실시간 강수량을 고려한 도로 침수위험지수 개발 방법에 대한 연구

김은미[†], 황현숙^{**}, 김창수^{***}

요 약

과거와는 다른 형태의 기상 현상으로 인해 농경지 중심의 침수 피해가 도시 지역의 내수 침수 피해 중심으로 홍수 피해 지역이 변화하고 있다. 이로 인해 인명 및 재산 피해뿐만 아니라 사회기반시설에 대한 피해도 급격히 증가하고 있다. 또한 도로 침수로 인해 운전자의 고립 및 교통 체증의 심화로 인해 경제적으로 큰 피해를 주고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 과거 기상 정보 및 침수 피해 이력을 활용하여 시·군·구의 행정 구역 형태로 제공되던 침수위험지수를 도로 중심의 집약적인 형태로 제공하는 방법을 시도하고자 한다. 또한 기상청에서 제공되는 실시간 성격의 강수량을 활용하여 강우 당시의 도로별 침수 위험 정도를 정량적으로 제공하여 사용자로 하여금 침수된 도로에 의한 고립을 사전에 방지하고자 한다.

A Study on the Development of the Flood Risk Index for Roads Considering Real-time Rainfall

Eunmi Kim[†], Hyun Suk Hwang^{**}, Chang Soo Kim^{***}

ABSTRACT

The damaged district by flooding has been changed from mainly farmland to cities due to the weather phenomena which is different from the past. This has caused not only irreparable damage of people's lives and property but social infrastructures. There also exist serious damages such as isolation of drivers and traffic jam as the roads were flooded. In this study, we suggested a method to develop a flood risk index focused on not Si, Gun or Gu but roads. In addition, flood risk index in the roads just at the moment, when it rains quantitatively, will be provided by using real-time rainfall information provided by the Weather Center. Then it should be helpful to prevent people from being isolated by flooded roads in advance.

Key words: Flood Risk Index(침수위험지수), Real-time Rainfall(실시간 강수량), Weather Information(기상 정보), Traffic Jam(교통 체증), Inverse Distance Weighted(IDW) (역거리가중치법)

1. 서 론

계절성 집중 호우와 같이 이상 기상 현상으로

급격한 도시화나 산업화로 인해 도시 지역의 내수 침수 피해로 양상이 바뀌고 있으며, 그 피해 역시 날이 갈수록 더욱 심각해지고 있다. 일반적으로 도시

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김창수, 주소 : 부산광역시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 IT융합응용공학과 (608-737), 전화 : 051) 629-6245, FAX : 051) 629-6230, E-mail : cskim@pknu.ac.kr

접수일 : 2013년 2월 12일, 수정일 : 2013년 5월 13일

완료일 : 2013년 3월 7일

[†] 준회원, 부경대학교 정보시스템협동과정

(E-mail : kimem01@pknu.ac.kr)

^{**} 정회원, 부경대학교 정보시스템협동과정

(E-mail : hhs@pknu.ac.kr)

^{***} 종신회원, 부경대학교 IT융합응용공학과

※ 본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업의 지원으로 수행한 '스마트폰 기반 실시간 침수안전경로 안내 시스템 개발' [NEMA-자연-C-D-2012-0243]과제의 성과임.

지역에서는 인구와 건축물을 포함한 각종 시설물 등이 밀집되어 있기 때문에 대규모 재해가 발생하는 경우 엄청난 피해가 발생할 수 있으므로 재난에 대한 사후 처리뿐만 아니라 위험 지역을 사전에 파악하여 위험을 저감하기 위한 대책 수립이 필요하다[1]. 특히, 도시 내의 도로가 침수되었을 경우, 교통이 모든 소통의 수단이 된다고 해도 과언이 아닌 만큼 교통 체증 및 차량 고립으로 인해 발생하는 물질적·경제적 손실은 개인뿐만 아니라 사회에 대해서도 큰 손실이 아닐 수 없다.

