

다시기 Landsat영상을 이용한 유역의 수계 변화 탐지

강준묵¹ · 박준규^{2*} · 엄대용³ · 이용호⁴

Hydrosphere Change Detection of the Basin using Multi-temporal Landsat Satellite Imagery

Joon-Mook KANG¹ · Joon-Kyu PARK^{2*} · Dae-Yong UM³ · Yong-Ho LEE⁴

요 약

본 연구에서는 대청댐 유역의 수계 변화를 GIS 기반에서 정량적·정성적으로 해석하기 위해 다시기의 Landsat 위성영상을 이용하여 대청댐 건설이후부터 근래까지 유역의 수계 변화를 탐지하고자 하였다. 이를 위해 1981년, 1987년, 1993년, 2002년에 해당하는 각각의 Landsat 위성영상에 대하여 수계, 식생, 도로 및 인공지물 등의 클래스를 지정하고 감독분류기법을 적용하여 유역에 대한 변화를 분석하였다. 감독분류의 결과로부터 4개 시기의 위성영상 중 수계만을 추출하여 중첩분석을 수행하였으며, 이를 통해 대청댐 유역의 수계에 대한 시계열적 변화를 효율적으로 파악할 수 있었다.

주요어 : 다시기, Landsat영상, 수계, 변화탐지, 중첩분석

ABSTRACT

In this study, the hydrosphere change of the Daecheong dam basin was detected qualitatively and quantitatively using Landsat satellite images until recentness since the construction of Daecheong dam. The hydrosphere change of the basin was analyzed by applying supervised classification about Landsat satellite images which were classified according to the hydrosphere, vegetation, road and etc. for four distinct years which are 1981, 1987, 1993, and 2002 year. Landsat satellite images of each year were achieved overlay analysis with extracting only the hydrosphere, and though these results, the hydrosphere change of the Daecheong dam basin was monitored efficiently.

KEYWORDS : Multi-temporal, Landsat Image, Hydrosphere, Change Detection, Overlay Analysis.

2007년 6월 29일 접수 Received on July 29, 2007 / 2007년 7월 24일 심사완료 Accepted on July 24, 2007

1 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수 Professor, Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

2 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정 Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

3 충주대학교 공과대학 토목공학과 조교수 Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Chungju National University

4 충남대학교 대학원 토목공학과 석사 Master of engineering, Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

* 연락처 E-mail : surveyp@cnu.ac.kr

서론

원격탐측 위성은 넓은 지역에 대한 수많은 정보를 일시에 수집할 수 있으며 주기적인 데이터 취득으로 지형의 변화 및 시설물의 관리 감독이 가능하다. 또한 위성영상 자료들은 통신망 구축, 도시 계획, 재난 예보, 자원 탐사 및 각종 환경영향평가 등에 필요한 국가의 공간영상정보 인프라 구축에 활용되어 중요 정책 결정의 자료로 널리 사용되고 있다. 특히, 근래 민간용 위성영상의 고해상도화와 초분광 기술의 발전으로 인해 그 응용 분야가 급속도로 확대되고 있는 추세이다. 현재의 위성 시스템은 1972년 최초의 지구관측위성인 Landsat 1호로부터 시작하여 Landsat 7호 및 SPOT, IKONOS, KOMPSAT 등 수많은 위성이 운용되고 있으며, 이들 위성으로부터 공급받은 영상 자료는 지구자원탐사, 환경 및 재난감시, 지도제작 등에 활용되고 있다. 인공위성에서 촬영된 원격 탐측 자료는 광역적이고 주기적이며 획득이 용이하고 수치화된 형태이므로 컴퓨터 및 영상분석 소프트웨어의 급속한 발전에 따라 신속히 분석할 수 있다는 장점으로 변화탐지 분야에 많이 응용되고 있다.

