

## 침수피해 정보를 이용한 농경지의 지형학적 침수취약지도 작성 - 진주시를 사례로 -

김수진 · 서교\* · 김상민\*\* · 이경도\*\*\* · 장민원\*\*

경상대학교 대학원 · \*서울대학교 조경·지역시스템공학부 (농업생명과학연구원)

\*\*경상대학교 지역환경기반공학과 (농업생명과학연구원) · \*\*\*국립농업과학원 농업환경부

## Mapping of Inundation Vulnerability Using Geomorphic Characteristics of Flood-damaged Farmlands - A Case Study of Jinju City -

Kim, Soo-Jin · Suh, Kyo\* · Kim, Sang-Min\*\* · Lee, Kyung-Do\*\*\* · Jang, Min-Won\*\*

*Graduate School, Gyeongsang Nat'l University*

*\*Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul Nat'l University*

*\*\*Dept. of Agricultural Environment, National Academy of Agricultural Science(NAAS)*

*\*\*\*Dept. of Agricultural Engineering (Insti. of Agric. & Life Sci.), Gyeongsang National University*

**ABSTRACT** : The objective of this study was to make a map of farmland vulnerability to flood inundation based on morphologic characteristics from the flood-damaged areas. Vulnerability mapping based on the records of flood damages has been conducted in four successive steps; data preparation and preprocessing, identification of morphologic criteria, calculation of inundation vulnerability index using a fuzzy membership function, and evaluation of inundation vulnerability. At the first step, three primary digital data at 30-m resolution were produced as follows: digital elevation model, hill slopes map, and distance from water body map. Secondly zonal statistics were conducted from such three raster data to identify geomorphic features in common. Thirdly inundation vulnerability index was defined as the value of 0 to 1 by applying a fuzzy linear membership function to the accumulation of raster data reclassified as 1 for cells satisfying each geomorphic condition. Lastly inundation vulnerability was suggested to be divided into five stages by 0.25 interval i.e. extremely vulnerable, highly vulnerable, normally vulnerable, less vulnerable, and resilient. For a case study of the Jinju, farmlands of 138.6 km<sup>2</sup>, about 18% of the whole area of Jinju, were classified as vulnerable to inundation, and about 6.6 km<sup>2</sup> of farmlands with elevation of below 19 m at sea water level, slope of below 3.5 degrees, and within 115 m distance from water body were exposed to extremely vulnerable to inundation. Comparatively Geumsan-myeon and Sabong-myeon were revealed as the most vulnerable to farmland inundation in the Jinju.

**Key words** : Flood, Fuzzy Membership, Geomorphic, Inundation

### I. 서 론

지난 10년간 (2002~2011) 국내에서 발생한 풍수해로 인한 피해는 약 21조 2천억원으로 680명의 인명을 잃고

270,390 ha의 농경지가 침수되었다 (소방방재청, 2012). 홍수피해 발생가능성이 높은 100mm/day 이상 집중호우 발생빈도는 1992년을 전후하여 1.5배 가량 증가하였고 하천변의 도시화 등으로 인한 침수면적당 피해액은 1970-80년대에 비하여 7배에 달하고 있다 (이한세, 2004). 특히 농업생산기반의 피해만을 본다면 1998년부터 2010년 사이에 농경지 침수와 유실이 약 541,585 ha에 달하

Corresponding author : Jang, Min-Won

Tel : 055-772-1933

E-mail : mwjang@gnu.ac.kr

고 비닐하우스는 242,107 ha가 피해를 입었다 (소방방재청, 2012). 특이한 것은 태풍 외에도 호우에 의한 피해규모가 커지고 있는데 한반도로 접근하는 태풍의 수는 줄어든 반면 집중호우의 빈번한 발생으로 상시 대응 체계의 구축이 요구되고 있다. 이에 국내 수리시설들의 설계기준과 관리기준을 조정하고 재해보험을 도입하거나 재해대응 매뉴얼을 정비하는 등 피해경감을 위한 다양한 접근들이 이뤄지고 있으나 예상치 못한 규모로 인명과 재산을 위협하는 자연재해의 속성상 신속하고 정확한 의사결정과 정보 전달이 실질적인 대안으로 제시되고 있다.

침수피해 경감을 위한 의사결정은 우선 과거의 홍수 피해 자료를 토대로 한다. 실제적인 홍수피해 발생빈도를 평가할 수 있고 홍수에 취약한 지역을 파악함으로써 사전에 위험을 전파하거나 관리할 수 있다 (국토연구원, 2005). 재해발생 시점과 지점에 관한 공간정보는 재해평가와 재난관리에 있어서 합리적인 의사결정의 전제조건이므로 재해위험지도도 작성하거나 침수위험지구를 시각적으로 나타냄으로써 주민과 관련기관의 재해대응 경각심을 높일 수 있는 장점을 가진다 (Wilhelmi and Wilhite, 2002; Hamilton, 2000).

피해경감을 위해서 침수위험지도 혹은 침수취약지도 작성을 위한 다양한 접근 방법들이 제시되고 있다. 홍순희 등 (2004)은 과거 침수사례 분석을 토대로 임계가능치를 산출하고 호수침수재해예측서비스를 적용하는 것은 정밀한 침수피해 사례 자료의 확보를 전제로 한다고 하였다. 김성삼 등 (2012)은 국내외 홍수관련 침수취약도 선행 연구사례를 검토하여 기후, 수문지질, 사회경제, 방어 등의 분류에 9개 인자를 이용한 침수취약등급도 평가 방안을 제시하였다. 구신희 등 (2011)은 비구조적 홍수방어대책인 재해지도가 재해위험의 노출 정도에 대한 정보와 이에 따른 지역의 특성에 맞는 대책 마련을 위한 기초정보를 제공한다고 하였다. 김철과 김석규 (2003)는 DEM과 토지피복도 등의 지형학적 자료와 빈도별 홍수위 자료를 GIS로 처리함으로써 홍수 취약지역의 범위를 개략적으로 예측하는 시도를 하였다. 이근상 (2012)은 1:1,000 정밀DEM을 이용하여 강우빈도별 홍수위에 따른 침수분석을 분석하였고 박현미와 김의명 (2012)은 GIS를 이용하여 상대적인 높이가 낮은 지형저지대를 추출함으로써 침수취약지를 분류하였다.