침수에 의한 피해를 저감하고 신속한 대책을 세우기 위한 치수 관련 지수 개발은 국내뿐만 아니라 국외에서도 활발히 진행되고 있다. 특히, 한국에서도 많은 학자들이 과거 기상 관측정보 및 침수 피해 이력을 활용하여 GIS 기반 또는 다양한 알고리즘 및 기법을 응용하여 시·군·구 단위의 행정 자치 구역 단위로 침수 취약 정도를 수치적으로 제공하는 연구가 수행되고 있다. 예를 들어, 주진걸 등(2012)은 과거 재해 횟수, 사회적 조건, 재해피해액 등으로 재해발생지수, 재해취약성지수, 재해피해분석지수를 개발하고 이를 전국 230개 지자체에 적용하였으며[2], 여창건 등(2011)은 홍수피해액, 인구 밀도, 내수 방어 능력 등의 12개 인자를 선정한 후 GIS를 이용하여 지역안전도평가 모형을 제안하고 이를 서울시에 대하여 시범 적용하였다[1]. 이정호 등(2011)은 지표도, 경사, 관밀도, 인구, 단위면적별 평균유사발생량과 같이 동시에 도시 침수 위험을 증가시키는 인자들을 고려하도록 Fuzzy C-Means 알고리즘을 이용한 도시 침수 위험 평가 방법에 대해 제안하고 서울 중랑천 유역에 적용하였으며[3], 임광섭 등(2010)은 치수 특성을 평가할 수 있는 세부 지표를 P-S-R 구성 체계를 이용하여 각 치수특성평가 지수인 압력, 현상 및 대책 지수를 개발 및 통합하여 유역의 치수 현황을 종합적으로 파악하는 홍수위험지수를 개발하였다[4].

하지만, 실제 침수되는 지역은 시·군·구 단위의 넓은 범위가 아닌 저지대나 상습 침수 지역처럼 마을 단위와 같은 좁은 지역의 형태로 발생하는 경우가 많으므로 침수위험지수도 그에 적합하도록 제공되어야 한다. 또한 이러한 형태의 기존 침수위험지수들은 돌발 홍수에 의한 피해가 빈번하게 발생하는 실제 상황에 적용하기에는 다소 무리가 있다.

이에 본 연구에서는 기존의 침수위험지수의 단점을 보완하고 도로에 좀 더 집약적인 침수위험지수를 산정하기 위해 실시간으로 제공되는 기상청의 관측 강수량을 반영하여 강우 당시의 도로에서의 침수 위험 정도를 정량적으로 나타내어 운전자들이 침수에 의한 고립을 미연에 방지할 수 있도록 하고자 한다.

2. 침수위험지수 개발 과정

본 연구의 궁극적인 목적인 실시간적 강수량을 이용한 강우 시점의 도로에 대한 침수위험지수를 개발하기 위해서 먼저 과거 이력을 중심으로 도로별 기본 침수위험지수를 산정하고, 현재 강수량에 대한 강수량 지수를 구한 후, 2개의 지수를 통합하여 실시간 침수위험지수를 결정한다. 테스트베드로 부산시를 선정하여 적용 및 검증한다.

그림 1. 실시간 강수량을 고려한 도로별 침수위험지수 개발 전체 구성도

3. 기본 침수위험지수

각 도로에 대해 고정 값으로 사용할 기본 침수위험지수는 침수 이력 건수, 도로별 고도, 침수위험강수량 인자로 산정된다.

3.1 침수 이력 건 수

최근 5년간(2007~2011)의 소방방재청 재해연보, 일일재난종합상황 보고서 및 과거 기사 자료 등을 활용하여 과거 침수로 인해 교통이 통제된 도로명과 도로 침수가 발생된 일자를 추출한다. 추출된 도로 영역은 현장 조사, 지번/도로 데이터와 전국 도로망 지도를 이용하여 도로명이 일치하는 링크를 추출한

그림 2. 침수 이력 도로의 추출 및 지도 표출

다. 또한 한국지적공사에서 보유하고 있는 침수흔적도를 수집하여 부산시에 침수 지역에 포함되어 있는 도로 영역을 추출한다.

3.2 도로별 고도

침수 지역의 지형적 특성을 반영하기 위해, 각 도로에 대해 평균 고도를 계산한다. 이 작업을 위하여 Global Mapper 13 (32bit) 프로그램을 이용하여 벡터 데이터로 입력되는 부산시 도로망 데이터와 고도 값을 가지고 있는 래스터 데이터 형태의 수치지형도 (DEM, 1:1000)를 매핑하여 전체 도로망의 고도 포인

터를 추출한다. 다음으로 Python Script를 이용하여 각 도로가 포함하고 고도 포인트들의 elevation 값에 대한 산술 평균을 구하고 이를 도로별 고도로 활용한다.

