

실시간 관측자료를 이용한 단시간 강수 예측에 관한 연구

A Study on the Short-term Forecast Method Using Real-time On-site Data

이종대*, 윤성심**, 배덕효***

Jong Dae Lee, Seong Sim Yoon, Deg Hyo Bae

요 지

최근 기후변화 등의 영향으로 전 세계 많은 지역에서 집중호우로 인한 홍수 피해가 증가하고 있으며, 국내에서도 홍수 피해액이 지속적으로 증가하는 추세이다. 이러한 집중호우로 인한 홍수의 피해를 줄이기 위해서는 보다 정확한 강수 예측이 선행되어야 하며, 국내에서는 레이더와 인공위성 자료를 이용한 강수 예측기법에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 이러한 강수 예측기법은 공간적으로 균일한 자료를 획득할 수 있는 장점이 있으나, 아직까지 정확도측면에서 활용성에 한계가 있어서 지상 관측소 자료를 이용하여 보정과정을 거친 후 예측에 활용하고 있다. 본 연구에서는 조밀한 지상 관측망을 보유한 서울지역의 실시간 관측 자료를 이용하여 단시간 강수예측을 수행할 수 있는 방법론을 제시하였다. 이 방법은 지상관측자료와 이류 모델을 이용하여 강수를 예측하는 기법이다. 이를 위해 본 연구에서는 47개 지점의 서울시 홍수정보시스템의 자료를 이용하여 단시간 강수량 예측의 방법론과 적용 방법을 제시하고자 하였다.

핵심용어 : 단시간 강수 예측, 이류 모델, 서울시 홍수정보시스템

1. 서론

돌발홍수와 집중호우 등에 의한 피해를 미연에 방지하고, 피해의 정도를 줄이기 위해서는 보다 정확한 홍수의 예측이 필요하다. 홍수예보를 위한 방법으로는 강우-유출법, 기상법, 수위법 등이 있다. 이 중 기상법은 강우를 정량적으로 예측하여 홍수의 유무를 밝히는 기법으로, 정확한 강수의 예측이 선행되어야 하며 이를 위해 레이더나 인공위성의 자료가 필수적이다. 이러한 레이더와 인공위성 자료를 이용한 강수예측은, 미계측유역에 대한 예측이 가능하고 공간적으로 균일한 자료를 획득할 수 있다는 장점이 있으나, 정확도 측면에서 활용성에 한계가 있어 지상관측소를 이용하여 보정과정을 거친 후 예측에 활용하는 한계가 있다.

본 연구의 목적은 레이더나 인공위성 자료를 사용하지 않고, 조밀한 지상 관측망을 보유한 서울지역의 실시간 관측자료를 이용한 단시간 강수예측의 방법론과 그 적용 방법을 제시하는 것이다. 본 연구에서는 강수예측을 위해 u, v 벡터를 이용하여 강수분포의 이동을 예측하는 이류방법을 사용하고자 한다.

* 정회원-세종대학교 토목환경 공학과 석사과정 E-mail : junyupp@naver.com
** 정회원-세종대학교 토목환경 공학과 박사과정 E-mail : lapsis@hanmail.net
*** 정회원-세종대학교 물자원연구소-토목환경공학과 교수 E-mail : dhbae@sejong.ac.kr

2. 이류모형을 이용한 단시간 강수예측

Shiiba (1984)는 강수의 진행시간을 확보하기 위해 이류모형을 이용한 단시간 예측기법을 제안하였다. 이 이류모형은 수평강우분포의 이동패턴을 이류방정식을 이용하여 강우를 예측하는 방법이다.

2.1 이류모형

이류모형에서 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 최소선형제곱법으로 찾을 수 있다. 이 매개변수들을 이용하여 강우분포의 이동을 표현할 수 있다.

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

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

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

2.2 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.

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

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

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

여기서 Δt 는 관측시간의 간격이며, M 과 N 은 각각 x 방향과 y 방향의 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

$$v_{ijk} = \left[\frac{\partial r}{\partial t} \right]_{ijk} + (c_1 x_i + c_2 y_j + c_3) \left[\frac{\partial r}{\partial X} \right]_{ijk} + (c_4 x_i + c_5 y_j + c_6) \left[\frac{\partial r}{\partial Y} \right]_{ijk} - (c_7 x_i + c_8 y_j + c_9) \quad (9)$$

이다.

