

정사항공사진과 해양조사측량을 이용한 해안선변화탐지에 관한 연구 : 포락지 중심으로

The Study of Coastal Change from Using Ortho Aerial Photo and Hydrographic Survey : the Parcel under the Sea

최철웅* · 서영찬** · 양지연*** · 박소영****

Choi, Chul Eung · Kim, Youn Soo

- * 정회원, 부경대학교 위성정보과학과 교수(cuchoi@pknu.ac.kr)
- ** 부경대학교 위성정보과학과 석사2년(dromond@hanmail.net)
- *** 부경대학교 위성정보과학과 석사1년(sp0731@hanmail.net)
- **** 부산발전연구소 연구원(100yac@hanmail.net)

Abstract

The erosion(or sediment) reaches very serious level due to the aftermath by the imprudent reclamation on the coast. Continuous studies for long on coastline erosion may be warranted and possible countermeasures proposed because the change of the coastline has been progressed slowly for a long period of time in a wide area. Many experts anticipate that the global sea level's average increase by 19-35 cm due to global warming may certainly have an effect on the coastal erosion throughout the world. Thus, a more rigorous study on the causes of changing coastlines is particularly proposed to find ways to counteract any possible threats against coastal environments. In this study, Ortho aerial photo and hydrographic survey datum were utilized to quantitatively analyze coastal erosion and sediment patterns. This paper also seeks to prove that a parcel under the sea occurred due to relatively significant changes to the coastline. We created Ortho aerial photo using aerial photos taken each decade ('81, '93, '00), overlaid them onto a cadastral registration map, and calculated each amount of erosion and sediment while accounting for the tide level and without considering it. As the result of this study, we could propose that the methods of Ortho aerial photo and the marine observation datum were the effective ways of change detection in erosion, sediment, and artificial reclamation of the coastline for a long time.

keywords : aerial photography, a parcel under the sea, coastal change,
hydrographic survey

要旨

연안의 무분별한 개발에 따른 후유증으로 침식(또는 퇴적) 현상은 심각한 수준에 이르렀다. 해안선 변화는 광범위한 지역을 대상으로 장기간 서서히 진행되어 원인규명 및 대책제시에 오랜 연구가 필요하다. 특히 기후온난화 결과로 향후 1백년 내에 전체 지구해수면이 평균 19~35cm 상승할 것으로 예상되어 연안환경변화에 대비 지속적인 해안선 변화에 관한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 정사항공사진과 해양조사측량 자료를 이용하여 해안 침식과 퇴적 경향을 정량적으로 분석하고 해안선변화에 따라 발생하는 포락지 발생여부를 판정할 수 있었다. 이를 위해, 약 10년 주기로 정사항공사진을 제작하고 토지임야도를 중첩시켜 조위를 고려하였을 때와 고려하지 않았을 때의 침식 및 퇴적량을 산출하였다. 본 연구결과, 장기해안선 변화탐지에 정사항공사진기법과 해양조사측량을 이용하는 것이 침식 및 퇴적, 인공매립 등의 유효한 변화탐지 기법임을 알 수 있었다.

핵심용어 : 항공사진, 포락지, 해안선변화탐지, 해양조사측량

1. 서론

연안의 무분별한 개발로 연안을 중심으로 침식(혹은 퇴적)현상이 광범위한 지역에서 장기간 서서히 진행되고 있다. 그러므로 그 원인규명 및 대책제시에 장기기간의 연구가 필요하다. 특히, 기후온난화 현상으로 향후 1백년 내에 지구해수면이 평균 19~35cm의 상승이 예상된다. 이러한 급격한 자연환경 변화에 대비하여 보다 철저한 침식(또는 퇴적) 대책 마련이 필요하다.

선진국은 해안선 변화에 관한 많은 연구 자료를 바탕으로 침식(혹은 퇴적) 방지기술 개발을 완료하였다. 그러나 우리나라는 연안침식(혹은 퇴적)작용에 대한 과학적이고 체계적인 모니터링 체계를 갖추지 못한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 해안선 변화 탐지에 가장 기본적인 장기 해안선 변화 탐지에 관해 다루어보기로 하였다.

