RADARSAT SAR 영상을 이용한 농촌 소하천주변의 침수피해지역 추정연구

A Study on the Extraction of Flood Inundated Scar of Rural Small Stream Using RADARSAT SAR Images

이미선*·박근애·김성준(건국대)
Lee, Mi Seon* · Park, Geun Ae · Kim, Seong Joon

Abstract

To trace the flood inundation area around rural small stream, RADARSAT image was applied because it has the ability of acquiring data during storm period irrespective of rain and cloud. For the storm of 9 August, 1998 in Anseong-cheon watershed, three temporal RADARSAT images before, just after and after the storm were used. After ortho-rectification using 5 m DEM, two methods of RGB composition and ratio were tried and found the inundated area in the tributary stream, Seonghwan-cheon and Hakseong-cheon. The inundated area had occurred at the joint area of two streams, thus the floodwater overflowed bounding discharge capacity of the stream. The progression of damage areas were stopped by the local road and farm road along the paddy.

Ⅰ. 서 론

최근에는 위성영상의 활용도가 높아짐에 따라 국내에서도 위성영상을 이용하여 침수지역에 대한 분석이 이루어지고 있다. 특히 침수지역에 대하여 홍수지도를 제작함에 따라 상습침수지역에 대한 관리가 수월하며 그에 따른 대책이 수립되는 등의 효과를 나타내고 있다. 하지만 우리나라의 경우 단시간에 많은 강우가 내리기 때문에 그 기간내의 영상을 취득하기란 매우 어려운 실정으로서 과거의 자료와 GIS/RS 기술을 이용하는 연구와 고해상도 영상을 이용한 국내 지형특성에 맞는 분석 방법을 개발함으로서 국내에 적용할 수 있는 연구가 활발히 이루어져야 한다.

이와 관련하여 국내에서는 박병욱 등(1997)은 홍수 전후의 Landsat TM 영상자료를 이용하여 유실된 농지 및 침수흔적을 분석한 연구가 진행된 바 있으며, 정원규(1998) 등은 인공위성 영상자료를 이용한 농경지 침수지역을 조사한 연구가 있었다. 또한 이미선 등(2004)은 Landsat TM, ETM+영상을 이용하여 태풍 전·후의 토지피복변화 분석 기법을 연구한 바 있다. 하지만 기존의 광학위성영상의 경우 야간에는 촬영할 수 없고, 일정한 촬영궤도를 가지고 있기 때문에 단기간에 발생하는 홍수를 촬영하기란 어려우며, 구름과 날씨의 영향으로 재해 분석시 많은 어려움이 있다. 이러한 위성영상의 단점을 보완한 레이더 영상은 기상조건에 영향을 받지 않으며 원하는 시기에 촬영할 수 있어 재해 분석에 있어 활용성이 높아지고 있으며, 이와 관련하여 이규성 등(2000)은 시계열 RADARSAT영상을 이용하여 농경지의 홍수피해 유형을 분석한 연구가 진행된 바 있다.

이에 본 연구에서는 장마기간 중 자료 획득이 가능한 RADARSAT 영상을 선정하여 전처리를 거친 후 영상으로부터 하천주변을 중심으로 정확한 침수지역을 추출할 수 있는 방법론을 제시하고, 그 결과를 이용하여 침수의 원인을 고찰하고자 한다.

Ⅱ. 자료 및 방법

2.1 대상유역

우리나라의 경우 하절기에 짧은 기간 동안 집중적으로 강우가 내리기 때문에 그만큼 영상을 선택할 수 있는 폭이 한정되어 있다. 본 연구에서는 RADARSAT SAR 영상을 이용한 침수피해지역 추출을 위하여 서울·경기도를 포함한 중부지역 중 1998년과 2002년 사이에 발생한 집중호우로 하천의 붕괴와 농경지 피해를 입은 안성천 유역을 대상으로 홍수시기의 RADARSAT 영상을 수집하여 그 피해현상을 분석하였다. 그림 1은

2005년 한국농공학회 학술발표회 논문집(2005년 10월 28일)

대상지역에 대한 홍수일(1998년 7월 31일~1998년 8월 18일)의 강우자료와 수위자료를 정리한 것이며, 총 693mm의 강우량이 발생하였다.

