

일 유출량 모의를 위한 신경망 모형의 적용

Application of Neural Networks Model for Simulation of Daily Streamflows

○송태정¹⁾, 서현규²⁾, 강경석³⁾, 서병하⁴⁾

1. 서 론

하천유역의 강우-유출과정을 모형화하기 위해서는 유역에서 발생되는 많은 물리적 과정을 수학적으로 표현할 수 있어야 한다. 그러나 자연현상인 강우-유출과정을 물리적으로 모형화하는 것은 매우 복잡한 과정을 수반하며 수문자료의 비선형성 및 비정규성 등으로 인하여 많은 오차를 가지게 된다.

본 연구에서 구축한 모형은 유출의 근원인 강우를 모의 발생하고 추계학적으로 모의된 강우를 Black-Box 모형인 신경망 모형에 입력하여 유출량을 모의하는 두 부분으로 구성되어 있다. 즉, 강우 모의에 있어서는 일 강우계열의 구조적 특성을 최대한 반영하여 강우계열의 구성성분인 전조일, 습윤일 및 강우량 등을 동시에 발생할 수 있는 Markov 연쇄모형을 구축하여 모의발생에 적용하였으며, 또한 하천유역의 유출량 산정을 위해서는 일반화 멸타규칙에 의하여 주어진 입출력패턴을 학습하고 여기서 발생된 오차를 각 층의 처리소자에 전달하여 오차가 최소화될 때까지 이 과정을 반복 순환함으로서 모형의 매개변수를 추정하는 오차 역전파 알고리즘에 의하여 수행된다. 마지막으로 각 과정들을 객체 지향 기법을 이용하여 하나의 시스템 영역에서 운영될 수 있도록 사용자중심의 프로그램을 작성하는데 주안점을 두어 구성하였다. 본 연구의 흐름도는 그림 5와 같다.

2. 본 론

본 연구에서는 일 강우량 자료계열이 유출량 자료계열에 비하여 우연성이 크고 수문학적인 지속성이 결여된 시계열 자료이기 때문에 이러한 특성을 비교적 잘 묘사하는 것으로 알려져 있는 마코프 연쇄(Markov Chain)이론을 적용하여 일 강우량 자료계열을 모의발생하고, 각 모

1) 인하대학교 건설환경시스템 연구소 연구원

2) 경남환경(주) 차장

3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

4) 인하대학교 건설공학부 교수

형에 의하여 계산된 결과를 통계학적으로 비교 검토하였다. 또한 강우-유출 모형에 있어서는 유출계의 과정모형(process model)을 설정하지 않더라도 입출력 형태에 따라 적합한 최적의 매개변수를 추정할 수 있는 인공지능분야의 학습기법을 이용하여 수문 입력 정보로부터 새로운 상황에 대한 묘사를 잘 표현하는 신경망(Neural Networks) 이론을 적용하였다.

마코프 연쇄 모형을 이용한 모의 발생과정에 있어서 모의모형의 상태공간을 구축하는 절차는 각 상태별로 천이횟수를 구하여 천이횟수 행렬을 얻고 이로부터 천이행렬을 구하게 된다. 각 상태별 천이 빈도수를 결정하고나면 천이확률 행렬을 얻는다. 또한 얻어진 천이확률행렬로부터 누적확률 행렬을 구성할 수 있다.

대상지점의 해당 기간동안 강우의 발생여부에 관계없이 마코프 연쇄의 상태로 선정하고 대상기간 동안에 발생된 강우량의 크기와 특성을 고려하여 강우량의 상태를 확장 적용한 방법을 이용하였다. 이를 위해서는 일 강우량 계열을 재구성하여야 한다.

마코프 연쇄모형에서는 일 강우계열의 구성성분을 모두 습윤기간으로 가정하여 강우량의 상태변화를 결정한 해석방법이므로 모의 발생치 역시 모두 습윤일의 강우량 계열로 산정되어 이 계열 중에서 0.1mm/day이하의 강수상태 S_1 (상태-1)만을 분리하면 그 이외의 나머지 계열은 습윤일의 강우량에 해당된다.

구성된 일 강우량 자료를 이용하여 유출량을 산정하는데 있어서는 신경망 모형을 이용하였으며 신경망은 모형 자체의 비선형성, 병렬계산(parallel computation), 적응성(adaptivity) 등의 여러 장점을 모형화하기 위하여 분산기억성질과 병렬국소처리를 이론화한 수학적 모형이다. 또한 신경망은 입력과 출력을 가지는 자동적인 학습기계이다. 다시 말해 입력을 주면 그에 적절한 출력이 나오게 된다. 그러나 외부 환경에 따라서 같은 입력일지라도 서로 다른 출력이 나오게 되는데 이것은 신경망이 스스로 학습하는 기능을 가지고 있기 때문이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 일 유출량 산정을 위하여 다층 퍼셉트론을 오류 역전파 알고리즘에 적용하여 학습시켰다.

