한국지리정보학회지 9권 1호 : 101~115(2006)

해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석

양지연[1※] · 최철웅

An Analysis of the Coastal Topography and Land Cover Changes in the Haeundae Beach

Ji-Yeon YANG[1] · Chul-Uong CHOI

요 약

자연환경 변화와 연안개발에 따른 해안침식이 급격히 증가함에 따라 사회·경제적으로 해안침식 문제가 부각되고 있다. 해안침식에 대한 현황파악 및 대책수립에 필요한 자료를 구축하기 위해서는 장기적인 해안침식 모니터링 체계구축이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 해안침식이 진행되고 있는 국내 최고의 해수욕장인 해운대 해수욕장의 장기 해안지형 변화 및 인근지역의 토지피복 변화에 대해 분석하였다. 지난 60여 년간의 항공사진을 이용하여 해안선을 추출하고 이를 수심측량 및 GPS측량 자료를 이용하여 조위보정한 후, 해빈면적을 추출하여 해안지형 변화를 분석하였다. 또한 환경부 토지피복 세분류를 기준으로 하여 육안판독을 통해 13개년도의 토지피복도를 제작하고 토양유실량을 산정하여 연도별 토지피복 변화를 분석하였다. 그 결과, 해운대 해수욕장의 해안선이 점진적으로 후퇴하고 있으며 해수욕장 면적이 전체적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 춘천천 복개 및 도시개발에 의한 모래 공급원 차단이 이러한 해안침식에 영향을 주는 인위적 원인이라고 사료된다. 본 연구결과는 장기 해안침식 모니터링에 유용하며, 향후 해안지리정보시스템에 활용 가능할 것으로 사료된다.

주요어: 해안침식, 모니터링, 항공사진, 해안선, 조위, 토지피복도, 토양유실

ABSTRACT

As coastal erosion is increasing sharply because of sudden changes in the natural environment and increases in artificial development, the problem of coastal erosion become an important issue, socially and economically. To building the data which needed to grasp the situation and find a solution, we need the monitoring system for long-term. In this study, we analyzed the coastal topography and land cover changes in the Haeundae Beach during 60 years. The Haeundae Beach is the most famous beach in the country and coastal erosion are

2005년 12월 14일 접수 Received on December 14, 2005 / 2006년 3월 22일 심사완료 Accepted on March 22, 2006
1 부경대학교 위성정보과학과 Department of Satellite Information Science, Pukyong National University
※ 연락저자 E-mail: sp0731@hanmail.net

going on. First, we analyzed the change of coastal topography by calculated the coastline and area of the beach using aerial photos during 60 years. We extracted the coastline by digitized on aerial photo and corrected the height of tide level using sounding and GPS survey data. And we computed the area of beach and analyzed the change of area during 60 years. Second, we analyzed the change of land cover using landcover map. We made the detailed landcover map by on-screen digitizing and estimated the soil loss for the area nearby Haeundae Beach. As a result, we could see that the coastline get nearer to land and the area of beach has been reduced in general. We think that interception of sand supply by the development is the artificial cause of coastal erosion. The result of this study would be useful in long-term coastal monitoring and to analyze the cause of coastal environment change. We expect that the result is available on the coastal information system.

KEYWORDS: Coastal Erosion, Monitoring, Aerial Photo, Coastline, Tide Level Landcover Map, Soil Loss

서 론

최근, 환경문제에 관한 관심과 함께 해안침식에 관한 논란이 많다. 해안침식은 해안의 토사가 붕괴, 유실, 반출되어 해안선이 후퇴하는 현상으로 재산피해, 국토손실, 휴식공간상실 등 막대한 유무형적 비용의 손실을 초래한다. 해안침식에 따른 해빈유실 및 백사장 감소는 부산지역 경제에 주요한 수입원인 해수욕장 관광산업에 큰 영향을 미친다. 특히 해운대 해수욕장은 우리나라 최대의 해수욕장으로, 수려한 경관과 각종 편리한 부대시설 등으로 매년 방문객이 증가하고 있으나 모래유실로 인해 해안 폭이 점차 감소하고 있는 실정이다. 부산광역시청 및 구청은 매년 수 만 톤의 모래를 해수욕장 개장 전에 운반하여 살포하는 등 수억 원의 예산을 투여하고 있지만, 부산지역 해수욕장에 대한 정확한 면적과 폭에 대한 자료는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 해운대 해수욕장의 기 촬영된 항공사진을 수집·분석하여 해안선변화를 탐지함으로써 해안환경 변화를 정량적으로 분석하기로 하였다. 항공사진은 실측과는 달리 경제적이며 측량위험 부담이 적고 비교적 위성영상에 비해 고해상도라는 장점이 있으므로 이를 활용하였다.

해안침식과 관련된 국내 연구로는 지형자료를 DEM으로 구성하고 영상처리기법을 이용하여 지형변화를 분석(최철웅 외, 1995)한 연구와 항공사진과 수준측량을 병행한 낙동강 삼각주 말단 주변의 지형변화에 관한 연구(김성환, 2000)가 있다. 박성우(2003) 등은 항공사진뿐만 아니라 Landsat-5 위성영상을 이용하여 갯벌의 경계선을 추출하고, 조위 자료를 고도값으로 사용하여 갯벌의 수치표고모델 작성에 이용하였으며, 김호용(2005)은 수심자료와 GPS 자료, 항공영상으로부터 광안리 인근 연안의 지형변화 패턴을 분석하였다.

국외 연구로는 Frihy(1998)가 1978년, 1983년, 1990년, 1993년, 1995년 Landsat 위성영상과 1909년, 1922년, 1944년, 1955년 지형도를 이용하여 86년간의 모니터링을 실시하여 석호지대와 섬의 해안선을 분석하였으며, El Raey(1999)는 장기관측(1978~1983년, 1983~1990년, 1978~1990년)을 통해 수로측량 프로파일로부터 침·퇴적 패턴과 체적변화에 대한 연구를 수행하여 과거 기 촬영된 영상자료와 지형도를 이용하여 장기변화분석이 효율적이라는 것을 입증하였다. 또한 미국 오하이오 주

립대의 Ron(2003)등은 최근 해상도와 정확도가 높은 IKONOS 팬크로매틱 스테레오 영상을 이용하여 3차원 해안선을 추출하여 실제 해안선과 비교 · 분석한 바 있다.

