

RADARSAT 위성영상과 지형정보를 이용한 산악지역의 수계지역 추출 정확도 향상

Improved Water Area Classification from Radarsat SAR Image and Surface Informations in Mountainous Area

손홍규· 유환희· 송영선· 장훈

Sohn, Hong Gyoo · Yoo, Hwan Hee · Song, Yeong Sun · Chang Hoon

정희원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수 tel)02-2123-2809

정희원, 경상대학교 도시공학과 교수 tel) 055)751-5321

정희원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정 tel)02-2123-2809

정희원, 성균관대학교 토목환경공학과 전임강사 tel)031-290-7524

요 지

위성영상으로부터 수계영역을 분류하는 일은 홍수관련 분석을 위해서 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 홍수발생시 취득된 RADARSAT 영상을 이용해서 산악지역의 수계영역의 분류를 목적으로 하였다. SAR 영상은 능동적 영상취득을 수행하므로 광학영상에 비해서 수계영역이 확실하게 나타나는 반면에 지형의 기록에 따른 여러 가지 왜곡현상이 발생한다.

본 연구에서는 RADARSAT 영상으로부터 수계영역의 분류를 위해 방사보정, 그림자 효과 제거, 고도자료 및 경사도 자료의 활용 등의 경우로 구분하여 연구를 수행하였다. 그 결과 RADARSAT 영상만을 활용할 경우 분류의 정확도에 한계를 보였으며, RADARSAT 영상에 지형정보를 추가로 활용함으로써 정확한 수계영역을 분류할 수 있었다. 특히 RADARSAT 영상과 경사도 자료를 동시에 활용하여 수계지역을 분류하는 것이 가장 효과적임을 알 수 있었다.

1. 서론

SAR영상은 지표면의 기록에 매우 민감하게 반응하며, 이에 따라 수계영역과 비수계영역이 영상에서 명확하게 구분된다. 홍수지역 수계영역의 레이다 역산란계수를 안다면 영상에 대한 방사보정을 수행하고 threshold와 같은 간단한 기법만으로도 수계지역의 분류할 수 있다¹⁾. 그러나 평지지역에 있어서는 이러한 과정만으로도 충분한 정확도를 확보할 수 있지만 지형의 기록이 심한 지형에 있어서는 그림자 효과로 인해 분류 정확도가 급격하게 저하된다. 지형의 기록에 의한 그림자 효과가 발생하는 영역

은 수계영역과 비슷한 반사특성(낮은 dB 값)을 보임으로서 수계영역 분류시 많은 오류를 발생시킨다. 따라서 지형기록에 의한 방사왜곡의 보정이나 광학영상과의 영상합성 등과 같은 복잡한 과정을 수행해야 정확도를 향상시킬 수 있다. 그러나 이러한 작업은 많은 양의 처리와 시간이 소모되는 단점이 있고, 특히 홍수시에는 광학영상을 활용할 수 없는 문제점이 존재한다.

RADARSAT영상으로부터 분류정확도 향상을 위해서 스펙클 제거를 위한 필터의 개발, 광학영상과의 융합 기법 개발, 레이다 역산란 모델의 개발, 지형기록에 의한 왜곡

보정 등과 같은 많은 연구가 수행되어 왔다²⁾³⁾. 따라서 본 연구에서는 이러한 연구를 기반으로 RADARSAT 영상으로부터 정확한 수계영역을 추출하기 위한 방법에 대한 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 RADARSAT 위성영상으로부터 수계영역을 분류하는데 가장 적합한 방법을 찾기 위해서 각각 5개의 CASE로 구분하여 연구를 수행하였다. CASE1은 원영상만을 이용하는 경우, CASE2는 원영상에 대해서 레이다 역산관계수를 계산한 다음, 안테나 패턴을 보정하고, 스페클을 제거한 경우, CASE3은 CASE2에 지형의 기록에 의한 그림자 효과를 제거한 경우, CASE4는 CASE2에 고도값을 고려한 경우, CASE5는 CASE2에 경사를 고려한 경우로 각각 5가지로 구분하였다. 각각의 CASE별로 최대우도법 분류법을 적용하여 영상분류를 수행하고, 그 정확도를 비교하였다.

