

Web기반 홍수유출 예측 시스템 개발에 관한 연구

The Study on Development of System for Web-Based Flood Runoff Forecasting

안상진*, 전계원**, 김기석***, 이상형****

Sang Jin Ahn, Kye Won Jun, Gi Suk Kim, Sang whoing Lee

요 지

하천의 수량 정보는 내용이 다양하고 공간적·시간적 특성을 갖고 있어 정보의 종류와 양이 광범위해지고 있다. 따라서 하천에서 홍수기에 유출량을 정확히 해석하고 예측한다는 것은 매우 어려운 일이다. 본 연구에서는 이들 수문자료들을 수집하고 홍수유출량을 예측하기 위해 신경망 모형과 상태공간 모형을 이용하여 홍수 유출 예측 모형을 구성하고 금강수계 주요지점에 적용하여 그 적용성을 확인한 후 예측력이 우수한 신경망 모형을 이용하여 Web상에서 홍수 유출량을 예측할 수 있는 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 자료수집모듈, 유출예측모듈 등으로 구성하여 누구나 Web 상에서 유출량을 예측할 수 있도록 개발되었다.

핵심용어 : Web기반, 홍수유출, 신경망, 상태공간

1. 서 론

우리나라는 여름철 홍수기에 집중호우와 태풍 등에 의한 많은 피해가 발생하고 있으며 봄, 가을에는 가뭄과 수질오염으로 많은 고통을 겪고 있다. 특히 홍수기에 하천유역에서 유출을 해석하고 예측하기 위해서는 유역내에서 발생하는 수문기상학적 요소와 유역의 특성인자들의 정확한 상호연관성의 규명이 필요하다. 그러나 자연현상에 의해 유역에서 발생하는 수문기상학적 요소들은 시·공간적으로 변동이 심하고 유역의 특성인자들의 복잡성 때문에 하천에서의 유출량을 정확히 해석하고 예측한다는 것이 매우 어려운 문제이다. 강우에 의한 유출과정으로부터 하천유출량을 예측하기 위한 많은 물리적, 경험적 접근방법에 의한 연구들이 선행되어 왔으나 자료의 비선형성과 불확실성에 의하여 많은 어려움을 겪고있어, 유역을 시스템으로 하여 입력과 출력에만 의존하여 강우를 유출로 변화시켜 반응함수를 유도하는 지능형 모형이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 상태공간모형과 신경망 모형을 이용하여 금강수계 주요지점의 홍수유출 예측 모형을 구성하고 예측력이 우수한 모형을 이용하여 Web기반 홍수유출예측시스템을 개발하고 Web상에서 누구나 홍수량을 예측할 수 있고 물 정보를 획득할 수 있도록 유출예측모듈 및 주민참여모듈을 Web상에서 구성하여 수자원시스템을 효율적으로 관리하고 예측할 수 있는 기초적인 Web기반 모형을 개발하고 개발기법을 제시하고자 한다.

* 정희원 · 충북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : hydrosys@chungbuk.ac.kr

** 정희원 · 충북대학교 건설기술연구소 전임연구원 · E-mail : kwiun@mail.chungbuk.ac.kr

*** 정희원 · 충북대학교 대학원 토목공학과 석사수료 · E-mail : fireruki@hanmaill.net

**** 정희원 · 남원엔지니어링 수자원부 · E-mail : pavarite@empal.com

2. 기본이론

2.1 상태공간 모형

상태공간모형(state space model)은 시계열 모형의 한 분야로서 Kalman(1960), Kalman & Buch (1961)에 의해 처음으로 연구되었으며 칼만필터링(Kalman filtering)이라고도 알려져 있다. 시스템의 미래현상을 현재 상태와 미래의 입력을 사용하여 설명하기 위해서는 시스템의 상태(state)는 미래를 예측하기 위해서 필요한 현재와 과거정보의 최소집합으로 정의되어야 한다. 상태공간모형은 시스템이 선형이고 시간에 불변(time invariant)일 때 다음과 같은 상태방정식(state equation)과 출력방정식(output equation)으로 표현할 수 있다.

정상적 d변량 시계열 $\{y_t\}$ 가 VARMA 과정이면 다음과 같은 상태공간모형으로 나타낼 수 있다.

$$Z_{t+1} = F z_t + G X_{t+1} \quad (1)$$

$$Y_t = H X_t + \xi_t \quad (2)$$

2.2 신경망 모형

신경망에 관한 연구는 인간의 두뇌와 신경세포 모델에 대한 연구에서 시작되었다. 본 연구에 사용된 역전파 신경망(Back-Propagation Network: BPN)은 다층 퍼셉트론(Multi-Layer Perceptron: MLP)의 학습방법을 체계적으로 정리한 것으로서, 각각의 입력에 대해 기대하는 출력과 동일하거나 유사한 출력을 얻기 위해 반복학습을 통하여 신경망의 연결강도의 값을 구하는 알고리즘이다.

