

RADARSAT SAR 영상을 이용한 수계지역 추출 및 홍수지역 모니터링

Flood Monitoring and Extraction of Water Area Using Multi-temporal RADARSAT SAR Imagery

손흥규* · 유환희** · 송영선*** · 정원조****

Sohn, Hong-Gyoo · Yoo, Hwan-Hee · Song, Yeong-Sun · Jung Won-jo

- * 연세대학교 사회환경·시스템공학부 조교수(T:02-2123-2809, sohn1@yonsei.ac.kr)
- ** 경상대학교 도시·환경·건축공학과 교수(T:055-751-5321, hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)
- *** 연세대학교 사회환경·시스템공학부 박사과정(T:02-2123-2809, point196@yonsei.ac.kr)
- **** 연세대학교 사회환경·시스템공학부 석사과정(T:02-2123-2809, wonjo@yonsei.ac.kr)

要 旨

본 연구에서는 각각 1998년 8월 12일(홍수 발생시), 8월 19일(홍수 발생 후) 옥천, 보은 지역을 촬영한 RADARSAT SAR 위성영상을 이용하여 수계지역 및 홍수지역 분류를 수행하고자 하였다. 이를 위해, 먼저 두 장의 위성영상에 대해서 각각 스펙클 잡영(speckle noise)을 제거하고, σ^0 (sigma naught, dB)을 계산한 후 수계지역에 대한 σ^0 값을 분석하였다. 이 값을 기준으로 각각 두 장의 위성영상에서 각각 최대우도법을 이용하여 수계지역을 분류하였다.

SAR 영상은 영상취득의 원리에 의해 지형의 기복에 따른 음영효과(shadow effect)가 발생하는데, 음영효과가 발생하는 지역의 σ^0 값은 수계지역과 비슷한 반사특성(낮은 dB 값)을 보인다. 따라서 지형의 기복이 심한 지역의 수계지역 분류시 음영효과를 제거해야 효과적인 분류를 할 수 있으며, 이를 위해 위성의 헤더자료로부터 촬영시 각각의 촬영중심을 계산하고, 촬영중심과 지상좌표와의 기하학적 관계를 고려하여 음영효과를 제거하였다. 마지막으로, 수계지역만이 추출된 영상에 대해 영상의 기하보정을 수행하였으며, 기하 보정된 두장의 위성영상에 대해 차분영상을 생성함으로써 홍수지역을 분류하였다.

1. 서론

홍수 시 또는 홍수 후 침수지역에 대한 정확한 침수면적 및 침수에 따른 피해상황을 분석하기 위해서는 수계지역의 분류가 중요하다. 정확한 수계지역의 추출 결과는 매년 반복되고 있는 홍수재해대책에 활용성이 높으며, 각 지역별로 홍수관련 자료를 위성영상과 토지이용 현황도에 연

결시켜 제공함으로써 그 대처방안 및 정책결정에 핵심자료로 활용될 수 있다.

수계지역의 추출을 위해서 여러 가지 영상자료들을 활용할 수 있지만, SAR 영상자료는 능동적 영상취득체계를 이용하므로 지형의 거친 정도에 따른 대상물의 불연속성과 수계지역을 분류하는데 매우 효과적으로 활용할 수 있다. 또한 날씨가 밤낮에 상관없이 영상을 촬영할 수 있으

므로, 홍수발생 시 영상을 취득할 수 있는 장점이 있다.

따라서 본 연구에서는 홍수시 촬영한 영상과 홍수 후 촬영한 RADARSAT 영상을 이용하여 수계지역 추출 및 홍수지역 모니터링을 수행하고자 하였다.

2. 연구방법 및 범위

수계지역 추출 및 홍수지역 모니터링을 수행하기 위해 본 연구에서는 충청북도 옥천, 보은지역의 RADARSAT SAR 위성 영상을 이용하였다. 연구에 사용된 RADARSAT SAR 위성영상은 지상면적 약 100km×100km, 해상도 12.5m, SGF Format, Standard 5,6 Beam Mode로서 각각 1998년 8월 12일, 8월 19일 촬영된 영상이다(그림1,2 참조).