홍수로 인한 침수 취약지역 분석은 크게 지형학적 방법, 과거자료를 이용하여 추출하는 방법, 수리수문학적 모형을 이용하여 홍수범람지역을 모의하는 방법 등으로 정리된다 (김철과 김석규, 2003; 황유정, 2006). 지형학적 방법은 표고나 경사정보 등을 산술적으로 다루어 선상

지, 자연제방 등과 같은 지형학적 특성을 조사 분석하여 범람지역의 예측하는 방법이다. 기존 연구에서 김철과 김석규 (2003)는 경기도 문산천 유역의 경우 해발고도 50 m 이하, 경사 10도 이하의 산림과 경작지를 주 침수 피해 지역으로 분석하였고, 강정은과 이명진 (2012)은 서울의 사례에서 해발고도 16~20 m, 하천에서 50 m 이내 지역을 취약성이 높은 것으로 발표한 바 있다. 또 황유정 (2006)은 과거 홍수자료와 지형정보를 이용하여 표고 10 m 이하, 경사도 5도 이하의 공간적 범위가 침수기록과 일치한다고 분석하였다. 수리수문학적 모형을 이용하는 것은 수위 변화와 범람 상황을 모델링 하여 다양한 시나리오를 시험할 수 있다는 점에서 유용하지만 정밀한 지형자료의 구축이 필요하고 모델 파라미터에 따라 결과에 유의한 차이가 발생할 수 있기 때문에 신중한 접근이 요구된다. 한편 과거자료를 이용하는 것은 홍수흔적 조사와 같이 과거 침수기록을 이용하는 방법으로 실제 침수범위를 그릴 수 있는 장점이 있다. 그러나 최근의 이상기상과 같이 과거에 경험하지 못한 홍수에 대해서는 대응할 수 없는 한계가 있다. 그럼에도 과거 이력을 이용하는 방법이 유효한 것은 실증적으로 상습 침수지구를 찾을 수 있고 귀납적 추론을 가능케 함과 동시에 민원과 같은 현실적인 문제에서 불확실성을 줄일 수 있기 때문이다. 다만 과거 침수피해 지역의 정확한 공간정보가 누적되어야 하는데 재해대장은 일부 전산화되긴 하였으나 행정상 5년간 보관 후 폐기되고 일반적으로 침수지역 중 일부만 기록으로 정리된다는 점에서 적용이 어려운 현실이다 (농림수산식품부, 2008; 박원창 등, 2010; 구신희 등, 2011). 또한 침수흔적에 대한 조사는 예산과 인력의 부담이 있고 침수흔적의 보존기간이 길지 않다는 점에서 제약이 있다. 그러나 최근 스마트폰, 태블릿PC 등과 같은 모바일 정보 기술을 활용한 침수피해 조사가 실용화 단계에 있어 조만간 보다 적은 비용으로도 광범위한 침수지역을 실시간 혹은 신속하게 조사하고 바로 정보화할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이렇게 정밀한 위치 정보와 함께 누적된 침수피해 정보는 침수취약지도나 침수위험지도를 작성하는데 있어서 그 정확도와 신뢰도를 높이는 데 주요한 역할을 하게 될 것이다.

본 연구는 농경지 침수피해 경감을 위한 의사결정에 있어 과거 침수피해 기록을 주요한 정보자원으로 인식하고 지리정보시스템과 연계하여 침수 피해지점별 지형학적 속성을 추출, 중첩시킴으로써 임의 농경지의 침수취약 정도를 정량적인 지수로 평가하고 분류하는 방법을 제시코자 하였다. 그리고 진주시를 대상으로 과거 침수피해 기록과 수치고도자료를 구축하고 농경지 침수취약지도 제작과 침수취약도 평가를 수행하였다.

## II. 연구지역과 방법

### 1. 침수취약도 평가 방법

농경지 침수의 원인은 집중호우와 태풍의 발생, 하천 미개수 상태와 배수시설 미비, 수문분석과 중소하천의 정비계획 미비 등이 지적되어 왔다. 특히 하천 지류와 본류가 만나는 구간, 배수능력이 낮은 지류 주변, 그리고

하천변 저지대 등은 호우로 인한 내수의 정체, 우수로 및 배수장의 단면부족 및 불량 등에 의한 배수의 불균형으로 침수에 매우 취약한 것으로 알려져 있다 (최예환, 2000). 따라서 본 연구는 이들 침수취약지점들을 분류할 수 있는 기준으로서 침수피해 지점의 공통된 지형학적 특성을 처리함으로써 침수피해에 노출된 취약도를 평가하는 방법으로 접근하였다.