본 연구는 지난 60여 년간의 항공사진을 이용하여 해안선을 추출하고 해빈면적을 산출함으로써 장기간 해안지형변화에 대한 자료를 구축하는데 목적이 있다. 또한, 토지피복도를 생성하고 토양유실량을 산출함으로써 인근의 토지이용 변화에 대해 알아보고, 해안지형변화와 토지이용변화간의 상관관계를 분석하고자 한다.

해안지형 변화 분석

1. 해안선 추출

부산광역시청 지적과 항측계로부터 사진을 협조 받아 항공사진 자료를 수집한 후, 스캐너를 이용하여 영상을 입력하였다. 본 연구에서 사용한 영상은 표 1과 같다. Arcview 3.3과 ArcInfo 8.0.1을 이용하여 연구지역의 최근 1:1000 수치지도로부터 수치표고모델(DEM)과 커버리지를 생성한 후, 영상처리 프로그램인 ERDAS 8.6을 통해 내부표정 및 외부표정을 설정하고 정사보정을 수행하였다. 정사보정된 영상을 이용하여 Image Analyst에서 디지타이징을 통해 해안선을 추출하였다. 그림 1-13은 해안선 추출 결과를 나타낸다.

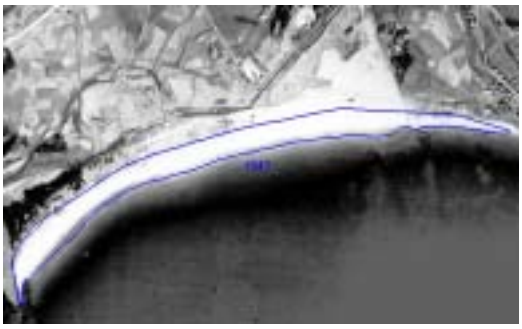

FIGURE 1. Extracted coastline in 1947

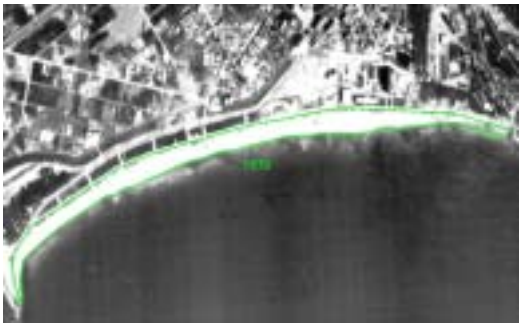

FIGURE 2. Extracted coastline in 1970

TABLE 1. The index of photos used in this study

촬영년월일	촬영시간	축척	매수	카메라종류	초점거리
1947.10.25			1		
1970.07.25	10:00		1		151.246
1975.05.25	11:22	1:6000	4	Wild UAG	152.00
1979.07.14	10:19	1:6000	4	Wild UAG	152.00
1982.03.02	11:08	1:6000	4	Wild UAG	152.00
1985.05.02	9:56	1:6000	4	Wild	152.36
1988.05.05	13:27	1:6000	3	Wild 15/4 UAG	153.35
1992.01.24	11:55	1:6000	3	Wild 15/4 UAG	153.40
1995.05.24	10:34	1:6000	3	Zeiss	153.10
1997.05.25	11:51	1:6000	4	Wild 15/4 UAGA-F	153.59
2000.04.13	9:00	1:6000	3	Wild 15/4 UAG-S	153.71
2002.05.26	10:11	1:6000	7	Zeiss	152.54
2005.05.14	13:55	1:6000	3	Wild 15/4 UAG-S	152.84

