

# 인공위성 자료를 이용한 유역의 면적평균강우량 예측

## Forecasting on Areal Precipitation Estimation using Satellite Data

한건연\* 김광섭\*\* 최혁준\*\*\*

Kun Yeun Han, Gwangseob Kim, Hyuk Joon Choi

### 요 지

본 연구에서는 강우량의 실측치인 자동기상관측소(AWS) 자료와 현재의 대기상태인 인공위성(GMS-5호) 자료를 입력자료로 하여 현재부터 3시간 선행시간까지의 면적평균강우량을 예측할 수 있도록 강우예측 신경망 모형을 개발하였으며, 2002년 8월 집중호우시 남강댐 유역에 적용하였다. 신경망 모형의 학습을 위해서 1998~2001년 6~9월과 2002년 6, 7월의 강우사상과 적외선 자료가 사용되었고, 학습이 종료되면 예측기간(2002년 8월 6~16일)동안의 강우예측이 수행되었다. 신경망 모형의 학습단계에서는 자료들간의 비선형 상관관계를 나타내는데 적합한 역전파 알고리즘 학습방법 중 모멘텀법을 사용하였으며, 신경망 모형의 출력값은 현재부터 3시간 후까지의 면적평균강우량을 예측할 수 있도록 구성하였다. 예측된 면적평균강우량은 실제 관측된 강우량의 패턴은 잘 따르고 있었지만 첨두치를 과소평가하는 경향이 나타났다. 본 연구에서 개발된 신경망 모형은 관측된 강우자료의 품질과 패턴이 모형의 정확성에 미치는 영향이 절대적인 기존의 신경망 모형과 차별화하여, 현재의 대기상태를 나타내는 인공위성 자료를 추가함으로써 보다 정확한 강우량 예측이 가능하도록 하였다.

**핵심용어** : GMS-5호 위성, AWS, 신경망 모형, 역전파 알고리즘, 면적평균강우량

### 1. 서 론

최근 들어 한반도 지역에서 집중호우와 같은 이상강우로 인한 홍수피해의 발생이 매년 나타나고 있으며, 홍수피해의 정도가 점점 증가하고 있는 실정으로 대부분이 6~9월에 발생하는 홍수에 의한 것이다. 특히 지구온난화가 계속 되면서 장마가 끝난 뒤 8월에 대륙고기압이 비정상적으로 발달하면서 북쪽의 찬 공기와 남쪽의 더운 공기가 한반도 지역에서 충돌하고, 여기에 수증기까지 가세하여 우리나라에 국지성 집중호우가 급증하고 있다. 이러한 집중호우는 현재의 중관 관측체계에 의존하고 있는 예보시스템으로는 예측에 어려움이 많을 뿐만 아니라 이에 따른 대응에도 한계가 있다. 이런 점을 극복하기 위한 노력으로 단시간에 이루어지는 집중호우를 예측하기 위해서 인공위성 자료를 이용하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 높은 시·공간 분해능을 가진 인공위성 자료를 이용하여 단시간 강우량 정보를 미리 예측함으로써 집중호우에 의한 홍수피해로부터 수많은 인명과 재산을 보호할 수 있다. 본 연구에서 대상유역에 대한 면적평균강우량의 예측은 강우량의 실측치인 자동기상관측소 자료와 현재의 대기상태인 인공위성 자료를 입력자료로 하여 구성되는 신경망 모형에 의하여 실현되었다. 신경망 모형의 학습에는 자료들간의 비선형 상관관계를 나타내는데 적합한 역전파 알고리즘을 사용하였다. 역전파 알고리즘의 학습은 입력층에서 출력층으로 입력의 전달이 처리되는 순방향 과정과 출력층에서 입력층으로 오차가 역전파되어 연결강도가 변화되는 두 가지 과정으로 구성된다. 신경망 모형의 출력값은 현재부터 3시간 선행시간까지의 면적평균강우량을 예측할 수 있도록 구성하였다.

