

LandsatTM을 이용한 도시온도와 도시NDVI의 상관계수 추출을 위한 래스터GIS기반 중력모델에 관한 연구

신언석, 김형무*, 이재봉*, 이홍로*
충북대학교, 군산대학교*

요약

도시의 변화탐지와 예측을 위한 기존의 중력모델은 주로 벡터기반 거리와 면적척도를 사용하였다. 위성 영상이 폭넓게 활용되는 추세를 보이고 있는 최근에는 이 위성영상을 이용한 효과적인 래스터GIS기반 중력모델에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 래스터GIS기반 중력모델 방법을 제안하여 이를 전북 군산시 도시변화탐지에 적용하고 지표온도, 토지피복, 식생 변수를 검증하여 지표온도와 코지피복, 식생지수와의 +0.794의 강한 정의 상관관계를 검출함으로써 제안한 위성영상을 이용한 래스터GIS기반 중력모델이 육상 도시변화탐지 모니터링에 매우 효과적임을 입증할 수 있었다.

1. 서론

급격히 팽창하는 도시의 변화를 효과적으로 탐지하여 도시계획, 국토개발, 재난방지, 환경오염방지, 그리고 제반 경제적 활동에 활용될 LandsatTM 위성영상을 이용한 도시 지표온도, 토지피복, 식생변화탐지 래스터GIS기반 모델을 설계하는 것이 이 연구의 목적이다.

연구대상 지역인 전라북도 군산시의 도시변화 탐지를 위해 LandsatTM 위성영상으로 지표온도와 토지피복 및 식생변화 패턴[3]을 추출하였다.

군산시의 면적은 349.98km² 이고 북쪽에는 년평균 65억톤의 담수를 방출하는 금강하구가 위치해있으며 서쪽 황해에 연한 지역에 군장국가산업단지가 들어서 있으며 남쪽으로는 401.00km² 의 새만금간척공사가 진행중에 있으며 동남쪽 평야에 대부분의 논과 밭이 위치하고 있다.

도시변화의 추적과 예측을 위한 기존의 중력모델 [1]은 주로 벡터기반 거리와 면적척도를 사용하였다.

위성영상이 폭넓게 활용되는 추세를 보이고 있는 최근에는 이 위성영상을 이용한 효과적인 래스터GIS기반 모델에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 래스터GIS기반 중력모델 방법을 제안하여 이를 전라북도 군산시 도시변화탐지에 적용하고 검증한 결과 제안한 래스터GIS기반 중력모델이 육상 도시변화탐지 모니터링에 효과적임을 입증하고자 한다.

2. 영상처리

2.1 영상획득, 영상분류

이 연구에 사용된 군산시 행정구역을 포함하는 위성영상의 패스와 로우 공간적 속성은 아래 <표 1>과 같다.

[표 1] 연구대상 지역 영상의 공간적 속성: Landsat7 Path/Row(30m*30m)

Path Row	West	116	East
35		연구대상지역 : 116/35	

2.2 영상보정

입수된 영상은 한국전자통신연구위(ETRI)에서 영상 전처리과정에서 기하보정을 거쳐 (그림 1)과 같이 연구대상 지역 인공위성 영상을 국토지리정보원 1:25000 수치지도 행정구역도에 중첩시켜 관심영역을 분리하여 변화탐지 알고리즘을 적용하기 쉽게 전처리 하였다.



▶▶ 그림 1. 연구대상 지역 인공위성 영상과 수치지도 행정구역도에 의한 기하보정

2.3 밴드적합성

지표온도변화의 추출에는 온도 특성을 잘 반영하는 밴드6을 사용하고 식생활력도 특성을 잘 나타내는 밴드3, 밴드4가 토지피복분류에는 주로 사용하기로 한다.

지표온도와 식생에 강력한 영향이 있는 지역의 계절적 속성 적합성 평가를 위해 처리결과 영상의 이름에 <표 1>과 같이 계절적 속성을 표기하여 영상 GIS(Geographical Information System) 데이터베이스의 검색이 용이하도록 하였다[2][3].