FIGURE 3. Extracted coastline in 1975

FIGURE 4. Extracted coastline in 1979

FIGURE 5. Extracted coastline in 1982

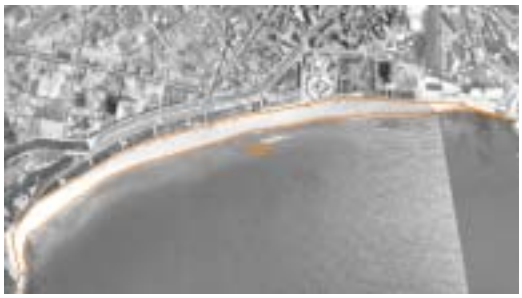

FIGURE 6. Extracted coastline in 1985

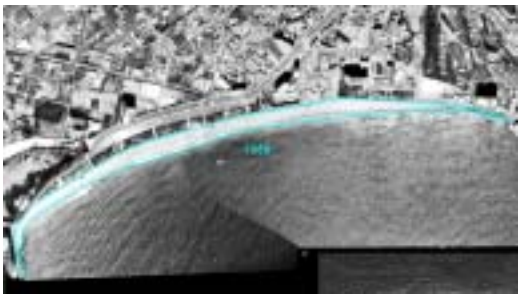

FIGURE 7. Extracted coastline of 1988

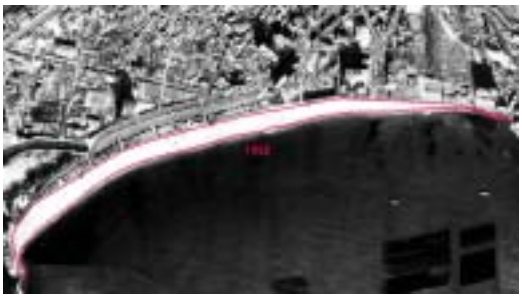

FIGURE 8. Extracted coastline of 1992

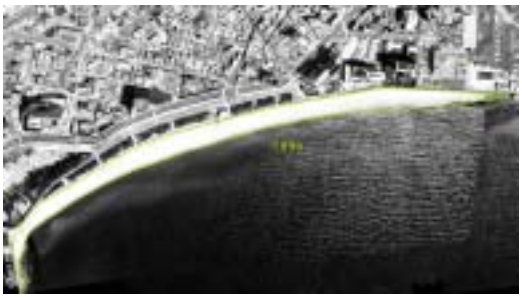

FIGURE 9. Extracted coastline of 1995

FIGURE 10. Extracted coastline of 1997

FIGURE 11. Extracted coastline of 2000

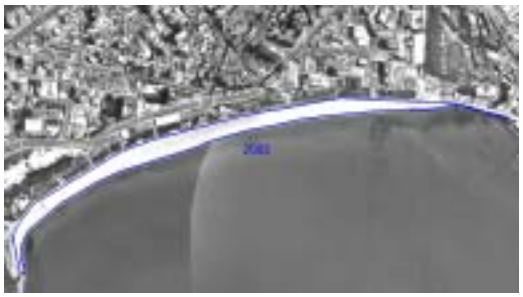

FIGURE 12. Extracted coastline of 2002

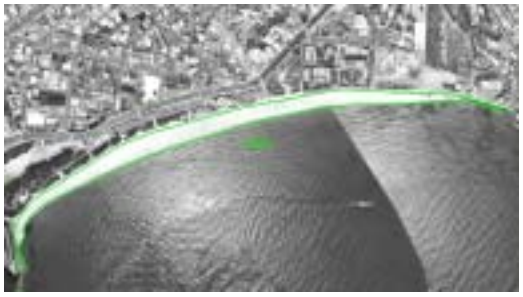

FIGURE 13. Extracted coastline of 2005

2. 조위보정

정사투영된 영상들의 촬영시점에 따른 조위차가 각각 다르므로 그림 14와 같이 조위 분석을 통한 해안선의 수정작업이 필요하다. 항공사진 촬영시점에서의 조위 높이를 MSL 기준으로 맞춰주기 위해 보정거리를 구하여 해안선을 이동시켜 준다. 수심측량 자료를 이용하여 조위와 MSL에 해당하는 높이 등고선을 추출해내어 보정거리를 계산하였다. 이 때 경사면은 완만하다고 가정하고, 1982, 1985, 1988년은 1980년도 수심측량 자료를, 1992, 1995, 1997년은 1994년도 수심측량 자료를 이용하여 계산하였으며, 2000, 2002, 2005년은 2004년 수심측량 자료와 2005년 해빈 GPS 측량자료를 이용하여 계산하였다. 1947, 1970, 1975, 1979년은 측량자료가 없으므로 제외하였다. 해안수심측량자료는 국립해양조사원 남해해양조사사무소의 자료를 이용하였으며 그림 15와 같다. 그림에서 각각의 점들은 그 지점의 위치 및 수심정보를 가지고 있는 측량자료이며, (a), (b), (c)는 음향측심기를 설치한 선박을 이용하여 측량한 수심측량자료, (d)는 백사장의 등간격 왕복 측량을 통한 해빈측량자료를 나타낸다. 그림 16은 측량자료를 이용하여 조위~MSL에 해당하는 등고선을 추출하는 과정을 나타낸다.

항공사진으로부터 추출한 해안선을 조위보정한 후, 각 연도별 해안선 변화를 비교 분석하였다.

자료수집	· 연도별 항공사진 촬영시점에 해당하는 조위 조사 · 연구지역의 평균해수면(MSL) 조사 · 측량데이터 수집
조위보정	· 측량데이터로부터 조위~MSL에 해당하는 등고선 추출 · 10개 구간으로 나누어 보정거리 및 면적 계산 · 해만선 수정

FIGURE 14. Summary of tide level correction

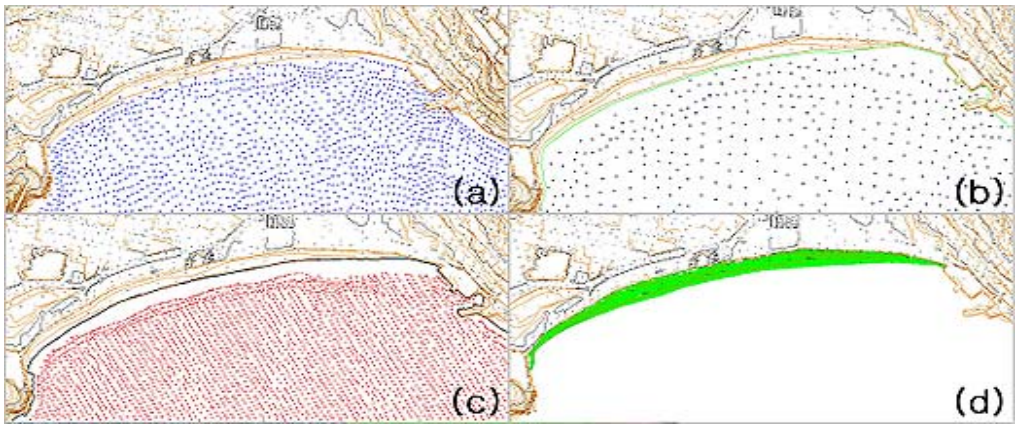

FIGURE 15. (a) Sounding survey data in 1980 (b) Sounding survey data in 1994
(c) Sounding survey data in 2004 (d) GPS survey data in 2005

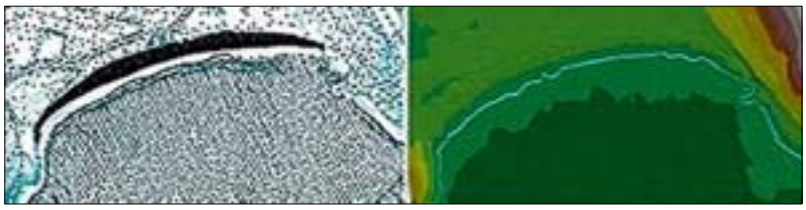

FIGURE 16. Extracted contour using sounding and GPS survey data

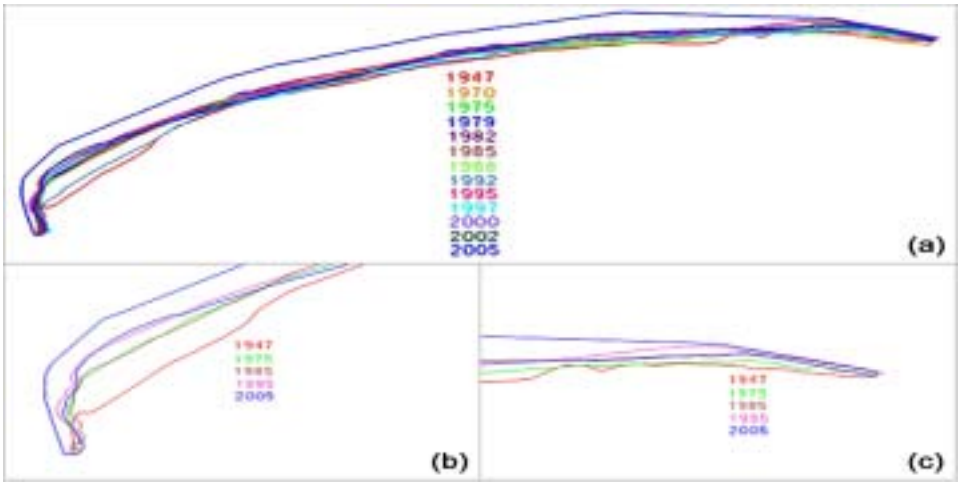

FIGURE 17. (a) Result of coastline correction (b) Changes of west coastline
(c) Changes of east coastline