3.3 침수 위험 강수량

각 도로에서 침수를 유발할 수 있는 기준 값이 되는 강수량을 추정하기 위해 과거 재해가 발생했던 기간 동안의 부산시 AWS(Automatic Weather System) 관측 지점에서 관측된 강수량을 활용한다.

그림 3. 도로의 평균 고도 추출 도식도

3.3.1 AWS 관측지점별 침수 위험 강수량 결정

최근 5년간(2007~2011)의 소방방재청 재해연보에서 호우로 인해 재해가 발생했던 재해 기간 동안의 기상청의 강수량 관측 자료를 분석하여 최대 15분, 1시간, 12시간, 일 누적강수량을 추출하였다. 조사된 자료 중 일 누적강수량은 강우의 연속성과 상관없이 날짜 기준으로 계산되기 때문에 고려 대상에서 제외한다.

3.3.2 도로에 대한 침수 위험 강수량 결정

그림 4와 같이 추출된 AWS 관측지점별 15분, 1시간, 12시간의 침수 위험 강수량과 역거리 가중치 기법(Inverse Distance Weighted : IDW) 기법을 통하여 각 도로의 침수 위험 강수량을 계산하였다. 이 과정을 통해 각 도로별로 15분, 1시간, 12시간의 침수 위험 강수량이 개별적으로 산정되게 된다.

역거리 가중치 기법(Inverse Distance Weighted : IDW)은 미관측지점에 대한 추정치 산정을 주변 관측 지점들 중 거리가 가까울수록 관측치의 영향을 크게 반영하는 기법이다. 이는 미관측지점과 주변 관측지점들 간의 거리와 관측치가 반비례한다는 가정을 바탕으로 한다[5]. 기본 수식은 다음과 같다.

$$Z(s_o) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot Z(s_i)$$

$Z(s_o)$: 위치 s_o 에서 예측하고자 하는 값
 n : 관측 지점의 수

w_i : 관측 지점 s_i 에서 사용할 가중치

$Z(s_i)$: 관측 지점 s_i 에서의 관측 값

$$w_i = d_{io}^{-p} / \sum_{i=1}^n d_{io}^{-p} \left(\sum_{i=1}^n w_i = 1 \right)$$

d_{io} : 관측 지점 s_i 와 예측할 지점 s_o 사이의 거리

p : 거리에 따른 가중치의 변화 정도(일반적으로 $p=2$)

그림 5는 도로별 침수 위험 강수량을 계산하는 과정으로서, Python Script으로 프로그래밍 하였으며, 도로 s_o 가 입력되면 AWS 관측지점들 s_i 의 침수 위험 강수량 $Z(s_i)$ 을 이용하여 IDW 기법으로 도로 s_o 의 침수 위험 강수량 $Z(s_o)$ 을 계산한다. 국지적인 기후 특성을 분석하기 위하여 영향 반경을 PRISM에서와 같이 30km로 하고, 영향 반경 내 포함되는 최소 관측점의 개수를 5개로 하였다[6].

3.4 기본 침수위험지수 산정

3.4.1 침수 이력 지수

과거 이력 데이터를 기반으로 하여 각 도로에 대해 과거 침수가 발생했던 건 수를 구하고, 건 수 중 최대값을 이용하여 침수 건 수에 대한 세부 지수를 결정한다. 침수 이력 지수는 0과 1 사이의 값을 가진다.

