

# 위성영상을 활용한 환경 요인에 따른 고군산 군도 간석지의 시공간적 변화 탐지

이홍로<sup>1</sup>, 이재봉<sup>2\*</sup>

## Monitoring Spatiotemporal Changes of Tidal Flats in Go-Gunsan Islands by Environmental Factors using Satellite Images

Hong-Ro Lee<sup>1</sup>, Jae-Bong Lee<sup>2\*</sup>

### 요 약

Landsat TM 위성영상을 이용하여 전라북도 고군산 군도 미지형을 무감독 분류의 ISODATA 기법과 감독 분류의 최근린법으로 분석한 시공간 변화를 파악하고자 한다. 각각의 퇴적물 지형은 새만금 방조제 공사 진행에 따라 지리적 요인과 기후 환경적 영향에 대하여 상이한 특성을 갖는다.

본 연구 지역의 지형적 특성을 구체적으로 구분한 결과는 간척 계획수립과 간척된 이후의 퇴적 및 침식 지형 예측에 유용할 것으로 사료된다. 아울러 Landsat TM 7개의 band 중에서 밴드 4는 조간대와 해면의 구분, 그리고 밴드 5는 조간대에 대한 세부적인 미지형의 분류에 이용하며, 위성영상이 미지형 변화의 탐지에 효율적임을 밝히고자 한다. 따라서 위성영상을 이용한 지형지물의 분류 및 변화에 대한 탐지는 제방 축조공사가 완료된 후 방조제 외측에 위치한 고군산 군도에서 갯벌이 형성되는지의 여부를 밝히는데 매우 유용할 것으로 기대된다.

주요어: Landsat TM, 위성영상, 무감독 분류, 시공간 퇴적변화, 간석지, ISODATA 기법

### ABSTRACT

We will catch the spatio-temporal changes that analyse the unknown topography of Go-Gunsan Islands using Landsat TM satellite images into an unsupervised ISODATA classification and a supervised nearest likelihood classification. Each sedimental topography has the different characteristics according to building the Saemangeum embarkment. We will deal with the distribution of sedimental shapes using ERDAS Imagine 8.6.

The result that classifies specifically topographic properties of our research area be considered to

2005년 5월 3일 접수 Received on May 3, 2005 / 2005년 8월 25일 심사완료 Accepted on August 25, 2005

1 군산대학교 컴퓨터정보과학과 Department of Computer Information Science, Kunsan National University

2 전북대학교 컴퓨터공학과 Department of Computer Engineering, Chonbuk National University

\* 연락처 E-mail: jbonglee@mail.chonbuk.ac.kr

get use of establishing the reclaiming program and predicating the reclaimed sedimental topography. The research area can be classified into tidal flats and sea level using band 4 among 7 bands of Landsat TM. Also band 5 can be used to classify the special unknown shapes of tidal flats. We will clarify the efficiency that spatio-temporal sedimental changes can be extracted through processing satellite images. Therefore, the spatio-temporal unknown topography change monitoring using satellite images is expected to be very useful to clarify whether the tidal flat is generated or not in the Go-Gunsan Islands at the outer side of the embarkment after constructing completely the Saemangeum tidal embarkment.

**KEYWORDS:** *Landsat TM, Satellite Image, Unsupervised Classification, Spatio-temporal Change, Tidal Flat, ISODATA Method*

## 서 론

우리나라에서 역사상 최대의 간척 사업인 새만금 간척지역은 행정적으로 전라북도 군산, 김제, 부안의 18개 읍, 면, 동이 포함된 곳에 위치하고 총면적 40,100ha이며, 공사 기간은 1991년부터 2011년까지 총 21년이다. 전라북도 연안 중 절반 이상의 해안선 변경으로 다양한 연안 환경의 변화를 예고한다. 방조제 공사가 진행되는 동안 방조제 내측의 퇴적/침식에 따른 지형 변화가 일어나고 있고(Jin-Yong,1999), 새만금 방조제 외해역의 고군산 군도(신시도, 장자도, 무녀도, 선유도 등)는 방조제 내측에서 운반된 토사 및 부유물질에 의한 퇴적 및 침식 작용이 활발히 진행 될 것으로 예상된다.

새만금 방조제라는 인위적 영향에 대해 연안의 자연 환경이 변화하고 있다. 자연적인 연안 환경을 해양 퇴적학적으로 규명하고 퇴적 분포 및 이동과 지형 특성 등을 이용하여 퇴적 및 침식에 의한 탐지 예측하는 모델 구축이 요구된다. 정밀 위성 영상을 장기적이고 광역적인 간석지 미지형 퇴적 및 침식 변화를 탐지하는 것이 필요하다.