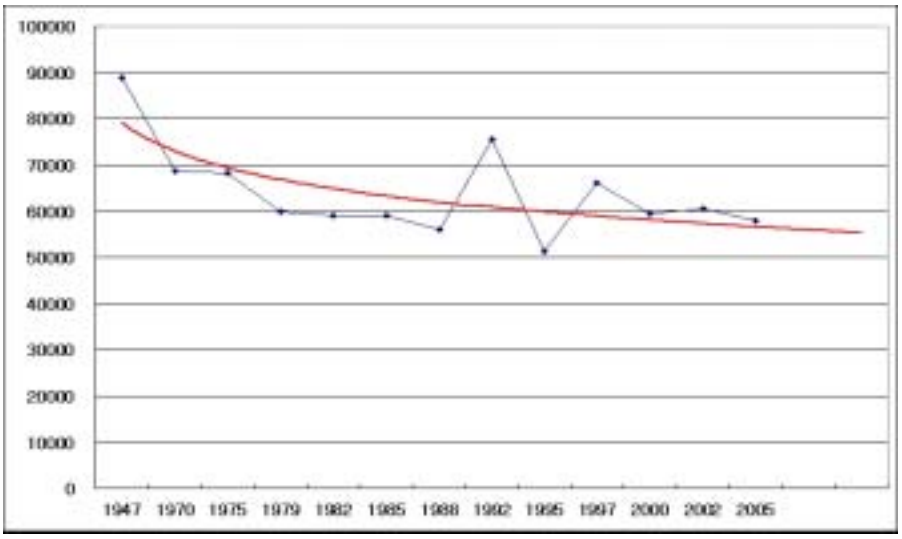

FIGURE 18. Change of the beach area of each year

그림 17은 조위보정 한 연도별 해안선과 해수욕장의 동측 및 서측의 해안선 변화를 나타낸다. 전체적으로 해안선이 육지 쪽에 가까워지고 있으며 해빈 폭이 줄어드는 경향이 나타났다. 특히 중앙보다 양안의 변화가 크며, 조선비치호텔 앞 해빈은 1947년에 비해 해빈 폭이 급격히 줄어들었다.

TABLE 2. The beach area of each year

연도	항공사진 추출 면적	조위보정 면적	전체면적
1947	88658.5	-	88658.5
1970	68751.3	-	68751.3
1975	68334.6	-	68334.6
1979	59854.1	-	59854.1
1982	56847.9	2081.1	58929.0
1985	64967.6	6123.6	58844.0
1988	55775.9	142.9	55918.8
1992	61400.9	14118.5	75519.3
1995	59963.7	8767.4	51196.3
1997	56958.6	9316.4	66275.0
2000	61734.7	2453.5	59281.2
2002	55295.8	5102.9	60398.7
2005	56687.5	1206.1	57893.6

3. 해빈면적 산출

후방 측은 1975년의 호안을 기준으로, 전방 측은 해안선을 기준으로 분석한 결과, 과거 60년 동안 해운대 해수욕장의 해안면적은 대체적으로 1947년 이후 계속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 표 2는 조위보정 후 총면적을 나타낸다. 2005년 현재 전체 해빈면적은 1947년에 비해 약 35% 감소되었다.

그림 18은 연도별 해수욕장 면적 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 1970년대부터 해수욕장 면적이 급속히 감소하였으며 2005년 현재까지 감소하고 있는 것으로 나타났다. 분석한 면적 데이터를 바탕으로 추세선을 그려본 결과, 이러한 경향은 앞으로도 계속될 것으로 사료된다. 1992년의 해빈면적이 급격한 증가를 보이는데 이러한 현상이 나타나는 원인은 본 연구의 데이터만으로는 정확히 판단하기 어려우나, 1992년은 촬영시기가 다른 연도와는 달리 겨울(1월)이므로 계절적 영향에 의한 것으로 추정된다.

토지피복 변화 분석

1. 토지피복도 생성

해운대 해수욕장의 지난 60여 년간의 토지이용변화를 알아보기 위해 토지피복도를 생성하였다. 각 연도별 토지피복 변화를 비교·분석하기 위해서는 동일한 연구지역 범위를 선정해야 하는데, 이를 위해 각 연도별 항공사진을 정사보정 한 후, 모자이크 처리 하여 일정한 경계(boundary)선에 따라 똑같은 범위의 연구지역을 추출해 내었다. 연구지역은 면적이 총 2,713,260.5438㎡에 이르는 해운대 해수욕장 인근 지역이다. 본 연구에 사용된 항공사진은 약 0.8m의 고해상도를 가지므로(1947년, 1970년은 제외) 육안판독 방법을 이용하여 토지피복도를 생성하기로 하였다.

FIGURE 19. Land-cover map in 1947

FIGURE 20. Land-cover map in 2005

판독은 환경부 토지피복 세분류를 기준으로 하였으며, 1947~2005년에 이르는 총 13개년도의 상세 토지피복도를 생성하였다. 그림 19와 20은 각각 1947년과 2005년의 토지피복도를 나타낸다.

2. 토지피복 면적 변화

토지피복도로부터 각각의 속성 면적을 산출하여 연도별로 정리한 후 속성별 변화 경향을 분석하였다. 주요 속성의 연도별 토지피복 면적 변화(㎡)는 그림 21-26과 같다.

