위성영상과 수치지도자료를 이용한 홍수지역 현황 분석
Flood Monitoring Using Satellite Images and Digital Map Data

손홍규, 장 훈, 송영선
Sohn, Hong Gyoo · Chang Hoon · Song, Yeong Sun

정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 조교수 tel)02-2123-2809
정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 전임강사 tel)031-290-7524
정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사과정 tel)02-2123-2809

요 지

본 연구에서는 1998년 8월 12일 홍수가 발생했을때 충청북도 옥천, 보은 지역을 촬영한 RADARSAT 위성영상을 이용하여 수계지역 추출 및 홍수지역 모니터링을 수행하였다. 이를 위해서 RADARSAT 영상에 대해 전처리를 수행하고, 전처리된 영상과 수치고도모형으로부터 생성된 경사도 자료를 이용하여 홍수발생시 수계영역을 추출하였다. 추출된 수계영역과 기존의 토지이용현황도를 이용하여 침수지역의 현황을 분석하고, 토지이용별 침수면적을 산정하였다. 나아가 수치고도모형과 홍수시 수계를 이용하여 금강권 유역의 호우로 인해 증가된 유량을 간접적으로 산정하였다.

1. 서 론

인공위성에 의한 원격탐사는 주로 광학센서로부터 취득된 영상을 이용하여 지도제작, 환경관리, 시설물 관리 등에 이용되어 왔으며, 국내에서도 활발하게 연구되고 있는 분야이기도 하다. 하지만 광학센서에 의해 취득된 영상은 날씨나 태양에 대한 제약으로 인해 자료취득에 많은 한계를 지니고 있다. 그러나 SAR 자료는 안테나에서 레이다를 발사하고 그 반사파를 수신하는 능동적 방식에 의해 자료를 취득하므로, 기상이나 일조량의 영향을 받지 않고 자료를 취득할 수 있는 장점이 있다. 레이다 파의 지표면에 대한 반응 특성은 가시광선이나 적외선을 이용하여 취득할 수 없는 별도의 정보를 취득할 수 있게 하므로 광학적 감지기에 의해 취득할 수 없는 별도의 정보를 취득할 수 있고, 따라서 SAR 영상자료와 광학적 감지기에 의한 영상정보를 결합하면 상호 보완에 의해 보다 수준 높은 영상정보의 취득이 가능하다.

SAR에 대한 연구는 1960년대부터 시작되었으나, 위성 SAR 자료가 일반에게 널리 보급되기 시작한 것은 1991년 ERS-1 위성을 유럽 13개국이 공동으로 발사한 이후이다. 1992년 일본에 의해 JERS-1, 1995년 캐나다에서 RADARSAT 위성을 발사되었고, 이와 같은 일련의 SAR 탑재 위성들이 발사되면서 위성 SAR에 의한 각종 관측과 활용기법들이 활발히 연구되었다[1]. 외국에서는 SAR영상을 농업·산림 분야, 수자원 분야, 해양 분야, 재해 감시 분야 등 다양한 분야에서 기초자료로서

활용하고 있다. 특히, 홍수재해의 경우 광학영상은 구름으로 인해 촬영이 불가능하지만 SAR영상의 경우 촬영이 가능하므로 그 활용가능성이 매우 크다고 할 수 있다.

본 연구에서는 홍수 발생시 촬영한 영상과 홍수 발생 후 촬영한 RADARSAT SAR 영상을 이용하여 수계지역 추출 및 홍수지역 모니터링을 수행하였다. 분석결과는 매년 반복되고 있는 홍수재해의 대책수립에 그 활용성이 높으며, 각 지역별로 홍수관련 자료를 위성영상과 토지이용도에 연결시켜 제공함으로써 그 대처방안 및 정책결정에 핵심자료로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구 대상지역 및 레이더 영상자료

환경오염과 엘리뇨 현상이 대기운동에 큰 영향을 미쳐 1998년에는 전세계적으로 총 16개의 태풍이 발생했으며, 그 중에서 YANNI와 PENNY는 우리나라에 많은 피해를 입혔다. 특히 제3호 태풍 PENNY의 영향으로 8월 11일~12일 사이에 속리산, 보은지역을 중심으로 많은 강우가 내렸으며, 이로 인해 옥천군과 보은읍 시가지 및 농경지의 침수피해가 발생하였다[2].

따라서 본 연구에서는 집중호우기간 중 8월 12일 촬영된 RADARSAT SAR 영상을 이용하여 수계지역을 추출하고, 추출된 수계영역을 기존의 토지이용도와 중첩함으로서 피해지역을 분석하고 나아가 금강권 유역 하천에 있어 증가된 유량을 산정하였다. 본 연구에서 사용한 영상은 Standard beam 6(1998/08/17))의 SGF(SAR Georeferenced Fine resolution, 16bit)자료이다.