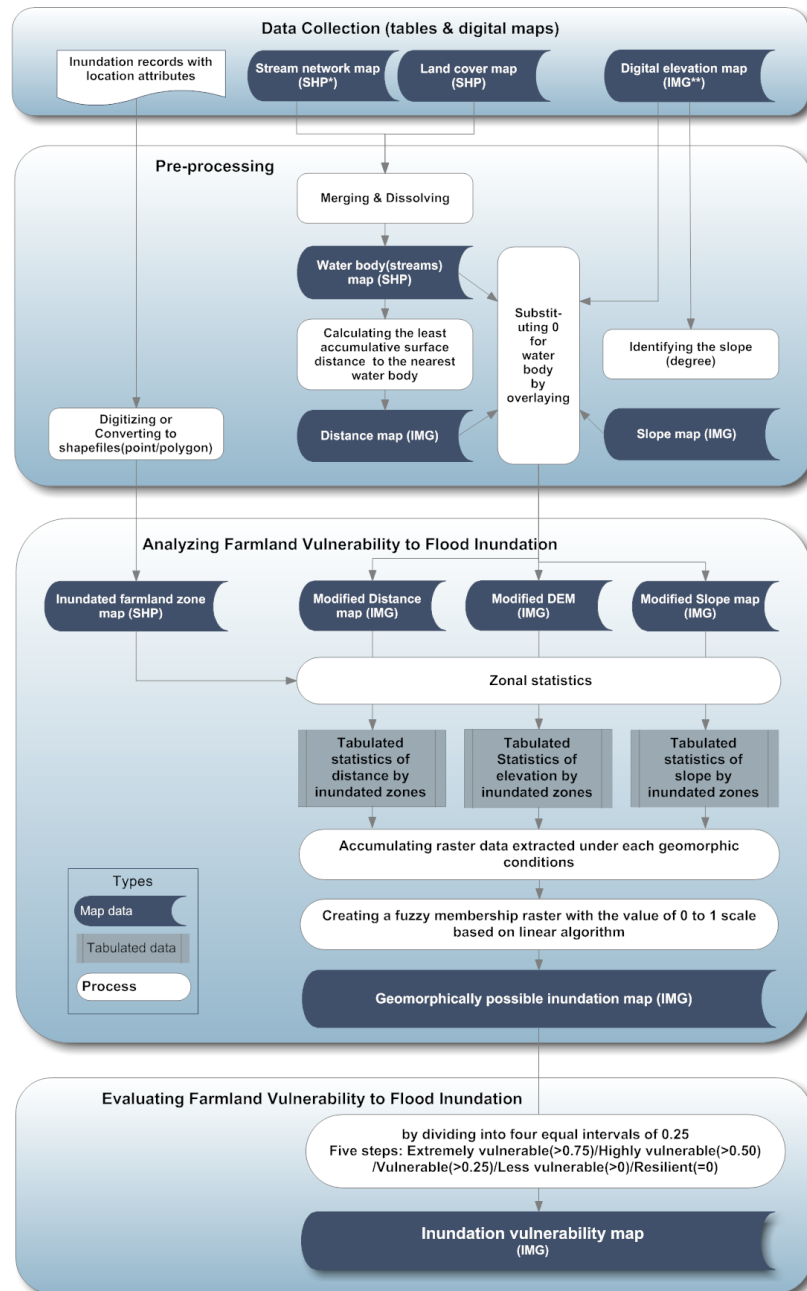


Figure 1 Procedure for mapping geomorphic inundation vulnerability based on the records of inundated farmlands (\*: shapefiles, \*\*:raster images)

침수취약도 평가에 사용된 지형학적 인자는 크게 해발고도 (m)와 경사 (degree)이며 본 연구에선 침수 원인 중 하천의 배수불량이 주요하다는 점에서 하천으로부터의 거리 (m)도 포함하였다. 침수취약도의 평가 과정은 Figure 1과 같다. 먼저 수치고도자료로부터 해발고도와 경사 자료를 추출하고 중분류토지피복지도 (2009년)와 하천망도를 이용하여 수계지도를 작성한다. 문헌으로만 남아있는 과거 침수기록 자료에서 침수구역 경계를 수치화 (digitizing)하고 스마트폰으로 수집된 피해지점에 대해선 해당 GPS 경위도 위치정보를 변환한다. 그리고 각 지도를 병합 (merge)하여 최종적으로 침수피해지도 (shapefile)를 완성한다. 하천으로부터의 거리는 수계지도와 수치고도자료로부터 지점별 경사거리 (path distance)를 계산하여 래스터 (raster) 지도로 작성한다. 다음, 수계 부분은 모든 분석에서 제외되도록 전처리를 수행한 후 침수피해지점별 각 래스터 자료의 통계를 구한다. 각 침수피해지점별 해발고도, 경사, 그리고 하천으로부터의 거리의 최소값과 최대값의 범위를 만족하는 픽셀만을 분류하고 누적시킴으로써 각 셀별 누적값을 갖는 래스터 지도를 생성한다. 마지막으로 침수취약지수는 취약 정도의 모호성을 다루고 자료의 크기에 상관없이 표준화된 수치로 표현하기 위해 최대 누적값을 1, 최소 누적값을 0으로 선형 변환하는 퍼지 멤버십 (fuzzy membership)으로 정의하였다. 퍼지 이론은 현실세계에서 발생하는 다양한 분야의 모호성, 많은 불확실성 문제 등을 수학적, 정량적으로 표현하고자 제안된 개념으로서 각 대상이 어떤 집합 혹은 모임에 속한다 또는 속하지 않는다는 이진법 논리로부터 각 대상이 그 모임에 속하는 정도를 수학적으로 나타냄으로써 인자간 가중치의 문제나 정성적 판단의 임계치를 다룰 때 등 유용하게 사용할 수 있다 (강정은 과 이명진, 2012).

