

신경망이론을 이용한 장기 댐유입량 산정에 관한 연구

○정대명*, 배덕효**, 김진훈***

1. 서론

댐운영에 있어서 치수적인 관리도 중요하지만 장기적인 수자원 관리에서 이수적인 관리 또한 중요하다. 이러한 저수지 운영의 궁극적인 목표는 댐 건설의 목적에 따라 다소 차이가 있지만 통상, 저수된 물을 유입량과 저수량을 감안하여 적절하게 방류하는 것이다. 선진국에서는 장기적인 댐운영을 위해 기상예보자료를 활용하여 장기 댐유입량을 예측하고 있지만 국내의 경우 현재 기상청에서 월 및 계절강우예보를 “예년에 비해 높다 또는 낮다” 식의 정성적인 예보만을 하고 있어 수자원 측면에서 장기 댐유입량 예측에 활용하기에 현실적으로 어려움이 있는 실정이다. 국내에서는 김주환(1993), 심순보(1997) 등이 시간 및 일 단위 강우 예측, 실시간 홍수예측 등에 신경망모형을 적용한 바 있으나 월별자료를 이용한 장기예측에 관한 연구는 수행된 바 없었다. 이에 본 연구에서는 이러한 기상청의 정성적인 계절강우예보자료를 장기 댐유입량 예측에 활용하기 위한 예비연구로 과거 관측된 월자료를 신경망모형에 적용하여 강우 및 댐유입량 예측을 시도하였다.

2. 신경망이론

인간의 뇌는 수많은 뉴런(신경세포)들이 거미줄처럼 연결되어 있는 신경망구조를 이루고 있으며, 신경망에 있어서 뉴런 단독으로 어떤 기능을 수행하기 보다는 여러 뉴런들이 거미줄처럼 복잡하게 연결되어 서로 상호작용을 하고 있으므로 신경망은 방향성 그래프를 이용하여 모델링 할 수 있다. 이러한 뇌의 신경망구조를 모델링 한 것을 인공신경망 모형이라 한다.

인공신경망 모형중 다층신경망 모형은 그림 1과 같이 입력층과 출력층사이에 하나이상의 은닉층이 존재하고 입력층, 은닉층, 출력층의 방향으로 연결되어 있으며 각 층내에서의 연결과 입력층에서 출력층으로의 직접적인 연결은 존재하지 않은 전방향(feedforward)신경망이다. 입력층은 외부로부터 정보를 받아들이고 출력층은 신경망에 의해 계산된 값을 외부에 전달한다. 은닉층의 역할은 입력층으로부터 전달된 정보중 불필요한 정보를 제거하고 효과적인 학습과 예측을 위하여 정보를 가공하고 출력층에 전달하는 역할을 한다. 각 층의 처리소자들은 방향성을 가진 연결선으로 연결되어 있고 각 연결선들은 연결강도를 가진다. 연결강도는 전달함수에 의해 조정되는데 본 연구에서는 식 (1)과 같은 Sigmoid 함수를 이용하였다.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

또한 매개변수 최적화를 위하여 사용된 학습알고리즘으로는 역전파(back propagation)알고리즘을 사용하

* 세종대학교 토목환경공학과 석사과정(E-mail: sign007@nate.com)
Graduate Student, Dept. of Civil and Environmental Engrg., Sejong Univ., Seoul 143-747, Korea

** 세종대학교 수문연구소·토목환경공학과 부교수(E-mail: dhbae@sejong.ac.kr)
Associate Prof., Dept. of Civil and Environmental Engrg., Sejong Univ., Seoul 143-747, Korea

*** 세종대학교 토목환경공학과 박사과정(E-mail: jhcnu@chol.com)
Graduate Student, Dept. of Civil and Environmental Engrg., Sejong Univ., Seoul 143-747, Korea

였으며, 최적모형의 개발을 위해 경사하강법을 이용한 모멘텀-적응식학습율(momentum-adaptive learning rate) 기법을 이용하였다.

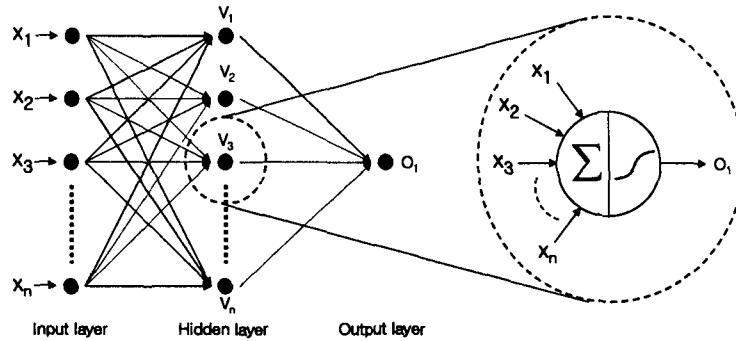


그림 1. 다층신경망 모형 구성도

3. 대상유역

신경망 모형을 적용하여 유입량을 예측하기 위한 분석대상 지점으로 한강수계인 소양강댐으로 선정하였다. 소양강은 총 유로연장 166.2km로서 한강수계를 형성하는 북한강의 최대지류이며 오대산부근에서 발원하여 남으로 유하하다가 동북방에서 북한강과 합류한다. 소양강댐은 유역면적이 총 2,703km²이며 본 댐은 춘천시에서 동북방으로 13km, 북한강 합류지점에서 12km 떨어진 소양강 계곡에 위치하고 있다.