프로그램 과정에 있어서는 기 개발된 전산처리기법을 기초로 하여 보다 향상된 데이터 처리기법의 적용과 자료의 관리 등 시스템의 효율적인 운영에 역점을 두어 강우-유출 모의 모형을 구축하였다. 구축된 프로그램은 마코프 연쇄 모형과 신경망 모형을 비주얼 개발 언어(Visual Developole Language)를 이용하여 작성하였으며 이외에 관측 및 결과를 즉시 확인할 수 있는 모듈을 구성하였다. 구축된 프로그램의 기본처리 개념은 프로그램을 운영하는데 복잡한 과정을 최소화하고 데이터 관리방법에 있어서는 일원화할 수 있도록 구성하였으며 기본 입력자료의 형태는 기존 프로그램에서 사용하는 패턴을 사용하였고 옵션으로 선택되는 사항에 있어서는 각 항으로부터 직접 입력할 수 있도록 하였다. 결과 분석을 용이하게 하기 위하여 엑셀과의 연계를 수행하여 결과를 쉽게 분석할 수 있도록 구성하였다.

3. 비교 고찰

모의 일 강우량은 용담유역내의 각 관측소별로 50년, 80년, 100년, 200년을 모의하였으며,

모의된 결과를 각 지점별 관측된 강우 계열과 비교 검토하고자 월 평균강우량, 월 강우량의 표준편차와 일 최대·최소값 그리고 1사분위, 3사분위값을 비교하였으며 월 평균 건조·습윤 지속일수에 대해서도 비교 분석하였다. 또한 모의 발생 결과의 타당성을 확인(validation)하기 위한 통계적 방법은 검사 접근 방법(inspection approach)과 모수적 검정(parametric test)을 이용하여 통계적 검정을 실시하였다.

신경망의 학습에는 자료를 정규화하는 전처리(pre-processing)과정이 필요하다. 이것은 처리소자들의 집합으로 되어있는 신경망의 효율을 높이기 위해 잡음이나 왜곡에 의해 변경된 것을 바로 잡는 기초적인 연산처리과정이며 신경망에서 출력된 값을 역변환시키는 후처리(post-processing)과정에 대응한다.

본 연구에서 사용된 시그모이드 전달함수는 최소값 0, 최대값 1을 처리한다. 따라서 수문과정의 입출력 자료를 신경망에 적용하기 위한 전처리과정에서는 적용자료의 최대값과 최소값을 결정하여 0과 1사이에 분포시키거나 이진수(binary digit)의 형태로 표현하여야 하며 본 연구에서는 입력자료를 실수형으로 선형 처리하였다. 적정연결강도 구축에 의하여 발생된 결과가 실측자료에 얼마나 적합하며 타당성있는 결과인가 하는 문제는 강우-유출모형에 대한 신경망 이론의 적용가능성과 관계된다. 본 연구에서는 다양한 목적함수를 적용하였으며 사용한 목적함수는 모형 효율성 계수(Model Efficiency coefficient), Theil's U-statistic(Theil coefficient), 평균 제곱근 오차(Root mean square error) 등을 사용하였다.

모의된 강우량과 산정된 유출량을 이용하여 모형 검증 수문곡선 및 우량을 도시하면 그림 1과 같다.

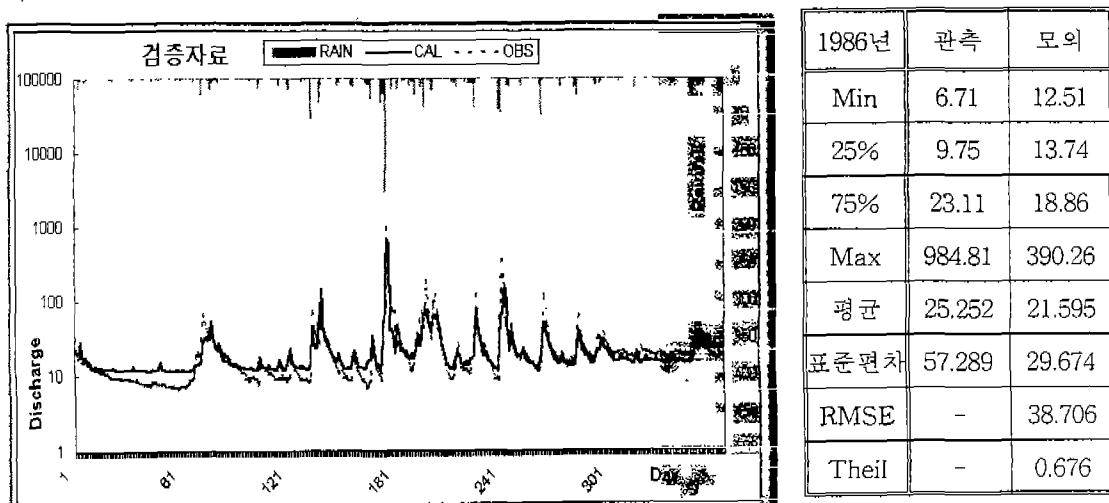


그림 1 모형 검증 수문곡선 및 우량(1986년)

