
하천범람 영역 자동생성 모델 및 표출 시스템 구현

최은혜* · 황현숙** · 김창수***

An Implementation of Expression System and Model for Automatic Creation of Flooding Area in the river

Eun-Hye Choi* · Hyun-Suk Hwang** · Chang-Soo Kim***

요 약

본 논문의 목적은 1차원 수리모형인 HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)를 통해 강우의 시간적 분포를 적용한 홍수위를 산정하고, 산정한 홍수위 값과 대상유역의 정밀한 지형데이터를 활용하여 홍수위에 따른 범람영역을 GIS기반의 사용자 정의 모델을 통해 자동 생성하는데 있다. 하천의 범람영역 분석은 지형데이터의 정확성에 따라 결과가 달라지므로 대상유역 지형 데이터의 정밀성이 최우선이다. 따라서 GIS기반의 홍수범람 영역을 자동생성하기 위해 UIS(Urban Information System)와 하천 관련 보고서, 수문학 정보 등을 기반으로 공간 및 속성 데이터의 구축방법을 제시하고, 대상 유역에 제시한 모델을 적용하여 GIS기반의 분석 결과를 표출시스템을 통해 제공한다.

ABSTRACT

The goal of this paper is to calculate flood elevation by applying temporal distribution of rainfall through HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) and to automatically create areas of flooding by a user-defined spatial model based on GIS using calculated values of flood elevation and detailed data of topography. Accuracy of topographic data is the most important factor because of deeply changing analysis results of flooding areas of a river. Therefore, this paper suggests a method of attributive and spatial data construction based on the GIS using UIS(Urban Information System, river-related reports, and hydrologic information. Also, we implement an expression system to provide analysis results extracted from the proposed model.

키워드

HEC-RAS, 홍수위, GIS, 하천 범람영역

Key word

Hydrologic Engineering Center's River Analysis System(HEC-RAS), Flood Elevation, Geographical Information System*GIS), Flooding Area of River

* 준회원 : 부경대학교 정보보호학협동과정 석사

접수일자 : 2012. 01. 13

** 정회원 : 부경대학교 정보시스템협동과정 박사

심사완료일자 : 2012. 02. 06

*** 종신회원 : 부경대학교 IT융합응용공학과 교수 (교신저자, cskim@pknu.ac.kr)

I. 서 론

우리나라의 경우 홍수에 의한 재해가 매년 급증하고 있는 추세이며 통계자료에 의하면 1990년대 이후 국내 홍수피해의 빈도는 잦아져 일반화되고 있으며, 이는 대부분 집중호우와 개릴라성 집중호우에 의한 것으로서 앞으로는 홍수 발생의 빈도는 증가될 것으로 전망되고 있다[1]. 하지만 이에 대처하기 위한 국가의 홍수예방 시스템은 범람 영역 결과 데이터의 신뢰성 부족이라는 문제가 존재한다. 현재 국내의 홍수위험지도 시스템 체계는 하천기본계획보고서를 기반으로 국토해양부의 하천관리지리정보시스템(이하 RIMGIS)에 의해 관리자에게 서비스되고 있다.

하천기본계획보고서 중 홍수범람 계획빈도 결정 부분은 홍수위에 따른 범람영역을 캐드 도면을 통해 작성하여 각 지자체에 제출하고, 생성한 범람영역 도면을 전산화하여 RIMGIS 홍수위험지도 시스템에 등재하여 웹 사이트로 서비스하고 있다[2]. 그러나 이러한 범람영역 레이어의 생성 방법은 시스템에 의한 기술적 분석이 아닌 수작업에 의해 생성하기 때문에 설계자마다 다른 결과가 생성되는 문제가 있다[3]. 또한 분석 영역의 범람영역 결과 레이어를 매번 수작업으로 반복하는 형태로 생성해야하는 번거로움이 존재한다[4].

이에 본 논문에서는 대상 하천의 하천기본계획 보고서를 참고하여 유역정보, 수리·수문 정보를 추출하여 GIS기반의 사용자 정의 범람모델을 설계 및 구축하여 정밀한 지형 데이터와 홍수위 정보를 적용하여 범람영역 레이어를 자동 생성한다. 따라서 결과 생성의 시간적 단축과 신뢰성 높은 결과를 제공하고 범람 모델에 의해 생성된 결과 레이어는 ArcObject를 통해 구현된 표출 시스템에서 그 결과를 제공하여 하천 관리자의 홍수피해 대책 및 하천계획 관리에 도움을 주고자 한다. 또한 본 논문에서는 극대홍수의 가상 분석을 위해 홍수위 산정시 강우의 시간적 분포 조건을 모두 적용하여 결과를 생성하여 비교하였다.

