

지상관측강우를 이용한 단시간 강수 예측에 관한 연구

A Study on the Short-term Forecast Method Using Land-Gauge Data

이종대*, 배덕효**
Jong Dae Lee, Deg Hyo Bae

요 지

최근 전 세계 많은 지역에서 집중호우로 인한 홍수 피해가 증가하고 있으며, 국내 역시 홍수 피해가 증가하는 추세이다. 이러한 집중호우로 인한 홍수의 피해를 줄이기 위해서는 보다 정확한 강수 예측이 선행되어야 하며, 이를 위해 국내에서는 레이더와 인공위성 자료를 이용한 강수 예측기법에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 이러한 강수 예측기법은 공간적으로 균일한 자료를 획득할 수 있고, 미계측 구역의 정보를 취득할 수 있는 장점이 있으나, 정확도측면에서 활용성에 한계가 있어 지상 관측자료를 통한 보정 후 예측에 사용하는 실정이다. 본 연구에서는 지상 관측 강우와 이류 모델을 이용한 단시간 강수예측 방법론을 제시하고, 이를 조밀한 지상 관측망을 가진 서울시에 적용하였다. 강수 예측을 위해 서울시 홍수정보시스템의 자료와 Automatic Weather System (AWS) 자료 등의 지상 관측소 자료를 이용하였다.

핵심용어 : AWS, 서울시 홍수정보시스템, 단시간 강수 예측

1. 서론

최근 지구 온난화, 엘니뇨 및 라니냐 등 기후변화의 영향으로 전 세계 많은 지역에서 국지성 집중호우로 인한 홍수 피해가 증가하고 있으며, 국내에서도 홍수 피해가 지속적으로 증가하는 추세이다. 이와 같은 피해를 미연에 방지하고, 피해의 정도를 줄이기 위해서는 보다 정확한 홍수의 예측이 필요하다. 홍수 예측을 위해서 일반적으로 강우-유출법, 기상법, 수위법 등의 방법이 사용된다. 이 중 기상법은 강우를 정량적으로 예측하여 홍수의 유무를 밝히는 기법으로, 정확한 강수의 예측이 선행되어야 하며, 이를 위해서는 레이더나 인공위성의 자료가 필수적이다. 이러한 레이더와 인공위성 자료를 이용한 강수예측은, 미계측구역에 대한 적용이 가능하고 공간적으로 균일한 자료를 획득할 수 있다는 장점이 있으나, 정확도 측면에서 활용성에 한계가 있어 지상관측소를 이용하여 보정과정을 거친 후 예측에 활용하는 한계가 있다.

본 연구에서는 이와 같은 지상관측소와의 보정을 통해 사용되는 레이더나 인공위성 자료의 한계를 극복하고자, 지상 강우자료의 공간분포와 이를 이용한 단시간 강수예측의 방법론과 그 적용 방법을 제시하고자 한다.

* 정회원·세종대학교 토목환경공학과E-mail : junyupp@naver.com
** 정회원·세종대학교 물자원연구소·토목환경공학과 교수E-mail : dhbae@sejong.ac.kr

2. 지상관측 강우의 공간분포

본 연구에서는 강우의 공간 분포를 위해 주변 관측소를 이용하여 각각의 격자에 대한 강우값을 산출하였다. 일반적으로 강우의 보정을 위해서는 산술 평균법, 역거리가중법, 거리-고도비율법, 크리깅방법, 코크리깅방법등이 주로 사용되고 있다. 본 연구에서는 AWS와 서울시 홍수정보시스템의 10분 강우자료를 보정하기 위하여, 적용성이 입증되고 실무에서 많이 사용되고 있는 역거리가중법을 이용하여 서울시 전 지역에 대해 1km×1km의 강우 격자를 만들어 분포시켰다. 서울시 홍수정보시스템의 강우관측 지점 수는 47개이고, 관측소간 평균거리는 약 12km이다. 다음 그림 1은 서울시 강우관측지점과 1km×1km 격자분포이며, 그림 2는 2006년 7월 12일 06:00 ~ 2006년 7월 12일 06:30까지의 지상 관측강우를 공간분포 시킨 것이다.