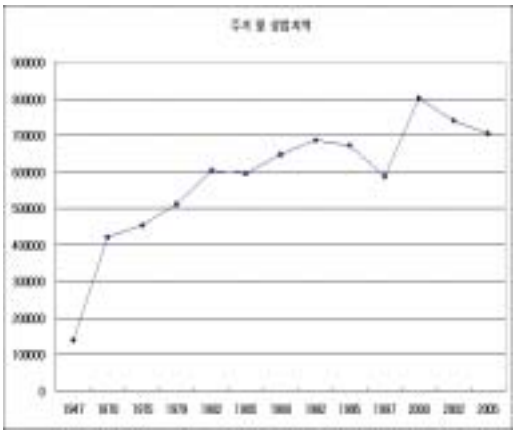

FIGURE 21. The change of urban area

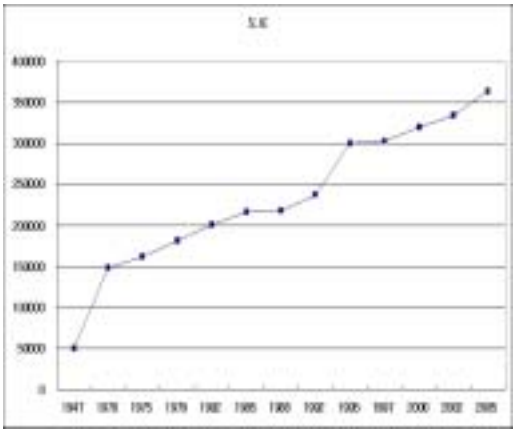

FIGURE 22. The change of road area

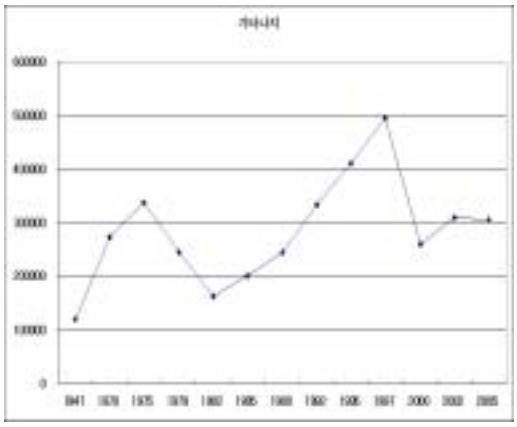

FIGURE 23. The change of barren area

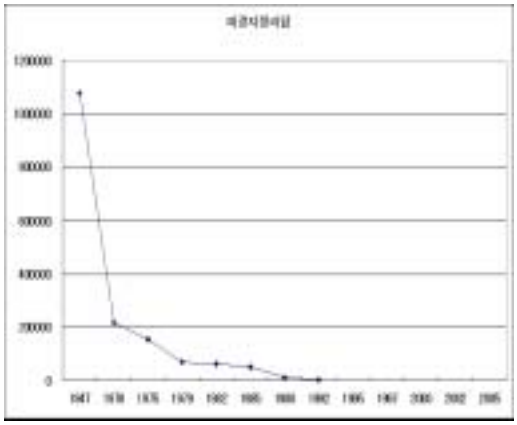

FIGURE 24. The change of paddy area

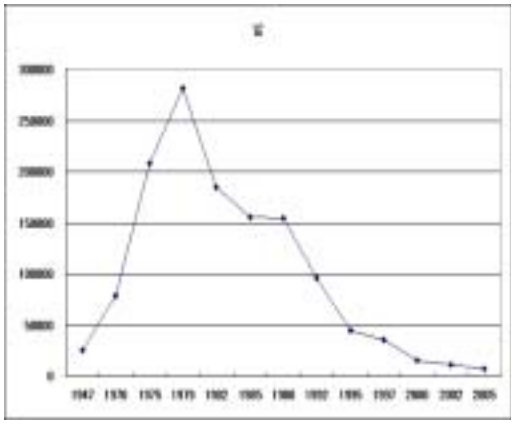

FIGURE 25. The change of field area

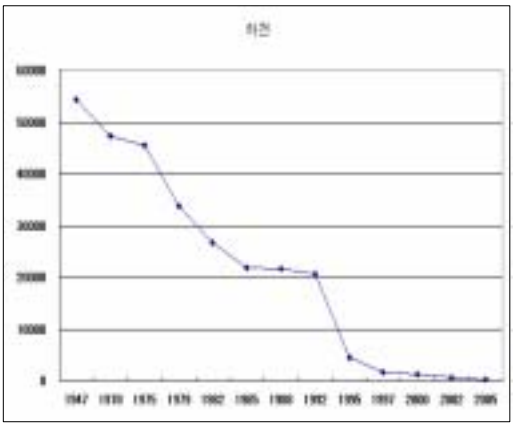

FIGURE 26. The change of river area

1947년부터 2005년까지의 속성별 면적 변화를 살펴보면, 주거지와 상업지가 함께 존재하는 혼합지역은 가장 크게 증가하였으며, 춘천천 복개와 개발에 따른 도시화로 인해 도로는 1947년부터 2005년 현재에 이르기까지 꾸준히 증가하였다. 기타나지는 증감이 반복되는 경향을 보였으며, 특히 1975년과 1997년에 급격히 증가하였는데, 이는 이 시기에 개발이 활발히 진행되었음을 의미한다. 이와는 반대로 미경지 정리답은 70년 이후 급속히 감소하였으며, 밭은 1979년까지 증가하다 이후 감소하는 경향을 보였다. 하천은 지속적인 감소를 보이다 05년에는 거의 존재하지 않았다.

3. 3차원 가시분석

토지피복 변화를 보다 시각적으로 나타내기 위해 3차원 가시분석을 수행하였다. 각 연도별 항공사진을 이용하여 디지타이징을 통해 건물 레이어를 추출한 후, ESRI ArcScene 8.3을 이용하여 추출한 건물 레이어와 항공사진을 중첩시켜 그림 27-32와 같이 3차원 공간상에 나타내었다. 이 때 건물의 높이는 수치지도를 기준으로 설정하였으며, 수치지도에 존재하지 않거나 변경된 건물의 높이는 육안판독을 통해 임의의 높이 값을 입력하였다.

1947년에는 대부분 농경지로 소수의 주거지역만 존재하였다. 1970년대 이후 개발이 시작되면서 많은 건물들이 증축되었고, 지속적인 개발로 인해 1990년대 이후에는 고층아파트, 복합 상가, 숙박시설 등이 들어서면서 현재의 해양관광도시 형태를 갖추게 되었다.

