

신경망이론을 이용한 강우예측모형의 개발

오남선

목포해양대학교 해양 및 조선공학부

전남 목포시 죽교동 571-2

ohns@alliant.snu.ac.kr

Development of Rainfall Forecasting Model Using a Neural Network

Oh, Nam-Son

Faculty of Ocean Engineering and Naval Architecture, Mokpo National Maritime University

#571-2, Jukgyo-Dong, Mokpo, Chonnam, 530-729, Korea

ohns@alliant.snu.ac.kr

Abstract

Rainfall is one of the major and complicated elements of hydrologic system. Accurate prediction of rainfall is very important to mitigate storm damage. The neural network is a good model to be applied for the classification problem, large combinatorial optimization and nonlinear mapping. In this dissertation, rainfall predictions by the neural network theory were presented. A multi-layer neural network was constructed. The network learned continuous-valued input and output data. The network was used to predict rainfall. The online, multivariate, short term rainfall prediction is possible by means of the developed model. A multidimensional rainfall generation model is applied to Seoul metropolitan area in order to generate the 10-minute rainfall. Application of neural network to the generated rainfall shows good prediction. Also, application of neural network to 1-hour real data in Seoul metropolitan area shows slightly good predictions.

1. 서론

우리 나라는 태풍 및 호우로 인한 홍수에 의해 해마다 큰 피해를 입고 있다. 우리 나라는 이러한 피해를 예방하기 위하여 5대강 유역에 홍수통제소를 설치하여 홍수예경보 업무를 수행하고 있으며, 외국의 경우에는 도시지역에서도 복잡한 실시간 제어시스템을 운영, 관리함으로써 홍수예방에 노력하고 있다. 호우

로 인한 피해를 예방하기 위하여 필요한 주요 예측업무는 홍수량의 정확한 추적이며, 그 정확도를 높이기 위하여 필요한 것은 강우의 정확한 예측이 될 것이다. 특히 도시지역은 강우사상의 특성에 빠르게 반응하기 때문에 정확한 降雨豫測이 더욱 중요하다. 그러나 강우는 시간과 공간에 따라 크게 변화하기 때문에 이에 대한 예측은 쉽지 않다. 본 연구에서는 신경망이론을

이용하여 강우예측모형을 구성하고자 한다. 그리고 강우예측모형을 서울시지역에 대한 발생강우와 실제강우에 적용함으로써 그 장단점 및 실제 적용가능성을 검토하고자 한다.

2. 강우예측모형의 구성

본 연구에서는 강우예측을 위한 입력층과 출력층의 성분으로써 강우자료가 이용되며 이는 실수형태의 연속적인 값이다. 따라서 신경망을 이용한 강우예측을 위하여 다층신경망 모형을 구성한다. 그리고 다층신경망의 구조는 기존의 연구에서 주로 이용한 것과 같이 입력층과 출력층사이에 하나의 은닉층이 존재하는 이층신경망을 이용한다(French 등, 1992; 김주환, 1993). 그리고, French 등(1992)이 연구한 바와 같이 여러 형태의 신경망구조를 설정하고 이를 적용하여 예측결과로부터 적절한 신경망의 구조를 선정하기로 한다. 본 연구에서는 적절한 은닉층의 크기를 결정하기 위하여 입력층의 크기가 N 이라 할 때 은닉층의 크기를 N 개에서 $4N$ 개까지 변화시켜 가며 적용한 후 그 결과를 분석하였다.

모형의 구성에 필요한 입력층과 출력층의 값은 각 강우관측소에서의 강우자료를 이용한다. 즉, 현재의 강우량이 선행시간의 강우량과 관련이 있는 것으로 가정하여 선행시간의 강우자료로 입력층을 구성하고 현재의 강우자료를 출력층으로 구성한다. 이와 같이 구축된 신경망모형은 기왕의 강우자료를 이용하여 학습함으로써 대상유역에 적절한 연결강도를 결정하게 되며, 학습된 신경망모형은 현재의 강우자료로부터 다음 단계의 강우를 예측할 수 있게 된다. 모형은 입력층을 선행 한 시간의 강우자료로 구성하는 모형 I 과 선행 1 단계와 2 단계의 강우자료로 구성하는 모형 II의 두 가지 형태로 구성한다.