2.3 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.

$$\frac{dx}{dt} = c_1 x + c_2 y + c_3 \quad (10)$$

$$\frac{dy}{dt} = c_4 x + c_5 y + c_6 \quad (11)$$

$$\frac{dz}{dt} = c_7 x + c_8 y + c_9 \quad (12)$$

여기서 식 (10)과 식 (11)를 연립하면, 예측되는 강수분포는

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

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

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 $\mathcal{S}(t-s; c_1, \dots, c_9)$ 는 $t-s, c_1, \dots, c_9$ 로 결정되는 3×3 행렬이다.

2.4 입력자료의 구축과 적용

이류모델은 레이더를 이용한 강수예측에 사용되는 모델로서, 격자화된 레이더 반사도자료를 이용하여 강수를 예측한다. 본 연구에서는 서울시 홍수정보시스템지점의 10분 강우자료를 역거리법을 이용하여 서울시 전 지역에 대해 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 의 강우 격자를 만들어 분포시켰다. 서울시 홍수정보시스템의 강우관측 지점 수는 47개이고, 관측소간 평균거리는 약 12km 이다. 다음 그림 1은 서울시 강우관측지점과 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 격자분포이다. 다음 그림 2와 그림 3은 2005년 6월 26일 서울시 강우분포의 일

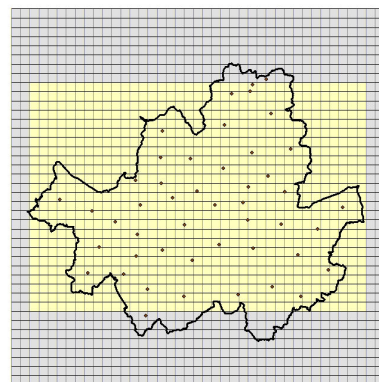


그림 1. 강수관측소와 격자분포

부와 그를 이용한 예측강수분포의 일부를 나타낸 것이다.

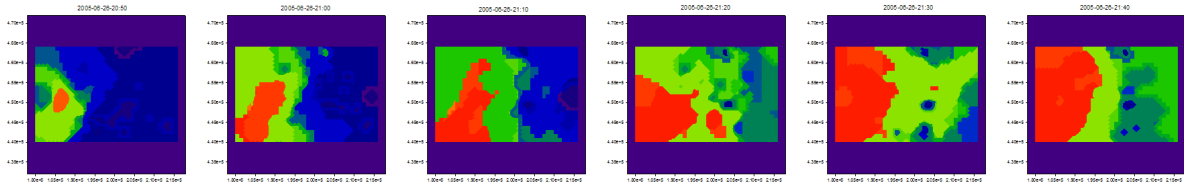


그림 2. 관측강수의 분포(2005.06.26 20:50 ~ 2005.06.26 21:40)

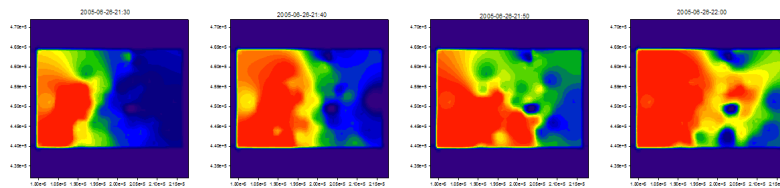


그림 3. 예측강수의 분포(2005.06.26 21:30 ~ 2005.06.26 22:00)

3. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 지상의 강수관측자료를 이용하여 단시간 강수예측을 수행할 수 있는 방법론을 제시하였으며, 적용성을 분석하였다. 적용결과, 강우의 이동측면에서는 실측치와 유사하게 모의하는 것으로 나타났으나 반면에 양적인 측면에서는 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 오차의 원인 중 하나는 공간적으로 보간된 강우자료가 갖는 한계성을 들 수 있다. 향후, 검증과정을 거친 후 AWS(automatic weather system) 자료 등의 자료를 추가로 사용하여 보다 조밀한 관측망을 구축한다면 정확도가 향상될 것으로 기대된다. 또한 다양한 강우의 보간법을 사용한 사례연구와 평가를 통해 정확도를 개선시키고, 정량적, 정성적 평가가 이루어진다면 강수의 예측과 선행 시간확보 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 Hydrosociences*, 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.