

# 신경망이론에 의한 다목적 저수지의 홍수유입량 예측

Flood Inflow Forecasting on Multipurpose Reservoir by Neural Network

심순보\*, ○김만식\*\*, 심규철\*\*\*

## 1. 서론

우리나라의 수자원개발 및 관리측면에서 수리·수문학적 특성과 자연적, 지리적 특성에 의해 하천 수계내의 유출량이 시간 및 공간에 따라 극심하게 동적인 변화를 보이므로 많은 어려움이 있다. 특히, 댐 및 저수지의 최적운영은 공학적인 문제 뿐만아니라 정치, 경제, 사회, 환경문제 등 제반요소가 고려되어 하천 유역내 및 인접지역에서의 용수 수요에 대한 최적 배분문제 및 수질환경조건 등을 포함한 댐 발전에 따른 편익을 극대화할 수 있도록 지속적으로 추구되어야 한다.

다목적댐 저수지를 홍수기에 효율적으로 운영하기 위해 선결되어야 할 필수적인 과제로 저수지 유입량의 정확한 예측을 할 수 있어야 한다. 수계내 저수지 유입수는 상류 수원부로부터 자연상태의 유역저류와 유출특성, 그리고 하도흐름의 추계학적, 동적특성을 나타내면서 유입된다.

추계학적, 동적 변동특성을 갖는 유입량의 정확한 예측은 축적된 수문 자료를 토대로 실시간 적용할 수 있는 예측모형을 개발하여 활용함으로써 정확도를 향상시킬 수 있다. 따라서, 저수지 수문조작을 최적으로 하여 댐의 안정을 도모함과 동시에 방류에 따른 하류의 홍수조절 효과를 극대화 시키기 위해서는 홍수기에 저수지 유입 지점에서의 유입량을 정확히 예측할 수 있는 모형이 절실히 필요하다.

이와 같은 필요성에 의해 본 연구는 병렬다중결선의 다층구조를 가진 추정방법으로서 각 입력변수간에 상호 종속적인 경우에도 상관관계를 형성하여 불확실한 비선형시스템의 모형화 및 재현이 가능한 신경망이론을 이용하여 저수지 유입지점 상류에 위치해 있는 T/M 우량국들로 부터 강우자료와 저수지 유입량자료를 사용하여 홍수시에 저수지의 유입량예측을 시도하였다.

---

\* 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*\* 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정 수료

\*\*\* 미국 콜로라도주립대학교 대학원 토목공학과 박사과정 수료

## 2. 신경망이론에 의한 홍수유입량 예측

### 2.1 신경망이론 개요

신경망이론은 인간의 두뇌와 같이 생각하고 판단하며, 인식할 수 있는 능력을 구현하기 위해 뇌의 정보처리 메카니즘을 수학적으로 표현한 이론으로서 다수의 원소가 동시에 작동하는 병렬처리 기계처럼 하드웨어 및 소프트웨어적인 병렬 분산처리를 하는 시스템이며, 다른 환경에 맞도록 변화시킬 수 있는 학습능력을 가지고 있다. 또한, 모형개발에 있어 특별한 구조나 매개변수 산정, 자료의 변환 등이 필요치 않고 자료의 축척에 따라 학습을 통하여 모형의 예측능력을 향상시킬 수 있다.

이러한 특징으로 임의성이 많은 영상신호처리, 패턴인식, 시스템제어, 예측 및 시계열분석, 최적화 등에 활발히 적용되고 있다. 그리고 최근에는 토목공학의 다양한 분야에 적용하였고, 수공학분야에서는 강우예측, 유출량예측 등에 적용하였다.

### 2.2 신경망모형

본 연구에 적용된 신경망모형은 다층신경망(multilayered neural network)모형으로서, 입력 자료를 받아 들이는 입력층(input layer), 결과를 나타내는 출력층(output layer), 그리고 두 층 사이에 은닉층(hidden layer)으로 구성되어 있다. 다층신경망모형은 하나 이상의 은닉층이 존재하는 모형으로서 Fig.1에 제시하였다. 이들의 층 사이에는 연결강도들이 존재하며 적절한 연결강도를 구하기 위해 계속적인 개선을 하는 과정을 학습(learning)이라 한다. 신경망모형은 학습 과정에 따라 지도학습(supervised learning)모형과 자율학습(unsupervised learning)모형으로 구분된다.

