

지형공간정보를 이용한 해안선 변화량 분석

Coastline Change Analysis using Geospatial Information

김용석¹⁾ · 이재원²⁾ · 홍순현³⁾ · 이강원⁴⁾

Kim, Yong Suk·Lee, Jae One·Hong, Soon Hyun·Lee, Kang Won

¹⁾ 동아대학교 토목공학과 연구원(E-mail : rosekys@smail.donga.ac.kr)

²⁾ 동아대학교 공과대학 토목공학부 교수(E-mail : jolee@donga.ac.kr)

³⁾ 부산대학교 산업토목학과 교수(E-mail : hsh1963@pusan.ac.kr)

⁴⁾ 한진정보통신(주) GIS사업담당 상무(E-mail : Kwlee@hist.co.kr)

요 지

Currently, looking at the field of producing national coastlines, the lengths of coastlines are inaccurate due to the vague definition of dividing coastline boundaries and insufficient observation data. The level of accuracy and reliability of previous data are also in the very low.

This paper used aerial photographs with certain intervals to monitor the change in coastal areas of Songjeong, Haeundae, Kwanganri, Songdo and Dadaepo. The local area subjected for this research was limited to areas near Busan. Launching quantitative/time series analyses on the change of coastal areas using aerial photographs, satellite image data and RTK-GPS surveys. And developing an automatic edge detection program to extract coastlines, suggesting the performance of the program and analyzing the efficiency of the program.

1. 서 론

연안해역의 지형은 자연적, 인위적 행위에 의해 끊임없이 그 형상과 특성이 변화하는 지역이다. 그러나 현재 우리나라가 보유하고 있는 대부분의 연안해역에 대한 해안선 조사 자료는 그 성과가 미비하여 일제강점기의 측량조사 결과를 아직 사용하고 있는 실정이다. 기존의 해안선조사 및 측량 방법은 기준점 측량, 수준측량, 수심측량, 지형 측량, 조석관측, 지질조사, 지리조사 등의 지상조사만으로 이루어져 정확한 자료 획득이 어려울 뿐만 아니라 그 접근과 조사에도 많은 제약이 따르고 있다. 최근에는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 해양측량 분야에서도 항공 레이저 측량(LiDAR : Light Detection And Ranging) 기법을 적용하여 현황정보를 구축하고 있다. 그러나 연안해역에 대한 정보구축과 활용에 있어서는 장기간의 변화량 분석과 지형적 특징 등에 대한 모니터링 구축이 반드시 수반되어야 하지만, 이 분야에서의 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 해안선에 대한 재정립과 연안지역의 정확한 정보를 바탕으로 연안해역에 대한 정보를 구축한다. 본 연구의 목적은 첫째, 다양한 방법을 통하여 해안선을 추출하여 정량적 분석과 시계열 분석을 하는 것이며 둘째, 해안선 추출을 위한 자동경계검출 프로그램을 제작하여 그 성과를 제시하고 효용성을 분석하고자 한다.

2. 해안선의 정의 및 범위

해안선 자료의 구축은 관련 법령상에서의 정의를 바탕으로 선정하고, 선정된 항목을 대상으로 자료를 구축하였다. 해안선의 정의와 관련된 국내의 법과 규정으로는 연안관리법, 국토지리정보원의 도식적용 규정, 수로업무법 등이 있다.

그 중에서 수로업무법 제 5조에서는 “표고는 평균해면으로부터의 높이, 수심은 기본수준면(약최저저조면)으로부터의 깊이, 그리고 간출암은 기본수준면으로부터의 높이로 표시하고 해안선은 해면의 약 최고고조면(Approx.H.H.W : Approximate Highest

High Water level)에 달했을 때의 육지와 해면과의 경계로 표시한다.”라고 정의하고 있다. 즉, 해도상의 해면과 육지와의 경계에 해당하는 해안선을 약최고고조면으로 정의하고 있으며, 본 논문에서도 해안선 기준을 약최고고조면으로 정하였다.