이와 같이 구성된 예측모형의 입출력과정을 식으로

나타내면 다음과 같다.

$$O_i^t = g_1\left(\sum_j W_{ij}g_2\left(\sum_k w_{jk}x_k^t\right)\right) \quad (1)$$

여기서, $g_1(\cdot)$ 과 $g_2(\cdot)$ 는 각 층사이의 전달함수를 나타내며, W_{ij} 와 w_{jk} 는 각 층사이의 연결강도를 나타낸다. O_i^t 는 출력층의 값으로써 예측하고자 하는 시간 $t+1$ 에서 i 번째 강우관측소의 강우강도가 된다. 그리고 모형 I에서는 입력층의 성분 x_k^t 가 선행시간에 해당하는 시간단계 t 에서의 각 강우관측소의 강우강도로 구성되며, 모형 II에서는 입력층의 성분이 선행한 단계와 두 단계 이전의 강우강도에 해당하는 시간 단계 t 와 $t-1$ 에서의 강우강도로 구성된다.

식 (1)의 신경망모형을 적용하기 위해서 전달함수의 선정이 필요하다. 본 연구에서는 Karunanithi 등(1994)이 이용한 것과 같이 log-sigmoid 함수와 선형 함수를 각각 입력층과 은닉층 그리고 은닉층과 출력층 사이의 전달함수로 이용한다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$g_1(h) = \frac{1}{1 + \exp(-h)} \quad (2)$$

$$g_2(h) = h \quad (3)$$

이 때 은닉층과 출력층사이의 전달함수로 선형함수를 이용하기 때문에 작은 값의 음의 강우강도가 예측될 수 있기 때문에 Karunanithi 등(1994)은 변형된 형태의 선형함수를 이용하였다. 본 연구에서는 음의 강우강도가 크지 않으며 작은 값의 강우강도가 큰 의미가 없기 때문에 식 (3)대신에 (4)를 이용하기로 한다.

$$g_2(h) = \begin{cases} h & \text{if } h \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

구성된 신경망모형의 학습은 역전파알고리즘을 이용하였다. 그리고 학습속도를 향상시키기 위하여 momentum 방법과 적응학습율을 병행하였다. 구성된

신경망모형은 새로운 학습자료의 추가에 따른 계속적인 학습 및 예측이 가능하도록 하였다. 즉 새로운 강우사상이 발생하면 학습을 중지하고 이에 대한 예측을 시도하게 된다. 그리고 학습자료에 새로운 강우자료를 추가하여 그 때까지 학습한 정보를 바탕으로 계속적인 학습이 가능하도록 하였다.

3. 강우의 발생 및 모형의 적용결과

수문학적 분석이나 의사결정 그리고 예측업무 중에서 많은 경우 과거의 자료의 양이 부족하거나 불충분하다. 때문에 이러한 경우 필요한 자료를 모의하고 발생시키는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 Bras와 Rodriguez-Iturbe(1976)의 다차원강우발생모형을 이용하여 강우를 발생시킨 후 발생강우에 대하여 강우예측을 실시하였다. 강우의 발생은 평균, 표준편차 그리고 강우의 속도를 달리하여 총 54개 강우자료를 10분 간격으로 발생시켰다. 신경망의 학습을 위하여 48개 강우자료를 이용하였으며 학습에 이용되지 않은 6개의 강우자료에 강우예측모형을 적용하였다.

신경망모형에 의한 예측결과로부터 나타난 상관계수를 Table 1에 제시하였다. 표에서 예측결과가 모두 0.9이상의 상관계수를 가지는 것으로 나타나 발생강우에 대하여 아주 좋은 예측능력을 가지는 것으로 나타났다. 모형 I과 모형II의 성능차이는 거의 없으므로 나타났으며, 은닉층의 크기는 $2N$ 개 정도, 학습속도는 200회 정도로 충분한 것으로 나타났다.

Fig. 1은 강우발생으로부터 150 분이 지난 시간에서의 강우강도를 등고선으로 비교한 것이다. 그림에서 신경망모형이 강우속도에 따라 이동하는 발생강우의 공간적 형태를 잘 예측하는 것으로 나타났다.

Fig. 2는 발생강우와 모형의 적용에 따른 예측강우의 선형관계를 그림으로 나타낸 것으로 발생강우와 예측강우사이에 상관성이 큰 것으로 나타났다.