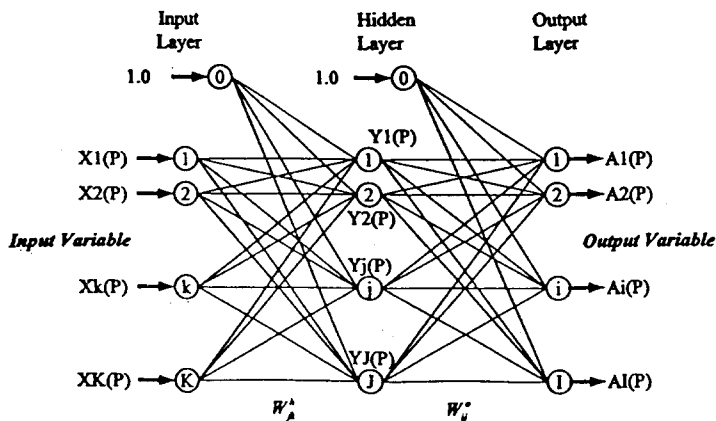


Fig.1. multilayered neuron network

본 연구에서는 학습을 위해 입력자료와 출력자료로 이용되는 강우자료와 유입량자료가 실수형태의 연속적인 값으로 존재하며, 이 기존의 자료를 이용하는 지도학습을 이용한다. 그리고 학습방법으로는 러멜하트(rumelhart) 등에 의해 제안된 역전파 알고리즘(backpropagation algorithm)을 사용하였으며, 이 알고리즘은 입력층의 각 유닛에 입력패턴을 주어진다면 이 신호는 각 유닛에서 변환되어 은닉층에 연결되고 마지막에 출력층으로 전파해 나가는데, 이때 네트워크에서 출력된 신호패턴이 목표패턴과 일치하지 않을 경우 역방향인 출력패턴에서 목표패턴으로 오차의 값들을 전파해 나가 감소시켜 네트워크의 연결강도를 조절하여 학습한다.

## 2.3 유입량 예측모형

본 연구에서는 유입량 예측을 위해 입력층에는 강우자료를, 출력층에는 유입량자료를 이용하였고 다층신경망 구조는 입력층과 출력층 사이에 15개의 은닉층이 존재하는 신경망모형을 구축하였다. 그리고 홍수사상을 선정키 위해 강우자료와 저수지 유입량자료를 분석해 본 결과 선행강우의 형태에 따라 짧게는 10시간에서 길게는 24시간까지의 지체시간을 가지고 저수지 유입량에 영향을 미치는 것으로 나타나서 선행강우 1시간의 강우자료에서 선행강우 24시간의 강우자료 까지를 입력층으로 구성하였다.

신경망모형에서는 입력층에서 은닉층으로 연결될 때 연결강도의 벡터들과 곱해져서 특정한 출력함수를 거쳐 출력을 내게되는데 이때 사용하는 출력함수(또는 전이함수)는 대표적인 비선형 함수이며 가장 많이 사용되는 로그-시그모이드(log-sigmoid) 함수를 사용하였다. 학습 방법은 역전파 알고리즘을 이용하였고 신경망프로그램은 MATH WORKS사의 MATLAB 4.02c Neural Network Toolbox software를 사용하였다.

## 3 적용 및 결과

### 3.1 적용

본 연구에서는 대상유역으로 충주댐유역을 선정하여 구성된 강우-저수지 유입량예측 모형에 적용하여 그 예측능력 및 가능성을 검토하였다. 충주댐 저수지 유입지점 상류에 위치해 있는 T/M 우량국들로 부터 1시간단위의 강우자료와 저수지 유입량자료를 사용하여 홍수기에 저수지 유입량예측을 시도하였다. 신경망모형의 학습을 위해 입력자료로는 한국수자원공사의 강우관측소에서 1987년부터 1994년까지의 34개지역에 15개 홍수사상 자료를 사용하였고, 출력자료로는 15개의 홍수사상이 일어난 후 1시간부터 24시간까지의 충주댐 저수지 유입량자료를 사용하여 학습시킨 후, 유입량 예측을 행할 수 있는 다층신경망 모형을 구성하였다. 그리고 모형의 검정을 위해 충주댐 저수지의 1995년 홍수유입량에 대한 예측을 시행하였다.

### 3.2 결과

15개 홍수사상과 저수지 유입량을 학습시킨 후 1995년 8월 23일 19시부터 29일 15시까지의 유입량을 예측해 본 결과 대단히 만족스러운 것으로 판단되었으며 그 결과는 Fig.2와 같다. 프로그래밍에 사용한 MATLAB S/W를 이용하여 오차는 0.01 이 될때까지 학습 반복횟수를 최대 80000번 으로 구축하였으므로 예측결과로 부터 나온 오차나 상관계수를 계산할 필요가 없었다.