국내의 경우 위성영상을 이용한 변화탐지에 대한 활발한 연구가 행하여졌으며, 러시아의 2m 해상도 DD-5 영상과 IRS-1C, Landsat TM 자료를 이용하여 서울지역의 신도시 건설로 인한 도심지의 팽창과 변화를 분석한 연구 사례가 있다(Park 등, 1998). 1998년 환경부에서 Landsat 영상을 사용하여 남한지역에 대해 대분류 토지피복지도를 구축하여 우리나라 토지상황을 한 눈에 볼 수 있도록 하였으며, 2000년에는 IRS 영상을 사용하여 수도권 지역에 대한 중분류 토지피복지도를 구축하였다. 2002년도에는 비도심지와 도심지역의 사용 영상을 구분하여 도심지역의 경우 건물, 도로 등 도심지의 특성을 반영하여 분류가 이루어질 수 있도록 IKONOS 영상을 사용하였다. 국토연구원에서도 공간정보기반을 확충하기 위해

서 인공위성 영상 자료를 활용한 방안에 대해 연구하여 위성영상 자료의 유용성과 활용가능성 등을 제시하였다(국토연구원, 2002). 또한 항공비디오와 Landsat TM 자료를 이용하여 태안해안국립공원을 중심으로 지표의 분류와 평가를 수행하였으며(서동조 등, 1999), 원격탐측과 지형공간정보체계를 이용하여, 1989년부터 1998년 동안, 대전광역시의 토지 이용 변화를 파악하고 그 원인을 살펴보는 연구도 진행되었다(안승만 등, 2002).

국외의 경우 토지피복 분석에 관한 연구로는 토지이용, 지형분석 또는 토지피복의 경년 변화 분석(Pain, 1985; Stringer 등, 1988; Jo, 1995) 등이 있으며, 토지 피복 분류 정확도 향상에 관한 연구도 수행되었다(Gong과 Howarth, 1990). 또한, GIS기반에서 위성영상을 활용하여 도시성장을 분석하고 도시성장이 온도변화에 미치는 영향을 중국 남부지방에 대해 적용한 사례도 있다(Weng, 2001).

본 연구에서는 광범위한 지역의 과거에서 현재에 이르는 변화를 모니터링하기 위한 방법으로 1981년부터 2002년까지 다시기의 Landsat 위성영상 자료를 이용하여 충청북도 청원군에 위치하고 있는 대청댐 유역에 대한 수계를 추출하고 이를 바탕으로 수계의 시계열적 변화를 탐지하였다. 또한 이들 결과를 이용하여 유역의 수계 변화량을 분석하고자 하였으며 이를 기반으로 유역 관리 분야에 위성영상의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

영상자료 구축 및 기하보정

1. 연구대상지 선정

본 연구에서는 Landsat 위성영상을 이용한 유역의 수계 변화를 모니터링하기 위해 충청북도 청원군 대청댐 일대를 연구대상지로 선정하고 1981년 대청댐 건설 이후 최근까지의 수계 변화량을 분석하였다. 본 연구대상지는 1981년 대청댐의 건설로 인해 확장된 수계로

인공위성 영상을 이용한 댐 건설 전·후의 수계 변화에 대한 시계열적 분석을 위한 적지로 판단된다. 또한 국가 중요 댐 및 하천을 포함하고 있는 지역으로 국가의 하천 관리 및 수계에 대한 모니터링이 요구되는 적정한 지역으로 판단되어 선정하였다. 그림 1은 연구대상 지역을 표시한 것으로 품곡천, 주원천, 소옥천 등의 국가 하천을 포함하는 수계이다.



FIGURE 1. 연구대상지

2. 영상자료의 구축

1970년대부터 저장 및 보관되어 있는 인공 위성 영상자료는 광범위한 지역에 대하여 과거에서 현재에 이르는 변화를 모니터링하기 위한 방법으로 환경, 지질, 재해 등 다양한 분야에서 활발하게 이용되고 있다. 본 연구에서는 연구대상지 유역에 대한 정밀한 자료를 획득함과 동시에 1980년 초부터의 Landsat 영상을 활용하여 수계의 변화를 모니터링하고자 하였다. 특히 1981년에 획득된 Landsat MSS 영상은 댐 건설 직후의 영상이므로 대상지역에 발생한 큰 변화의 특징을 가장 잘 반영한 영상이다. 또한 1987년부터 2002년까지의 영상은 과거로부터 현재까지의 20여년 간에 대한 댐 저수지 유역의 수계 변화 모니터링을 가능하게 한다. 그러므로, 본 연구에서는 1981년부터 2002년까지의 Landsat 영상 자료를 이용하여 유역에 대한 수계 변화량을 파악하고자 4

시기의 영상자료를 구축하였다. 표 1은 본 연구에서 사용한 영상자료의 개요를 정리한 것이다.

