

고해상도 위성영상 자료를 이용한 한강시민공원 잠실지구의 토지피복변화 분석

김원주* · 서동조** · 박영준* · 이진표* · 박종화*
서울대학교 환경대학원* / 현대우주항공(주)**
서울특별시 관악구 신림동 산56-1

1. 서론

한강의 시민공원은 서울의 대표적인 오픈스페이스이며 경관 자원이고, 하천 생태계의 관점에서 볼 때 다양한 생물들의 서식처이다. 그러나 녹지의 대부분은 자연녹지보다는 잔디공간과 운동장 위주로 조성되어 있으며, 수영장, 광장, 자동차 도로, 자전거 도로, 주차장 등의 사용을 위하여 불투수층의 포장재로 덮여 있다. 또한 자주 발생하는 홍수와 과도한 이용에 따른 답압은 식생의 활력도에 큰 부작용을 미치고 있다. 따라서 하천생태계의 복원을 위하여 한강 시민공원의 토지피복이 약 10년간 어떻게 변화되었는가를 파악하는 것이 무엇보다 필요하다.

이러한 변화를 정량적으로 살펴보기 위해서는 비교적 정밀하게 피복상태를 파악할 수 있는 고해상도 영상의 이용이 필수적이다. 이 가운데 '90년대 초에 상용화된 러시아 위성인 KVR-1000과 최근 상용화를 시작한 IKONOS-2 위성영상은 대표적인 고해상도 영상이다. 본 연구는 이 고해상도 영상들을 이용하여 토지이용이 다양하게 나타나는 한강 시민공원 잠실지구의 토지피복 상태의 변화를 분석함으로써 투수층, 불투수층의 변화를 살펴보고, 고해상도 영상의 활용성을 평가하고자 하였다.

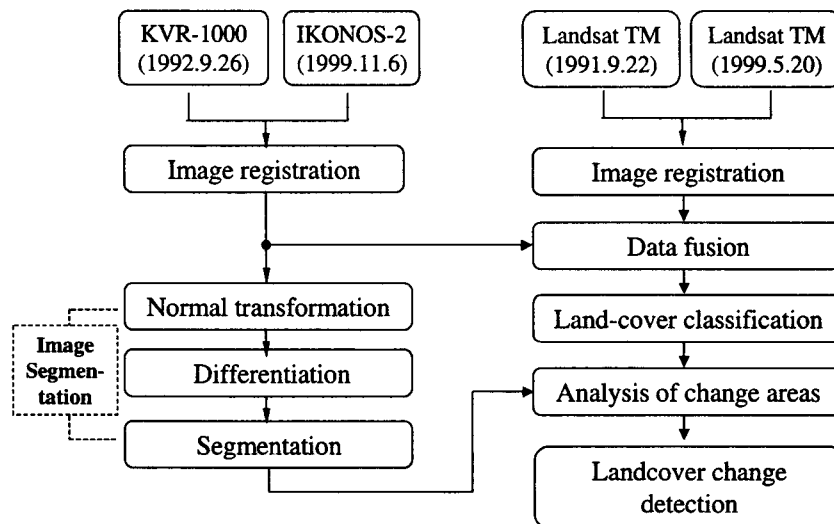
2. 연구방법

토지피복의 변화감지를 위하여 중첩(image overlay), 상위(image differencing), 회귀(image regression), 비율(image ratioing), 주성분분석(principal components analysis) 등의 기법이 널리 사용되고 있다. 위의 기법만으로는 복잡하고 다양한 토지피복 상태를 갖는 도시지역에서의 변화 파악에 불충분한 경우도 많다. 본 연구에서는 토지피복변화를 파악하기 위하여 전정색(panchromatic)영역의 고해상도 영상과 다중분광영상을 이용하여 영상융합(image fusion) 기법을 사용하였으며, 변화패턴 분석을 위한 영상분할(image segmentation) 기법을 사용하였다. 이 연구를 위하여 전정색 영역의 고해상도 위성영상인 KVR-1000(1992년 9월 26일 촬영, 공간해상도 2m)과 IKONOS-2 (1999년 11월 6일 촬영, 공간해상도 1m)¹⁾, 다중분광영상인 Landsat TM(1991년 9월 22일, 1999년 5월 20일 촬영, 공간해상도 30m) 영상 등이 사용되었다<표 1>.