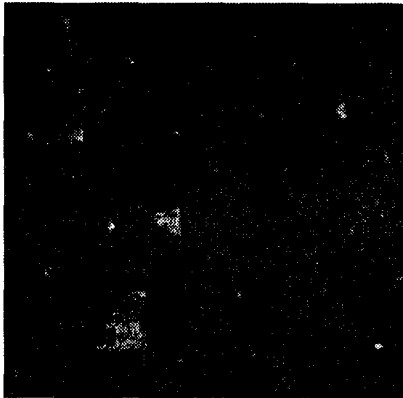


그림 1. 1998년 8월 12일 영상

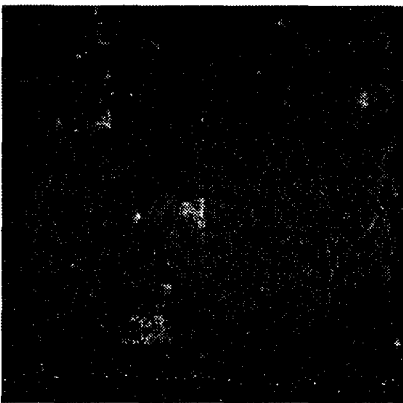


그림 2. 1998년 8월 19일 영상

재해연보상에 나타난 옥천, 보은지역의 홍수발생시기는 표1과 같으며, 옥천·보은지역의 일별 강수량은 그림 3,4와 같다(기상청 자료). 그림 3,4에서 나타난 바와 같이 두 지역에 있어 8월 12일 집중호우가 발생하였으며, 8월 19일 호우가 끝남을 알 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 집중호우기간 중 8월 12일 촬영한 영상을 이용하여 수계지역을 추출하고, 호우가 끝난 8월 19일 영상을 이용하여 평상시 수계를 추출하여 두 수계지역의 차이를 계산함으로써 홍수지역을 분류하였다.

표 2. 침수지역 및 기간

지역	침수기간
보은	1998년 8월 11일~998년 8월 13일
옥천	1998년 8월 11일~1998년 8월 12일

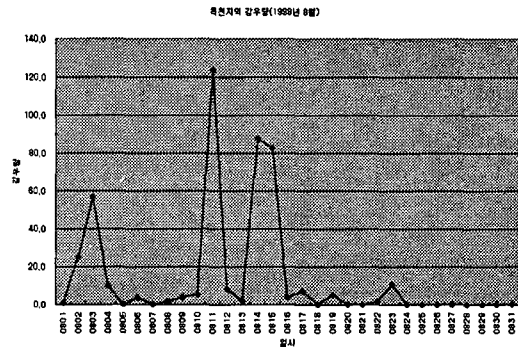


그림 3 . 옥천지역의 강수량

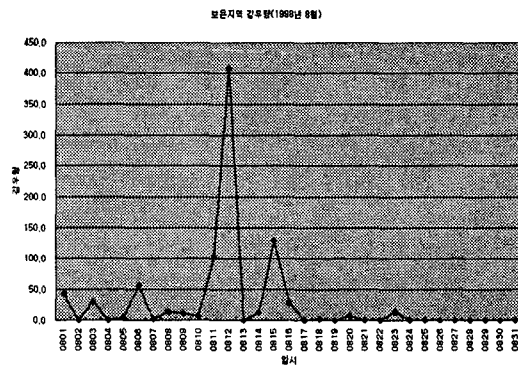


그림 4 . 보은지역의 강수량

3. 수계지역 및 홍수지역 분류

3.1 스펙클 잡영 제거 및 Sigma Naught 계산

SAR 영상에서 분류정확도를 향상시키기 위해서는 영상에 존재하는 스펙클을 제거해야 한다. 본 연구에서는 Lee-Sigma를 사용하여 스펙클을 제거하였으며, 윈도우의 크기는 5×5를 적용하였다.