II. 관련연구

범람영역 생성 시 데이터의 정확성이 가장 중요함

에 따라 GIS기반 범람영역 생성 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 국외동향 중 HEC-RAS를 통한 홍수위 지형인자를 GIS 상에서 전환하고 수치영상과 같은 기본도를 이용하여 홍수터의 평면적인 분석에 대하여 연구하였고[5], HEC-HMS, HEC-RAS 및 ArcView를 함께 이용하여 홍수터를 묘사하는 방법으로 현장측량 자료의 필요성을 줄이고 홍수지도처리의 자동화 및 가시화 시킬 수 있는 홍수터의 3차원 분석을 시도하였다[6]. 또한 불규칙 삼각망인 TIN을 이용한 홍수터의 구현에 대하여 연구한 바도 있으며[7], Arizona 주 Salt강을 대상으로 홍수경감대책을 평가하기 위하여 HEC-GeoRAS를 이용한 바 있다[8]. LiDAR, 수치지형도, 저해상도 SRTM을 이용한 홍수범람해석 결과와 위성영상으로부터 취득된 범람해석의 적용 목적에 따라 저해상도 SRTM 또한 유용할 것으로 판단하였고 DEM이 저해상도일수록 범람해석의 불확실성은 커진다는 결론을 도출하였다[9]. 또한 FEMA의 홍수위험지도에 대한 정확성을 주제로 다루면서 하천지형 구축의 정확성이 홍수위험지도 제작에 가장 중요한 요소임을 강조하였다[10].

국내동향으로는 도시유역에서의 홍수범람모의를 HEC-GeoRAS를 이용하여 검토하였으며, 외수범람을 HEC-HMS와 HEC-RAS, 내수침수를 PCSWMM을 사용하여 모의하였다[11]. 중·소규모 자연하천 유역에서 CIVIL 3D & HEC-RAS 모형과 ArcGIS & HEC-GeoRAS 모형 두 기법을 이용하여 홍수범람해석을 통한 범람면적 및 침수심을 비교·분석한 바 있다[12]. 자연하천에서 시간적 분포 조건을 적용하여 HEC-RAS 모형의 산정 후, GIS기반의 범람영역 생성의 정확성을 위해 GIS기반의 공간분석을 수행한 바 있다[4].

III. GIS기반의 범람영역 생성모델 구축

3.1. 범람모델 입력 데이터

제안하는 범람모델 생성을 위한 데이터는 표 1 과 같이 대상 하천의 데이터 수집을 통해 범람 모델을 생성하는 입력 데이터를 추출하여 모델을 구축하는 형태로 구성된다.

표 1. GIS기반 범람영역 생성 모델 데이터 정의[13]
Table. 1 Definition of Model date for creating flooding area based on GIS[14]

번호	데이터 수집	입력 데이터
1	하천관련 보고서 (HEC-RAS 모형 입력 데이터)	<ul style="list-style-type: none"> 하천 기본정보 - 유역정보, 횡단 정보 등 수리·수문 정보 - 조도계수, 기점 수위 등
2	CAD 파일 (GIS 모델 입력 데이터)	<ul style="list-style-type: none"> 지형데이터구축 자료 - 등고선, 표고점, 하천구역선, 측점, 측선 등
3	UIS 파일	<ul style="list-style-type: none"> 시설물 레이어 - 도시, 건물, 도로, 주소, 하천정보
4	수리모형(HEC-HMS, HEC-RAS(HEC-RAS 모형 입력 데이터))	- 홍수량, 홍수위 결과

1) 데이터 수집

GIS와 연계하여 범람영역을 분석하기 위해서는 대상 유역의 하천 지형과 하천주변 지형의 정밀한 공간정보 구축이 필수적이다. 이를 위해 부산시 UIS 공간데이터에서 도로, 건물, 하천정보 등의 Shape 파일을 추출하였고, CAD 데이터를 기반으로 대상유역의 공간정보를 추출하기 위해 하천구역선, 측점, 등고선, 표고점, 횡단정보 등의 Shape 파일을 추출하였다. 이러한 Shape 파일을 활용하여 하천 범람 영역 분석을 위한 하천 지형 데이터를 생성할 수 있다. 그리고 대상유역의 지형특성에 따른 조도계수 정보와 홍수위 산정의 입력데이터가 되는 기점수위 정보의 경우 하천 관련 보고서를 통해 관련 데이터를 추출하여 속성 정보를 구축한다.

