Sik

<sup>1)</sup> 경상대학교 부속공학연구원 연구원(E-mail : s\_shshin@gshp.gsnu.ac.kr)

<sup>2)</sup> 경상대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail : sangcholyi@hanmail.net)

<sup>3)</sup> 경상대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail : kwahn@nongae.gsnu.ac.kr)

<sup>4)</sup> 창원전문대학 부동산 지적과 조교수(E-mail : kns5533@hanmail.net)

### Abstract

The Electro-Optical Camera(EOC) image of the first Korea Multi-Purpose Satellitel (KOMPSAT-1) has both high resolution and convenient acquisition of research data, but on the other hand it has a defect of one band image. Fortunately, the multispectral Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) image data are receiving every day at the Korea Aerospace Research Institute (KARI). Therefore, this paper performed an effective merging for survey of reclaimed land using the high-resolution (6.6m) KOMPSAT-1 EOC image and the multispectral MODIS image data. According this paper prepared map of reclaimed lands in Western Coast of North Korea as quantitative(position and form) survey of reclaimed lands of North Korea using merged image. The use of KOPSAT-1 EOC image and MODIS images was found to be economical such using of large scale areas as reclaimed land or according easy to collect information and such north korea as inaccessible areas like as receiving every day.

## 1. 서 론

북한의 간척사업의 주목적은 식량난 해결을 위한 농지조성이다. 최근에 농지로 조성되었거나 농지로 조성될 간척지의 규모와 특성을 파악하고 북한의 쌀과 식량 문제를 분석하여 통일을 위한 정책의 기초 자료로 활용할 필요가 있다. 북한과 같이 정보 수집과 접근이 어려운 지역의 조사에 있어서는 인공위성 영상을 이용하는 원격탐사(remote sensing) 기술의 적용이 필수적이다.

간척지 조사에 사용될 인공위성 영상은 고해상도이면서 토지피복상태의 분류가 가능한 다파장대의 영상이어야 한다. 미국의 IKONOS 영상은 고가이면서 한 scene의 피복면적이 좁고, 구입에 소요되는 기간이 많이 걸리기 때문에 간척지와 같은 대규모 면적의 활용에는 비경제적일 수 있다.

KOMPSAT-1 EOC 영상은 해상력이 비교적 높고 영상 취득이 용이한 반면에 단 밴드 영상이라는 단점이 있다. 다행히도 한국항공우주연구원에서는 다파장대의 MODIS 영상을 매일 실시간으로 수신하고 있기 때문에 이 두 영상의 장단점을 활용하면 북한과 같은 비 접근지역의 간척지 현황과 특성을 조사·분석할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상을 이용하여 북한 지역의 간척지 정량적(위치와 형태 등)조사를 통하여 북한 서해안 지역의 간척 현황도를 작성하고 매일 실시간으로 수신하고 있는 MODIS 영상의 활용방안을 제시하고자 한다.

## 2. 자료처리 및 분석

### 2.1 사용데이터, 연구대상지역

본 연구에서 사용된 인공위성 영상데이터는 그림 2, 3과 표 1, 2에서 보는 바와 같이 1999년 12월에 우리나라에서 발사하여 현재 운용중인 KOMPSAT-1 EOC 영상과 NASA의 지구관측시스템의 일환으로 개발된 Terra위성과 Aqua위성에 탑재되어 있는 MODIS 영상데이터를 이용하였고, KOMPSAT-1 EOC 영상은 2000년, 2001년, 2002년에 수집된 13개의 path, MODIS 영상은 2002년에 수집된 영상을 이용하여 최대한 경년변화를 줄일 수 있도록 데이터를 수집하였다. 연구대상지역은 북한 서해안 일대 간척사업지역으로서 그 크기는 종횡방향으로 291 km × 171 km로서 면적은 약 49,761 km<sup>2</sup>이다.(그림 1)

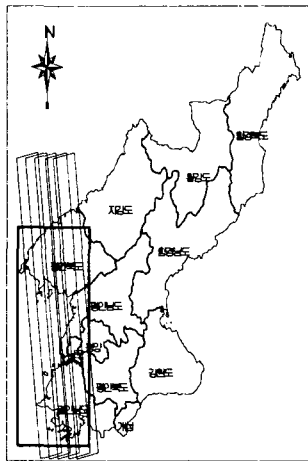


그림 1. 연구대상지역



그림 2. KOMPSAT-1 EOC image



그림 3. MODIS image.