Table 1 Comparison of Correlation Coefficients
(Test data is generated by Bras and Rodriguez-Iturbe model)

Prediction Model	Configuration of Network				Correlation Coefficients	
	No. of Nodes			Training Iterations		
	Input Layer(N)	Hidden Layer	Output Layer			
Type of Neural Network	I-1	22	22(N)	22	200	0.9121
	I-2		44(2N)		200	0.9158
	I-3		44(2N)		500	0.9225
	I-4		88(4N)		200	0.9197
	I-5		88(4N)		500	0.9448
	II-1	44	44(N)		200	0.9180
	II-2		88(2N)		200	0.9640
	II-3		176(4N)		500	0.9239

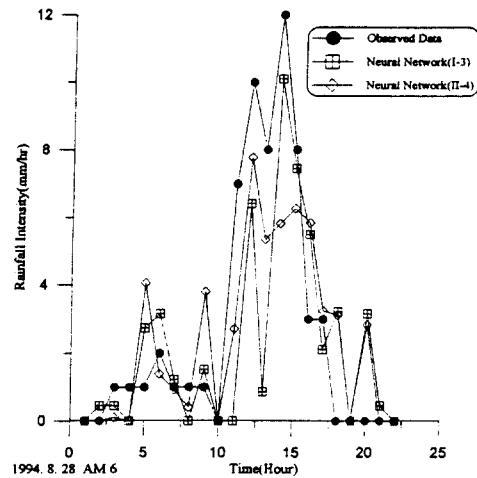


Fig. 1 Comparison of the Results by Surface Map (t=150 min)

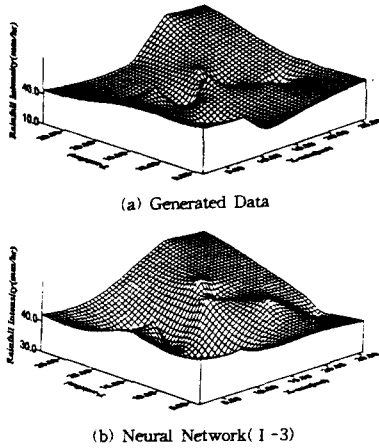


Fig. 2 Comparison of Generated and Predicted Rainfall Intensities by Neural Network Model I-3

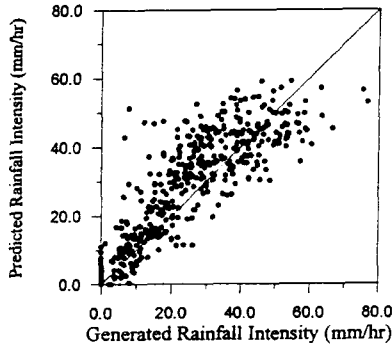


Fig. 3 Comparison of Prediction Results at Location 5 in Seoul

4. 서울시 실제강우에 대한 적용결과

실제강우에 대한 신경망모형의 적용가능성을 검토하기 위하여 서울지역의 1994년도 1 시간 단위 강우자료를 이용하였다. 서울지역의 22개 구청중 이용 가능한 16개 구청의 자료를 이용하였다.

Fig. 3은 신경망모형 I-3과 II-4에 의한 예측결과를 5번 지점에서 관측치와 비교한 것이다. 그림에서 보면 신경망에 의한 예측결과가 실제강우의 시간에 따른 경향을 잘 파악하는 것으로 판단된다. 그림으로부터

신경망에 의한 예측은 강우강도가 작은 시간에서는 상대적으로 큰 오차를 나타내었으나, 큰 값의 강우강도에 대하여 만족스러운 결과를 나타내었다. 또한 신경망에 의한 예측이 강우의 최대값에 대하여 과소추정하는 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 신경망이론을 도입하여 강우예측모형을 구성하였다. 구성된 모형은 발생강우와 실제강우에 적용함으로써 실제 적용가능성을 검토하였다. 이로부터 얻은 결론은 다음과 같다. 예측으로부터 나온 상관계수와 그림에서 볼 때 신경망모형에 의한 강우예측은 그 적용성이 뛰어난 것으로 나타났다. 그러나 침투강우량은 과소추정하는 경향을 나타내었다. 발생강우에 대하여 은닉층의 크기는 2개, 반복회수는 200회 정도로 충분한 것으로 나타났다.

참고문헌

- Bras, R.L., and Rodriguez-Iturbe, I., "Rainfall Generation: a Nonstationary Time-Varying Multidimensional Model", *Water Resources Research*, Vol. 12, No. 3, pp. 450-456., 1976
- French, M.N., Krajewski, W.F., and Cuykendall, R.R., "Rainfall Forecasting in Space and Time Using a Neural Network", *J. of Hydrology*, Vol. 137, pp. 1-31., 1992
- Karunanithi, N., Grenney, W.J., Whitley, D., and Bovee, K., "Neural Networks for River Flow Prediction", *J. of Comp. in Civil Engr., ASCE*, Vol. 8, No. 2, pp. 201-220, 1994
- 김주환, "신경회로망을 이용한 하천유출량의 수문학적 예측에 관한 연구", 박사학위논문, 인하대학교, 1993