해안선 변화탐지 연구를 위하여, 절벽해안에서 계절적 해수면의 상승에 따른 침식성 해안선변화연구(임동일 등, 2002), 단사진측량기법을 이용한 태풍 및 폭풍에 따른 해안선 연구(조주환 등, 2001), 수치항공사진기법을 이용한 해수욕장의 구역별 면적과 폭 변화 산정 및 해빈 침식과 퇴적경향의 분석연구를 수행하였다. (최철웅 등, 2001)

본 연구에서는 주기적으로 촬영된 항공사진을 이용하여, 남해안 여수 지역에 약 10년 주기로 해안 침식, 퇴적 경향을 분석하였다. 또한 정사항공사진에 토지임야도를 중첩시켜 조위를 고려하였을 때와 고려하지 않았을 때의 해안선 변화량을 산출하였다. 그 결과, 해안선변화로 인한 포락지(지적공부상에 등재된 토지가 수면 아래로 침식되어 잠긴 토지)를 탐지하고 그 면적을 계산할 수 있었다.

본 연구는 전라남도 여수시 돌산읍 우두리 지역에 1948~1990년 약 10년 주기 항공사진과 고정밀 GPS를 이용한 해안선, 수심 등을 실측하여 이를 비교함으로써 해안선

변화와 포락지 여부를 정사항공사진과 지리정보체계를 이용하여 고찰하고자 한다.

2. 실제 예

2.1 연구지역

본 연구지역은 전라남도 여수시 돌산읍 우두리 지역이며 그림 1과 같다. 동쪽은 인공 호안이, 남쪽은 돌산대교가, 북서쪽은 장군도가 위치하고 있다. 우두리 지역은 좁은 수로, 강한 조류, 대형교량으로 해안선 변화가 많은 지역이다.

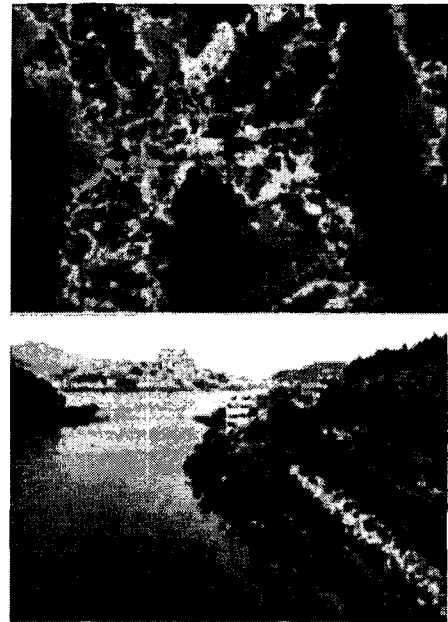


그림 1. 연구 대상지역
(상:위성사진, 하:현장사진)

2.2 연구자료 구축

본 연구는 정사항공사진분석, 수심측량, 지적측량을 하였고, 판독한 결과를 지리정보체계로 표 1의 자료를 사용하여 그림 2와 같이 자료생성, 구축 및 해석을 하였다.

표 1. 항공사진판독에 사용된 자료명

자료내역					
	지구명	축척	코스 번호	매수	비고
항공 사진	'48.10.10	1/16,000	47 45-46	2	육군측지 부대
	'69.05.06	1/30,000	00 37-38	2	
	'68 여수항	1/15,000	2 5-7	3	국토지리 정보원
	'79 남해안	1/20,000	20 34-36	3	
	'90 전남	1/20,000	15 89-91	3	
		합계			13
수 치 지 도	도엽명	축척	비고		
	34703099~10	1/5,000	동일 연도 제작자료		
	34704091	1/5,000			
	34707009~10	1/5,000			
	34707020	1/5,000			
	34708001	1/5,000			
	34708011	1/5,000			
	34707019	1/5,000			

축척 1/5,000의 국토지리정보원 지형도를 이
용하였으며 그림 4와 같다.

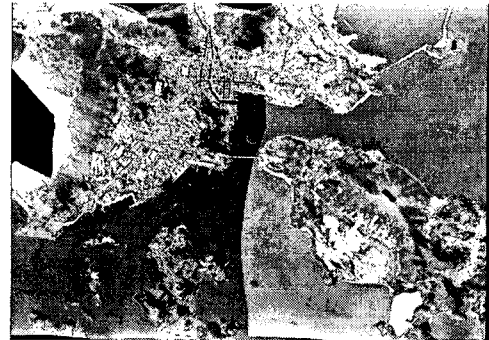


그림 3. 연구지역정사항공사진(1999)