표 1. TERRA image data

Sensor	date of Aquisition	Spatial Resolution(m)	Number of Bands	Spectral Bands( $\mu$ m)
MODIS	2002. 09. 06	250m~1000m	36	Band1: 0.620~0.670 Band2: 0.841~0.876 Band3: 0.459~0.479 Band4: 0.545~0.565

표 2. KOMPSAT-1 EOC image data used

Orbit NO.	Date of Aquisition	Spatial Resolution(m)	Number of Bands	Sensor	Spectral Bands( $\mu$ m)
1222	2000. 03. 14	6.6	1	EOC	0.51~0.73
2623	2000. 06. 18	6.6	1	EOC	0.51~0.73
2929	2000. 07. 19	6.6	1	EOC	0.51~0.73
7110	2001. 04. 21	6.6	1	EOC	0.51~0.73
8733	2001. 08. 10	6.6	1	EOC	0.51~0.73
9347	2001. 09. 21	6.6	1	EOC	0.51~0.73
12186	2002. 04. 03	6.6	1	EOC	0.51~0.73
13460	2002. 06. 29	6.6	1	EOC	0.51~0.73
14046	2002. 08. 08	6.6	1	EOC	0.51~0.73
14632	2002. 09. 17	6.6	1	EOC	0.51~0.73
18413	2000. 03. 14	6.6	1	EOC	0.51~0.73
19410	2000. 03. 14	6.6	1	EOC	0.51~0.73

## 2.2 디지털 모자이크, 기하보정

디지털 모자이크는 여러 개의 영상 파일들을 공간적으로 융합하여 하나의 영상 파일로서 만드는 작업으로서 본 연구에서는 13개의 KOMPSAT-1 EOC 영상데이터들을 분광반사특성을 손상시키지 않는 범위 내에서 농담변환인 히스토그램 매칭(histogram matching)기법을 실시하여 Georeferenced mode로 모자이크 영상을 작성하였다. 그림 4와 5는 13개 path의 KOMPSAT-1 EOC 영상과 모자이크된 영상을 나타내고 있다.

디지털 모자이크된 영상데이터는 일부 기하보정이 되어 있기는 하지만, 데이터 수신처리기관 또는 공급기관에서 표준적으로 채택하고 있는 지구타원체와 평면직각좌표 투영법이 우리나라 국토기본도의 경우와 다르기 때문에 기하보정을 실시하여 위성데이터를 지도좌표체계로 맞추어야 한다. KOMPSAT-1 EOC 영상의 경우 본 연구에서 사용된 기하보정방법은 지상기준점의 지도좌표를 이용하는 방법을 사용하였다. 하지만 대상지역이 북한지역으로 지형도를 취득하기가 용이하지 않기 때문에 본 연구에서는 현재 우리나라에서 제작되고 있는 축척 1:250,000의 지세도를 사용하여 지상좌표를 획득하였으며, 사용된 지형도가 소축척인 관계로 지상기준점의 정확도가 떨어질 수 있으므로 기준점은 주로 방파제, 저수지 등과 같이 그 경계가 확실한 점을 선정하였다. 영상좌표와 지도좌표간의 좌표변환식은 1차다항식을, 픽셀값의 재배열(resampling) 방법으로는 공1차내삽법(bilinear interpolation)을 사용하였으며 재배열에 있어서 픽셀 1개에 해당하는 지상크기를 KOMPSAT-1 EOC 영상은 6.6 m × 6.6 m가 되도록 하였다.