1) IKONOS-2의 4m 해상도의 다중분광영상은 2000년 2월이후에 사용가능함으로 본 연구에서는 1m 해상도의 전정색 영상만을 이용

<표 1> 분석에 사용된 위성영상자료

Sensor	공간해상도(m)	주파수 영역(μm)	영상촬영일	
Landsat TM	30	band 1	0.45 - 0.52	'91. 9. 22 '99. 5. 20
		band 2	0.52 - 0.60	
		band 3	0.63 - 0.69	
		band 4	0.76 - 0.90	
		band 5	1.55 - 1.75	
		band 6	10.40 - 12.50	
		band 7	2.08 - 2.35	
KVR-1000	2	pan	0.51 - 0.76	'92. 9. 26
IKONOS-2	1	pan	0.45 - 0.90	'99. 11. 6



<그림 1> 연구과정

변화파악을 위한 과정은 <그림 1>과 같다. 우선 축척 1/5,000의 수치지도를 기준으로 하여 영상들을 등록한 후, 구름, 계절적 요인, 태양, 고도각, 센서의 특징, 대기투과, 산란 등 두 영상사이에 존재하는 오차를 보정하기 위하여 고해상도 영상에 대해 히스토그램 정규화를 수행하였다. 두 번째로 이 두 영상 사이의 차이를 구하였다. 토지피복의 변화여부를 결정하기 위한 문턱치(threshold value)는 영상간 차이의 평균과 1 표준편차 이상의 차이로 하였으며, 변화영역은 영상분할 기법을 사용하여 추출하였다.

세 번째로 ER-mapper 6.0에서 제공된 영상융합 알고리즘인 RGBI(Red, Green, Blue, Intensity) 변환에 의한 영상융합이 Landsat TM 영상과 함께 수행되었다. 1992년의 KVR-1000 영상은 1991년의 Landsat TM 영상과, 1999년의 IKONOS-2 영상은 1999년의 Landsat TM 영상과 각각 융합되었다. 그리고 이들 영상을 50개의 등급으로 먼저 무감독 분류한 후, 분석자가 재분류하는 방법을 사용하여 아스팔트 포장, 콘크리트 포장의 불투

수층과 초지, 잔디, 나지의 투수층으로 모두 5개의 등급으로 분류하고, 현장자료를 바탕으로 하여 분류오차를 평가하였다. 현장자료는 서울시 한강관리사업소에서 제작한 실측도면과 현지답사를 통해 수집된 자료이다. 마지막으로 영상분할 기법을 사용하여 추출된 변화영역과 토지피복분류 결과를 비교하여 토지피복 및 변화 상황을 파악하였다.

연구대상지는 서울시 행정구역 내 한강 본류의 고수부지에는 9개 지구의 한강시민공원 가운데 비교적 토지피복상태가 다양한 잠실지구를 대상으로 하였다. 경계는 교량에 의해 구분되는 지점으로 하였으며, 한강 수면의 유람선 선착장은 대상지역에서 제외하였다. 이 연구를 위하여 사용된 소프트웨어는 ER-Mapper v.6.0과 ArcView v.3.1이다.

3. 결과 및 고찰

연구 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 두 고해상도 위성영상 사이의 차이를 구한 결과, 두 영상간에서 변화가 발생한 지역의 면적은 전체면적 442,680m² 가운데 146,104m²로 나타났다. 이는 전체지역 가운데 1/3정도 되는 면적으로 매우 많은 지역이 변화되었음을 보여주는 것이다.

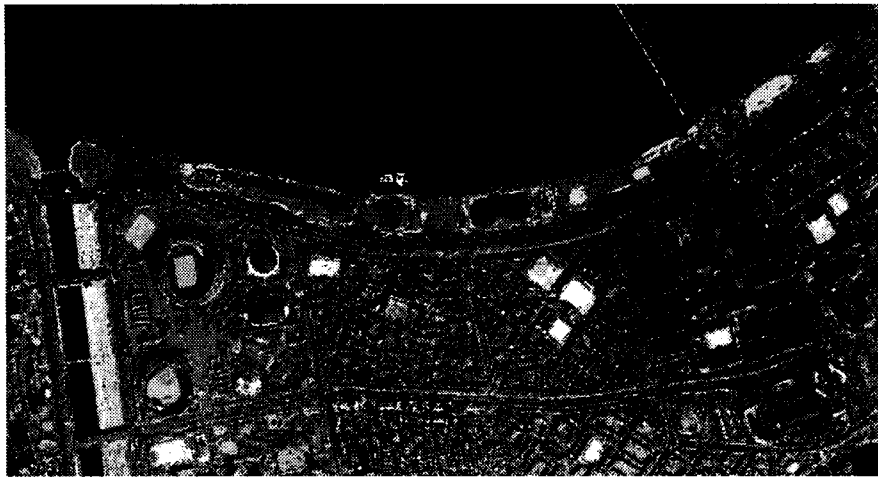
둘째, 이 변화된 지역의 내용을 살펴보기 위해 영상융합을 통해 분류된 결과는 <그림 3>, <그림 4>와 같다. 분류된 결과를 살펴보면, 2m 해상도의 KVR-1000과 TM 영상간 융합후 분류결과보다 1m 해상도의 분류결과에서 선형 패치, 작은 패치들이 보다 잘 추출되는 것을 알 수 있었다. 또한 IKONOS-2의 주파수 영역(0.45-0.90 μ m)이 KVR-1000의 주파수영역(0.51-0.76 μ m)보다 좀더 넓고, 공간해상도가 높아 지피특성을 추출하는 데 좀더 유리한 것으로 파악된다.