3. 연구대상지역 및 사용 데이터

본 연구에서는 수계지역의 분류를 위해서 충청도의 금강권 유역 하천을 대상으로 하였으며, 이 지역은 댐, 호수, 하천 등으로 구성되어 있다. 대상지역의 고도는 약 28m에서 830m까지, 경사도는 최대 약 64°까지 분포하고 있으며, 좁은 계곡을 따라서 수계영역이 형성되어 있어 수계영역을 분류하기에 상당히 난해한 지역으로 간주할 수 있다 (그림 1).

표 1 표 1. RADARSAT 위성영상의 특성

Scene Data	August 12, 1996
Beam Mode	Standard 6 (41°~46°)
Polarization	HH
Wavelength	C-band (5.6cm)
Orbit	14461-ascending
Product Type	Path image (SGF)
Size	8630 lines, 8724 pixel
Image nominal size	100km × 100km
# of Looks(range×azimuth) (m)	1×4
pixel spacing	12.5m

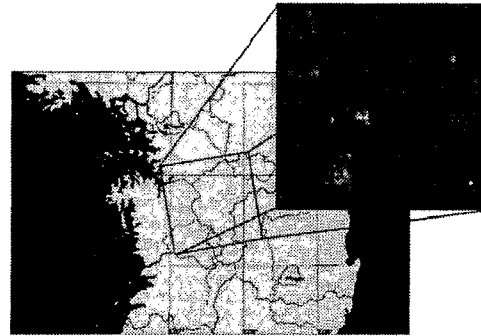


그림 1. 대상지역 및 대상지역 영상

본 연구에서 사용한 SAR영상은 1998년 8월 12일 취득된 RADARSAT SAR 영상으로서 이 시기에 태풍 YANNI와 PENNY의 영향으로 홍수가 발생하였으며 이로 인해 보청천주위로 범람이 발생하였다⁴⁾. 본 연구에서 사용한 RADARSAT 영상의 특성은 표1과 같다.

4. 자료처리 및 분석

4.1 고도자료 및 경사자료 생성

산악지역에 존재하는 수계영역의 분류정확도 향상을 위해서 SAR 영상과 광학영상의 영상합성에 대한 많은 연구가 수행되어 왔으나, 홍수시에는 광학영상의 취득이 불가능하므로 SAR 영상만을 이용하여 수계영역을 분류해야 한다. 따라서 본 연구에서는 SAR 영상에 지형정보를 활용함으로써 분류정확도를 향상시키고자 하였다.

수치고도모형은 두 장의 입체영상에 대해 영상정합을 이용하거나 Lidar Data, SAR interferometry & radargrammetry, 기존의

종이지도(지형도) 혹은 수치지도 등을 이용하여 생성할 수 있다. 본 연구에서는 기존에 제작된 수치지도를 이용하여 수치고도모형을 생성하였다. 수치지도는 각각의 지형지물이 레이어별로 생성되어 있고, 각각의 지형지물은 vertex나 node 점으로 구성되어 있다. 따라서 수치지도를 구성하고 있는 레이어들 중에서 평면좌표와 고도값을 가지는 등고 레이어와 점 레이어상의 vertex와 node 점들을 추출하였다. 추출된 점들을 이용하여 먼저 불규칙삼각망을 구성하고, 생성된 불규칙삼각망을 격자 보관하여 수치고도모형을 생성하였다. 본 연구에서는 대상 지역의 1:5000축척으로 제작된 수치지도 200장을 이용하였으며, 해상도 20m인 수치고도모형을 생성하였다. 본 과정을 통해서 생성된 수치고도모형은 Bessel, TM(경도 127° 위도38°)기준이다.

수치지도로부터 생성된 수치고도모형을 이용하여 경사도 자료를 생성하였으며, 해상도는 수치고도모형과 동일한 20m이다. SAR 영상에서 경사도가 낮으면서 레이더 역산란계수 역시 낮은 일정크기 이상의 지역(다시 말해서, 지형기복에 의한 그림자 효과 영역이 아니면서 레이더 역산란계수가 낮은 지역, 스펙클 노이즈가 아닌 지역) 수계영역이 확실하므로 경사도를 활용하면 분류정확도를 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 홍수시 수계영역의 추출을 목적으로 하였으므로 평상시 수계영역보다 수계영역이 확장되어 있다. 따라서 평상시 경사도 자료에 3×3 minimum필터를 적용시켜 평지지역을 확장시켰다.

