

# Landsat 영상을 이용한 태풍 RUSA 침수피해지역 분석기법 연구

## Method Development of Flood Damaged Area Detection by Typhoon RUSA using Landsat Images

이미선\*, 박근애\*\*, 박민지\*\*\*, 신형진\*\*\*\*, 김성준\*\*\*\*\*

Mi Seon Lee, Geun Ae Park, Min Ji Park, Hyung Jin Shin, Seong Joon Kim

---

### Abstract

This study is to present a method of flood damaged area detection by the typhoon RUSA (August 31 - September 1, 2002) using Landsat 7 ETM+ and Landsat 5 TM images. Two images of Sept. 29, 2000 and Sept. 11, 2002 (path 115, row 34) were prepared for Gangreung, To identify the damaged areas, firstly, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) of each image was computed, secondly, the NDVI values were reclassified as two categories that the negative index values including zero are the one and the positive index values are the other, thirdly the reclassified image before typhoon is subtracted from the reclassified image after typhoon to get DNDVI (Differential NDVI). Some part of urban and agricultural were classified into damaged area due to typhoon RUSA in Gangreung, 18.8 km<sup>2</sup> and 17.7 km<sup>2</sup> respectively.

*Key words:* Typhoon RUSA, Flood Damage, NDVI, DNDVI, Damaged Areas

---

### 1. 서론

우리나라는 계절적인 특성에 의해 하절기에 강우가 집중되어 있으며, 집중 호우로 인해 매년 같은 시기에 홍수 피해를 입고 있으며, 최근 기상이변 현상으로 강력한 태풍이 빈번하게 발생되어 많은 인명과 재산 피해가 발생하고 있다. 특히 2002년 8월 31일~9월 1일 동안 집중호우를 동반하여 역대 최대 강우기록을 갱신한 태풍 RUSA는 그 위력만큼이나 댐과 저수지가 붕괴되어 많은 재산과 인명 피해를 발생시켰다. 또한 2003년 태풍 매미의 상륙은 태풍 RUSA로 인하여 피해를 입은 곳이 다시 한번 피해를 입는 결과를 초래하였다. 자연재해는 예측은 할 수 없지만 방재 대책 및 신속한 조사에 따른 복구가 이루어진다면 인명피해나 재산피해를 최소화 할 수 있을 것이다. 따라서 태풍 피해지역에 대한 피해발생원인, 피해면적 등을 파악하는 것이 방재 대책을 마련하는데 중요하다고 할 수 있다.

우리나라의 경우 비교적 좁은 지역에서 짧은 시간에 발생하는 홍수재해를 관측 조사하는데 항공기를 이용한 사진촬영이 효과적이거나 비용과 촬영절차가 까다롭고 복잡하여 적시에 촬영하기 어려운 실정이다. 이에 위성영상을 이용하여 피해지역을 분석할 경우 광범위한 지역을 보다 쉽게 분

---

1) 정회원 · 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 · E-mail : [misun03@konkuk.ac.kr](mailto:misun03@konkuk.ac.kr)  
\*\* 정회원 · 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 · E-mail : [dolpin2000@konkuk.ac.kr](mailto:dolpin2000@konkuk.ac.kr)  
\*\*\* 정회원 · 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 · E-mail : [jamg@konkuk.ac.kr](mailto:jamg@konkuk.ac.kr)  
\*\*\*\* 비정회원 · 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 · E-mail : [shinhj@konkuk.ac.kr](mailto:shinhj@konkuk.ac.kr)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 건국대학교 생명환경과학대학 지역건설환경공학과 E-mail : [kimsj@konkuk.ac.kr](mailto:kimsj@konkuk.ac.kr)

석할 수 있는 원격탐사의 장점을 활용하여 태풍 전·후의 회복 상태를 파악하여 그 변화를 분석함으로써 침수 흔적을 추출할 수 있다.