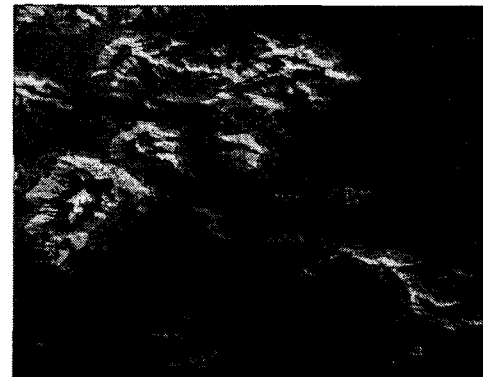


그림 4. 수치지도를 이용한
Tin 모형 제작 결과

1948, 68, 69, 79, 90년 항공사진을 이용하
여 정사항공사진을 제작하였으나 1968년 항
공사진의 경우, 정확한 촬영일자를 알 수
없어 제외하였다. 그 결과는 그림 5와 같다.

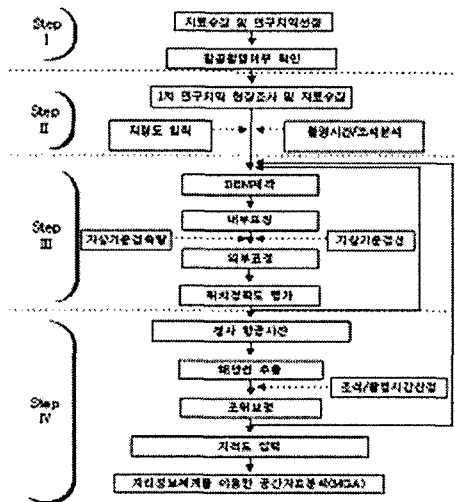


그림 2. 연구 흐름도

2.3 DEM 및 정사항공사진 생성

본 연구에서 정사항공사진 제작은 Z/I
(Zeiss/Intergraph) Imaging사의 ISPM,
ISMS, ISDM, ISDC, ISDT, ISBR, ISOP,
ISFC, ISRU, ISMT, ISAT, MGE, Bentley
사의 Microstation 프로그램을 이용하였으
며 그 결과는 그림 3과 같다. 항공사진은
Umax사의 MirageII 필름스캐너로 입력하
였고, 해상도는 1200dpi로 하였다. DEM은

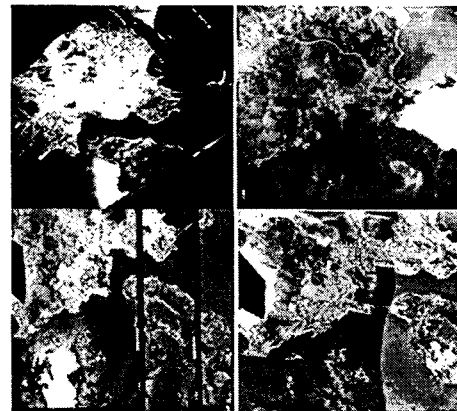


그림 5. 항공사진 정사투영결과
(1948, 1969, 1979, 1990년)

2.4 표정(Orientation)

2.4.1 내부표정 및 외부표정

내부표정결과, 각각의 항공사진은 RMSE가 1~2pixel 이내에 들어 활용 가능한 영상이었으나 1979년 34번 항공사진은 4pixel(86.19 μ m) 이상이었으므로 제외하였다. 각 항공사진별 내부표정 RMSE와 스트립별 외부표정 RMSE 값은 표2, 3과 같다.

그러나 1948년 항공사진은 카메라 정보가 없어 표준 광각 카메라 값을 이용하였는데, 초점거리는 15.24cm(6inch), 사진크기는 22.86cm(9inch)로 입력하여 분석하였다.

표 2. 각 영상별 내부표정 결과 값

년도	영상 번호	X잔차 (pixel)	Y잔차 (pixel)	RMSE	
1948	45	0.061	0.061	0.12pixel	2.55 μ m
	46	0.05	1.195	1.69pixel	35.91 μ m
1968	07	0.502	0.152	0.74pixel	15.70 μ m
	06	0.168	0.129	0.29pixel	6.33 μ m
	05	-0.134	0.899	1.28pixel	27.21 μ m
1969	38	0.064	0.032	0.10pixel	2.15 μ m
	37	0.094	0.148	0.24pixel	5.26 μ m
1979	36	-1.351	0.360	1.97pixel	41.85 μ m
	35	-0.090	0.157	0.25pixel	5.41 μ m
	34	2.859	0.304	4.06pixel	86.19 μ m
1990	91	0.561	0.372	0.95pixel	20.15 μ m
	90	0.249	0.564	0.87pixel	18.47 μ m
	89	0.311	0.003	0.44pixel	9.31 μ m

