

위성영상과 GIS를 이용한 북한 서한만의 연안환경 특성 분석
Analyzing the characteristic of coast environment in
Seo-han bay, North Korea using satellite images and GIS

조명희¹ · 유홍룡² · 김형섭¹ · 김성재^{1*} · 허영진¹
Myung-Hee Jo¹ · Hong-Ryoung Yoo² · Hyung-Sub Kim¹
Sung-Jae Kim¹ · Young-Jin Heo¹

경일대학교 도시정보지적공학과¹ · 한국해양연구원²
mhjo@kiu.ac.kr · hryoo@kordi.re.kr · star618@dreamwiz.com
sungjae97@yahoo.co.kr · yj3226@korea.com

요 약

본 연구에서는 위성영상자료 Landsat TM(1999.8.16), ETM+(2002.9.17)을 활용하여 북한 서한만 지역의 NDVI, 토지피복, 지표온도 분포도를 작성하여 경년에 따른 환경 변화를 탐지 및 분석하였으며 ISODATA Clustering 기법을 적용하여 북한 서한만 일대의 간석지 분포도를 작성하였다. 북한 서해안 간석지 면적변화 탐지를 위하여 고지형도 (1918)를 디지털 자료로 변환하여 북한 서해안 전역의 간석지 GIS DB를 구축하였으며 위성영상자료를 이용하여 작성된 간석지 공간 분포도와 비교·분석을 통하여 북한 서한만 일대의 84년간의 간석지 면적변화를 탐지하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 북한 서해안 지역의 간석지 퇴적 환경정보 및 다양한 연안 환경정보를 구축할 수 있었으며 북한 서해안 지역과 남한 서해안 지역의 간석지 연안환경 비교 분석 등을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

서 론

연안 간석지에 대한 연구는 토양입자의 샘플이나 동식물 채취 등에 의한 미시적이고 생태적인 연구에만 치중하고 있으며 더욱이 간석지는 면적이 매우 넓고 만조 때 물밑에 잠겨 버릴 뿐만 아니라 계절에 따라 형태 및 표층퇴적물이 변하기 때문

에 지상조사만으로는 접근과 조사에 어려움이 있으며, 간석지의 지형, 퇴적물, 염생식물 등의 공간적 분포를 정확하게 파악하고 연구를 수행하는 데는 많은 제한이 따른다. 더욱이 인접한 북한의 연안환경을 조사하기 위해서는 공간적인 문제 외에도 여러 가지 문제가 수반하는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 신속하고 객관적인 주기적 자료 획득과 조사 소요시간의 단축, 비용절감 가능, 넓은 지역에 대한 정보를 빠르고 쉽게 분석할 뿐 만 아니라 연안지역의 전반적인 현황에 관하여 신속히 파악할 수 있는 위성영상자료와 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 보다 과학적이고 체계적인 연구를 수행하고자 한다.

기존 위성영상을 이용한 간석지 관련 국내의 연구동향을 보면 한국해양연구원(1986)은 Landsat TM 영상을 이용하여 다중영상처리 시스템 (Multi-date processing system)의 개발과 MSS 영상 자료를 이용해 금강하구 일대의 조간대지형의 개괄적인 조사와 아울러 해수온도의 분포를 연구한 바 있으며, 조화룡, 조명희(1999)는 Landsat TM 위성영상을 이용하여 전라북도 줄포만 간석지의 미지형을 무감독분류의 ISODATA기법을 적용하여 mudflat, mixed flat, sandflat의 3지형으로 분류하고, 해안지형의 분포특성을 파악한 바 있다. 류주형, 원중선(2000)등은 SAR영상을 이용하여 자동화된 연안선추출에 관한 연구를 수행하였다. 그리고 박의준(2001)은 간석지 지형분류에 있어서 위성영상 활용방안에 관한 연구에서 Landsat TM 영상을 이용하여 해안지역의 연안간석지 미지형 분류와 NDVI 분포특성을 연구한바 있으며, 김만규 등(2003)은 안면도 주면의 연안퇴적환경에 대해 Landsat TM 영상을 이용하여 해빈의 퇴적환경체계 변화 특징을 연구하였다.