3. 실험방법 및 자료처리

3.1 실험범위 및 연구흐름도

부산 연안해역에 대한 해안선 변화량을 분석하기 위하여 그림 1과 같이 연구대상지역을 선정하였으며 대표적인 5개 해안(송정·해운대·광안리·송도·다대포 해안)에 대하여 RTK-GPS 측량 및 영상정보를 이용한 정량적 분석을 실시하였다. 그림 2는 연구 흐름도를 나타내고 있으며, 크게 자료취득 부분과, 처리 부분 그리고 결과 부분으로 구성하였다.

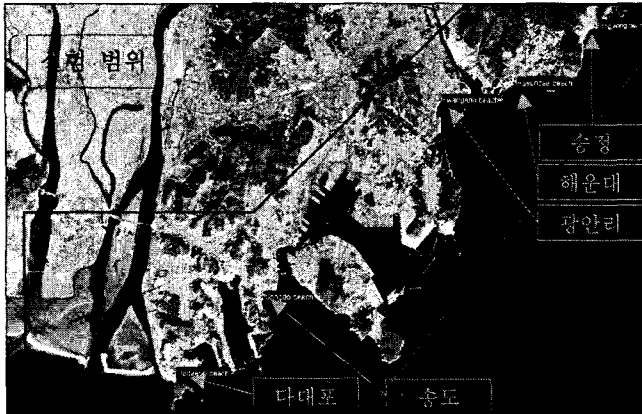


그림 1. 연구대상 지역

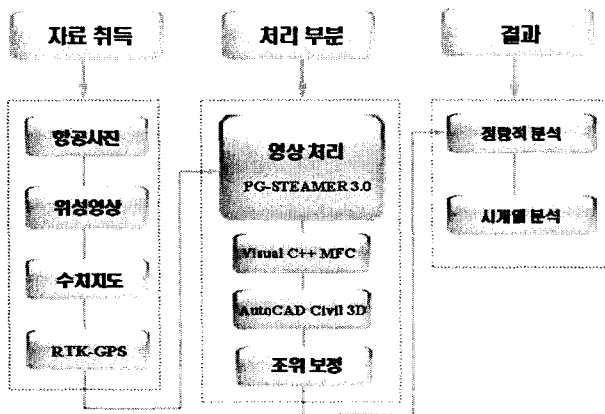


그림 2. 연구 흐름도

3.2 자료처리

표 1은 부산지역에 대하여 1987년 항공사진, 1996년 위성영상과 2002년 항공사진을 나타내고 있으며 송정·해운대·광안리·송도·다대포 연안에 대한 각각의 자료를 사용하였다.

대상범위		해운대구 일대	
촬영시간	AM 12:43	촬영년도	1987년 10월
Scale	1/20,000	Code	41 No 71

대상범위		해운대구 일대	
위성	Alternative	촬영년도	1996년 4월
해상도	2m	영상형태	8-bit, Pan

대상범위		해운대구 일대	
촬영시간	AM 13:25	촬영년도	2002년 9월
축척	1/20,000	Code	16 No 91

그림 3은 실험대상 지역의 5개 해안에 대하여 지상측량에 대한 처리 흐름도를 나타내었으며, 그림 4는 항공사진과 위성영상에 대하여 좌표보정 및 영상보정 처리과정을 나타내었다.