침수취약평가는 이 지수를 4분위로 나누는 간격척도 (interval scale)로 분류한다. 취약지수가 0.75를 넘으면 매우 높은 취약 (extremely vulnerable), 0.5를 초과하면 높은

취약 (highly vulnerable), 0.25 초과는 보통 취약 (normally vulnerable), 그리고 0 초과 0.25 이하의 범위는 약간 취약 (less vulnerable)으로 각각 분류한다. 과거 발생했던 침수피해지점의 지형학적 조건에 전혀 부합되지 않은 지역은 침수취약지수가 0으로서 침수에 대해서 지형학적으로 안전한 (resilient) 범위로 정의한다.

## 2. 연구지역 선정과 자료수집

본 연구에선 침수피해기록이 남아 있는 경남 진주시를 대상으로 하였다. 진주시는 낙동강 유역의 남강이 가로지르고 하천을 주변으로 대규모 시설재배단지가 분포하는 특징을 갖고 있다. 산청, 함양 등으로부터 흘러들어오는 경호강과 덕천강이 남강다목적댐으로 막힌 진양호에 모이고 진주시를 가로질러 약 55 Km에 흐른다. 주요 지류로는 가좌천, 나불천, 영천강, 향양천, 현지천, 대곡천, 반성천, 상정천 등이 있고, 가좌천, 영천강, 용아천, 현지천, 반성천 등에서 침수피해기록이 남아 있다. 주요 침수피해 기록은 Table 1과 같다. 1999년엔 주로 사봉면과 진성면, 문산읍에 집중되어 있고, 2006년 태풍 에위니아로 인해서는 금곡면, 대곡면, 정촌면 등에서 침수기록이 남아 있다.

공간분석을 위하여 연구지역의 하천망도, 환경부 중분류토지피복지도, 행정경계도, 수치고도자료 등 기본 주제도와 침수피해 자료를 수집하고 데이터베이스로 구축하였다. 연구지역 내 침수피해 기록은 국가수자원관리종합정보시스템 (WAMIS; <http://www.wamis.go.kr>)의 행정구역별 침수실적조서와 지홍기 (2006)를 참고하여 1999년과 2006년 자료를 수치화하였고 2012년은 스마트폰 (iPhone 3GS, Galaxy S3)으로 호우 시 현장조사한 위치정보와 진주시 재난안전과에서 취합한 피해대상 내역을 이용하였다. 모든 분석 과정에서 공간해상도는 수치고도자료와 같이 30 m를 사용하였다.

Table 1 Summary of inundation damages in Jinju

Year	Major Hazards	Damages		Source
		Inundated farmland(ha)	Amount (Million Won)	
1999	Typhoon Neil(July 29 to 30)	571	6,251	National Disaster Information Center( <a href="http://safekorea.go.kr">http://safekorea.go.kr</a> )
2006	Typhoon EWINIAR(July 9 to 10)	3,453	21,117	
2011	Intensive rainfall(July 7 to 14)	433	6,400	
2012	Typhoon SANBA(Sep. 14 to 17)	0	613	

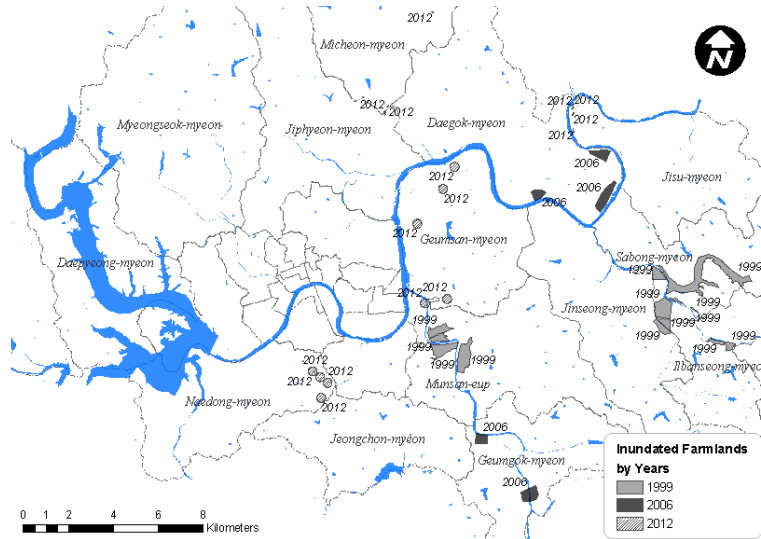


Figure 2 History of flood-inundated areas in Jinju from 1999 to 2012.

### III. 결과 및 고찰

공간자료의 제작과 전처리, 분석 등의 모든 과정은 ESRI사의 ArcGIS Desktop을 이용하였다.

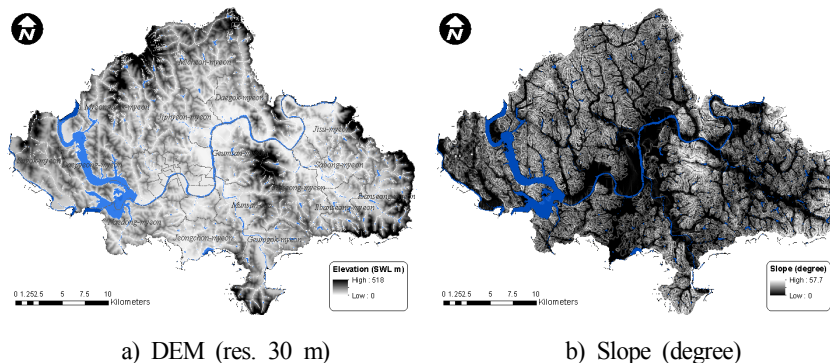
#### 1. 전처리

공간해상도 30m의 수치고도자료, 즉 DEM (Digital Elevation Model, m)으로부터 경사도 (Slope map, degree) 래스터를 생성하고 하천으로부터의 경사거리 (Distance from water body, m)는 수계지도와 DEM을 사용하여 Figure 3에서와 같이 각각 도출하였다. 침수취약지역 추적에 있어 배제되는 수계를 처리하기 위하여 지도연산 (map algebra) 작업을 통해서 해당 셀의 값을 0으로 대체하였다. 전처리가 수행된 진주시의 평균고도는 83 m, 최대 518 m로 나타났고 평균경사는 11 °이었다. 소하천을 포함한 전체 하천 길이는 약 2,851 Km에 달하고 수계면

