

ANN을 이용한 Radar 면적강우량의 정확도 향상

Improve Accuracy of Radar Areal Rainfall using Artificial Neural Network

김영일*, 최지안**, 김태순***, 허준행****
Young-Il Kim, Gian Choi, Taesoon Kim, Jun-Haeng Heo

요 지

본 연구에서는 티센망을 이용한 면적강우량 산정방법의 대안으로서 최근 들어 수자원공학 분야에의 활용성이 커지고 있는 고해상도 기상레이더의 반사도자료(dBZ)를 활용하여 면적강우량을 산정하였다. 또한 이렇게 산정된 레이더 면적강우량을 티센망으로써 산정된 면적강우량과 비교하여 그 유용성을 판단하였다. 연구 지역으로는 소양강댐 유역을 선정하였으며, 연구기간은 2008년 가장 강한 강우를 보였던 상위 5개의 사상을 선정하였다. 본 연구에서는 레이더 반사도를 강우강도로 변환시키는 과정은 인공신경망(artificial neural network, ANN) 중에서 일반적으로 널리 사용되고 있는 다층 퍼셉트론 인공신경망 모형을 적용하였다. 연구 방법으로는 선택된 4개의 인자를 입력노드에 넣어 인공신경망을 학습시킨 후 연구지역 내 10개 AWS 지상 관측소의 강우량을 추정하여 정확도를 비교·분석하였다. 이를 바탕으로 최종적으로 레이더 면적강우량을 산정하여 기존의 티센망을 이용한 면적강우량과 그 값을 비교하였다. 그 결과 인공신경망을 이용한 레이더 강우량의 경우, 평균제곱오차(mean square error, MSE) 및 상관계수(correlation coefficient, CC)가 매우 양호한 값을 보였다. 또한 유역 내 레이더 면적강우량이 티센망을 이용한 면적강우량에 비하여 약 7%~19% 정도 차이가 발생함을 확인하였으며, 레이더 면적강우량이 티센망을 이용한 면적강우량에 비하여 더 정확한 면적강우량을 산정할 수 있다고 판단된다.

핵심용어 : 반사도자료, 레이더 강우량, 인공신경망, 면적강우량

1. 서론

강우-유출 모형을 이용하여 유출량을 산정하는 경우 해당 유역의 직접유출에 영향을 미치는 면적강우량의 정확한 추정이 이루어져야 한다. 그러나 현재 일반적으로 사용되는 티센계수를 활용한 면적강우량 추정방법의 경우 일부지역을 제외하고는 상당히 낮은 밀도의 지상관측망만을 이용하여 티센망을 구성하기 때문에, 산정된 면적강우량의 정확도에 문제가 있는 경우가 대부분이다. 따라서, 본 연구에서는 이와 같은 티센망을 이용한 면적강우량 산정방법의 대안으로서 최근 들어 수자원공학 분야에의 활용성이 커지고 있는 고해상도 기상레이더의 반사도자료를 활용하여 면적강우량을 산정하고 한다.

면적강우량을 산정함에 있어서 우선적으로 실시해야 할 사항은, 레이더 반사도자료(dBZ)를 이용하여 강우강도로 전환하는 과정을 거쳐야 하는데 통상적으로 Z-R 관계식을 이용한다. 그러나 Z-R 관계식은 강우입자의 분포를 알지 못하면 상당히 부정확하게 강우강도를 추정할 뿐만 아니라 G/R비(지상강우량/레이더강우

* 정희원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail: clearblue01@yonsei.ac.kr

** 정희원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail: gian@yonsei.ac.kr

*** 정희원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목공학과 연구교수 ·공학박사 · E-mail: chaucer@yonsei.ac.kr

**** 정희원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 토목환경공학과 교수 · E-mail: jheo@yonsei.ac.kr

량)로 보정을 하여도 실제 지상 관측강우량과는 많은 편차를 보인다(Krajewski and Smith, 2002). 따라서 본 연구에서는 신뢰성 있는 면적강우를 제공하는 블랙박스모형인 인공신경망(artificial neural network, ANN)을 이용하여 레이더 강우량을 추정하였고(Chian et al., 2007), 이 과정에서 얻어진 신경망 연결강도를 이용하여 연구지역 내 모든 레이더 격자점에 대한 레이더 강우량을 구해 그 합인 면적강우량을 산정하였다.