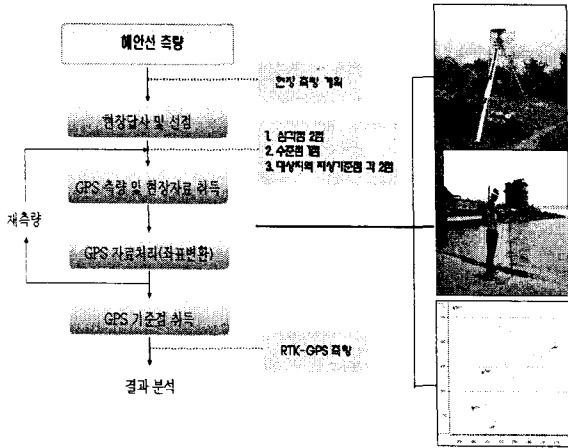


그림 3. 지상측량 흐름도

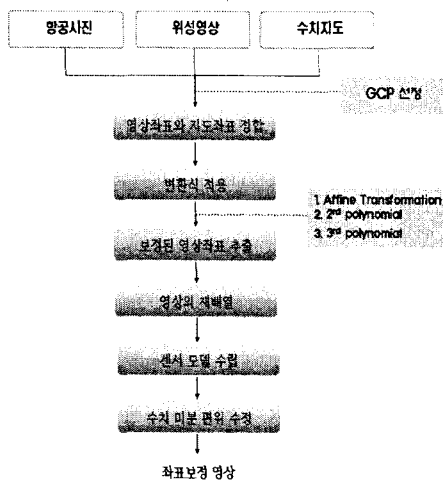


그림 4. 영상처리 흐름도

3.2 자동경계검출 프로그램 제작

모든 지형·지물에 대한 자동경계검출의 실현은 현 기술로는 한계가 있다. 이의 주된 이유는 대상 물체 인식의 불명확성과 알고리즘의 애매 모호성 등 여러 가지 복합적이고 기술적인 한계로 인하여 아직은 실현하지 못하고 있는 실정이다. 하지만, 대상(주체)을 명확히 구분할 수 있으면 자동경계검출의 실행이 가능할 것이라는 전제하에 연구를 수행하였다. 그림 5는 연안해역에 대한 자동경계검출을 목적으로 그 대상을 연안해역으로 제한하였고, 제작한 프로그램 명칭을 DIPro ACE(Donga Image Processing Auto Coastline Extraction)라고 정하였다. 그리고 자동경계검출을 프로그램은 Visual C++ MFC 프로그램으로 제작하였으며, LR Edge Scanning 기법을 개발하여 적용하여 보았다.

4. 분석

4.1 정량적 분석

(1) RTK-GPS 측량 결과 분석

표 1은 2005년 9월부터 2006년 8월까지 4회에 걸쳐 실시한 RTK-GPS 측량 성과를 나타내었다. 우선, 해안선 길이 분석을 1회 측량과 4회 측량에 대하여 비교·분석 하였다. 그 결과 송정(979m)과 해운대(1,305m) 해안의 경우는 각각 1.7%, 7.5% 정도 해안선 길이가 증가하였으며, 송도(672m)와 다대포(915m) 해안의 경우는 -8.7%와 -7.5% 감소하였다. 그리고 해안의 면적에 대한 분석을 한 결과, 송정(45,414m²)·해운대(46,639m²)·송도(31,373m²)·다대포(150,696m²)의 해안이 각각 6.8%, 7.7%, 5.8%, 0.1% 증가하였고, 광안리(53,307m²) 해안의