기하보정 영상전처리를 완료한 영상은 ERDAS IMAGINE 8.6을 이용하여 도시변화탐지 래스터중력 모델 알고리즘을 적용시켰다. 제안한 래스터중력 모델은 벡터기반 중력모델을 래스터화 한 것으로 지표온도와 NDVI 정규식생지수를 각각 도시변화탐지의 주 성분으로 입력시켜 그 변수간의 상관관계를 활용하는 방법으로서 이를 아래 [정의 1]에 기술하였다.

[정의 1] 래스터중력모델(Temperature, NDVI Raster Gravity Model)

$$F_{ij} = A \frac{P_i \times P_j}{d_{ij}^\alpha}$$

여기서 F_{ij} 는 두 지역 i, j 간 온도, 식생 상호작용의 크기
 P_i, P_j 는 각각 두 지역 i, j 의 온도, 식생 총량

$$P_i = \sum_{k=1}^n Temp_k \text{ 또는 } \sum_{k=1}^n NDVI_k$$

$$P_j = \sum_{l=1}^n Temp_l \text{ 또는 } \sum_{l=1}^n NDVI_l$$

d_{ij} 는 두 지역 i, j 간 거리
 α 는 d_{ij} 거리의 모수(parameter) -----(1)

이 래스터중력모델을 패스116/로우35 LandsatTM 영상중 군산시 상공을 가장 좋은 기상조건하에 촬영한 1987,04,18(Spring), 1995,10,17(Fall), 1999,05,21(Summer), 2002,02,24(Winter)

영상 4 씩(scenes) 의 ISODATA Clustering 알고리즘에 의해 무감독분류후 래스터속성값 시계열을 상관분석하여 지표온도와 식생간의 상관관계를 도출하였다.

위에서 적용된 무감독 ISODATA 클러스터링 알고리즘을 상술하면 다음 <표 2>와 같다.

[표 2] ISODATA 클러스터링 알고리즘

SS distance를 각 픽셀에서 클러스터중심까지의 거리 또는 에러 합이라고 할 때,

$$SS_{distance} = \sum_{x \in C} [x - C(x)]^2$$

여기서 $C(x)$ 는 픽셀 x 가 소속한 클러스터의 평균, $SS_{distance}$ 를 최소화하는 함수는 cluster간 평균제곱에러인 M S E(Mean Squared Error)를 최소화하는 함수와 대응한다.

$$MSE = \frac{\sum_{x \in C} [x - C(x)]^2}{(N - c)b} = \frac{SS_{distance}}{(N - c)b}$$

여기서 N 은 픽셀 수, c 는 클러스터의 수, 그리고 b 는 밴드의 수이다.

2.4 래스터중력모델을 이용한 변화탐지 정량화와 가시화

영상 DN(Digital Number) 값에서 지표온도를 추출하는 방법으로 NASA 알고리즘[6]을 이용하였으며 이를 아래 [정의2]에 기술하였다.

[정의2] NASA 알고리즘: 실측온도와 휘도사이의 상관관계식(LandsatETM+제외)

$$T L = 1.238 + (15.600 - 1.238) * \text{Raster 6 band} / 255$$

$$\text{섭씨온도}(C) = (1260.56 / (\text{LOG}(607.76 / L + 1))) - 273$$

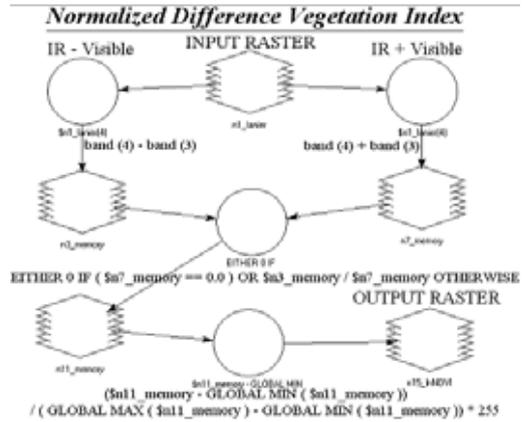
$$\text{절대온도}(K) = \text{섭씨온도}(C) + 273,$$

