

한국형 선진수문예측시스템 구축을 위한 기본 컨텐츠 제안

A Proposal for the basic contents to build K-AHPS(Korean Advanced Hydrologic Prediction System)

조덕준*
Jo deok jun

요 지

최근 지구 온난화로 인한 자연환경 및 기상이변 등으로 초대형 태풍, 국지성 폭우, 집중호우 등 홍수로 인한 재해가 매년 증가하고, 피해규모 또한 증대되고 있는 실정이다. 기상청 60개 관측소를 기준으로 한 자료에 따르면 기후변화 등의 영향으로 최근 10년간('99 ~ '08) 1일 100mm 이상 집중호우 발생빈도가 연평균 97회로 '70 ~ '80년의 연평균 68회에 비해 1.4배 증가하였다. 이처럼 홍수발생의 빈도 및 강도가 증가하는 추세이며 이에 따라 홍수예보시스템의 중요도 또한 높아지게 되었다. 따라서 본 연구에서는 기존 국내 운영중인 홍수예경보시스템 뿐만 아니라 국외 홍수예보시스템 사례조사를 통해 현재 운영중인 시스템 및 홍수예경보 관련모형들의 웹 기반 모듈화 현황 및 적용가능성을 검토하고, 한국형 선진수문예측시스템으로 구축하기 위한 기본 방향을 제안하고자 한다.

핵심용어 : 홍수예경보관련 요소기술, 선진수문예측시스템, AHPS

1. 서 론

본 연구는 한국형 선진수문예측시스템 구축을 위하여 기존의 다양한 홍수예경보 관련 요소기술을 조사 및 검토하고 이를 통해 적정요소기술을 선정하여 이를 시스템상에 모듈화 하여 적용하기 위함이다. 이를 위해 국내외 홍수예경보시스템, 수문정보시스템 및 발표된 연구논문을 중심으로 홍수예경보관련 요소기술에 대해서 파악하고 분류하였으며, 이를 바탕으로 추후 구축할 한국형 선진수문예측시스템에 포함되어야 할 기본 컨텐츠의 개발방향을 제시하고자 한다.

2. 홍수예경보관련 요소기술현황

국내외 홍수통제소의 홍수예경보시스템에 적용된 요소기술에 모듈화되어 적용·운영중인 모형에 대해 파악하였다. 국내의 경우 저류함수모형을 기본으로 하여 단위도법, 운동파 모형등을 적용하여 홍수예경보에 이용하고 있으며, 부분적으로 DWOPER모형을 이용한다. 일본은 저류함수모형, 미국 선진수문예측시스템의 경우 NWSRFS내에 SAC-SMA모형을 기본으로 Hydro-17, 단위도모

* 정회원 · 동서대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : water21c@gdsu.dongseo.ac.kr

형 등 다양한 추적기법과 모형들을 모듈화하여 적용한다. 유럽 조기홍수경보시스템(EFAS)의 경우 LISFLOOD 내에 VIC/ARNO, 수정 HBV, 운동과 모형 등을 이용하고 있다.

국내외 연구논문 70여편을 대상으로 홍수예경보관련 요소기술에 대해 조사하였으며, 주제별, 적용사례별로 분류하여 파악하였다. 국내의 경우 확률론적, 추계학적 기법보다는 확정론적 기법을 이용한 강우-유출모형에 대한 연구가 다수이고, 대상구역의 규모를 기준으로 보면 대규모구역과 소규모구역의 경우가 비슷하게 나타났으며, 도시지역 특화모형도 제시된 바 있다. 국외 연구의 경우 시스템구축과 신경망모형을 이용한 연구가 거의 대부분으로 파악되었다.