FIGURE 27. 3D buildings in 1945

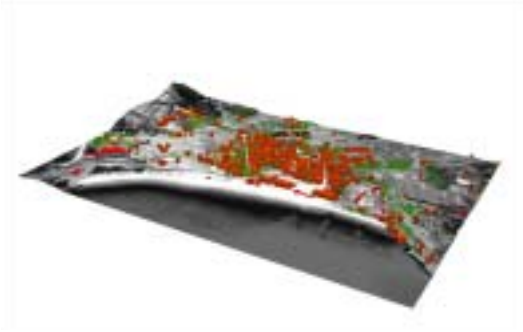

FIGURE 28. 3D buildings in 1970

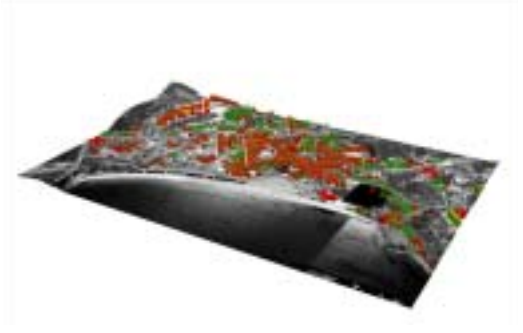

FIGURE 29. 3D buildings in 1975

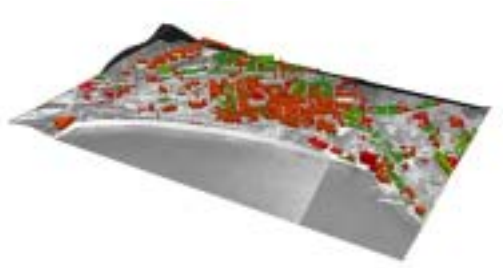

FIGURE 30. 3D buildings in 1985

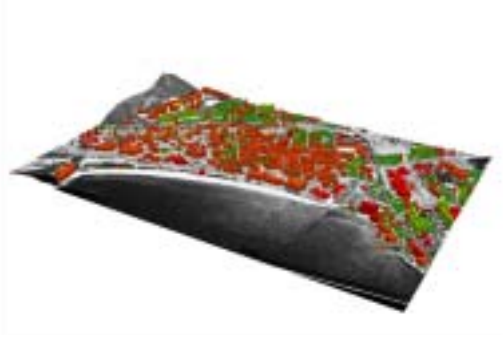

FIGURE 31. 3D buildings in 1995

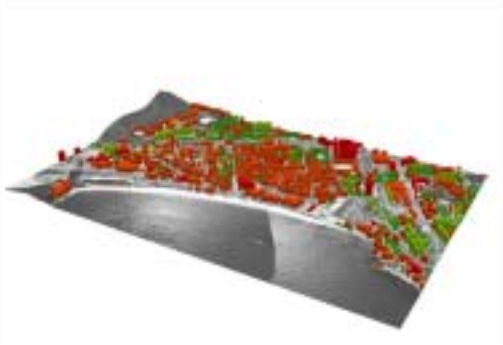

FIGURE 32. 3D buildings in 2005

4. 토지피복 변화에 따른 토양유실량 산정

토지피복 변화에 따른 토사의 유출이 해빈면적에 미치는 영향을 알아보기 위해, Renard(1996) 등이 기존의 범용토양유실방정식(USLE)에 지표, 토양 수분 상태 등과 관련된 일부 인자를 보완한 개정범용토양유실방정

식(RUSLE)과 GIS를 접목하여 토양유실량을 산정하였다. 각각의 RUSLE 인자에 대한 주제도를 동일한 해상도(5m×5m resolution)의 래스터 자료로 구축하였으며, 주제도 생성 및 토양유실량 산정은 ArcView 3.3 프로그램의 Spatial Analysis와 3D Analysis를 이용하였다. RUSLE 모형의 토양유실량(ton/ha/yr) 산출공식은 아래와 같다.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

A: 단위면적당 평균토양손실량
R: 강우침식인자 K: 토양침식인자
LS: 지형인자 C: 식생피복인자
P: 침식조절인자

강우침식인자(R)는 박정환(2000) 등이 1973~1996년까지 24년간 전국 53개 기상청 관측소의 강우자료를 이용하여 추정한 값(부산-608)을 이용하였으며, 토양침식인자(K)는 한국수자원학회(1998)에서 발표한 토양 통별 K값을 적용하였다. 침식사면의 길이인자(L)와 경사인자(S)가 토양유실에 미치는 영향을 설명하는 인자인 지형인자(LS)는 Moore와 Burch(1986)가 제안한 다음의 지형인자(LS)공식을 사용하였다.

$$LS = (\text{Flow Accumulation} * \text{Cell Size}/22.13)^{0.4} * (\sin \text{slope}/0.0896)^{1.3}$$

식생피복인자(C)는 본 연구에서 생성한 상세토지피복도 속성에 오정학(2005) 등이 활용한 표 3의 토지피복별 C값을 이용하였다. 경사별 농경지 경작형태에 따른 토양침식의 영향을 나타내는 침식조절인자(P)는 표 4에 나타낸 것과 같이 국립방재연구소(1998)에서 제시한 경사도별 P값을 활용하였다. 각각의 RUSLE 인자에 대한 주제도는 그림 33과 같으며, 이러한 주제도를 이용하여 산출한 토양유실량 결과는 그림 34, 표 5와 같다.

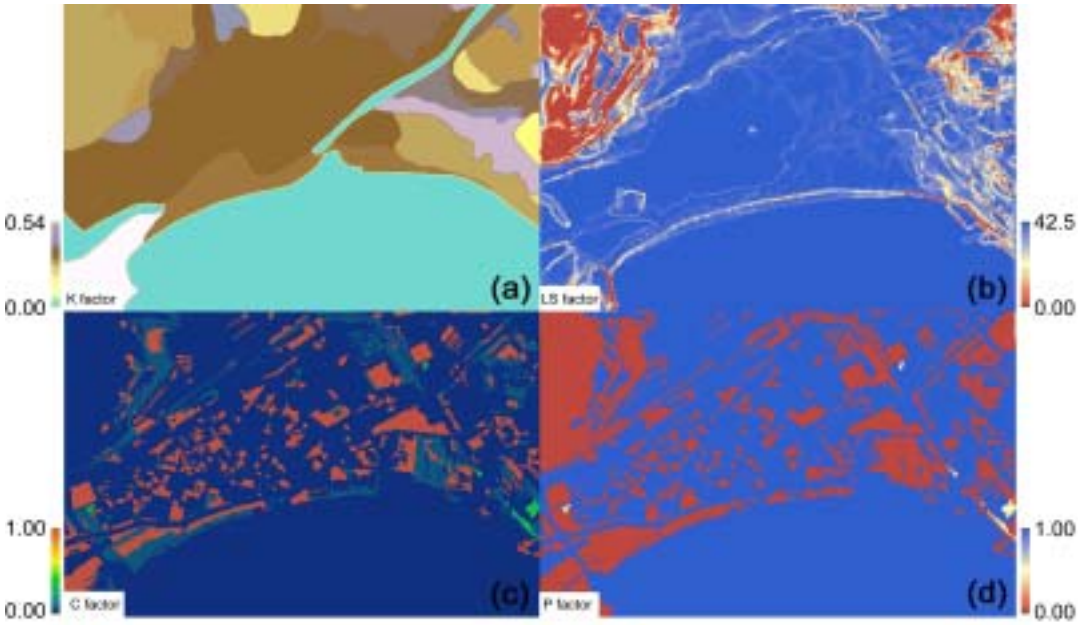

FIGURE 33. (a) Thematic map of K factor (b) Thematic map of LS factor
(c) Thematic map of C factor (d) Thematic map of P factor

