

통계분석을 이용한 최적 레이더 보정 지점 선정에 대한 연구

Study of Optimal G/R Ratio using Statistical Analysis for Radar Rainfall Estimation

정영훈*, 정창삼**, 고익환***, 허준행****

Younghun Jung, Chang-Sam Jeong, Ick-Hwan Ko, Jun-Haeng Heo

요 지

우리나라의 경우 자연 재해로 인한 피해를 감소시키기 위해 첨단 레이더 관측시스템을 설치 및 운영하고 있으며 활용도 또한 증가하고 있어 기상재해를 대비한 정확하고 용이한 레이더 강우량 추정은 필수적 요소라 하겠다. 강우량 추정은 대기 중의 강우 입자들로부터 반사된 전파의 세기 즉 레이더의 반사도 자료와 강우와의 관계를 이용하여 강우량을 산출하며 가장 보편적으로 Marshall and Palmer (1948)에 의해 연구된 Z-R 관계식을 이용하여 강우량을 추정하고 있다. 기존의 레이더 강우량 추정시 사용되는 보정 방법인 G/R (우량계/레이더) 비는 대상유역을 격자로 나뉘었을 경우 강우관측소가 위치한 격자와 주변 8개의 위치한 격자의 면적강우량을 산술평균하여 사용하고 레이더 자료와 강우관측소의 강우자료를 비교하여 보정한 후 강우량을 추정하고 있다. 그러나 G/R 비를 평균하여 보정할 경우 대상유역에 위치한 강우자료가 오측이거나 관측이 되지 않았을 경우 관측지점의 강우량 추정에 영향을 주게 되며 G/R 비를 산출할 시 강우관측소가 가지는 오차를 줄이기 위하여 강우관측소의 강우자료와 레이더 자료간의 보정이 필요하다고 사료된다.

따라서 본 연구에서는 레이더의 관측반경은 480km 까지 가능하지만 양질의 자료를 사용하기 위해 광덕산에 위치한 레이더의 반경 100km 내의 강우관측소를 이용하였으며 기상청에서 운영하고 있는 94개 지점의 AWS (automatic weather system)를 이용하여 대상유역에 위치한 강우관측소의 강우자료와 레이더 강우량에 통계분석을 하여 최적의 G/R 비를 산정한 후 레이더 강우량을 추정하였다. 또한 추정된 강우량을 관측된 강우량과 비교하여 적용성을 판단하였다.

핵심용어 : G/R 비, Z-R 관계식, 통계분석

1. 서 론

빈도해석 등과 같은 수문분석에 사용하는 강우량은 주로 강우관측소의 강우량계를 이용하여 강우자료를 얻는다. 그러나 이러한 방법은 실제 강우와 가장 근사하지만 제한된 강우관측소와 오늘날 같이 국지성 호우가 빈번하게 발생하는 경우에는 돌발홍수 등의 자연재해를 미연에 방지할 수 없을 뿐만 아니라 다수의 강우량계를 설치하고 관리하기 위해서는 경제적으로 어려운 단점이 있다. 따라서 시·공간적으로 넓은 지역에 대하여 강우량 추정을 할 수 있는 기상 레이더는 필수적 요소라 하겠다. 강우량 추정은 대기 중의 강우 입자들로부터 반사된 전파의 세기 즉 레이더의 반사도 자료와 강우와의 관계를 이용하여 강우량을 산출하며 가장 보편적으로 Marshall and Palmer (1948)에 의해 연구된 Z-R 관계식을 이용하여 강우량을 추정하고 있다. 기존의 레이더 강우량 추정시 사용되는 보정 방법인 G/R(우량계/레이더) 비는 대상유역을 격자로 나뉘었을 경우 강우관측소가 위치한 격자와 주변 8개 격자의 면적강우량을 산술평균하여 사용하며 레이더 강우량을 실측

* 정회원 · 연세대학교 대학원 사회환경시스템공학부 토목공학과 박사과정 · E-mail: yhjung2000@yonsei.ac.kr
** 정회원 · 인덕대학 건설환경설계학과 교수 · 공학박사 · E-mail: csjeong@induk.ac.kr
*** 정회원 · 한국수자원공사 Kwater연구원 수자원연구소 소장 · 공학박사 · E-mail: ihko@kwater.or.kr
**** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학과 교수 · E-mail: jhheo@yonsei.ac.kr

강우량으로 보정하고 있다.

본 연구에서는 광덕산에 위치한 레이더 반경 100km 내의 강우관측소를 이용하였으며 기상청에서 운영하고 있는 94개 지점의 AWS (automatic weather system)를 이용하여 대상유역에 위치한 강우관측소의 실측 강우량과 레이더 강우량에 통계 분석하여 최적의 G/R 비를 산정한 후 강우량을 추정하였으며 추정된 강우량을 관측된 강우량과 비교하여 보았다(배덕효 et al., 2005).

