

초분광 위성영상 Hyperion을 활용한 토지피복지도 자동갱신 연구

Study on Automated Land Cover Update Using Hyperspectral Satellite Image(EO-1 Hyperion)

장세진¹⁾ · 채옥삼²⁾ · 이호남³⁾

Jang, Se Jin · Chae, Ok Sam · Lee, Ho Nam

¹⁾ 중앙항공(주) 지리정보연구소 연구원(E-mail:tino0459@paran.com)

²⁾ 경희대학교 전자정보학부 교수(E-mail:oschae@khu.ac.kr)

³⁾ 중앙항공(주) 지리정보연구소 연구소장(E-mail:yhnhan@chollian.net)

Abstract

The improved accuracy of the Land Cover/Land Use Map constructed using Hyperspectral Satellite Image and the possibility of real time classification of Land Use using optimal Band Selective Factor enable the change detection from automatic classification using the existed Land Cover/Land Use Map and the newly acquired Hyperspectral Satellite Image. In this study, the effective analysis techniques for automatic generation of training regions, automatic classification and automatic change detection are proposed to minimize the expert's interpretation for automatic update of the Land Cover/Land Use Map. The proposed algorithms performed successfully the automatic Land Cover/Land Use Map construction, automatic change detection and automatic update on the image which contained the changed region. It would increase applicability in actual services. Also, it would be expected to present the effective methods of constructing national land monitoring system.

1. 서 론

1972년 Landsat 위성의 출현을 계기로 국토 지리정보에 대한 위성을 통한 자료 수집이 시작되었고, 위성영상을 통한 지리정보 구축은 1986년 SPOT 위성의 발사를 계기로 상업화되고 대중화되었다. 특히, 인공위성영상의 토지피복지도 제작에 대한 활용 연구는 국가국토계획, 지역개발계획, 각종 정책수립, 환경 및 방재업무 등에 활용도가 높기에 과거부터 많은 연구가 있어왔다. 토지이용변화분석 및 환경영향평가를 위해 사용되어 도시화에 따른 주변 토지이용에 미치는 영향을 파악하는데 사용되거나 습지와 주변의 토지 현황의 상태를 파악하고 시계열별 분석방법을 적용하여 공간적 분석을 수행하여 환경변화를 파악하는 등 환경활용 분야에 적용되었다. 또한, 원격탐사와 GIS 기법을 이용하여 민간통제 구역으로 직접 조사가 어려운 지역의 위성영상 활용을 통한 피복특성분류 연구 및 DBFM(Decision Boundary Feature Extraction)을 통한 분류 정확도 향상에 대한 연구도 수행되었다

국내에서도 환경부를 주축으로 1998년부터 2005년까지 지속적으로 토지피복분류체계 연구 및 대, 중, 세분류 토지피복도를 제작해오고 있다. 또한 2006년부터 현재까지 SPOT-5 위성영상을 활용한 중분류 토지피복지도에 대한 갱신사업을 계획하고 진행 중에 있다(환경부 1999, 2001, 2002, 2005). 그러나 현재 수행되고 계획되어진 중분류 토지피복지도 제작 및 갱신 방법은 고해상 위성영상과 저해상 컬러영상의 융합(Resolution Merge)에 의한 전문 판독사의 도화를 기반으로 수행되어지기 때문에 많은 비용과 판독정확도 확보를 위한 전문 기술자를 필요로 하는 문제점을 갖고 있다(장세진 등, 2006a). 따라서, 지속적으로 변화되는 토지피복정보를 경제적으로 갱신하여 신뢰도를 확보하기 위해 2000년 실험위성으로 발사된 EO-1 Hyperion 초분광 위성영상(hyperspectral Satellite Image)을 활용한 최적밴드선택기법 및 중분류토지피복지도 제작 정확도 향상에 관한 연구가 수행되기도 하였다(장세진, 2006b).

본 연구에서는 대분류차원의 국토변화 자동모니터링을 위하여 변화하는 지형공간정보의 특성

에 맞추어 자동으로 토지피복지도를 갱신할 수 있는 방법을 연구하고자 한다. 앞선 연구 성과인 BSF(Band Selective Factor)를 이용한 최적밴드선택기법(장세진, 2006b)과 기존 환경부 토지피복지도 및 EO-1 Hyperion 위성영상을 활용하여 분류 후 변화탐지 방법 기반의 자동분류 변화탐지 알고리즘을 제안한다.