위성영상을 이용한 직접적인 침수피해 흔적을 조사 분석하는 사례로 최근, 박병욱(1997) 등은 홍수 직후의 Landsat TM 영상 자료를 이용하여 유실된 농경지 및 침수흔적을 분석한 연구가 있었고, 이규성(2000) 등은 시계열 위성레이더 영상을 이용해서 침수흔적을 조사한 바 있었다.

본 연구에서는 2002년 태풍 RUSA의 최대 피해지역인 강원도 강릉 지역의 2000년 9월29일, 2002년 9월 11일 영상 자료를 이용하여 전처리 과정을 걸쳐 정규식생지수인 NDVI를 추출하고 적용함으로써 침수지역 파악을 용이하게 할 수 있는 기법을 제시하고자 한다. 본 연구에서 제시한 기법을 적용하여 향후 홍수 유출 모형의 기본 구축자료로 제시하고자 한다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1 대상지역

본 연구대상 지역인 강릉은 제 15호 태풍 'RUSA'에 의해 피해가 가장 심한 곳이다 (그림 1). 면적은 1,042.3km<sup>2</sup>로 북쪽으로는 양양군, 서쪽으로 홍천군, 평창군, 정선군, 남쪽으로는 동해시와 접하고, 동쪽으로는 동해와 접하고 있다. 태백산맥 동쪽 급경사 산간지대부터 동해안까지 이르는 곳에 있으므로 지형은 대체로 험준한 산지, 완만한 산록 및 좁은 해안평야로 나뉜다. 강릉 지역의 연평균 강수량은 약1,282mm으로 거의 대부분이 하절기에 집중적으로 내리는 강우라 할 수 있다. 강릉의 주하천인 남대천은 상류의 도

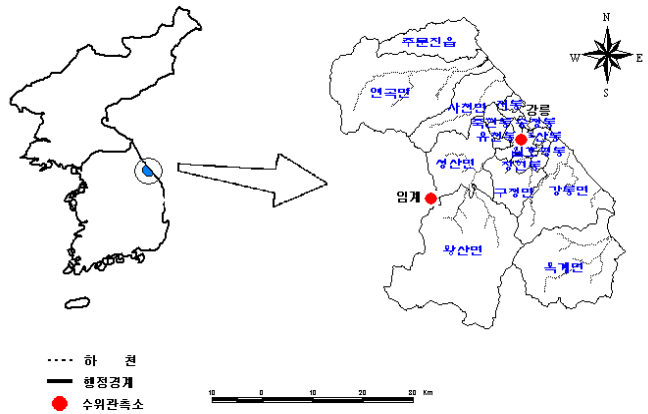


그림 1. 대상지역

마천과 왕산천이 합류되는 지점에 위치하는 강릉저수지를 시점으로 하여 강릉시내를 관통하여 동해로 유입되는 하천으로, 태풍 기간 중 게릴라성 폭우로 하천의 범람과 제방의 붕괴로 인하여 강릉시가 침수되었다. 강릉남대천의 주요 지류인 섬석천은 강릉남대천이 동해로 유입하는 하류지점에서 합류하며, 상류에는 장현 저수지, 칠성 저수지, 동막 저수지 등이 있는데 8월 31일부터 9월 1일 사이에 발생한 태풍 루사의 영향으로 저수지가 붕괴되어 농경지 피해가 가중되었다.

### 2.2 영상선정 및 전처리

태풍으로 인한 침수피해지역 분석을 위한 위성영상으로 Landsat 7 ETM+, TM 센서에 의해 관측된 영상을 태풍 전·후의 표1과 같이 선정하였다. 태풍 전의 영상은 태풍 후의 영상과 계절이 같고 연도의 차가 되도록 적은 자료 중에서 구름상태가 양호한 것으로 하였다. 표에서 알 수 있듯이 본 연구에 사용된 태풍 후의 영상은 홍수발생 후 약 열흘이 지난 영상이었지만 사용할 수 있는 최적의 자료였기 때문에 이를 이용한 분석 가능성을 모색하였다.