2. 기본이론

2.1 레이더 관계식

레이더는 강수 입자로부터 반사된 전파의 세기 즉 레이더의 반사도 자료와 강우와의 관계를 통하여 계산되며 레이더 방정식을 유도하려면 목표물의 입자는 구형이고, 그 크기가 레이더 파장에 비하여 아주 작으므로 Rayleigh 산란을 하고 강수 입자는 레이더 빔(beam)내에 균일하게 분포되어 있다는 가정을 바탕으로 레이더 강우강도를 추정할 때는 계수(Z)와 강우강도(R)의 수학적 관계식인 Z-R 관계식인 식 (1)과 같은 경험식을 이용한다.

$$Z = A R^b \quad (1)$$

여기서 Z는 반사도(Reflectivity)로써 단위부피(m^3)내에 존재하는 강수 입자의 직경의 6승에 비례하는 값으로 (dBZ)로 나타내고 R은 레이더 강우강도(mm/hr)를 나타낸다. A와 b는 강수 입자의 직경 분포(Drop Size Distribution)에 따라 결정되는 상수이며 강수유형, 계절 및 지형 등의 요인에 의해 결정된다. 현재 우리나라에서는 멱급수 형태인 $Z = 200R^{1.6}$ 식을 이용하여 레이더 강우량을 추정하고 있으며 이는 Marshall and Palmer (1948)가 중위도 층상운의 직경 분포를 관측하여 상수 $A=200$, $b=1.6$ 을 산정한 것으로 관측된 레이더 반사도를 대입해 레이더 강우량을 산정하면 실제 강우량에 비해 과소평가 되는 특성을 나타낸다. 따라서 레이더 강우량을 보정하는 방법에는 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 실측 강우량과 레이더 강우량의 비인 G/R 비를 이용하여 보정할 수 있는 Brandes의 방법을 이용하였으며 식 (2)와 같다.

$$F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{G_i}{R_i} \quad (2)$$

여기서 G는 우량계를 이용한 실측 강우량이고 R은 레이더 추정강우를 의미하며 N은 우량계-레이더간의 갯수이다.

3. 적용 및 분석

3.1 대상유역 및 관측자료

레이더 반사도를 이용하여 강우량을 산정시 거리에 따른 감쇄효과가 영향을 주므로 480km까지 측정할 수 있는 광덕산 레이더 기상관측소의 레이더 유효 탐지 범위를 100km 내의 지역으로 선정하였다. 또한 동고도상의 반사도 자료가 아닌 PPI 자료를 사용하였으며 자료 기간은 기상청(Korea Meteorological Administration, KMA) 산하의 홍수기 자료인 2007년 6월 21일부터 9월 20일까지의 광덕산 레이더 자료와 AWS 강우량 자료를 이용하였다.

광덕산 레이더 자료의 경우 1시간 누적 강우량을 생성하기 위해 10분 간격의 관측자료 6개를 누적하였으며 AWS의 경우 1시간 자료를 이용하였다. 또한 자료 기간 동안 태풍의 영향을 받았던 경우는 본 연구에서 제외하였으며 관측강우량과 레이더 강우량과의 보정을 위해 격자망의 크기는 $4km \times 4km$ 를 사용하였다. 그림 1은 광덕산 기상 레이더 관측소의 유효범위(100km) 및 94개의 AWS 지점에 대하여 나타낸 그림이다.

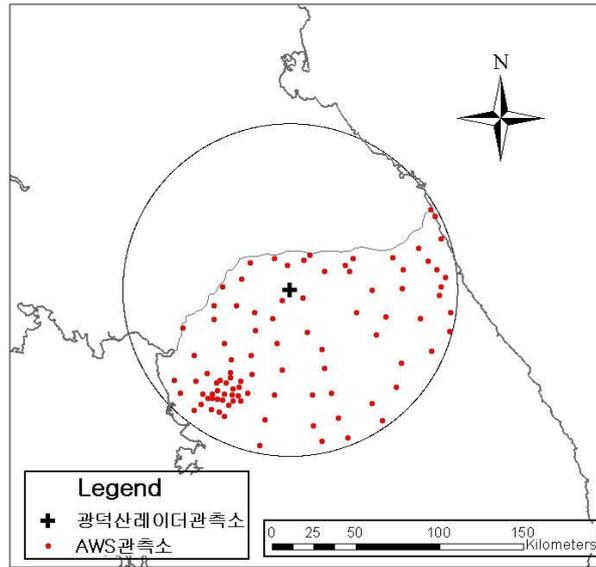


그림 1. 광덕산 레이더의 유효범위(100km) 및 AWS 지점(94지점)

3.2 레이더 강우의 추정 및 보정

본 연구에서는 레이더 강우량을 추정하기 위하여 Marshall and Palmer (1948)가 제안한 Z-R관계식을 이용하였으며 광덕산 기상 레이더 관측소의 유효범위 100km 안의 94개의 모든 지점에 대하여 1시간 누적강우량을 G/R 비를 이용하여 산정하였다. 표 1은 94개 전체지점에 대하여 G/R 비 값인 mean-field bias를 통계학적으로 오차가 큰 지점을 하나씩 감소시키면서 통계값을 산정한 것이다(Anagnostou et al., 1998). 그 결과 지점수가 88개 일 경우 오차가 가장 적게 나타났다.