이 유역은 동경 126°53′54″~ 127°24′1″, 북위 36°49′49″~ 37°10′43″ 사이에 위치하며, 경기도 안성군 삼죽면 내강리 뒷산(EL. 271.6m)에서 발원하여 남동방향으로 흘러 안성읍에서 조령천과 합류되어 남쪽으로 유하하여 안성천의 국가하천 구간으로 유입된다. 유역의 북동쪽은 한강유역, 남동쪽은 금강유역, 남서쪽은 삽교천 유역과 접하여 있으며, 유역의 대부분이 경작지로서 경사가 심하지 않은 지형적 특징을 가지고 있다. 또한 안성천유역은 1974년 아산방조제가 준공되어 대량의 농경지와 농업용 저수지가 조성되었다.

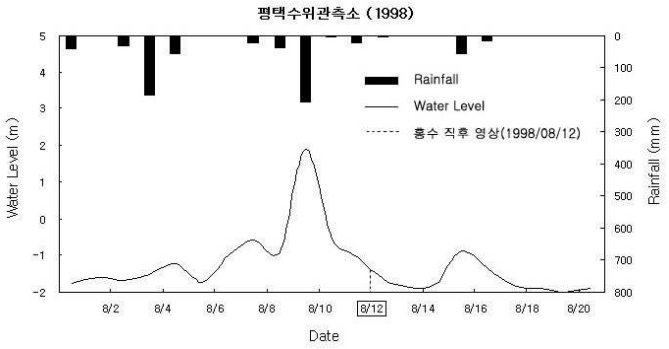

그림 1. 연구대상지역의 강우량과 수위량의 변화

2.2. RADARSAT SAR 영상 선정

RADARSAT 영상은 캐나다 CSA(Canadian Space Agency)의 관리 아래 미국의 NASA(National Aeronautics and Space Administration)와 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration), 지방정부, 캐나다의 민간부문이 공조하여 환경변화를 모니터하고 자원의 재사용을 지원하기 위해 개발된 지구관측위성으로 레이다 센서인 SAR(Synthetic Aperture Radar)가 탑재되어 있다. 레이더 센서는 7개의 Beam 모드에서 촬영폭, 해상도, 촬영각도를 달리 조정하여 25가지의 다양한 Beam 위치의 영상자료를 제공한다. 촬영은 24일 주기의 궤도를 가지고 있어 동일한 지역에 대해 동일한 Beam 모드와 Beam 위치를 이용하여 자료를 취득할 수 있으며, 기상의 영향을 전혀 받지 않는 장점을 가지고 있기 때문에 특히 홍수나 재해 분석에 적합한 영상이라고 할 수 있다.

표 1은 안성천 유역 침수지 분석에 사용된 RADARSAT 영상의 기간 및 특성을 정리한 것이다. 본 연구에 사용된 RADARSAT 영상시스템은 C밴드 영상에서 촬영되었으며, Standard 모드에서 촬영된 영상으로 pixel 간격은 12.5m이며, 수도권 지역이 포함되어 있었다. 그 중 안성천 유역만을 추출하여 연구에 사용하였다.