인구의 증가와 산업화 등 각종 개발로 인한 자연환경의 변화가 증가하고 있다. 새만금 방조제 축조에 따른 자연환경의 인위적 변화가 연안 환경에 영향을 미치며, 자연 환경의 변화는 인

간의 생활환경으로 이어 진다. 따라서 새만금 연안환경의 변화 탐지는 필요하며, 변화 감시를 위한 효율적이고 정확하며 빠른 관측 기술의 개발이 중요하다.

본 연구는 여러 가지 불법적인 개발을 감시하고 연안 적조와 같은 자연 현상의 변화 감시에 활용할 수 있으며, 연안 환경 변화 평가 모델 개발과 연안 환경 변화 예측 시스템 개발에 응용 할 수 있다.

기술의 발전에 따른 위성정보의 성능 향상은 위성 영상을 활용하는 지형 변화 탐지, 수질 감시, 연안 어장 환경 평가 등을 위한 기반 기술 개발에 기여 할 뿐만 아니라, 위성정보 기술 활용은 비용 절감과 더불어 광범위한 영역의 감시와 실시간 감시에 기여할 것이다.

기존의 위성영상을 처리하기 위한 분류 기법은 평행육면체기법(PPL: parallel-piped classification), 최소거리 기법(MDC: minimum distance classification), 최대우도법(MLC: maximum likelihood classification) 등의 감독 분류기법과 순차군집분류기법, K-Means 군집 분류 기법, ISODATA 기법(interactive self organizing data analysis technique), 그리고 Fuzzy C-means 군집 기법 등의 무감독 분류 기법이 있다. 영상 분할 기법은 경계 기반 영상 분할과 영역 기반 영상분할로 나누어진다(Fjortoft, 1998). 영역 통합 기법과 영상 통합

기법은 유사한 분광특성을 가진 부분 영역을 목적하는 바의 전체 영역으로 합치는 기법으로 영역 간 위상관계(topological relationships)를 설정하고 영역간 화소들의 밴드별 DN(digital number)에 대한 통계 자료(평균, 분산 등)를 이용하여 최종적으로 통합하는 기법이다(이종렬, 2004). 본 논문에서는 ISODATA 무감독 분류 기법, 최대우도 감독 분류 기법, 영역 기반 영상 분할, 그리고 영역 통합 기법을 이용하고자 한다(Adinararyana, 1999., 한국해양연구원, 2003., 이상훈, 2001).

새만금 방조제 공사장 인근의 환경에 대하여 많은 연구가 있었다. 류동기(Dong-Ki, 1999)는 고군산 해역 해양 생물, 수질 및 저질에 대해 정점을 선정하여 조사 연구하였으며, 최진용, (1999)은 새만금 내해역의 해저 지형 변화를 측정 퇴적 및 침식 환경에 대하여 연구하였고, 이상호, (1999)는 방조제 건설 이후 담수 방류시 담수 거동의 유추에 대하여 연구하였다.

위성영상을 활용한 환경 연구로는 Landsat 5(TM)과 7(ETM+)으로 부터 지표 온도를 산출하고 여러 위성 영상들 간의 해상도에 따른 편차에 대하여 연구하였다(Fuqin, 2004). Guillermo는 Landsat 5(TM)의 위성 영상에서 갯벌의 물골(tidal channel)을 플렉탈(Flactal)차원에서 분석하여 갯벌의 물리적 현상을 설명하였다(Guillermo, 2004).

이상훈은 위성영상 처리에 대하여 연구하였고, 해양연구원, 류동기 최진용 및 이상호는 필드 자료를 기반으로 새만금 해역에 대하여 연구하였다. Fuqin은 위성 정보의 오차 보정에 대하여 연구하였고, Guillermo는 위성 영상을 이용한 갯벌의 지형을 분석하였다.

본 연구에 사용될 위성영상은 최근 10여년간 획득한 Landsat 위성영상 자료 중, 조석표에 의하여 새만금 간석지의 저조위 시간과 위성영상 촬영 시간에 근접한 1989년 3월 22일 1996년 7월 31일, 2000년 3월 22일, 2000년 10월 30일 영

상 및 2002년 2월 14일의 것이 선택 되었다. 본 연구는 새만금 방조제 외해역 고군산 군도(대장도, 선유도, 무녀도, 신시도) 지역을 대상으로 퇴적 및 침식에 대하여 시공간적 변화를 위성영상으로 처리하여 이용하고자 한다. 아울러 환경의 변화의 원인이 될 수 있는 인자와의 상관관계를 비교 토의하고자 한다.

본 연구에 이용된 위성 영상은 해상도가 30m, 관측 시 조차가 다르며, 위성 정보로부터 유속 및 유향 정보의 추출 불가능 하는 등 위성 정보가 제한적 되고, 비교 검토에 이용될 요소인 새만금 방조제 축조가 시계열적으로 균일하지 않은 것이 본 연구의 한계이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 영상의 처리와 분류기법에 대해 기술하고, 영상 처리 결과와 평가 및 분석하고, 마지막으로 결론 및 향후 연구방향에 대해 논한다.