전반적으로 보면 모의된 일 유출량 계열과 관측유량 계열이 유사한 통계치를 보여주고 있으며 수문곡선을 도시한 결과 강우 입력에 따라 유역의 유출 반응이 유사하게 거동하고 있어

추정된 연결강도가 수문 사상을 비교적 잘 표현하고 있다고 판단된다.

검증된 모형을 이용하여 유출량을 산정한 결과는 그림 2와 같다. 그림에서 보면 강우의 발생에 유출응답이 적절히 이루어지고 있음을 알 수 있으며 강우와 유출의 지체 정도는 1일 정도의 지체시간이 있는 것으로 판단된다

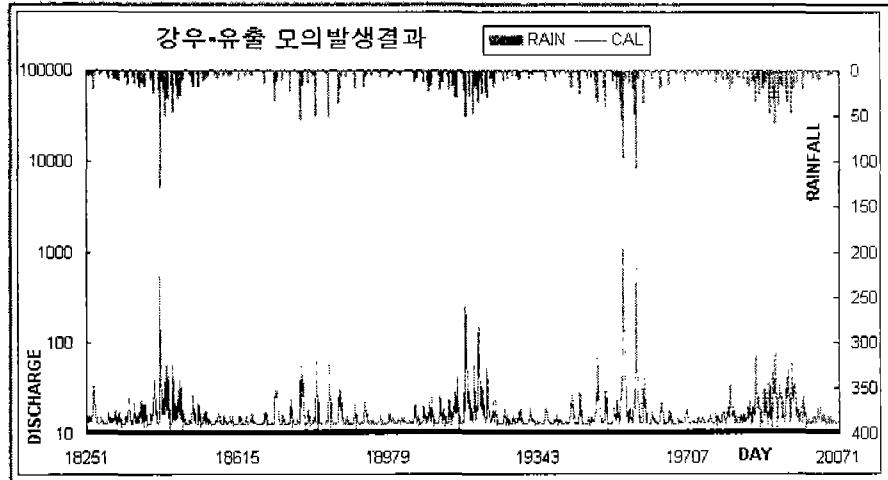


그림 2 용담유역의 80년 유량 계열 산정 결과

그림 3은 200년 모의 강우를 이용하여 확장된 유출량의 3월, 7월, 11월에 대한 월별 자기상관도를 도시한 것으로 유출의 강한 지속성이 잘 재현해 주고 있음을 판단 할 수 있다. 그림 4는 지속기간별 유출량의 평균값을 도시한 것으로서 모의 기간별로 약간의 차이는 보이고 있으나 전체적인 년 유출의 경향을 잘 보이고 있음을 판단할 수 있다. 또한 모의 자료에 대한 결과가 실측자료의 결과보다는 비교적 안정적인 상태로 지속기간별로 증가하는 것으로 판단된다.

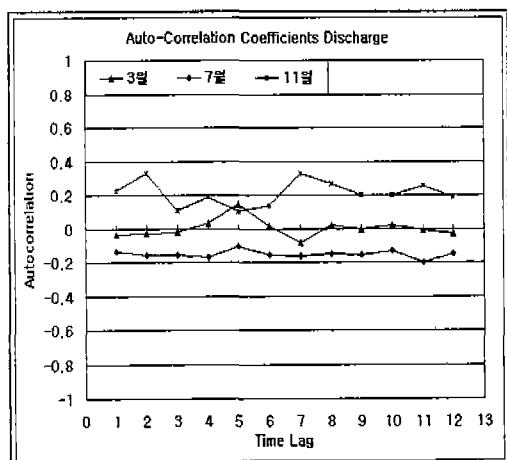


그림 3 확장된 유출량의 자기상관도(200년)