표 1. 사용된 RADARSAT 영상 특징

구 분	날 짜		
	1998년 7월 5일	1998년 8월 12일	1999년 7월 25일
Part	침수 전	침수 직후	침수 후
Product Type	Path Image(SGF)	Path Image(SGF)	Map Image(SSG)
Beam Mode	Standard 3	Standard 6	Standard 6
Orbit	ASCENDING	ASCENDING	DESCENDING
Pixel spacing	12.5m		
피해년도	1998년 7월 31일 ~ 1998년 8월 18일		

2.3 RADARSAT SAR 영상의 정사보정 과정

RADASAT SAR 영상은 기존의 전자광학적 센서가 갖고 있는 자료 취득의 제한을 극복하고, 광학적 센서와 상호 보완되는 정보를 제공한다(신대호 등, 2004). 하지만 SAR 센서와 지면의 기하학적 특성(지형의 기복 등)으로 인하여 영상에 내재되어 있는 다양한 왜곡을 제거할 필요가 있다. SAR는 한쪽 방향만을 관측하기 때문에 지표면경사에 따라 기하적 왜곡과 방사변화가 생기는데, 특히 지표면 높이의 추정오차는 거리방향의 화소위치를 변화시키며, 절대위치도 변하게 된다. 따라서 본 연구에서는 기하학적 왜곡을 보정하기 위해서 수치지도로부터 구축한 5m DEM을 이용하여 정사보정을 실시하였다.

정사보정에 사용된 DEM 제작과정은 다음과 같다. 먼저 1:5,000의 수치지도 191장과 1:25,000 수치지도 7장의 DXF(Drawing eXchange Format) 파일을 이용하였으며, 지형관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선), 7217(표고점), 7311(삼각점)을 ARC/INFO의 스크립트언어인 AML (ARC/INFO Macro Language)을 적용하여 라인 및 포인트 커버리지로 변환하였다 (정인균 등, 2003). 추출한 커버리지의 도형자료 및 dxf-elevation 필드에 저장된 고도 값을 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Network) 커버리지 생성, Lattice 변환과정을 거쳐 추출한 후 격자간격 5m의 DEM을 생성하였다.

정사보정은 ERDAS IMAGINE 8.6을 사용하였으며, DEM을 이용한 정사영상 제작법은 원영상에 있는 DN 값을 DEM의 영상좌표로 이동시키는 과정에서 외부표정요소, 내부표정요소, 초점거리, 공선조건을 고려하여 수정하는 방법으로, DEM의 각 픽셀의 지상좌표(Xi, Yi, Zi)를 공선조건에 대입한 후 원영상좌표로 변환을 하며 해당하는 원영상좌표 주위에 있는 픽셀을 내삽법을 이용하여 DN을 결정하고 이를 다시 DEM의 각 픽셀의 위치에 지정하는 방법이다.

본 연구에 사용된 세 개의 RADARSAT 영상의 센서 정보를 모두 같은 환경으로 구성하였다. 1999년 7월 25일 영상은 수치지도를 이용한 image to map 방법으로 보정을 하였고, 이 영상을 이용하여 image to image 방법으로 1998년 7월 5일 영상과 1998년 8월 12일 영상을 보정하였다. 약 9~10개의 지상기준점(Ground Control Points)을 선정하여 Spheroid Bessel, Datum Tokyo(Korea), Projection TM(Transverse Mercator)으로 투영하였고, Bilinear 내삽법에 의해 정사보정을 실시하였다. 영상의 정사보정 결과 RMSE (Root Mean Square Error)가 해상도 12.5m에 대해 0.25~0.62 pixel로 분석되었고 수치지도와 중첩하여 그 정확도를 확인하였다.