3. 홍수지역 분류

3.1 RADARSAT SAR 영상의 전처리

본 연구에서는 수계영역의 분류정확도를 향상시키기 위해서 영상의 DN값을 레이다 역산란계수의 형태로 변환시켰다[3]. SAR영상에 분포하는 스페클 노이즈는 지상의 객체의 판별성 및 공간적 패턴의 분석을 저하시킬뿐만 아니라 자동영상분류의 정확도를 감소시킨다. 따라서 SAR 영상에 분포하는 스페클 잡영을 제거하여 영상판독의 정확도를 향상시키고 더 나아가 침수지의 역산란 계수의 변화를 보다 정확하게 분석하기 위해서 필터를 실시하였다.

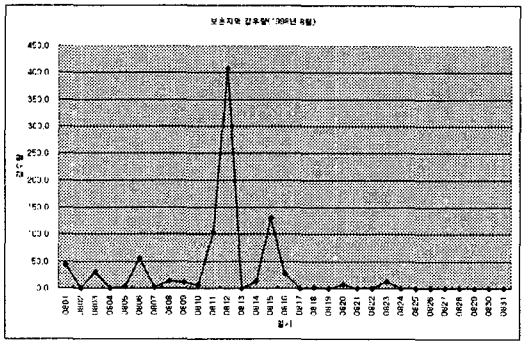

그림 1 . 보은지역 강수량 분포

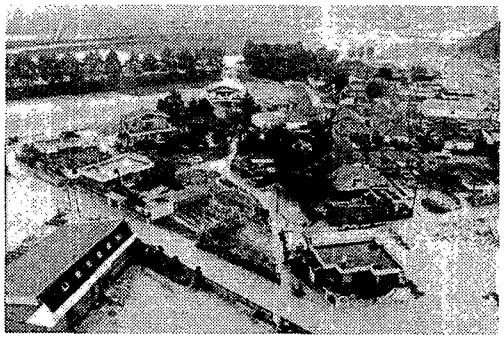

그림 2. 7월30일~8월 12일 호우로 인한 시가지 및 농경지 침수(충북 보은군 보은읍)

본 연구에서는 수계영역의 분류에 가장 적합한 3×3크기의 Lee-Sigma filter를 2번 반복 적용하여 스페클을 제거하였다[4]. 스페클이 제거된 영상에 대해서 다시 안테나 패턴을 보정함으로서 영상분류를 위한 방사왜곡보정을 수행하였다.

방사왜곡이 보정된 RADARSAT 영상을 지도좌표로 변환하기 위해서 경사거리 방정식과 도플러 방정식을 이용한 정사보정을 수행하였다[1)4)]. 이를 위한 과정으로서

정확한 기준점의 선택이 필요하지만 SAR 영상으로부터 기준점을 취득하기란 매우 어렵다. 본 연구에서는 범람지역의 분석이 주목적이므로 주로 하천을 기준으로 인공구조물의 모서리점을 위주로 23점을 선정하였다. 영상기준점에 대응하는 지상기준점은 기존에 제작된 1:5000 수치지도로부터 취득하였다. 계산된 궤도모델링 자료와 20m 해상도의 수치고도모형을 이용하여 정사보정을 수행한 결과 경사거리방향으로 2픽셀, 위성진행방향으로 3픽셀 정도의 오차를 보였다. 그림3은 원영상으로부터 방사왜곡을 보정하고 정사보정을 수행한 RADARSAT SAR영상으로서 각각의 영상소는 dB형태의 레이다 역산란계수로 표현되어 있다.

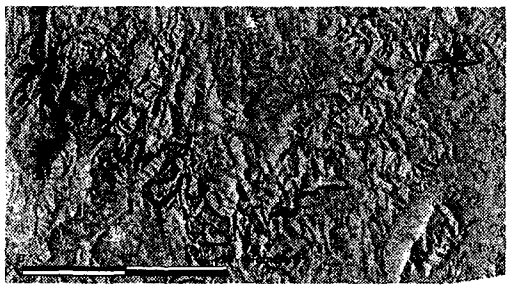

그림 3. 전처리된 RADARSAT SAR 영상

3.2 수계영역 추출

SAR영상은 광학영상과는 달리 지형의 기복에 의해 foreshortening, 레이오버, 그림자 효과 등과 같은 왜곡이 발생하며[8], 이러한 왜곡들 중에서 특히 그림자 효과의 경우는 영상분류시 심각한 오류를 발생시킬 수 있다. 그림자 효과를 보정하기 위해서는 타원체상의 입사각과 지형의 기복을 고려한 국부입사각간의 관계를 계산하는 등의 복잡한 과정을 거쳐야 한다[9]. 본 연구에서는 그림자 효과를 제거하기 위해서 수치고도모형으로부터 경사도를 계산하고 이를 활용함으로서 수계영역 분류시 급경사지역에서 발생하는 그림자 영역을 제거하고자 하였다. 수계영역은 경사가 낮은 지역에 분포하며 홍수가 발생할 시 경사도가 낮은 지역주변으로 확장되므로 계산된 경사도자료에 minimum 필터링을 수행하여 홍수시 증가되는 하천 유역을 고려하였다.

