

항공사진을 이용한 해안선 변화에 대한 시계열 분석

Time Series Analysis by Coastline Change Using Aerial Photographs

김용석*, 홍순헌**
동아대학교 토목공학과*, 부산대학교 산업토목학과**

Yong-Suk Kim(rosekys@hanmail.net)*, Soon-Heon Hong(hsh1963@pusan.ac.kr)**

요약

국가 경제의 급속한 성장에 따른 국토전반에 걸친 개발로 인해 국토 및 연안해역의 모습은 날로 변화하고 있다. 이러한 국토 및 연안해역의 변화를 효과적으로 탐지하고 적절한 이용계획을 수립하기 위해서는 해안선의 변화관측과 분석을 토대로 연안해역에 대한 모니터링체계의 확립이 시급한 실정이다.

최근 들어, 국토해안선제작 분야에서는 해안선의 경계구분에 대한 불명확한 정립과 관측 자료의 부족으로 정확한 해안선의 길이가 불명확한 상태이며, 기존의 자료에 대한 정확성과 신뢰성이 크게 떨어지고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 연구대상의 지역적 범위를 부산근교로 한정하였으며, 일정 간격의 항공사진을 이용하여 이 일대의 송정·해운대·광안리·송도·다대포 해안선에 대한 시계열적 변화를 분석하였다.

■ 중심어 : | 항공사진 | 해안선 | 시계열적 변화 |

Abstract

Due to the drastic growth of national economy and the development of overall territory, the shapes of national land and coastal areas are changing from day to day. To detect such changes in lands and coasts efficiently, as well as to establish an appropriate usage plan, it is necessary to secure a monitoring system for coastal areas based on the observation and analysis of the change in coastlines.

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.

■ keyword : | Aerophoto | Coastline | Time Series Analysis |

1. 서론

연안해역의 지형은 자연적, 인위적 행위에 의해 끊임

없이 그 형상과 특성이 변화하는 지역이다. 그러나 현재 우리나라가 보유하고 있는 대부분의 연안해역에 대한 해안선 조사 자료는 그 성과가 미비하여 일제강점기

* 본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

의 측량조사 결과를 아직 사용하고 있는 실정이다. 기존의 해안선조사 및 측량 방법은 기준점 측량, 수준측량, 수심측량, 지형측량, 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 현황 정보를 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.

따라서 본 연구에서는 부산 연안 일대 송정·해운대·광안리·송도·다대포 백사장의 해안선에 대하여 1987년, 1996년, 그리고 2002년의 항공사진을 이용하여 시계열적 분석을 실시하여 그 변화를 모색하였다.

II. 기본이론

1. 해안선의 정의

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 있으며 다음과 같이 정의하고 있다.

1.1 연안관리법

연안관리법(제 5913호) 제 2조에서 간접적인 제시 방안을 “연안해역과 연안육역으로 구분하였으며, 연안해역은 만조수위선으로부터 지적공부에 등록된 지역까지의 바닷가와 만조수위선으로부터 영해의 외측 경계까지의 바다”로 정의하고 있다. 즉, 만조수위선을 해안선으로 정의하고 있다[7].

1.2 국토지리정보원 도식규정

1/25,000 지형도 도식적용규정(제91-100호)의 제 98 조에서 “수부라 함은 하천 및 해안과 같은 것으로서 육

지 내부에 존재하는 물에 관한 제사항과 만조시에 있어서의 해안선 및 이에 부속되는 각종 표시 사항을 포함한다.”라고 정의 하고 있다. 즉, 해안선을 육지와 바다의 경계로 간주하며 만조시의 수위선으로 정의하고 있다.

1.3 수로업무법

수로업무법 제 5조에서는 “표고는 평균해면으로부터의 높이, 수심은 기본수준면(약취저저조면)으로부터의 깊이, 그리고 간출암은 기본수준면으로부터의 높이로 표시하고 해안선은 해면의 약최고고조면(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 있다. 따라서 본 논문에서는 해안선의 기준을 약최고고조면으로 정하였다. [그림 1]은 미국해협양대기국(NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 규정하고 있는 연안해역에 대한 범위를 나타내고 있다[10].