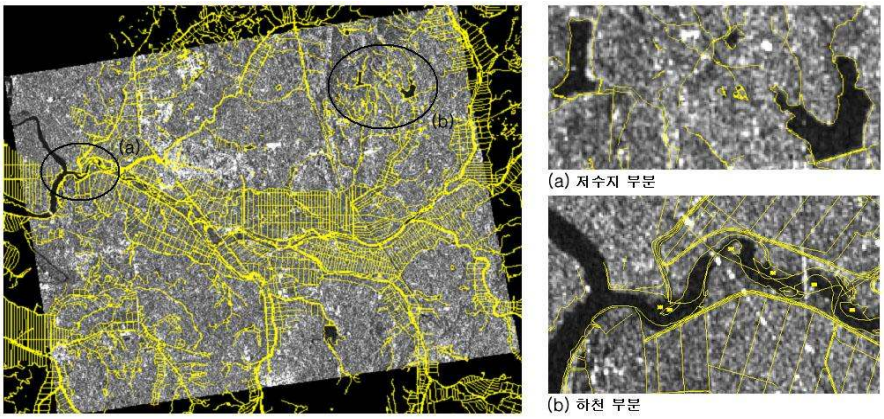

그림 2. 정사보정 결과

Ⅲ. 침수피해지역 추출

3.1 영상의 RGB 합성

RADARSAT 영상은 기존의 광학센서 영상에서 이용되던 토지이용분류기법의 적용이 가능하나 광학영상보다 분류정확도가 떨어지기 때문에 질감분석(Texture analysis) 방법, 신경망(Neural network) 방법과 각 지표물의 레이더 반사신호를 이용하여 분석하는 방법 등이 이용되고 있다. 본 연구에서는 침수지역을 추출하기 위하여 세 시기의 영상을 합성하여 레이더의 반사값을 이용하여 분석하는 방법을 채택하였다.

정사보정한 세 시기의 영상을 하나의 RGB 영상으로 칼라 합성하고자 ERDAS에서 제공하는 Layer Stack 모듈을 이용해 1998년 7월 5일 영상은 적색으로, 1998년 8월 12일 영상은 녹색으로, 1999년 7월 25일 영상은 청색으로 하여 합성하였으며, 그 결과는 그림 3과 같다. 이 등(2000)이 분석한 연구를 토대로 합성영상의 여러 지표물의 반사특성을 고려한 결과, 주로 하천 주변의 농경지 부분에서 영상 시기별 레이더 반사신호의 차이로 인한 색변화가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

즉 영상에서 물과 같이 습기가 많은 곳은 반사도가 낮은 값을 가지고 있기 때문에 검게 보이며, 도심지의 경우 건물의 측면과 입사되는 레이더파의 기하학적 관계로 인해서 반사 값이 매우 높아 가장 밝게 나타나게 된다. 농경지나 산림은 식물이 1cm이상 되는 경우 잎과 가지에 레이더파가 접촉하게 되어 반사 값이 증가한다. 따라서 홍수로 인해 토지피복의 변화가 발생되면 그 반사값 또한 변화가 되어 합성시 홍수피해지역은 색변화가 발생하게 된다.

그림 3의 RGB 합성영상을 보면 일반적으로 강이나 저수지 등은 거의 낮은 값을 가지기 때문에 검게 나타

나며, 도로나 도심지의 경우는 하얗게 나타나는 것으로 합성전 영상과 같은 현상을 나타내었다. 하지만, 침수지로 추측되는 지역의 경우 하천 본류의 주변과 농경지 일대를 중심으로 짙은 계통의 보라색이 나타나고 있다.