## 영상처리 및 분류

새만금 연안의 퇴적 및 침식 변화를 탐지하기 위해서는 일련의 위성영상에 대한 처리가 필요하다. 이 영상처리 및 분류는 보정과 필터링의 전처리, 감독분류와 무감독분류의 영상분류, 그리고 영역 통합과 분할의 영역 선정을 할 수 있는 기능을 가진다. 이에 대한 영상처리 기능에 대한 상태도(state diagram)는 그림 1과 같다.

영상의 전처리는 TM좌표를 기준으로 하는 1:25,000 수치지도와 본 연구에 이용될 5개의 위색합성(false color composite) 위성영상에 대응하는 30개 GCP를 일치시켜 오차(RMSE:root mean square error)를 최소화하고, 기하모델(geometric model)은 다항 2차식(polynomial 2 order), 영상 리샘플 방법(image resample method)은 최근린 내삽법(nearest neighbor interpolation)을 이용하여 기하보정을 실시하였다. 또한 영상의 강조(image enhancement)를 위하여 선형 대조 펼침(linear contrast stretch)을 실시하고, 또한 영상 필터링은 3×3 median

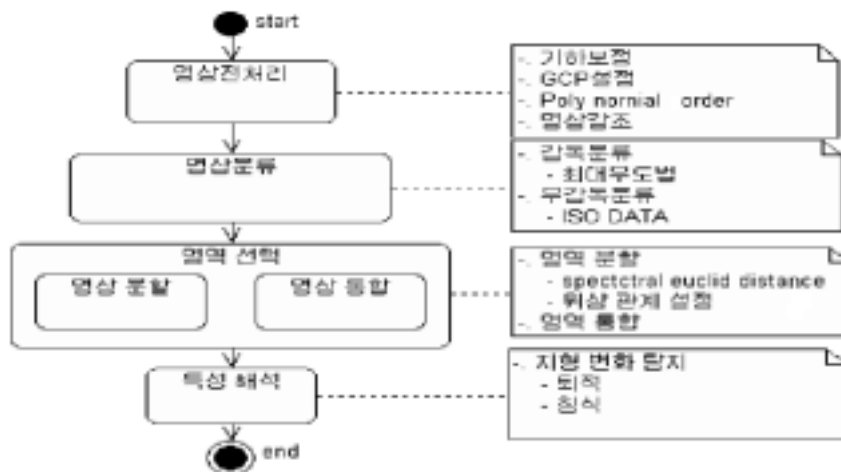


FIGURE 1. 지형탐사를 위한 영상처리 과정

방법을 채택하여 영상을 처리하고자 한다.

본 논문에서 무감독 분류는 각 영상의 4번, 5번 밴드를 이용하여 ISODATA 기법에 기반하고 있으며, 분류 될 클래스를 60개로 하고, 최대 반복수를 6번으로 정하여 처리하고자 한다(이종렬, 2004).

본 논문에서 감독 분류는 갯벌 지형과 수면 및 육지를 분류하기 위해 최대우도법을 채택하여 이용하고자 한다.

갯벌지형의 변화를 탐지하기 위하여 갯벌의 특성을 가지는 지형의 추출이 필요하다. 본 논문은 영역 기반 영상 분할 기법을 분광 유클리드 거리(spectral Euclid distance) 매개변수를 이용하여 처리하고자 한다(한국해양연구원, 2003).

무감독 및 감독분류 후 갯벌지형의 분광 특성을 가지는 영역에 대하여 지형 변화 탐지를 위해 해수면 및 육지와 갯벌을 분류하고 해당하는 각 영역마다 대응하는 식별자(region identifier: ID)를 부여하고, 이 ID가 부여된 영역과 인접하는 영역의 위치관계를 규명하여 위상관계(topological relationship)를 설정한다.

세분화되어 추출된 갯벌지형의 통합은 위성 영상 통합 기법을 이용한다. 영상 통합 기법은 유사한 분광특성을 가진 부분 영역을 목적하는

바의 전체 영역으로 합치는 기법으로 다음의 과정으로 이루어져 있다(이종렬, 2004).

영역 간 화소들의 밴드별 DN 값에 대한 통계 자료(평균, 분산 등)를 이용하여 파악한 영상 간의 위상관계 중에서 인접관계가 확인된 영역 간 유사성을 검토한다. 만일에 두 영역이 유의 수준(significant level)을 만족하면, 두 영역을 통합하고, 그렇지 않으면 두 영역을 그대로 둔다. 새만금 내측 심포항 인근의 영상의 특성은 수분량과 조차에 의한 다양한 분광 특성으로 인해 세분화된 여러 종류의 갯벌 지역을 보인다.