3. 선진수문예측시스템(AHPS) 주요시스템 분석

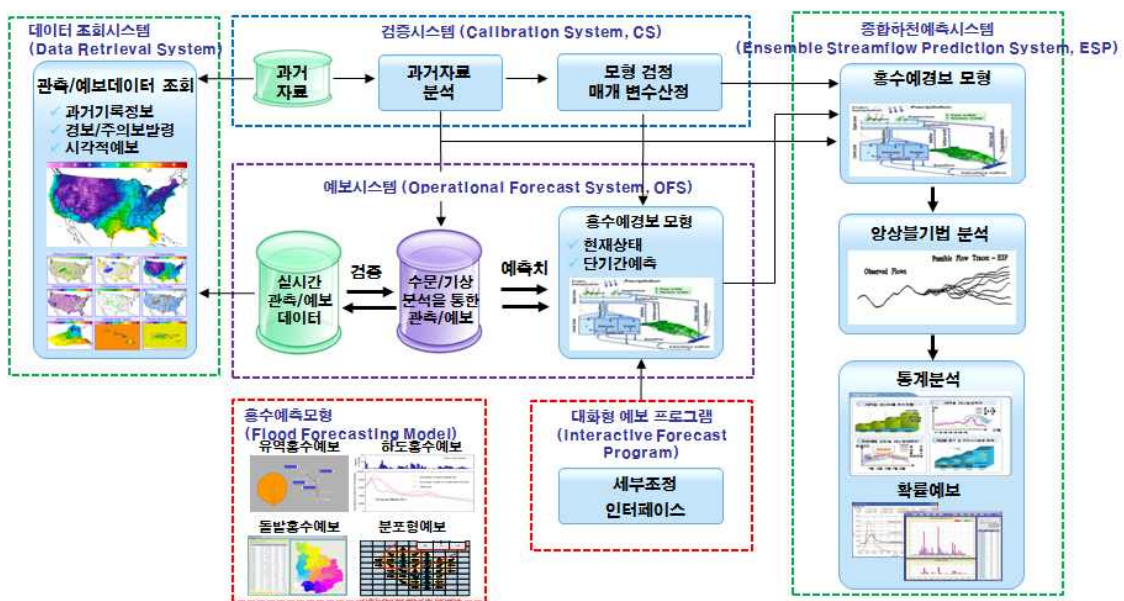


그림 1 선진수문예측시스템(AHPS)시스템 구성도

2.1 검증시스템(Calibration System, CS)

검증시스템(Calibration System, CS)은 과거자료를 이용하여 다양한 수문학적 기법의 신뢰성을 조사하고 예측시스템(Operational Forecast System, OFS)에서 적용되는 수문학적 모형들을 검증하기 위해 사용된다. 기록형식으로 축적되어 있는 과거 수문자료를 표준형식으로 변환하기 위해 액세스 프로그램이 이용되고, 면적평균강우(Mean Areal Values of Precipitation, MAP), 면적평균기온(Mean Areal Values of Temperature, MAT)등을 산출하기 위해 검증 전처리프로그램(Calibration Preprocessor Program)이 활용된다. 또한 수문관측자료를 관리하고 해석하기 위한 유틸리티 프로그램이 존재한다.

2.2 예측시스템(Operational Forecast System, OFS)

OFS시스템은 실시간 하천수위 및 각종 수문 예측량을 제공하는 연속 예측 시스템이며, OFS시스템은 특정 지점에 대해 12시간으로부터 수 일로 침두시간의 변화에 따른 예측치를 제공하기 위해

하천예보국(River Forecast Centers, RFCs)에 의해 개발되었다. OFS시스템은 돌발홍수 혹은 ESP 예측시스템에 대해 직접적으로 이용하도록 계획된 것이 아니라, ESP 예측의 시작점을 포함하여 돌발홍수, 댐과피 모의에 필요한 강설, 토양수분함양 등의 하천 조건을 제공하기 위해 계획되었다. OFS 시스템의 3가지 주요 구성요소는 다음과 같다.

- 자료입력 - OFS시스템에 필요한 모든 관측과 예측자료를 D/B로 입력(자동/수동)
- 전처리 - 입력된 자료를 OFS 모형에 필요한 형태로 변환
- 예측 - 강설, 토양함양수분조건 산정과 유출, 하천 혹은 저수지 수위 계산을 위하여 자료를 이용

2.3 종합하천예보시스템(Ensemble Streamflow Prediction, ESP)

ESP시스템은 예측결과를 생성하기 위해 통계적 기법을 사용하여 확률수문곡선을 생성한다. ESP는 각 관측지점에 대해 동일하게 발생 가능한 앙상블 데이터자료를 생성하기위해 구동되며, 이를 위해 과거 관측된 기상자료가 미래조건을 반영한다고 가정하여 이를 수문학적 모형의 입력 자료로써 사용한다. 현재와 각 관측년도간의 기후학적 조건에 대한 유사성을 바탕으로 하여 하천 흐름에 대해 가중치를 고려하기 위해 정량적 단기강우·기온 예측결과를 이용할 수 있다. ESP는 단기예측, 장기예측 모두에 대해 모의할 수 있으며, ESP시스템에서 가능한 기능은 다음과 같다.