따라서 본 연구에서는 Landsat TM, ETM Data 영상 및 고지형도를 이용하여 간석지 퇴적물의 분포 특징을 나타내는 간석지 분포도를 작성하여 북한 서한만 일대 연안 간석지 면적의 경년 변화를 탐지하고 공간분석을 통한 연구 대상지의

다양한 연안 환경 정보를 구축하는데 목적이 있다.

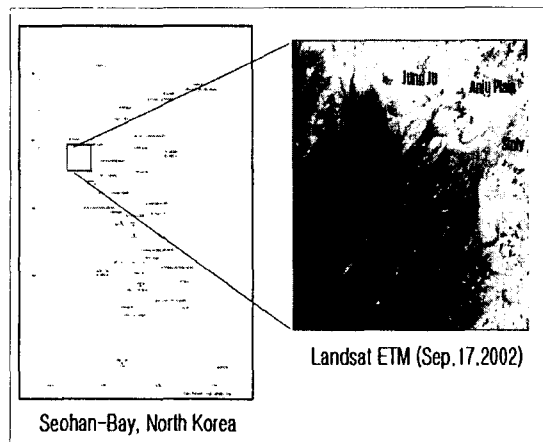


그림 1. 연구 대상지

연구자료 및 방법

본 연구의 대상지는 평북 철산반도와 황해도 장연반도 사이에 자리잡은 삼각형의 형태를 띄고 있는 서한만으로 선정하였으며 연구 자료로는 고지형도(1918-1920) 및 2002년 9월 17일 촬영된 Landsat TM(1999.8.16), ETM+(2002.9.17) 영상을 사용하였다.

고지형도 기반으로 Tracing, Vectorizing, 좌표투영 및 변환등 기본 GIS DB 구축과정을 수행하여 간석지 DB를 구축하였으며 효율적인 분석을 수행하기 위하여 Arcview 3.2 및 ArcGIS 8.1 S/W를 이용하여 연구목적에 맞게 분포도를 작성하였다.

위성영상자료의 처리에 있어서는 ERDAS Imagine 8.5를 사용하였으며 Landsat 영상처리에 있어서 기하보정 과정에서 발생한 RMS(Root Mean Square) 오차는 0.3 화소(9m) 이내로 처리하였고 기하보정의 마지막 단계인 재배열(Resampling) 및 내삽(Interpolation)에 있어서는 원래의 화소

치를 훼손하지 않고 처리 속도가 빠르며 화소 값의 변화가 가장 적은 최근린내삽법으로 화상을 30m×30m으로 재배열 하였다.