MODIS 영상은 소수의 기준점을 사용하여 각 band 영상이 각각 KOMPSAT-1 EOC 영상의 모양과 같도록 하는 ERDAS IMAGINE 소프트웨어의 “Image to Image” 방법을 사용하였다. 기하보정시의 평균제곱근오차(RMSE)는 1픽셀이상인 값들은 제외하였다. 그림 6은 모자이크된 영상을 사용하여 기하보정한 KOMPSAT-1 EOC 영상이며 그림 7은 기하보정된 MODIS 영상이다.

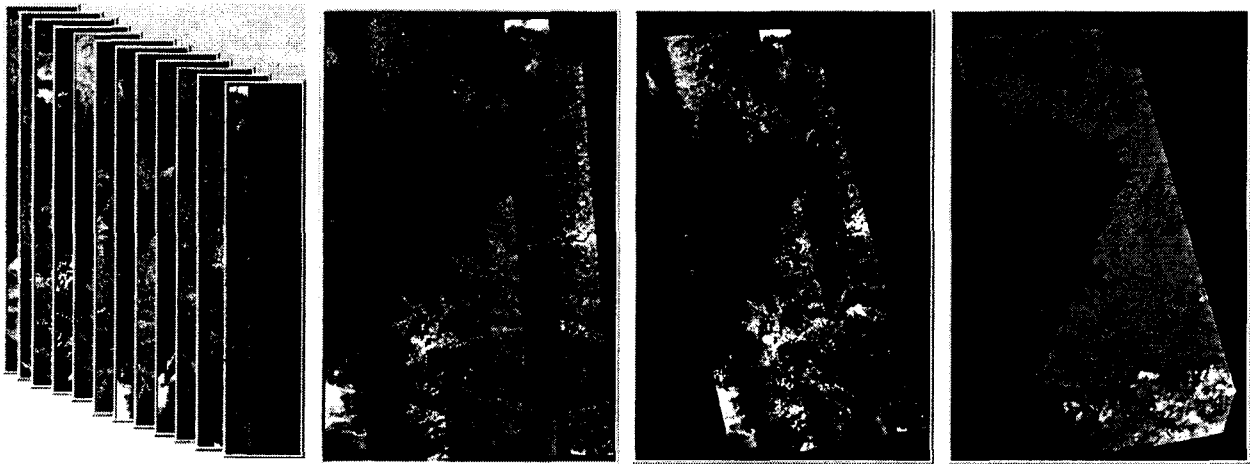


그림 4. KOMPSAT-1 EOC path image data

그림 5. Digital Mosaic image

그림 6. KOMPSAT-1 EOC image data

그림 7. MODIS image data

## 2.3 영상 중합

영상중합은 일반적으로 둘 혹은 그 이상의 서로 다른 영상들을 이용하여 새로운 영상을 생성하여 각 영상의 효과를 극대화하는 것이다. 이러한 이유로 KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상을 이용한 북한 지역의 간척지 정량적(위치와 형태 등)조사를 위하여 KOMPSAT-1 EOC 영상이 단 밴드 영상이라는 단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 대표적인 영상중합기법인 IHS와 PCA기법으로 KOMPSAT-1 EOC 영상과 실시간 취득이 용이한 다파장대의 MODIS 영상과의 중합을 수행하였으며, 간척지에 유효한 기법 선택을 위한 분광특성평가와 시각적 판독평가 결과에서 IHS123 중합 결과 영상이 분광특성 및 시각적 판독의 두 가지 평가에서 전체적으로 가장 좋은 결과를 받았고, 다음으로 IHS124, PCA123, PCA124의 순으로서 나타났

으며, IHS기법을 사용한 중합영상이 PCA 기법을 통한 중합영상보다는 모든 면에서 나은 기법으로 판명됨에 따라 IHS 기법이 간척지조사에 관련된 적절한 중합방법으로 선정되었다. 그림 8과 9는 IHS123 중합영상과 PCA123 중합영상을 항목별로 (500 rows × 500 columns) 크기로 절출하여 비교한 영상들이다.

