

레이더 자료의 품질평가

A Quality Evaluation of Radar Rain Rate Data

유철상* / 윤정수**

Yoo, Chulsang / Yoon, Jungsoo

요 지

우량계 자료를 참 값이라고 가정할 때 레이더 자료에는 크게 두 가지 문제점이 나타난다. 평균의 차이로 인한 편위의 문제와 불확실성으로 인한 변동성의 문제가 그것이다. 두 가지 문제점으로 인해 발생하는 오차를 모두 고려할 수 있는 자료의 품질평가 방안으로 유철상과 윤정수(2009)는 통계학 분야의 분산분석과 유사한 방법론을 제시하였다. 그러나 이러한 방법론은 호우사상에 따라 가용한 레이더 강우와 우량계 강우 쌍의 수가 다르기 때문에 서로 비교 평가할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 자료 쌍의 수에 영향을 받지 않는 레이더 강우의 품질기준(RRQC, Radar Rain rate Quality Criterion)을 제안하였다. 제안된 방법론에 따르면 우량계 강우와 레이더 강우가 완벽하게 일치하는 경우 100%의 품질이 되고 레이더 자료가 모두 0이면 0%가 된다. 위 기준은 충주댐 유역에서의 태풍 루사(2002년)와 대류성 강우(2003) 사상의 원자료, G/R 보정된 자료, CoKriging된 자료, G/R 보정 후 CoKriging된 자료에 적용하였다.

핵심용어: 레이더자료, 오차, 편위, 변동성, 레이더 강우의 품질기준, 충주댐 유역

1. 서 론

강우가 강우-유출 해석의 입력자료로써 유출 결과에 큰 영향을 미친다는 것은 당연한 사실이다. 그러나 강우-유출 해석에 필요한 강우의 품질이 어느 정도가 되어야 하는지는 명확하지 않다. 사실, 그러한 기준의 제시가 아직 된 바 없으며, 보다 근본적으로 그러한 평가를 위한 방법론조차 제시되어 있지 못한 것이 현실이다. 기본적으로 강우의 품질에 따라 유출의 결과는 크게 다를 것이며, 따라서 이러한 강우자료의 품질평가 과정은 유출해석에 있어서 매우 의미 있는 일이 될 것이다. 본 연구에서는 통계학 분야에서 군집분석 또는 회귀분석 결과의 평가목적으로 많이 이용되는 분산분석 기법을 응용하여 레이더 자료의 품질평가 방안을 제시하였다. 아울러 제시된 방법론은 레이더 원자료 및 편위보정이나 기타 자료합성 등의 과정을 거쳐 만들어진 품질 향상된 레이더 자료의 품질을 평가하는데 적용하였다.

2. 레이더강우의 품질평가 방안

기본적으로 레이더 자료의 평가 기준은 참값으로 가정되는 우량계 강우가 된다. 실제 단 한개 지점에서의 우량계 강우로 레이더 강우를 평가하지는 않으므로, 우량계 강우와 레이더 강우의 비교 시 참값은 둘 사이에 1:1의 관계가 성립하는 기울기인 45° 직선이 된다. 레이더 강우의 대푯값도 한 점으로 표현되지 않는다. 레이더 강우와 우량계 강우를 비교하는 경우 강우강도의 변화를

* 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail: envchul@korea.ac.kr

** 정회원 · 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사과정 · E-mail: civileng01@korea.ac.kr

고려하면 두 관측값에 대한 회귀식 자체가 레이더 강우의 대푯값 역할을 한다. 마지막으로 이 대푯값에 대한 오차는 이 회귀식에 대한 레이더 강우의 잔차가 된다. 따라서 레이더 강우가 가지는 총 오차는 참값과 관측치의 대푯값과의 비교, 즉 기울기가 45° 인 직선과 관측된 우량계 강우와 레이더 강우사이의 회귀식과의 차이를 나타낸 부분인 SSB와 이 회귀식의 잔차를 고려하는 SSE의 합으로 나타낼 수 있다. SSB와 SSE는 다음과 같이 계산된다.

$$SSB = \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{x}_{45^\circ})^2 \quad (1)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2 \quad (2)$$