2. 자료처리 및 분석

2.1 사용데이터

본 연구에 사용된 환경부의 토지피복지도는 대, 중, 세분류로 분류되며, 대분류 토지피복지도는 1998년부터 Landsat TM/ETM+ 영상을 이용하여 남, 북한 전역에 대해 구축되었고, 2001년에 서울, 경기 지역의 중분류 토지피복지도를, 2002년에 한강, 금강권역에 대한 중분류 토지피복지도를 5.6m 공간해상도를 갖는 IRS-1C, 1D를 이용하여 구축되었다. 2.5m 공간해상도의 SPOT-5 위성자료는 2003년부터 이용되었는데, 2003년에 낙동강 권역 중분류 토지피복지도제작, 2004년과 2005년에 걸쳐 영산강 및 제주권역에 대한 중분류 토지피복지도제작에 이용되었다. 세분류 토지피복지도의 경우에는 2001년 1m 공간해상도를 갖는 IKONOS 위성영상을 이용하여 부분적으로 6개 지역에 대하여 제작하였다.

초분광 위성영상은 분광밴드가 많고, 연속적이고, 파장이 좁다는 특징을 가지며, 영상을 구성하는 각 화소에 해당하는 지표물의 완전한 분광특성곡선을 얻을 수 있는 자료라고 정의되어질 수 있다. 초분광 위성영상은 새로운 위성 기술 분야로서 2000년 미국 항공우주국의 소형위성을 이용한 지구관측 사업의 하나로 발사된 EO-1 위성에 탑재된 Hyperion 센서로부터 시작되었다. 이 위성 자료는 실험위성의 특성상 영상촬영이 주기적으로 이루어지지 않고 있지만 다른 초분광 위성영상과 다르게 일반에게 제공되어진다는 특징을 갖고 있다(김선화, 2005).

또한, EO-1 위성은 Landsat-7과 일치하는 지역에서 1분 간격의 차이로 다중분광과 초분광영상을 수집하기 때문에 기 구축되어진 대분류 토지피복지도가 Landsat 영상에 기반하고 있다는 측면에서 토지피복지도의 갱신을 용이하게 할 수 있을 것으로 판단된다. 이것은 국토모니터링을 위한 자동분류 변화탐지기법 연구에 시범사업의 일환으로 대분류 토지피복지도를 우선적으로 선택한 이유이기도 하다. 표 1은 EO-1의 관측센서의 특징을 소개한다.

표 1. EO-1 관측센서

Parameter	ALI	Hyperion	AC
Spectral Range	0.4~2.4 μ m	0.4~2.4 μ m	0.9~1.6 μ m
Spatial Resolution	30m	30m	250m
Swath Width	36Km	7.6Km	185Km
Spectral Resolution	Variable	10nm	6nm
Pand Band Resolution	10m	N/A	N/A
Number of bands	10	242	256

2.2 자동분류 변화탐지

초분광 위성영상은 대분류 토지피복지도 제작에서 증가된 분광정보를 이용하여 분류 정확도를 향상시키고 신뢰성 있는 토지피복지도 제작을 가능하게 한다. 또한 밴드선택요소를 통한 최적밴드선택 기법은 초분광 영상의 방대한 자료로 인해 나타나는 응용분야의 시간적, 비용적 측면의 제약을 감소시켜 실시간의 효율적 자료처리를 가능하게 한다(장세진 2006b). 이와 같은 초분광 위성영상 관련 연구는 토지피복지도의 자동화되고 효율적인 변화지역의 탐지 및 갱신에 사용되어질 수 있다.