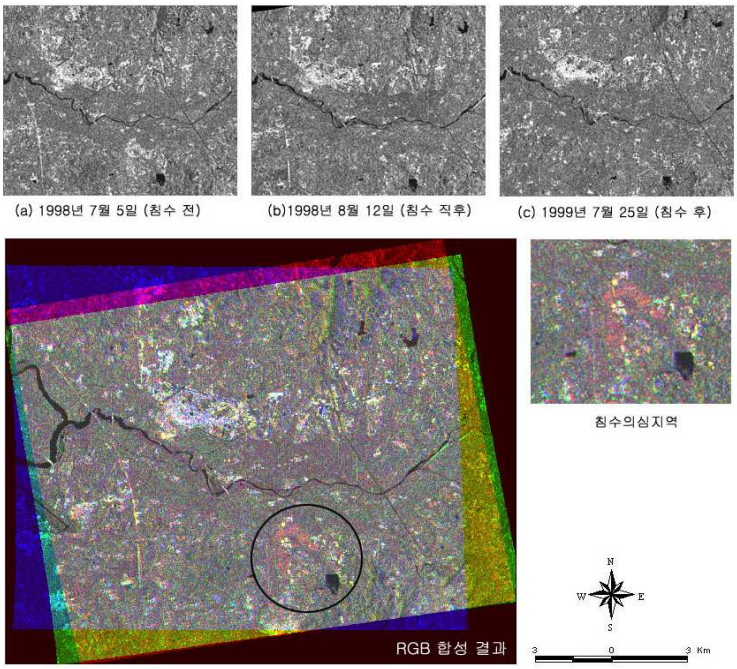

그림 3. RGB 합성한 영상과 침수의심지역

3.2 영상간의 Ratio 연산

영상간의 RGB 합성으로 침수의심 지역은 추출할 수 있었으나 정확한 지역 파악은 불가능하였다. 이를 위해 본 연구에서는 Ratio 방법을 이용하여 토양수분 상태와 Texture의 변화로 인한 토양의 상태를 파악함으로써 더 정확한 침수피해지역을 정량적으로 추출하고자 하였다.

정사보정한 영상 중 침수 전(1998년 7월 5일)과 직후(1998년 8월 12일)의 영상을 비교하여 시각적으로 반사값의 변화가 뚜렷한 부분을 선정하여 그림 4와 같이 동그라미 표시를 하였다. 이 부분의 침수 직후의 영상은 침수 전의 영상에 비해 레이더의 반사신호가 습기가 많은 토양이나 수역에서와 같이 어두운 색으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 좀 더 정확한 추출을 위해 Layout 모듈을 이용하여 침수 직후의 영상을 침수 전의 영상으로 나누는 Ratio 연산을 실시하였고 그 결과 Ratio 값이 0.07~19.54로 분포하였다. 홍수로 침수가 발생한 지역은 높은 반사값에서 낮은 반사값으로 변화가 되는 것이므로 Ratio 값은 1이하가 된다. 따라서 Ratio 분석 값 중 0.07~1.0의 값을 좀 더 세부적으로 재분류하여 피해지역을 추출하였다. 이 부분을 침수된 것으로 판단하여 그림 5와 같이 디지타이징을 실시하여 그 지역을 나타내었으며, DEM과 수치지도를 올려 그 부분에 대하여 원인을 집중적으로 분석하였다. 그림 5를 살펴보면, 주로 하천을 중심으로 그 주위의 농경지가 침수된 것을 확인할 수 있었다. 침수지역의 (a) 경계부분은 집중호우로 농경지 주변의 소하천 수위가 급상승하면서 하천의 합류지점이 월류하여 국도를 중심으로 표고가 낮은 하천주변의 농경지가 침수된 것으로 판단된다. 실제 현장 조사결과 도로의 표고가 농경지보다 높은 지대에 있어 도로의 왼쪽부분인 (a)부분의 농경지만이 침수 된 것으로 보인다.

그림 5에서 침수지역의 (b) 경계부분은 학정천 하폭(평균 38m)이 성환천의 하폭(평균 86m)보다 적고 표고가 낮아 하천에서 범람한 강우가 표고가 낮은 하류부분의 농경지의 제방을 따라 침수한 것으로 판단된다. 또한 학정천의 하폭이 성환천의 하폭보다 약 2~3배정도 작기 때문에 폭우로 인하여 일시적으로 하천의 통수능력을 상실하여 범람한 것으로 판단되어진다. 피해면적을 추출한 결과 1.27 km^2가 침수된 것으로 분석되었으며 그 중에서 1.13 km^2로 논의 피해가 가장 심하였고, 주거지와 나지는 0.08 km^2, 수역은 0.05 km^2, 밭은 0.01 km^2가 침수된 것으로 분석되었다.