- 하천유역에 대해 자연/인위적 복합성을 상세히 고려한 수문기상학/수문학적 모델링 프로시저를 포함
- 일 단위에서 월단위 선행시간까지의 확률적 수문예측을 모의
- 기상학적 예측과 기후학적 예보를 포함
- 홍수방어와 수자원 관리를 위한 2차적인 정보를 제공(초과확률정보, 침수지도 등)

2.4 데이터 조회 시스템(Data Retrieval System)

선진수문예측시스템의 데이터표출시스템의 구성은 다음과 같으며, 하천관측지점에서의 홍수관측, 예측정보 및 ESP시스템을 통한 지점별 주(week)단위 수위초과확률, 전체예측기간의 지정수위 초과확률, 침수지도 및 각종 수문정보를 표출한다.

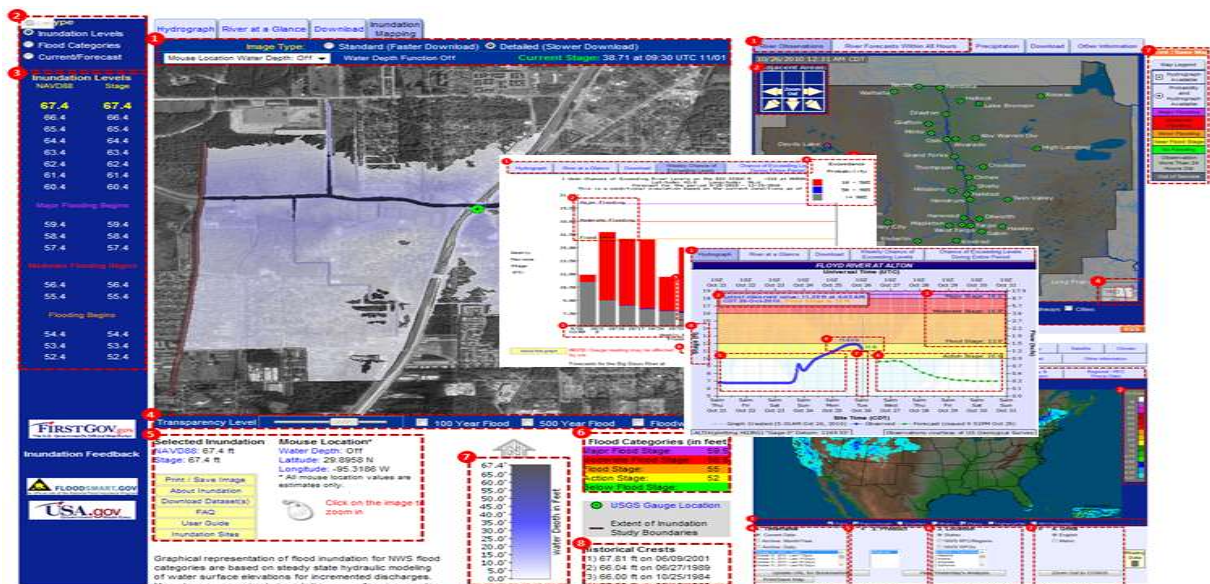


그림 2 선진수문예측시스템(AHPS)의 표출 컨텐츠



그림 3 선진수문예측시스템 표출시스템 구성

3. 한국형 선진수문예측시스템의 개발방향

한국형 선진수문예측시스템(K-AHPS)의 구축을 위해 비교·분석한 국내 홍수예경보시스템과 미국의 선진수문예측시스템(AHPS)을 기본으로 국내외에서 연구·제시된 관련요소기술들을 모듈화하여 결합함으로써 국내 여건에 적합한 시스템을 구축하여야 한다. 선진수문예측시스템(AHPS)에서 표출 가능한 정보를 대상으로 하여 분석한 결과, 하천수위 관측/예측 관련 정보, 강우 관련 정보, 기타 관련 정보로 구분할 수 있으며, 한국형 선진수문예측시스템을 구축하기 위해서는 각 표출패널은 다음의 관련정보를 텍스트 혹은 시각적으로 표출하여야 한다.

