

Landsat 영상자료를 이용한 평양주변지역의 토지피복변화분석

정미령, 이규성¹⁾

1. 서론

북한은 우리와 지리적으로 가장 가까운 곳임에도 불구하고 지난 50여년동안 미지의 지역으로 존재하였다. 휴전이후 북한은 고립적이고 폐쇄적인 정치를 고수해 오고 있으며, 이러한 북한에 대한 조사나 연구는 매우 민감한 사항이고, 제한적으로 이루어져왔다. 최근 북한은 극심한 식량난으로 국제사회의 주목을 받고 있고, 그러한 식량부족 현상에 대하여 다각적인 원인분석과 대책마련이 시급한 상황임에도 불구하고 북한지역의 농지현황에 대한 정확한 자료를 얻을 수 없는 실정이다. 이러한 현실 속에 자료를 획득하는 적절한 수단은, 지난 1970년대 초반부터 인공위성을 이용하여 북한과 같이 접근이 어려운 지역의 정보획득을 위한 중요한 도구를 제공해 왔으며, 주기적인 관측으로 시기별 토지피복형 변화분석 및 재해 모니터링에 활발히 이용되고 있는, 원격탐사기술이다. 원격탐사기술로 획득된 디지털 위성영상자료들의 처리와 분석은 약 25년 동안 북한에 있어서 자연현상과 인간의 이용에 따른 산물이라 할 수 있는 토지피복변화들을 보여준다.

원격탐사로 획득된 디지털영상자료를 이용한 변화탐지 분석하는 기법은 크게 영상출력을 통한 정성적인 판독방법과 영상처리기법을 이용하여 변화가 발생된 지역을 자동탐지하고 그 변화유형을 정량적으로 분석하는 방법으로 구분된다. 영상처리기법을 이용하여 정량적인 분석을 하는 방법에는 시기별 인공위성영상자료를 중첩하여 합성된 영상을 제작하여 변화지역을 판독하는데 사용하거나, 시기별 영상간의 차이점을 산술조합(difference, ratioing)으로 변화지역을 찾아낼 수 있는 영상변환기법이 있다. 또한 각 시기별 영상자료를 독립적으로 자동분류하여 분류된 결과를 직접 비교하는 방법이 있다 (Singh, A., 1989).

본 논문은 지난 1970년 이래 북한에서 발생한 시·공간적 토지이용변화의 지리적, 지형적 특성을 밝히고자하는 연구과제의 초기결과를 기술한 것으로, 이미 획득된 Landsat 위성영상을 통하여 북한지역의 특성지역을 선정하여 지난 20여년 동안 발생한 토지피복 변화의 규모와 특징을 밝히고자 한다.