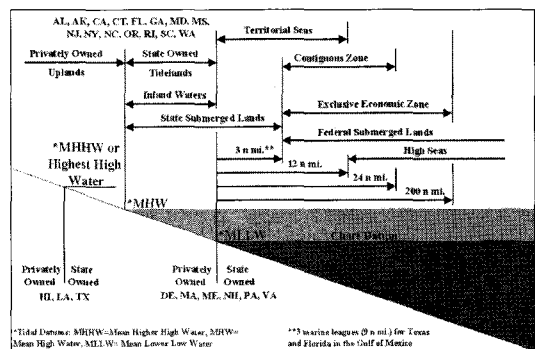


그림 1. Importance of coastline(NOAA)

2. 항공사진

항공사진의 가장 큰 장점 중 하나가 높은 해상력을 가지고 있기 때문에 지형지물에 대한 이해를 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라, 동일한 지역에 대해 주기적인 촬영이 가능하므로 그 지역의 시간에 따른 변동 상황을 파악하는데 아주 유용한 자료로 이용이 가능하다.

최근에는 항공사진을 이용한 수치정사사진 또는 인

공위성 영상을 이용하여 벡터 데이터를 보완하는 자료 층으로 사용되고 있다. 또한, 데이터베이스로 구축하여 손쉬운 검색 및 자료 공유를 실현해 가고 있으며, 다양한 분야로 많은 활용을 하고 있다.

항공사진 보정 방법에는 크게 기하보정과 정사보정 방법이 있다. 기하보정은 항공기의 자세, 지구중심과 주점과의 왜곡, 렌즈왜곡 등을 보정하는 방법이고, 정사보정 방법은 기하보정 방법과 달리 항공사진이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 방법이다.

정사보정 방법은 모든 왜곡 요소의 보정을 위한 수학적 계산 과정이 복잡하고, 카메라에 대한 정확한 정보와 촬영대상지역에 대한 표고자료 등이 필수적으로 요구된다는 점에서는 다소 복잡한 측면이 있지만, 정확한 계산이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 일단 정사보정이 수행된 영상은 항공 사진상의 모든 점에서 나타나는 편위가 제거됨으로써 사진 상에 나타나는 상이 일반 지도에서 보는 것처럼 모든 점에서 축척이 일정하게 유지된다. [그림 2]는 항공사진의 정사보정을 통한 정사영상 지도 제작과정을 나타내었다[5].

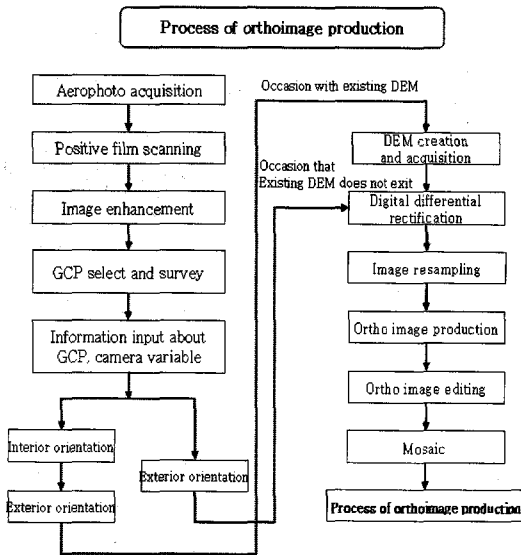


그림 2. Process of orthoimage production

III. 실험 및 분석

1. 연구 대상 지역 및 자료

부산 연안해역에 대한 해안선 변화를 분석하기 위하여 [그림 3]과 같이 연구대상지역을 선정하였다. 그리고 송정·해운대·광안리·송도·다대포 해안에 대하여 1987년, 1996년, 2002년의 항공사진을 이용하여 시계열 분석을 수행하였다.



그림 3. Maps of research area

[그림 4]는 1987년 국토지리정보원에서 촬영한 부산 해운대 연안지역에 대한 항공사진을 나타내었다. 그리고 실험 지역 5개소 해안에 대하여 1996년과 2002년의 항공사진도 같은 방식으로 취득하였다.