<그림 2> KVR-1000('92.9.26)영상과 IKONOS-2영상('99.11.6)간의 변화 지역



<그림 3> '92년 토지피복분류(TM - KVR-1000) 결과



<그림 4> '99년 토지피복분류(TM - IKONOS-2) 분류 결과

<표 2> 한강고수부지 잠실지구의 토지피복 현황

	분류 항목	1992. 9 현황		1999. 11 현황		변화 면적량		
		면적(m ²)	백분율(%)	면적(m ²)	백분율(%)	면적(m ²)	백분율(%)	
1	블투 Asphalt 포장	6,604	1.5	38,928	8.7	32,324	7.2	
2	수층 Concrete 포장	180,752	40.8	107,856	24.4	-72,896	-16.4	
	계	187,356	42.3	146,784	33.1	-40,572	-9.2	
3	투수 층	초지	31,116	7.0	60,624	13.7	29,508	6.7
4		잔디	194,428	43.9	186,940	42.2	-7,488	-1.7
5		나지	29,780	6.8	48,332	11.0	18,552	4.2
	계	255,324	57.7	295,896	66.9	40,572	9.2	
	합계	442,680	100.0	442,680	100.0			

<표 3> 한강시민공원 잠실지구의 토지피복의 변화 ('92-'99)

		'99년 토지피복분류	Asphalt	Concrete	초지	잔디	나지	계
		'92년 토지피복분류	포장	포장				
1	불투수층	Asphalt 포장	1,488m' (22.5%)	2,524m' (38.2%)	1,204m' (18.2%)	1,280m' (19.4%)	108m' (1.6%)	6,604m' (100.0%)
2		Concrete 포장	20,228m' (11.2%)	68,444m' (37.9%)	14,404m' (8.0%)	62,384m' (34.5%)	15,292m' (8.5%)	180,752m' (100.0%)
3	투수층	초지	2,616m' (8.4%)	7,060m' (22.7%)	9,732m' (31.3%)	11,020m' (35.4%)	688m' (2.2%)	31,116m' (100.0%)
4		잔디	14,172m' (7.3%)	28,408m' (14.6%)	34,756m' (17.9%)	101,720m' (52.3%)	15,372m' (7.9%)	194,428m' (100.0%)
5		나지	776m' (2.6%)	1,816m' (6.1%)	52m' (0.2%)	10,484m' (35.2%)	16,652m' (55.9%)	29,780m' (100.0%)

셋째, 분류된 영상을 분석하여 '92년, '99년의 각각의 토지피복현황과 변화를 살펴본 결과, <표 2>와 같았다. 결과를 볼 때, '92년의 경우 콘크리트 포장이 40.8%나 차지하고 있었으며, '99년에도 33.1%가 불투수층인 것으로 나타났다. 변화에 있어서는 불투수층인 콘크리트 포장의 절반이상이 아스팔트 포장과 투수층인 초지와 나지로 바뀌었으며, 이로 인해 투수층이 약 9% 늘어난 것으로 나타났다.

넷째, <표 3>에서와 같이 '92년 토지피복분류 결과로 분류된 등급중 잔디와 나지가 '99년 토지피복분류 결과와의 비교에서 변하지 않은 비율이 각각 52.3%와 55.9%로 비교적 높았고, 아스팔트포장, 콘크리트포장과 초지는 각각 22.5%, 37.9%와 31.3%로 변하지 않은 비율이 비교적 낮았다. 이것은 계절적 영향과 잠실지구 주차장지역의 포장변화(콘크리트→아스팔트)의 결과로 파악된다.