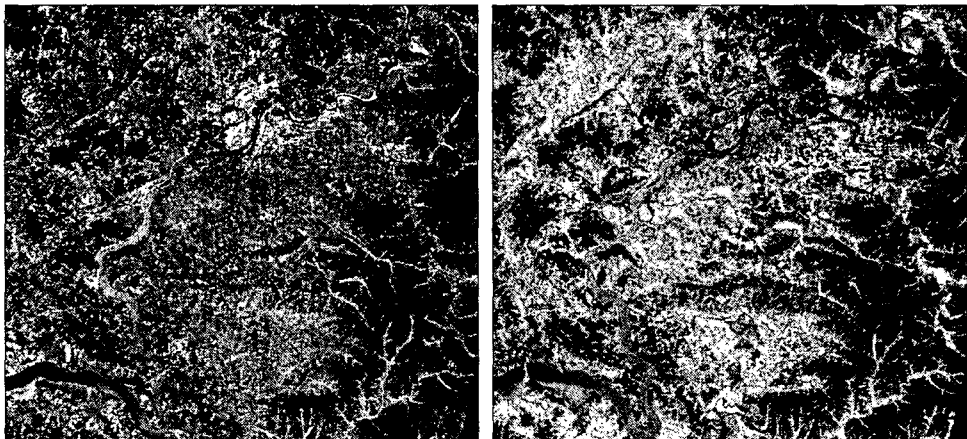
1997년 추계 학술발표대회 논문집 제1권

2. 연구지역 선정 및 위성영상자료 획득

연구지역은 북한에서 토지이용변화가 상대적으로 활발하리라 예상되는 평양을 중심으로 하여 평안남도 및 황해도 북부지역을 포함하는 약 20,000km² 지역을 선정하였다. 위성영상자료는 지난 1972년부터 현재까지 꾸준한 영상을 공급하고 있고, 따라서 과거자료의 축적이 잘 되어 있는 Landsat 영상이 이용되었다. 연구지역에 해당하는 과거 영상의 획득시기, 자료의 상태, 구름의 영향 등을 고려하여 약 3년 간격으로 영상자료를 구입하고자 하였으나, 예비단계로서 우선적으로 선정되어 사용된 영상은 1977년부터 1993년까지 4개 연도의 영상이다. 표 1은 사용된 영상의 종류와 간단한 특성을 보여준다. 토지피복변화분석을 위한 시계열 영상자료의 조건은 식물의 성장주기를 감안하여 동일한 계절의 영상을 사용함이 원칙이나, 본 논문에서는 구름의 영향과 센서 상태 등의 원인들로 인한 자료획득의 제한으로 다소의 시기적 차이가 있다.

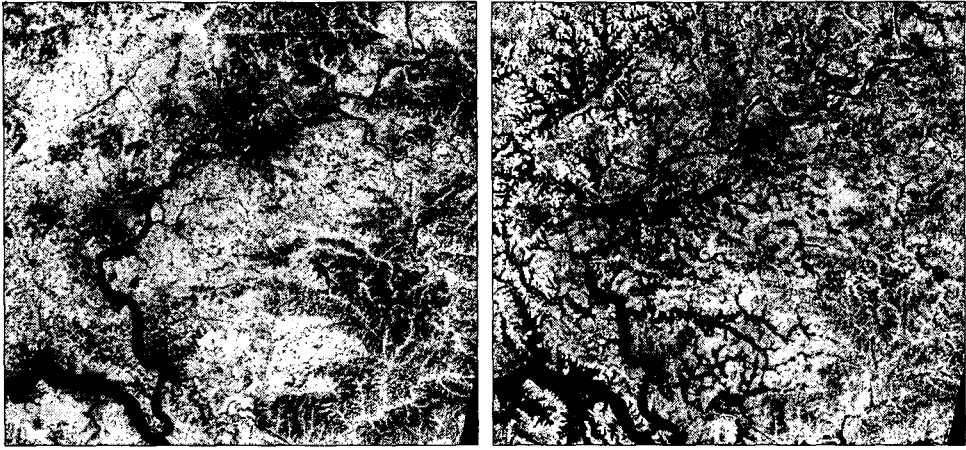
인공위성	센서	파장영역	밴드수	공간해상력	자료획득일
Landsat 2호	Multispectral Scanner(MSS)	0.5-1.1	4	80m	1977년 9월
Landsat 3호					1980년 10월
Landsat 4호	Thematic Mapper(TM)	0.45-12.5	7	30m	1984년 10월
Landsat 5호					1993년 5월

표 1. 사용된 영상자료의 시기 및 특성.



(a)

(b)



(d)

(c)

그림 1. 연구지역 중 평양을 중심으로 발췌한 Landsat MSS 및 TM 영상 :

(a)1977년(가시영역), (b)1980년(가시영역),

(c)1984년(중적외선 영역), (d)1993년(중적외선 영역).

3. 위성영상보정

변화탐지는 서로 다른 시기의 관찰에 의해 관찰대상이나 현상의 상태의 차이를 정의하는 과정이다. 따라서 시기별 차이가 있는 영상들의 분석에 있어서 대기과 태양 각도, 센서 등의 차이에서 발생하는 광학적 왜곡과 서로 다른 좌표체계로 인한 기하학적 왜곡으로 변화탐지에 영향을 미치는 외적요소들의 영향들을 보정해주는 전처리 과정은 필수적이라 하겠다.