표 1. 대상지역 영상자료

홍수피해년도	구 분	관 측 일 자	센서	Path/Row	운량
2002. 8. 31 ~ 9. 1	태풍 전	2000. 09. 29	ETM+	115/34	0%
	태풍 후	2002. 09. 11	TM	115/34	1%

영상의 전처리는 위성영상 소프트웨어인 ERDAS IMAGINE 8.5를 사용하였으며, 기하보정은 image to image 방법을 적용하여 Spheroid Bessel, Datum Tokyo(Korea), Projection TM(Transverse Mercator)으로 투영하였다. 영상의 재배열은 DN값의 변화를 최소화하기 위하여 최근린 내삽법(Nearest Neighbor)을 적용하였다.

2000년, 2002년 영상을 기하보정한 후 식 (1)를 적용하여 RMSE(Root Mean Square Error)를 계산한 결과 해상도 30m에 대해 각각 0.62, 0.28 pixel로 분석되었다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2}{n - 1}} \quad (1)$$

### 2.3 토지피복분류

본 연구에서는 태풍 전의 토지 피복상태를 파악하고자 위성영상 분석소프트웨어인 Idrisi 32를 사용하여 2000년 9월 29일 영상을 피복분류를 실시하였다.

토지피복분류시 분류항목의 결정은 한국수자원공사(2000)가 제시한 기준(등급 I)을 적용하였다. 분류 항목으로는 산림, 논, 밭, 주거지, 물, 나지, 초지 등을 주요 분류항목으로 설정하였고, 태풍 후 영상은 피해 발생 후로 열흘이 경과한 것으로 일부 토사로 인한 홍수 흔적 형태가 뚜렷이 나타나고 있었으므로 이를 ‘피해지역’이라는 분류항목을 추가하였다. 토지피복분류를 위해 대상지역을 조사한 결과 산림, 논, 밭 등의 식생의 비율이 높은 지역으로, 피복상태를 영상에서 추출하기 위하여 최적의 밴드구성을 실시, 식생에 대한 정보를 잘 반영하는 Crist(1985)가 개발한 Tasseled Cap 변환계수(표 2)를 이용하여 Brightness, Greenness, Moisture인 지수밴드를 생성하였다. 밴드 구성은 세 개의 지수 밴드와 식생형태, 생장, 함수량과 토양 함수량의 지표가 되는 4번 밴드, 구름과 눈을 구분하는데 유용한 5번 밴드, 수계 투과를 위해 디자인된 1번 밴드와 강가나 저수지부분의 침수 등의 분석을 위해서 중적외 밴드(Kojima, 2003)를 추가하여 감독분류 중 각 분류항목의 평균과 공분산을 이용하는 최대우도법(Maximum Likelihood Classification)을 실시하였다.

표 2. Landsat 7 ETM Tasseled Cap 변환 계수

Index	Band					
	1	2	3	4	5	6
Brightness	0.3561	0.3972	0.3904	0.6966	0.2286	0.1596
Greenness	-0.3344	-0.3544	-0.4556	0.6966	-0.0242	-0.2630
Wetness	0.2626	0.2141	0.0926	0.0656	-0.7629	-0.5388

### 2.4 식생지수(NDVI, Normalized Difference Vegetation Index)

식생지수는 식생의 활력도를 평가하는 가장 보편적인 지표로서, 식생이 밀집한 지역일수록 1에 가깝게 분포되고, 그에 반해 물, 구름, 눈에 대해서는 가시역의 파장이 강하게 반사되어 음의 값을 갖으며, 암반이나 나지에는 양의 값의 반사율이 거의 같아지게 되어 영(0)에 가까운 값을 갖는다.

본 연구 대상 지역인 강릉은 토사 유입으로 인한 피해가 심하기 때문에 태풍 전·후의 영상에서 NDVI를 추출, 침수 피해지역이 침수로 인하여 식생의 활력감소 및 토양의 수분함량이 포착되어 침수 피해지역임을 구별이 가능하다 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 태풍 전·후의 영상에서 식생지수를 이용한 침수 및 피해지역을 추출하고자 한다.