신경망모형의 적용에 있어 은닉층성분의 개수 결정이 문제인데 통상적으로 입력층성분의 1/2로 결정을 하게되므로 입력층성분의 개수가 34개로 은닉층을 15개로 하였으나 은닉층의 개수를 변화시켜 그중 학습시간이 제일 빠르고 예측의 정도가 높은 은닉층 개수를 결정해야 할 것이다.

## 충주저수지 유입량 예측결과

(1995년 8월23일 19시 - 29일 15시)

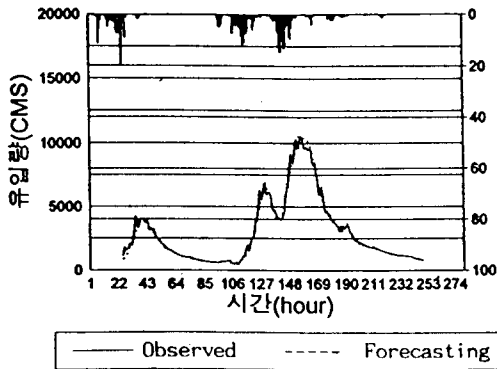


Fig.2 Comparison of forecasting results(Chungju dam reservoir)

### 4. 결론

충주댐유역의 강우에 대해 신경망이론을 이용한 저수지유입량 예측모형을 구축하였으며 이로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

예측결과로 판단할 때 신경망모형은 복잡하고 비선형성이 강한 강우에 대해 저수지유입량 예측의 적용성이 뛰어난 것으로 나타났으며, 연속적이고 충분한 자료가 확보되면 홍수시 뿐만 아니라 평수시, 갈수시에도 잘 예측될 것이며, 장기간 예측에도 정도가 높을것으로 사료된다.

앞으로 신경망이론을 이용한 강우-유입량 예측에 실용적인 문제점을 보완하기 위해서는 수문계에 대한 신경망구조의 결정방법, 신뢰성있고 연속적인 수문자료의 확충, 신경망모형과 기존의 개념적 강우-유출모형의 비교 및 고찰 등이 선행되어야 할 것이다.

## 5. 참고문헌

- 1) Shim, K. C.(1995). "Artificial Neural Network modeling of the Rainfall-Runoff Process." Civil Engineering Department, Colorado state University, Final report.
- 2) Kang, K: W., C. Y. Park and J. H. Kim(1993). " Neural Network and its application to rainfall-runoff forecasting." Korean J. Hydrosoci., Vol. 26, No. 4, pp. 1-9.
- 3) Oh, N. S., and J. H., Sonu(1996). " A Study on Rainfall Prediction by Neural Network." Korean J. Hydrosoci., Vol. 29, No. 4, pp. 109-118.
- 4) Ian Flood, and Naabil Kartam(1994). "Neural networks in civil engineering I : Principles and understanding." J. of Computing in Civil Engineering, Vol. 8, No. 2, pp. 131-148.
- 5) Ian Flood, and Naabil Kartam(1994). "Neural networks in civil engineering II: System and application." J. of Computing in Civil Engineering, Vol. 8, No. 2, pp. 149-162.
- 6) Nachimuthu Karunanithi, William J. Grenney, Darrell Whitley, and Ken Bovee(1994). "Neural networks for river flow prediction." J. of Computing in Civil Engineering, Vol. 8, No. 2, pp. 201-220.
- 7) Anthony W. Minns(1996). "Extened rainfall-runoff nodeling using aritificial neural networks." Hydroinformatics '96, Proc. of the 2nd International Conf. on Hydroinformatics , Zurich, Switzerland, pp. 207-213.
- 8) Smith, M.(1993). Neural networks for statistical modeling. Van Nostrand Reinhod, New York.
- 9) Haykin, S.(1994). Neural Networks : A Comprehensive Foundation. Prentice Hall.
- 10) MATLAB Reference Guide(1995). The Math Works Inc.
- 11) Demuth, H., and M., Beale.(1994). Neural Network Toolbox : For Use with MATLAB User's Guide. The Math Works Inc.
- 12) Kuo-lin Hsu, Hoshin Vijai Gupta, and Soroosh Sorooshian(1995). "Artificial neural network modeling of the rainfall-runoff process." Water Resources Research, Vol. 31, No. 10, pp. 2517-2539.