위성영상은 적절한 분광밴드의 조합이나 분광 히스토그램을 조정함으로써 원하는 지리정보를 강조하거나 추출하는 것이 가능하다. 또한 흑백 전정 모드 영상에서도 히스토그램의 조정을 통하여 지형지물(feature)간의 대조를 높이는 것이 가능하다. 이러한 영상 강조기법은 영상 관독을 용이하게 하려는 목적으로 수행된다. 이러한 조합을 통하여 물결과 갯벌 등이 밴드 조합을 강조될 수 있다.

### 지형 변화 탐지

조간대의 시공간적 변화를 탐지하기 위한 응용영역으로 새만금 방조제 외해역의 고군산 군

도(대장도, 선유도, 무녀도 및 신시도 일대 조간대)를 선택한다. 이 지역은 새만금 방조제 건설에 따라 지난 10여년 동안 토사의 퇴적 및 침식으로 미지형의 변형이 심하게 일어나고 있다.

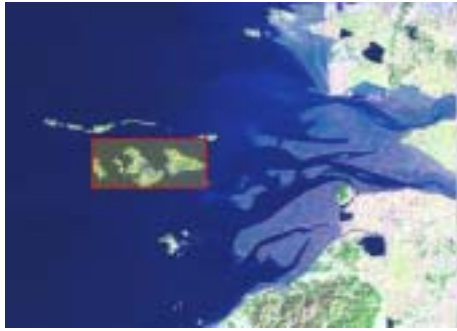


FIGURE 2. 새만금 방조제 외해역 고군산 군도 지형

그림 2는 새만금 방조제가 축조되기 전의 위성 영상으로 1989년 3월 22일에 촬영된 영상이다. 그림 2 내의 사각형 표시는 연구대상이 되

는 응용 영역이 된다.

표 1은 연구에 사용될 위성 영상의 정보로 관측 날짜, 영상의 특성, 관측 간격 및 전처리 여부 등과 촬영 시점의 방조제 축조 비율과 조차 등의 지리환경과 태풍의 수 같은 기후적 요인에 관한 것이다.

표 1에서 Landsat 위성 영상이 오전 10시 반에서 오전 11시 사이를 이용하여 촬영되어진 것을 감안하여 조차와 관계에서 오전 11시에 연구 지역에서 가장 가까운 군산 외항 관측소의 자료를 이용한다. 위성 영상 1번의 조차가 104cm로 가장 높고, 5번이 44cm로 가장 낮다. 영상들 사이의 조차의 표준편차는 23.95이다. 1, 2, 3, 4번 영상은 Landsat 5 TM 영상이고 5번은 Landsat 7 ETM+로 전송된 방법에 의해 기하보정 및 대기보정이 된 자료이다. 새만금 방조제 1991년 11월 28일에 착공되었다. 1번 영상은 축조되기 이전의 새만금 연안을 탐사한 것이다. 여기에 나타난 방조제 건설 비율은 만경강 하구 측인 3공구(신신도-야미도)와 4공구(비응도-야

TABLE 1. 위성 영상과 지리/기후 환경

구분 번호	위성 영상			환경 요인									
	년 도	관측 간격 (년)	위성 특성	전 처리	*조차 (Cm) 오전1 1시	방조제 축조 율(%)		촬영 전 태풍 전체	촬영 전 태풍 수 량(개)				
						동진강측**	만경강측***		월	합계			
1	1989. 3. 22	0	Landsat 5 TM	기하 보정	104	0	0	0	12 0	1 0	2 0	3 0	0
2	1996. 7. 31	4.7	Landsat 5 TM	기하 보정	67	37	52	44	4 0	5 2	6 0	7 5	7
3	2000. 3. 20	3.7	Landsat 5 TM	기하 보정	78	72	69	71	12 0	1 0	2 0	3 0	0
4	2000.10. 30	7	Landsat 5 TM	기하 보정	50	72	77	75	7 5	8 6	9 5	10 2	18
5	2002. 2. 14	1.3	Landsat 7 ETM+	기하 보정	44	80	88	84	10 0	11 0	12 0	1 1	1

\* : 군산관측소 자료, \*\* : 동진강 측 방조제(1, 2공구)에 대한 축조 비율, \*\*\* : 만경강 측(3, 4공구)에 대한 축조비율