적은 약 38.2 km<sup>2</sup>로 진주시 전체 면적 712.6 km<sup>2</sup>의 약 5.3%를 차지하였다 (Figure 3(d)). 침수피해지도 작성을 위해 먼저 1999년부터 2006년까지의 문헌상 피해정보와 이미지화된 도면들을 참고하여 총 19 개의 폴리곤 속성을 갖는 셰이프파일을 생성하였다. 2012년의 경우엔 진주시에서 제공한 피해지점 8곳 외에 스마트폰으로 촬영된 현장 사진에서 촬영지점의 GPS 위치정보와 현장기록을 처리하여 모두 16 개 지점의 피해지점을 수치지도화하였다 (Figure 2).

#### 2. 침수피해지점의 지형학적 특징

침수피해지도를 이용하여 해발고도, 경사, 하천으로부터의 거리 등 지형학적 속성을 설명할 수 있는 통계를 Table 2와 같이 추출하였다. 대상 35개 침수지점들에서의 평균 해발고도는 24.6 m, 최고 해발고도는 115.0 m이었고, 평균경사는 8.5°, 최대 35.9°까지 분석되었다. 하천



a) DEM (res. 30 m)

b) Slope (degree)

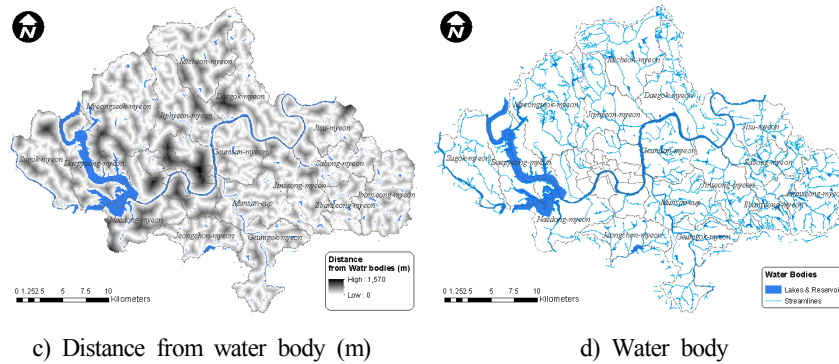


Figure 3 Digital maps prepared for vulnerability analysis

으로부터의 거리는 평균 192.9 m에서 최대 567.1 m까지 분포하였다. 침수피해 발생 기간별로는 2012년엔 평균 해발고도가 7.6 m, 평균경사가 1.8°, 하천으로부터 거리가 47.2 m에 그쳤으나 1999년과 2006년의 피해지점들에선 평균 해발고도 38.9 m, 평균경사 14.1°, 하천으로부터의 거리는 315.6 m로 통계상 차이가 크게 나타났다. 2012년의 경우 이전 1999년과 2006년에 비하여 중첩한 각 지형학적 인자별 값의 범위 (range)와 표준편차가 낮게 도출되었다. 이것은 2012년 침수면적이 넓지 않아 작은 폴리곤으로 그려진 침수피해지도 벡터자료를 지형학적 표현 재료인 래스터자료와 중첩분석하는데 있어 발생할 수 있는 모호한 경계와 지리적 좌표의 불일치에 따른 결과일 수 있다. 또 2012년엔 연구진이 직접 스마트폰으로 현장조사한 지점의 경우에 전체 침수면적보다는 제한적인 침수지점의 위치정보가 사용된 것에도 이유를 찾을 수 있다.

한편 기존 연구들에서 침수에 취약한 최대 해발고도를 10~50 m, 최대경사는 5~10°, 하천으로부터 거리를 50 m라 한 결과와 비교하면 진주시의 1999년과 2006년의 침수피해 지점들의 지형학적 속성은 상당한 괴리를 보였는데 피해면적이 넓고 제방 붕괴 등의 특이원인이 있었기 때문이라 할 수 있다. 반면에 2012년 침수지점은 평균적으로 기존 연구들에 부합하는 조건을 보였는데 이것은 실제 피해로 이어지지 않았더라도 침수가 발생했던 지역도 포함하였고 지점별 침수면적이 좁아 해당 영역의

래스터 속성 값의 범위나 편차를 최소화한 결과이다.

### 3. 지형학적 침수가능지도

개발 침수지점별로 추출된 해발고도, 경사, 그리고 하천으로부터 거리의 최솟값과 최댓값을 경계로 하여 침수범위와 비침수범위를 구분하고 모든 침수지점에 대해 셀별 누적 합을 계산하였다. 대상 35개 침수지점에 대하여 범위 내의 셀은 1로 처리하고 범위 외는 0으로 처리한 결과, 최대 22개 중복 셀이 도출되었다 (Figure 4). 중복 횟수, 즉 누적 합이 클수록 침수지점의 지형학적 공통성이 높은 것이며 그만큼 실제 침수가 빈번하게 발생할 수 있다는 것을 의미한다. 미래에 새로운 침수지점 조사 자료가 수집된다면 본 결과에 누적시킴으로써 지형학적 침수가능지도 (Geomorphically Probable Inundation Map; GPIM)을 갱신하고 불확실성을 줄일 수 있다. Figure 4에서 보듯이 침수우려가 높은 지형학적 조건을 가진 부분은 주로 남강 본류를 주변으로 분포하였고 남강으로 합류되는 지류의 상류보다는 하류에 집중되는 형태를 보여주었다.