표 3. 년도별 외부표정 RMSE 값

년도	X잔차 (pixel)	Y잔차 (pixel)	RMSE
48	2.3354	1.2200	2.6349
68	0.3854	0.5977	1.5802
69	0.3332	0.2181	0.5997
79	1.3558	1.2020	2.0389
90	2.9805	0.4381	2.2663

2.5 기준점 측량

정확한 해안선변화 탐지를 위하여 기준점 측량을 실시하였다. 측량의 정확도 향상을 위해 Ashtech Z-fx, Ashtech Z-surveyor GPS 장비를 이용하였다. GPS 측량결과, 각 기준점에 대한 GPS 관측정확도는 수평 최

대 ± 1.8 cm이하, 수직 최대 5.7cm이하로 매우 양호한 결과를 얻었다. 해안선측량에는 국가삼각점을 사용하고, 포락지는 해당지적의 침식여부를 확인하는 것이므로 지적삼각점을 이용하는 것이 타당하다.

지적 기준점에 대한 정확도 평가 결과, E축 방향으로 약 27.4cm의 오차가, N축 방향으로 12.3cm의 오차가 발생하였으므로 지적측량 허용 오차범위 내에 들어 기준점으로 유용하였다.

2.6 항공사진 촬영시점과 조위정보

연구대상 지역의 해안선변화 면적 및 폭산정을 위해, 촬영당시의 조위산정은 매우 중요하다. 항공사진의 촬영시점은 항공사진 주기부분에 기록된 년, 월, 일 및 시간을 바탕으로 산정된다. 그러나 주기에 10 oct 48로 날짜만 기록된 1948년 항공사진의 경우, 그림 6과 같이 그림자 방향을 이용하여 개략적인 촬영시간을 산정하였다. 항공사진에서 3개소의 그림자를 관측한 결과, 그림자 방향각은 약 $140^{\circ} \pm 2$ 였다. 표 4와 비교하면 10시 20분~30분 사이에 촬영된 것으로 사료된다.

표 4. 1948.10.10일 태양방위각 산정결과

년 월 일	시	분	방위각	고도각
1948.10.10	10(오전)	20	140.6	38.8
	10(오전)	30	143.3	40.0

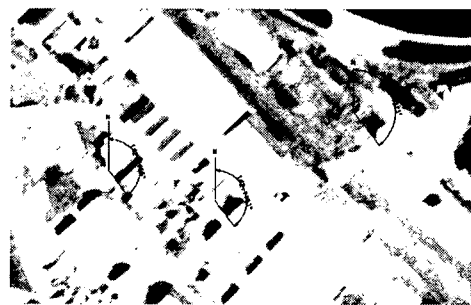


그림 6. 정사투영된 1948년 항공사진의 그림자 방향각산정

본 연구지역의 조위는 1965년 2월 1일 국립해양조사원에서 설치한 여수검조소(이격거리:3.2Km)의 관측값을 이용하였다. 그러나 1965년 2월 1일 이전의 경우, 비조화상수를 이용한 예측값을 사용하였다. 각 항공사진 촬영시간별 조위분석 결과는 표 5와 같다.

표 5. 항공사진 촬영시간별 조위분석 결과표

촬영날짜	촬영시간	Camera	초점거리	조위 (cm)	평균해수면기준 (cm)	고조/저조 시간 및 조위	조석경향
1948 10 25	10:20			205.7	24.9	7h 139cm 15h 244cm	상승중
1969 05 06	10:00	KC	152.78	242	61.20	6h 85cm 12h 284cm	상승중
1968.	15:13	UAG 40	152.00				판독불가
1979 09 20	12:37	UAG II 3081	152.87	123.93	-56.87	9h 300cm 15h 58cm	하강중
1990 10 26	14:05	UAG 15/4	153.40	249.17	-68.37	14h 250cm 8h 168cm	하강중

3. 해안선 변화 탐지

본 연구지역의 해안선 침식여부를 판단하기 위하여 해안선 변화를 분석하였다. 1948, 1969, 1979, 1990년 정사항공사진지도를 제작하고 매회 해안선을 추출하여 1948년 해안선(바다측)과 1990년 해안선(육지측) 항공사진에 중첩하였다. 그림 7은 여수시 돌산을 우두리지역에 대한 10년 주기 해안선 변화를 추출한 결과이다.

본 연구지역은 1990년과 대비하여 지난 42년간 약 552㎡(약 167평)가 침식된 것으로 계산되어 침식성해안선으로 판정되었다.