스펙클 잡영이 제거된 영상에서 영상분류를 수행하기 위해 본 연구에서는 DN (digital number)값을 사용하지 않고 σ^0 (radar backscattering coefficient)을 사용하였다. σ^0 을 계산하기 위해서 먼저 β^0 (Radar brightness)을 계산해야 하며, β^0 의 계산은 식(1)과 같다.¹⁾

$$\beta_j^0 = 10 \times \log_{10} [DN_j^2 + A_3] / A_{2j} \text{ dB} \quad \text{식(1)}$$

여기서, A_{2j} 는 range 방향 j 번째 영상소의 scaling gain 값으로서 영상의 헤더 정보에서 제공하는 512개의 정보를 이용하여 결정하고, A_3 는 읍셋, DN_j 는 j 번째 영상소의 수치값을 의미한다. 계산된 β_j^0 에서 σ_j^0 으로의 변환식은 식(2)와 같다.

$$\sigma_j^0 = \beta_j^0 + 10 \log_{10} (\sin I_j) \text{ dB} \quad \text{식(2)}$$

여기서, I_j 는 range 방향 j 번째 영상소의 입사각(incidence angle)을 의미하며, I_j 의 계산은 식(3)과 같다.

$$I_j = \arccos \left[\frac{(h^2 - (RS_j)^2 + 2 \cdot r \cdot h)}{2 \cdot RS_j \cdot r} \right] \quad \text{식(3)}$$

여기서, r 은 지구반경, h 는 위성궤도의 고도, RS_j 는 range 방향 j 번째 영상소의 경사거리(slant range)를 의미한다. 본 연구에서 사용한 영상이 지상거리(ground range)영상이므로 식(4)를 이용하여 지상거리에서 경사거리로의 변환을 수행하였

다.

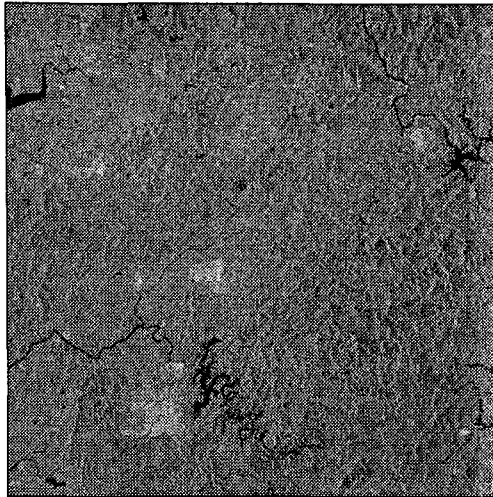
$$RS_j = a + j \cdot dRg \cdot b + (j \cdot dRg)^2 \cdot c + (j \cdot dRg)^3 \cdot d + (j \cdot dRg)^4 \cdot e + (j \cdot dRg)^5 \cdot f \quad \text{식(4)}$$

여기서, a, b, c, d, e, f 는 지상거리로부터 경사거리로의 변환 계수이며, dRg 는 지상거리에서 한 영상소의 지상해상도를 의미한다. 표1은 σ^0 계산을 위한 헤더로부터 추출한 정보들이다.

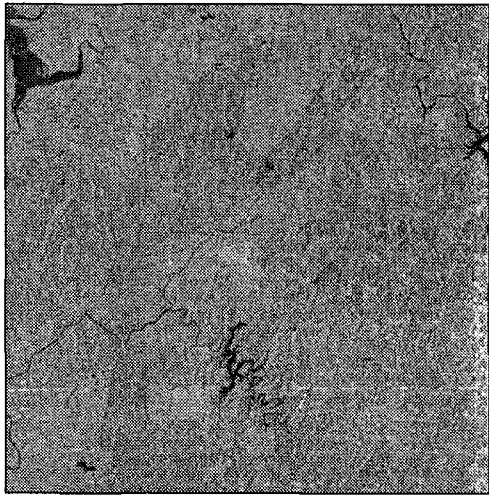
표1. σ^0 계산을 위한 헤더정보

구 분	8월 12일 영상	8월 19일 영상
ellip_major	6378.1400000	6378.1400000
ellip_minor	6356.7550000	6356.7550000
plat_lat	35.838	35.910
pix_spacing	12.5000000	12.5000000
eph_orb_data	7.1670980E+06	7.1670875E+06
srg_r_coeff	1.0196184E+06 6.6178352E-01 3.3432445E-07 -2.1981928E-13 8.8712387E-20 -1.4932502E-27	9.5724894E+05 5.8829772E-01 4.0488601E-07 -2.5147107E-13 7.1455855E-20 3.3821992E-26
n_sample	512	512
samp_inc	17	17
lookup table	4.2355482E+08 4.2390390E+08 4.2425261E+08 4.2460150E+08 4.2495078E+08 : : : :	2.8256560E+08 2.8282682E+08 2.8308829E+08 2.8335002E+08 2.8361139E+08 : : : :