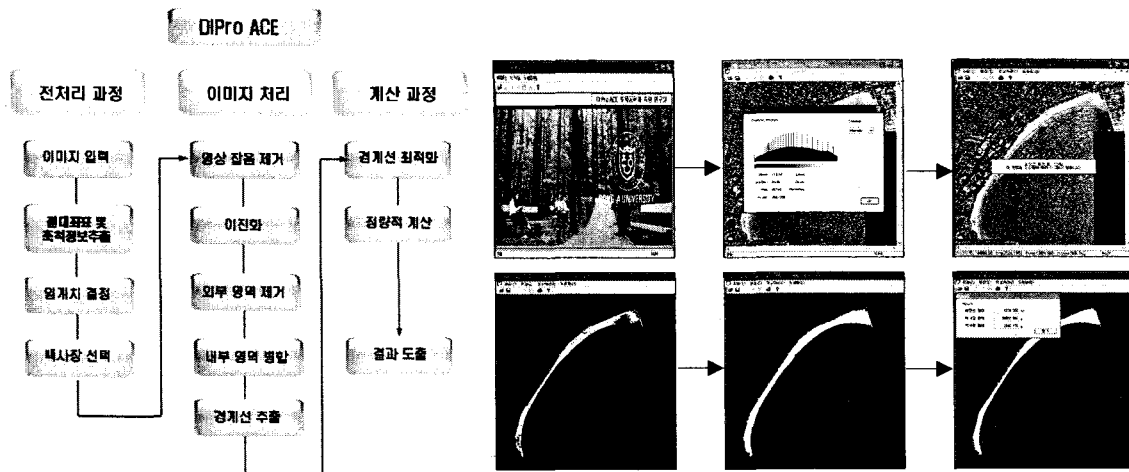


그림 5. 자동경계검출 프로그램 처리과정

경우에는 -0.8% 감소한 것으로 나타났다. 또한 해안의 들레에 대한 분석을 한 결과 송정(2,080 m)·해운대(2,697m) 해안은 각각 2.1%, 6.2% 증가하였고, 광안리(2,927m)·송도(1,486m)·다대포(2,269m) 해안은 각각 -0.2%, -1.7% -5.6% 감소함을 알 수 있었다.

(2) 시계열 분석

표 2는 1987년(항공사진)과 1996년(위성영상), 2002년(항공사진), 그리고 2006년(RTK-GPS) 자료 순으로 시계열분석을 한 결과를 나타내었다.

여기서 2002년도의 송정지역 항공사진은 자료 미비로 인하여 분석 대상에서 제외되었다.

표 2에 대한 분석 결과 송도 해안의 길이 분석에 있어서는 20년 동안의 변화량이 10% 정도 감소하였으며 이는 해안개발이 주요한 원인인 것으로 나타났다. 그리고 다대포 해안의 경우에는 영상이 촬영된 시점에 따른 해안선의 불명확성 때문에 분석결과가 정확히 나타나지 못하였다. 또한, 2002년부터 2006년 동안의 면적 분석 중에서 송도 해안의 변화량이 116.8% (17,940m²) 증가했던 원인은

표 1. RTK-GPS 측량 결과 분석

No.	분류	실험 지역	기간(1~4회)			
			05/09/10 ~ 09/11	05/12/20 ~ 12/21	06/03/15 ~ 03/16	06/08/28 ~ 08/29
1	길이(m)	송정	979.208	988.730	1,001.148	996.328
2		해운대	1,305.425	1,334.399	1,325.763	1,411.020
3		광안리	1,371.409	1,374.713	1,372.183	1,371.415
4		송도	672.500	621.680	628.283	618.521
5		다대포	915.626	902.149	906.913	851.531
6	면적(m ²)	송정	45,414.606	46,819.332	47,613.464	48,746.820
7		해운대	46,639.930	47,747.978	46,631.328	50,519.466
8		광안리	53,307.074	51,248.831	51,990.762	52,901.878
9		송도	31,373.491	32,520.326	33,517.663	33,296.554
10		다대포	150,696.926	151,597.572	152,727.642	150,700.128
11	둘레(m)	송정	2,080.315	2,104.605	2,130.704	2,125.568
12		해운대	2,697.520	2,748.245	2,717.175	2,875.209
13		광안리	2,927.031	2,930.856	2,924.235	2,922.549
14		송도	1,486.802	1,481.260	1,498.959	1,461.565
15		다대포	2,269.627	2,248.645	2,259.028	2,148.662