2.2.1 자동학습집단생성 방법

토지피복지도의 갱신은 현재 토지피복의 특성과 새롭게 분석된 토지피복의 특성이 다른 경우에 수행되어진다. 여기서, 현재 토지피복은 기 구축된 환경부 토지피복도나 기존에 토지피복지도를 제작하기 위해 사용되었던 위성영상으로부터 생성된 토지피복도를 의미한다. 새롭게 획득되어진 위성영상의 토지피복지도 제작은 학습집단생성, 밴드선택, 영상분류, 정확도 검증의 일련의 절차를 거치게 되는데 가장 큰 문제가 되는 것은 학습집단 생성이다. 학습집단의 경우 일반적으로 사용자가 보조자료를 이용하여 최적의 피복특성을 나타내는 대상지역을 선정해 줌으로써 그 피복의 통계적 특성을 추출하게 되는데 지금까지 이런 수동적인 학습집단 선택이 자동분류의 수행을 가로막는 가장 큰 장애가 되었던 것이다. 만약 학습집단의 생성이 자동으로 이루어진다면 전체적인 영상분류 과정이 자동화되어지고, 자동화되어진 영상분류 기술을 기반으로 자동변화탐지와 자동갱신의 일련의 체계가 구축할 수 있을 것이다.

본 연구에서 제안된 자동학습집단 생성 방법은 기 구축 자료를 100% 활용하는데 그 특징이 있다. 신규 영상이 획득되고 지리부호화가 되어지면, 기 구축자료와 신규 영상은 지리적인 비교가

가능해진다. 제안된 알고리즘은 동일지역의 기 구축 토지피복도로부터 동일지역의 토지피복 특성에 따른 마스킹 영상을 제작한다. 마스킹 영상이라 함은 동일한 토지피복 특성을 담고 있는 화소는 1의 값을 그렇지 않고 다른 특성을 지니고 있는 화소는 0의 값을 갖는 토지피복특성에 따른 이진 영상을 의미한다. 생성된 마스킹 영상은 신규로 입력된 초분광 영상과 AND 연산을 수행함으로써 위성영상을 토지피복 특성별로 분할하게 된다. 토지피복특성별로 분할된 위성영상으로부터 각 밴드의 통계값을 계산한다. 그림 1은 자동학습집단 생성 절차에 대한 흐름도이다.

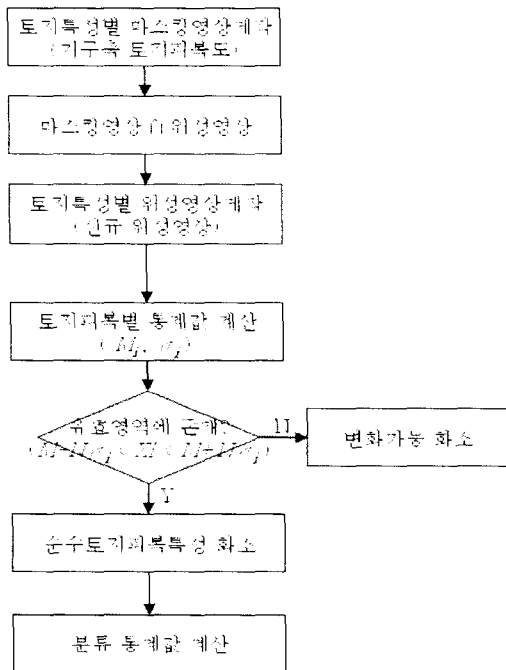


그림 1. 자동학습집단 생성절차

이 부분에서 수행하는 영상분류는 기본적으로 변화지역 탐지를 전제로 하고 있으므로 기 구축 토지피복도는 어느 정도의 변화지역을 포함하고 있는 것으로 가정할 수 있다. 그러므로 이렇게 생성된 토지특성별 위성영상 또한 변화지역을 포함하고 있다. 따라서 순수한 토지피복특성만을 담고 있는 위성영상 화소만을 식별하기 위해서는 화소값이 평균을 중심으로 일정 범위 내에 분포하고 있는 화소만을 식별하는 것이 필요하다 이것은 식 (1)과 같은 조건을 만족하는 화소들만을 선택함으로써 가능하게 된다.

$$M - N\sigma < X < M + N\sigma \quad (1)$$

여기서, M 은 평균이고, N 은 임의의 자연수, σ 는 표준편차이다.