4.2 RADARSAT 영상의 전처리

Amplitude 영상에 대해 레이더 역산란계수를 계산하였으며⁵⁾, 역산란계수를 계산한 결과 -40.09dB에서~8.32dB까지의 값의 분포를 보였다. 또한, SAR 영상은 안테나 패턴효과에 의해 영상의 경사거리방향으로 레이더 역산란 계수가 영상의 중심까지 점차 증가하다가 감소하는 특성을 보인다. 안

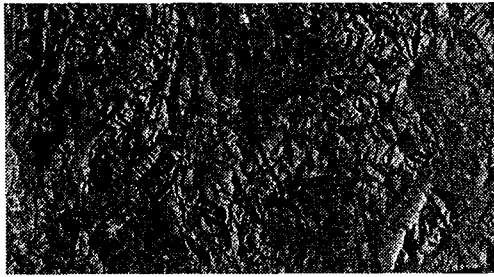
테나 패턴보정은 SAR의 안테나 패턴을 인한 경사거리방향 non-uniform illumination에 대한 효과를 제거함으로써 SAR에 대한 방사학적 보정을 수행한다¹⁾. 본 연구에서는 2차 polynomial fitting method를 적용하여 안테나 패턴보정을 수행하였다.

SAR영상은 영상전체에 스펙클 노이즈가 분포하며, 영상의 분류정확도를 향상시키기 위해서는 반드시 스펙클 노이즈를 제거하여야 한다. 스펙클 노이즈를 제거하는 필터로는 Lee, GammaMap, Frost, median 필터 등 여러 가지가 존재하지만, 본 연구에서는 수계영역의 분류를 위한 목적으로 스펙클 노이즈를 제거하는데 가장 효과적인 lee-sigma 필터를 적용하였다⁶⁾. 이때, 3×3 크기의 윈도우를 2번 적용하였다.

RADARSAT 위성영상을 지형과 동일한 좌표계로 변환하기 위해서는 기하보정을 수행해야 하며, 특히 본 연구에서는 분류시 고도자료나 경사자료를 추가적인 정보로 활용하고자 하기 때문에 보다 정밀한 기하보정의 과정이 필요하다. RADARSAT 1호의 경우 영상의 헤더에서 제공하는 천체력 자료 중에서 위성위치가 부정확한 문제 등이 있다⁷⁾. 따라서 본 연구에서는 영상의 헤더에서 제공하는 천체력 자료 중에서 위성의 위치자료를 사용하지 않고 기준점의 영상좌표와 지상좌표들간의 관계를 이용하여 위성의 위치를 최소제곱조정을 통해 계산하는 방법을 적용하였다⁸⁾⁹⁾.

4.3 수계영역 분류

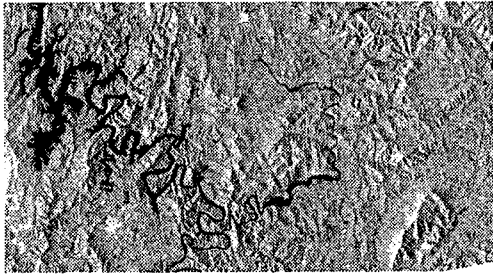
본 연구에서는 영상분류시 일반적으로 사용되는 최대우도분류법을 사용했으며, 각각의 CASE별로 분류 정확도를 비교하기 위해서 각 영상에 대해 동일한 훈련지역을 적용하였다. 훈련지역은 수계지역 12개, 비수계지역 10개를 선정하였으며, 훈련지역의 선정은 전 지역에 고르게 분포하도록 선정하였다. 그림 2는 수계영역의 분류를 위해서 각각의 CASE별 처리과정에 따라서 생성된 영상들이다.