2. 연구 자료 및 방법

본 연구에서는 그림 1에서 보는 것과 같이 연구 지역을 소양강댐 유역으로 선정하였다. 소양강댐 유역은 소양강 유역과 인북천 유역의 합으로 나타내며, 전체유역면적은 2,783.33km²이고 유역평균고도는 640m이다. 기본적으로 ANN을 이용하여 레이더 강우량을 산정하기 위해서 기상청에서 운영 중인 광덕산기상레이더관측소의 반사도 값을 사용하였으며, 지상관측강우지점은 유역 내 10개의 자동기상관측지점(automatic weather station, AWS) 강우량을 사용하였다. 레이더의 유효관측범위는 120km로 결정하였으며 0도 sweep 반사도 자료를 사용하였을 경우 생기는 지형적 차폐영역이 해발고도 1.5EL.km 이상의 CAPPI 자료를 적용할 경우, 대부분 차폐의 영향이 사라짐을 알 수 있었다.

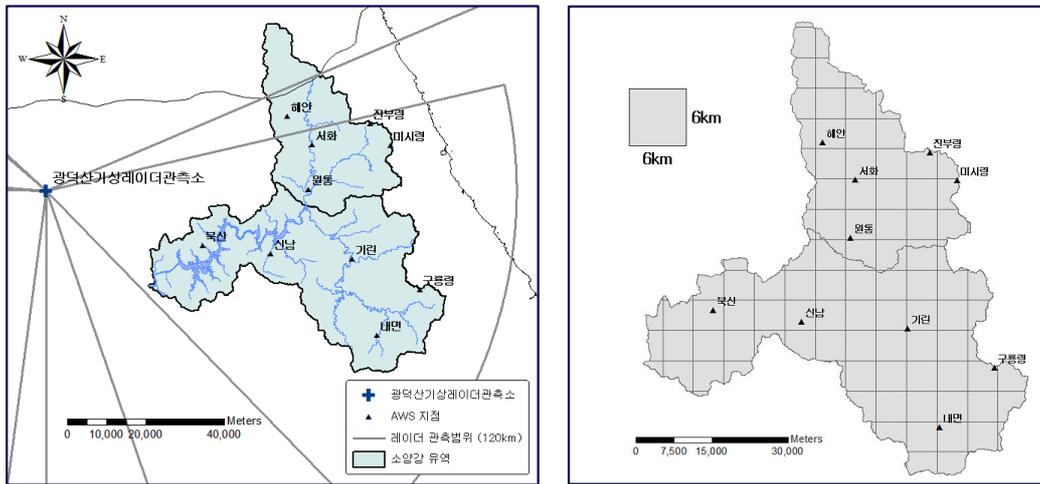


그림 1. 소양강댐 유역 및 AWS지점 (좌측)과 유역 내 레이더 격자의 구성도(우측)

연구기간은 2008년 홍수기(6월21일~9월20일) 동안 가장 강한 강우강도를 기록한 지속기간 6시간 이상의 상위 5개 사상으로 선정하였다. 선정된 사상의 기간은 표 1에서 보는 것과 같으며, 본 연구에서 태풍의 직·간접적인 영향은 고려하지 않았다.

표 1. 연구에 사용된 강우사상의 기간 및 구분(2008년)

강우 사상(월/일 시간)	지속 기간(hr)	사상 구분
7/24 02:00 ~ 7/24 23:00	21	Event1
8/18 05:00 ~ 8/18 16:00	11	Event4
8/22 06:00 ~ 8/23 12:00	30	Event2
8/02 05:00 ~ 8/03 07:00	26	Event3
9/01 08:00 ~ 9/02 06:00	22	Event5

