다중 시기 Radarsat-1 자료와 ENVISAT 자료를 이용한 토지 피복 분류

Land-cover classification using multi-temporal Radarsat-1 and ENVISAT data

박노욱*, 지광훈

No-Wook Park* and Kwang-Hoon Chi

한국지질자원연구원 지질자원정보센터

E-mail: nwpark@kigam.re.kr

요약

이 연구에서는 C 밴드 SAR 자료이면서 서로 다른 편광 상태의 자료를 제공할 수 있는 다중 시기 Radarsat-1 자료와 ENVISAT ASAR 자료를 이용한 토지 피복 분류를 수행하였다. 다중 시기/편광 자료로부터 평균 후방산란계수, 시간적 변이도, 긴밀도 등의 특징을 기본적으로 추출하였고, 이외에 상호 비교를 위해 주성분 분석을 이용한 특징 추출을 시도하였다. 특징들을 이용한 분류기법으로는 Random Forests를 적용하였다. 충남 예당평야 일대를 대상으로 사례연구를 수행한 결과, 주성분 분석을 통한 특징과 다편광 자료를 이용하였을 때 분류 정확도가 향상되는 것으로 나타났다.

1. 서론

기상상태에 따른 자료 획득에 제한이 없는 SAR 자료를 이용한 지표환경 모니터링 혹은 토지 피복 분류에 대한 관심이 점차 증대되고 있다. 그러나 스페클 잡음, 기하학적 왜곡 등으로 인해 광학 위성자료만큼의 만족스러운 분류 정확도를 얻기가 쉽지 않다. SAR 자료를 이용한 분류에서 분류 정확도를 향상시키기 위한 여러 방법론 중에서 다중 시기 자료를 이용할 경우 SNR을 높이면서 SAR 시그널의 시계열적 변화를 직접 분석함으로써 토지 피복 구분력이 향상될 수 있다(Bruzzone et al., 2004). 그러나 박노욱 외(2005)에서 논의된 것처럼 단일 주파수 및 편광 상태의 다중 시기 SAR 자료만을 이용할 경우, 분류 항목간 혼재 특히 밭과 산림의 혼재는 여전히 나타나게 된다.

현재 운영중인 인공위성 SAR 자료는 C 밴드인 Radarsat-1(HH 편광)과 ENVISAT ASAR SAR(VV 혹은 이중 편광) 등이 있으며, 2006년 1월에 발사된 ALOS는 L밴드 다편광 자료를 제공할 예정이다. 현재 가용할 수 있는 SAR 자료 중에서 ENVISAT ASAR 자료는 ERS-1/2의 후속

으로 C밴드의 동일 자료를 제공하지만, 편광상태에서는 HH의 단일 편광 이외에 VV/VH, HH/HV, HH/VV 등의 이중 편광상태 자료를 제공할 수 있다. 이러한 이중 편광 자료를 이용할 경우 지표 피복 구분력을 향상시킬 수 있는 가능성이 높다.

이 연구에서는 C밴드 SAR 자료이지만 서로 다른 편광상태의 자료를 제공할 수 있는 다중 시기 Radarsat-1과 ENVISAT ASAR 자료를 이용한 토지 피복 분류 연구를 수행하여 이중 편광상태의 분류 정확도의 향상에의 기여를 살펴보고자 하였다.

2. 사용 자료

연구 대상 지역은 지형적으로 평탄한 충남 예당평야 일대에 해당한다. 연구지역에서 고려한 토지 피복은 수계, 논, 밭, 산림, 도심지 등 5개이다.

Table 1. Multi-temporal SAR data set

Sensor	Date	Polarization
Radarsat-1	2005.04.01 2005.04.25 2005.05.19 2005.06.12 2005.07.06 2005.07.30 2005.08.23 2005.09.16 2005.10.10	HH
ENVISAT ASAR	2004.10.31 2005.01.09 2005.02.13 2005.03.20 2005.04.24 2005.05.29 2005.07.03 2005.08.07 2005.09.11 2005.10.16	VV
	2005.06.17	VH/VV

Radarsat-1 자료는 2005년 4월부터 10월까지 Fine 2 모드(평균 입사각: 40°)로 촬영된 24일 주기의 9개 SLC 자료를 이용하였다. ENVISAT ASAR 자료는 2004년 10월말부터 2005년 10월까지 IS2 모드(평균 입사각: 23°) 및 VV 편광 상태로 촬영된 35일 주기의 10개 SLC 자료를 이용하였다. 또한 Descending orbit의 VH/VV 편광상태로 2005년 6월에 촬영된 자료도 함께 이용하였다. 개별자료들에 대해 전처리 과정으로 영상간 정합, 스페클 제거 필터링, DEM을 이용한 지형보정 등을 수행하여 분석에 이용하였다.