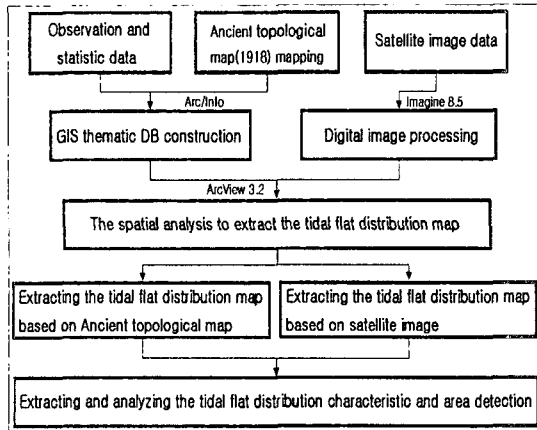


그림 2. 연구 흐름도

2. 북한 서한만 일대의 간석지 면적변화 탐지

1) 고지형도 기반 간석지 분포도 작성

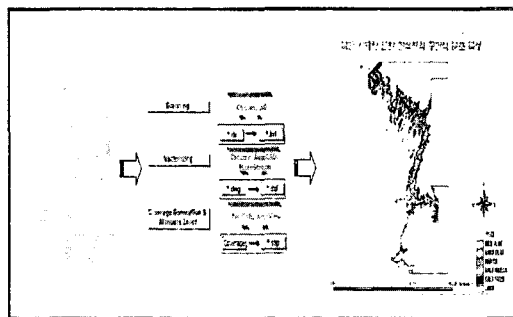


그림 3. 고지형도 기반 간석지 분포도

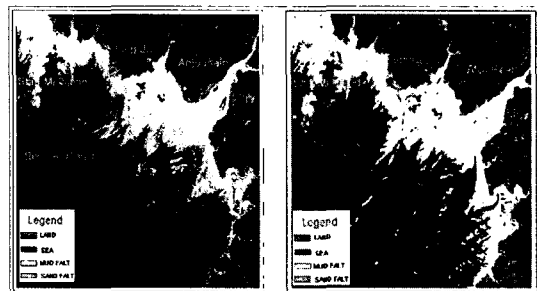
고지형 33도엽(1:50,000)을 기본 GIS DB구축 과정을 거쳐 북한 서해안 전역의 간석지 분포도를 작성하였으며 연구대상지인 북한 서한만 일대의 간석지 분포를 분석해 본 결과 북한 연안 상부에 위치하는 용암포 일대와 하부에 위치하는 광량

만 일대에 분포하고 있는 marsh나 salt marsh는 1918년 북한 서한만 간석지에는 분포하지 않았던 것으로 나타났다.

북한 서한만 일대의 간석지 현황을 파악해 본 결과 Sand flat 278.97km², mud flat 671.23km², salt farm 6.33km²로 분포하고 있는 것으로 나타났으며 서한만 일대 간석지는 대부분이 sand flat 이나 mud flat 으로 형성되어 있었던 것을 알 수 있었다.

2) ISODATA Clustering 기법을 적용한 북한 서한만 일대의 간석지 분포도 작성

위성영상자료(1999.8.16, Landsat TM, 2002.9.17, Landsat ETM+)를 기반으로 간석지를 추출하였으며 추출 방법에 있어서 무감독분류기법중에 하나인 ISODATA Clustering 방법을 선택하였다. Landsat 위성영상 자료를 이용하여 북한 서한만 일대의 간석지 분포를 분석해 본 결과 1999년 8월 16일 촬영된 영상에서 모래 간석지가 328.60km², 점토질 간석지가 338.84km²로 분류되었으며 2002년 9월 17일 촬영된 영상에서는 모래 간석지가 405.90km², 점토질 간석지가 455.80km²로 분류되었다.



1999.8.16 2002.9.17
그림 4. Landsat 영상분석에 의한 북한 서한만의 간석지 분포도

표 1. 연구대상지의 간석지 면적 (단위:km²)

구분	년도	1999.8.16	2002.9.17
MUD FLAT		338.84	450.80
SAND FLAT		328.60	405.90

3) 연구 대상지 간석지 면적변화 탐지

고지형도 기반으로 작성한 간석지 분포도(1918-1920)와 본 연구에서 사용된 최근 위성영상자료 Landsat ETM(2002.10.17)를 이용하여 작성한 간석지 분포도를 분석·비교하여 간석지 면적 변화를 살펴본 결과 sand flat이 126.93km² 증가하였고 mud flat이 215.43km² 감소 하였는 것을 알 수 있었다<표 1>.

이는 간척지 개발 사업이 포함된 북한의 4대 자연개조사업이 1981년부터 시작되어 지금까지 지속적으로 개발 중인 것으로 알려져 있으며 간척사업으로 인하여 예전의 간석지였던 지역이 간척지 혹은 농지로 토지이용의 변화를 가져다 왔는 결과로 해석되며 토지이용의 변화는 고지형도와 최근위성영상자료와의 중첩분석을 통한 육안 분석으로 확인할 수 있었다.

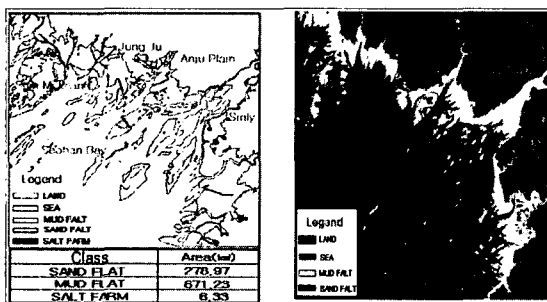


그림 5. 연구 대상지의 간석지 면적 변화 탐지

표 2. 연구대상지의 간석지 면적변화 (단위:km²)

구분	년도	1918	2002	면적 변화
MUD FLAT		671.23	455.80	-215.43(감소)
SAND FLAT		278.97	405.90	+126.93(증가)
SALT FARM		6.33	0	-6.33(감소)
TOTAL		956.53	811.7	

2. Landsat 영상을 이용한 북한 서한만 지역의 연안환경 특성 분석

1) Landsat 각 밴드별 및 분류항목에 따른 분포특성

해안 지형의 분포특성 파악을 파악하기 위하여 Landsat영상의 각 밴드별 DN 값의 분포특성을 알아 본 결과 모든 클래스가 상대적으로 단파인 가시광역의 1-3 밴드에서 DN 값이 높게 나타나고 장파의 적외선 영역인 4, 5, 7 밴드에서 DN값이 낮게 나타났으며 평균값의 차이에 있어서도 단파에 비해서 장파의 차이가 큰 것으로 나타났다.