위성영상 자료를 Rouse(1974)가 개발한 정규화식생지수인 식 (3)에 적용하여 NDVI을 추출하였다. 여기서 NIR은 근적외 밴드(0.76~0.90 $\mu$ m)로 영상 내에 나타나는 식생의 생물량에 매우 민감한 반응을 보이며, RED는 가시영역의 3번 밴드(0.63~0.69)로 활성도가 큰 식생의 적색 클로로필 흡

수 밴드로서, 식생을 구별하는데 있어 가장 중요한 밴드이다. 이와 같은 가시역에서의 강한 흡수와 근적외 역의 강한 반사를 갖는 특수성에 의해 가시 및 근적외 영역의 파장대가 식생조사에 이용되고 있다.

$$NDVI = \frac{NIR_{TM4} - RED_{TM3}}{NIR_{TM4} + RED_{TM3}} \quad (3)$$

$$DNDVI = \text{Reclassified 2002 NDVI} - \text{Reclassified 2000 NDVI} \quad (4)$$

본 연구에서는 태풍 전·후의 영상으로부터 정규식생지수인 NDVI를 구하고, 식 (4)에 적용하여 DNDVI(Different NDVI)를 산출하였다(그림 2). DNDVI 결과 1과 2로 나타나는 지역이 침수피해 지역을 나타내며, 태풍 전의 토지피복분류 결과와 중첩, 분석하여 토지피복별 피해 현황을 분석하였다.

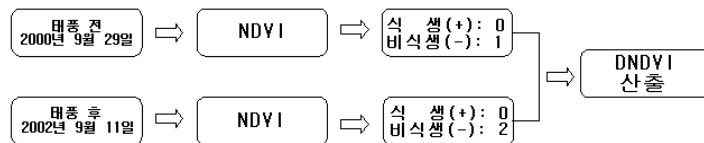


그림 2. DNDVI 생성 과정

### 3. 침수피해 분석

태풍으로 인한 침수 피해지역을 분석하고자 DNDVI를 추출하여 면적을 산출한 결과, 전체 피해 면적 58.2km<sup>2</sup>에서 수역은 3.9km<sup>2</sup>, 주거지 18.8km<sup>2</sup>, 산림 7.67km<sup>2</sup>, 농경지는 17.7km<sup>2</sup> 피해를 입은 것으로 분석되었다(그림 3).

태풍 전인 2000년 9월 29일 영상에 대한 토지피복분류를 실시한 결과(그림 4)의 정확도를 검증하기 위해 Error Matrix를 작성하였다. 분류항목에 대한 정확도는 88.65%, Kappa 계수는 0.84로 분석되었다. 그림 5는 DNDVI 기법을 적용하여 추출한 침수피해지역을 2000년 9월 토지피복도와 중첩하여 침수 피해 지역도이다.