일반적으로 N 값에 따라 순수한 토지특성을 구

성하는 화소가 변경되고 그 통계값도 달라진다. 오차론적인 입장에서 $\pm 3 \sim 4\sigma$ 이상의 값들은 과대오차 또는 과오로 분류되어 계산에서 제외하거나 다시 관측하므로 본 연구에서 이 이상의 값들을 순수한 토지피복특성과 다른 물질로 가정하여 변화된 화소로 분석할 수 있다. 따라서 이 범위에 포함되지 않는 화소들은 영상분류를 위한 학습집단에서 제외되고 해당 범위에 포함되는 화소들만으로 분류를 위한 통계자료를 생성한다.

2.2.2 자동분류변화탐지 방법

신규 위성영상으로부터 자동으로 학습집단이 선택되어진다면 초분광 위성영상을 이용한 자동분류가 가능하다. 초분광 위성영상의 자동분류는 신규 영상의 학습집단을 통해 밴드선택요소를 계산하여 최적밴드를 선택하고 영상분류를 수행하는 과정으로 진행되어진다. 위성 영상의 분류 결과영상은 동일지역에 대한 기 구축 토지피복도와 비교되어 변화 후보지역을 추출하고 후보지역에 대해 변화여부를 판단하여 갱신여부를 결정하기 위해 사용된다. 그림 2는 자동분류에 의한 변화탐지 및 갱신 과정을 나타낸다.

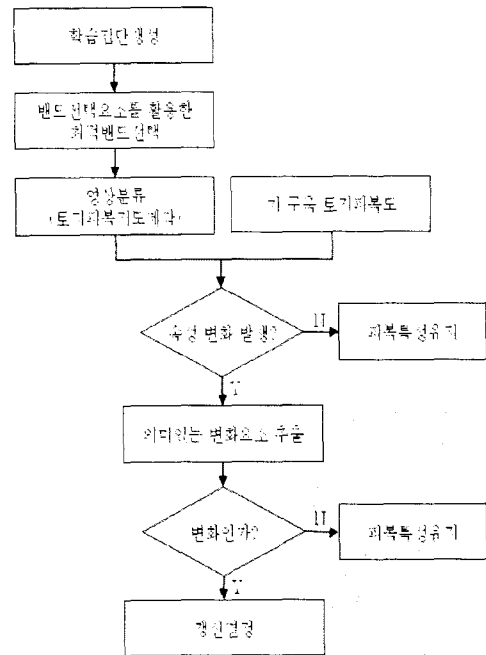


그림 2. 자동분류 변화탐지 및 갱신절차

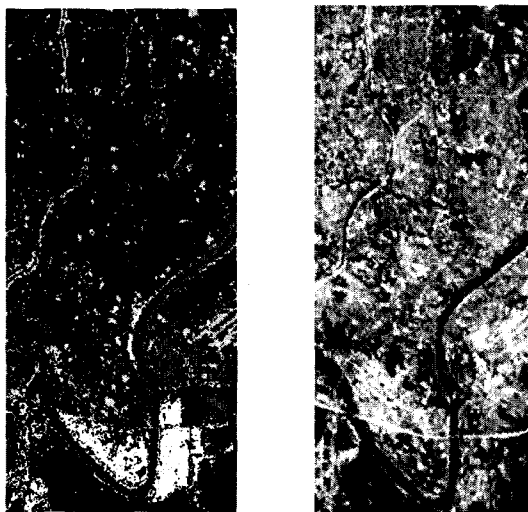
분류 결과영상과 기 구축된 토지피복지도와의 비교는 속성 비교를 수행하게 된다. 토지피복 속성의 변화가 발생한 경우에는 변화화소로 분류되고 그렇지 않은 경우에는 현재 피복속성을 그대로 유지한다. 모든 영역에 대해서 1:1로 비교되어진 변화지역 영상은 기상, 구름 및 다양한 원인에

의해 오분류가 발생한 화소를 포함하여 다양한 변화 유형을 포함하게 된다. 판독자는 이 변화지역 영상을 사용하여 피복자료와 신규 영상을 비교하여 변화지역을 분석하여도 좋지만 이 또한 비용과 시간을 소모하며, 지형분석에 필요한 전문가를 필요로 하게 된다.

