

원격탐사를 이용한 도로표면 분석

Analysis of Road Surface using Remote sensing

*이성순 · **지광훈

*LEE, Sung-Soon · **Chi, Kwang-Hoon

* 한국지질자원연구원 지질자원정보센터 선임연구원 (E-mail:gisyi@kigam.re.kr)

** 한국지질자원연구원 지질자원정보센터 책임연구원 지광훈 (E-mail:chikh@kigam.re.kr)

1. 서론

개발된 국가에서는 국민의 70%가 도시에 살고, 미개발지를 포함한 세계적인 인구의 42%(세계 인구 조사 참조, 1993)가 도시에 산다. 이러한 도시화는 토지의 이용과 피복의 변화에 많은 영향을 미친다. 특히, 도시환경중에서도 공간적으로 정확한 도로망 정보의 갱신은 도로관리를 위한 많은 이유로 매우 중요하다. 그러나 광범위한 영역에 대한 도로표면에 대한 DB 정보는 현재 존재하지 않는다. 이러한 도로망에 대한 광역적인 표면정보를 분석하기 위하여 인공위성영상자료의 분광특성은 효율적으로 활용될 수 있다. 이러한 도로를 포함하는 인공구조물에 대한 연구는 항공기반의 고해상도 초분광센서를 보유하고 있는 미국에서 이루어지고 있는데, Ronnen Levinson 과 Hashem Akbari은 콘크리트 도로의 분광정보를 이용하여 도로 평가를 하고 있고, 도로에 대한 분광정보를 활용하여 Dar Roberts는 도로망을 추출하는 연구를 수행하고 있다.

그러므로 본 연구에서는 대전을 대상으로 다중파장대 영상인 ASTER와 공간해상도가 대축적인 Ikonos 영상을 이용하여, 도로 표면특성을 분석하고자 하였다. 이는 도로 포장시기 및 교통량등과 같은 자료와 연계되어 도로의 관리의 기초자료로 활용될 수 있고 도시 개발이 활발한 우리나라에서 도로관리, 도심지환경모니터링 등에 적용할 수 있는 매우 유용한 기술이 될 것으로 생각된다.

2. 영상자료 처리

다중분광 위성영상자료를 도로의 분광정보와의 상관성을 분석하기 위하여 ASTER 및 Ikonos 위성영상과 KIGAM 인공지물 분광라이브러리의 아스팔트 분광정보를 활용하였다. (Table 1)

Table 1. 사용된 위성영상 자료

위성영상	취득날짜	센서	밴드수	공간해상도
Ikonos	2000/11/11	VNIR	4	4
Ikonos	2002/3/11	VNIR	4	4
ASTER	2003/3/9	VNIR/SWIR	3/6	15/30

연구를 위해 사용한 영상은 영상 제공시 가장 널리 사용되는 UTM, WGS84로 보정된 DN 기반을 가진다. 이러한 DN 값 기반의 영상자료는 태양에너지에 대한 지표면 반사값이 대기층을 통과해 얻어진 값을 근간으로 한다.

이러한 이유로, 현장에서 관측한 분광정보와 위성영상간의 상관관계는 존재하지 않기 때문에, 대기통과 반사값을 보정할 필요가 있다.

Fig.1은 도심지 도로표면 분석을 위해 위성영상자료를 분광정보 값으로 변환하고, 좌표계 변환 및 도로망추출에 관한 흐름도 이다.

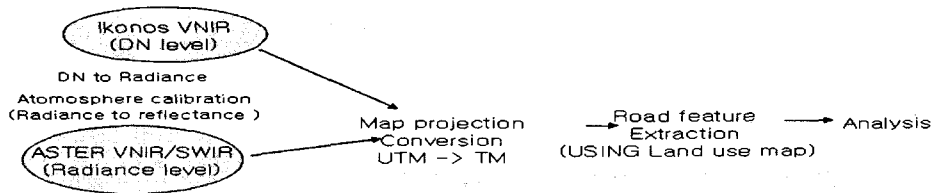


Fig. 1. Reflectance 값을 가진 도로망도 추출을 위한 흐름도

2.1 Ikonos 영상 처리

Ikonos 영상은 공간해상도 4m의 4개의 VNIR 파장대를 가지고 있다. ASTER 영상에 비해 상대적으로 적은 분광해상도를 가지고 있지만 공간해상도는 도로망을 구별하기에는 ASTER 영상에 비해 탁월하다. 이러한 ikonos 영상을 분광정보 기반으로 변환하기 위하여 DN 값을 Radiance 값으로 변환할 필요가 있다. (식1)

$$L_{\lambda} = DN / ((Calcoef/10) / Bandwidth) \quad (식1)$$

식1에서 Calcoef와 Bandwidth는 Table2와 Table3과 같다.