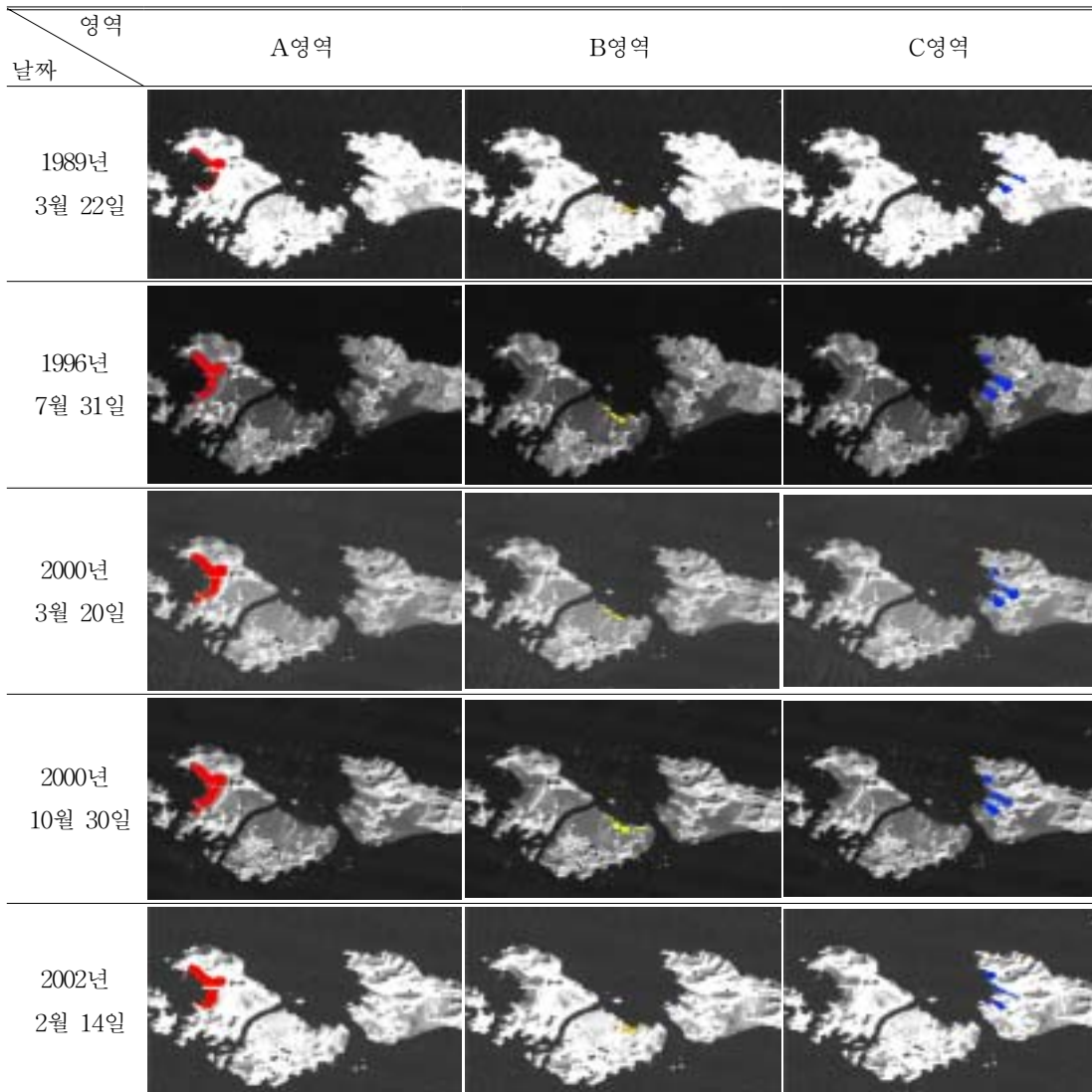


FIGURE 3. 새만금 외해역 고군산 군도 시공간적 지형 변화

미도)를 합한 것이다. 탐사를 위해 위성영상이 촬영된 시간 간격은 1번과 2번 사이의 탐사 시간 간격은 연구에 이용된 영상들 가운데 최장인 6년 5개월이고, 3번과 4번 사이의 탐사 시간 간격이 최단인 7개월이다.

또한 위의 표 1의 관측 영상 1번과 2번 영상 사이에는 6년 5개월의 시간 간격이 존재하지만 본 논문에서는 방조제가 축조되기 시작한 시점

을 기준으로 관측 간격을 고려한다. 방조제 축조 비율은 동진강 측(고군산 군도 남쪽 : 새만금 방조제 1, 2공구), 만경강 측(고군산 군도 북쪽 : 새만금 방조제 3, 4공구) 및 새만금 방조제 전체(1, 2, 3 및 4공구)이다. 위성 영상이 관측되기 전의 기후 조건으로 내습한 태풍의 수를 표시한다. 계절적 요인을 고려하여 탐사 전 4개월 동안 기후자료를 조사하였다. 2번과 4번 영상은

각각 7개와 18개의 태풍이 내습 후 관측되었다. 1번과 3번은 이전 4개월 동안 태풍의 영향이 없으며 5번은 1회의 영향을 받은 후 관측되었다.