### 4. 침수취약도의 평가와 침수취약지도 작성

지형학적 침수가능지도로부터 침수취약지수는 선형 퍼지 멤버십으로 변환한 값으로 0부터 1까지의 값을 갖는다. 침수위험도의 평가는 침수취약지수를 매우 높은,

Table 2 Statistics of morphologic factors at the inundated farmlands

Period	Factor	Elevation (m)			Slope (degree)			Distance from water body (m)		
		Avg.	Min.	Max.	Avg.	Min.	Max.	Avg.	Min.	Max.
1999 to 2006		38.9	0.0	115.0	14.1	0.0	35.9	315.6	0.0	567.1
2012		7.6	0.0	71.0	1.8	0.0	8.7	47.2	0.0	213.4
1999 to 2012		24.6	0.0	115.0	8.5	0.0	35.9	192.9	0.0	567.1



침수피해 정보를 이용한 농경지의 지형학적 침수취약지도 작성

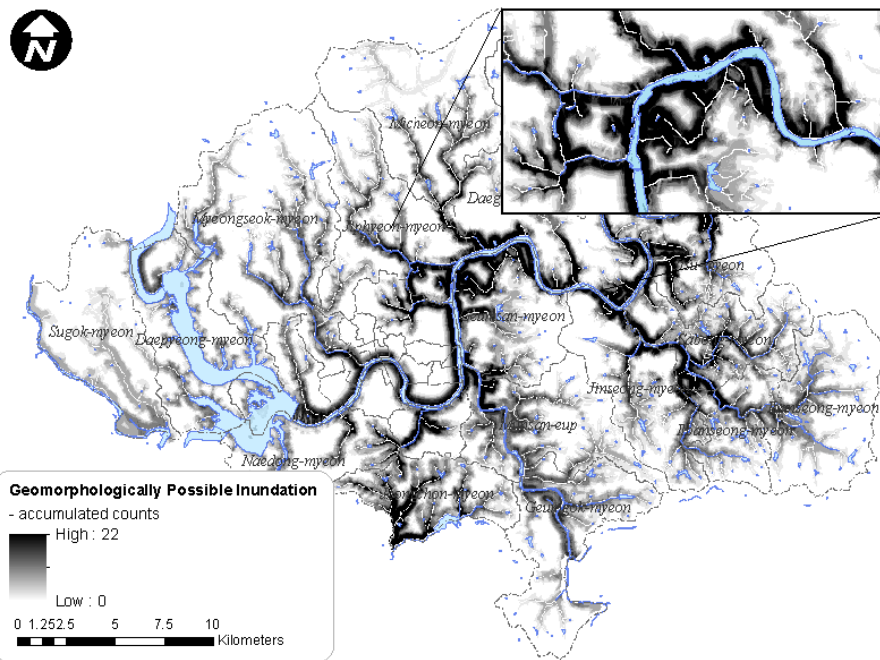


Figure 4 Geomorphologically probable inundation map extracted by accumulating individual geomorphic conditions

높은, 보통, 약간, 안전의 5단계로 나눈 것으로 진주시 전체 면적 중 지형학적으로 매우 높은 취약으로 분류된 면적은 8.6 km<sup>2</sup> (1.2%)이고 안전단계를 제외한 전체 취약

면적은 약 48.8%에 달한다. 농경지만으로 한정할 경우 지형학적으로 침수취약 면적은 138.6 km<sup>2</sup>로 진주시의 약 18%를 차지하는 것으로 분석되었다. Figure 5에서와 같

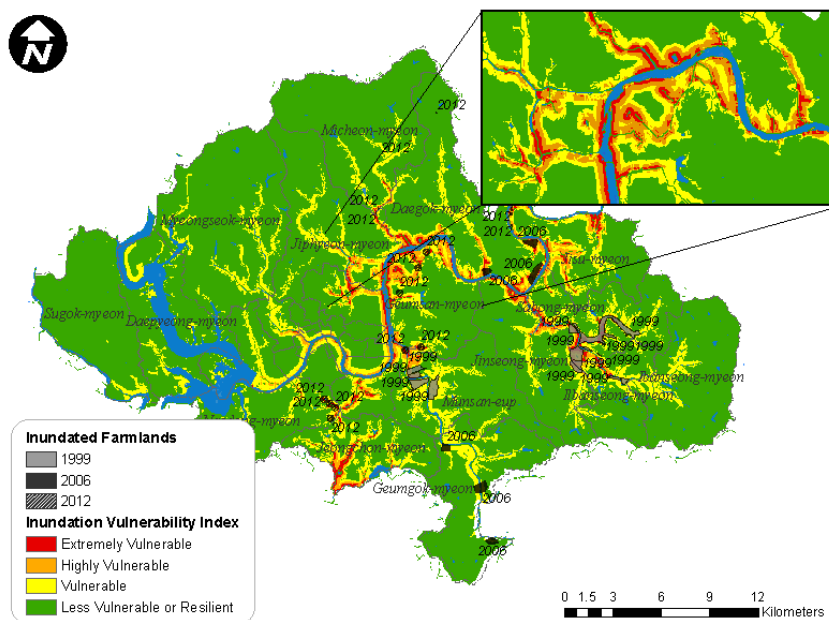


Figure 5 Inundation vulnerability map by fuzzy membership function.