변화지역 및 갱신지원을 위한 효과적인 방안을 모색하기 위해 본 연구에서는 의미 있는 변화요소를 추출할 수 있도록 프로그램을 구현하여 적용하였다. 의미있는 변화요소라 함은 속성 A에서 속성 B로의 변화가 사회 통념적으로 의미가 있는가의 문제이다. 예를 들어, 대분류 변화의 경우 산림 지역에서 수역으로 변화하는 예는 홍수 등의 특별한 경우를 제외하고는 거의 발생할 수 없는 상황이므로 이런 변화들을 제거하는 것과 산림지역이 시가화 건조지역으로 도시화 된 것과 같은 의미있는 변화를 추출하는 것이다. 추출된 의미있는 변화지역은 대부분의 경우 실제적인 변화발생 지역으로 판단 가능하며 판독자의 분석 없이도 일정정도는 갱신이 가능할 수 있을 것으로 판단된다.

2.2.3 자동분류변화탐지 적용

본 연구에서는 기 구축된 대구지역의 대분류 토지피복지도와 획득되어진 대구지역 초분광 위성영상 EO-1 Hyperion을 이용하여 제안된 절차에 따라 자동분류변화탐지를 수행하고 평가하였다. 전처리 작업으로 초분광 위성영상의 측지계는 WGS-84/UTM에서 Bessel/TM으로 보정되었으며, 화소값을 지니지 않은 밴드, 신호잡음비가 낮은 밴드, 오류 화소를 포함한 밴드들이 제거되어져야 한다. 그림 3은 대상 지역 자료를 보여준다.



(a) 토지피복도 (b) Hyperion

그림 3. 실험대상자료(대구지역)

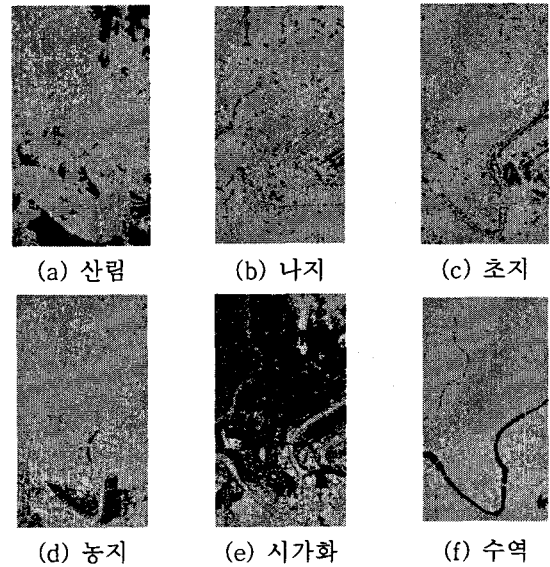
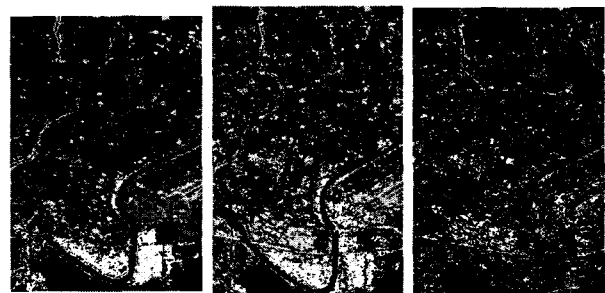


그림 4. 피복특성별 마스킹 영상

그림 4는 토지피복별 마스킹 영상을 제작한 것이다. 이 영상은 입력영상인 초분광 영상의 각 밴드와 AND 연산을 수행하게 되고 수행된 결과로 해당 토지피복별 위성영상이 제작되어진다. N의 값은 일반적인 실험자료의 정규분포의 경우 $M \pm 4\sigma$ 내에 존재할 확률이 99.9% 이상이고 그 이상의 범위는 과대오차나 과실로 볼 수 있으므로 본 연구에서는 $N=4$ 로 결정하였다. 토지특성별 초분광 위성영상의 한 화소 내의 단 한 밴드라도 이 범위를 벗어난다면 그 화소는 순수한 구성 물질로 볼 수가 없으므로 이런 화소는 제외한다.