토지이용변화탐지를 위한 자료의 직접적 분석에 앞서 전처리 과정으로 광학적 보정과 기하학적 보정을 실시하였다. 70년대 영상자료들은 센서의 불안정에 기인한 광학적 왜곡현상이 자주 발견되었다. 연구에 사용된 영상에서는 일정하지 않은 선으로 원 값을 벗어나 매우 밝게 나타나는 stripping이 발견되었다. 이는 필터링 기법을 사용하여 stripping이 일어난 부분만 주위 화소의 통계값으로 보정해주었다. 또한 변화의 공간적 정확도를 높이기 위해 각 영상들을 영상-대-영상 기하학보정으로 매칭을 시킨 후, 영상-대-지도 기하학 보정으로 영상들을 실좌표 체계로 변환시켰다. 본 논문에서 기하학보정을 위해 사용된 지도는 Universal Transverse Mercator(UTM) 좌표체계를 지녔다. 이 때문에 본 연구영역이 51구역과 52구역으로 분리되어 다른 좌표체계를 지니게 된다. 이 경우에 같은 좌표체계를 지니도록 Transverse Medicator(TM)으로 투영하게 되면 우리나라에서 사용하고 있는 TM이 동경 126°, 북위 38°를 기준으로 하기 때문에 52구역 좌표

값들은 마이너스값을 지니게 된다. 따라서 본 논문에서는 UTM에서 TM으로 다시 투영하되, 기준점이 동경 127°와 적도를 기준으로 하는 TM과 유사한 새로운 좌표체계로 투영하였으며 Ground Control Points(GCP)는 11개로 평균제곱근오차(RMSE)는 0.86, 0.97이다. 또한 이러한 단계를 거치며 MSS와 TM 센서의 공간해상력 차이로 인한 한 화소크기(면적)의 차이를 MSS 센서를 기준으로 설정해서 동일한 조건인 57m로 맞추었다. 그림 1은 20,000km²의 전체연구지역에서 평양을 중심으로 발췌한 부분지역에 대해 광학적, 기하학적 왜곡들을 보정한 영상으로, 1977년과 1980년은 가시광선 밴드의 영상을, 1984년과 1993년은 중적외선 밴드의 영상을 보여주고 있다.

4. 영상분류

각 시기별 위성영상은 자료가 획득된 당시의 태양고도각이나 대기 상태와 같은 효과들로 인하여, 동일한 지표물에 대해 시기적으로 서로 다른 반사신호를 나타내고 있다. 따라서 변화를 탐지하는 방법은 선행적으로 환경요인에 의해 발생하는 광학적 오차들을 보정하고 변화분석을 하는 방법들과 영상에 대한 광학적 보정을 하지 않고 각 시기 영상자료를 독립적으로 비교하는 방법으로 나눌 수 있다. 본 연구지역에서는 광학적 보정을 하지 않고 변화를 직접적으로 비교 분석할 수 있는 방법으로 post classification comparison을 실시하였다.

Post-classification comparison은 각 시기적 영상들에 대해 독립적으로 영상분류과정을 거친 뒤 그 결과를 분석하는 방법으로 변화탐지에 영향을 미치는 광학적 차이들을 고려하지 않아도 변화를 탐지할 수 있는 이점을 가지고 있다. 그러나 이러한 영상처리 기법에서 고려해야 할 사항은 분류오차가 변화탐지 분석결과에 그대로 반영되므로 최대한 분류를 정확하게 해야한다(Jensen, J. R., 1996, Green, K., 외 2인, 1994, Muchoney, D. M., 외 2인, 1994).

영상분류는 연구지역에 대한 보조자료(reference data)를 구할 수 없는 관계로 먼저 유사한 값을 가진 화소끼리 스스로 군집화(clustering)하여 분류하는 무감독분류법을 채택하였고, 군집화과정은 Iterative Self Organizing Data Analysis(ISODATA, Jensen,1996)알고리즘을 사용하였다. 연도별 위성영상자료들을 독립적으로 분류시, 표준편차는 1로, 군집의 수를 30, 반복횟수는 30회로 설정하여 가능한 한 교락의 정도가 낮고 세분화할 수 있게 실시하였다. 그 결과 MSS는 대략 29개정도의 서로 독립적인 군집을 생성하였고 TM도 29개의 서로 독립적인 군집을 생성하였다. 이와 같이 연도별로 생성된 군집들은 변화탐지를

위해 전체 시기에 대해 동일하게 바다와 강, 호수를 포함한 수면, 도시, 토양, 산림, 간척지, 밭, 논외의 분류등급으로 재분류하였다. 본 연구지역의 총 면적은 화소수에 단위면적을 곱하여 약 14402.2km²로 계산되었고 최종분류된 각 4개년도의 토지이용 면적의 통계치는 <표 2>와 같다.