그림 4. 부산시 AWS 관측지점별 최대 15분, 1시간, 12시간 누적강수량

그림 5. 도로에 대한 침수 위험 강수량 산정 과정

침수이력지수 ($DECnt_idx$)
 $= \text{도로별 침수건수} / \text{MAX}(\text{도로별 침수건수})$

3.4.2 도로별 고도 지수

각 도로의 고도를 구하고, 도로별 고도차를 표준화하고 상대적인 고도 값을 구하기 위해 아래의 수식에 의해 Z-점수를 구한다.

$$Z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma}$$

Z_i : 침수위험도로 i 의 Z 점수

x_i : 침수위험도로 i 의 평균 고도

μ : 각 침수위험도로의 평균 고도 값에 대한 평균

σ : 각 침수위험도로의 평균 고도 값에 대한 표준편차

Z 값의 경우 0을 중심으로 값의 분포가 이루어지므로 해당 값이 어느 정도 수준에 해당하는지 파악하기 어려우므로 다시 점수에 따른 등급 분류가 필요하다. 따라서 표 1과 같이 표준정규분포로부터의 Z 점수에 따라 1에서 5까지의 등급 값을 부여하였다 [4,7,8]. 이로서 고지대와 저지대로 구분하여 침수위

험지수 산정에 입력 인자로 사용되며, 등급 값이 높을수록 저지대 영역으로 침수 위험이 높게 나타난다.

각 도로의 고도에 대한 등급이 정해지면 도로별 고도에 대한 세부 지수 값은 아래의 수식에 의해 결정된다. 고도 지수는 0.2~1 사이의 값을 가진다.

$$\text{고도 지수}(\text{elev_idx}) = \text{elevation_level} \times 0.2$$

3.4.3 침수위험강수량 지수

3.3.2에서 구해진 각 도로의 15분, 1시간, 12시간 누적 침수 위험 강수량 값을 이용하여 침수위험강수량에 대한 세부 지수를 결정한다. 각 침수위험강수량 값도 고도 지수와 같이 Z-점수를 구하고 Z-점수에 따라 1에서 5까지의 등급 값을 부여한다. 등급 값이 클수록 침수위험강수량 값이 큰 경우로 침수 위험이 높게 나타난다.

각 침수위험강수량(15분, 1시간, 12시간) 지수는 해당 등급 값에 0.2를 곱하여 얻고, 이 3개의 값을 산술 평균하여 침수위험강수량 지수를 구한다.

$$\begin{aligned} \text{침수위험강수량 지수}(\text{rainfall_idx}) &= (\text{15min_idx} + \text{1hr_idx} + \text{12hr_idx}) / 3 \\ &= (\text{15min_level} \times 0.2 + \text{1hr_level} \times 0.2 + \text{12hr_level} \times 0.2) / 3 \end{aligned}$$

표 1. 평균 고도의 Z점수에 따른 등급 분류 기준

Z 점수 \ 레벨	1	2	3	4	5
평균고도의 Z점수(Z_e)	$Z_e \geq 0.85$	$0.26 \leq Z_e < 0.85$	$-0.26 \leq Z_e < 0.26$	$-0.85 \leq Z_e < -0.26$	$Z_e < -0.85$

표 2. 침수위험강수량(15분, 1시간, 12시간)의 Z점수에 따른 등급 분류 기준

Z 점수 \ 레벨	1	2	3	4	5
침수위험 강수량의 Z점수(Z_{rf})	$Z_{rf} < -0.85$	$-0.85 \leq Z_{rf} < -0.26$	$-0.26 \leq Z_{rf} < 0.26$	$0.26 \leq Z_{rf} < 0.85$	$Z_{rf} \geq 0.85$

그림 6. 부산시 도로에 대한 기본 침수위험지수 적용 결과

3.4.4 기본 침수위험지수

침수 이력 건 수, 도로별 고도와 과거 강수량 자료만으로 만들어진 기본 침수위험지수는 각 도로에 대한 베이스 침수위험지수를 나타내며, 현재 강수량에 의해 변하지 않는 값이다. 침수 이력 지수, 고도 지수와 침수위험강수량 지수의 산술평균으로 산정되며, 지수의 범위는 0.13에서 1사이이다.

$$\text{기본 침수위험지수}(\text{basic_flood_risk_idx}) = (\text{DECh_idx} + \text{elev_idx} + \text{rainfall_idx}) / 3$$

그림 6은 부산시 전체 도로에 대해서 기본 침수위험지수를 적용한 후의 모습이며, 확대된 지역은 해운대구이며, 화살표로 표시된 부분은 상습적으로 침수되는 벅스코 주변 도로로서 ArcGIS 프로그램의 Natural Breaks 5단계로 나누었을 때 가장 높은 5단계에 포함된다.