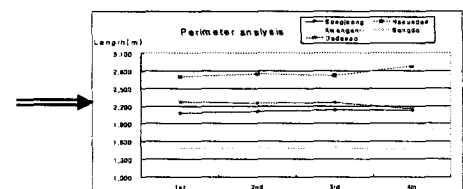
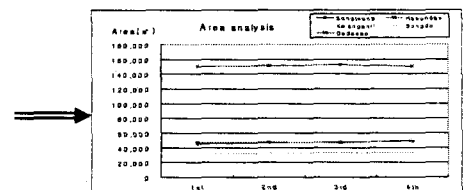
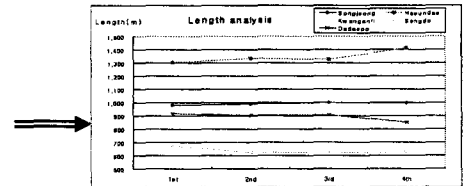
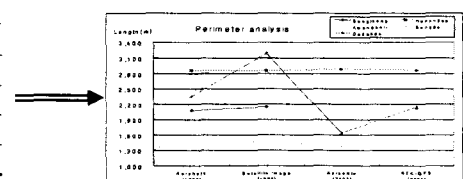
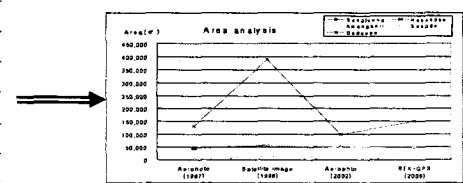
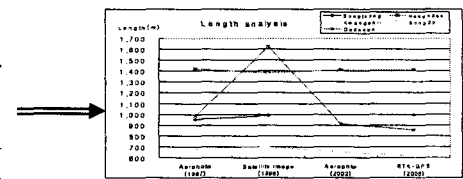


표 2. 시계열 분석

No.	분류	실험 지역	항공사진 (1987)	위성영상 (1996년)	변화율(%) (87-96)	항공사진 (2002)	변화율(%) (96-02)	RTK-GPS (2006)	변화율(%) (02-06)
1	길이(m)	송정	953.930	990.018	3.8	-	-	996.328	0.6
2		해운대	1,416.015	1,386.398	-2.1	1,408.475	1.6	1,411.020	0.2
3		광안리	1,370.358	1,375.745	0.4	1,372.563	-0.2	1,371.415	-0.1
4		송도	687.892	697.951	1.5	654.800	-6.2	618.521	-5.5
5		다대포	984.943	1,626.833	65.2	912.840	-43.9	851.531	-6.7
6	면적(m ²)	송정	47,132.667	56,346.107	19.5	-	-	48,746.820	-13.5
7		해운대	43,552.373	55,726.195	28.0	49,505.075	-11.2	50,519.466	2.0
8		광안리	58,582.046	60,223.657	2.8	48,580.520	-19.3	52,901.878	8.9
9		송도	7,728.851	14,324.605	85.3	15,356.935	7.2	33,296.554	116.8
10		다대포	130,831.514	390,140.071	198.2	98,876.010	-74.7	150,700.128	52.4
11	둘레(m)	송정	2,078.363	2,153.548	3.6	-	-	2,125.568	-1.3
12		해운대	2,864.753	2,851.194	-0.5	2,887.370	1.3	2,875.209	-0.4
13		광안리	2,946.195	2,962.387	0.5	2,936.869	-0.9	2,922.549	-0.5
14		송도	1,407.069	1,477.176	5.0	1,378.490	-6.7	1,461.565	6.0
15		다대포	2,350.670	3,191.040	35.8	1,635.959	-48.7	2,148.662	31.3



2002년도부터 시작된 송도 연안정비 사업의 일환이 주된 요인인 것으로 분석되었다. 그리고 둘째 분석에 있어서는 송도(1,461m) 해안의 경우 약 6%정도 증가됨을 알 수 있었다.