2) 입력 데이터

데이터 수집을 통해 사용자 정의 범람 모델 생성을 위한 입력 데이터를 추출할 수 있다. 먼저 범람영역 결과 생성 시 가장 중요한 정밀 지형 데이터의 구축을 위해 CAD 파일에서 추출한 등고선 데이터와 표고점 데이터를 활용한다. 그림 1 과 같이 Polyline 타입의 등고선과 Point 타입의 표고점 데이터는 동백천 하천기본계획 사업 시 연구용으로 제공받았으며, 범람영역 생성에서 가장 중요한 데이터 중 하나인 홍수위 측선 레이어는 대상

하천의 측점을 기반으로 50m 간격의 횡단선으로 이루어져 있으며, HEC-RAS 결과 홍수위 Text 값을 측선 레이어와 각 측점 마다 매칭시켜 분위/빈도별로 필드를 생성하여 속성 값을 정의하였다. 본 논문에서는 각 분위별 범람 영역 레이어를 생성하기 위해 총 4개의 홍수위 측선 레이어를 생성하였다. 마지막으로 하천구역선 레이어는 현재 하천구역의 폭과 범람영역 후 하천의 폭을 비교하기 위한 공간 레이어로 활용된다.

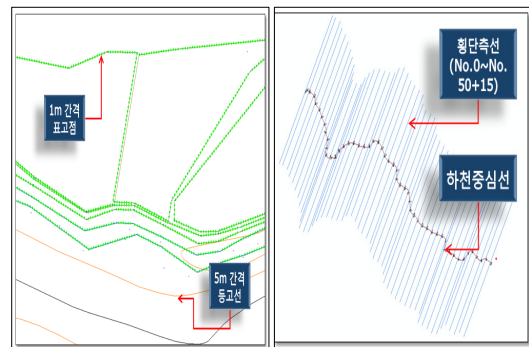


그림 1. 정밀지형자료 구축 필수 입력데이터 (표고점, 홍수위 측선)

Fig. 1 Essential input data for constructing detailed topographic data(height point, sidetrack of flood elevation)

3.2. 홍수범람영역 생성 모델

본 논문에서는 HEC-RAS에 의한 홍수위 Text 결과와 정밀 하천지형 데이터 구축을 GIS기반의 모델빌더 (ModelBuilder) 인터페이스를 사용하여 사용자 정의 범람모델을 구축하였다. 그림 2는 GIS기반 범람모델의 전체적인 구조이다. 하천지형의 표고점과 하천주변 지형의 높이 값을 가지는 등고선을 입력 데이터로 하여 하천 지형 래스터 파일을 생성한다. 그리고 HEC-RAS에 의한 홍수위 산정 결과와 GIS상의 범람영역을 분석하기 위해 측선 레이어와 홍수위 Text 결과를 매칭하는 과정을 수행한다.

ArcMap에서 대상유역에 대한 공간 데이터인 홍수위 측선 레이어를 생성하고, 속성테이블은 수리 모형에 의해 산정된 홍수위 값을 빈도별로 매칭시켜 홍수위지형 래스터 생성 단계를 진행한다. 마지막으로 범람영역 및 침수심 래스터를 생성하기 위해 하천지형과 홍수위 래스터 생성 단계의 프로세스에 따라 생성된 결과 데이터

를 사용하여 분위/빈도별 범람영역 레이어 및 침수심 결과를 생성한다.