3.1절에서 전처리된 RADARSAT 영상과 경사도 자료를 이용하여 수계영역 분류를 수행하였으며, 본 연구에서는 일반적으로 많이 사용되고 있는 최대우도분류법을 적용하였다. 이를 위해서 수계영역과 비수계영역에서 각각 10개의 훈련지역을 선정하여 분류하였다. 위의 과정을 거쳐 추출된 대상지역의 수계영역은 아래 그림과 같다.

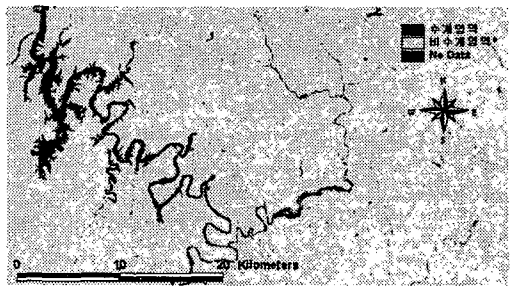

그림 4. 홍수발생시 수계영역

4. 피해지역 분석 및 유량산정

홍수시 취득된 RADARSAT 영상으로부터 추출된 수계영역을 토지이용도와 중첩하여 홍수분석을 수행하고자 하였다. 이를 위해서 먼저, 추출된 수계영역을 Arc/View의 래스터 영상파일(bil)로 변환한 후 GRID 형태로 변환하였다. 변환된 GRID를 SHAPE 형태로 변환함으로서 홍수시 수계영역의 경계선 벡터파일을 생성하였다. 변환된 벡터파일을 기존에 제작된 토지이용도와 중첩하였으며 그 결과는 그림 5와 같다. 그림 5에서 볼 때 붉은 선이 홍수시의 수계영역이고, 중첩 후 시각적 분석을 수행한 결과 대상지역중에서 특히, 충청북도 옥천군 청산면 신매리, 장위리 지역에서 침수가 많이 발생하였으며, 그림 5에서 볼 때 A지역이다.

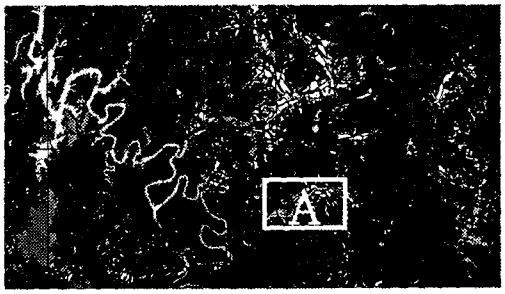

그림 5. 수계벡터와
토지이용도와의 중첩

대상지역중에서 집중호우로 인해 발생한 침수지역내 토지이용현황을 분석하기 위해서 토지이용현황도를 수계영역벡터 자료로 절단하였다(그림 6). 절단된 토지이용현황도에 대해서 Geoprocessing을 수행하여 동일한 속성을 가지는 인접 폴리곤을 하나의 폴리곤으로 변환하였다. 증가된 수계영역 벡터내에 포함된 침수지의 토지이용현황별 침수면적을 계산하기 위해서 속성테이블에 면적 레코드를 추가시킨 후 Query Builder를 사용하여 침수된 지역의 토지용별 면적을 산정하였다.

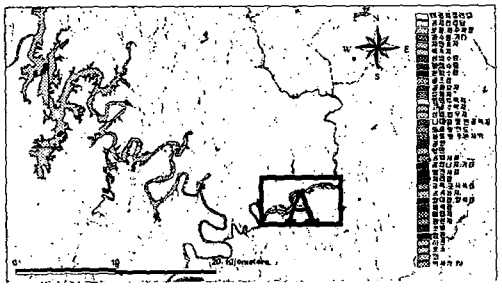

그림 6. 범람지역의 토지이용현황

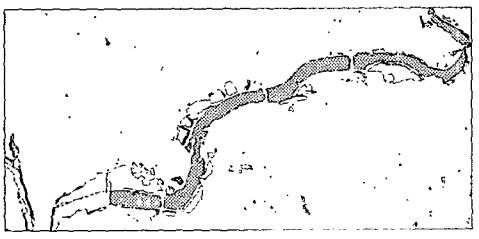

그림 7. A지역의 확대

침수지의 토지이용현황을 분석한 결과, 대상지역내의 침수현황을 살펴보면 대부분 생활권이 아닌 산지(활엽수림, 침엽수림, 혼합수림지역)에서 침수가 발생했으며, 다음으로 농경지(미경지 정리답, 경지정리답, 보통특수작물)에 많은 침수가 발생하였다. 또한 도로 및 공업시설에도 약간의 침수피해가 발생한 것을 알 수 있었다(그림 8).