TABLE 1. Landsat 영상자료의 개요

실험 위성영상 자료				
위성 센서	Landsat MSS	Landsat TM	Landsat TM	Landsat ETM+
관측일	1981 04.13	1987 11.05	1993 10.20	2002 11.22
	80m	30m	30m	30m
Spec.	Multi Spectral	Multi Spectral	Multi Spectral	Multi Spectral

3. 영상의 기하보정

일반적으로 변화 탐지의 연구를 위해서는 분석하고자 하는 영상자료의 좌표계의 동기화를 위한 영상기하보정(geometric correction)이 반드시 수반되며, 중·저 해상도의 영상에서 가장 많이 이용되는 좌표변환 방법은 1차 다항식방법(Affine method)과 고차 다항식방법(Polynomial method)이다. 좌표변환 식으로 이용되는 다항식은 지도와 영상에서 선정된 지상기준점으로부터 유도되므로 기하학적 보정의 정확도는 지상기준점 선정의 적절함과 지상기준점 좌표 측정의 정확도에 의해 좌우된다. 지상기준점은 영상좌표와 지도좌표 사이의 변환에 있어서 기준이 되는 점이므로 그 위치가 시간에 따라 변함이 없어야 한다. 본 연구의 지상기준점 대상물로는 도로교차점, 교량, 대청댐 주변의 공원 등을 이용하였다. 영상에서 지상기준점의 위치를 정확히 확인하기 위하여 3개 밴드 조합에 의해 작성되는 위색 합성 영상에서 지상기준점의 위치를 확인하였다. 연구대상지역의 특성상 영상의 일부 수계에서는 지상기준점을 선정하지는 못하였으나 영상 전체에 분포되도록 계획하였다. 본 연구에서는 고차 다항식 방법을 사용하여 기하보정을 실

시하였으며, 그림 2와 같은 과정에 따라 각 영상에 대한 기하보정을 수행하였다.

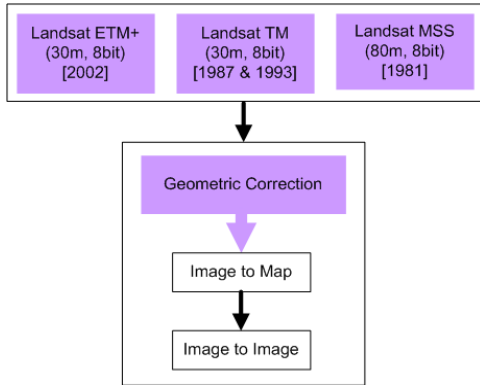


FIGURE 2. 기하보정 흐름도

수계 변화에 대한 모니터링을 위해 구축한 자료 중 가장 최근의 영상인 Landsat ETM+ 영상을 기준 영상으로 사용하였고 대상 지역에 대한 축척 1:25,000의 수치지형도를 적용하여 좌표변환을 수행하였으며, Bi-linear 방법에 의해 영상 재배열함으로써 수계의 변화 분석을 위한 기본 자료를 구축하였다. 기하보정을 마친 2002년 Landsat ETM+ 영상을 기준으로 1993년, 1987년 Landsat TM 영상과 1981년 Landsat MSS 영상을 영상 대 영상(image to image) 기하보정을 실시하였다.