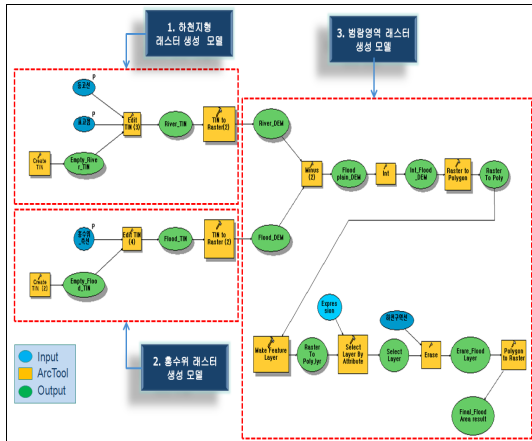


그림 2. 하천범람 영역 생성을 위한 모델빌더
Fig. 2 Model builder for creating flooding area

1) 하천지형 래스터 생성 단계

하천지형 래스터 생성 단계는 입력데이터로 등고선, 표고점의 높이 값을 기반으로 ArcMap의 지오프로세싱 기능을 통해 하천지형 래스터 파일을 생성한다. 수문학에서 범람영역을 분석하기 위하여 정밀한 지형데이터를 구축하는 것은 대단히 중요한 작업이다. 지형을 표현하기 위해서는 주로 불규칙 삼각망(Triangulated Irregular Network, TIN)과 수치표고모형(Digital Elevation Model, DEM)을 이용하여 지형을 표현한다. TIN은 규칙이 없는 형태의 삼각형이 연결된 형태이므로 TIN파일끼리 산정이 불가능하다. 따라서 범람영역을 산정하기 위해 산정이 가능한 래스터 파일인 DEM(Digital Elevation Model)로 변환하여 결과를 분석한다.

2) 홍수위 래스터 생성 단계

홍수위 측선 레이어를 입력데이터로 하여 빈도별 홍수위 필드를 적용한 뒤 홍수위 단면 래스터 파일을 구축한다. 본 논문에서는 홍수위의 경우 강우의 시간적 분위 조건을 모두 적용하여 래스터 파일을 생성한다. 대상유역인 동백천의 경우에는 빈도별 홍수위가 30년, 50년, 80년, 100년, 150년으로 구성되어 있어 빈도를 모두 적용한 범람영역을 생성 한 뒤, 시간적 조건인 총 4분위를 모두 적용하여 최종적으로 20개의 홍수위 래스터 파일을 자

동으로 생성하였다.

3) 범람영역/침수심 래스터 생성 단계

범람영역 및 침수심 래스터 생성을 위해 2차원 배열 형태의 각 셀마다 높이 값을 가지는 래스터 파일간의 연산 작업을 수행한다. Minus 도구를 활용하여 첫 번째 입력 데이터로는 감수인 홍수위 DEM을 적용하고, 두 번째 입력 데이터로는 피감수인 하천지형 DEM을 적용한다. 그리고 공간 분석을 수행하면 두 래스터의 높이 값 픽셀 간의 뺄셈 연산이 수행되고, 완료 된 결과 DEM이 생성 된다.

생성된 DEM 결과 값에서 음수로 산정 된 결과 값은 범람지역이 아니므로 제거 작업을 수행한다. 범람영역인 양수 값은 테이블 쿼리를 통해 추출하기 위해 중간에 연산 과정을 추가하여 수행하였다. 추출된 범람영역 DEM 파일에서 침수심을 분류하기 위해 범람영역 DEM 파일의 Grid 높이 값을 기준으로 침수심 정보를 0.5~1m, 1~2m, 2~3m, 3~4m, 5m 이상과 같이 침수심을 분류하여 래스터 파일로 분석 및 생성하였고, 침수심 분류 과정에서 기존에 하천이 흐르는 영역인 하도단면적은 모델을 통해 제외한 뒤, 침수심을 따로 분석하여 범람영역 결과를 도출하였다.

IV. 범람영역 표출 시스템 구현

본 논문의 표출 시스템의 제공 기능은 홍수위의 분위/빈도 조건에 따라 GIS기반 범람모델을 통해 범람영역이 자동으로 생성되어 그 결과를 ArcObject 기반의 표출 시스템을 통해 부산시 위성사진 지도상에 범람영역을 표출한다. 또한 범람영역에 따른 침수면적의 결과 데이터를 상·하류에 따른 면적 결과와 침수심 정보를 함께 제공한다. 그림 3은 3장에서 구축 된 사용자 정의 범람 모델 결과를 상류단과 하류단으로 나뉘어 구현한 표출 시스템에서 결과를 제공하고 있다. 표출 시스템에서는 하천 관리자를 위해 분위/빈도에 따른 범람영역 결과 레이어를 제공하며 범람영역 결과 래스터에 따라 침수심을 심볼의 색상으로 분류하여 가시화하고 있다. 그리고 침수심이 1.0m 이상의 경우 인명피해의 가능성이 있기 때문에 위험 구간으로 정의되어 진다. 따라서 위험 침수심 구간의 면적을 분석하기 위해 침수심에 따른 침수면적

을 테이블 형태로 제공하고 있다.