TABLE 3. C-factor values according to land use types

Land-cover type		C-Value
Level I	Level II	
Forest	Broad-leaved forest	0.009
	Coniferous forest	0.004
	Mixed forest	0.007
Agriculture	Field	0.240
	Paddy	0.300
	Orchard	0.200
	House, others	0.000
Grass	Natural grass, golf course, others	0.050
Urban	Residential area	0.002
	Commercial area	0.001
	Industrial area	0.000
	Traffic area	0.000
Barren	Mining area, others	1.000
Water	Wetland	0.000
	Water	0.000

TABLE 4. P-factor values according to slope and tillage pattern

Slope(%)	Cropland practices	P-value
1 - 3	Terracing	0.12
	Contouring	0.60
3 - 9	Terracing	0.10
	Contouring	0.50
9 - 13	Terracing	0.12
	Contouring	0.60
13 - 17	Terracing	0.14
	Contouring	0.70
17 - 21	Terracing	0.16
	Contouring	0.80
21 <	Terracing	0.18
	Contouring	0.90

전체 토양유실량을 살펴보면 대체로 1ton 이하이다. 이것은 본 연구지역이 연안에 위치한 관광지로서, 경사가 완만하고 산림이 적은 평지가 대부분이기 때문이다. 연도별로 살펴보면, 1947년의 토양유실량이 가장 적은데 이것은 자연 상태에서의 토양유실량이 개발에 따른 토양유실량보다 적음을 의미한다. 즉, 개발에 의해 산림이 줄어들고 나대지가 증가함으로써 인위적으로 유실되는 양이 많아졌다. 개발에 따라 토양유실량이 많아지는 이유는, 개발 중 공사현장으로부터 토사가 많이 유출되기 때문인 것으로 사료된다. 1970년에는 개발이 활발히 진행되기 시작하면서 토양유실량이 1947년의 5배로 급격히 증가하였다. 이후 건물이 들어서고 도시화되면서 토양유실량이 급격히 감소하였으나 1985년부터 1997년까지 다시 증가하였다. 이는 복합상가와 고층아파트, 호텔 등과 같은 대형 건물의 공사와 도로 건설 및 확장 등을 위한 공사가 많았기 때문인 것으로 사료된다. 토양유실량의 전체 변화를 살펴보면, 개발을 위한 공사 등에 의해 부분적으로 증가하긴 하나 대체로 감소하는 경향이 나타나며, 토양유실량은 개발에 의한 인위적 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

TABLE 5. Distribution of the soil loss of each year

	총 토양유실량 (t/yr)	면적 (ha)	단위면적당 토양유실량 (t/ha/yr)
1947	81.1	271.3	0.3
1970	410.3	271.3	1.5
1975	350.3	271.3	1.3
1979	178.2	271.3	0.7
1982	149.9	271.3	0.6
1985	139.3	271.3	0.5
1988	262.5	271.3	1.0
1992	277.6	271.3	1.0
1995	284.3	271.3	1.0
1997	350.3	271.3	1.3
2000	171.6	271.3	0.6
2002	204.4	271.3	0.8
2005	209.3	271.3	0.8

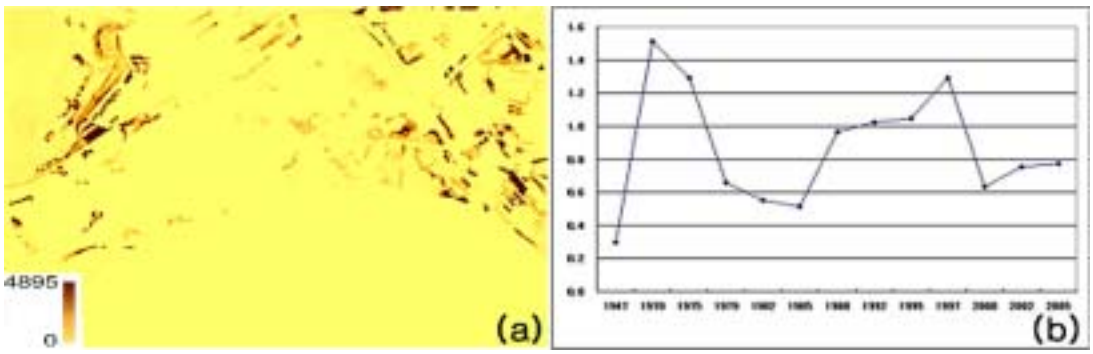

FIGURE 34. (a) Distribution patterns of potential soil loss
(b) The change of soil loss by year(t/yr)

해안지형 및 토지피복 변화 비교 · 분석

지난 60여 년 간의 해안지형 변화와 토지피복 변화 분석 자료를 이용하여 서로 어떠한 상관관계를 가지고 있는지 비교분석해보았다. 이 때, 계절적 영향 및 신시가지 개발 등에 의한 토사유입으로 인해 해빈면적이 다른 연도에 비해 상당히 높게 산출된 것으로 추정되는 1992년 값은 제외시켰다. 이는 본 연구에는 계절적 영향 및 신시가지 지역에 대한 분석이 포함되지 않기 때문이다. 그림 35, 36은 해빈면적과 하천면적 및 토양유실량을 비교분석한 결과를 나타낸다.