Publisher	NGII (FY 87 Base map)	Area	Haeundae
Time	AM 12:43	Year	October, 1987
Scale	1/20,000	Code	41 No 71

그림 4. Aerial photo(1987)

2. 영상처리 및 분석

2.1 GCP 선정 및 기하보정

본 논문에서는 지상기준점(GCP : Ground Control Point) 선정을 함에 있어 국토지리정보원에서 제작한 축척 1:5,000의 수치지형도에서 GCP를 추출하여 항공사진에 대한 영상보정을 하였다. [Table 1]은 1987년 항공사진의 기하보정 작업을 진행하는 과정을 나타내고 있다. 1987년도, 1996년, 2002년도의 항공사진의 경우 송정, 해운대, 광안리, 송도, 다대포의 5개 지역에 대하여 기하보정과 GCP 작업을 실시하였다. 그리고 각 Scene당 GCP를 10점씩 생성하여 Cubic Convolution 보간 기법을 사용하여 RMSE 오차를 분석하였다. RMSE의 오차는 평균 1m 이내에 들어오도록 작업을 하였다. [그림 5]에서는 영상과 수치지형도를 이용하여 GCP를 선정하고 변환식을 적용하여 기하보정 영상을 제작하는 과정을 나타내었다.

GCP geometric correction(m)							
No.	Image X	Image Y	Reference X	Reference Y	Error X	Error Y	Error Z
1	5486.960	6606.927	218847.026	186829.955	0.774	0.294	0.828
2	5567.000	3089.000	218041.281	186833.185	0.376	0.120	0.395
3	5293.001	1929.003	217777.200	186769.794	0.877	0.548	1.034
4	6732.923	4330.926	218320.228	187089.538	-0.275	-0.129	0.304
5	2505.047	1682.919	217733.644	186167.591	0.107	0.051	0.119
6	6152.909	6194.911	218749.576	186971.828	0.106	0.125	0.125
7	4546.912	835.083	217530.080	186604.400	-0.488	1.027	1.027
8	5894.998	3826.945	218208.600	186906.661	-0.239	0.400	0.400
9	4418.685	1884.802	217770.963	186580.896	0.201	0.434	0.434
10	5077.000	5633.000	218625.725	186737.133	-0.463	1.181	1.181
RMSE(m)			X	Y	Z		
			0.620	0.313	0.695		

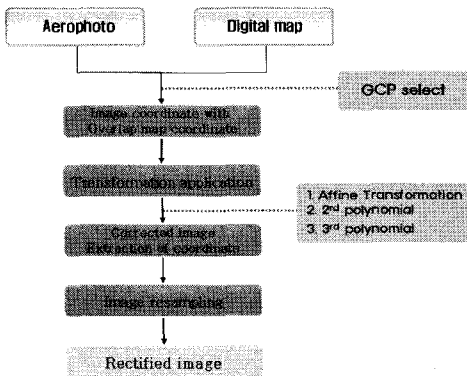
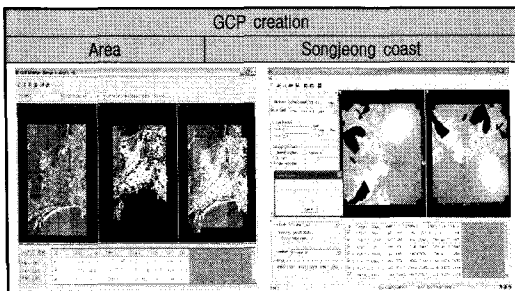


그림 5. The flowchart of geometric correction

Table 1. Process of GCPs creation and their RMSE



2.2 정사영상 보정

정사보정 방법은 기하보정 방법과 달리 영상이 가지고 있는 왜곡의 원인을 모두 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성함으로써 영상의 위치를 보정하는 방법이다.

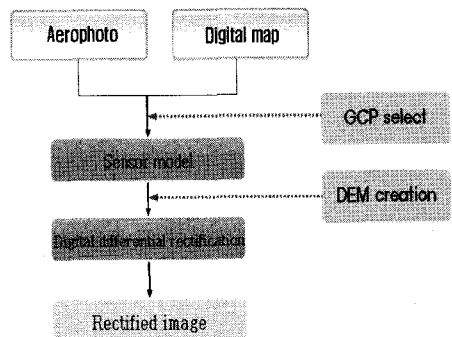


그림 6. The flowchart of ortho rectification

[그림 6]은 정사보정 흐름도를 나타내고 있으며, GCP 작업을 선행한 후 센서 모델을 수립하게 된다. 여기서는 DEM(Digital Elevation Model)을 생성하고 수치미분편위수정을 거쳐 최종적인 정사보정영상을 취득하게 된다.

2.3 정사영상 생성

[그림 7]은 기하보정과 정보보정의 단계를 거친 후 생성된 정사영상을 나타내고 있다.