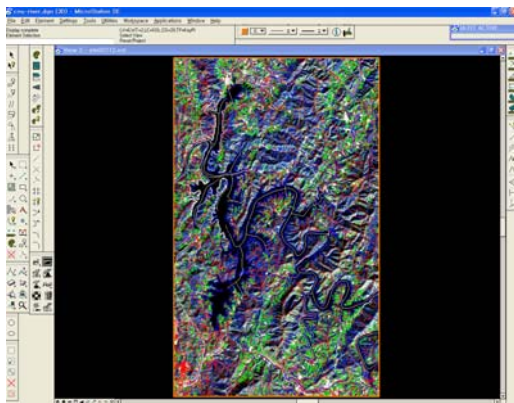


FIGURE 3. 연구대상지 기준 영상

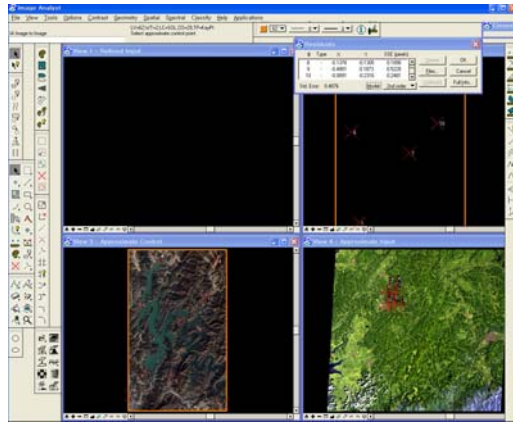


FIGURE 4. 기하보정 과정

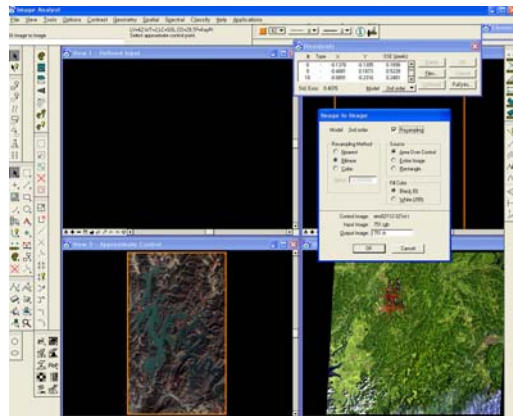


FIGURE 5. 재배열 과정

그림 3, 4, 5는 IA(Image Analyst) 프로그램을 사용하여 다시기 위성영상 중 기준 영상 및 비교 영상에 대한 기하보정을 수행하는 과정을 나타낸 것이다.

보정된 4시기의 영상을 이용하여 수계의 변화 탐지를 수행하기 위해서는 기하보정의 정확도 확보가 가장 중요하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 고차 다항식에 의한 방법으로 기하보정을 수행하였으며, 그 결과 1화소(pixel) 이하의 보정 정확도로 만족하는 결과를 도출할 수 있었다. 표 2는 연구에 사용된 각 위성영상에 대한 기하보정 결과를 보여주고 있다.

TABLE 2. 영상자료의 기하보정 결과

	2002	1993	1987	1981
센서	ETM+	TM	TM	MSS
최대오차(m)	3.6	0.5	1.0	2.5
최소오차(m)	0.2	0.1	0.03	0.7
RMSE(m)	3.1	0.4	0.8	2.3

수계의 변화 탐지 및 분석

1. 영상자료의 구성

본 연구에서는 기하보정이 완료된 각 시기의 영상을 밴드별 조합을 통해 수계의 추출 및 변화탐지 분석에 활용하고자 하였다. 그림 6~그림 9는 고차 다항식방법에 의해 보정이 완

료된 4시기의 Landsat 위성영상을 나타낸 것이다. 이때 각 영상들은 유역의 수계가 명확히 구별되게 하기 위하여 근적외선 밴드가 포함된 칼라 조합으로 구성하였다. 특히 TM 및 ETM+ 센서에 비해 분광해상력이 떨어지는 MSS 센서는 1번 밴드가 다른 센서의 2번 밴드와 대응하므로 3, 2, 1 밴드 조합으로 구성하였다.

TABLE 3. Landsat 영상의 밴드 조합

취득시기	센서	밴드 조합
1981. 04. 13	MSS	3 / 2 / 1
1987. 11. 05	TM	4 / 3 / 2
1993. 10. 20	TM	4 / 3 / 2
2002. 11. 22	ETM+	4 / 3 / 2



FIGURE 6. 1981. 04. 13 MSS(3/2/1)

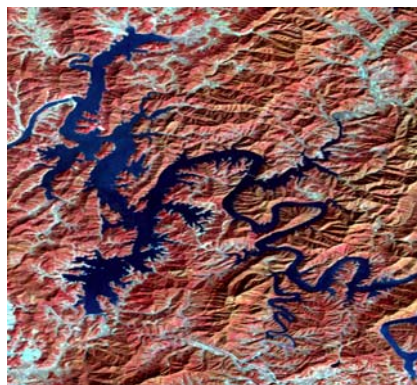


FIGURE 7. 1987. 11. 05 TM(4/3/2)

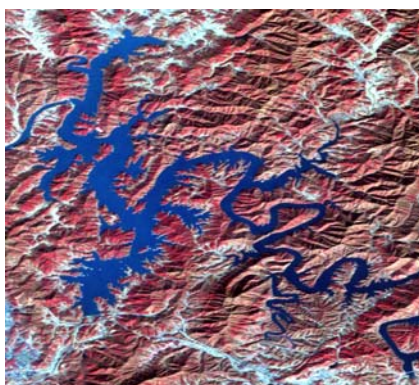


FIGURE 8. 1993. 10. 20 TM(4/3/2)