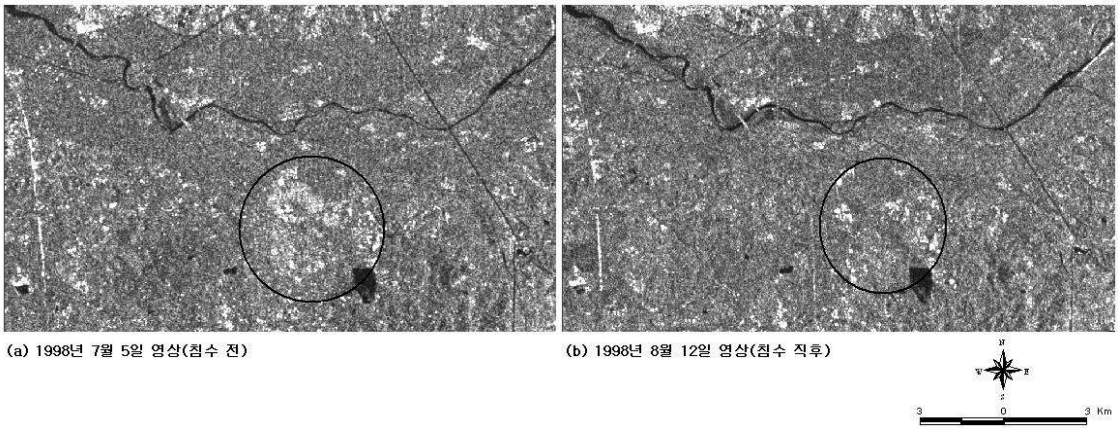

그림 4. 침수 전·직후의 영상

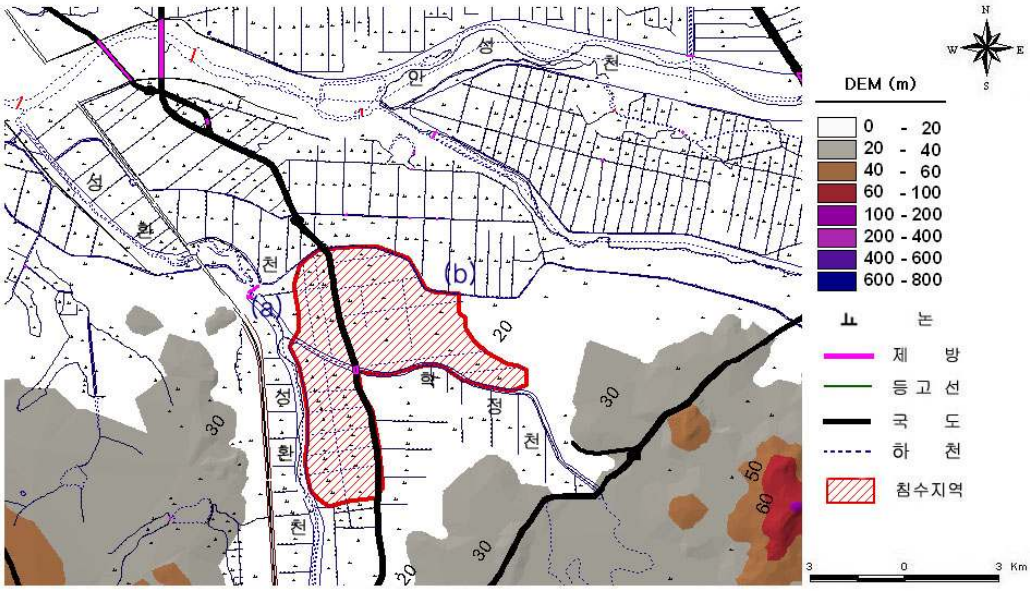

그림 5. 수치지도와 침수지역의 중첩

Ⅳ. 요약 및 결론

본 연구에서는 장마기간 중 자료 획득이 가능한 RADARSAT 영상을 선정하여 전처리를 거친 후 영상으로부터 하천주변을 중심으로 정확한 침수지역을 추출할 수 있는 방법론을 제시하고, 그 결과를 이용하여 침수의 원인을 고찰하고자 하였다. 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 침수피해지역을 추출하기 위하여, 안성천유역을 대상으로 홍수시기의 영상을 선정하였고, 기하학적 왜곡을 보정하기 위해 수치지도로부터 구축한 5m DEM을 이용하여 정사보정을 실시하였다. 그 결과 RMSE(Root Mean Square Error)가 해상도 12.5m에 대해 0.25~0.62 pixel로 분석되었고 수치지도와 중첩하여 그 정확도를 확인하였다.
2. 침수지역을 추출하기 위해 정사보정한 세 시기의 영상을 1998년 7월 5일 영상은 적색으로, 1998년 8월 12일 영상은 녹색으로, 1999년 7월 25일 영상은 청색으로 하여 RGB로 합성하였다. 그 결과 하천 주변의 농경지 부분에서 영상 시기별 레이더 반사신호의 차이로 인한 색 변화를 확인할 수 있었다.
3. 영상간의 RGB 합성으로 침수의심 지역은 추출할 수 있었으나 정확한 지역 파악은 불가능하였기에 Ratio 방법을 이용하여 토양의 상태를 파악함으로써 더 정확한 침수피해지역을 정량적으로 추출하고자 하였다. 그 결과 Ratio 값이 0.07~19.54로 분포하였다. 홍수로 침수가 발생한 지역은 높은 반사값에서

낮은 반사값으로 변화가 되는 것이므로 Ratio 값은 1이하가 된다. 따라서 Ratio 분석 값 중 0.07~1.0의 값을 좀 더 세부적으로 재분류하여 피해지역을 추출하였다. 피해지역에 대하여 면적을 추출한 결과 1.27 ㎢가 피해를 입으로 것으로 분석되었다.