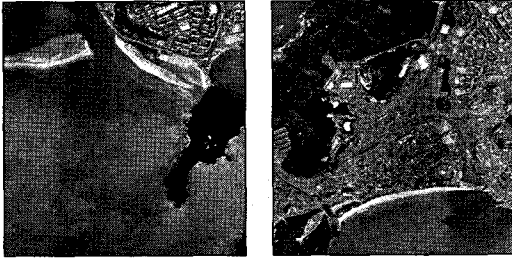


그림 7. Generation of orthoimage

2.4 1987년 항공사진 분석

[그림 8][그림 9][그림 10][그림 11][그림 12]는 1987년에 촬영된 항공사진을 디지털 영상처리 과정을 거쳐 해안에 대한 경계선을 검출한 결과를 나타내었다.

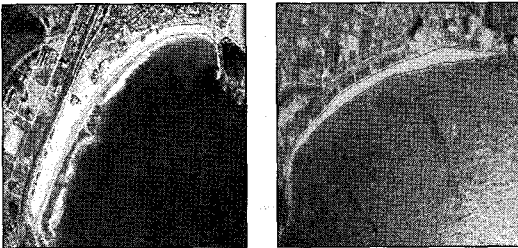


그림 8. Songjeong coast 그림 9. Haeundae coast



그림 10. Kwanganri coast 그림 11. Songdo coast

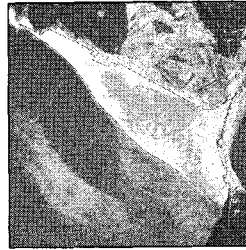


그림 12. Dadaepo coast

2.5 1996년 항공사진 분석

[그림 13][그림 14][그림 15][그림 16][그림 17]은 1996년의 항공사진 영상을 처리하여 해안선을 검출한 결과를 나타내었다.

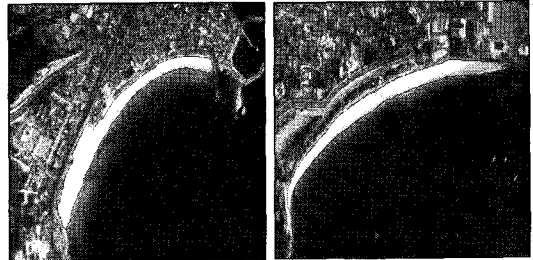


그림 13. Songjeong coast 그림 14. Haeundae coast

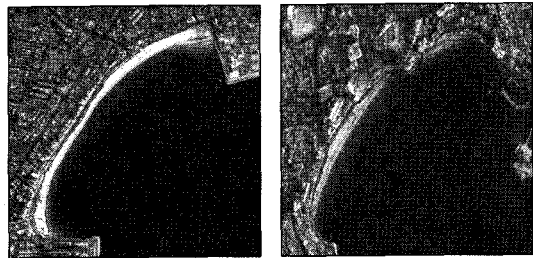


그림 15. Kwanganri coast 그림 16. Songdo coast

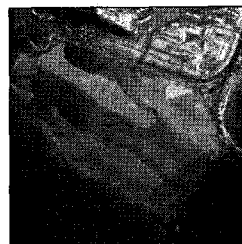


그림 17. Dadaepo coast

2.6 2002년 항공사진 분석

[그림 18][그림 19][그림 20][그림 21]은 2002년에 촬영된 항공사진을 디지털 영상처리 과정을 거쳐 해안에 대하여 경계선을 추출하였고, 송정 해안은 항공사진의 자료의 미비로 인해 제외하였다.

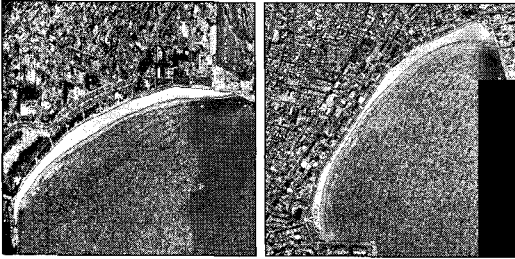


그림 18. Haeundae coast 그림 19. Kwanganri coast

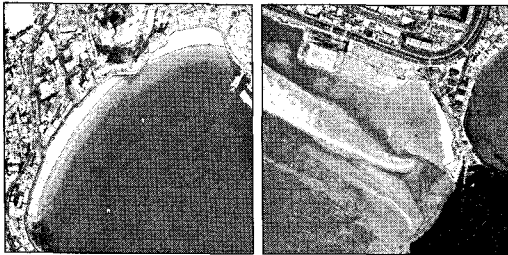


그림 20. Songdo coast 그림 21. Dadaepo coast

3. 시계열 분석

[Table 2]는 1987년, 1996년, 2002년의 항공사진 순으로 시계열 분석한 결과이다.