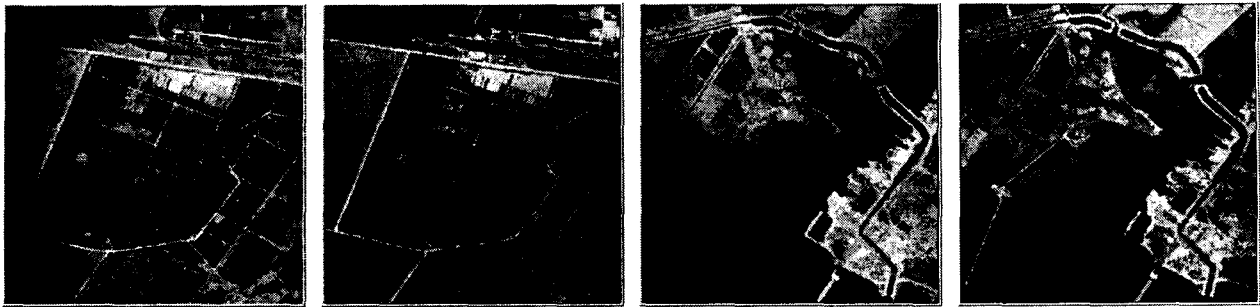


그림 8. (a) Sample Image from IHS bands 1, 2, and 3 (b) Sample Image from PCA bands 1, 2, and 3

그림 9. (a) Sample Image from IHS bands 1, 2, and 3 (b) Sample Image from PCA bands 1, 2, and 3

### 3. 북한 간척지 정량적 조사

#### 3.1 북한의 간척사업 현황 조사

북한은 정권수립 초기부터 식량자급자족을 위해서는 농경지의 확대가 불가피하다는 인식을 가지고 농지조성을 위한 간척사업을 추진해왔다. 북한에서 가장 최근에 발간된 간척자원관련 자료에 의하면 압록강 하구에서 예성강 하구에 이르는 서해안에 약 30만ha의 간척가능지가 3개 지역으로 분포되어 있다. 이들 지역은 첫째 압록강하구부터 청천강하구에 이르는 평안북도 지역의 11만ha, 둘째 청천강 하구에서 대동강 하구에 이르는 평안남도 지역의 11만ha, 셋째 용진 만에서부터 예성강하구에 이르는 황해남도 지역의 8만ha이다. 북한은 81년 10월에 4대 자연개조사업의 내용으로 「30만ha 간척지개간」 목표를 발표하였던바 그 내용은 82년부터 84년까지 매년 3만내지 4만ha씩, 85년부터는 매년 5만ha씩 간척하여 88년 말 까지 30만ha를 전부 완성 한다는 것이다.

북한에는 간척사업을 주로 하는 간척지건설기업소가 평안북도, 평안남도, 황해남도 3개 도에 있어 대규모 간척사업을 수행하고 중소규모 사업은 일반 주민 대상의 노력동원 방법으로 하고 있다. 북한지역에서 현재까지(해방이전 포함)추진한 간척사업의 실적은 약 15만ha 그중 8.15 해방이후의 실적은 10만ha 정도이며, 이는 농경지나 담수호외에 염전이나 갈밭으로 조성한 면적까지 포함한 것이다.

81년에 30만ha의 간척개간목표를 내세우고 대대적인 간척사업을 추진한 이후 지금까지 총 42천ha의 간척실적을 보이고 있으며, 이는 30만ha를 10년 동안에 개간하겠다는 당초의 계획보다 상당히 부진한 실적이며, 최근에는 도별로 추진하는 토지정리사업이 우선시 되면서 잠정적으로 중단된 것으로 보이며 북한 전 지역의 토지정리사업이 끝나는 대로 간척사업을 재개할 것으로 알려지고 있다.