\* 정회원·경북대학교 사회기반시스템공학과 교수 E-mail : kshanj@knu.ac.kr  
\*\* 정회원·경북대학교 사회기반시스템공학과 조교수 E-mail : kimg@knu.ac.kr  
\*\*\* 정회원·경북대학교 사회기반시스템공학과 박사수로 E-mail : mvio1@hanmail.net

## 2. 강우예측 신경망 모형

신경망 모형의 입력층과 출력층의 성분으로는 실수형태의 시계열 자료로 이루어진 강우자료가 사용되었다. 입력층의 뉴런은 12개로 구성하였으며, 각 뉴런의 입력값들을 결정하기 위해서 먼저 AWS 자료로부터 대상구역의 면적평균강우량을 산정하였다. 산정된 면적평균강우량 시계열을 3시간 지체시킨 다음, 전국 360개 지점의 강우량(AWS 자료) 시계열과 상관관계를 분석하여 상관성이 가장 높은 5개 지점의 강우량 시계열을 선정하였다. 또한, 동아시아 영역을 169(13×13)개의 격자로 구분하고, GMS-5호 위성의 분석자료인 운정온도를 NAWT 알고리즘을 이용하여 강우량으로 추정하였다. NAWT 알고리즘은 인공위성에서 측정된 운정온도가 253K보다 낮은 경우 구름이 존재한다고 가정하였다. 구름의 면적이 결정되면 하위 10%와 50%의 면적을 구분하는 온도( $T_{10}$ ,  $T_{50}$ )를 계산한 다음, 각 격자의 운정온도가  $T_{10}$ 보다 낮은 경우에는 9mm/hr의 강우가 있는 지역으로, 운정온도가  $T_{10} \sim T_{50}$  사이에 존재하는 경우에는 2mm/hr의 강우가 있는 지역으로 간주하였으며, 운정온도가  $T_{50}$ 보다 높은 경우에는 비강우지역으로 간주하여 강우량을 산정하였다.

같은 방법으로 위성자료로부터 추정된 강우량과 3시간 지체시킨 대상구역의 면적평균강우량과의 상관관계를 분석하여 상관성이 가장 높은 7개 격자의 강우량 시계열을 선정하였다. 이와 같이 선정된 12개의 강우량 자료를 신경망 모형의 입력층에 대입하고 학습단계를 거쳐 연결강도를 결정한 다음, 예측기간에 대한 대상구역의 면적평균강우량을 예측하였다. 그림 1은 강우예측 신경망 모형의 개요를 나타내고 있다.