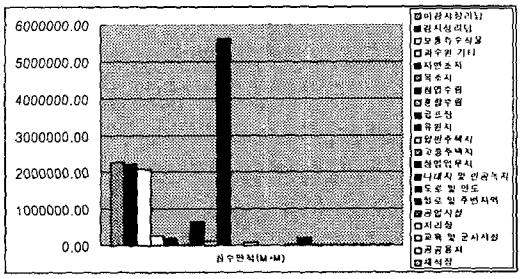

그림 8. 침수현황

본 연구에서는 침수면적 뿐만 아니라 집중호우에 인해 증가된 유량을 간접적으로 계산하고자 하였다. 일반적으로 하천이나 댐에 있어 주요 수위별 실저수용량은 지형측량을 실시하여 프리도이덜 방법을 이용하여 산정하며, 이 값을 이용하여 수위구간별로 다양한 저수 용량식을 도출하고 있다. 그러나 실측성과를 이용하여 실저수용량 및 수위별 저수용량을 선정하는데 많은 비용과 시간이 소모될 뿐만 아니라 이러한 방법으로 홍수시 증가된 유량을 산정하기란 거의 불가능하다.

따라서 수치고도모형과 홍수시 추출된 수계벡터를 이용하여 간접적으로 유량을 산정하고자 하였다. 이를 위해 먼저, 수치고도모형과 추출된 수계영역을 중첩하여 홍수시 가상의 수계영역을 3차원으로 모형화하였다(그림 9)

그림 9. 수계벡터와
수치고도모형의 중첩

수계벡터와 수치고도형이 중첩된 3차원 모형상에서 가상으로 유량을 수계영역과 접할 때까지 증가시킴으로서 8월 12일 영상촬영당시의 증가된 유량을 산정하였다. 그러나 대상지역전체에 대해서 일괄적으로 적용할 경우, 하천망 자체의 고도차이로 인해 오차가 많이 발생하므로 본 연구에서는 주하천망을 따라 고도값을 계산하고, 수계망을 5개로 분류한 후 각각의 영역별로 홍수시의 증가된 유량을 계산한 후 전체 대상지역에 대한 유량을 산정하였다. 그 결과 8월 12일 영상촬영당시 증가된 유량은 약 469151993m^{3}로 산정되었다.

그림 10. 홍수시 가상 수계

4. 결 론

본 연구에서는 RADARSAT SAR영상과 토지이용도를 이용하여 8월 12일 금강권 유역에서 발생한 홍수지역의 분석을 수행하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. RADARSAT 영상을 이용하여 홍수발생시 수계영역을 분류하고 이를 이용하여 침수지역을 분석한 결과 충청북도 옥천군 청산면 신매리, 장위리 지역에서 많은 피해가 발생하였음을 알 수 있었다.

2. 침수지역의 토지이용별 피해면적을 산정한 결과, 대부분 산지(활엽수림, 침엽수림, 혼합수림지역)에서 침수가 발생했으며, 다음으로 농경지(미경지 정리답, 경지정리답, 보통특수작물)에 많은 침수가 발생하였다. 또한 도로 및 공업시설에도 약간의 침수피해가 발생한 것을 알 수 있었다.

3. RADARSAT 영상으로부터 홍수발생시 수계를 추출하고 이를 수치고도모형과 연계하여 금강권 유역의 유량을 간접적으로 산정한 결과 약, 469151993m^{3}의 유량 증가를 보였으며, 대청호의 수위가 약 82m 였음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 국방과학연구소, 1996, 위성영상을 이용한 3차원 정사투영생성법에 관한 연구

2. 재해연보, 1998, 행정자치부 중앙재해대책본부

3. Logan. T, 1999, Calculation of ASF CEOS Metadata Values.

4. Sheng, Y. and Z. Xia. (1996). A Comprehensive Evaluation of Filters for Radar Speckle Suppression. Proceedings of IGRASS '96 'Remote Sensing for a Sustainable Future'. vol (3), 1559-1561.

5. 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

6. OrthoSAR, 1997, VEXEL

7. RADARSAT Data Products Specifications, 2000, RSI

8. 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.

9. VAN ZYL, J. J., B. D. Campion, P., DUBIOS, J., SHI, 1993, The effect of Topography on SAR Calibration, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. GE-31, No.5