본 연구에서는 통일원이 조사한 그림 10에서 보는 바와 같이 북한의 간척자원 위치도를 기초로 하여 간척지구 위치와 현황을 확인하는 작업을 진행하였다. 보도된 자료에 의한 북한의 간척현황은 표 3과 같다

#### 3.2 간척지 현황도 작성

북한의 간척사업현황과 간척 가능지 조사가 가능하도록 간척지 현황도 작성을 위해 KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상의 중합영상을 이용하여 해상력이 좋은 컴퓨터 모니터로 확대하여 판독함으로써 간척사업이 완료되었거나 진행 중인 상황을 육안으로 확인할 수 있었다. 이를 분석하여 방조제의 길이, 간척지 면적, 담수호의 크기, 용수원, 내부개답현황 등을 파악할 수 있었다. 그러나 예정지 등 간척가

능지의 분석은 보도된 내용을 기초로 하여 유추할 수 밖에 없었다. 그림 11은 KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상의 중합영상으로 작성된 간척 현황도를 사업구역별로 표현한 그림이다. 그림 12는 작성된 간척 현황도이다.



그림 10. Reclaimed areas in Western Coast of North Korea

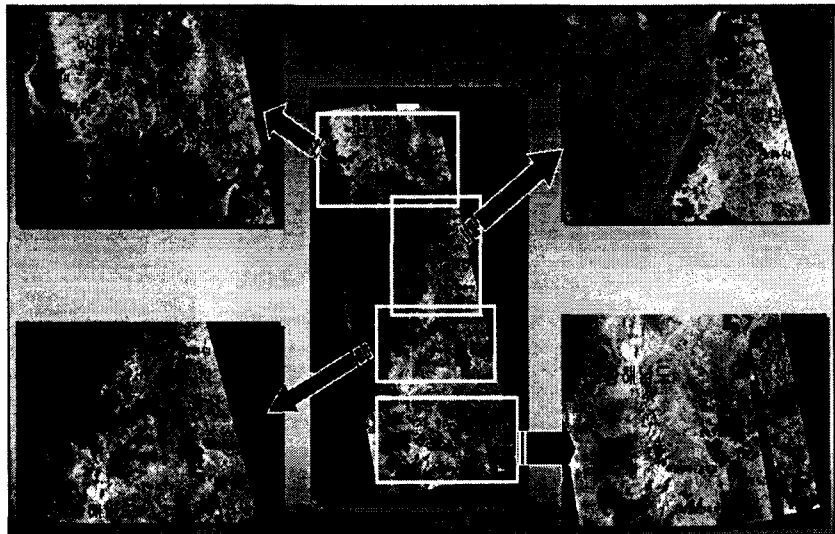


그림 11. Reclaimed areas images

표 3. Reclaimed areas propulsion results in Western Coast of North Korea

도별	지구(지역)명	간척실적(ha)			위성영상판독결과
		총계	45년까지	45년이후	
평안북도	압록강어구	26,520	8,138	18,382	21,106.5
	가도	2,367	1,477	890	47,207.50
	청천강어구우안	7,843	2,006	5,837	15,254.00
	도계	28,887	9,570	19,317	83,568.00
평안남도 및 남포시	청천강어구좌안	7,829	230	7,599	52,063.10
	중사-온천	10,596	7,062	3,534	37,490.30
	대동강어구우안	9,466	2,629	6,837	8,153.20
	도계	47,312	16,862	30,450	97,706.60
황해남도	대동강어구좌안	11,997	5,791	6,206	24,766.20
	대동만 및 용진만	12,054	3,089	8,965	4,146.70
	해주만	8,027	1,770	6,256	6,222.60
	예성강어구지구	10,668	7,440	3,228	16,215.10
	도계	79,390	27,512	51,878	51,350.60
총계		155,589	53,994	101,645	232,625.20

#### 4. 고찰

중합된 영상을 이용하여 육안판독에 의하여 위성영상에서 분석된 북한의 간척현황은 위의 표 3에서 보는 바와 같이 약 23만ha로 판독되었다. 이는 계획된 면적, 시공 중 이거나 부분준공 또는 완공된 간척지 면적을 합한 수치이며 특히 많은 차이를 보이고 있는 평안북도 가도의 경우에는 청천강 우안부분을 합한 결과로 판독면적이 크게 나왔다고 볼 수 있다. 또한 평안남도의 남포의 경우는 대동강어구의 면적보다 육지부로 더 들어간 부분도 간척지로 판독되었기 때문이라고 생각된다. 이러한 결과는 토지이용분류에서 구성요소가 다양하고 복잡하며, 불연속적인 관계로 나타남으로서 분류 정확도가 상대적으로 낮게 나타난 결과로 볼 수 있다. 북한의 간척사업 추진실적과 위성영상의 판독 결과를 대비하기에는 많은

차이를 보임으로서 완전한 자료로 보고하기에는 미진한 부분이 많아 이를 검정하기 위한 작업이 진행되어야 할 것으로 생각된다.