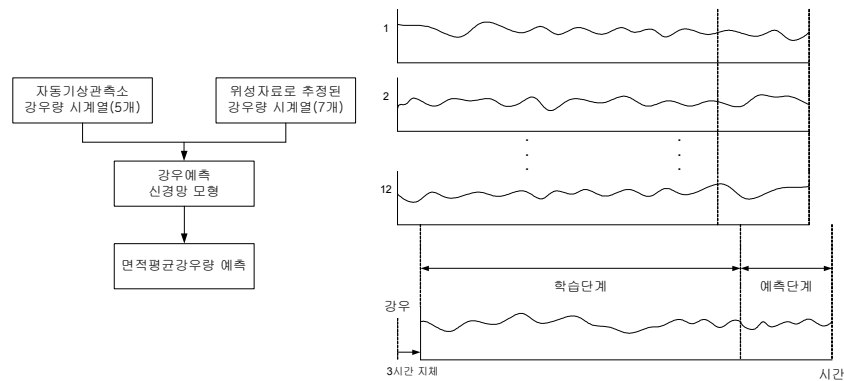


그림 1. 강우예측 신경망 모형의 개요

## 3. 실제구역 적용

강우예측을 위한 신경망 모형의 적용을 위해 입력값으로 이용되는 GMS-5호 위성의 적외선 자료와 자동기상관측소의 강우량 자료의 수집이 선행되었다. 이 자료는 기상청으로부터 1998년에서 2002년까지 5년 동안의 6, 7, 8, 9월의 위성자료와 AWS 자료를 제공받았다. 신경망 모형의 학습을 위해서 1998~2001년 6~9월과 2002년 6, 7월의 강우사상과 적외선 자료가 사용되었고, 학습이 종료되면 예측기간(2002년 8월 6~16일)동안의 강우예측이 수행되었다. 신경망 모형의 학습단계에서는 역전파 알고리즘 학습방법 중 모멘텀법을 사용하였으며, 학습반복수는 오차값의 수렴성을 고려하여 5,000번을 적용하였다. 학습률과 모멘텀 상수는 각각 0.001과 0.01을 사용하였다. 그림 2는 남강댐 유역을 나타내고 있으며, 그림 3은 각 소유역에서의 강우 관측값과 선행시간 3시간 예측강우의 비교를 나타내고 있다.

강우예측 신경망 모형의 성능을 판단하기 위해서 상대첨두오차(RPE), 상대총량오차(RVE), 절대평균편차(AMB), 평균제곱오차(RMSE), 상관계수(CC), 모형개선지수(SS)를 이용하여, 모형의 예측결과를 검증하여 표 1에 제시하였다. 그림 4는 각 소유역에서의 강우 관측값과 선행시간 3시간 강우 예측값과의 산점도(Scatter diagram)를 나타내고 있다.

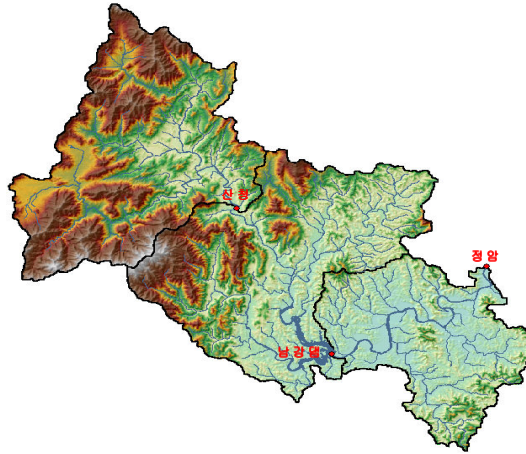
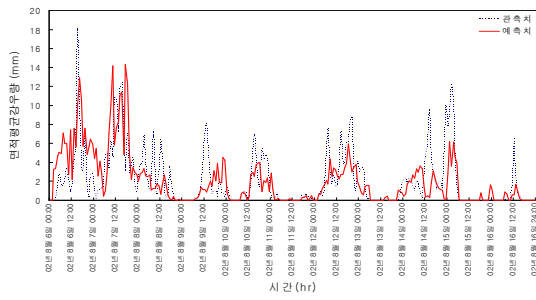
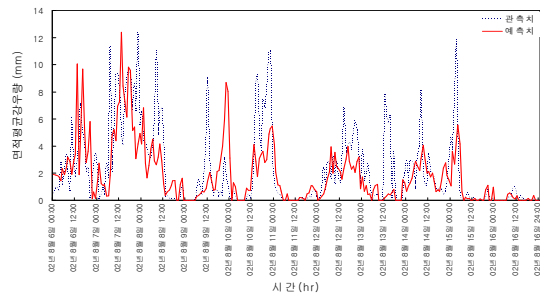


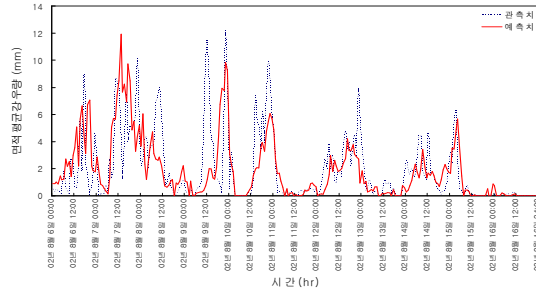
그림 2. 남강댐 유역



(a) 산청 지점



(b) 남강댐 지점



(c) 정암 지점

그림 3. 소유역별 예측 면적평균강수량

표 1. 소유역별 모형의 검증결과

지점	RPE	RVE	AMB	RMSE	CC	SS
산청	-0.21	-0.02	1.54	2.59	0.57	0.31
남강댐	0.00	-0.17	1.44	2.41	0.57	0.32
정암	-0.02	-0.02	1.24	2.31	0.60	0.43