Table 2 Ikonos의 Calcoef (from Space Imaging Document Number SE-REF-016, Rev.N/C)

Spectral Band	Calcoef _k ($DN^* [mW/cm^2 - sr]^{-1}$)
MS-1(Blue)	637
MS-2(Green)	573
MS-3(Red)	663
MS-4(VNIR)	503

Table 3 Ikonos의 Bandwidth (from Space Imaging Document Number SE-REF-016, Rev.N/C)

Spectral Band	Lower50%(nm)	Upper50%(nm)	Bandwidth(nm)	Center(nm)
MS-1(Blue)	444.7	516.0	71.3	480.3
MS-2(Green)	506.4	595.0	88.6	550.7
MS-3(Red)	631.9	697.7	65.8	664.8
MS-4(VNIR)	757.3	852.7	95.4	805.0

식(1)에 의해 Radiance로 바꾼 ikonos 값은 Modtran 방법으로 대기보정함으로써 분광정보 값을 수행하였다.

2.2 ASTER 영상 처리

영상의 밝기값을으로 제공되어 지는 ASTER 영상자료를 센서가 가지는 특성과 대기의 효과를 제거해주는 과정 등이 필요하다. Fig. 2는 분광반사율 기반의 ASTER 영상을 처리하는 과정을 나타낸 것이다.

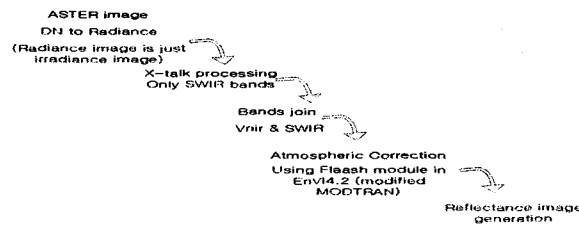


Fig. 2 ASTER 위성영상 자료의 처리 흐름도

ASTER 영상의 SWIR 밴드의 정보들은 센서의 기계적인 오차에 의해 발생하는 화소 밝기값의 편위가 발생하는데 이를 Cross-talk 효과라고 하며, 이는 가시광선 및 근적외선 파장대 영역이나, 열밴드 부분보다 SWIR 밴드에서 많은 영향을 받는다. 영상을 처리하기 전에 반드시 보정되어 져야 하는 부분이다. 본

연구에서는 Envi 4.3에을 사용하여 보정하였다. 또한 일반적으로 $(DN-1)*GainValue$ 의 식에서 얻어지는 Radiance는 대기권의 효과를 가지고 있는 radiance 값으로써 이를 지표면의 특성을 변화시키기 위하여 대기보정을 이용한 분광반사율 값으로 변화시킬 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 대기보정 모듈인 Modtran 모델을 사용하여 대기 보정하였다.

2.3. Ikonos 영상과 ASTER 영상의 조합

ASTER 영상과 Ikonos 영상의 영상내의 상대적인 분광값은 일정하다는 가정아래, 두개의 영상을 동시에 분석하기 위하여 식(2)의 식에 의해 ASTER 영상을 기준으로 두 영상의 분광정보는 조합되었다.

$$y = -0.00002x + 0.00001 \text{ 식(2)}$$

여기서, y 는 변환될 ikonos 영상의 분광정보, x 는 처리되어 얻어진 ikonos의 분광정보

3. 도로표면 분석

분광반사율 값을 가지는 위성영상에서 도로 표면의 특성을 반영하는가를 보기 위하여 다음 그림과 같은 연구대상지에 대하여 8개의 지점을 선택하고 각 지점의 값을 end-member 하여 분석하였다.

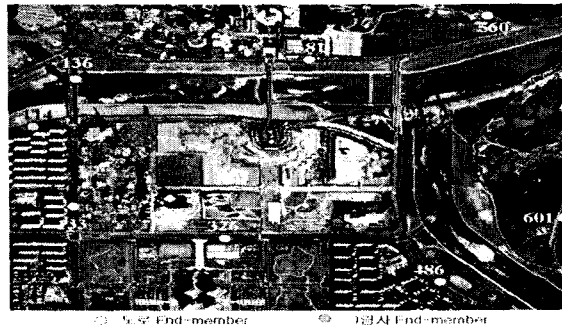


Fig. 3 도로의 표면분석을 위한 end-member 위치(Ikonos 영상과 중첩)

이때에, 7곳의 도로에 대한 최신성은 아스팔트에 대한 KIGAM, NASA JPL 및 캘리포니아 대학의 분광 특성 곡선을 참조하였다.(Fig. 4) 3개 기관의 아스팔트 분광특성은 포장년도가 오래될수록 값이 크게 나타나는 공통점을 가지고 있었다. 처리된 영상중에 2002년 3월 11일 Ikonos 영상과 2003년 3월 9일 ASTER 영상을 가지고 값의 분포를 분석하였다.(Fig. 5)