계산된 σ^0 값을 0~2¹⁶의 값으로 변환한 영상은 그림 7과 같다.



a. 8월 12일 영상

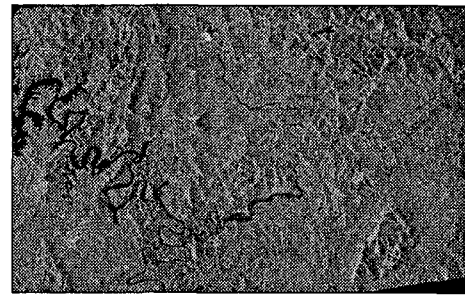


b. 8월 19일 영상

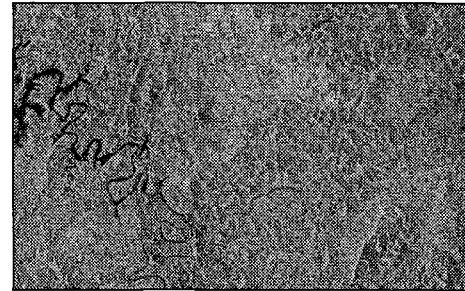
그림 7. sigma naught 영상

3.2 기하보정 및 홍수지역 추출

계산된 σ^0 영상과 해상도 20m 수치고도모형을 이용하여 기하보정을 수행하였다. 기하보정을 위해서 Li-Method를 사용했으며, 이를 위해서 영상헤더에서 제공하는 영상의 4모서리와 중심의 경위도 좌표, 그림 9의 수치고도모형을 이용하였다. 각각의 기하 보정된 대상지역의 위성영상은 그림 8과 같다.



a. 8월 12일



b. 8월 19일

그림 8. 기하보정영상

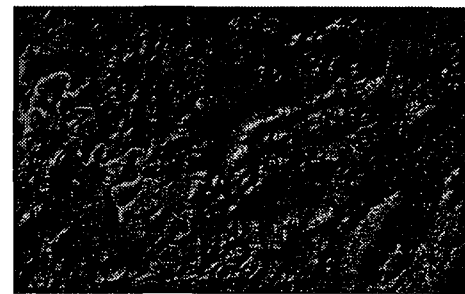
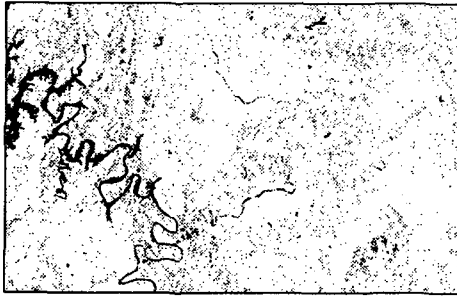


그림 9. 수치고도모형

기하 보정된 대상지역 위성영상에 대해서 최대우도법을 적용하여 영상분류를 수행하였으며, 수계지역으로 추출된 지역은 그림 10과 같다.



a. 8월 12일 영상



b. 8월 19일 영상
그림 10. 수계지역 추출 영상

그림 10에서 보는 바와 같이 영상에서 미세한 잡영이 존재하며, 특히, 레이더 영상의 취득시 지형의 기복이 심한 지역에서 발생하는 음영효과의 영향으로 수계지역 이외의 지역 또한 수계지역으로 분류되었다. 이를 제거하기 위해서 먼저, dilation & erosion을 수행하여 미세한 잡영을 제거하였으며, 음영효과에 대한 오류는 그림 11과 같은 영상취득 기하구조를 이용하여 제거하였다.