3. 모형의 적용

유출예측 모형의 기본모형을 선정하기 위해 실시간 강우-유출 예측을 위한 모형 중 유역을 하나의 시스템으로 할 때 입력자료인 강우와 출력자료인 유출만을 고려하여 비교적 간단히 강우-유출과정을 예측할 수 있는 상태공간 모형과 신경망 모형을 사용하여 금강수계 주요지점의 강우-유출 과정을 예측하고 최적 유출예측 모형을 선정하였다. 신경망 모형 및 상태공간 모형 모두 예측력은 우수하게 나타났으나 상태공간 모형의 경우 수문곡선의 첨두치 예측시 과다 예측하는 경향을 나타내 신경망 모형을 최종 유출예측 모형으로 결정하였다.

3.1 상태공간 모형

상태공간 모형을 이용한 유출량 예측을 위해서는 각 분석지점의 지체시간을 고려하여 하천유출의 다단계 전 실시간 예측이 가능해야한다. 따라서 Kalman filtering 이론에 의한 예측과정에 따라 금강유역의 주요지점에서 선정된 특정 호우시 시우량과 시유량에 대한 과거의 수문자료를 이용하여 각 지점의 유출량을 실시간으로 예측할 수 있는 예측모형을 개발하였다. 예측모형에 Kalman filtering 이론을 적용하기 위해 과정모형인 ARMA(q, p)의 q 와 p 를 변화시키며 유출량을 예측하여 적정 차수를 선정하였다. 그림 1과 그림 2는 강우량과 유출에 관계되어 결정된 상태벡터의 적정차수에 따른 관측치와 예측치의 결과를 나타내고 있으며 실측수문곡선의 경향을 잘 모의하고 있는 것을 알 수 있다.

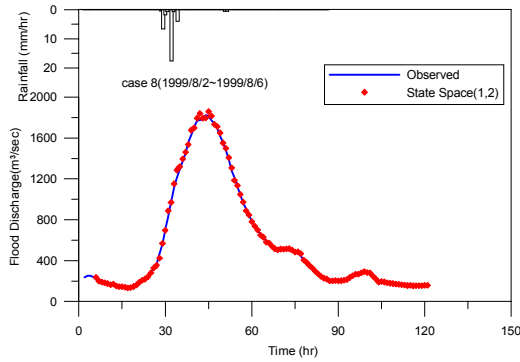


그림 1 공주지점 홍수유출 모의결과

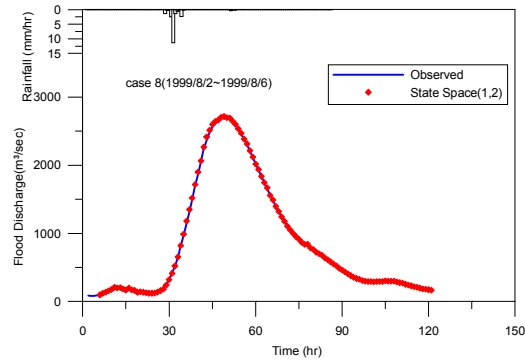


그림 2 부여지점 홍수유출 모의결과

3.2 신경망 모형

신경망의 구성은 다층신경망의 경우 입출력 변수에 대한 은닉층의 노드수와 학습회수를 결정해야 한다. 은닉층의 노드수 결정을 위해 신경망 모형 중 가장 널리 알려져 있고 많은 분야에서 검증된 오차역전파 알고리즘의 일종인 모멘트-적응 학습을 신경망 모형을 사용하여 모형을 구성하였으며 입력자료수의 수를 N개라 할 때 노드수를 N개~4N개로 변화시켜가며 학습을 수행하였고, 학습회수는 1000회~5000회 사이에서 학습 후 결정하였다.

표 1. 신경망 모형의 구성

Network	Models	Network Configuration	Iterations
Moment & adaptive learning rate	MANN I	15-15-1	5000
	MANN I	15-30-1	5000
	MANN I	15-45-1	5000
	MANN I	15-60-1	5000
	MANN II	8-8-1	5000
	MANN II	8-16-1	5000
	MANN II	8-24-1	5000
	MANN II	8-32-1	5000

표 1에서 구성된 신경망 모형은 본 연구의 대상구역인 금강유역의 주요지점에 각각 적용하여 학습을 통해 최적 유출예측모형을 선정하였다. 그림 3은 공주지점의 훈련을 통한 학습결과를 나타내고 있다.