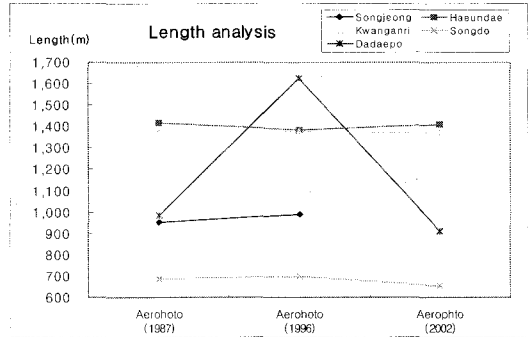


그림 22. Change of coastline length

[그림 22]의 송도 해안의 길이 분석에 있어서는 15년 동안의 변화량이 10% 정도 감소하였으며 이는 해안개발이 주요한 원인이었다. 그리고 다대포 해안의 경우에는 영상이 촬영된 시점에 따른 해안선의 불명확성 때문에 분석결과가 정확히 나타나지 못하였다.

Table 2. Time series analysis

No.	Class	Test area	Aerial photo (1987)	Aerial photo (1996년)	Change ratio(%) (87-96)	Aerial photo (2002)	Change Ratio(%) (96-02)
1	Length (m)	Songjeong	953.930	990.018	3.8	-	-
2		Haeundae	1,416.015	1,386.398	-2.1	1,408.475	1.6
3		Kwanganri	1,370.358	1,375.745	0.4	1,372.563	-0.2
4		Songdo	687.892	697.951	1.5	654.800	-6.2
5		Dadaepo	984.943	1,626.833	65.2	912.840	-43.9
6	Area (m ²)	Songjeong	47,132.667	56,346.107	19.5	-	-
7		Haeundae	43,552.373	55,726.195	28.0	49,505.075	-11.2
8		Kwanganri	58,582.046	60,223.657	2.8	48,580.520	-19.3
9		Songdo	7,728.851	14,324.605	85.3	15,356.935	7.2
10		Dadaepo	130,831.514	390,140.071	198.2	98,876.010	-74.7
11	Perimeter (m)	Songjeong	2,078.363	2,153.548	3.6	-	-
12		Haeundae	2,864.753	2,851.194	-0.5	2,887.370	1.3
13		Kwanganri	2,946.195	2,962.387	0.5	2,936.869	-0.9
14		Songdo	1,407.069	1,477.176	5.0	1,378.490	-6.7
15		Dadaepo	2,350.670	3,191.040	35.8	1,635.959	-48.7

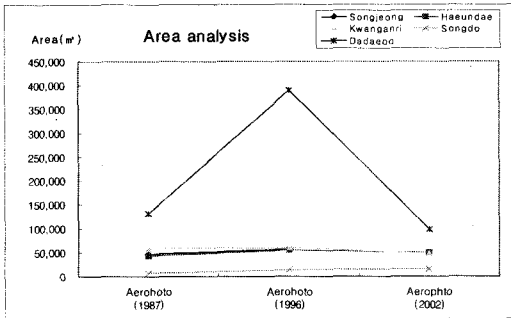


그림 23. Change of area of coast

[그림 23]은 1987년~2002년 동안의 면적 분석 중에서 송도 해안의 변화량이 49.7% (7,6280m²) 증가했던 원인은 2000년도부터 시작된 송도 연안정비 사업의 일환이 주된 요인인 것으로 나타났다. 그리고 [그림 24]의 둘레 분석에 있어서는 송도(1,378m) 해안의 경우 약 6.7%정도 감소됨을 알 수 있었다. 이 시기에 있어 해안의 길이와 둘레에는 큰 변화가 없었지만 모래의 양변으로 인한 해안선이 바다 쪽으로 전진함으로써 백사장의 면적이 크게 증가하였음을 알 수 있었다.