3.1 해당지적에 조위를 고려하지 않은 경우 포락면적 계산

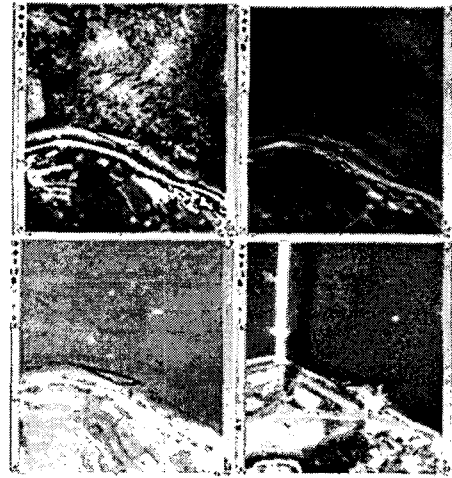


그림 7. 연구지역의 해안선변화 (1948년, 1969년, 1979년, 1990년)

여수시 발행 임야도를 Umax사의 MirageII 필름스캐너로 입력하고 DGPS 기법으로 지정밀 좌표측량을 실시하였다. 임야도를 매회 정사항공사진위에 중첩하여 해당 번지의 침식여부를 판단하였다. 해당 번지의 포락지 여부를 판독한 결과는 표 6, 그림 8과 같다. 1979년의 경우 포락면적이 과다 산정된 것으로 판단된다. 그 이유는 촬영당시 조위(123.93cm)와 여수지역의 소조 평균저조면(127.6cm)이 유사한 저조기에 촬영되었기 때문이다. 48, 69, 90년의 경우, 조위가 205.7~249.17cm로 79년의 경우와 조위차가 약 -80~-120cm로 저조기에 촬영되어 수면 아래면적이 과다 산정되었다.

표 6. 해당지번의 수면 위·아래(포락지) 면적 변동

년도	수면 위		수면아래 (포락지)		전체 면적 (㎡)
	조위	조위	조위	조위	
	수정전	수정후	수정전	수정후	
1948	1021	1020	5	6	1026
1969	879	989	147	37	1026
1979	254	945	772	81	1026
1990	700	774	326	252	1026

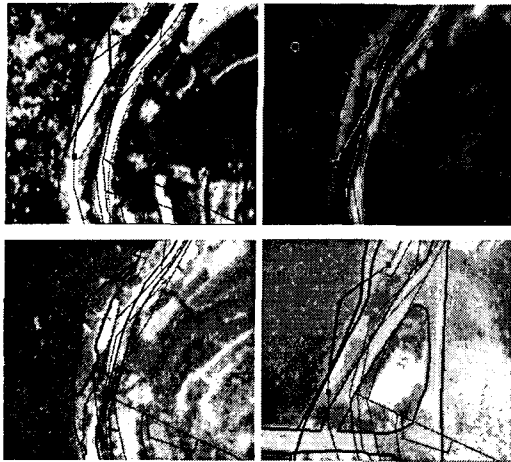


그림 8. 포락면적 산정
(해당지번 : 녹색선)

3.2 해당지적에 조위를 고려한 경우 포락면적 계산

조위를 고려하는 해안선변화 탐지방법은 첫째, 현재의 만조수위선과 항공사진을 수치도화하여 획득한 만조수위선의 변화를 분석하는 방법이 있고, 둘째, 항공사진의 수애선과 현재 동일한 수위선의 변화를 분석하는 방법이 있다. 2가지 방법 중 첫째 방법이 둘째방법보다 유효하다. 그러나 중축척 항공사진(1/16,000~1/30,000)에서 1급 도화기(c-factor:2000)를 사용할 경우 최대 추출가능 등고선 간격은 1.2~2.3m이다. 그러므로 중축척 항공사진을 수치도화하여 만조수위선을 산정하는 것은 다소 신뢰도가 떨어질 것으로 사료되었다.

그러므로 본 연구에서는 과거 항공사진의 수애선과 현재 지형 및 수심측량으로 얻은 수위선 사이의 변화를 탐지하는 기법을 이용하여 수면아래면적(침식량 혹은 포락지면적)을 산정하고, 전체면적에서 수면아래면적을 감한 양을 수면위면적으로 산정하였다.