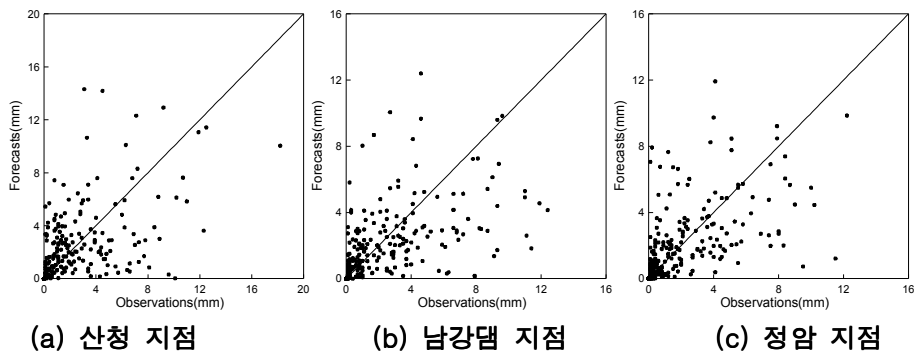


그림 4. 소유역별 관측치와 예측치의 산점도

예측된 면적평균강우량은 실제 관측된 강우량의 패턴은 잘 따르고 있었지만 첨두치를 과소평가하는 경향이 나타났다. French 등(1992)의 연구결과에서 선행시간 1시간 강우예측에 따른 상관관계수가 0.38 ~ 0.78의 범위로 나타난 것과 비교할 때 선행시간을 감안하면 만족스러운 결과로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 강우량의 실측치인 자동기상관측소 자료와 현재의 대기상태인 인공위성 자료를 입력자료로 하여 현재부터 3시간 선행시간까지의 면적평균강우량을 예측할 수 있도록 강우예측 신경망 모형을 개발하였다. 신경망 모형의 구조는 입력층과 출력층 사이에 하나의 은닉층이 존재하는 다층 신경망으로 구성하였으며, 학습단계에서는 오류 역전파 알고리즘 학습방법 중 모멘텀법을 사용하였다. 2002년 8월 집중호우시 남강댐 유역에 대하여 강우예측 신경망 모형을 적용한 결과, 예측된 면적평균강우량은 실제 관측된 강우량의 패턴은 잘 따르고 있었지만 첨두치를 과소평가하는 경향이 나타났다. 본 연구에서 개발된 강우예측 신경망 모형은 관측된 강우자료의 품질과 패턴이 모형의 정확성에 미치는 영향이 절대적인 기존의 신경망 모형과 차별화하여, 현재의 대기상태를 나타내는 인공위성 자료를 추가함으로써, 강우-유출 해석의 기본이 되는 면적평균강우량의 예측에 대한 정확성을 향상시킬 수 있었다. 지속적인 수문자료의 품질향상과 다양한 강우 패턴이 축적되고 레이더를 이용한 정량강우와 연계된다면 더욱 정확한 강우량의 예측이 가능할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부가 출연하고 한국과학기술기획평가원에서 위탁시행한 2004년도 특정연구개발사업중 “통합 홍수정보시스템의 개발 및 운영”(과제번호 : M10402020002-0400202-00210)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

1. French, M.N., Krajewski, W.F., and Cuykendall, R.R. (1992). "Rainfall forecasting in space and time using a neural network.", J. of Hydrology, Vol. 137, pp. 1-31.
2. French, M.N., Andrieu, H., and Krajewski, W.F. (1994a). "A model for real-time quantitative rainfall forecasting using remote sensing : 1. Formulations.", Water Resources Research, Vol. 30, No. 4, pp. 1075-1083.
3. French, M.N., Andrieu, H., and Krajewski, W.F. (1994b). "A model for real-time quantitative rainfall forecasting using remote sensing : 2. Case studies.", Water Resources Research, Vol. 30, No. 4, pp. 1085-1097.