이와 같은 경향은 수분과 관계있는 것으로 판단되어 지는데 물은 장파에서 흡수되므로 반사량이 적어서 DN값이 낮게 나타나며 단파는 상대적으로 많이 반사되기 때문에 DN값이 높게 나타나는 것으로 사료된다. 간석지내의 미세한 지형 특성 분석에는 밴드 3이 유용한 것으로 나타났으며 밴드 4는 근적외 영역 탐지 밴드로 식물의 엽록소를 강하게 반영하기 때문에 식생이 피복된 육상은 밝게 나타나 전반적으로 높은 DN값이 분포하고 있으며 식

생이 거의 없는 간석지에서는 낮은 DN값이 분포하고 있어 어둡게 나타났다. 이러한 점으로 미루어 볼 때 육지와 간석지간의 경계를 찾기 위해서는 밴드 4가 유용한 것으로 판단된다.

다음으로 밴드 5, 7의 DN값의 변별력이 가장 높은 것으로 나타난 것으로 보아 간석지 퇴적물 분류에 있어서는 밴드 5, 7이 가장 적합한 밴드로 판단된다.

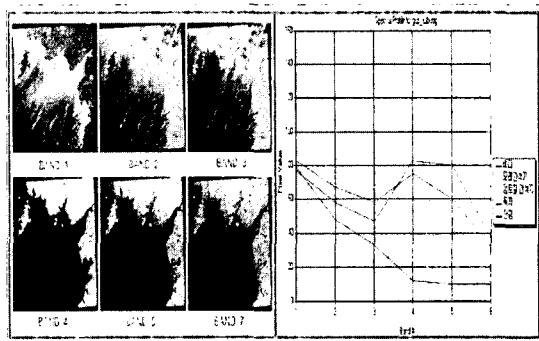


그림 6. Landsat 영상의 각 밴드별 DN 분포 특성 비교

2) 북한 서한만 지역의 토지피복 변화

연구 대상지인 북한 서한만 일대의 토지피복 현황을 알아보기 위한 방법으로는 간석지 추출 방법과 동일한 무감독분류기법 중에 하나인 ISODATA Clustering 방법을 선택하였다. 토지피복의 분류 결과 산림지역이 1999년 317.03km²에서 2002년 130.46km²로 감소한 것으로 나타났으며 특히 안주평야와 신리에 산림지역이 극히 감소한 것으로 나타났다. 밭, 대지로 분류된 지역이 1999년 209.87km²에서 2002년 357.92km²로 매우 증가하였는데 이는 안주평야와 신리에서 감소된 산림지역이 밭,

대지로 토지피복의 변화에 따른 결과로 해석된다. 논, 양식장으로 추정되는 지역은 240.62km²에서 247.33km²로 미소하게 증가하였으며 도시로 분류된 지역 역시 20.45km²에서 50.13km²로 미소하게 증가하였음을 알 수 있었다.

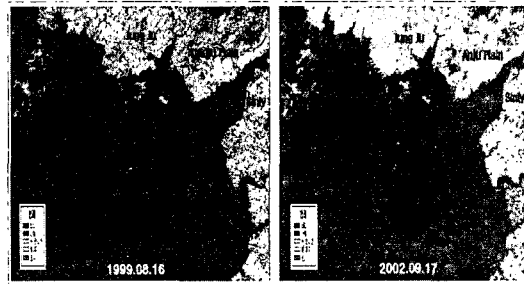


그림 7. ISODATA clustering 을 이용한 연구 대상지 토지피복 변화 탐지

표 3 토지피복 변화

(단위:km²)

구분	년도	1999	2002	면적 변화
산림		317.03	130.46	-186.57
논, 양식장		240.62	247.33	+ 6.71
밭, 대지		209.87	357.92	+ 148.05
도시		20.45	50.13	+ 29.68
합계		787.97	785.84	