위 식에서 n 은 비교에 사용된 우량계와 레이더 강우자료의 개수를, x_i 는 레이더 강우를, \hat{x}_i 는 레이더 강우에 대응되는 레이더 강우와 우량계 강우의 회귀식 상의 값을, 마지막으로 \bar{x}_{45° 는 레이더 강우에 대응되는 45° 직선상의 값을 의미한다. 이러한 과정을 분산분석표와 동일한 형태로 나타내면 Table 1과 같다. 이 표에서 MSB는 편위의 정도를 파악하는 부분이고, MSE는 편위의 보정으로 보정할 수 없는 레이더 강우의 무작위 오차부분을 설명하는 부분이다. 이 둘을 모두 고려한 MST(Mean Squares Total)가 레이더 강우의 품질을 나타내게 된다.

Table 1. Evaluation Table of Radar Rainfall

	Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean of Squares
Bias	1	SSB	MSB
Error	n-2	SSE	MSE
Sum	n-1	SST	MST

이상과 같은 품질평가 기법은 여러 호우사상에 또는 다른 레이더 자료에 적용하여 비교할 수는 없다. 이는 기본적으로 레이더 강우와 우량계 강우 쌍의 수가 다르기 때문이다. 비록 자유도를 고려한 MST에 자료 쌍 수가 반영되어 있기는 하나, 특히 편위와 관련된 MSB는 여전히 자료 쌍의 수에 비례하는 형태를 가진다. 아울러 추정된 MST가 너무 크다는 점도 이를 일종의 지표로 이용하기에는 한계로 작용한다. 이에 본 연구에서는 다음과 같은 레이더 강우의 품질기준(RRQC, Radar Rain Rae Quality Criterion)을 제안하고자 한다. 즉,

$$RRQC = \left(1 - \frac{MST_{radar}}{MST_{x=0}}\right) \times 100\% \quad (3)$$

위 식에서 MST_{radar} 는 위 Table 1의 MST와 동일하다. 즉, 45° 직선을 기준으로 편위 부분인 MSB와 변동성 부분인 MSE의 합을 나타낸다. 또한 $MST_{x=0}$ 모든 레이더 관측자료가 0이라고 가정하는 경우의 MST를 의미한다. 이 경우에 MSE는 0이 되고, 오직 MSB만 남게 된다. 이 MSB은 식 (1)에 추정된 회귀식 대신 $x=0$ 인 직선을 대입하여 추정된다. 즉,

$$MST_{x=0} = MSB_{x=0} = \sum_{i=1}^n x_{45^\circ}^{-2} = \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (4)$$

위 식에서 n 은 비교에 사용된 우량계와 레이더 강우자료 쌍의 개수를 나타내고, y_i 는 우량계 강우를 나타낸다.

3. 레이더 강우 자료의 품질 향상과 정도 평가

본 연구에서는 레이더 강우자료의 품질평가 사례로 충주댐 유역에서의 2003년의 대류성 강우와 2002년 태풍 루사를 검토하였다. 대류성 강우의 경우에는 상대적으로 공간적 규모가 적으며, 시공간적 변동성이 크고, 아울러 간헐성도 매우 큰 경우에 해당한다. 이에 반해 태풍 루사의 경우는 공간적 규모가 크고, 특히 간헐성이 작은 특성을 갖는다.

편의보정방법으로 G/R 비를 적용하는 방법을 자료합성기법으로 Co-Kriging과 연속수정법을 고려하기로 한다. 먼저, G/R 비는 간단히 다음과 같은 식에 근거하여 추정한다(Seo et al., 1999; Chumchean et al., 2006).

$$G/R = \frac{\sum_{i=1}^n G_i}{\sum_{i=1}^n R_i} \quad (5)$$

여기서 G/R 는 G/R 비율, n 은 가용한 자료 쌍의 개수, G_i 는 i 번째 지상 강우량, 그리고 R 은 i 번째 지상 강우 관측소에 대응하는 레이더 격자 자료를 나타낸다. G/R 비가 1.0일 경우는 레이더와 지상 강우 자료 간 편의가 없다는 것을 의미하며, 0.0~1.0의 범위를 가질 경우는 레이더 강우 추정치가 지상 강우자료에 비해 과대 추정되었다는 것을 의미한다. 일반적인 레이더 강우 추정치는 과소 추정되는 경향이 크기 때문에 G/R 비는 1.0이상의 값을 가지게 된다. 자료합성기법으로 고려한 방법 중 Co-Kriging과 연속수정법의 구체적인 배경은 Seo et al.,(1990)에서 자세히 살펴볼 수 있다.