레이더 강우를 산정하기 위한 ANN의 구성은 그림 2와 같다. 입력자료는 총 4개이고 4개의 노드로 이루어

어진 한 개의 은닉층과 한 개의 출력층 자료로 구성하였다. 입력자료는 각각 1.5 EL.km, 2.0 EL.km, 2.5EL.km에 해당하는 CAPPI(constant altitude plan position indicator) 반사도 자료(dBZ)와 1.5 EL.km에 해당하는 강우입자의 속도 성분(radial velocity, VR)으로 구성하였다. 각 높이 별로 레이더 격자의 크기는 4km×4km, 5km×5km, 6km×6km로 만들어 레이더 빔 기본단위 250m의 격자를 산술평균하여 반사도를 구하였다. 소양강 유역 전체에 해당하는 ANN 연결강도를 구하기 위하여 소양강 유역내 10개의 AWS 지점 강우량을 모두 하나의 덩어리로써 학습을 시켰다. 그림 2의 아래 그림과 같이 연결강도는 16+4개인 총 20개로 결정하였으며, 이를 이용하여 유역 내 모든 격자(6km×6km)에 해당하는 레이더 강우량을 생성하였다.

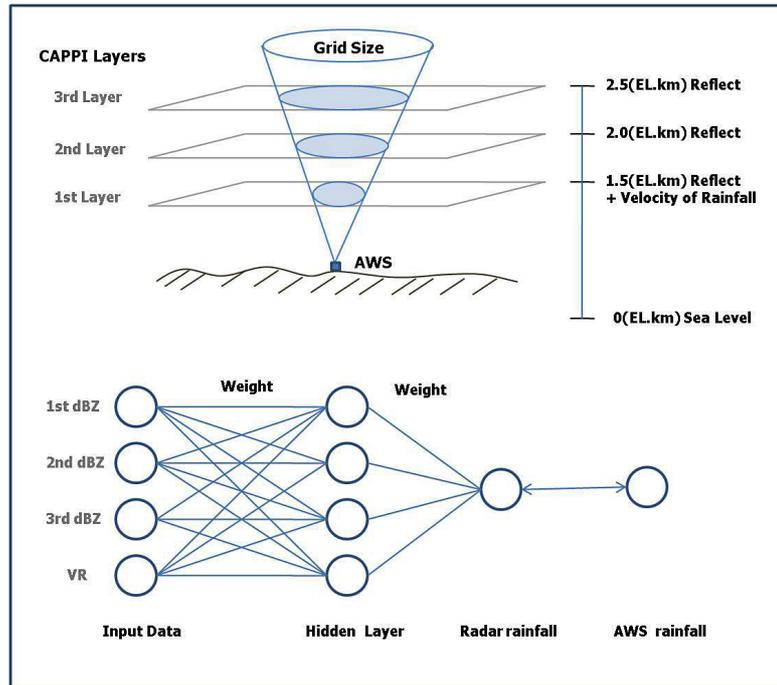


그림 2. 레이더 강우량을 산정하기 위한 ANN의 구성도

3. 레이더 강우량 산정 및 분석

표 2는 선정된 5개의 강우사상 별 소양강 유역 내 10개 지점에 해당하는 ANN 레이더 강우량과 AWS관측강우량과의 평균제곱오차(MSE)와 상관계수(CC)를 나타낸 표이다. 각각의 값들은 유역 내 10개 지점 중 9개의 지점에 해당하는 값들만을 학습시켜 ANN의 연결강도를 구한 후, 얻어진 연결강도를 남은 한 지점의 레이더 반사도에 적용하여 강우량을 산정하였다. 이와 같은 과정을 유역 내 모든 지점에 대해 실시하여 AWS 관측강우량과 비교를 통해 평균제곱오차와 상관계수를 구하였다. 또한 각 사상 별로 반복하여 전 사상 별, 전 지점별로 평균제곱오차와 상관계수를 산정하였다. 표 2에서 보는 것과 같이 평균제곱오차의 경우 3.91~0.11의 값을 보이며 평균적으로 1.03을 나타내 ANN 레이더강우량이 매우 정확한 값을 보임을 알 수 있었다. 상관계수의 경우 역시 그 범위가 1.00~0.86을 나타내어 ANN 레이더강우량이 실제 관측강우량과 상당히 유사함을 알 수 있었다. 이와 같은 값들이 의미하는 바로는, 각 사상별 ANN으로 학습되어 구해진 연결강도가 주변 지역의 레이더 반사도에 적용하였을 때에도 상당히 양호한 결과를 나타냄을 의미한다. 따라서 본 연구에서 선정한 소양강댐 유역의 경우, ANN을 이용한 레이더 강우가 매우 효과적으로 사용될 수 있음을 나타내며 이는 소양강댐 유역 내 존재하는 10개의 AWS 강우관측소가 수십 배 늘어나는 효과를 가져 온다. 이와 같은 효과는 연구지역의 면적강우량을 산정함에 있어서 매우 정확한 값을 산정할 수 있다는 이점을 가지므로, ANN을 이용한 레이더 면적강우량이 티센망을 이용한 면적강우량보다는 훨씬 더 신뢰성있는 값을 산정할 수 있다고 판단된다.

