

Landsat을 이용한 담수호의 수질, 수리 특성 분석

The Analysis of a Water Quality and Tidal Flow of a Freshwater Lake Using Landsat Images

장태일(서울대)* · 박승우(서울대) · 김상민(서울대)
Jang, Tae Il* · Park, Seung Woo · Kim, Sang Min

Abstract

Landsat-TM images were applied for evaluating the spatial variations of flow and water quality at the Saemankeum areas. For supervised classifications, the results from hydrodynamic modeling and water quality data were compared to the reflectance characteristics of the satellite images. Multiple regression analyses indicated that suspended sediment, transparency, salinity, total nitrogen, and total phosphorus showed a good relationship to the signature. Supervised classifications showed spatial variations of the water environments at the areas under construction. The results showed the satellite imagery may be applied for the project areas with a reasonable degree of accuracy.

I. 서론

본 연구에서는 수질 관리를 위해 많은 인력과 장비가 투입되고 있는 새만금 지구를 연구대상지로 삼아 방조제 건설에 따른 수질이나 조류속의 변화를 관찰하는데 원격탐사기법을 활용하여 그 적용성 가능성을 찾고자 한다. 지금까지는 Landsat 영상을 수온이나 클로로필 a 및 투명도 등의 항목에 대한 간단한 밴드 조합이나 영상의 주성분 분석을 통해 그 상관관계를 규명하는 연구가 있었다. 그러나 COD와 T-N, T-P 등의 다른 수질 항목과 조류속 등에 대한 비교 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 다시기의 Landsat 영상의 다양한 파장조합과 실측 데이터의 상관분석을 통한 정보를 이용하여 담수호의 수질 및 수리 특성의 변화와 그 예측 가능성을 검토하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 영상 자료

본 연구에서 사용된 영상 자료는 2000년 10월 30일 영상과 1997년 10월 6일 영상으로 LANDSAT-5 TM 센서에 의해 취득된 Path 116/Row 35에 해당하는 부분 영상이다.

본 영상에서는 TM(중부 원점 기준)좌표법을 사용하여 기하보정을 하였으며, 위성 영상은 수질 및 수리 자료의 측정 시기와 일치하는 영상을 선정하였다. 본 연구에서는 분류의 정확도를 높이기 위하여 화소의 DN(digital Number) 값을 변화시키지 않는 Nearest Neighbor 방법을 이용하여 재배열(resampling)을 실시하였다. 일반적으로 대기보정은 영상의 왜곡을 초래하여 본 연구에서는 보정 전의 영상을 사용하였다.

2. 수질 및 수리 자료

수질 자료는 농업기반공사 농어촌연구원의 자료를 사용하였으며, Fig. 1은 그 측정위치를 나타내고 있다. 본 영상에 쓰인 자료는 만경 1, 2, 3·동진 1, 2, 3의 6곳의 측정 데이터를 사용하였다.

조류속 자료는 농업기반공사 농어촌연구원의 수리모델링 결과를 활용한 것으로, 본 연구에 쓰인 영상은 Fig. 2의 제 4호 방조제 물막이 창조시에 해당하는 유속분포도는 본 연구에 쓰인 영상 자료와 같은 시기에 해당한다. 위성 영상과 상관관계 분석을 위해 유속분포도에서 34개의 측정점을 선정하여 그 자료로 활용하였다.

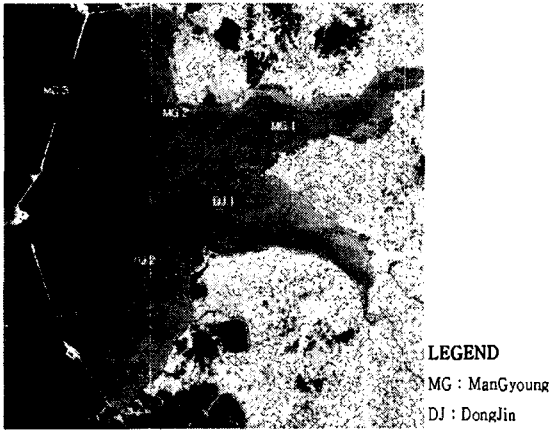


Fig. 1 Water quality sampling sites

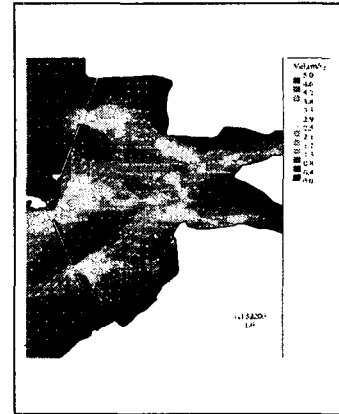


Fig. 2 Hydrodynamic simulation results

3. 영상 및 통계 분석 방법

보정된 영상 자료를 무감독분류를 통하여 물만 포함한 자료를 구성하여 육지부분의 자료를 제외하였다. 구름이나 그 밖의 장애물이 있는 것은 매스킹(masking)법을 적용하였다.