그림 3은 해수, 갯벌 및 육상에 대해서 관측 날짜에 따라 순차적으로 나열하고 있다. 각 영역에서 조간대 지역을 해수면 및 육상과 구분하기 위해 A영역은 빨강, B영역은 노랑 그리고 C영역은 파랑색으로 표현하였다. 그림 3에서 각각 영역은 방조제에서 외해역인 서쪽으로 열린 조간대 지역을 A영역, 방조제 쪽의 신시도의 서쪽에 위치하고 길고 좁게 서쪽으로 열린 조간대 지역을 C영역 및 A영역과 C영역의 중간에 위치해 있는 무너도 북쪽을 B영역으로 설정한다.

Landsat TM 영상의 밴드별 특성은 모든 집단이 상대적으로 단파인 가시영역의 1, 2, 3 밴드에서 휘도값이 높고, 편차가 적으며, 장파 영역인 밴드 4번과 5번에서 휘도값이 낮고 편차가 크게 나타난다. 조간대의 지형 분류를 위한 특성에서 밴드 4번과 밴드 5번이 변별력 높고, 바다와 간석지의 경계를 구분하는데 밴드 4번이 우수하며, 그리고 육지와 간석지의 경계는 밴드 5번이 적합함을 그림 3에서와 같이 알 수 있다. 이 영상들은 앞에서 기술한 영상 전처리, 영상 분류(무감독, 감독)와 영상 통합 처리를 통해서 위성영상을 ERDAS IMAGINE 8.6을 이용하여 처리하고 시공간적 변화를 영상 대해 영역별로 분류한 것이다.

## 결과 및 토의

### 1. 결과

아래의 표 2는 그림 2의 연구대상 지역의 지형 변화 탐지를 위해 위성 영상을 처리한 그림

3으로부터 산출한 조간대 면적에 대한 것이다. 그림 3에서 해수면과 육상으로부터 조간대를 분리하여 사용된 영상에 따라 영역별로 면적( $m^2$ )을 계산한다. 또한 연구 지역의 해수면적에 영향을 미치는 조차도 함께 표기한다.

변화 탐지의 분석을 위해서 표 1의 영상 특성과 표 2의 조간대 면적 변화 현황을 그래프로 나타낸 것이 아래의 그림 4이다.

세부적으로 그림 4(a)는 위성 영상 관측일에 해당하는 새만금 방조제의 길이를 표 1을 이용하여 그래프로 표현한 것이다.

그림 4(a)의 X축은 위성영상의 탐사를 위한 관측일을 나타내고 그림 4(a)의 왼쪽 Y축은 방조제의 길이이며, 오른쪽 Y축은 위성영상의 탐사를 위한 관측 시간간격이다.

그림 4(b)는 조차에 따른 조간대 면적 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그림 4(b)의 X축은 그림 4(a)와 같고 그림 4(b)의 왼쪽 Y축은 조간대 면적을  $0.05km^2$ 간격으로 표기하며, 그림 4(b)의 오른쪽 Y축은 조차를 나타내기 위해 0cm에서 120cm까지 6단계로 표시한다.

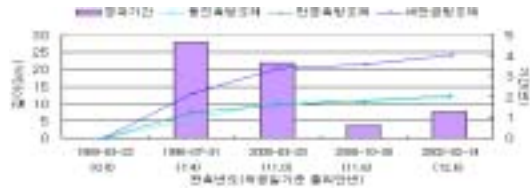
그림 4(c)는 방조제 축조 비율과 조간대의 각 영역의 면적을 비교하기 위한 그래프이다. 그림 4(c)의 X축은 그림 4(a)와 같으며, 그림 4(c)의 왼쪽 Y축은 그림 4(a)의 왼쪽 Y축과 같고, 그림 4(c)의 오른쪽 Y축은 방조제 축조 비율을 10% 간격으로 표기한다.

그림 4(d)는 연구에 이용된 위성 영상이 관측 전 4개월 동안에 내습한 태풍의 수와 조간대 영역의 면적을 그래프로 표시한다. 그림 4(d)의 X축과 왼쪽 Y축은 그림 4(b)의 X축 및 Y축과

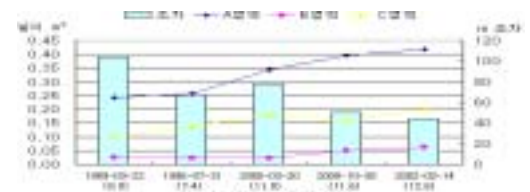
TABLE 2. 고군산 군도 면적 조간대 (면적 단위:  $m^2$ )

관측 년도	A영역	B영역	C영역	조 차
1989년 03월 22일	241912	25632	95232	104
1996년 07월 31일	258341	21823	139213	67
2000년03월 20일	343200	21620	178059	78
2000년10월 30일	395691	49495	160164	50
2002년 02월 14일	418566	62150	201123	44

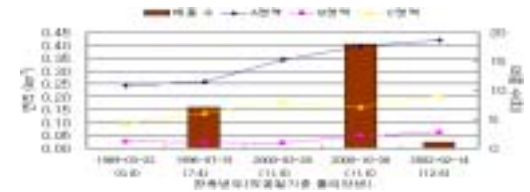
같고, 그림 4(d)의 오른쪽 Y축은 내습한 태풍수를 최대 20회까지 5회 간격으로 표기한다.