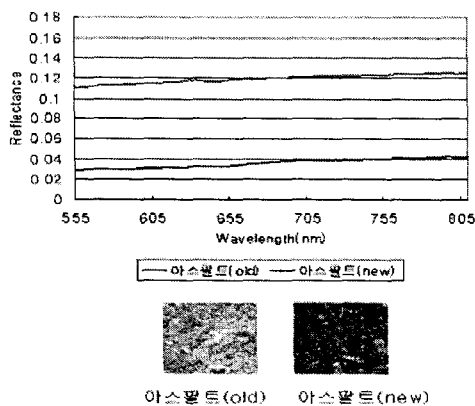


Fig. 4 KIGAM의 인공구조물 분광라이브러리의 아스팔트 분광특성

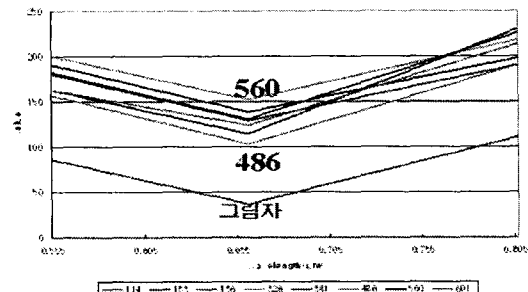


Fig. 5 End-member 위치에서의 영상기반 분광정보

그림자가 포함된 도로 1곳과 7개의 도로로 결정된 End-member의 위치에서의 영상기반 분광값을 분석하면, 그림자가 가장 낮은 값을 가지고, 560 지점의 end-member가 가장 큰 값을 가진다. 아스팔트 도로에 대한 기존의 분광정보 값에서는 도로의 노후화에 따라 값이 증가하는 추세를 나타내므로 560지점의 도로가 표면상태가 가장 오래되었거나 어떤 에어요인을 포함하고 있는것으로 추론할 수 있다. 또한 486 지점이 그림자 다음으로 낮은 값을 가지고 있었다.

이에 가장 도로표면 상태가 좋을 것으로 생각되는 486 지점 값을 end-member로 하여 Matched Filtering 한 결과는 Fig. 6과 같다.



Fig. 6 End-member 486 위치와의 일치도

486 end-member을 기준으로 도로 피복 상태를 분석한결과를 가지고 주요 지점에 대하여 2002년 3월 11일 ikonos 영상과 2003년 3월 9일 ASTER 영상에서의 분광특성을 분석하였다. (Fig. 3.3.7, Fig.3.3.8) 두 개의 영상에서 공통되는 파장대에서는 지점별 값의 분포와 차이가 거의 같게 나타났다. 이결과를 통해 다중분광 위성영상자료의 분광정보를 이용한 도로표면 분석의 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다.

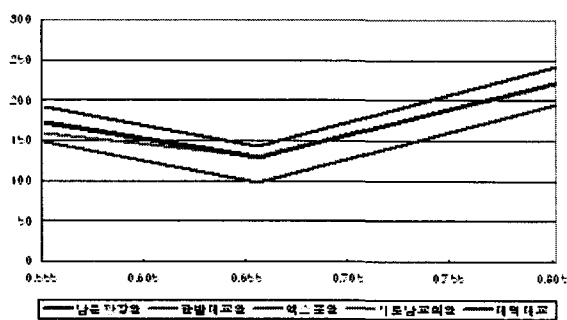


Fig. 7 Ikonos 영상에서의 지점별 분광특성

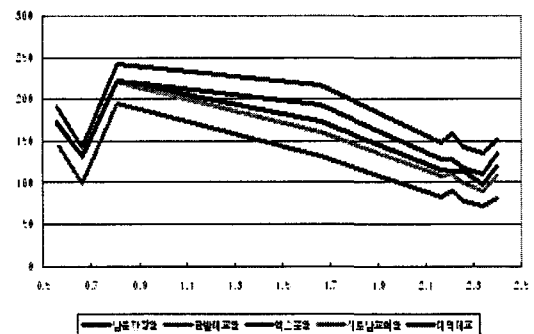


Fig. 8 ASTER 영상에서의 지점별 분광특성

4. 결론

대전시 일부를 대상으로 하여 분광정보기반의 인공위성 정보를 가지고 도로의 표면을 분석한 결과 그 가능성을 알 수 있었다. 또한 도로를 포함한 인공구조물은 영상의 획득시기에 따른 영향을 식생에 비해 덜 받음으로 그 활용성이 더욱 큰 것으로 생각된다.

그러나, 연구결과의 신뢰성 확보를 위해 도로포장년도, 교통량 등과 같은 도로에 대한 현장자료를 가지고 결과를 검증할 필요가 있다. 또한 고층건물, 가로수 등과 같이 도로 feature에 혼합되어 있는 효과를 분리하고 제거하는 방법이 추가적으로 연구되어야 한다.