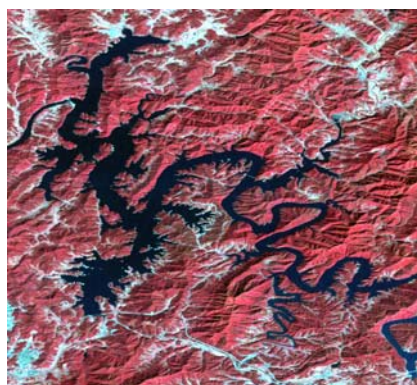


FIGURE 9. 2002. 11. 02 ETM+(4/3/2)

2. 영상 분류 및 수계 추출

영상 분류의 주요한 과정 중의 하나는 형상 공간(feature space)의 분할(partitioning)이다. 이는 감독분류에서 샘플링 영역을 확인함으로써 클래스들의 분광 특성을 규정하는 수행자에 의해 인지되어진다. 감독분류는 수행자가 대상 지역의 특성을 잘 알고 있어야 한다는 것을 조건으로 하며 수행자는 영상 내 포함되어 있는 지역의 클래스를 어디에서 찾아야 하는지를 결정해야 한다. 그림 10은 수계 추출을 위한 처리과정을 나타낸 것이다.

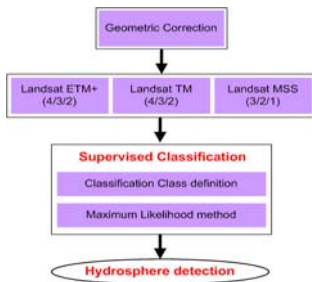


FIGURE 10. 수계 추출 흐름도

본 연구에서는 감독분류 방법을 적용하였으며, 표 4 및 그림 11과 같이 대상지의 지역 특성을 고려한 3개의 클래스(Class)를 지정하여 분석하였다.

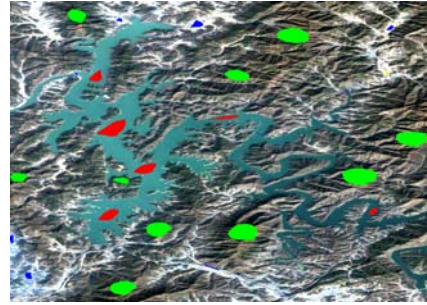


FIGURE 11. 수계 추출을 위한 클래스 선택

TABLE 4. 클래스 선택

클래스	특징
Red	수계(하천)
Green	식생
Blue	기타(도로 및 인공구조물 등)

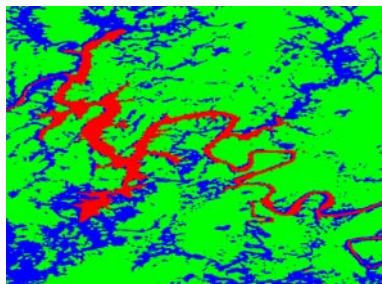


FIGURE 12. 1981년 MSS 분류 결과

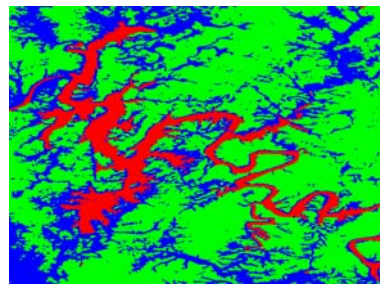


FIGURE 13. 1987년 TM 분류 결과

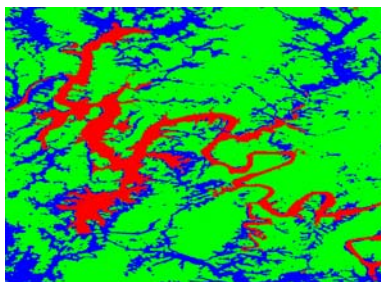


FIGURE 14. 1993년 TM 분류 결과

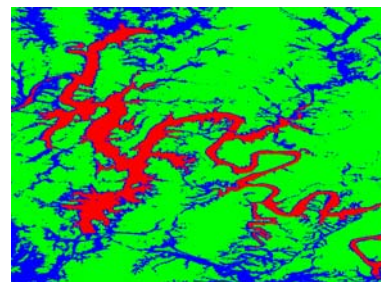


FIGURE 15. 2002년 ETM+ 분류 결과

감독분류 방법의 적용 시, 각 대상지역의 클래스가 정규분포를 이루고 있다고 가정하고, 분류하고자 하는 화소의 각 대상지역 클래스에 대한 가능성을 계산한 후 최대의 가능성을 갖는 클래스로 분류하는 최대우도법(Maximum likelihood) 알고리즘에 의하여 분류하였다.