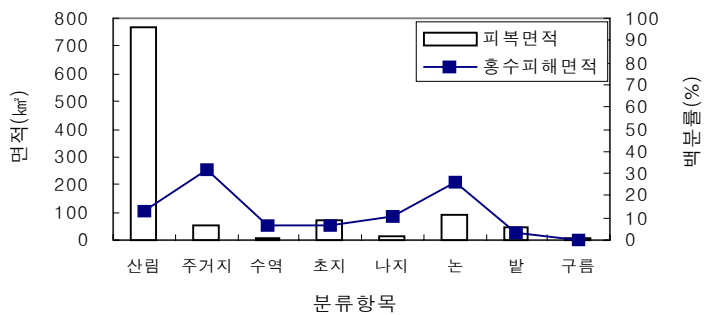


그림 3. 분류 항목별 면적

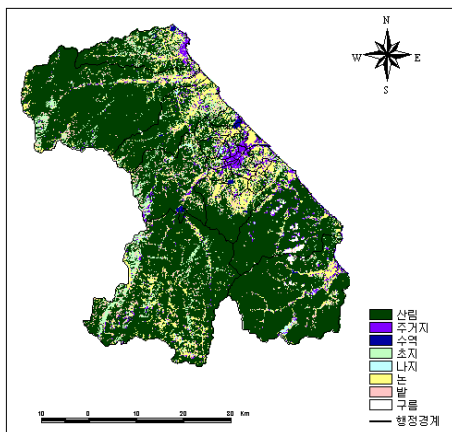


그림 4. 태풍 전 토지피복분류도

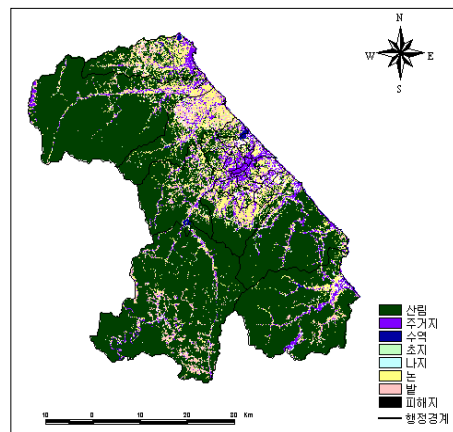


그림 5. 태풍 후의 피해 지역도

분석결과 가장 많은 피해를 입은 항목은 주거지(18.8km<sup>2</sup>)와 농경지(17.7km<sup>2</sup>)로 분석되었으며, 주거지의 경우 하천의 범람과 갑작스런 집중 폭우로 인한 제방의 붕괴와 일시적인 배수불량으로 주거지가 침수되어 피해를 입었으며, 농경지는 크고 작은 저수지와 하천의 범람으로 인하여 침수되는 등의 큰 피해를 입은 것으로 판단된다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 2002년 역대 최고의 인명과 재산 피해를 낸 태풍 RUSA로 인한 피해를 추출하고자 가장 피해가 심하였던 강릉 지역을 대상으로 태풍 전·후 2000년 9월 29일과 2002년 9월 11일 Landsat 7 ETM+, TM 위성영상을 이용하여 태풍 전 피복분류를 실시하였다. 또한 두 영상에서 NDVI를 추출, DNDVI 기법을 적용하여 토지피복분류 결과와 중첩시켜 토지피복별 침수피해 현황을 분석한 결과, 피해지역의 총 면적은 58.2km<sup>2</sup>로 분석되었으며 가장 많은 피해를 입은 항목은 주거지(18.8km<sup>2</sup>)와 농경지(17.7km<sup>2</sup>)이며, 주거지는 집중 폭우로 인하여 배수가 되지 않아 주거지가 침수되었고, 농경지는 상류에 위치한 저수지의 붕괴와 하천의 범람으로 침수되는 등의 큰 피해를 입은 것으로 분석되었다.

태풍으로 인한 침수피해지역은 DNDVI 기법을 적용할 경우 추출이 용이하였으며, 토지피복분류도에 중첩함으로써 침수 피해지역에 대한 토지피복상태를 파악할 수 있었고, 항목별 피해면적을 산출할 수 있었다.

#### 감 사 의 글

본 연구에 사용된 Landsat 5 TM 2002년 9월 11일 영상은 (주)삼안건설기술공사로부터 제공받은 것입니다. 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 박병욱, 김철(1997), 원격탐사 자료를 이용한 자연재해분석에 관한 연구, 한국측지학회지, 제 15권 2호, pp. 237-244.
2. 이규성, 이선일(2000), 시계열 RADARSAT 자료를 이용한 시계열 농경지의 홍수피해유형분석, 대한원격탐사학회 춘계학술대회 논문집, pp. 102-107.
3. Crist, E. P. (1985), A Thematic Mapper Tasseled Cap Equivalent for Reflectance Factor Data, Remote Sensing of Environment, Vol.17, pp. 301-306.
4. Kojima, T. (2003), Identification of Flood Disaster Area using Satellite Images on the South Korea Flood Disaster in 2002, 한·일 홍수 세미나, 한국수자원공사, pp. 23-28.
5. Rouse, J.W. and Haas, R.H. and Schell J.A. and Deering D.W. (1974), Monitoring Vegetation Systems in the Great Plain with ERTS, Proceedings, Third Earth Resources Technology Symposium, Greenbelt: NASA SP-351, pp. 3010-3017.