4. 실시간 침수위험지수

강우 시점 시에 기상청에서 1분 단위도 관측하는 관측지점별 강수량을 입력 받아 도로별 현재 강수량 지수를 계산하고, 각 도로별로 가지고 있는 기본 침수위험지수를 통합하여 실시간 성격의 침수위험지수를 산정하게 된다.

4.1 현재 강수량 지수

강우가 진행되고 있는 시점 중에 도로별 침수위험지수를 알고자 할 때 현재 강우 시점에 관측된 15분, 1시간, 12시간 누적강수량의 추정치로 산정되는 지수이다.

먼저, 기상청으로부터 현재 관측된 부산시 AWS 지점에서의 15분, 1시간, 12시간 누적강수량을 입력 받고, 이 값들과 역거리 가중치 기법(Inverse Distance Weighted : IDW)을 통하여 각 도로에 대한 현재 시점의 15분, 1시간, 12시간 누적강수량의 추정치를 구한다.

이렇게 계산된 각 도로별 15분, 1시간, 12시간 누적강수량의 추정치를 3.3.2절에서 언급되었던 각 도로별 15분, 1시간, 12시간 침수위험강수량 값으로 각각 나누어 15분, 1시간, 12시간 현재 강수량 세부 지수를 구한다. 즉, 15분, 1시간, 12시간 현재 강수량 세부 지수는 침수 위험 기준으로 설정된 침수위험강수량에 대한 비율로 나타난다.

$$\text{현재 강수량 지수}(\text{cur_rainfall_idx}) = (\text{cur_15min_idx} + \text{cur_1hr_idx} + \text{cur_12hr_idx}) / 3$$

cur_15min_idx = 15분 확률누적강수량 / 15분침수위험강수량
 cur_1hr_idx = 1시간 확률누적강수량 / 1시간 침수위험강수량
 cur_12hr_idx = 12시간 확률누적강수량 / 12시간 침수위험강수량

4.2 실시간 침수위험지수 산정

과거 이력, 고도 및 관측 강수량 정보로 생성된

도로별 기본 침수위험지수와 현재 강우 시점에서 구해진 도로별 현재 강수량 지수를 통합하여 실시간 침수위험지수를 산정한다. 이는 기본 침수위험지수와 현재 강수량 지수의 산술평균으로 나타나며, 산정식은 다음과 같다.

$$\text{실시간 침수위험지수}(\text{realtime_flood_risk_idx}) \\ = (\text{basic_flood_risk_idx} + \text{cur_rainfall_idx})/2$$

5. 침수위험지수 검증

본 논문에서 제안한 침수위험지수를 검증하기 위해 실제 침수가 발생하였던 2012년 7월 15일 부산시

기상 자료를 사용하였다. 당시 2012년 7월 14일에서 15일까지 내린 강수량은 총 293.5mm로 부산시 해운대구를 비롯하여 동래구, 동구 등 여러 곳에서 침수가 발생하였으며, 소방방재청 일일재난종합상황 보고서에 따르면 부산 연안교 및 세병교 하상도로 등 7개소에서 도로 통제가 실시되었다. 시뮬레이션을 위해 실제 침수가 발생하기 시작한 임의의 시점으로 2012년 7월 15일 12시 15분에 관측된 부산시 AWS 관측지점별 누적 강수량을 기상청으로부터 입력받았으며, 그림 7은 데이터베이스에 저장된 당시의 15분, 1시간, 12시간 누적 강수량을 나타낸다.

그림 8은 당시의 도로별 실시간 침수위험지수를

LY_BSAWSCODE_PS_CUR										
	OBJECTID *	Shape *	AWSCODE	AWSNAME	DEADDR	POINT_X	POINT_Y	max_12hr	max_1hr	max_15min
▶	1	Point	159	부산	중구 대청동2가 30-17대	202860,914	178398,017	128,5	54	23,5
	2	Point	910	영도	영도구 동삼동 976-30대	207149,083	174084,446	95,5	46	27,5
	3	Point	938	부산진	부산진구 범천동 산44-147임	204393,443	183356,111	127	56	28,5
	4	Point	940	동래	동래구 명운동 569-15대	207506,793	189903,275	97,5	38	18,5
	5	Point	942	대연	남구 대연동 626-3도	209543,969	181415,778	122	41	14,5
	6	Point	941	북구	북구 구포동 963-3대	199764,576	189418,625	58	24,5	5
	7	Point	950	수영만	해운대구 우동 1393제	212521,098	184679,837	123	60,5	29,5
	8	Point	937	해운대	해운대구 좌동 1363-11임	215088,363	186203,088	97,5	23,5	6,5
	9	Point	939	금정	금정구 장전동 40환	207436,5	192897,667	101,5	33	14,5
	10	Point	921	가덕도	강서구 대항동 산13-2임	184339,513	185660,724	93	48,5	17
	11	Point	923	기장	기장군 일광면 산87-8임	221081,671	196105,962	68	12,5	4,5