여기서 DN : 영상 휘도 값,

L : 영상 휘도에 해당하는 태양광선 에너지,

T : 태양에너지에 해당하는 지표면 절대 온도--(2)

1987년에서 2002년에 이르는 15년 구간에서 4개년도의 영상을 선택하여 밴드6으로 120개 클러스터를 부여한 무감독 ISODATA 클러스터링을 거친 DN값에 NASA 알고리즘에 의해 각각 가장 높은 온도 클래스의 4개년도 멤버 수를 구한다. 영상 DN 값에서 식생활력도를 추출하는 방법으로 NDVI 알고리즘을 이용하였으며 이를 아래 (그림 2)에 도식화 하였다.

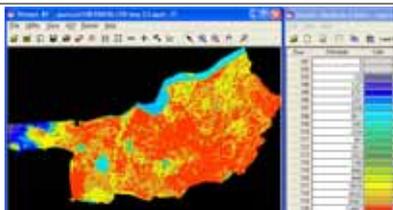
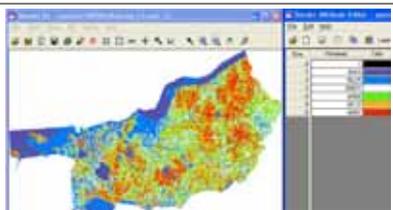
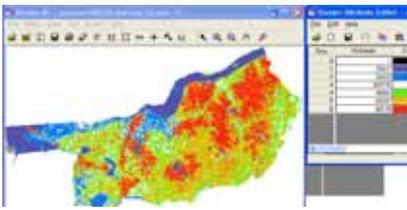


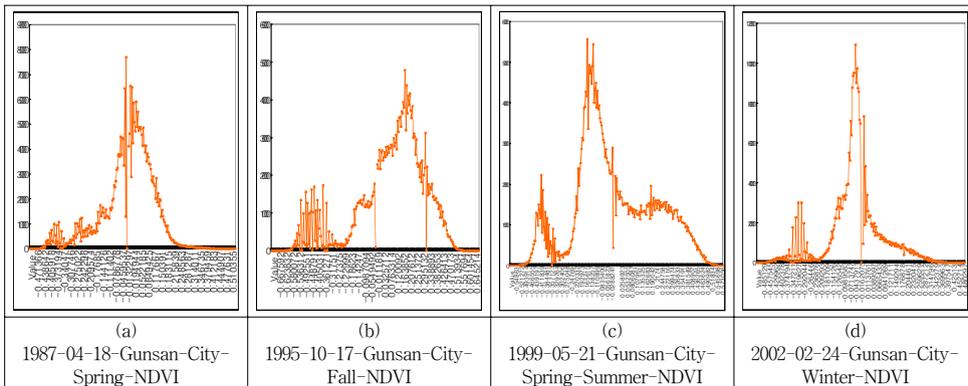
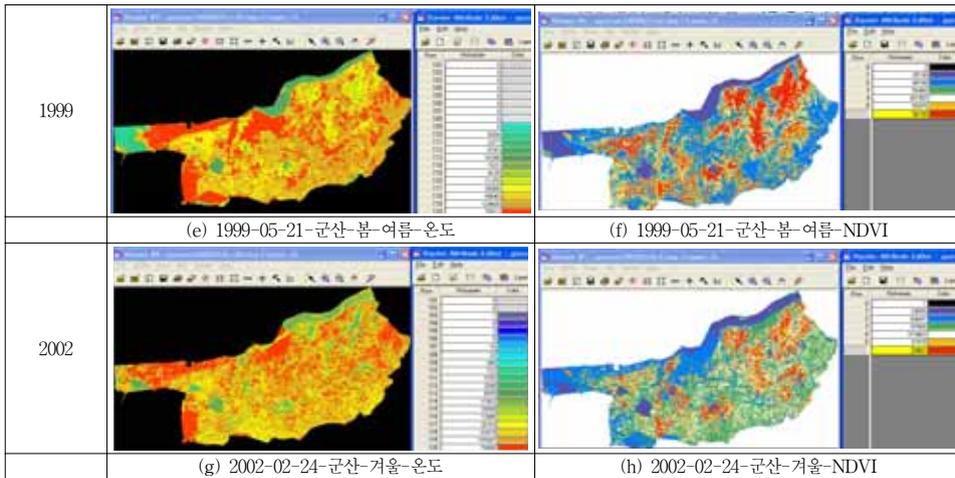
▶▶ 그림 2. ERDAS IMAGINE 8.6 NDVI 처리 모듈