Table 2. Evaluation table of radar and improved radar rainfall data

		Convective			Typhoon Lusa		
		Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean of Squares	Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean of Squares
Raw Radar	Bias	1.0	28,461.1	28,461.1	1.0	63,314.6	63,314.6
	Error	736.0	39.7	0.1	992.0	250.5	0.3
	Sum	737.0	28,500.8	28,461.2	993.0	63,565.1	63,314.9
G/R	Bias	1.0	732.0	732.0	1.0	1890.0	1890.0
	Error	736.0	5,692.6	7.7	992.0	31,951,995.8	32,209.7
	Sum	737.0	6,424.7	739.7	993.0	31,953,885.8	34,099.7
Co-Kriging	Bias	1.0	175.9	175.9	1.0	996.6	996.6
	Error	736.0	2,404.2	3.3	992.0	8,648.5	8.7
	Sum	737.0	2,580.1	179.2	993.0	9,615.1	975.3
G/R+ Co-Kriging	Bias	1.0	175.9	175.9	1.0	996.6	996.6
	Error	736.0	2,404.2	3.3	992.0	8,648.5	8.7
	Sum	737.0	2,580.1	179.2	993.0	9,615.1	975.3

Table 3. RRQC for each storm event

Radar Data	Statistics	Storm Event	
		Convective	Typhoon Lusa
Raw Radar Data	$MST_{x=0}$	31,272.0	69,422.0
	MST_{radar}	28,461.2	63,314.9
	RRQC (%)	9.0	8.8
G/R Corrected	$MST_{x=0}$	31,272.0	69,422.0
	MST_{radar}	739.7	34,099.7
	RRQC (%)	97.6	50.9
Co-Kriging	$MST_{x=0}$	31,272.0	69,422.0
	MST_{radar}	179.2	975.3
	RRQC (%)	99.4	98.6
G/R+ Co-Kriging	$MST_{x=0}$	31,272.0	69,422.0
	MST_{radar}	179.2	975.3
	RRQC (%)	99.4	98.6

5. 결론

강우는 강우-유출 해석의 입력 자료로서 유출 결과에 큰 영향을 미친다. 이러한 강우의 품질을 평가하는 것은 수문해석에 있어서 매우 중요한 일이다. 그 자체로 유출결과의 품질을 좌우하기 때문이다. 본 연구에서는 이러한 목적으로 레이더 자료의 품질평가 방안을 제시하였다. 제시한 방법론은 통계학 분야에서 많이 사용되는 분산분석의 개념과 유사하며, 편의로 인한 오차 및 변동성으로 인한 오차를 구분하여 나타내는 형태를 가지고 있다. 본 연구에서 제시된 방법론은 충주댐 유역에서의 대류성 강우(2003년) 및 2002년의 태풍 루사 등의 호우사상에 적용하였다. 본 연구에서는 레이더 원시 자료, G/R 보정된 자료 및 Co-Kriging, G/R 보정 후 Co-Kriging 된 자료에 적용하여 그 결과가 어떤 품질특성을 나타내는지 평가하였다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사의 물산업 핵심분야 연구개발비 지원사업의 일환으로 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Chumchean, S., Seed, A., and Sharma, A. (2006). "Correcting of real-time radar rainfall bias using a Kalman filtering approach." *Journal of Hydrology*, Vol. 317, pp. 123-137.
2. Seo, D.J., Krajewski, W.F., and Bowles, D.S. (1990a). "Stochastic interpolation of rainfall data from rain gages and radar using cokriging: 1. Design of experiments." *Water Resources Research*, Vol. 26, pp. 469-477.
3. Seo, D.J., Breidenbach, J.P., and Johnson, E.R. (1999). "Real-time estimation of mean field bias in radar rainfall data." *Journal of Hydrology*, Vol. 223, pp. 131-147.