이 침수지역과 중첩한 결과는 모든 해에 걸쳐서 침수지점과 침수취약지구로 구분된 지역이 대체로 일치하였으며 보통이나 높은 취약단계의 면적은 전체 침수 면적의 평균 약 55%에 해당하였다. 각 침수취약 단계별 지형학적 특징을 Figure 5에서 추출하면 Table 3과 같다. 침수취약지수 0.75 초과와 매우 높은 취약단계에서 해발고도는 19 m 미만이고 경사는 3.5° 미만, 그리고 하천으로부터 거리는 115 m 이내로 확인되었다. 1999년부터 2012년까지만의 침수 기록만으로 분석했을 때 침수 안전단계와 취약단계를 구분짓는 것은 해발고도 115 m, 경사 35.8°, 그리고 하천으로부터 거리 567 m이다.

진주시의 37개 읍면동별 취약단계별 면적 분포를 Table 4에 정리하였다. 높은 취약단계 이상의 면적은 금산면에서 약 402 km<sup>2</sup>로 최대를 보였고 해당 읍면면적에 대한 비중에서도 약 12%로 진주시 내에서 지형학적으로 가장 취약한 지역인 것으로 나타났다. 다음 지수면과 사봉면, 정촌면 등이 상대적으로 침수에 취약한 것으로 분석되었다. 반면 수곡면, 대평면, 명석면, 이반성면, 금곡

면 등은 높은 취약단계 이상의 면적이 분류되지 않아 지형학적 측면만 봤을 때 가장 침수 우려가 적음을 확인할 수 있었다. 안전단계로 분류된 면적과 비중만 보면 90% 이상을 차지한 대평면과 명석면이 진주시에서 가장 침수에 안전한 행정구역이고 반대로 70% 미만의 결과를 보여준 금산면, 사봉면, 문산읍, 정촌면은 침수에 가장 취약한 지역으로 구분되었다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 진주시를 사례지역으로 농경지의 침수 취약도 평가를 위해 과거 침수피해 지점의 지형학적 속성을 추출하고 각 이벤트를 독립적으로 누적하여 최종적으로 0부터 1까지의 퍼지 멤버십으로 표현된 침수취약지수를 제시하였다. 1999년, 2006년, 그리고 2012년에 조사된 침수기록을 바탕으로 해당 구역에서의 해발고도, 경사, 그리고 하천으로부터 거리 등 세 가지 지형학적 인자를 대상으로 침수 취약지를 격자형 지도로 작성하고 매우

Table 3 Classification of geomorphic vulnerability to farmland inundation

Stages	Index	Common criteria		
		Elevation (m)	Slope (degree)	Distance from streams (m)
Extremely Vulnerable	over 0.75 to 1.00	< 19	< 3.5	< 115
Highly Vulnerable	over 0.50 to 0.75	< 29	< 8.4	< 255
Normally Vulnerable	over 0.25 to 0.50	< 70	< 17.1	< 380
Less Vulnerable	over 0.00 to 0.25	< 115	< 35.8	< 567
Resilient	0	-	-	-

Table 4 Area distribution by inundation vulnerability stages at each eup or myeon

Administration	Area	Stages of Inundation Vulnerability (unit: ha (%))						
		Resilient	Less Vulnerable	Vulnerable	Highly Vulnerable	Extremely Vulnerable		
Sugok-myeon	4,181.6	3,384.8 (80.9)	706.8 (16.9)	90.0 (2.2)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)		
Daepyeong-myeon	4,216.1	3,839.0 (91.1)	156.1 (3.7)	221.0 (5.2)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)		
Myeongseok-myeon	6,906.3	6,231.2 (90.2)	322.2 (4.7)	352.7 (5.1)	0.3 (0.0)	0.0 (0.0)		
Micheon-myeon	5,440.4	4,853.5 (89.2)	335.0 (6.2)	225.4 (4.1)	17.3 (0.3)	9.3 (0.2)		
Jiphyeon-myeon	4,637.2	3,817.5 (82.3)	275.7 (5.9)	376.8 (8.1)	130.6 (2.8)	36.5 (0.8)		
Geumsan-myeon	3,269.6	2,229.7 (68.2)	311.0 (9.5)	327.1 (10.0)	301.7 (9.2)	100.3 (3.1)		
Daegok-myeon	5,567.2	4,279.1 (76.9)	545.9 (9.8)	437.9 (7.9)	217.0 (3.9)	87.4 (1.6)		
Jisu-myeon	3,113.6	2,187.5 (70.3)	288.8 (9.3)	350.6 (11.3)	211.9 (6.8)	74.8 (2.4)		
Sabong-myeon	3,229.7	2,184.9 (67.7)	366.5 (11.3)	396.9 (12.3)	179.1 (5.5)	102.2 (3.2)		
Ibanseong-myeon	4,252.3	3,425.0 (80.5)	524.3 (12.3)	303.1 (7.1)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)		
Ilbanseong-myeon	1,942.9	1,498.6 (77.1)	185.3 (9.5)	215.1 (11.1)	28.6 (1.5)	15.3 (0.8)		
Jinseong-myeon	3,662.2	2,865.1 (78.2)	347.2 (9.5)	308.4 (8.4)	96.9 (2.6)	44.6 (1.2)		
Geumgok-myeon	3,931.9	3,023.6 (76.9)	463.2 (11.8)	445.1 (11.3)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)		
Jeongchon-myeon	2,663.2	1,829.5 (68.7)	329.6 (12.4)	285.7 (10.7)	122.2 (4.6)	96.2 (3.6)		
Naedong-myeon	3,293.6	2,940.6 (89.3)	167.2 (5.1)	146.0 (4.4)	20.7 (0.6)	19.1 (0.6)		
Munsan-eup	3,968.1	2,628.5 (66.2)	638.9 (16.1)	569.3 (14.3)	107.0 (2.7)	24.4 (0.6)		
Dong (21 dong)	6,954.8	6,162.5 (88.6)	264.7 (3.8)	368.2 (5.3)	113.0 (1.6)	46.4 (0.7)		
Total	71,230.7	57,380.6 (80.6)	6,228.4 (8.7)	5,419.3 (7.6)	1,546.3 (2.2)	656.5 (0.9)		



높은, 높은, 보통, 약간, 안전의 다섯 단계로 구분되는 침수 취약평가 기준을 설정하였다.