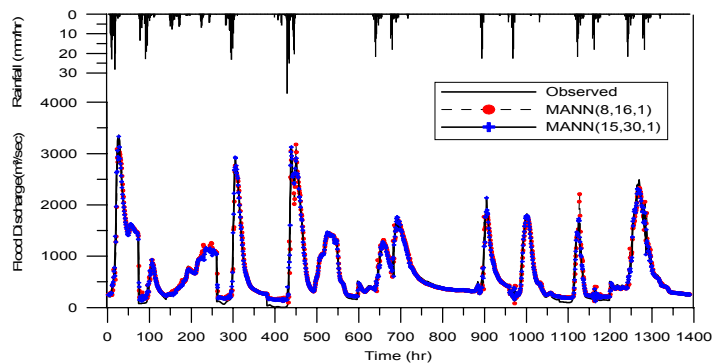


그림 3 공주지점의 학습결과

3.3 홍수 유출 예측 모형 선정

홍수유출과 수질예측을 위한 Web기반 시스템의 유출예측 모듈을 구성하기 위해 검증된 상태공간 모형과 신경망 모형을 이용하여 2000년 3개의 호우사상에 의한 유출량을 예측하고 각 모형을 비교 분석한 후 예측력이 우수한 모형을 유출예측 모듈의 기본 모형으로 결정하였다. 그림 4는 신경망 모형과 상태공간 모형을 이용하여 공주지점의 유출예측을 수행한 결과를 나타내고 있다. 그림 4에서 알 수 있듯이 두 모형 모두 비교적 예측력이 우수하였으나 상태공간 모형은 신경망 모형에 비해 첨두치가 과대 추정하는 경향이 나타났으며 분석결과 신경망 모형이 예측력이 상태공간 모형에 비해 좋게 나타나 신경망 모형을 Web기반 시스템 구축 시 유출예측을 위한 기본 모형으로 선정하였다.

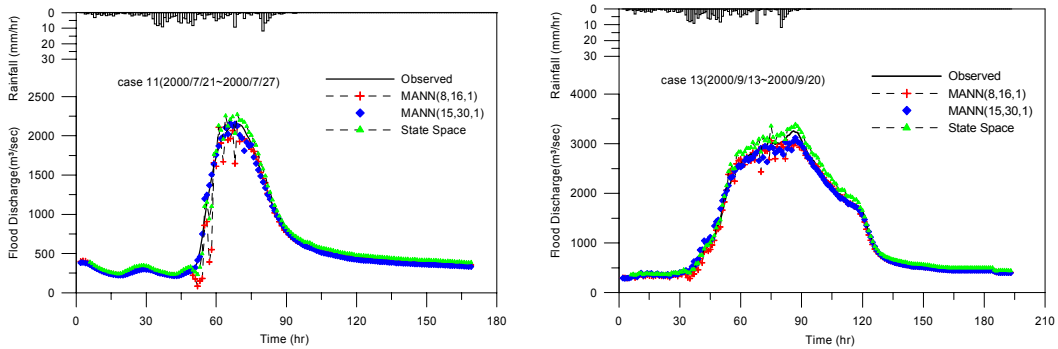
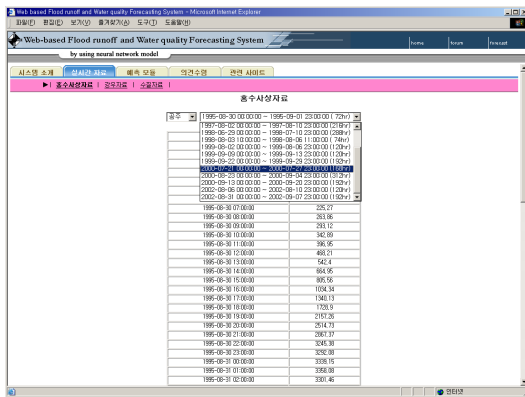


그림 4 신경망 모형과 상태공간 모형의 유출예측 결과(공주지점)

4. Web 기반 홍수유출 예측 시스템

예측력이 검증된 지능형 모형인 신경망 모형의 유출예측 모형을 이용하여 Web상에서 홍수유출예측이 가능한 Web기반 시스템을 개발하였고 연구에 의해 얻어진 성과는 Web상에서 국민들에게 공개하여 하천의 물 관리에 국민들이 능동적으로 참여할 수 있도록 구성하였다. 그림 5는 D/B에서 홍수량자료를 검색하여 Web으로 불러온 화면을 나타내며 그림 6은 Web상에서 홍수유출 예측 결과를 나타내고 있다.



5. 결론

본 연구에서 하천 유출량 예측을 위해 구성된 신경망 모형은 홍수량예측을 위한 학습결과 은닉층의 수 (N)가 4N배를 초과할 경우 학습결과가 과대 또는 과소 예측하는 경향이 나타났으며 상태공간 모형에 비해 신경망 모형이 홍수량예측시 예측력이 우수하게 나타났다. 홍수유출예측 모듈의 경우 홍수기에 실시간으로 홍수유출예측을 Web상에서 신경망의 학습 및 예측을 통해 가능하도록 개발하였으며 Web상에서 구현된 유출예측 모듈을 금강수계 주요지점에 적용하여 학습 및 예측의 적합성을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 김종철(2002) 웹 기반의 소양호 관리시스템의 개발, 박사학위논문, 강원대학교
2. 안상진, 전계원, 김광일(2000). 신경망 알고리즘을 적용한 유출수문곡선의 예측, *한국수자원학회논문집*, 제 33권, 제4호, 2000, pp. 505~515.
3. 전계원(2004). 홍수유출과 수질예측을 위한 Web기반 시스템의 개발, 박사학위논문, 충북대학교
4. Haykin, S.(1999). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation Second Edition*, Prentice Hall, pp. 1~317.
5. Karunanithi, N.(1994). Neural Networks for River Flow Prediction, *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol8, No.2, pp. 201~219.