3) NDVI(Normalize Difference Vegetation Index)를 이용한 식생지수 분석

녹지의 활력도를 알아보는 방법으로는 식생지수를 이용하여 식물의 특성을 파악하는 기법이 가장 많이 사용되고 있는데 이러한 식생지수는 지표의 식생분포와 상태등을 표현하기 위하여 고안된 처리기법으로 지구표면과 식물이 아닌 물체들의 분광반사특성을 이용하여 식물에 관한 정보를 표현한다. 보통 식생지수들은 Landsat TM 등과 같은 가시광

선과 근적외선의 파장대를 가지고 있는 위성 영상 자료들의 밴드비(Ratio), 밴드차(Difference)등에 의해 산출되어질 수 있는데 현재 가장 널리 사용되고 있는 기법으로는 정규화한 식생지수 값을 갖게 되는 NDVI(Normalize Difference Vegetation Index)가 보편적으로 사용되고 있다.

연구지역의 식생활력도를 분석하기위해 Landsat TM 영상의 band 4와 band 3을 비연산하여 정규식생지수(NDVI)를 구하였다. 사용된 식은 다음과 같다.

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red}$$

NIR = Near Infrared band
red = Red band

NDVI식을 이용하여 연구 대상지의 식생지수를 알아 본 결과 1999년 8월 16일 영상의 경우 간석지의 NDVI값이 101-140사이 에 분포하고 있었으며 2002년 9월 17일 영상에서는 61-80에 분포하고 있었다. 상대적으로 2002년 9월 17일에 촬영된 영상에서 NDVI 값이 낮게 나타났는데 식생활력이 줄었다기보다는 계절차이에 따른 식생활력의 차이의 결과로 사료되며 1999년 8월 16일 촬영된 영상에서는 간석지의 NDVI값의 범위가 넓은 반면 (81-140) 2002년 9월 17일에 촬영된 영상에서의 NDVI 값은 범위(61-80)가 좁은 것으로 나타났다.

1999년 8월 16일 영상에서는 간석지와 육지와의 NDVI값이 뚜렷한 구분없는 형태를 띄고 있는 반면 2002년 9월 17일 영상에서는 간석지의 NDVI값이 61-80으로 뚜렷하게 나타나고 있는 것을 알 수가 있다.

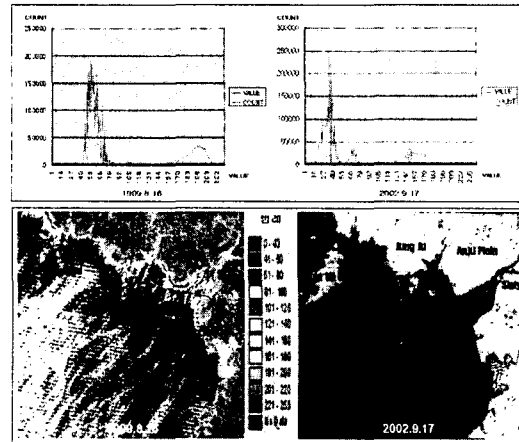


그림 7. NDVI를 이용한 식생지수 분포도

4) NASA 모델을 이용한 연안 지표 열 환경변화 탐지

TM band 6의 열적외선 영상을 이용하여 지표온도분포도 작성하여 열 환경 변화 탐지를 위하여 Landsat TM(1999년 8월 16일), ETM(2002년 9월 17일) band 6의 DN(Digital Number)값으로부터 구해진 복사휘도 값을 NASA Model(Markham and Becker, 1986)을 이용하여 지표온도를 추출하였다.

열 환경변화를 분석 해 본 결과 1999년 8월 16일 영상에서는 육지와 바다지역 지표온도가 전반적으로 높게 나타났으며 특히 바다의 온도차가 효과적으로 구분되었으며 2002년 9월 17일 영상에서는 대체로 낮은 지표온도 값을 나타내고 바다는 거의 동일한 값을 보였다.

북한 서한만 일대의 지표온도 값의 분포패턴을 살펴본 결과 NDVI값의 분포패턴과는 달리 지표온도에서는 간석지의 지표온도 값이 뚜렷하게 나타나고 있지 않은 것을 알 수가 있다.