기존의 범람영역을 분석하는 방법인 해당 지역의 종이지도를 통해 범람 영역을 눈으로 찾아보는 방법이 아닌 GIS기반의 범람 모델을 통해 자동으로 범람영역을 생성하고 그 결과를 시스템을 통해 실시간으로 제공한다.

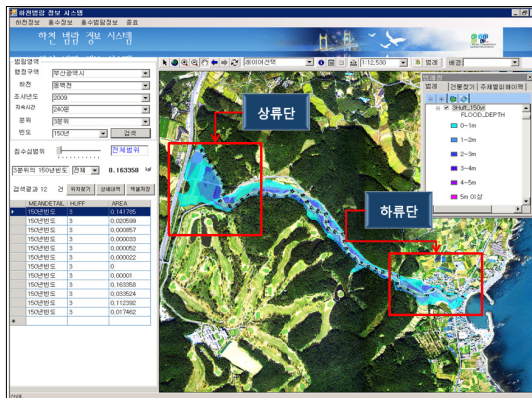


그림 3. 빈도별 범람영역 결과(3분위 150년 빈도)
Fig. 3 Result of flooding area based on frequency (3 distributions, 150 years)

또한 관리자가 원하는 조건에 따라 적합한 결과를 제공해 주기 때문에 사용의 편의성을 제공한다. 그리고 시스템의 공간 데이터베이스를 통해 대상 하천이 아닌 또 다른 하천의 범람영역 분석이 필요 시 지형 데이터 구축만 이루어지면 입력 데이터에 의해 자동으로 생성되는 시스템의 유연성을 가지고 있다.

V. 기존 연구와의 비교

본 논문에서는 GIS기반 범람영역 레이어를 생성하기 위해 낙동강유역의 지방2급 하천인 동백천 유역을 대상 하천으로 선정하여 범람모델을 적용하였다. 입력 데이터로 등고선과 표고점을 통해 하천지형 TIN을 구축한 후 5m 해상도의 DEM을 생성하였다. 이는 정확성 높은 범람영역 레이어의 자동 생성을 위해 대상유역인 동백천의 하천지형 DEM을 5m 해상도로 구축을 완료한 후, 홍수위 정보에 따른 홍수위 표면 DEM 역시 5m 해상도로 생성하였다. 그리고 표 2에서는 캐드 및 GIS 기반의

범람영역 생성 방법을 비교·정리하였다. 캐드를 기반으로 범람영역을 생성하는 방법은 표고점을 생성하지 않고, 수작업으로 결과 레이어를 생성하는 것이 일반적이다. 그러나 GIS기반의 범람영역 생성 방법은 캐드 도면에 하도의 높이 정보를 측량 값에 기반하여 하천 현황선에 맞게 정밀한 간격의 포인트로 생성하는 것이 필수이다.

표 2. 기존 범람영역 방법과 비교
Table. 2 Comparison with existing method for extracting flooding area

요소	캐드 기반	GIS 기반
1 표고점	- 캐드 기반의 범람영역 생성 작업은 하도 높이를 기본적으로 0으로 할당	- 하천 캐드 도면에서 기본 작업으로 하도의 높이 정보(Z 값)를 하천의 현황선에 맞게 포인트로 생성함
2 범람영역 생성	- 등고선 높이와 HEC-RAS 홍수위 결과 값을 설계자가 직접 눈으로 비교하여 수작업을 통한 범람영역 결과를 생성	- 정밀한 지형자료 구축을 기반으로 GIS 도구를 통해 범람영역 결과를 생성함 - 사용자 정의 범람모델을 통해 범람영역 분위/빈도별 레이어를 자동으로 생성 가능함
3 비교	- 동백천의 경우 1m 간격의 포인트 기본 작업을 수행한 도면으로 범람 분석을 수행하였음 - 기존 방법은 설계자마다 결과가 상이하게 생성됨에 따라 결과의 신뢰성이 떨어지는 문제가 있음	

본 논문에서는 정밀한 간격의 포인트 생성으로 하천 지형 데이터의 정밀성을 더욱 높였다. 10m 간격의 하천 주변 지형의 등고선과 1m 간격의 하천 지형의 표고점을 기본으로 사용자 정의 범람 모델의 입력 데이터로 적용하고 정밀한 하천지형 자료 구축, 홍수위 지형 구축, 하천지형과 홍수위 지형의 래스터 산정을 통해 최종 결과 레이어를 자동 생성하였다.