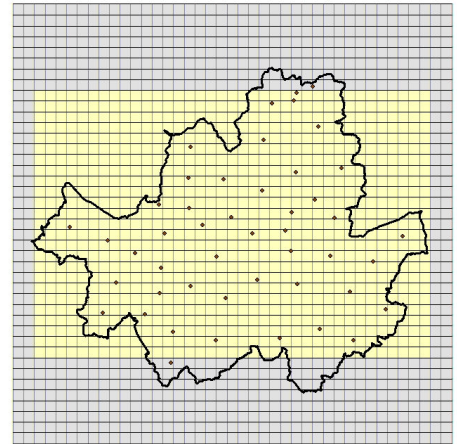


그림 1. 강수관측소와 격자분포

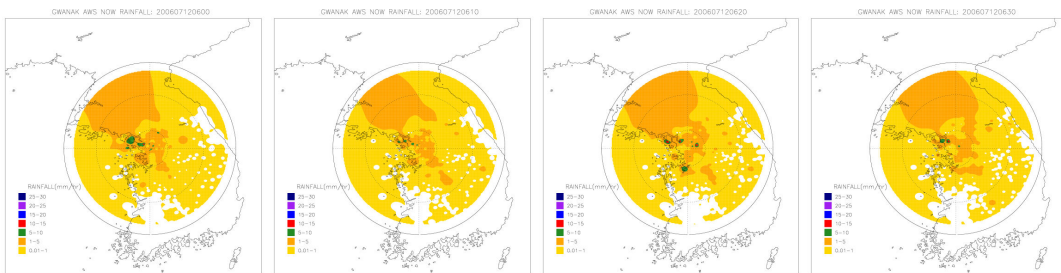


그림 2. 관측강우의 분포(2006.07.12 06:00 ~ 2006.07.12 06:30)

3. 이류모델을 이용한 단시간 강수예측

Shiiba (1984)는 강수의 선행시간을 확보하기 위해 이류모델을 이용한 단시간 예측기법을 제안하였다. 이 이류모델은 수평강우분포의 이동패턴을 이류방정식을 이용하여 강우를 예측하는 방법이다.

3.1 이류모델

이류모델에서 수평 강우분포의 시간변화 $r(x,y,t)$ 는 다음 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$\frac{\partial z}{\partial t} + u\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right) + v\left(\frac{\partial z}{\partial y}\right) = w \quad (1)$$

여기서 u, v 는 수평강우분포가 이동한다고 가정할때의 이류벡터이며, w 는 발달쇠약을 나타낸다. 이 u, v, w 는 다음 식 (2)~(4)와 같이 가정되며, 이 때의 매개변수 c_1, \dots, c_9 는 관측된 강우분포자료를

이용하여 최소신형제곱법으로 찾을 수 있다. 이 매개변수들을 이용하여 강우분포의 이동을 표현할 수 있다.

$$u = c_1x + c_2y + c_3 \quad (2)$$

$$v = c_4x + c_5y + c_6 \quad (3)$$

$$w = c_7x + c_8y + c_9 \quad (4)$$

3.2 파라메타의 분류방법

수평 관측반경을 장방형모양으로 만들고, 이 관측면적을 $\Delta x \times \Delta y$ 로 나누어 세부적으로 표현하면 다음 식 (5)~(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_i = (i - \frac{1}{2})\Delta x, i = 1, \dots, M \quad (5)$$

$$y_j = (j - \frac{1}{2})\Delta y, j = 1, \dots, N \quad (6)$$

$$t_k = k\Delta t, k = -(K+1), \dots, 0 \quad (7)$$

여기서 Δt 는 관측시간의 간격이며, M과 N은 각각 x방향과 y방향의 격자수, 그리고 $(K+1)\Delta t$ 는 이류벡터를 구하는데 사용된 과거 관측자료의 길이이다. 매개변수 c_1, \dots, c_9 가 올바르게 분류되었다면, 다음 식 (8)은 최소가 될 것이다.

$$J_c = \sum_{k=-K}^{-1} \sum_{i=2}^{M-1} \sum_{j=2}^{N-1} v_{ijk}^2 \quad (8)$$

여기서

$$v_{ijk} = [\frac{\partial r}{\partial t}]_{ijk} + (c_1x_i + c_2y_j + c_3)[\frac{\partial r}{\partial x}]_{ijk} + (c_4x_i + c_5y_j + c_6)[\frac{\partial r}{\partial y}]_{ijk} - (c_7x_i + c_8y_j + c_9) \quad (9)$$

이다.

3.3 강수분포의 예측

앞에서 분류된 매개변수 c_1, \dots, c_9 가 여러 시간에 걸쳐 변하지 않는다면 후진대입법에 의해 강수 분포를 예측할 수 있다. 식 (1)~(4)의 특성곡선을 따라 해석하면 다음 식 (10)~(12)를 얻을 수 있다.

$$\frac{dx}{dt} = c_1x + c_2y + c_3 \quad (10)$$

$$\frac{dy}{dt} = c_4x + c_5y + c_6 \quad (11)$$

$$\frac{dz}{dt} = c_7x + c_8y + c_9 \quad (12)$$

여기서 식 (10)과 식 (11)를 연립하면, 예측되는 강수분포는

$$Z(x, y, t_0 + \tau) = Z(x(t_0), y(t_0), t_0) - S(t-s; c_1, \dots, c_9) \begin{vmatrix} x \\ y \\ 1 \end{vmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix} = R(t-s; c_1, \dots, c_6) \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

식 (13)과 식 (14)의 형태로 써진다. 여기서 $R(t-s; c_1, \dots, c_6)$ 은 $t-s$, c_1, \dots, c_6 으로 결정되는 2×3 행렬이고 $S(t-s; c_1, \dots, c_9)$ 는 $t-s$, c_1, \dots, c_9 로 결정되는 3×3 행렬이다.