침식경향을 분석한 결과 초기 20년간 다소 급하게 침식되었다. 이는 1959년 사라호 태풍으로 침식이 발생한 것으로 사료되며, 1970년부터 20년간은 1980년대 중반의 돌산대교 보호용 인공 호안공사 이후 침식이 점차 감소하는 것으로 사료된다.

조위 고려여부에 따라 그림 12에서와 같이 상당한 차이를 보였다. 그러므로 해안선변화탐지에 있어 조위의 고려는 중요하다. 특히, 촬영당시의 조위변화가 없는 경우는 문제가 적으나 조위변화가 많은 경우 과다산정 혹은 과소산정 될 가능성이 많으므로 각별한 주의가 요구되었다.

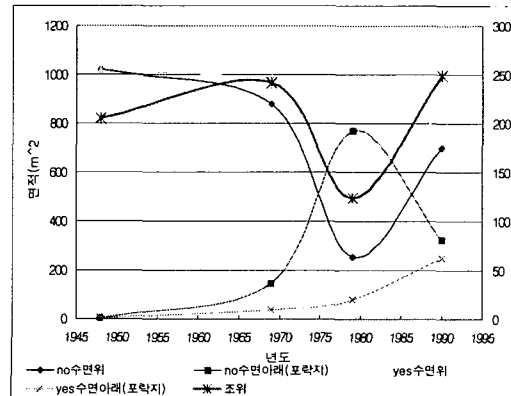


그림 9. 해당지번의 해안선변화

4. 결론

본 연구는 항공사진분석, 지형측량, 수심측량, 지적기준점 측량, 지적 확인측량을 실시하여 지난 55년간 해안선 변화 및 포락지를 탐지하였다. 본 연구지역의 해안선변화 경향은 침식이며 분석결과 다음과 같다.

첫째, 본 연구지역은 약 10년 주기로 정사항공사진을 제작하여 해안선을 추출하였고, 1948년 해안선 기준으로 탐지하여 본 결과, 지난 42년간 침식면적은 1990년 대비 약 552m²(약 167평)이고 전 연구지역에 걸쳐 해안선변화가 탐지되었다.

둘째, 해당 지번의 포락지 탐지를 위해 해당 지역의 임야도를 입력한 후 조위변화를 고려하지 않았을 때와 조위변화를 고려하였을 때의 침식면적을 산출하였다. 조위변화가 적은 1990년은 326m², 252m²로 유사하나, 조위변화가 큰 1979년은 772m², 81m²로 많은 차이를 보였다. 48, 69, 90년의 경우, 조위가 205.7~249.17cm로 79년의 경우

와 조위차가 약 -80~-120cm로 과다 산정되었다. 그러므로 정사항공사진을 이용하여 해안선 변화량과 포락지 면적의 정량적 산출을 위해 조위변화를 고려해야 한다.

셋째, 해안선변화와 포락지는 연안지역 토지재산권 차원에 있어 매우 중요한 요소이다. 그러므로 과거부터 주기적 자료구축이 필수적이다. 그러나 수치지도, 간석지 지형도, 해도, 지적도 등은 각각 관리기관이 달라 획일적 자료구축에 상당한 어려움이 있다. 포락지와 미등록 토지는 연안 어느 지역에서나 생성될 수 있으므로 포락지 증명을 위한 측량기준 및 규정이 정립되어야 한다. 또한 그 소유권 판정을 위해 해안선 변화에 관한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 본다.

감사의 글

본 연구를 지원하여 주신 “국립수산과학원”과 “국립해양조사원”에 감사하며 부경대학교에 감사드립니다.

참고문헌

- 국립해양조사원(2001), “해안선조사 측량 및 DB구축 자문 및 연구보고서”, pp.1-6, 80-98.
- 양인태, 한성만, 최승필(2002), “해도를 이용한 해안지형의 변화량 산정”, 한국측량학회, 제 20권, pp.207-214.
- 임동일 등(2002), “한국서해남부 함평만의 해안선변화 연구”, 한국해양학회, 제 7권. pp. 148-156.
- 정희균 등(2000), “육해도 통합수치도 제작 기술개발과 응용방안”, 한국항만학회, 제 14권. pp.209-217.
- 조주환, 임동일, 김백운(2001) “항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측”, 한국지구과학회, 제22권. pp.317-326.
- 최철웅, 김형석(2001), “수치항공사진기법을 이용한 광안리해수욕장 해안선변화에 관한 연구”, 한국수산자원학회, 제 4권. pp.73-85.
- Committee on Coastal Erosion Zone Management(1990), Managing coastal erosion, Washington, D.C. National Academy Press. p.182.