Landsat 7 밴드3과 밴드4로 6개 클러스터를 부여한 무감독 ISODATA 클러스터링을 거친 DN값에 NDVI 모델에 의해 각각 가장 강한 식생 클래스의 4개년도 멤버 수를 구한다. ISODATA 클러스터링 무감독 분류를 실행 120개의 군집을 형성하도록 부여했다.

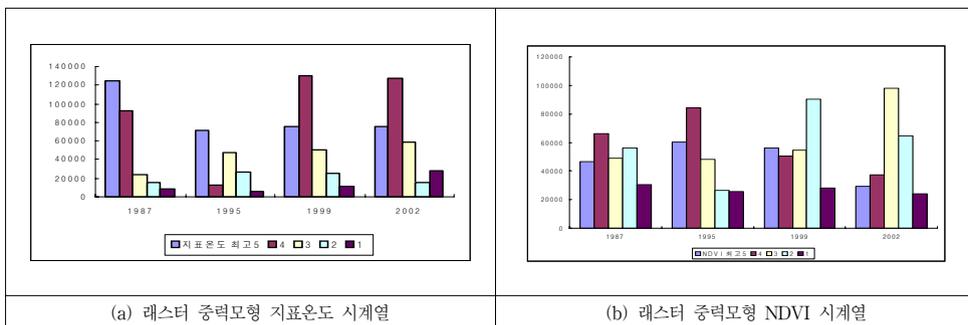
3. 실험결과

[표 3] 지표온도와 NDVI간 래스터 중력모형 적용 영상 분류

년도	지표 온도	NDVI
1987		
	(a) 1987-04-18-군산-봄-온도	(b) 1987-04-18-군산-봄-NDVI
1995		
	(c) 1995-10-17-군산-가을-온도	(d) 1995-10-17-군산-가을-NDVI



▶▶ 그림 3. 래스터 중력모형 NDVI 히스토그램 변화



▶▶ 그림 4. 래스터 중력모형 시계열 분포

3.1 변화탐지 래스터모델 실험결과 검증

실험결과 지표온도 최고온도대는 1997년에 최대치인 124567, 1995년에 최소치인 71998을, NDVI최저대는 1987년에 최대치인 30416, 2002년에 최저치인 24009를 보였다.