5. 결과 및 고찰

Post-classification comparison을 사용한 변화분석 방법은 위에서 언급한 바와 같이 분류의 정확도가 변화분석에 그대로 반영되기 때문에 영상분류에 있어서 주의를 요한다. 그러나 본 논문에서는 분류결과를 객관적으로 검증할만한 현지자료와 같은 보조자료가 구비되지 않은 관계로 정량적인 분류정확도를 산출할 수 없었다. 따라서 영상분류결과에 대한 객관적인 검증 없이 토지피복변화의 특징을 설명하기에는 다소의 제한점이 있지만 <표 2>에서 나타난 통계치를 관찰하면, 몇 가지 흥미로운 점을 발견할 수 있다. 일반적으로 영상분류에 있어서 비교적 구분이 잘되는 등급으로 물과 산림을 들 수 있는데, 먼저 산림의 경우 꾸준한 감소를 보여 주고 있다. 또한 간척지의 경우에도 면적 증가를 보여주고 있는데, 이는 북한에서 지난 1960년대부터 꾸준히 진행되어온 농지확장 정책에 따른 개간사업의 결과라 생각할 수 있다.

분류등급	1977년	1980년	1984년	1993년
수면	3316.4	3314.2	3319.9	3287.2
도시	253.9	308.5	529.7	1524.5
토양	509.2	967.2	1015.6	814.1
산림	4698.9	4766.9	4380.0	3991.6
간척지	156.3	215.6	476.6	341.6
밭	2634.6	3131.9	2773.4	1775.8
논	2832.8	1698.0	1907.0	2667.4

표 2. 각 연도에 대한 토지이용분류등급별 면적. (단위:km²) 총면적:14402.2km²

산지의 감소에도 불구하고, 논과 밭을 합한 농지의 면적은 의외로 증가하지 않고 오히려 감소하는 추세를 보여주고 있다. 물론 사용된 영상의 획득 시기가 가을과 봄인 관계로 작물의 최대 성장상태를 반영하지 못하고 따라서 분류에 어느 정도 오류가 있을 수 있으나, 산지의 감소와 비례하여 도시와 토양 등급에서 면적이 꾸준히 증가하고 있음을 유의해야 한다. 일반적으로 식물이 없는 토양이나 도시지역의 분광반사도는 매우 유사하기 때문에 정확한 분류가 쉽지 않은데, 북

한지역에서 도시지역으로 분류된 면적 중 상당 부분이 작물이 제대로 자라지 못하거나 재배를 포기하고 버려진 상태의 토양 등급으로 분류되었을 것이다. 이번 분류 결과에 따라서 유추해볼 수 있는 것은 상당 면적의 산림이 농지로 사용되기 위하여 개간되었으나, 작물의 재배에 부적합토양이거나 또는 재배 기술이나 자본의 미비로 농지로서의 기능을 제대로 수행하지 못하고 황폐화되어가고 있는 것이 아닌가 생각된다. 작물의 최대 생장기인 여름의 영상자료를 사용하면 이러한 의문점을 해결할 수 있겠으나, 한반도의 기후 특성상 구름이 없는 상태의 여름 영상을 획득하기에는 많은 어려움이 있다. 북한에서의 토지이용변화에 대한 이해는 북한의 사회적 경제적인 상황과 함께 고려되어야 할 사항이고 이에 대한 추가적인 분석이 요구된다.