생성된 범람영역 래스터에서 GRID 값에 따라 침수심을 심플 색상 별로 분류하고, 최종 결과를 제공한다. 분석 결과를 살펴보면 상류단과 하류단이 범람영역의 위험 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 이는 일반적으로 상류 단에는 물을 끌어쓰기 위해 농경지가 밀집되어 있으며, 하류 단에는 바다와 인접해 있고, 사람들이 주거하

는 주택지가 집중적으로 밀집하고 있다. 동백천 유역의 상류단의 특징은 하폭이 좁고 하천경사가 급하여 유속이 빠르다. 그리고 하류단은 하폭이 넓어지고 경사가 완만하여 유속이 느리다.

따라서 상류단이 범람영역이 큰 이유는 강우량에 비해 하폭이 좁고 홍수량을 포함할 수 있는 하도 단면적이 적기 때문에 범람되는 홍수량이 많은 것으로 분석되었다. 하류단의 경우 유속이 느린데다 하폭이 넓기 때문에 하도 단면적은 상류 단에 비해 넓다. 그러나 동백천의 경우 동백향으로 빠지는 감조하천이므로 동백향의 조위가 상승하는 시기와 집중호우 시기가 겹칠 경우 더 큰 범람의 위험성이 존재하는 것으로 분석되었다.

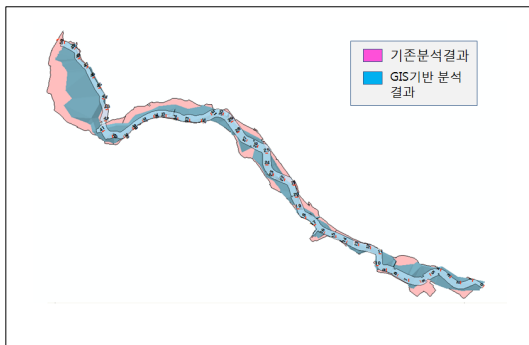


그림 4. 기존 범람영역 생성 방법과 GIS기반 결과 비교(3분위 150년 빈도)
Fig. 4 Comparison about existing method for creating flooding area and result using GIS (3 distributions, 150 years frequency)

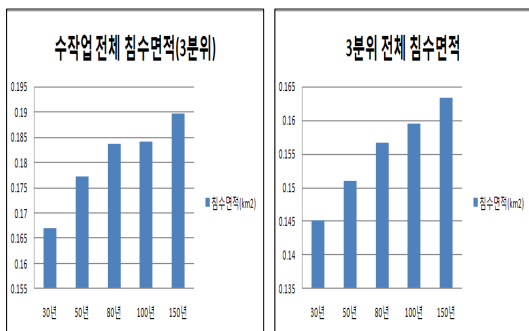


그림 5. 기존 범람영역 생성 방법과 GIS기반 결과 비교 그래프(3분위)
Fig. 5 Graph for comparison about existing method for creating flooding area and result using GIS(3 distributions)

이를 통해 하천 관리자는 래스터 분석에 따라 계획 홍수위를 설계 및 책정할 수 있다. 그림 4는 대상 지역인 동백천 유역의 범람영역 결과를 3분위에 해당하는 150년 빈도를 적용하여 기존 분석 방법과 GIS 분석 방법을 비교하였다. 범람 면적의 분석 결과 그래프는 그림 5와 같은 차이가 발생하였다. 기존의 수작업의 경우 사람이 개입되기 때문에 설계자의 주관이 많이 개입되므로, 범람영역에 따른 결과가 설계자마다 상이하게 나타남을 알 수 있었다.