표 2. ANN을 이용한 강우 사상별 레이더 강우량과 지점 강우량의 검증

Event 종류	구분	원통 (321)	구룡령 (498)	해안 (518)	미시령 (554)	기린 (557)	559 (내면)	신남 (585)	복산 (586)	서화 (594)	진부령 (595)
Event1	MSE	0.5414	0.2119	0.2790	0.2257	3.0062	0.4743	1.2605	2.9567	2.6986	1.5486
	CC	0.9956	0.9958	0.9978	0.9971	0.9786	0.9902	0.9929	0.9800	0.9822	0.9848
Event2	MSE	1.1427	1.4509	0.7855	0.5664	0.7582	0.3945	0.7318	0.2282	3.0191	0.6255
	CC	0.9498	0.9474	0.9961	0.9836	0.9410	0.9929	0.9467	0.9962	0.9268	0.9947
Event3	MSE	0.9657	0.7790	1.3043	0.6693	0.2280	0.2500	0.1097	0.5450	0.2530	0.9630
	CC	0.9350	0.9317	0.9809	0.9783	0.9774	0.9739	0.9914	0.9712	0.9885	0.9778
Event4	MSE	1.9888	0.6727	1.8312	0.5173	3.9131	1.1046	2.7342	0.4508	3.3388	0.4842
	CC	0.9750	0.9948	0.9956	0.9942	0.9880	0.9088	0.9750	0.9917	0.9765	0.9959
Event5	MSE	0.3205	0.3927	0.5609	0.8595	0.3336	0.1423	1.0718	0.1836	0.9177	0.7473
	CC	0.9540	0.9047	0.9827	0.8563	0.9537	0.9627	0.9213	0.9613	0.9176	0.9191

4. 면적강우량 산정 및 결과 분석

본 연구에서는 ANN을 이용한 레이더 강우량의 정확도를 바탕으로 레이더 면적강우량을 생성하였다. 그림 3에서 보는 것과 같이 티센망을 이용한 면적강우량의 경우 레이더 격자 강우량에 비하여 그 분포가 부정확하게 나타남을 알 수 있다. 또한 티센 면적강우량을 산정 시 큰 지배면적을 가지고 있는 지상강우계의 오작동 혹은 결측이 발생하게 되면 실제 강우량에 비하여 매우 큰 오차가 나타내게 된다. 이는 레이더를 이용한 격자 면적강우량을 이용하면 매우 효율적으로 면적강우량을 산정할 수 있다고 판단된다. 그림 3은 2008년에 가장 강한 강우를 보인 7월 24일 18시의 소양강댐 유역의 면적강우량을 나타낸다. 지상에서 관측한 티센 면적강우량은 레이더 면적강우량에 비하여 상대적으로 크게 추정됨을 알 수 있다.