### Map of Reclaimed Lands in Western Coast of North Korea

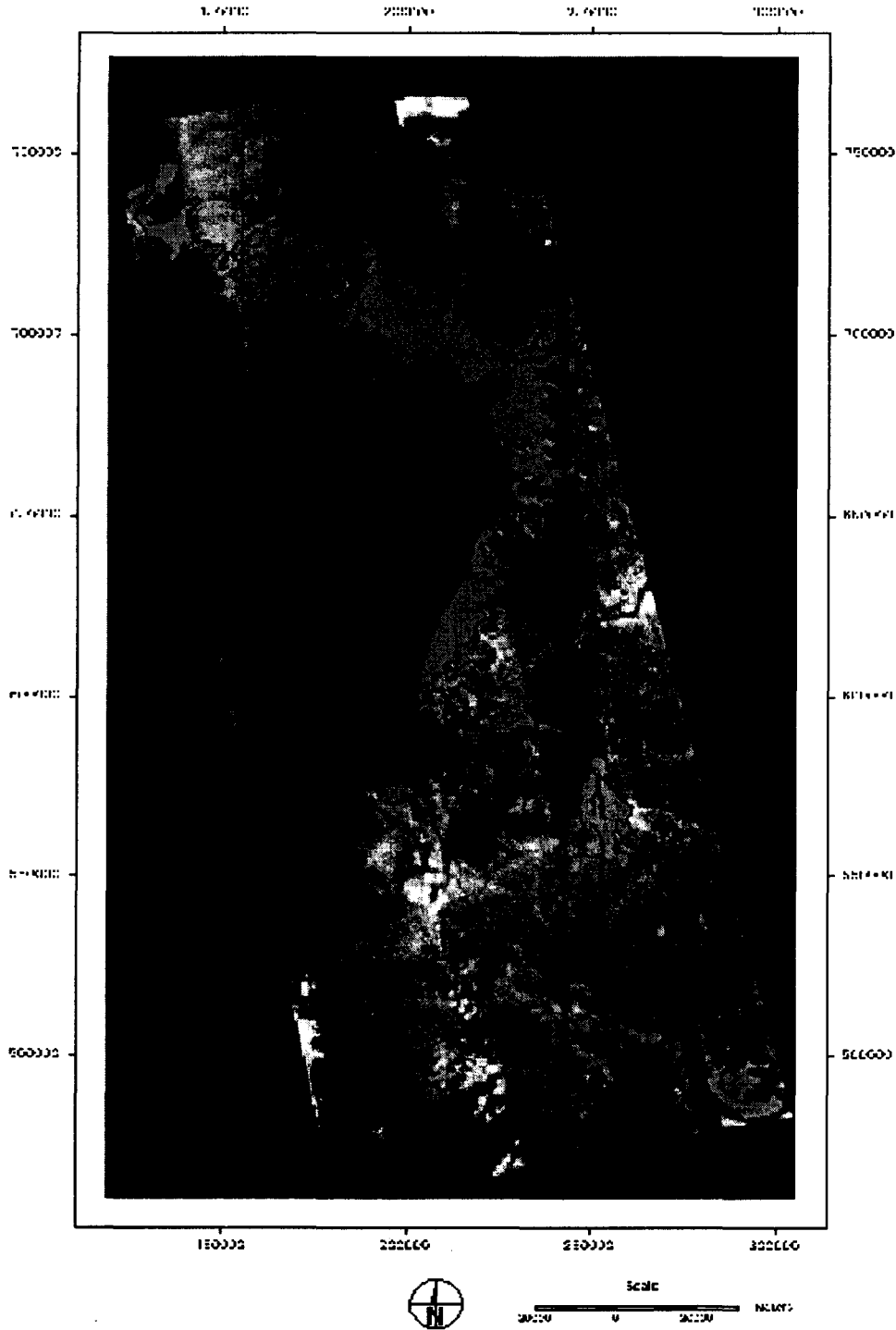


그림 12. Map of Reclaimed Lands in Western Coast of North Korea

## 5. 결론

KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상을 이용하여 북한 서해안 지역에 대한 간척사업현황과 간척지 정량적 조사를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. KOMPSAT-1 EOC 영상과 MODIS 영상을 이용하여 북한 서해안 지역에 대한 간척사업현황과 간척지 정량적 조사를 통하여 간척 현황도를 작성할 수 있었다.
2. 고해상도 이면서 단 밴드 영상인 KOMPSAT-1 EOC 영상과 실시간 취득이 가능한 다파장대의 MODIS 영상을 이용함으로써 IKONOS와 같은 고가이면서 한 scene의 피복면적이 좁고, 구입에 소요되는 기간이 많이 걸리는 문제를 해결할 수 있어서 간척지와 같은 대규모 면적의 활용에 경제적인임을 알 수 있었으며, 또한 매일 실시간으로 취득함에 따라 북한 지역과 같은 비 접근지역의 간척지 현황 및 보수집이 용이 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 안기원, 서두천 (1998), "IRS-1C PAN 데이터와 Landsat TM 데이터의 중합방법 비교". **대한원격 탐사학회논문집**, 대한원격탐사학회, 제 14권, Vol.14, No. 2, pp. 149-164.
- 안기원, 조병진, 서두천, 이정철 (2001), "인공위성 화상데이터를 이용한 북한 서해안지역의 농지기반조성 현황조사", **한국측량학회지**, 한국측량학회, 제 19권, 제 1호, pp. 95-106.
- 조병진, 안기원 (2001), "인공위성 화상데이터를 이용한 북한 서해안지역의 미완공 간척지 조사", **한국농공학회지**, 한국농공학회, 제 43권 제 1호, pp. 75-86.
- 농업기반공사 (2000), "북한의 농업 생산 및 정책에 관한 연구", pp. 34-35, 61-69.
- 한국항공우주연구원, (2002), "위성자료공공활용연구-지구관측/정보 시스템 구축 및 공공활용지원", 한국항공우주연구원.