VI. 결론

본 논문에서는 하천계획 및 방재 정책에 도움을 주기 위해 GIS기반의 공간분석과 수문학의 융합을 통해 범람영역 레이어의 자동 생성 모델을 설계하였다. 그리고 모델에 의해 자동 생성된 분위/빈도별 하천범람영역 결과 레이어들을 ArcObject 기반의 표출 시스템에서 시각화하여 제공하였다. 사용자 정의 범람 모델은 하천 범람영역 래스터 결과 레이어를 자동으로 생성한다. 제안된 모델은 범람영역 결과의 정확성 및 데이터 생성의 반복 작업의 시간적 절감을 효과적으로 제공하고, 범람모델을 통해 여러 단계의 작업 과정을 한 번의 프로세스를 통해 입력 조건에 따라 범람영역 레이어를 자동 생성한다.

제안하는 범람모델을 통해 기존의 연구 방법인 캐드도면으로 범람영역을 생성하는 방법보다 정밀한 표고점 구축 파일을 활용한 GIS기반의 범람영역 생성 방법의 정확성을 확인하였고, 또한 하천 관리자는 표출 시스템을 통해 조건에 따른 범람영역의 자동생성에 의한 실시간 정보제공 및 실시간 업데이트의 장점을 제공받을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 이종태, "우리나라 홍수재해의 특성과 태풍 '매미'의 교훈", 한국수자원학회, 우리나라 재해관리시스템 개선방안 심포지움, 2003.
- [2] 한강홍수통제소, "하천관리지리정보시스템", 국토해양부, <http://www.river.go.kr/>

- [3] 김병철, "하천지형 구축기법에 따른 홍수범람해석의 정확성 비교", 금오공과대학교 석사학위논문, 2010.
- [4] 최은혜, 황현숙, "GIS기반의 하천범람영역을 생성하기 위한 공간분석", 한국멀티미디어 학회, 제 14권 2호, pp152-154, 2011. 11.
- [5] Tate, E. and D.R. Maidment, Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcView GIS, CRWR Online Report 99-1, 1999.
- [6] 박경원, 이기하, 오성렬, 정관수, "격자기반 2차원 범람모형과 다차원법을 이용한 홍수피해액 산정", 한국수자원학회, pp. 424~428, 2011.
- [7] Andrysiak Jr, P.B. and D.R. Maidment, Visual Floodplain Modeling with Geographic Information System(GIS), CRWR Online Report 00-4, 2000.
- [8] Azagra, E., "Flood Visualization Using Hec-GeoRAS", Center for Research in Water Resources, 2000.
- [9] Sanders, B. F., Evaluation of on-line DEMs for Flood inundation modeling, Department of Civil and Environmental Engineering, 2007.
- [10] Schumann, G., P. Matgen, M.E.J. Cutler, A. Black, L. Hoffmann, L. Pfister, Comparison of Remotely Sensed Water Stages from LiDAR, Topographic Contours and SRTM, Department of Civil and Environmental Engineering, 2007.
- [11] 김철, 김석규, "GIS를 이용한 침수지역 예측 응급복구비 산정", 대한토목학회, 제 23권 4호, pp.233~239, 2003.
- [12] 이경호, "도시유역에서의 홍수범람 모의", 서울대학교 대학원 석사학위논문, 2005.
- [13] 김성식, "동백천 하천기본계획회보", 거원엔지니어링, pp3-396, 2010.

저자소개

최은혜(Eun-Hye Choi)



2010년 신라대학교 인터넷정보공학과 학사.
2010년~현재 부경대학교 정보보호학협동과정 석사과정.

※관심분야: 지리정보시스템, 방재기반의 하천관리 시스템, 래스터 분석, 공간 분석 등

황현숙(Hyun-Suk Hwang)



2001년 부경대학교 경영정보학 박사
2008년~2009년 부경대학교 BK21 사업단 연구원

1996년 3월~현재 부경대학교 시간강사
※관심분야: u-방재시스템, GIS 시스템, 하천관리 시스템, 공간 데이터분석, 온톨로지

김창수(Chang-Soo Kom)



1991년 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사.
2006년~현재 유비쿼터스 부산 도시협회 방재분과위원장.

2006년~현재(사)그레고리 장학회 이사.
2011년~현재 한국멀티미디어학회 정책자문위원.
1992년~현재 부경대학교IT융합응용공학과 교수.
※관심분야: 방재IT, UIS/GIS, 운영체제, 시멘틱 웹, 재난관리, 공간검색, 도시방재 등