하천관측/예측		강우관측/예측		기타	
관측지점정보	고정 자료 D/B	관측소정보	고정 자료 D/B	갈수모니터링	실측 자료 D/B
주변시설물정보(표고 등)		주변시설물정보(표고 등)		강설/적설정보	
홍수규모별 수위(지점별)		관측우량(실시간/일/월)	갈수지수	예측 자료 D/B	
홍수규모별 행동지침	소유역평균강우량	농작물수분지수			
관측수위(실시간/일/월)	레이더관측우량	시,군별 기상예보			
D/M 댐	월정상 강우자료	갈수 예보			
단기예측수위	레이더예측우량	강설 예측			
장기예측수위	단기강우예측(QPF)	물수지 정보			
댐방류정보	장기강우예측(ESP)	계절전망 예보			
침수지도					
확률예보, 초과확률					
관측지점 예경보발령현황					

그림 4 한국형 선진수문예측시스템(K-AHPS)표출 콘텐츠 제안

4. 한국형 선진수문예측시스템의 개발방향

1) QPF를 통한 단기예측

하천관측/예측정보 표출패널 중 예측수위 표출을 위해서는 단기강우예측 모듈이 필요하다. 현재 미국 및 일본의 홍수예경보 시스템의 전처리과정에서는 단기 강우예측업무를 수행하는 것으로 조사되었으며, 우리나라의 경우에는 홍수예경보 시스템에 강우예측 모형을 접목시키는 작업을 완성한 상태이나 정량적 강우예측(Quantitative Precipitation Forecast)이 아니라 경험적인 방법에 입각한 단순강우예측 방법을 채택하고 있다.

2) ESP시스템을 통한 장기예측

ESP시스템은 장기예측을 위한 필수 구성요소이며 선진수문예측시스템의 경우 이를 이용하여 장기 수위예측에 이용하고 있다. 국내에서는 앙상블 칼만필터를 이용한 저류함수모형 개발에 대한 연구가 발표되었고 CCSM, SNURCM 등 앙상블모형의 전·후처리 프로시저가 개발되어 제안되었지만 앙상블모형을 이용하여 강우 및 수위에 대해 장기 확률 예보를 위해서는 좀 더 많은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

3) 분포형모형과 Radar를 이용한 돌발홍수예경보

미국 선진수문예측시스템(AHPS) 및 유럽의 조기홍수경보시스템(EFAS)은 분포형 모형을 이용한 수문해석을 실시하여 홍수예경보에 이용하고 있으며 우리나라도 분포형 홍수모의기법을 차세대 홍수예경보에 접목할 필요가 있다.

4) 모듈의 다양화

국내 홍수예경보 시스템의 경우 저류함수 모형을 기본으로 소수의 모형만을 홍수예측에 이용하고 있으며, 선진수문예측시스템은 9개의 유역유출모형과 8개의 하도유출모형 등을 모듈화하여 오피레이션 테이블 형태로 적용·운영한다. 홍수예측의 신뢰성을 높이기 위하여 적용모듈을 다양화할 필요가 있으며, 또한 선행시간 확보 등을 위하여 데이터 기반 모형인 신경망모형 및 기타 추계학적 모형의 적용 또한 검토할 필요가 있다.

5) GIS를 이용한 침수지도

선진수문예측시스템은 침수지도(Flood Inundation Map)을 통해 침수피해 발생지역을 표출하고 있으며, 수리학적 모형의 모의를 위해서는 하천의 단면데이터가 필수적이다. 국내외 연구발표된 침수지도 관련 요소기술은 많이 부족한 실정이며, 침수지도 작성의 경우 GIS와 연계한 프로세싱 기법과 가능한 한 많은 하천단면 D/B의 구축이 관건이라 판단된다.

6) 기타정보 표출

선진수문예측시스템은 하천관측·예측정보, 강우관측·예측정보 외에 강설·적설, 갈수, 물수지 등의 기타 정보를 자체적 혹은 유관기관과의 사이트 링크를 통해 제공한다.

7) 공간적 범위 확대

선진수문예측시스템과 비교하였을 때, 국내 4대강 홍수통제소 중 한강, 낙동강 홍수통제소만이 실시간 수위 및 예경보지정수위를 그래픽기반으로 표출하고 있으며, 한국형 선진수문예측시스템 개발시 이를 국토 전체로 확장·적용하여야 한다.

감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- “홍수예보시스템 개선방안 연구, Study on an Improvement of the Flood Forecast System”, 건설교통부, 한강홍수통제소, 2007
- “전국 강우레이더 설치 및 홍수예경보시스템개선 기본계획 수립 2차년도”, 건설교통부, 2003
- “NWSRFS User Manual Documentation”, NOAA, NWS