또한 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 중앙값 필터(median Filter) 3×3을 이용하여 그림 12~그림 15와 같은 결과를 도출할 수 있었다.

지정된 클래스에 대한 분류 결과가 전반적으로 양호하였고 특히 기타로 분류된 지역은 인공구조물로 이루어진 도심지 및 도로, 나대지 및 구름의 특성을 포함하고 있으며 연구대상지 내에 존재하는 인공구조물인 대청댐 및 교량 등이 잘 분류되었음을 파악할 수 있었다.

3. 변화 탐지 및 분석

본 연구에서는 감독분류된 결과로부터 각 시기의 수계만을 추출하여 중첩분석을 수행하였다. 2002년 영상을 기준으로 각 시기별 연구대상지의 수계 변화 탐지 결과에서 검정부분은 연도별 변화가 거의 없는 지형이고 하늘색 부분은 2002년도의 수계가 이전 시기의 수계 부분보다 확대되어 나타나고 있음을 보여주고 있다. 그림 16~그림 18은 2002년 영상을 기준으

로 분석된 연도별 수계의 변화를 제시하고 있다. 위 결과, 1993년과 1987년의 수계는 기준 수계와 거의 일치하고 있음을 확인하였으나 1981년의 수계는 기준 수계와 많은 차이가 있음을 알 수 있었다.

그림 19는 비교 연도별 변화 탐지 결과의 중첩을 수행한 것으로 빨강색으로 표현되는 부분은 1987년과 1981년 영상의 수계 차이를 표현 것으로써, 1993년과 1987년의 차이를 나타낸 녹색이나 2002년과 1993년의 차이를 나타낸 파랑색에 비하여 댐 유역의 수계 범위가 크게 확장되었음을 확인하였다. 또한 대청댐에서 가까운 지역의 수계 확장이 상대적으로 더 크게 일어났음을 알 수 있었다.

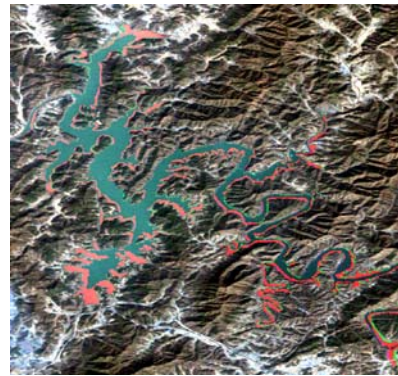


FIGURE 19. 비교연도별 변화 결과의 중첩



FIGURE 16. 2002~1993의 수계 변화



FIGURE 17. 2002~1987의 수계 변화



FIGURE 18. 2002~1981의 수계 변화

이 결과로부터 연구대상지의 수계가 댐 건설 직후에 가장 큰 변화를 보였음을 간접적으로 파악할 수 있었다. 그리고 1987년과의 중첩 분석에서는 댐 건설 후 약 5~6년이 지나면서부터 현재의 수계와 유사한 상태를 형성하였으며, 이 시기 이후 수계의 변화는 상대적으로 매우 작은 것으로 나타났다. 그림 20은 각 비교년도별 수계의 변화량을 그래프로 도시한 것이다.

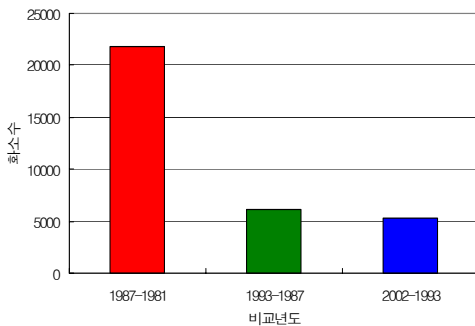


FIGURE 20. 비교년도별 수계의 변화량

대청댐 수계의 변화량을 정량적으로 분석한 결과, 전체 연구대상지에 대해 1981년 댐 건설 후에 1987년까지 약 19,597,500m²의 면적이 대청댐 수계로 확장되었으며, 그 이후 2002년까지의 변화는 미미한 것으로 분석되었다. 대청댐 수계 주변의 지형을 고려하여 변화된 부분을 3차원으로 보기 위하여 분석된 결과를 수치표고모형(DEM)과 조합하여 드레이프(Drape)한 영상은 그림 21과 같다.