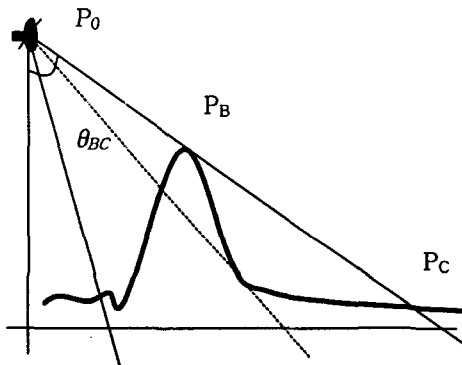


그림 11. 음영효과 제거를 위한 기하구조

$$\theta_B = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(X_0 - X_B)^2 + (Y_0 - Y_B)^2}}{Z_0 - Z_B} \right)$$

$$\theta_C = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{(X_0 - X_C)^2 + (Y_0 - Y_C)^2}}{Z_0 - Z_C} \right)$$

$P_0(X_0, Y_0, Z_0)$: 위성위치

P_B, P_C : 수치고도모형 좌표

θ : off nadir angle (=look angle)

만약 $\theta_B > \theta_C$ 이면 점 (X_C, Y_C, Z_C) 는 음영효과가 발생하는 지역으로서, 수계지역에서 제외시켰다.(단, B가 near range 이고 C는 far range) 그림 11에서 볼 때, \overline{BC} 가 음영효과가 발생하는 지역임을 알 수 있다.²⁾³⁾

위성위치의 결정은 위성헤더에서 제공하는 15개점의 위성의 위치와 시간을 cubic spline 보간법을 이용하여 임의의 시간에 따른 위성의 위치를 구한 후, 영상의 촬영시작시간, 촬영종료시간, 영상의 라인수를 이용하여 각각의 라인을 촬영할 당시의 위성위치를 결정하였다. 결정된 각 라인별 위성의 촬영위치 중 위성중심라인으로 계산된 좌표와 헤더에서 제공하는 중심라인 촬영시 위성위치간의 편차를 계산하여 전체 위치에 대해서 조정하였다. 그림 12는 미세잡영과 음영효과에 의한 오류를 제거한 영상이다.



a. 8월 12일 영상



b. 8월 19일 영상

그림 12. 잡영이 제거된 영상

홍수지역의 분류를 위해서 각각 두 장의 영상에서 8월 12일 영상에서는 수계지역으로 분류되고 8월 19일 영상에서는 비

수계지역으로 분류된 영상소만을 추출하였다.

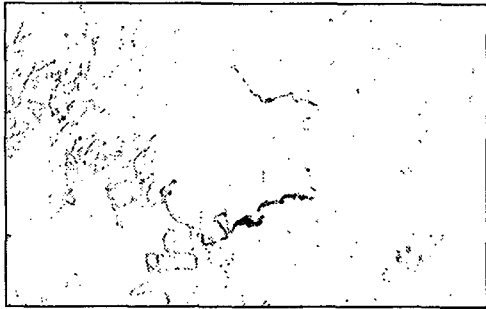


그림 13. 추출된 홍수지역

홍수지역의 토지이용현황을 분석하기 위해 추출된 홍수지역과 수치지도를 중첩한 결과는 그림 14와 같다.



그림 14. 홍수지역과 수치지도와 중첩

의 수계범위가 8월19일보다 8월 12일이 약 12% 증가했음을 알 수 있었다.

3. 홍수지역을 수치지도와 중첩한 결과 대부분의 홍수발생지역이 옥천군 보청천 주위의 임야 및 농경지임을 알 수 있었다.

참고문헌

1. RADARSAT Data Products Specifications, 2000, RSI
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. Ottawa, Canada, May 24-30, 1997
3. Kropatsch, W. G. and D. Strobl, 1990, The Generation of SAR Layover and Shadow Maps From Digital Elevation Models, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 28, no. 1, pp. 98-107.

4. 결론

본 연구에서는 RADARSAT SAR 위성 영상을 이용하여 옥천, 보은 지역의 수계 지역 분류 및 홍수지역 모니터링을 수행하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 홍수지역으로 분류된 지역을 분석한 결과 보은군 탄부면 지역과 옥천군 청산면 지역에서 약 800ha가 홍수지역으로 분류되었다.

2. 집중 강우에 의해서 평택, 보은지역