영상 자료는 통계적인 정보가 여러 밴드에 나뉘어져서 서로 상이한 분포를 하고 있으며, 서로 부분적 중복과 잡다한 요소를 가지고 있다. 가령, ERDAS 사(1991)와 McFeeters(1996)에 의하면 지수 밴드는 식생(Vegetation), 수분(Water), 광물질(Mineral)의 특성을 잘 보여주는 Band Ratio를 개발하였다. 따라서 본 연구에서는 각각의 밴드를 포함한 밴드1/밴드2, 밴드1/밴드 3, ……밴드5/밴드7, 밴드6/밴드7 등의 다양한 밴드 비를 상관관계를 분석하여 각 수질 및 조류속에 맞는 회귀식을 찾고자 하였다. 영상의 정보 변별력을 높이기 위하여 다중회귀분석을 실시하였으며, 다중공선성(multicollinearity)을 없애기 위하여 독립변수들 간의 상관계수가 0.8이상을 보이는 경우는 제외하였다.

먼저 2000년 10월 30일 영상에서 가장 적합한 밴드 비에 대한 회귀식을 추출하였으며, 이를 1997년 10월 6일 영상에 적용하여 그 적용성을 확인하였다. Table 2에 그 결과를 정리하였다. 그리고 Table 2에서 검증된 회귀식을 각각 수질 및 조류속 항목에 적용하여 ERDAS IMAGINE의 모델링 기법을 활용하여 모델을 구성하고 영상을 재분류하여 그 결과를 추출하였다.

Table 2 Results of multiple regression analysis using Landsat TM Imagery

Items		Multiple Regression Equation	R ²
SS	00	$\log SS = 0.376 + 0.03087(B4) + 0.203(B6) + 1.866(\frac{B1}{B4}) - 12.057(\frac{B6}{B2})$	0.9788 0.9863
	97	$\log SS = 1.964 - 2.30E-02(B4) + 0(B6) - 0.389(\frac{B1}{B4}) + 0.615(\frac{B6}{B2})$	
COD	00	$COD = -2.366 + 2.922(\frac{B4}{B3}) + 1.129(\frac{B5}{B4}) - 0.760(B6) + 57.060(\frac{B6}{B2})$	0.9650 0.5220
	97	$COD = 2.774 - 4.254(\frac{B4}{B3}) + 11.703(\frac{B5}{B4}) + 0(B6) - 14.36357.060(\frac{B6}{B2})$	
pH	00	$\log pH = -1.462 + 1.382(\frac{B4}{B3}) + 0.117(\frac{B5}{B4}) - 0.313(B6) + 23.591(\frac{B6}{B2})$	0.9420 0.2860
	97	$\log pH = 0.845 - 3.753E-02(\frac{B4}{B3}) - 5.47E-02(\frac{B5}{B4}) + 0(B6) + 6.170E-02(\frac{B6}{B2})$	
T-N	00	$T-N = 0.384 + 3.105(\frac{B5}{B4}) + 0.109(\frac{B5}{B6}) + 0.157(\frac{B1}{B6}) - 4.108(\frac{B3}{B2})$	0.9963 0.8458
	97	$T-N = -0.874 - 3.14E-02(\frac{B5}{B4}) + 0.432(\frac{B5}{B6}) - 2.159(\frac{B1}{B6}) + 3.463(\frac{B3}{B2})$	
T-P	00	$T-P = 9.551E-03 + 7.536E-03(\frac{B5}{B6}) + 3.415E-03(\frac{B5}{B1}) + 2.688E-02(\frac{B5}{B3}) - 1.01E-04(B5)$	0.9610 0.7870
	97	$T-P = 9.568E-03 + 3.041E-03(\frac{B5}{B6}) + 0(\frac{B5}{B1}) + 0.147(\frac{B5}{B3}) - 3.27E-03(B5)$	
Transparency	00	$SDT = 6.202 - 2.397(\frac{B2}{B3}) + 0.426(\frac{B2}{B1}) - 0.158(\frac{B1}{B1}) - 0.409(\frac{B3}{B1})$	0.9570 0.9958
	97	$SDT = 0.137 + 1.080(\frac{B2}{B3}) + 0.424(\frac{B2}{B1}) - 3.19E-02(\frac{B1}{B1}) - 0.995(\frac{B3}{B1})$	
Salinity	00	$Salinity = 28.971 + 4.090(\frac{B6}{B5}) - 0.419(\frac{B6}{B4}) + 0.759(\frac{B4}{B5}) + 1.257E-02(\frac{B6}{B1}) - 8.15E-02(\frac{B1}{B5})$	0.9999 0.9999
	97	$Salinity = 29.097 + 8.966(\frac{B6}{B5}) - 3.095(\frac{B6}{B4}) + 2.150(\frac{B4}{B5}) - 1.125(\frac{B6}{B1}) - 0.497(\frac{B1}{B5})$	
Tidal Flow	00	$Flow = -10.4917 + 11.9957(\frac{B3}{B5}) + 2.6287(\frac{B4}{B5}) - 3.0245(\frac{B1}{B5}) - 6.8034(\frac{B3}{B4})$ $- 4.4721(\frac{B1}{B4}) - 1.0638(\frac{B2}{B4}) - 2.4884(\frac{B6}{B5}) + 0.7011(\frac{B2}{B6}) - 0.0877(\frac{B1}{B6}) + 0.7910(\frac{B4}{B6})$	0.5570 0.3340
	97	$Flow = 5.638 - 16.018(\frac{B3}{B5}) + 1.367(\frac{B4}{B5}) + 4.030(\frac{B1}{B5}) + 49.341(\frac{B3}{B4})$ $- 1.714(\frac{B1}{B4}) - 18.742(\frac{B2}{B4}) - 1.233(\frac{B6}{B5}) + 3.441(\frac{B2}{B6}) - 1.825(\frac{B1}{B6}) - 1.926(\frac{B4}{B6}) -$	