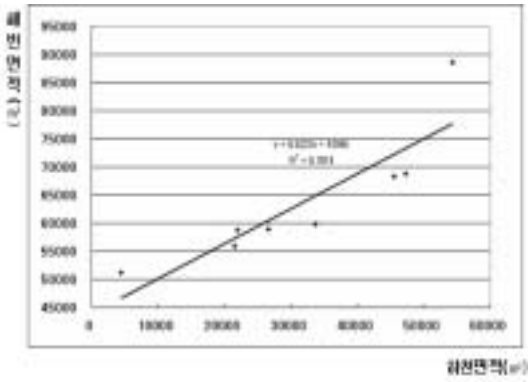

FIGURE 35. Correlation between beach and river area

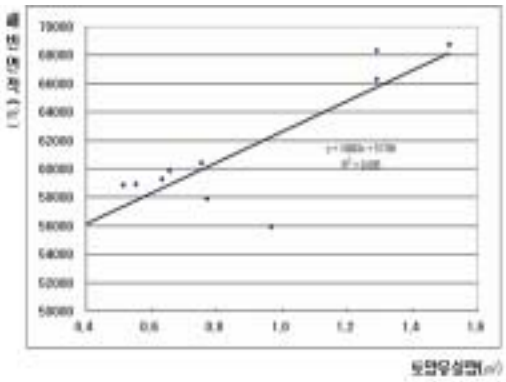

FIGURE 36. Correlation between beach area and soil loss

하천면적이 급속히 감소한 시기인 1947~1995년의 하천 및 해빈면적을 비교분석한 결과, R^2=0.7814로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 따라서 해운대 해수욕장의 주요한 자연 모래공급원이었던 춘천천이 복개되면서 모래 유입경로가 차단되어 해빈면적 감소에 영향을 미친 것으로 사료된다.

또한, 개발이 시작된 1970년부터 2005년 현재까지의 토양유실량과 해빈면적 변화를 비교분석한 결과, R^2=0.695로 토지피복 변화와 해빈면적 변화는 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 해운대 해수욕장 인근지역의 토지피복변화가 해빈면적 변화에 영향을 주는

것으로 사료된다.

결 론

수치항공사진기법을 이용한 해운대 해수욕장의 해안변화 및 토지피복 변화 관한 연구를 통하여 나타난 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지난 60여 년간의 해안선을 평균해수면(MSL)을 기준으로 비교분석한 결과, 해안선이 육지에 가까워지고 있었다. 1947년을 기준으로 2005년 구간별 폭을 살펴보면, 서측 68%, 중앙측 28%, 동측 79% 감소한 것으로 나타났다. 따라서 양안부가 중앙부보다 더 큰 해안선 변화를 보이고 있으며, 양안부의 해빈이 많이 소실된 것으로 판단된다.

둘째, 2005년 현재 해빈면적을 1945년과 비교해 보았을 때, 수치항공사진으로부터 추출한 해안선에 의하면 약 65%만 유지되고 있었다. 따라서 해운대 해수욕장에 상당한 침식이 있었으며, 현재도 침식이 진행되고 있는 것으로 사료된다.

셋째, 토지피복 변화 분석 결과, 1947년을 기준으로 2005년 현재 시가지는 66%, 나대지는 55% 증가한 반면, 산림지역은 50% 감소하였다. 변화가 가장 큰 토지피복 속성은 농경지로 약 99% 감소한 것으로 나타나 현재 연구지역에 거의 존재하지 않았다.

넷째, 연도별 평균 토양유실량은 대체로 1ton 이하로 산정되었는데, 이는 본 연구지역 범위가 완만한 경사에 산림이 적은 평지가 대부분이기 때문이다. 1970년에 개발이 활발히 진행되기 시작하면서 토양유실량이 1947년의 5배로 급격히 증가하였다. 이처럼 토양유실량은 개발에 의한 인위적 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

다섯째, 하천·해빈면적 변화 비교분석(R^2=0.7814)과 토양유실량·해빈면적 변화 비교분석(R^2=0.695) 결과, 토지피복변화와 해안지형변화는 서로 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 GIS 및 RS 기법을 이용하여 해양지형변화 및 토지피복변화를 정량적으로 분석할 수 있었다. 본 연구결과는 해안지역의 장기적인 모니터링에 유용한 자료를 제공할 뿐만 아니라 자료구축방법을 제시함으로써, 향후 해안지리정보시스템에 활용 가능할 것으로 사료된다. 향후, 계절별 영상을 수집하여 해안지형 변화에 계절 변화가 미치는 영향에 대한 분석과, 보다 확장된 지역, 즉 수영강과 신시가지를 모두 포함하는 지역에 대한 연구를 수행하여 본 연구결과를 보완해야 할 것이다.

참고 문헌

국립방재연구소. 1998. 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(I). 161-226.

김성환. 2000. 낙동강 삼각주 말단 주변의 지형변화. 서울대학교 지리학과 석사학위논문.

김호용. 2005. 장기해안지형변화 분석을 위한 모니터링 기법 비교 연구. 부경대학교 대학원 석사학위논문.

박성우, 정종철. 2003. 위성영상을 이용한 강화도 남단갯벌의 DEM 추출. 한국GIS학회지 11(1):13-22.

박정환, 우효섭, 편종근, 김광일. 2000. 토양유실공식의 강우침식도 분포에 관한 연구. 한국수자원학회논문집 33(5):603-610.

오정학, 정성관. 2005. 토지자원관리를 위한 낙동강 유역의 잠재적 토양유실량 산정. 농촌계획 11(2):9-19.

우효섭, 김창완. 1998. 개발사업으로 인한 토양손실량 예측 및 침사지 설계. 한국수자원학회 학술대회지 제6회 수공학워샵 교재 1101-1179.

최철웅, 곽재하, 박상길, 강인준. 1995. 경년변화추출기법을 이용한 해안지형변화 예측. 한국측지학회지 13(2):169-176.

M. El-Raey, S. H. Sharaf El-Din, A. A. Khafagy, A. I Abo Zed. 1999. Remote sensing of beach erosion/accretion patterns along Damietta-Port Said shoreline, Egypt. Int. J. Remote Sensing 20(6):1087-1106.

Moore, I. and G. Burch. 1986. Physical Basis of the length-slope in factor Universal soil loss equation Soil Science Society of America Journal 50:1297-1298

O. E. Frihy, Kh. M. Dewidar, S. M. Nasr, M. M. El Raey. 1998. Change detection of the northeastern Nile Delta of Egypt_shoreline changes, Spit evolution, margin changes of Manzlal lagoon and its islands. Int. J. Remote Sensing 19(10):1901-1912

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., and Yoder, D.C. 1996. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation(RUSLE). USAD Agriculture Handbook Number 703.

Ron LI, Kaichang DI, Ruijin MA. 2003. 3-D Shoreline Extraction from IKONOS Satellite Imagery. Marine Geodesy 26:107-115.

Van Remortel, R., M. Hanmilton, and R. Hickey. 2001. Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data. Cartography 30(1):27-35.