그림 7. 2012년 7월 15일 12시 15분 관측된 부산시 AWS 지점별 강수량 정보

그림 8. 2012년 7월 15일 12시 15분 당시의 부산시 도로별 실시간 침수위험지수

표 3. 제안 알고리즘에 의한 침수위험지수 (2012년 7월 15일 실제 부산 침수지역)

번호	행정구	도로명	상세 위치	실시간침수위험지수	위험단계	비고
1	강서구	거가대로	성북IC램프	0.50349	3	
2	동구	진성로	건강드림약국 근처	0.62300	5	
3		진성로	수정초등학교 앞	0.59748	5	
4		중앙대로	초량제1지하차도	0.67354	5	지하차도
5		진시장로	부산진시장 지하도로	0.67744	5	지하차도
6	동래구	반송로	연안교 하상도로	0.52422	4	하상도로
7		명륜로	세병교 하상도로	0.53769	4	하상도로
8	부산진구	가야대로	가야철교 밑 왕복 8차선	0.59125	5	
9	북구	낙동대로	덕천배수장 근처	0.35222	1	
10		화명생태공원	공원 내부도로	0.40814	2	낙동강변
11		학사로	대림쌍용강변타운 앞 지하차도	0.40340	2	지하차도
12	사상구	양지로	보훈병원 앞	0.48999	3	
13	사하구	낙동대로	하단오거리	0.56576	4	
14		강변대로	가락타운 근처	0.57623	5	
15	수영구	수영로	수영로터리	0.62639	5	
16	해운대구	APEC로	백스코 근처	0.69760	5	
17		센텀남대로	백스코 근처	0.60539	5	

계산하여 나온 결과이다. 도출된 침수위험지수 값에 대해 ArcMap에서 제공하는 Natural Breaks 기법으로 5단계로 나누어서 나타내었다.

2012년 7월 15일의 침수 관련 기사 등을 통해서 자체 조사된 침수 지역과 제안된 방법으로 계산된 침수위험지수는 표 3과 같다. 실제 침수되었던 17개 지역에 대해 위험 1단계 1개 지역, 위험 2단계 2개 지역, 위험 3단계 2개 지역, 위험 4단계 3개 지역, 위험 5단계 9개 지역으로 나타났다. 위험 4단계 이상을 침수위험지역으로 처리할 경우 약 70%가 일치함을 알 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 기상청에서 제공되는 실시간적 성격의 관측 강수량을 이용하여 강우가 진행되고 있는 상황에서 임의 시점의 도로별 침수위험지수를 산정하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 침수 이력 건 수, 도로의 평균 고도, IDW 기법과 과거 강우 정보를 이용한 침수위험강수량을 산정하여 먼저 전체 도로에 대한 기본 침수위험지수를 구하고, 현재의 기상청 관측 강수 정보를 이용하여 현재 강수량 지수를 구하여 이 2가지 지수를 통합하여 도로별 실시간 침수위험

지수를 산정하였다.