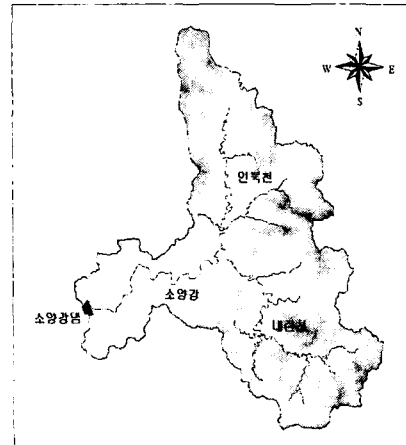


그림 2. 소양강댐 유역도

4. 모형의 구성 및 적용

본 연구에서는 장기 강우예측과 장기 댐유입량 예측에 대한 신경망을 적용하기 위하여 학습기간을 1975년부터 1994년까지 선정하였고, 소양강댐 유역의 월강우량을 Thiessen 가중법에 의하여 유역평균강우량으로 산정하였다. 또한 학습기간에 대한 온도, 상대습도자료는 기상청에서 수집하였고, 소양강댐 유입량자료는 한강홍수통제소에서 일자료를 수집하여 월자료로 변환하였다. 위와 같이 수집된 자료를 이용하여 강우를 예측하는 모형과 댐유입량을 예측하는 모형으로 나누어 구성하였으며 그 내용은 표 1과 같다.

표 1. model 별 입력층과 출력층의 구성

종 류	입력층	출력층	종 류	입력층	출력층
model-1	강우	강우	model-5	강우, 댐유입량	댐유입량
model-2	강우, 온도	강우	model-6	강우, 습도, 댐유입량	댐유입량
model-3	강우, 습도	강우	model-7	강우, 온도, 댐유입량	댐유입량
model-4	강우, 온도, 습도	강우	model-8	강우, 온도, 습도, 댐유입량	댐유입량

입력층은 t, t-1, t-2개월에 해당되는 자료들로 구성하여 t+1, t+2, t+3개월을 각각 예측하였다. 은닉층의

개수는 일반적으로 입력층의 개수가 n개이면 2n에서 2n+1개로 구성되는데(김주환, 1993) 본 연구에서는 2n개로 구성하였으며, 학습율은 0.9, 모멘텀상수는 0.7로 두었다.

5. 결과 및 분석

앞에서 구성한 신경망 모형으로 예측된 값들을 상관계수와 RMSE(Root Mean Square Error)의 통계특성치를 이용하여 분석하였다. 그림 3은 model 1~4에 의한 강우예측결과의 상관계수와 RMSE를, 그림 4는 model 5~8에 의한 댐유입량 예측결과의 상관계수와 RMSE를 구하여 도시한 것이다.

결과를 살펴보면 그림 3에서와 같이 신경망 모형을 이용한 장기 강우예측의 결과는 좋지 않음을 알 수 있다. 입력층을 강우와 관계가 있다고 판단되는 온도, 습도자료들로 구성을 하였으나 강우의 특징이 비선형적이고 불규칙성이 강할 뿐 아니라 시간간격이 1개월이기 때문에 결과가 일정하지 않는 것으로 판단된다. 반면, 그림 4에서와 같이 댐유입량 예측결과는 강우예측에 비해 매우 양호함을 알 수 있다. 또한 그래프에서 상관계수와 RMSE의 관계를 보면 model 5에서 model 8로 갈수록 상관계수는 높아지고 RMSE는 낮아지는데 이는 표 1에서와 같이 입력층의 인자(강우, 온도, 습도, 댐유입량)의 종류가 늘어날수록 모형의 결과가 좋아짐을 알 수 있다. 그리고 1, 2, 3개월 예측결과를 비교해보면 예측기간이 늘어날수록 상관계수는 낮은 경향을 보이고 RMSE 또한 1, 2개월 예측자료에 비해 높게 계산되었다. 이를 통해 예측기간이 길어질수록 모형의 예측성이 떨어짐을 알 수 있다. 그림 5는 댐유입량 예측결과를 model 별로 도시한 것이다. 통계적분석에 의한 결과와 마찬가지로 그림에서도 입력층이 강우, 온도, 습도, 댐유입량으로 구성된 model 8의 결과가 가장 좋은 것으로 나타났다.