보다 정확한 분류를 위해서는 영상자료에 나타나는 각 분류 등급에 대한 분광 반사 특성에 대한 보다 분석이 요구되며, 아울러 다른 시기별로 나타나는 식물의 생장주기에 따른 반사도의 변이가 충분히 고려되어야 한다. 본 논문에서 적용된 군집화를 통한 무감독 분류에 있어서 각각의 군집을 분류등급으로 할당하는 과정에 있어서 오류 또한 무시할 수 없을 것이다. 현지 검증이 가능한 남한 영상 자료를 사용하여 북한의 영상에서 관찰되는 특이한 지점이나 현상에 대한 상대적 비교 분석을 병행한다면 정확한 분류가 가능할 것이다.

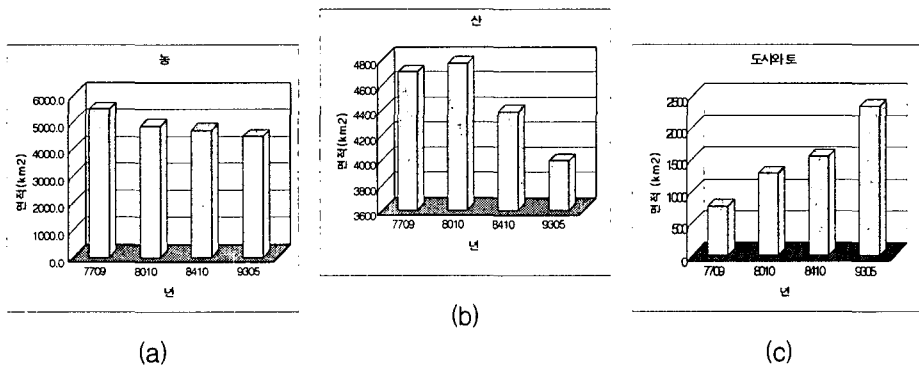


그림 2. 연구지역의 주요 토지피복형의 연도별 변화 :
(a) 농지(논+밭), (b) 산림, (c) 도시와 토양을 합한 면적.

6. 결론

Landsat 위성 영상을 이용하여 지난 20여년 동안 북한의 평양 주변 지역에서의 토지피복 변화에 대한 분석은 각 시기의 영상자료를 독립적으로 분류하여 그 결과를 비교하는 방법을 사용하였다. 분류 정확도에 대한 보다 객관적인 검증작업

이 추가적으로 요구되지만, 예비 단계로 시도해 본 영상분류 결과에서 발견할 수 있는 특이 사항은 꾸준한 산림 면적의 감소 현상이다. 물론 산림의 감소에 비례하여 다른 토지이용등급으로 전용은 농지의 증가보다는 일반 나대지의 증가로 관찰되었고, 토양이나 도시지역으로 분류된 지역에 대한 보다 세부적인 분석이 요구된다.

위성영상자료는 광범위한 지역에 대하여 토지피복 변화를 탐지하고 분석하는데 매우 효과적으로 사용될 수 있다. 그러나 토지이용변화에 대한 지리적, 지형적인 특징을 이해하고 보다 세부적인 원인규명을 위해서는 영상자료만으로는 한계가 있다. 토지이용변화의 특징을 분석하기 위해서는 각 등급별 면적의 시기별 단순 비교에서 벗어나, 그 지역의 지형, 하천, 도로, 행정 등에 대한 공간자료와 함께 병행되어야 할 것이다. 본 연구에 이어 동일지역에 대한 다양한 공간자료를 수치화하여 보다 합리적으로 토지이용변화의 특징을 이해하려는 작업이 진행되고 있으며, 아울러 변화현상을 객관적으로 나타낼 수 있는 지표의 개발, 그리고 과거로부터 변화패턴에 따라 미래의 변화를 예측하고자하는 연구가 추가적으로 계획되고 있다.

- 참고문헌 -

1. Green, K., Kempka, D., and Lackey, L., 1994, Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change, *PE & RS*, 60(3):331-337.
2. Jensen, J. R., 1996, *Introduction digital image processing*, Prentice Hall.
3. Muchoney, D. M. and Haack, B. N., 1994, Change detection for monitoring forest defoliation, *PE & RS*, 60(10):1243-1251.
4. Singh, A., 1989, Digital change detection techniques using remotely-sensed data, *Int. J. Remote Sensing*, 10(6):989-1003.