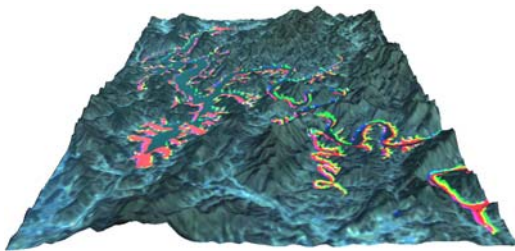


FIGURE 21. 변화탐지 결과의 3차원 도시

결론

본 연구는 1980년 초부터 다시기의 Landsat 위성영상을 이용하여 대청댐 유역에 대한 수계의 변화를 탐지하고 분석한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 대청댐 유역 수계를 포함하는 4 시기의 Landsat 위성영상을 고차 다항식 방법에 의해 기하보정한 결과, 1화소 이내의 보정정확도를 확보하였으며 RMSE 0.4 ~ 3.1m의 만족할 만한 정확도를 얻었다.

둘째, 대청댐 유역의 수계 추출을 위한 감독분류 방법의 적용 시 최대우도법(Maximum likelihood) 알고리즘에 의하여 분류하였으며, 노이즈 제거를 위하여 중앙값 필터(median Filter)를 이용함으로써 지정된 클래스에 대한 효과적인 분류 결과를 얻을 수 있었다.

셋째, 대청댐 유역의 수계 변화 탐지 결과, 1981년 댐 건설 후 1987년까지 19.5km²의 면적이 대청호 수계로 확장되었고 그 이후 2002년까지의 변화는 미미한 것으로 분석되었으며, 이로부터 연구대상지의 수계가 댐 건설 직후에 가장 큰 변화를 보였음을 판단할 수 있었다.

넷째, 향후 보다 광역적이고 세부적인 분류와 분석이 이루어진다면 댐 저수지 유역의 효율적 관리를 위한 충분한 기반자료 제시가 가능할 것으로 판단된다. **KAGIS**

참고 문헌

- 국토연구원. 2002. 인공위성 영상자료를 이용한 국토자원 분석방법에 관한 연구. 1-48쪽.
- 서동조, 박종화, 조용현. 1999. 항공비디오와 Landsat-TM 자료를 이용한 지표의 분류와 평가:태안해안국립공원을 사례로. 한국조경학회지 27(4):131-142.

- 안승만, 신진민, 신동훈, 이규석. 2002. 원격탐사와 GIS를 이용한 대전광역시 토지이용 변화검출. 환경영향평가 11(4):239-246.
- 엄대용. 2006. 원격탐사 자료에 의한 지표온도추출 정확도 향상에 관한 연구. 한국지리정보학회지 9(2):159-171.
- 조남춘, 최철웅, 전성우, 한경수. 2006. RS와 GIS 기법을 활용한 산사태 위험성의 검증. 한국지리정보학회지 9(2):54-66.
- 한갑수. 2005. GIS와 RS를 이용한 오대산국립공원의 경관특성 분석에 관한 연구. 한국지리정보학회지 8(4):114-122.
- 환경부. 1999. 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류. 1-60쪽.
- Gong, P. and P. J. Howarth. 1990. The use of structural information of improving land-cover classification accuracies at the rural-urban fringe, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56(1): 67-73.
- Jo, M. H., 1995. Land use evaluation and suitability analysis for paddy cropping of Nam Khane Watershed, Laos, using remotely sensed data and Geographic Information System, Journal of Korean Society of Remote Sensing 11(1):1-17.
- Pain, C. F., 1985. "Mapping of landforms from landsat imagery: an example from eastern new south wales, Australia, Remote Sensing of Environment 17(1):55-65.
- Park, J. H., T. Ryutaro, D. J. Seo and C. H. Park. 1998. Urban Expansion and Change Analysis Using Russian 2m Resolution DD-5, IRS-1C, and Landsat TM Data, 1998 IEEE CD ROM pp.2577-2579.
- Stringer, W. J. , J. E. Groves and C. Olmsted. 1988. Landsat determined geographic change, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54(3):347-351.
- Weng, Q., 2001. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China, International Journal of Remote Sensing 22(10):1999-2014. **KAGIS**