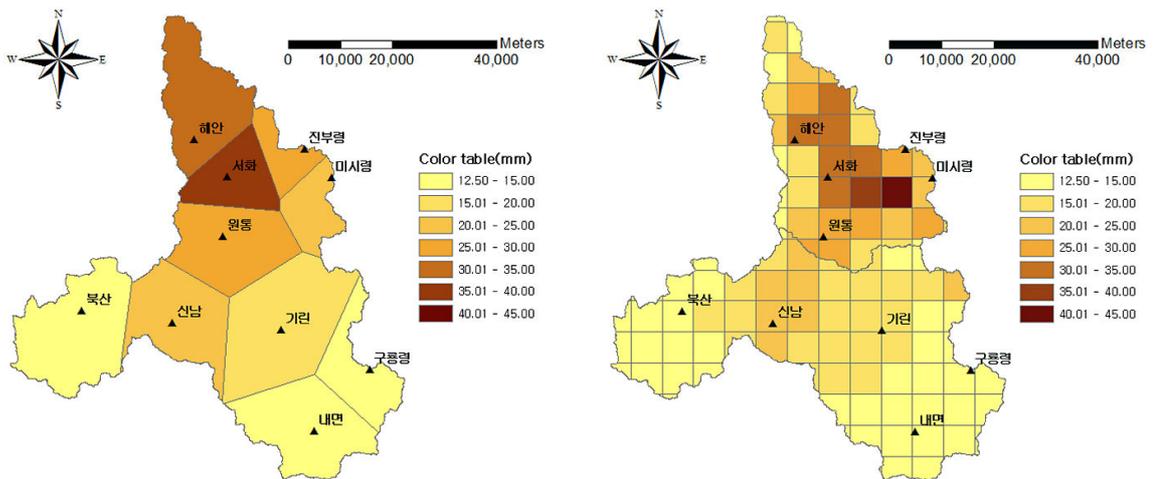


그림 3. 티센 면적강우량(좌측)과 레이더 면적강우량(우측)의 비교 (2008년7월24일18시)

본 연구에서 선정된 5개의 사상 별 티센 면적강우량과 레이더 면적강우량과의 비교를 통하여 그 차이를 표 3에서 나타내었다. 표에서 보는 것과 같이 각 사상 별 티센 면적강우량은 레이더 면적강우량에 비하여

7%~19%의 큰 면적강우량을 산정하였다. 3번째 사상을 제외한 나머지 면적강우량은 강우강도가 강할수록 면적강우량의 차이가 더 큼을 나타냈다.

표 2. 강우 사상별 티센 면적강우량과 레이더 면적강우량의 차이

강우 사상	티센 면적강우량(mm×km ²)	레이더 면적강우량(mm×km ²)	면적강우량 차이(%)
Event1	511724.45	414496.80	19
Event2	108963.81	99157.06	10
Event3	224549.38	208830.93	7
Event4	288143.35	253566.15	12
Event5	184595.02	169827.42	8

5. 결 론

본 연구에서는 ANN을 이용하여 2008년 가장 강한 강우를 보인 상위 5개의 사상 별 레이더 반사도와 관측강우량 사이의 연결강도를 구한 후, 이를 이용하여 소양강댐 유역의 레이더 면적강우량 산정하였다. 산정된 레이더 면적강우량을 현업에서 사용하는 티센면적강우량과 비교를 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. ANN을 이용하여 소양강댐 유역 내의 레이더 강우량 추정은 AWS 관측강우량과 평균제곱오차 및 상관계수에서 매우 양호한 결과를 보여 매우 유용한 방법이라 판단된다.
2. 소양강댐 유역의 ANN 레이더 면적강우량은 기존의 티센면적강우량에 비하여 7%~19%의 차이를 보였으며 앞선 첫 번째 결론으로 인하여 ANN 레이더 면적강우량이 티센면적강우량보다 더 신뢰성있는 유역면적강우량이라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신 F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Chiang, Y. M., Chang, F. J., Jou, B. J. D., Lin, P. F. (2007). "Dynamic ANN for precipitation estimation and forecasting from radar observations." Journal of Hydrology, Vol. 334(1-2), pp. 250-261.
2. Krajewski W. F., Smith J. A. (2002). "Radar hydrology: rainfall estimation." Advances in Water Resources, Vol. 25, pp. 1387-1394.