진주시의 사례에서 금산면, 사봉면, 정촌면 등이 상대적으로 침수피해에 취약하고 대평면과 명석면은 비교적 안전한 지형학적 조건을 갖는 것으로 분석되었으며, 높은 내지 매우 높은 취약단계의 조건은 해발고도 29 m, 경사 8.4°, 하천으로부터 거리 255 m 이내인 것으로 추정되었다.

홍수가 발생했을 때 과거 침수지역과 침수 가능성이 있는 지역에 대한 경고는 적극적인 대응 활동을 유도하여 피해를 예방하는 효과가 있다. 이에 재해피해의 사후 복구나 보상의 차원에서 주로 조사되었던 침수피해 기록을 실제 피해경감을 위한 의사결정 자료로 활용하기 위한 모델을 제시하고자 했던 본 연구는 침수피해 기록만 축적된다면 몇 가지 공간자료만으로도 유의한 침수취약 지도를 작성할 수 있고 침수취약도를 정량적으로 표현할 수 있다는 점에서 재해관리 현장에서 유용하게 적용될 수 있을 거라 사료된다. 다만 정확한 침수피해 자료의 누적이 필요한바 관련 제도의 개선과 기술적 뒷받침으로 현행 침수피해 조사 업무와 자료 관리를 지원할 수 있는 변화가 요구된다.

한편 최근 모바일 정보통신기술의 발전에 힘입어 농경지 침수정보 관리에서도 사용자 편의성과 시의성을 만족하는 조사 기법과 정보화 및 의사결정지원 체계의 구축이 추진되고 있으므로 가까운 미래에는 침수취약 평가 뿐만 아니라 다양한 재해피해 경감 활동을 유도하고 지원하는 환경의 조성으로 보다 신뢰성 있는 침수피해 자료를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ008958012013)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## 참고문헌

1. 강정은, 이명진, 2012, 퍼지모형과 GIS를 활용한 기후변화 홍수취약성 평가 -서울시 사례를 중심으로-, 한국지리정보학회지, 15(3), 119-136.
2. 구신희, 김성삼, 박영진, 최재원, 2011, 정밀지형자료와 과거 침수피해정보를 활용한 침수흔적도 구축 정확도 개선, 한국지형공간정보학회지, 19(4), 91-99.
3. 김성삼, 정길섭, 이준우, 박영진, 김의명, 2012, 자연재해 관리를 위한 침수취약등급도 구축방안, 2012 한국지형공간정보학회 추계학술대회, 167-168.
4. 김철, 김석규, 2003, GIS를 이용한 홍수취약지역 예측, 대한토목학회논문집, 23(3B), 175-181.
5. 농림수산식품부, 2008, 농업재해대책 업무편람.
6. 박원창, 김감래, 지종덕, 2010, 지적정보를 이용한 침수흔적도의 관리 및 활용방안, 한국지적정보학회지, 12(1), 1-12.
7. 박종덕, 구자용, 2011, 모바일 GIS를 이용한 홍수 위험 경보 서비스 구현, 대한지리학회지, 46(6), 738-750.
8. 박태선, 김광목, 윤양수, 이승복, 2005, 홍수피해특성 분석 및 홍수피해지표 개발에 관한 연구, 국토연구원.
9. 박현미, 김의명, 2012, 침수취약등급도 제작을 위한 지형저지대 생성기법, 2012 한국지형공간정보학회 추계학술대회, 105-106.
10. 소방방재청, 2012, 2011 재해연보.
11. 안상진, 전계원, 광현구, 2003, 홍수피해로 인한 침수면적 산정에 관한 사례연구, 대한토목학회논문집, 23(3B), 183-189.
12. 이근상, 2012, GIS와 지적도를 이용한 전주천 홍수 위험지역 평가, 한국지적정보학회지, 14(2), 1-14.
13. 이한세, 2004, 상습침수지역의 문제점 및 개선방안, 국토연구, 273, 16-23.
14. 지흥기, 2006, 2006 남강 홍수피해 조사분석, 한국수자원학회지, 39(8), 46-60.
15. 최예환, 2000, 농경지 침수방지 대책, 환경연구, 17, 226-250.
16. 홍순희, 이종국, 정태천, 한상현, 2004, 상습침수지역의 호우침수재해예측서비스, 한국기상학회 2004년도 가을 학술대회, 218-219.
17. 황유정, 2006, 홍수에 의한 침수 취약지역 예측에 관한 연구, 한국지역지리학회지, 12(1), 172-178.
18. Hamilton, R. M, 2000, Science and Technology for Natural Disaster Reduction, Natural Hazards Review, 1(1), 56-60.
19. Wilhelmi, O. V. and Wilhite, D. A., 2002, Assessing Vulnerability to Agricultural Drought: A Nebraska Case Study, Natural Hazards, 25, 37-58.

접 수 일: (2013년 8월 22일)

수 정 일: (1차: 2013년 9월 3일, 2차: 9월 11일)

게재확정일: (2013년 9월 11일)

■ 3인 익명 심사필