(3) 자동경계검출 프로그램을 통한 분석

1996년 Alternative 영상을 자동경계검출 프로그램으로 분석한 결과와 RTK-GPS를 통한 관측결과를 분석한 결과 해안선 길이, 면적, 둘레에 대해서는 다대포 해안을 제외하고는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 그리고 다대포 해안의 경우 위성영상의 해안선 경계가 불명확하여 자동경계검출을 하는데 있어 문제점이 발생하였다. 이는 영상이 분석하고자 하는 대상과의 구분이 명확하지 않을 때 자동경계검출의 정확성이 떨어진다는 단점을 내포하고 있음을 알 수 있었다. 표 3은 제작된 DIPRO ACE 프로그램을 적용하여 해안선 길이, 해안의 면적, 해안의 둘레에 대하여 비교·분석한 결과를 나타내고 있다.

표 3에서는 RTK-GPS 측량과 자동경계검출과의 변화량을 분석한 결과 해안선 길이에 대하여 송정(996m)·해운대(1,411m) 해안이 각각 0.6%, 1.8%의 미소한 증가가 있었고, 광안리(1,371m)·송도(618m)·다대포(851m) 해안의 경우에는 각각

-0.3%, -11.4%, -47.7% 감소하였다. 그리고 해안의 면적에 대해서는 송도(33,296m²) 해안의 경우 132.4% 증가하였으며 이는 2002년부터 시작된 송도 연안해안 개발로 인하여 많은 변화가 되었음을 알 수 있었다. 송정(48,746m²)·해운대(50,519m²)·광안리(52,901m²)·다대포(150,700m²) 해안의 경우 각각 -13.5%, -9.3%, -12.2%, 61.4% 감소함을 알 수 있었다. 해안의 둘레 분석에 있어서는 다대포(2,148m) 해안이 -32.7% 감소된 것 외에는 별 큰 변화가 없음을 알 수 있었다.

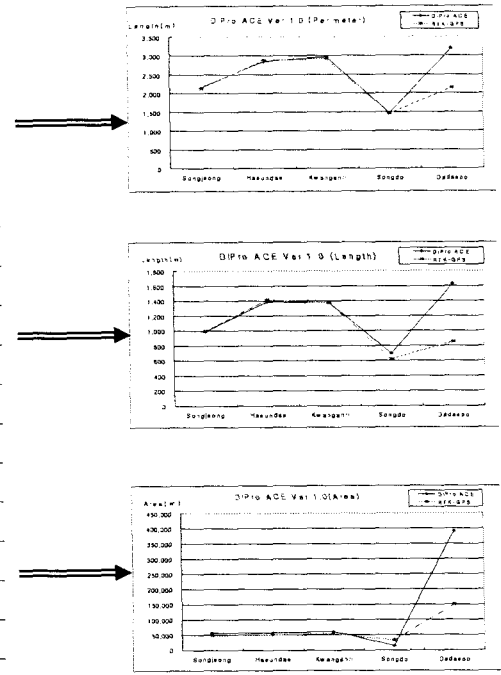
5. 결론

본 연구에서는 부산지역의 5개 해안에 대한 변화량 분석을 위하여 항공사진과 위성영상을 이용하였고, RTK-GPS 측량을 실시하였으며, 자동경계검출(DIPRO ACE) 프로그램을 개발하여 정량적 분석 및 시계열 분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 2005년 9월부터 2006년 8월까지 RTK-GPS에 대한 정량적 분석결과 해안선 길이에 대해서는 송정과 해운대 해안이 각각 17.12m (1.7%), 105.60m (7.5%) 증가하였으며, 송도와 다대포 해안의 경우에는 -53.98m (-8.7%), -64.10m(-7.5%) 감소하였음을 알 수 있었다.