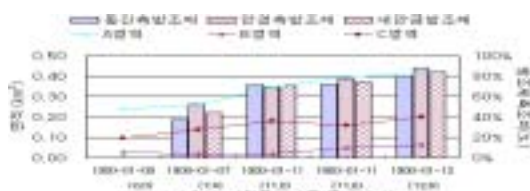
(a) 위성영상 관측일과 방조제 축조



(b) 조간대 면적과 조차의 변화



(c) 조간대 면적과 내습한 태풍수의 변화



(d) 방조제축조 비율과 조간대 면적 변화

FIGURE 4. 고군산 군도 조간대 면적과 자연 환경 변화

2. 토의

그림 4(a)에서 새만금 방조제는 1991년 11월 28일에 1공구부터 시작되었다. 새만금 방조제는 시간의 흐름에 따라 규칙적으로 축조되지 못하였다. 연구에 이용된 위성 영상의 관측 시계열

도 규칙성이 없다. 원격 탐사를 위한 위성 영상의 관측 시간 간격과 동진강 측(1, 2공구), 만경강 측(3, 4공구)과 새만금 방조제 전체에 대한 방조제 축조 사이의 상관관계는 각각 0.996572, 0.987399와 0.997273이다.

그림 4(b)는 해수면적과 조차사이의 관계를 비교한 것이다. 비교된 위성 영상의 조차가 25% 편차를 보이며 점점 감소하고 A영역의 해수면 면적은 증가하고 있다. 표 3에 의하면 상관관계는 -0.82551이다. 그림 4(b)의 B영역과 C영역에서 해수면적과 조차와의 관계를 비교하면 2000년 3월20일과 2000년 10월30일 영상에서 조차가 높아지면 조간대 면적은 줄어들고, 해수면적이 낮아지면 조간대 면적이 넓어지는 현상이 나타나므로 조차의 영향을 받는다. 상관도는 각각 -0.77162와 -0.80332이다.

그림 4(c)에서 방조제 축조 비율은 막대그래프로 나타나 있다. 관심 영역은 선그래프로 보이고 있다. 그림 4(c)에서 방조제 축조 비율과 A영역 관계에서 동진강 측(새만금 방조제 1, 2공구) 만경강 측(새만금 방조제 3, 4공구) 및 전체 방조제 축조 비율이 증가함에 따라 A영역의 조간대 면적이 증가하고 있다. B영역은 2000년 3월20일에서 2000년 10월 30일까지의 방조제 축조 비율에 1, 2공구에서 72%로 유지되고 3, 4공구에서 69%에서 77%로 증가하고 있다.

C영역에 대해서 2000년 3월 20일 관측시 까지 조간대 면적이 유지되다가 1, 2, 3 및 4공구 모두의 축조비율이 70%를 넘게 되자 조간대 면적이 증가하기 시작한다. 그림 4(c)의 A영역과 1, 2 공구 방조제, 축조 비율 3, 4공구 축조 비율 새만금 방조제 전체 비율은 0.909937, 0.873921과 0.89672이다. 그림 4(c)의 B영역과 1, 2공구 방조제, 축조 비율 3, 4공구 축조 비율 및 새만금 방조제 전체 비율은 0.586282, 0.611318과 0.601951 이다. 그림 4(c)의 C영역과 1, 2 공구 방조제, 축조 비율 3, 4공구 축조 비율 및 새만금 방조제 전체 비율은 0.959098, 0.949388과 0.95933이다.



그림 4(d)는 각 영역과 태풍의 내습 횟수와 관계에 관한 것이다. 1996년 7월 31일과 2000년 10월 31일의 영상에서 관측되기 전 4개월 동안 내습한 태풍의 수는 계절적 요인으로 7개와 18개로 비교된 자료들에 비해 많다. 그림 4(d)에서 A영역은 태풍의 수와 관계없이 조간대 면적이 증가하고 있다. 그림 4(d)에서 2000년 10월 30일에서 B영역의 조간대 면적이 감소하고, 관측 전 4개월 동안 태풍이 18개가 내습하였다. 그림 4(d)에서 C영역의 조간대 면적이 태풍 내습 횟수와 상관성이 적어 보인다. 그림 4(d)의 A영역, B영역 및 C영역과 태풍수와의 상관 계수는 0.2972, 0.289187562와 0.027959833이다.