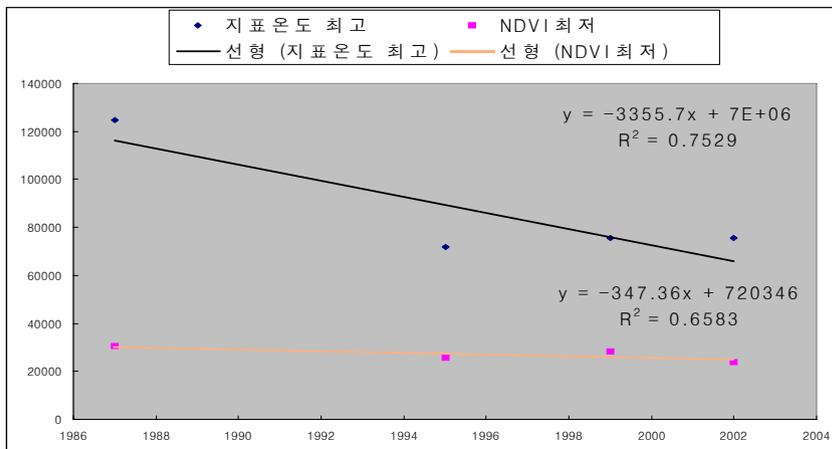
[표 4] 지표온도최고대와 NDVI최저대 변화탐지 결과

	지표온도 최고	NDVI 최저
1987	x_1 124567	30416
1995	x_2 71998	25817
1999	x_3 75512	28130
2002	x_4 75714	24009

LandsatTM 위성영상을 이용한 도시 지표온도, 토지피복, 식생변화탐지 래스터GIS모델을 설계하고 이를 군산시 도시변화탐지에 적용한 결과 지표온도 최고온도대 면적과 가장 약한 식생대 면적과는 상관관계수 +0.794의 강한 정의 상관관계가 있다는 결과를 얻었다.

4. 결론 및 토의

급격히 팽창하는 도시의 변화를 효과적으로 탐지하여 도시계획, 국토개발, 재난방지, 환경오염방지, 그리고 제반 경제적 활동에 활용될 LandsatTM 위성영상을 이용한 도시 지표온도, 토지피복, 식생변화탐지 래스터GIS기반 중력모델을 제안하고 이를 군산시 도시변화탐지에 적용한 결과 지표온도 최고온도대 면적과 가장 약한 식생대 면적과는 상관관계수 +0.794의 강한 정의 상관관계가 있다는 결과를 얻었다. 그러나 더욱 많은 시기의 영상을 이용하고 최고온도대와 가장 약한 식생대 이외의 분포에서 온도와 식생의 일반상관관계모델을 얻는 것은 본 연구의 한계를 벗어나므로 향후 연구과제로 한다.



▶▶ 그림 5. 지표온도 최고온도대와 NDVI최저대의 상관관계

■ References ■

- [1] 대한민국토,도시계획학회, 토지이용계획론 Land use planning, 보성각, 2000, pp.243-245.
- [2] Cova, Thomas J., Goodchild, Michael F., "Extending geographical representation to include fields of spatial objects," IJGIS, Vol.16, No.6, pp.509-532, 2002.
- [3] Gamma, Erich, Helm, Richard, Johnson, Ralph, Vlissides, John, Design Patterns, Elements of reusable object-oriented software, Addison-Wesley, 22nd. printing, 2001.
- [4] LaValle, P.D., et. al., Space-time series modelling of beach and shoreline data, Environmental Modelling & Software 16, 2001, pp.299-307.
- [5] Lunetta, Ross S., et. al., Impacts of imagery temporal frequency on land-cover change detection monitoring, Remote Sensing of Environment 89, 2004 pp.444-454.
- [6] Markham, B., L., and J. L. Baker, Landsat Mss and TM post calibration dynamic ranges, Atmospheric Reflectance and At-satellite Temperature, EOSAT Landsat Technical Notes, 1:1-8. 1986.
- [7] Myung-Hee Jo, Yun-Won Jo et.al., Developing urban pavement and light stand information management system using web based GIS, Map Asia 2004 Proceedings, 202, 2004.
- [8] Myung-Hee Jo, et.al., Developing the tidal flat information system using satellite images and GIS, Proceedings of the 24th Asian Conference on Remote Sensing, 2003.
- [9] Myung-Hee Jo, Yun-Won Jo et.al., The management development of campus facility information using web-based GIS, Proceedings of the 21st Asian Conference on Remote Sensing, 2000, pp.341-345.