4. 본 연구의 결과는 향후 고해상도 위성영상과 RS/GIS 기법을 적용시켜 홍수나 자연 재해 등 피해를 입은 지역에 대하여 신속한 복구가 이루어지도록 하여 차기 홍수피해를 경감시킬 수 있을 것으로 판단되어진다. 또한 태풍피해를 입은 지역의 하천복구사업의 우선순위 결정, 하천정비사업시의 계획수립 정보로 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 「RS 및 GIS를 기반으로 한 농촌지역 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발」 과업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. 손홍규, 송영선, 유환희, 정원조, 2002, 분류정확도 향상을 위한 RADARSAT SAR 영상의 방사왜곡보정, 2002년 한국측량학회 추계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 195-200.

2. 신대호, 2004, 단일 기준점을 이용한 RADARSAT SAR 영상의 위성궤도 보정과3차원 위치결정, 석사학위논문, 연세대학교.

3. 이규성, 김양수, 이선일, 2000, 시계열 위성레이더 영상을 이용한 침수지 조사, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제24권 제5D호, pp. 823-828.

4. 이미선, 박근애, 김성준, 2004, 태풍 RUSA 전·후의 토지피복변화 분석 기법 연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제33권 제4호, pp. 427-435.

5. 정원교, 홍석영, 임상규, 조인상, 1998, 인공위성 영상자료를 이용한 농경지 침수지역 조사, 1998년도 춘계총회 및 합동 학술대회 특별강연 및 발표 논문초록집, 한국농화학회, pp. 71.

6. 정인균, 이미선, 김성준, 2003, 1:5000 수치지도를 이용한 DEM생성 기법 연구, 한국농업정보과학회논문집, 한국농업정보과학학회, 제4권, 제1호, pp. 27-35.

2005년 한국농공학회 학술발표회 논문집(2005년 10월 28일)