제안된 방법으로 2012년 7월 15일 12시 15분에 관측된 부산시 AWS 지점별 누적강수량에 적용하여 그 당시의 도로별 침수위험지수를 구하고 이를 Natural Breaks 기법을 통해 5단계로 나누었다. 위험 4단계 이상을 침수위험지역으로 처리하였을 경우 실제 침수 지역과 70% 이상의 일치율을 보였다. 따라서 본 연구에서 제안하는 침수위험지수 개발 방법을 활용할 경우, 기존 연구되었던 침수위험지수에 비해 최근 많은 피해를 일으키는 돌발 홍수와 같은 이상 강우 현상에 보다 적합한 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

향후 과제로서는 보다 정확한 침수 지역을 찾을 수 있도록 실시간 정보를 적극적으로 활용할 수 있는 방안을 모색할 예정이다. 일례로서 최근의 스마트 폰 사용자의 급격한 증가를 고려하여 트위터(twitter)와 같은 소셜 네트워크 서비스(Social Network Service, SNS)를 통해 제공되는 침수 정보를 적용한다면 재해 상황을 보다 정확히 예측하고 그에 대한 신속한 대책을 세울 수 있을 것이다[9]. 또한 ITS(Intelligent Transportation Service) 시스템과의 연계를 통해서 신속하고 정확한 침수도로 회피 경로를 시민들에게 제공한다면 재해로 발생하는 교통 혼잡

및 고립 등의 피해를 줄일 수 있을 것이다[10].

참 고 문 헌

- [1] 여창건, 서근순, 송재우, “GIS를 이용한 도시홍수에 대한 지역안전도 평가,” 한국지리정보학회지, 제14권, 제3호, pp. 68-77, 2011.
- [2] 주진걸, 이정호, 박무중, “풍수해 위험환경 평가 모형 개발,” 한국방재학회논문집, 제12권, 제5호, pp. 75-81, 2012.
- [3] 이정호, 이원우, 김중훈, 전환돈, “Fuzzy C-Means (FCM)를 이용한 도시유역 침수위험도 산정,” 한국방재학회논문집, 제11권, 제4호, pp. 229- 235, 2011.
- [4] 임광섭, 최시중, 이동률, 문장원, “홍수지표의 인과관계를 이용한 홍수위험지수 개발,” 대한토목학회논문집, 제30권, 제1B호, pp. 61-70, 2010.
- [5] 백승균, 장동호, “고해상도 기온 및 강수 분포도 작성을 위한 공동크리깅 적용성 평가,” 기후연구, 제6권, 제3호, pp. 242-253, 2011.
- [6] 홍기옥, 서명석, 나득균, 장동호, 김찬수, 김맹기, “GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 기온자료 측정,” Atmosphere, 제17권, 제3호, pp. 255- 268, 2007.
- [7] 김태형, 한건연, 조완희, “홍수위험지도 활용을 위한 낙동강 유역에서의 홍수취약도 분석,” 한국지리정보학회지, 제14권, 제3호, pp. 203-222, 2011.
- [8] 윤하연, 인천광역시 환경지표의 개발과 적용, 인천발전연구원 연구보고서, 1999.
- [9] 이중기, 김창수, “스마트 폰을 이용한 재난정보 수집 애플리케이션 구현,” 멀티미디어학회논문지, 제15권, 제1호, pp. 108-114, 2012.
- [10] Kim. E.M, Hwang. H.S, and Kim. C.S, “A Study on the Flood Risk Index Considering Real-time Information,” *The International Conference on CNSI 2012*, pp. 501-505, 2012.

김 은 미

1990년 3월~1994년 2월 부산수산대학교 전자계산학과 학사

1996년 8월~1999년 8월 부경대학교 교육대학원 전산교육전공 석사

2011년 9월~현재 부경대학교 정보시스템협동과정 박사과정

관심분야: IT방재, GIS 시스템, 대피 경로 등

황 현 숙

2001년 2월 부경대학교 경영정보학 박사

2001년 11월~2002년 10월 학술진흥재단 국내 Post Doc. 연수과정 수행

2003년 8월~2004년 7월 미국 UMKC Post Doc. 연수과정 수행

2006년 9월~2007년 8월 학술진흥재단 국내 Post Doc. 연수과정 수행

2008년 3월~2009년 2월 부경대학교 BK21 사업단 연구원
관심분야: u-방재시스템, GIS 시스템, 공간데이터분석, 하천 관리시스템, 온톨로지 등

김 창 수

1991년 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사

2006년~현재 유비쿼터스 부산도시협회 방재분과위원장

2012년~현재 부경대학교 산업과학기술연구소 소장

2011년~현재 한국멀티미디어학회 정책자문위원

1992년~현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수

관심분야: 방재IT, UIS/GIS, 운영체제, 재난관리, 공간검색, 도시방재 등