결국, 방조제가 시계열적 규칙은 없으나, 시간이 지남에 따라 방조제 축조 길이는 증가하고 있다. 각 영역은 방조제 축조 비율에 따라, 조차가 낮아짐에 따라 조간대 면적이 증가하는 경향을 보인다. 방조제의 축조와 상관성이 조차와의 상관성보다 높은 것으로 나타났다. 2000년 10월 30일 B영역은 일시적으로 감소하였다. 이는 태풍의 내습 횟수와 관련이 있는 것으로 보인다.


## 결 론

본 연구에서는 Landsat TM 위성 영상 화소의 DN 값에 대한 특성을 분리와 통합 과정을 통해 지형지물을 추출함으로써 새만금 방조제 외해역 지역의 고군산 군도의 시공간적 지형 변화 탐지를 하였다. 이 변화 탐지를 위해 Landsat TM 7개의 band 중에서 밴드 4를 이용하여 간석지와 해면을 구분하였고, 밴드 5를 이용하여 조간대에 대한 세부적인 지형의 분류 하였으며, 변화된 지형에 대한 면적을 래스터 화소의 개수를 이용하여 구하였다.

관심지역의 조간대는 시공간적으로 퇴적 우세가 진행되고, 태풍과 같은 자연현상에 영향이 있으나 방조제의 축조와 관계가 깊은 것으로 나타났다. 따라서 새만금 방조제 외해역은 서해의 특성상 조간대가 시간의 진행에 따라 퇴적이 우

세하여 넓어 질 것으로 예측된다.

결국 각 지역의 지형적 특성을 구체적으로 구분함으로써 간석지의 지형변화에 따른 검토는 제방 축조공사가 완료된 후 방조제 외측 지역에서 간석지가 형성되는지의 여부를 밝히는데 매우 유용할 것으로 사료된다.

향후 연구 방향은 이 간석지역의 지질의 분포를 위성영상을 통해 표현하고, 실측자료와의 상관관계를 보이고자 한다. 

## 참고문헌

- Ryu, D. K., Y. H. Kim and J. S. Kim, 1999, "Studies on the Development of Shellfish Farm in the Saemankeum Sea", Saemankeum Environmental Research Center, Kunsan National University, Research Reports(1999), pp. 164-191.
- Fjortoft, R., A. Lopes, P. marrthon and E. Cuber\_caston, 1998, An optimal multiedge detector for SAR image segmentation, IEEE Trans. on geoscience and remote Sensing, Vol.36, No.3, pp.793-802.
- Li, F., T. J. Jackson, W. P. Kustas, T. J. Schmugge, A. N. French, M. H. Cosh and R. Bindlish. 2004, Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX, Remote Sensing of Environment 92, pp 521-534.
- Angeles G. R., G. M.E., Perillo, M. C. Piccolo, J. O. Pierini. 2004, "Fractal analysis of tidal channels in the Bahia Blanca Estuary(Argentina)", Geomorphology 57, pp 263-274.
- <http://www.esri.com>
- Adinararyana J. and N. Rama Krishna, 1999, Integration of Multi-seasonal remotely sensed images for improved landuse classification of a hilly watershed using geographical information system, Int. J. Remote Sensing., Vol.17, No.9, pp.1679-1688.

- Choi Jin-Yong, 1999, "Depositional Environment of Tidal Flat on the Mankyong Estuary", Saemankeum Environmental Reasearch Center, Kunsan National University, Research Reports(1999), pp. 1995-207.
- Lee Sang-Ho, H. Y. Choi and J. S. Yang, 1999, "Studies on Coastal Circulation and Water Quality Management off the Saemankeum Dike", Saemankeum Environmental Reasearch Center, Kunsan National University, Research Reports(1999), pp. 116-134.
- 김동연, 김진일, 2002. 6, 디자인 패턴을 적용한 위성영상처리를 위한 군지화 분류 시스템의 설계, 정보처리학회논문지 B, 제9-B권제3호, pp.319-326.
- 이상훈, 2001, 공간지형확장과 계층집단연결 기법을 이용한 무감독 영상 분류, 원격탐사학회, 제7권, 1호, pp.57-69.
- 이종렬, 2004, 영상분할단위 기반의 다변량 영역 확장 기법, 원격탐사학회, pp.273-278.
- 조명희, 조화룡, 1999, 위성영상을 이용한 조포만 간석지의 미지형 분류와 지형적 특성, 원격탐사학회논문지, 제15권, 3호, pp.213-225.
- 한국해양연구원, 2003. 1, 새만금 해양환경보전 대책을 위한연구조사 2차년도 보고서-지질겉벌분야, pp.191-268. 