3. 특징 추출

다중 시기/편광 자료로부터 특징을 추출하기 위해 박노욱 외(2005)에서 고려한 평균 후방산란계수, 시간적 변이도 및 긴밀도를 고려하였다. 이러한 특징이외에 부가적으로 자료 압축 및 잡음 제거에 효과적인 주성분 분석을 이용한 특징 추출을 시도하여 상호 비교를 수행하였다. ENIVSAT ASAR 자료의 주성분 분석에는 VV 편광 자료와 VH/VH 편광 자료를 함께 이용하였으며, 추가적으로 VH/VV 편광비를 이용하였다.

다중 시기 자료로부터 추출한 특징들은 기존 연구결과와 유사한 토지 피복 구분력을 나타내었다. 즉 평균 후방산란계수에서는 수계와 도심지의 구분이 가능한 것으로 나타났으며, 시간적 변이도의 경우 시스템적인 변화가 나타나는 논의 값이 크게 나타났으며, 긴밀도에서는 도심지가 높은 값을 나타내었다. 그러나 편광상태의 차이에 따라 수계의 상태가 다소 다르게 나타났으며, VH/VV에서는 기존 이론적 모델과 지표 관측의 결과(Wegmuller et al., 2003)와 유사하게 밭과 산림의 구분력이

다른 특징보다 높게 나타났다.

주성분 분석을 적용하였을때, 시각적으로 PC1은 평균 후방산란계수와, PC2는 시간적 변이도와 유사하게 나타났다. 반면 잡음이 다소 들어가 있지만, Radarsat-1의 PC3에서는 밭 지역이 논 지역 일부와 더불어 다소 높은 값을 나타내었다.

이 연구의 주요 목표는 편광상태 및 추출 특징에 따른 분류 정확도의 변화양상을 살펴보는데 있기 때문에 분류방법론으로 비모수적 분류 방법이면서 변수의 중요도를 부가적으로 계산할 수 있는 Random Forests(Breiman, 2001)을 적용하였다. 이 기법은 원 훈련집단의 bootstrap 샘플로부터 훈련되는 많은 CART(Classification And Regression Tree)를 생성하여 이로부터 majority vote 결정 규칙을 이용하여 최종 분류 항목을 할당하게 한다.

4. 분류 결과

다중 시기 Radarsat-1과 ENVISAT ASAR 자료로부터 추출한 특징들의 다양한 결합에 따른 분류 정확도의 변화 양상을 살펴보기 위해 Table 2의 9가지 경우를 고려하였다.

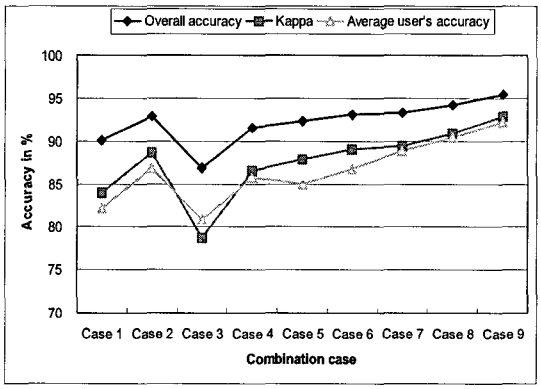
분류 정확도의 비교를 위해 전체정확도, 카파계수, 각 토지피복별 사용자 정확도 및 평균 사용자 정확도를 고려하였다.

Fig. 1은 Table 2의 각 경우별로 Random Forests를 적용하여 얻어진 분류 결과들의 분류 정확도와 각 토지피복별 사용자 정확도를 나타내고 있다.

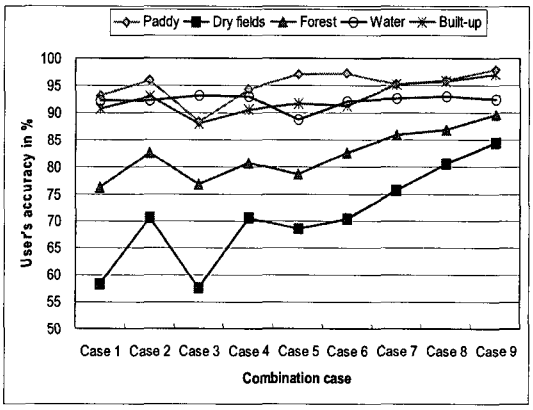
우선 Radarsat-1 자료만의 특징을 고려하였을때, Case 2가 Case 1보다 상대적으로 높은 분류 정확도를 나타내었으며, 특히 밭 항목에서의 정확도 10% 이상 향