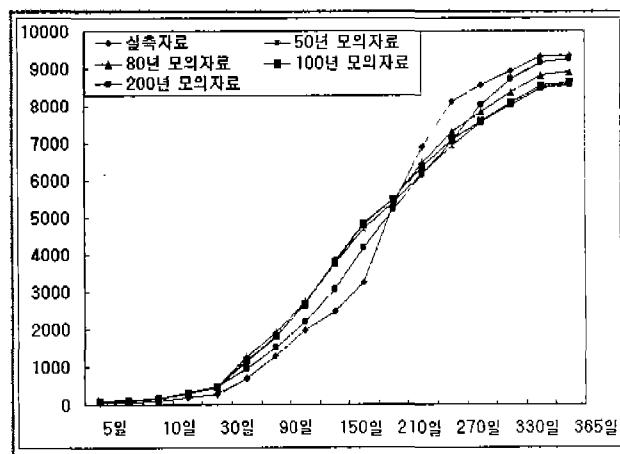


그림 4 지속기간별 유출량의 평균 비교

4. 결 론

유출량 자료는 수자원계획 및 관리에 있어 중요하며 특히 갈수기의 유출량 자료는 각종 이수계획 수립을 위한 기준으로 활용될 수 있다. 그러나 현재 유량관측 성과는 상당히 부족한 편이며 특히 갈수시의 유량자료는 더욱 부족한 형편이다.

따라서 본 연구에서는 일 강우계열의 추계학적인 모의발생을 목적으로 시간특성을 고려한 상태모형을 구축하여 발생시킨 천이확률을 이용하여 용답유역의 무주, 장수, 진안관측소의 일 강우계열에 대하여 50년, 80년, 100년, 200년 자료를 모의하였고, 이 모의 발생된 강우량을 과거 관측치를 이용하여 추정된 적정연결강도에 의한 다층 신경망 모형에 입력시켜 일 유출량 계열을 산정하였다. 또한 구축된 모형의 적용성 검토를 위하여 산정된 일 강우량과 일 유출량계열에 대한 통계학적인 검증을 실시하였다.

본 연구의 수행 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 일 강우량의 모의결과는 관측 계열의 통계적 특성을 잘 재현하고 있었으며 자료의 동질성을 확인하기 위하여 T-test와 F-test를 실시한 결과 모의자료의 평균 및 분산에 있어 동질성이 있음을 알 수 있었다. 또한 각 지점별 통계적 특성을 검토한 결과 계절적인 경향성과 통계적 특성치를 잘 재현하고 있었다.

(2) 인체 신경망의 거동분석을 위해 개발된 신경망 모형을 이용한 유출량 산정 결과는 흥수기에 있어서는 비교적 잘 재현이 되나 갈수기에 있어서는 그 정도가 떨어짐을 알 수 있었다. 그러나 전반적으로 일 유출량계열의 통계적 특성치를 잘 표현하고 있었으며, 유역에서의 강우에 의한 유출 용답을 잘 재현하고 있음을 알 수 있었다.

(3) 본 연구에서 제시한 마코프 상태 모형과 신경망 모형을 이용할 경우 대상유역의 수문학적 특성을 잘 재현하는 장기간의 일 유출량 자료로의 확장이 가능하다고 판단되며 특히 신경망의 학습과정에서 갈수기와 흥수기의 특성을 고려한 적절한 입력자료를 구축할 수 있다면 상당히 양호한 모의 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

(4) 신경망 모형의 학습자료 구축에 있어 실수형으로 선형 처리하는 것보다 이진수로 처리하여 구축한다면 학습자료의 특성을 명확히 파악할 수 있을 것으로 예상되며, 입력자료 처리 과정에서 유역의 특성인자들을 다양하게 포함시키면 좀더 양호한 일 유출량 자료를 획득할 수 있을 것으로 판단된다.

장기간의 일 유출량 자료를 확충할 목적으로 본 연구에서 제시한 모의과정을 이용한다면 유량 관측자료가 결핍된 지점에서의 장기간의 유출자료를 획득할 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서 구축한 일 강우량 모의발생 모형과 일 유출량 산정 모형에 대한 추가적이고 지

속적인 연구가 이루어진다면 이수계획 수립에 필요한 설계 수문량 산정에 효과적으로 유용되리라 판단된다.

5. 참고문헌

- 강경석, 서병하 (2000). “다지점 일 강우 모의모형의 개발 및 적용.” ‘2000년 학술발표회 논문집’, 대한토목학회, pp. 19~22.
- 김주환 (1993). 신경회로망을 이용한 하천유출량의 수문학적 예측에 관한 연구. 박사학위논문, 인하대학교.
- 윤용남 (1997). 공업수문학. 청문각.
- 한국건설기술연구원 (1997). 월 유출모형의 개발.
- 홍봉화, 이승주, 조원경 (1996). “역전파 신경회로망의 수렴속도 개선을 위한 학습파라메타 설정에 관한 연구.” 전자공학회 논문지, 제 33권 B편 제 11호, pp. 159~166.
- Paul J. Werbos (1990). “Backpropagation Through Time : What It Does and How to Do It.” *Proceedings of The IEEE*, Vol. 78, No. 10, pp. 1550~1560.
- Richard P. Lippmann (1987). “An Introduction to Computing with Neural Nets.” *IEEE ASSP Magazine*, April, pp. 4~22.
- Salas, J. D. (1992). *Analysis and Modeling of Hydrologic Time Series*. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill.