CASE 1. 전처리전 원영상



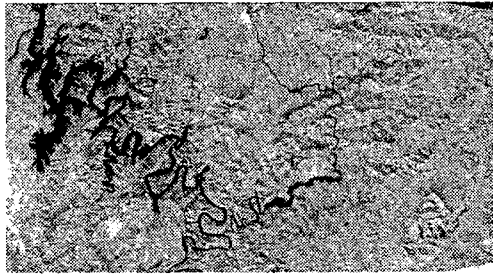
CASE 1



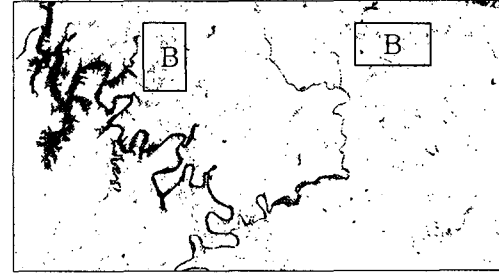
CASE 2. 전처리 후 영상



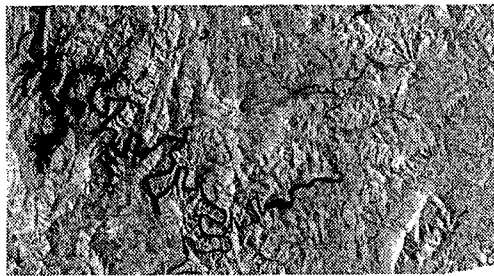
CASE 2



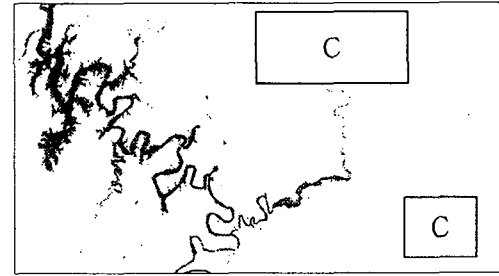
CASE 3. 그림자 효과 제거영상



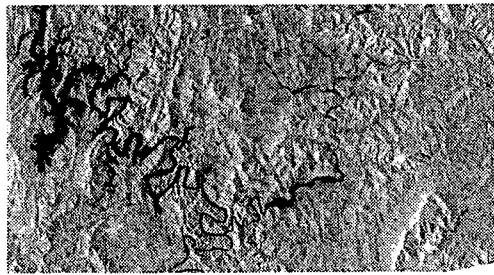
CASE 3



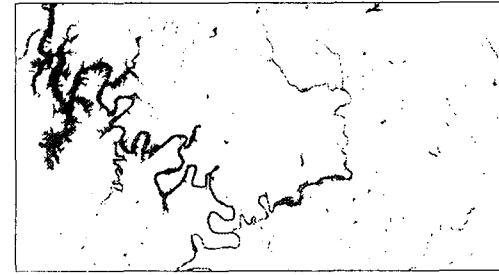
CASE 4. RADARSAT과 고도자료 합성영상



CASE 4



CASE 5. RADARSAT과 경사도 합성영상
그림 2. 처리결과 영상



CASE 5

그림 3. 각 CASE 별 수계영역 분류결과

그림 2의 처리결과 영상에 대해 최대우도 분류법을 적용하여 수계영역만을 분류한 결과는 그림 3과 같다.

각각의 CASE별로 수계영역의 분류결과를 원영상, 기존의 토지이용도와 중첩하여 정확도를 비교하였다. CASE1의 경우 분류결과 영상전체에 분포하는 스펙클 잡영과 지형의 기복이 심한 영역에 존재하는 그림자 효과 영역이 모두 수계영역으로 분류되었으며, 비록 후처리를 수행하더라도 이를 범람지역분석에 활용하기에는 어려울 것으로 판단된다.

CASE2의 경우, 스펙클 잡영이 제거됨으로서 영상전체에서 수계영역으로 분류된 작은 영역들은 많이 제거되었으나, 경사에 의한 그림자 효과가 발생한 지역이 그대로 수계영역으로 분류되었다(A지역). 수계영역으로 분류된 영역중에서 실제 수계영역인지 그림자 효과에 의한 오류영역인지 구분하기는 불가능하다. 따라서 범람지역의 분석시 활용하기에는 그 정확도가 너무 낮다고 할 수 있다.

CASE 3의 경우는 SAR 영상분류를 수행하는 가장 이상적인 경우로서 전처리(레이다 역산란계수 계산, 안테나 패턴보정, 스펙클 잡영 제거)를 수행하고, 수치고도모형으로부터 국부입사각 등의 계산 등을 통하여 지형의 기복에 의한 그림자효과를 제거한 후 수계영역을 분류한 결과 대부분의 분류 오류가 제거되었으나 경사가 급한 지역의 그림자 효과를 제거하기에는 한계가 있었다¹⁰⁾(B지역). 따라서 어느 정도의 후처리 후 홍수지 분석에 활용이 가능할 것으로 생각된다.