Table 2. Combination cases of various features

Case No.	Combination
1	Radarsat-1(average backscattering coef., temporal variability, coherence)
2	Radarssat-1(PC1, PC2, PC3, coherence)
3	ENVISAT(VV average backscattering coef., VV temporal variability, VV coherence)
4	case 3 + ENVISAT(VH backscattering coef., VH/VV ratio)
5	ENVISAT(PC1, PC2, PC3, coherence)
6	Case 5 + VH/VV ratio
7	Case 1 + Case 3
8	Case 1 + Case 4
9	Case 2 + Case 6



(a)



(b)

Fig. 1 (a) classification accuracy for each case, (b) user's accuracy of land-cover class for each case.

상이 나타났는데 이는 PC3에서 밭과 다른 항목과의 구별이 가능한 정보를 제공하였기 때문인 것으로 판단된다. ENVISAT 자료의 특징을 고려하였을때에는 VH 자료를 고려하는 Case 4, 5, 6에서 분류 정확도가 향상됨을 확인할 수 있다.

Radarsat-1의 특징과 ENVISAT ASAR의 특징들을 융합하였을 때, 전반적으로 분류 정확도가 향상됨을 확인할 수 있다. 특히 세 개의 주성분 분석 항목, 긴밀도 및 VH/VV를 이용한 경우인 Case 9가 가장 높은 분류 정확도를 나타내고 있다. 이러한 결과는 HH, VV 및 VH의 효과가 혼합되어 분류 정확도의 향상에 기여하였기 때문인 것으로 판단된다. 특히 자료 융합의 효과는 밭 항목에서 두드러지게 나타나고 있다. 비록 사용 자료와 지역의 범위에서 차이가 있지만, 한가지 편광상태의 자료만을 이용하였을 때 나타나는 밭 항목과 산림 항목의 혼재는 다편광 자료를 이용함으로써 향상될 수 있다는 것을 나타낸다. 또한 시간적 범위가 큰 여러 시기 자료를 함께 이용함으로써 밭의 구분 능력 향상에도 기여하였다고 판단된다. 현지 조사 결과 연구지역에서는 봄철부터 여름까지는 콩, 깨, 고추, 고구마, 생강 등의 작물들을 재배하였는데, 가을철부터는 무, 배추, 마늘 등으로 작물들을 재배하는 것으로 나타났는데, 이러한 계절에 따른 작물들의 변화에 따른 정보가 시간적 범위가 큰 자료를 이용함으로써 반영되었다고 판단된다.

5. 결론

이 연구에서는 다중 시기 SAR 자료를 이용한 토지 피복 분류를 확장하여 다중 시기/편광 SAR 자료인 Radarsat-1과 ENVISAT ASAR 자료를 이용한 토지 피복 분류를 수행하였다. 밭과 산림 항목의 혼재는 주성분 분석, VH/VV의 특징을 추가함으로써 향상되는 것으로 나타났으며, 전반적인 정확도에서도 향상을 나타내었다. 이러한 결과는 SAR 자료의 분류 정확도 향상을 위해 다중 시기 및 편광 자료의 이용이 필요하며, 이 연구에서 추출한 특징들이 효과적으로 이용될 수 있음을 나타낸다. 추후 단일 시기에 획득된 다편광 상태 자료를 이용하거나, 보다 다양한 분류 항목을 나타내는 지역에의 적용 연구를 수행할 예정이다.

6. 사사

이 연구에 사용된 일부 ENVISAT ASAR 자료(2004.10.31, 2005.01.09, 2005.02.13)는 한국항공우주연구원으로부터 제공받았으며, 이에 감사드립니다.

7. 참고문헌

박노욱, 이훈열, 지광훈, 2005, 다중 시기 SAR 자료를 이용한 토지 피복 구분을 위한 특징 추출과 융합, 대한원격탐사학회지, 21(2):145-162.

Breiman, L., 2001, Random forests, Machine Learning, 45(1):5-32.

Bruzzone, L., M. Marconcini, U. Wegmuller, and A. Wiesmann, 2004, An advanced system for the automatic classification of multitemporal SAR images, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42(6):1321-1334.

Wegmuller, U., T. Storozzi, A. Wiesmann, and C. Werner, 2003, ENVISAT ASAR for land cover information, Proceedings of IGARSS 2003.