표 1. G/R 비에 대한 보정 후의 오차 변화

Number of Site	CPRD (POD)	CORREL.	mean bias	ABSRE (correction)	ABSRE (without of correction)	RMSE (correction)	RMSE (without of correction)	covariance
94	91.391	0.864	4.101	0.681	0.688	4.050	6.025	0.878
93	91.501	0.869	4.041	0.674	0.686	3.983	5.977	0.880
92	91.591	0.875	3.993	0.669	0.686	3.928	5.932	0.881
91	92.151	0.878	3.965	0.668	0.683	3.886	5.906	0.890
90	92.364	0.878	3.915	0.670	0.682	3.898	5.911	0.893
89	92.960	0.882	3.905	0.669	0.679	3.818	5.838	0.903
88	93.542	0.886	3.867	0.669	0.676	3.775	5.809	0.912
87	93.486	0.885	3.881	0.669	0.677	3.776	5.823	0.914
86	93.424	0.884	3.893	0.669	0.677	3.779	5.809	0.902

표 1에서 88개 지점에 대하여 G/R 비에 대하여 강우량을 산정한 후 관측 강우량값인 AWS 강우자료와 비교하여 보았다. 그림 2는 2009년 8월 22일 07시부터 21시까지 광덕산 레이더 관측소의 유효범위내에서 상서(322), 마현(323)에 대하여 각각 AWS 강우량, 레이더 강우량, 전체 보정 강우

량과 전체지점에 대하여 통계분석한 후 선택한 지점의 보정 강우량을 Marshall and Palmer (1948)의 식으로 나타냈으며 그림에서 볼 수 있듯이 전체지점에 대하여 보정한 강우량값 보다 다소 작아져 AWS 관측강우량값에 근접함을 알 수 있었다.

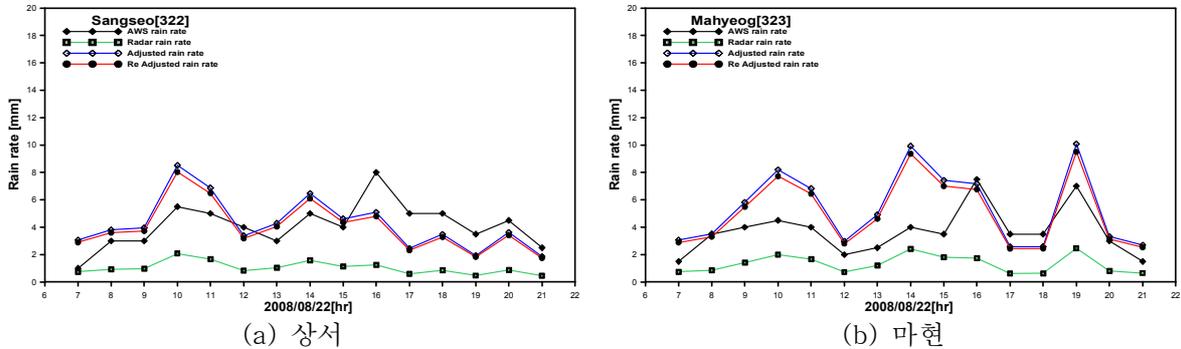


그림 2. 광덕산 레이더의 유효범위(100km) 및 AWS 지점(94지점)

4. 결 론

본 연구에서는 광덕산 레이더 관측소의 유효 범위 100km 내의 지점 중 G/R 비 값인 mean field bias를 통계분석하여 관측지점을 보정하였다. 관측 지점은 결측 또는 관측 오차가 발생할 경우 mean filed bias에 영향을 주어 강우량 산정시 오차가 나타나며 통계분석을 통해 비교하였다. 그 결과 전체지점을 보정할 경우 mean filed bias의 오차인 RMSE(root mean square error) 및 통계값이 다소 작아져 강우량 산정 시 보다 유리하는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:1-6-3)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 배덕효, 김진훈, 윤성심 (2005). “레이더 추정강우의 수문학적 활용(I): 최적 레이더 강우 추정.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제38권, 제12호, pp. 1039-1049.
2. Anagnostou, E. N., Krajewski, W. F., Seo, D. J., and Johnson, E. R. (1998). "Mean-field rainfall bias studies for WASR-88D." *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 3, No. 3, pp. 149-159.
3. Brandes, E.A. (1974). Radar rainfall pattern optimizing technique, NOAA Tech, Memo. ERLSSL-67, 16p.
4. Marshall, J. and W. Palmer (1948). “The distribution of raindrops with size.” *Journal of Meteorology*, Vol. 5, pp. 165-166.