4. 적용 결과

역거리 가중법을 통하여 공간분포된 지상관측강우와, 이류모델을 이용하여 지상강우를 이용한 강우의 예측을 수행하였다. 각각 한시간과 두시간에 대해 선행예측을 수행하였으며, 이 중 일부를 그림 3, 그림 4와 같이 도시하였다. 적용 결과 일부 기간에 대해서 u 와 v 가 과소 추정되어 강수의 이동을 잘 모의하지 못하는 현상이 발생하였다.

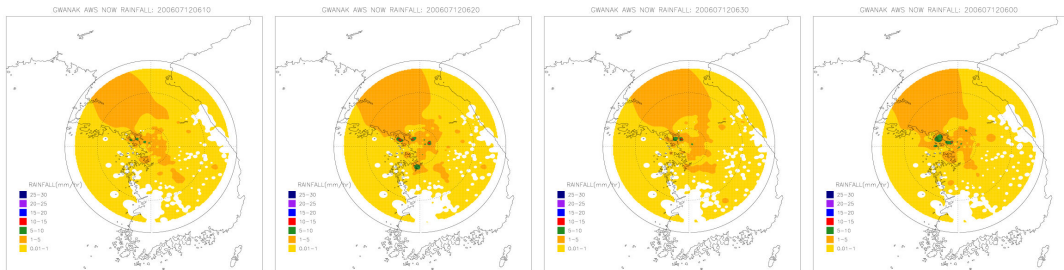


그림 3. 예측강수의 분포-선행 1시간 (2006.07.12 06:00 ~ 2006.07.12 06:30)

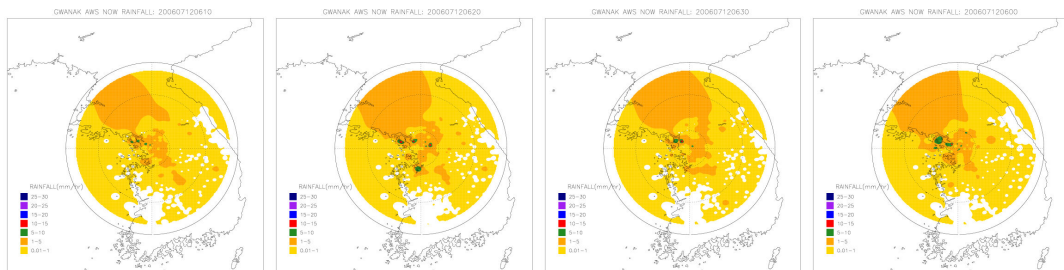


그림 4. 예측강수의 분포-선행 2시간 (2006.07.12 06:00 ~ 2006.07.12 06:30)

5. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 지상의 강수관측자료를 이용하여 단시간 강수예측을 수행할 수 있는 방법론을 제시하였으며, 적용성을 분석하였다. 적용결과, 일부 기간에서 u 와 v 벡터가 과소 추정되어 강수의 이동을 제대로 모의하지 못하는 현상이 발생하였다. 이러한 현상의 원인 중 하나는 공간적으로 보간된 강우자료가 갖는 한계성을 들 수 있다. 향후, 보다 조밀한 관측망을 구축하여 공간분포를 시키면 보다 정확한 모의를 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 다양한 강우의 보간법을 사용한 사례연구와 평가를 통해 정확도를 개선시키고, 정량적, 정성적 평가가 이루어진다면 강수의 예측과 선행시간확보 측면에서 중요한 의미를 가질 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구(보고서)는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설기술혁신사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구단의 연구성과입니다.

참 고 문 헌

1. Bae, D.H. and Georgakakos, K.P and Rajagopal, R.(1996). Rainfall Estimation for Hydrologic Applications. *Korean Journal of Hydrosiences*, Vol. 7, pp.125-137.
2. Takasao, T. and Shiba, M. and Nakakita, E.(1994). A real-time estimation of the accuracy of short-term rainfall prediction using radar. *Stochastic and Statistical methods in Hydrology and Engineering*. Vol. 2, pp.339-351.