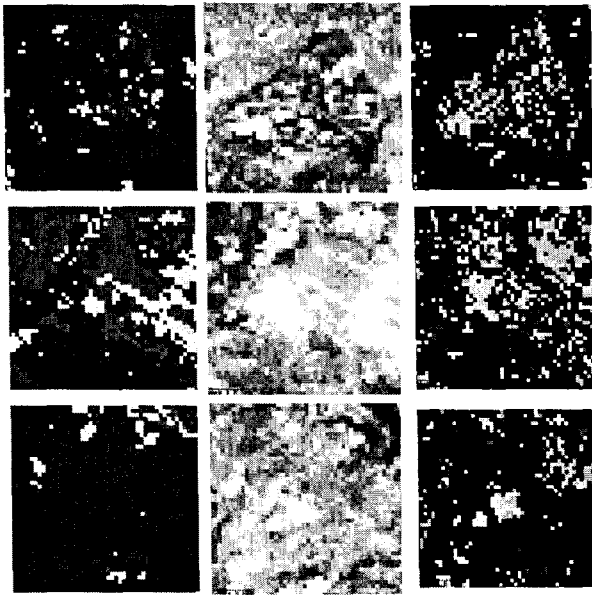
분류를 위한 최적밴드선택은 밴드선택요소(BSF)를 이용한 최적밴드선택 기법에서 $T=5, C_0=50$ 을 적용하여 선택하였는데 그 수는 모두 10이며, 총 142개 밴드 중에서 4, 7, 8, 24, 34, 55, 86, 107, 135, 142가 선택되었다. 그림 5는 기존의 환경부 토지피복지도와 초분광 위성영상을 이용한 자동분류, 그리고 속성변화탐지를 이용한 변화후보지역에 대한 영상이다.



(a) 기존토지피복도 (b) 신규토지피복도 (c) 변화후보지역

그림 5. 자동분류 및 속성변화탐지 결과영상

그림 6은 최종적으로 변화후보지역 영상으로부터 획득되어진 몇 개의 변화지역에 대한 실제 판독을 수행해 본 결과이다.



(a) 기준토지피복도 (b) 신규위성영상 (c) 변화후보지역

그림 6. 변화후보지역의 육안 판독결과

3. 결 론

국토의 변화를 자동으로 모니터링하는 것은 국토계획 및 토지관리 업무에 상당히 중요한 문제가 될 것이다. 그럼에도 불구하고 지금까지의 수동적인 방법에 의한 토지피복도 작성은 경제성 및 시간적인 측면에서 몇 가지 제약요소들이 있었다. 그 중 가장 큰 어려움은 효율적인 국토모니

터링을 위해서는 주기적으로 변화지역을 탐지하고, 분석되어지며, 자동으로 갱신 될 수 있는 일련의 체계들이 구축되어져야만 한다는 것이었다. 이런 점에서 본 연구에서 제안한 초분광 위성영상을 활용한 정확도 높은 영상분류 및 자동학습 집단 생성 및 자동변화탐지 갱신방안은 최소한의 분석자의 개입을 통해서 최대의 성과를 이루어냄으로써 결국 자동화된 일련의 국토모니터링 체계를 가능하게 할 수 있게 만들 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김선화, 이규성, 마정림, 국민정 (2005), 초분광 원격탐사의 특성, 처리기법 및 활용 현황, 대한원격탐사학회지, 대한원격탐사학회, 제 21권, 제 4호, pp. 341~369.
- 장세진, 채옥삼 (2006a), EO-1 Hyperion/Landsat-7 ETM+ 영상을 활용한 영상분류 정확도 분석, 춘계학술발표회 논문집, 한국방재학회, pp. 223~227.
- 장세진, 채옥삼, 이호남, 김진광 (2006b), 토지피복 지도 제작을 위한 초분광 영상 EO-1 Hyperion의 최적밴드 선택기법 연구, 한국측량학회지, 제 24권, 제 3호, pp. 1~9.
- 환경부 (1999), 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류, 용역사업보고서, 환경부, pp.19~49.
- 환경부 (2001), 인공위성영상자료를 이용한 토지피복분류도 구축, 용역사업보고서, 환경부, pp. 43~109.
- 환경부 (2002), 인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축, 용역사업보고서, 환경부, pp.9~83.
- 환경부 (2005), 인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축, 용역사업보고서, 환경부, pp.11~39.