CASE4의 경우 고도가 균일한 지역의 수계영역은 정확하게 분류되었으며, 또한 그림자 효과에 의한 잘못된 수계영역 또한 제거되었다. 그러나 고도값의 차이가 심한 지역에 분포하는 독립수계들을 추출하는데 실패하였으며(C지역), 특히 상류지역에 분포하는 하천들은 거의 추출되지 않았다. 따라서 분류시 고도자료는 연속된 수계망 자체

의 고도변화가 심하지 않고, 수계망 주위에 산악지역이 분포하는 지형에서는 효율적인 적용이 가능할 것으로 판단된다.

CASE5의 경우, SAR영상에 있어 평지이면서 레이다 역산란 계수가 낮은 지역은 수계영역이라는 특성을 이용한 것으로서 분류결과 독립적으로 고도가 다른 위치에 존재하는 영역을 포함하여 RADARSAT 영상에 나타나는 대부분의 수계영역을 정확하게 분류할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 홍수발생시 취득된 RADARSAT 영상을 이용하여 수계영역의 분류에 대한 연구를 수행하였다. 평지지역에 있어 수계영역을 분류할 경우 간단한 전처리 과정만을 수행하고 수계영역을 분류하더라도 정확한 수계영역을 분류할 수 있으나, 본 연구의 대상지역과 같이 수계망주위로 산악지역이 형성되어 있고 수계망자체의 고도차가 있는 경우 RADARSAT 영상만으로 수계영역을 분류하기에는 많은 어려움을 있었다(CASE1, CASE2, CASE3).

각각의 CASE별로 영상분류를 수행하고 그 정확도를 분석한 결과, 분류정확도를 향상시키기 위해서는 SAR 영상에 대해 전처리를 수행하고 지형정보와 통합하여 분류하는 것이 효율적으로 나타났다(CASE5). 특히, 수계망 자체의 고도차가 심한 지역에 있어 고도자료를 추가 정보로 사용할 경우 추출되는 수계영역의 손실이 크게 나타났으나, 대규모의 하천이나 수계망자체의 고도차가 심하지 않은 지역에 있어서는 고도값을 추가로 활용할 경우 효율적인 수계분류가 가능할 것으로 예상된다. 경사도를 이용했을 경우, 다른 방법에 비해 높은 정확도를 보였으며, 우리나라와 같이 산이 많고, 소하천이 많이 분포하는 지형에서는 CASE 5가 가장 효율적인 방법으로 판단된다.

참고문헌

1. Liu, Z., F. Huang, L.Li and E. Wan, 2002, Dynamic monitoring and damage evaluation of flood in north-west Jilin with remote sensing, *Int. J. Remote Sensing*, vol. 23, No. 18
2. Small, D., F. Holecz, D. Nuesch, and A. Barmettler, 1997, Geometric and Radiometric Calibration of RADARSAT Image, *Proc. of Geomatics in the Era of RADARSAT*.
3. Kropatsch, W. G. and D. Strobl, 1990, The Generation of SAR Layover and Shadow Maps From Digital Elevation Models, *IEEE*, vol. 28, no. 1, pp. 98~107.
4. 행정자치부 중앙재해대책본부, 1998, 재해연보.
5. Logan. T, 1999, Calculation of ASF CEOS Metadata Values.
6. Rio, J.N.R. and D.F. Nozano-Garcia, 2000, Spatial Filtering of Radar Data(RADARSAT) for Wetlands (Brackish Marshes) Classification, *Remote Sensing of Environment*, pp. 143~151
7. Small, D., F. Holecz, D. Nuesch, and A. Barmettler, 1997, Geometric and Radiometric Calibration of RADARSAT Image, *Proc. of Geomatics in the Era of RADARSAT*.
8. 국방과학연구소, 1996, 위성영상을 이용한 3차원 정사투영생성법에 관한 연구.
9. OrthoSAR, 1997, VEXEL
10. Sun, G., K.J. Ranson, V.I. Kharuk, 2002, Radiometric slope correction for forest biomass from SAR data in the Western. Sanani Mountains, Siberia, *Remote Sensing of Environment*