표 3. 자동경계검출 프로그램 분석

No.	분류	실험 지역	자동경계검출 (1996)	RTK-GPS	변화율 (%)
1	길이(m)	송정	990.018	996.328	0.6
2		해운대	1,386.398	1,411.020	1.8
3		광안리	1,375.745	1,371.415	-0.3
4		송도	697.951	618.521	-11.4
5		다대포	1,626.833	851.531	-47.7
6	면적(m ²)	송정	56,346.107	48,746.820	-13.5
7		해운대	55,726.195	50,519.466	-9.3
8		광안리	60,223.657	52,901.878	-12.2
9		송도	14,324.605	33,296.554	132.4
10		다대포	390,140.071	150,700.128	-61.4
11	둘레(m)	송정	2,153.548	2,125.568	-1.3
12		해운대	2,851.194	2,875.209	0.8
13		광안리	2,962.387	2,922.549	-1.3
14		송도	1,477.176	1,461.565	-1.1
15		다대포	3,191.040	2,148.662	-32.7



- 또한, 해안의 면적에 대해서는 송정·해운대·송도·다대포 해안이 각각 $3,332.2m^2$ (6.8%), $3,879.5m^2$ (7.7%), $1,923.1m^2$ (5.8%), $3.2m^2$ (0.1%) 증가하였으며, 광안리 해안은 $-405.2m^2$ (-0.8%) 감소하였다.
2. 1987년과 2002년의 항공사진에 대한 시계열 분석결과 평균적으로 해안선 길이에 대해서는 송정과 광안리 해안이 각각 42.40m(4.3%), 2.21m(0.2%) 증가하였으며, 해운대와 송도·다대포 해안의 경우에는 각각 -7.54m(-0.5%), -33.09m(-5.1%), -72.10m(-7.9%) 감소하였음을 알 수 있었다. 또한, 해안의 면적에 대해서는 송정·해운대·송도 해안이 각각 $1,614.15m^2$ (3.3%), $5,952.70m^2$ (12.0%), $7,628.08m^2$ (49.7%) 증가하였고, 광안리·다대포 해안의 경우에는 각각 $-10,001.53m^2$ (-20.6%), $-31,955.50m^2$ (-32.3%) 감소하였다.
3. 해안에 대한 자동경계검출을 위해 Visual C++ MFC 프로그램으로 제작하였으며, LR Edge Scanning 기법을 개발하여 적용해 본 결과, 비교적 영상의 구분이 잘되는 해안지형에 대해서는 기존의 반자동 추출기법에 비하여 자동경계검출 기법이 효율성과 실용성에 있어 우수함을 알 수 있었다.

참고문헌

Sloop, R. V., "Beach cusp analysis and the dry beach evolution of Longboat Key, Florida using video monitoring techniques", M.E. Thesis, Univ. of Florida, Gainesville, FL, 1995.

- Kevin, W., and Hesham, M., "Monitoring changing position of coastlines using Thematic Mapper imagery, an example from the Nile Delta", *Geomorphology*, No.29, 1999, pp. 93~105.
- Brzank, A., Lohmann, P. and Heipke, C., "Automated extraction of pair wise structure lines using airborne laser scanner data in coastal areas", ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop "Laser scanning 2005", Enschede, the Netherlands, September, 2005, pp. 12~14.
- 박운용, "측량공학개론(하)", 동아대학교 출판부, 2003, pp.204~326.
- 이재원, 허민, 문용현, 이석용, "국토모니터링체계 구축 및 활용에 관한 연구", 한국측량학회 추계 학술발표회, 2002, pp. 249~256.
- 위광재, "LiDAR&SHOALS 기술을 이용한 해안선 측량 및 모니터링에 관한 연구", 한국해양공학회, 한국의 해안선 정립을 위한 Workshop 논문집, 2004, pp. 137~144.
- 정승진, 김규한, 편종근, "항공사진을 이용한 해안선 변형해석", 대한토목학회 논문집, 1999, pp. 467~470.
- 최철용, 김영섭, "수치항공사진을 이용한 해운대해수욕장 해안선 변화에 관한 연구", 한국지리정보학회지, 제 13권(2), 2001, pp. 39~50.
- 김진섭, "위성영상과 GIS를 이용한 해안선 매핑 전략", 한국의 해안선 재정립 워크숍 논문집, 2004, pp. 105~108.
- 손홍규 외2, "원격탐사와 디지털 영상처리", 시그마프레스, 2005.