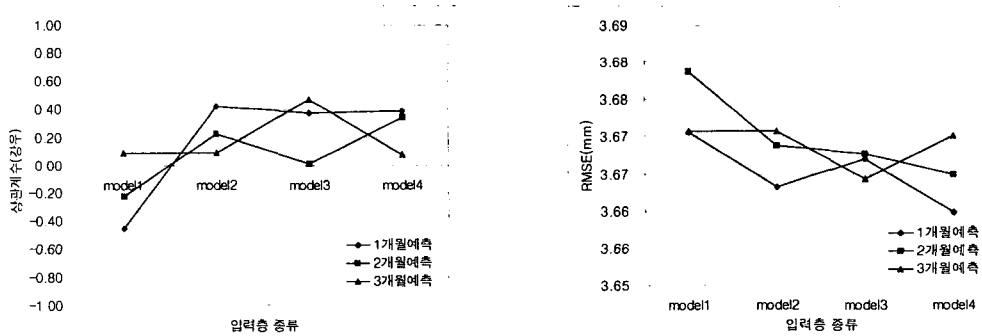


그림 3. 신경망모형을 이용한 강우예측 결과

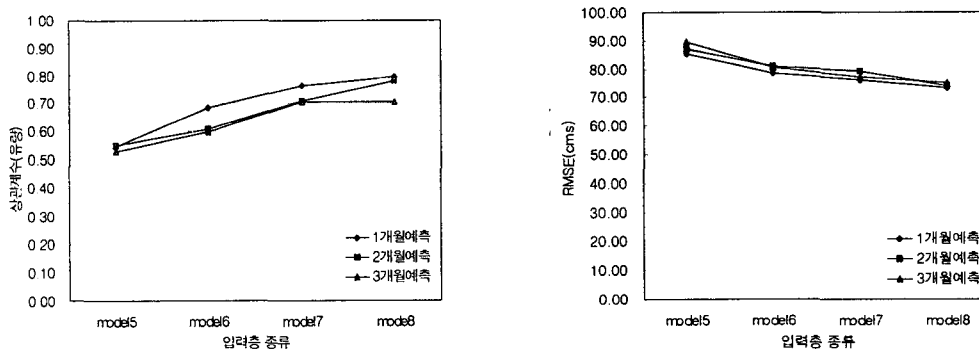


그림 4. 신경망모형을 이용한 댐유입량 예측 결과

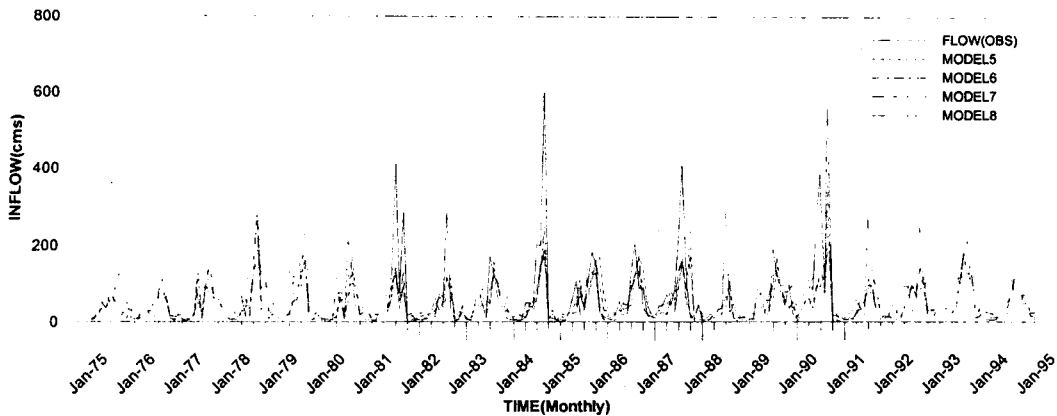


그림 5. model 별 댐유입량 예측결과 그래프

6. 결 론

본 연구에서는 인공신경망모형을 이용하여 월자료에 의한 장기 강우예측과 장기 댐유입량 예측을 실시하여 그 결과를 통계적으로 분석하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 연구의 모형은 장기 댐유입량 예측에는 좋은 결과를 보였으나 불규칙성이 강한 강우의 예측에서는 비교적 좋지 않은 결과로 나타났다.
2. 인공신경망을 이용한 댐유입량 예측에 있어서 입력층으로 강우와 댐유입량 뿐만 아니라 온도, 습도와 같은 기후학적인자도 보다 정확한 예측에 영향을 미침을 알 수 있었다.
3. 인공신경망모형은 댐 유입량의 장기예측에서 하절기 침투유입량을 제외한 나머지 기간의 적용성과 예측능력이 우수하므로 실무에서 장기 댐유입량 산정에 많은 도움을 줄 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 1-3-1)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김대수(1994). 신경망 이론과 응용(I). 하이테크정보.
2. 김주환(1993). "신경회로망을 이용한 하천유출량의 수문학적 예측에 관한 연구." 박사학위논문, 인하대학교.
3. 심순보, 김만식, 심규철(1997). "신경망이론에 의한 강우예측에 의한 다목적 저수지의 홍수유입량 예측." '97년 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp.409-413.
4. 오남선, 선우중호(1996). "신경망이론에 의한 강우예측에 관한 연구." 한국수자원학회지, 제29권, 제4호, pp.109-118.
5. Haykin, S. (1994). Neural Networks: A comprehensive foundation. Prentice Hall.