- Ahn, K. W. Shin, S. H. Kim, S. C. and Seo, D. C. (2003), "Merging of KOMPSAT-1 EOC Image and MODIS Images to Survey Reclaimed Land", *Korean Journal of Geomatics*, Vol. 3, No. 1, pp. 59-65.
- Albert, L. Zobrist, N. A. and Bryant, R. G. (1983), "Technology for large digital mosaics of Landsat data", *PE & RS*, Vol. 49, No. 9, pp. 1325-1335.
- Carper, W. J. Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (1990), "The use of intensity- hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data." *PE & RS*, Vol. 56, No. 4, pp. 459-467.
- Chavez, P. S., Jr. Sides, S. C. and Anderson J. A. (1991), "Comparison of three different methods to merge mutiresolution and multispectral data : Landsat TM and SPOT Panchromatic." *PE & RS*, Vol. 57, No. 3, pp. 295-303.
- Chavez, P. S., Jr. and Bowell J. A. (1988), "Comparison of the spectral information content of Landsat Thematic Mapper and SPOT for three different sites in the Phoenix, Arizona region." *PE & RS*, Vol. 54, No. 12, pp. 1699-1708.
- Shin, T. Y. and Hsieh, C. S. (1997), "A comparative study on the techniques for merging spot panchromatic and multispectral image data", *ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition Technical Paper, Remote Sensing & Photogrammetry*, Vol. 3, pp. 64-73.
- NASA (2000), "MODIS LEVEL1B Products User's Guide", NASA.