다섯째, 분류결과를 각각의 등급별로 10개씩의 reference data로 error matrix를 작성한 결과, '92년 토지피복분류 결과의 Overall Accuracy는 70.0%, Kappa Statistic는 0.625로 나타났고, '99년 토지피복분류 결과의 Overall Accuracy는 72.0%, Kappa Statistic는 0.625로 나타났다. 이는 비교적 정확하게 분류된 것으로 파악된다. 분류 오류지역은 고해상도 영상과 TM영상간의 해상도 차이로 인하여 나타난 것으로 파악된다. 또한 콘크리트와 나지가 서로 유사한 반사도를 지니고 있는 점도 분류결과에 다소 영향을 주었다.

여섯째, 분석 과정에서 토지피복의 변화를 파악하기 위하여 결정된 영상분할의 문턱치가 중요한 변수로 작용하였으며, 수목, 교량 등의 그림자 효과도 영향을 미치고 있었다. 그러나 한강시민공원은 대부분이 평지이고 주변의 건물이나 시설물이 비교적 적기 때문에 그림자에 관한 영향을 크지 않았다.

본 연구는 다음의 두가지 한계점을 갖는다. 첫째, TM영상과 공간 해상도의 차이가 너무 큰 고해상도 영상과 융합한 결과 분류 정확도가 다소 낮아진 것으로 판단된다. 향후에는 IKONOS-1에서 제공되는 4m 해상도의 다중분광영상을 이용하면 분류정확도가 크게 개선될 수 있을 것이다. 둘째, 고해상도 위성영상을 확보의 어려움으로 인하여 취득

일시가 상이한 영상을 이용한 영상융합에 따른 분류오차가 증가된 가능성이 있다. 즉 다중영상과 전정색 영상의 취득일시 차이 기간에 발생된 지표면 변화는 분류정확도를 저하시키게 되기 때문이다. 또한 영상을 이용한 변화탐지 연구에서 시간분할(temporal segmentation) 단계에서 문턱치(threshold value)의 설정에 따라서 변화폭이 큰 영향을 받을 수 있기 때문에 이 분야에 대한 연구가 필요하다.

4. 결론

고해상도 위성영상자료를 이용한 토지피복변화의 파악기법을 연구하였고, 이를 한강시민공원에 적용하여 실제 토지피복 및 변화 상황을 파악하였다. 이 연구에 적용한 주된 변화감지기법은 영상간의 차이를 이용하는 기법과 영상분할, 영상융합기법 등이다. 이 기법을 고해상도 영상에 이용함으로써 주차장지역의 포장변화를 비롯한 피복상태의 변화를 좀더 세밀하게 살펴볼 수 있었다. 피복변화에 있어서 한강시민공원 잠실지구의 투수층 면적이 다소 증가하였으나, '92년의 경우 콘크리트 포장이 40.8%나 차지하고 있었으며, '99년에도 약 33%가 불투수층인 것으로 나타났다. 이는 매우 넓은 면적이 불투수층으로 덮여있다는 것이며, 현재 남아있는 자연식생 지역에 대한 보호 방안이 필요함을 예시하는 것이다. 인공 구조물로 변화된 한강시민공원을 치수에 영향을 주지 않는 범위 내에서 원래의 자연성을 찾도록 하는 대안이 마련되어 자연생태계 보전을 위한 하천경관조성이 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- Kloditz, C., A. V. Boxtel, E. Carfagna, and W. V. Deursen, Estimating the Accuracy of Coarse Scale Classification Using High Scale Information, *PE&RS*, vol.64, no.2, 1998, pp.127-133.
- Lenney, M. P. and C. E. Woodcock, The Effect of Spatial Resolution on the Ability to Monitor the Status of Agricultural lands, *Remote Sensing of Environment*, vol. 61, 1997, pp.210-220.
- Marceau, D. J., P. J. Howarth, and D. J. Gratton, Remote Sensing and the Measurement of Geographical Entities in a Forested Environment. 1. The Scale and Spatial Aggregation Problem, *Remote Sensing of Environment*, vol.49, 1994, pp.93-104.
- Singh, A., Digital change detection techniques using remotely sensed data, *IJRS*, 1989, 10:989-1003
- Woodcock, C. E. and A. H. Strahler, The Factor of Scale in Remote Sensing, *Remote Sensing of Environment*, vol.21, 1987, pp.311-332.