III. 결과 및 고찰

ERDAS IMAGINE 프로그램을 활용한 모델링 결과는 결정계수가 높게 나타난 SS, T-N, T-P, 투명도(Transparency)와 염분(Salinity)의 순으로 Fig. 3에 나타내었다. 그리고 적용된 영상은 1997년 10월 6일에 해당한다.

수질 조사지점이 6개로 데이터 수가 적어 영상별로 만들어진 회귀식의 결정계수의 신뢰도를 평가하기가 어렵지만 비교적 높은 값을 보여주었다. COD는 결정계수가 0.55, pH와 조류속에 대한 결정계수는 0.29과 0.33로 낮게 나타났다. 반면 T-N이나 T-P는 결정계수

는 0.85과 0.79의 높은 값을 나타내었다. 그리고 SS와 투명도 및 염분은 결정계수가 0.99, 0.99과 0.99로 높은 값을 나타내었다.

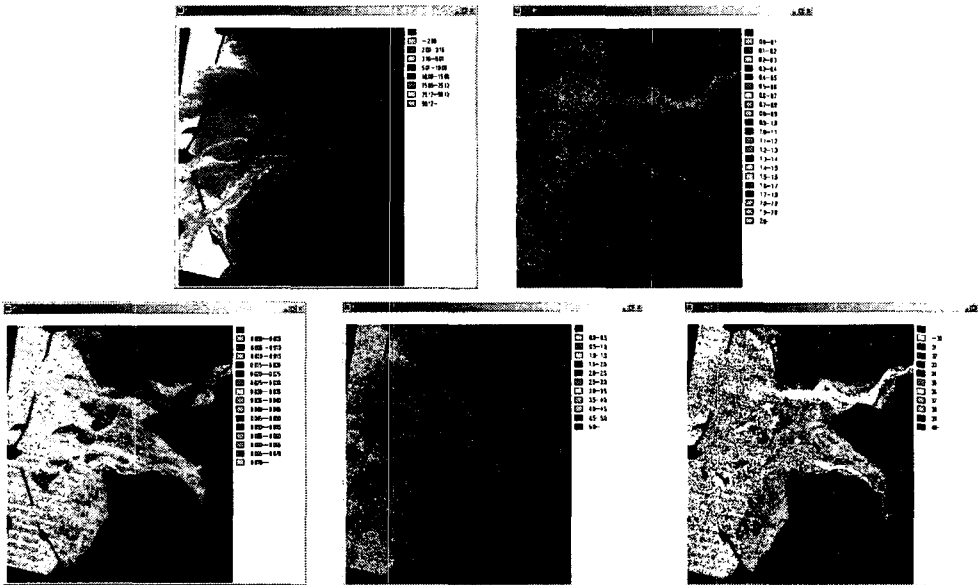


Fig. 3 Classification result of SS, T-N, T-P, SDT and Salinity

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 원격탐사 기법을 통한 담수호의 수질 및 수리 특성의 변화와 그 예측 가능성에 대해 연구하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. Landsat 영상에서 취득한 다양한 밴드 조합을 형성한 후 다중공선성(multicollinearity)을 고려한 통계분석을 실시하여 각각의 수질 및 수리 항목에 대하여 회귀식을 구하였다.

2. COD의 결정계수는 0.55로 나타났으며 수분 속에 화학적인 인자들에 대한 상호작용에 대한 고찰이 필요하며, pH의 결정계수는 0.29로 측정의 실측값들이 큰 차이를 보이지 않고 있다.

3. 조류속에 대한 결과 결정계수가 0.334로 나타났으며, 유사량과 수심의 영향을 받는 T-N이나 T-P는 0.85과 0.79의 결정계수 값을 나타내었다.

4. 통상적으로 연구가 많이 이루어진 SS, 투명도와 염분은 기존의 회귀식보다 높은 결정계수인 0.99과 0.99 및 0.99의 값을 보여주었다.

참고문헌

1. 농업기반공사, 2002, 새만금호 수질관리 및 수환경 개선조사 연구(III)
3. 어대수, 박영욱, 2002, 새만금지구 수리실험 보고서, 농업기반공사, pp.381 - pp.475