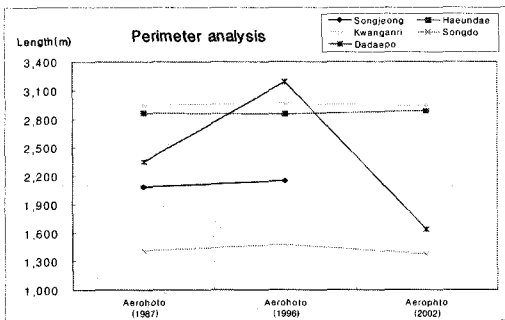


그림 24. Change of perimeter of coast

IV. 결론

본 연구에서는 부산지역의 연안해역에 대한 해안선 변화를 항공사진을 이용하여 시계열적으로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 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 1,614.15m²(3.3%), 5,952.70m²(12.0%), 7,628.08m²(49.7%) 증가하였고, 광안리·다대포 해안의 경우에는 각각 -10,001.53m²(-20.6%), -31,955.50m²(-32.3%) 감소함을 알 수 있었다.
2. 해안의 둘레의 변화에 대해서는 송정·해운대 해안이 각각 47.205m(2.2%), 22.617m(0.8%) 증가하였고, 광안리·송도·다대포 해안의 경우에는 각각 -9.326m (-0.36%), -28.579m(-2.13%), -714.711m (-43.1%) 감소함을 알 수 있었다.
3. 시계열 분석 결과 송정·해운대·광안리 해안의 면적은 과거에 비하여 많이 줄어든 것으로 나타났으며, 가장 큰 원인은 이 지역이 유명 관광지로서 부각됨으로써 되면서 해안의 개발로 인한 것으로 분석되었다.

향후, 해안선 변화에 대한 분석을 함에 있어 위성영상과 GPS 측량을 수행하여 비교 분석한다면 보다 높은 신뢰도를 얻을 수 있을 것이며, 해양지리정보구축과 국가 해안선 정보 구축 분야 등에 있어 일조를 할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] R. V. Sloop, "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.
- [2] T. Kajimura, S. Sato, M. Nakamura, and M. Isobe, "Sand movement and long-term beach evolution in an alluvial system composed of the SAME river and the NAKOASO coast," Japan

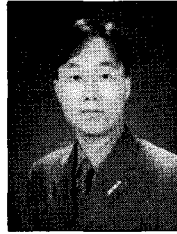
Soc. of Civil Eng., No.691/II-57, pp.121-132, 2001.

- [3] R. Gutierrez, C. James, C. Rebecca, L. Tiffany, and R. John, "Precise Airborne LIDAR Surveying For Coastal Research and Geohazards Applications," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.XXXIV-3/W4 Annapolis, MD, 2001.
- [4] L. C. Chen, "Detection of shoreline changes for tideland areas using multi-temporal satellite images," Int. J. RS, Vol.19, No.17, pp.3383-3397, 1998.
- [5] 정승진, 김규한, 편종근, "항공사진을 이용한 해안선변형해석", 대한토목학회 학술발표회 논문집, pp.763-766, 2000.
- [6] 최철웅, 김영섭, "수치항공사진을 이용한 해운대 해수욕장 해안선 변화에 관한 연구", 한국지리정보학회지, 제13권, 제2호, pp.39-50, 2001.
- [7] 황세열, 서병덕, 진준호, "우리나라 해안선 조사측량 및 DB구축 현황", 한국의 해안선 재정립 워크숍 논문집, pp.27-36, 2004,
- [8] 위광재, "LiDAR&SHOALS 기술을 이용한 해안선 측량 및 모니터링에 관한 연구", 한국해양공학회, 한국의 해안선 정립을 위한 Workshop 논문집, pp.137-144, 2004.
- [9] <http://www.ngi.go.kr>
- [10] <http://www.csc.noaa.gov>

저 자 소 개

김 용 석(Yong-Suk Kim)

정회원

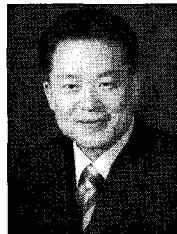


- 2007년 2월 : 동아대학교 토목공학과(공학박사)
- 2007년 3월 현재 : 동아대학교 건설기술연구소 연구원
- 현재 : 동아대학교 토목공학과 시간강사

<관심분야> : Remote sensing, 공간정보구축, GIS

홍 순 현(Soon-Heon Hong)

정회원



- 1985년 3월 : 동아대학교 토목공학과(공학사)
- 1993년 3월 : 동아대학교 대학원 토목공학과(공학박사)
- 현재 : 부산대학교 산업토목학과 부교수

<관심분야> : 도로계획, 도시계획, GIS