

레이더 자료의 해상도를 고려한 분포형 강우-유출 모형의 GIS 자료 최적 격자의 결정

Decision of GIS Optimum Grid on Applying Distributed Rainfall-Runoff Model with Radar Resolution

김연수* · 장권희** · 김병식*** · 김형수****

Yon Soo Kim, Kwon Hee Chang, Byung Sik Kim, Hung Soo Kim

요 지

최근 몇 년간 기후변화에 의해 기상이변이 발생하고 있으며 이에 따른 집중호우로 인한 홍수피해가 심각한 수준으로 발생하고 있다. 이에 수문기상학적 요소와 특성인자들의 정확한 상호 연관성의 규명과 공간적 변동성 해석은 강우-유출 모형에서 발생하는 불확실성을 감소시키는데 중요한 요소라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 레이더 강우 격자 해상도와 지형인자 격자 해상도에 따라 강우-유출모형이 어떻게 반응하는지 분석하였다. 본 연구에서는 가-분포 강우-유출 모형인 ModClark 모형을 이용하여 강원도 인제군의 내린천 유역을 대상으로 광덕산 레이더자료를 이용하였다. ModClark 모형 구성을 위한 GIS 지형공간 자료는 30m, 150m, 250m, 350m 격자크기의 DEM을 사용하였으며, 2006년 7월 14일부터 7월 17일까지의 관측 레이더 강우자료를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km 사용하여 유출모의를 실시하고, 각각의 격자해상도에 따른 모의 결과를 비교하기 위해 유출수문곡선을 작성하고 유출량 변화를 모의하였다. 분석 결과 첨두유량 및 유출체적에 대해서는 DEM 30m~150m, Grid 500m~2,000m 크기의 격자일 때 가장 최적의 유출 모의를 한 것으로 분석되었으며, 통계적 분석에 의한 분석결과에서는 모든 DEM 격자는 Grid 500m인 경우, 모든 Grid 격자는 DEM 30m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났고, 민감도 산정 결과 지수 등급이 높은 DEM이 분포형 모형의 결과 값에 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다.

핵심용어 : 가-분포형 모형, 강우레이더, 격자해상도

1. 서론

본 연구는 레이더 강우 및 분포형 모형을 이용한 정확한 유출량 예측을 위해 유출량 모의시 발생하는 불확실성을 감소시키는데 있어서 적정 격자 해상도를 찾는 데 목적이 있다. 안상진(2005)은 크리깅 방법을 이용하여 지점우량을 격자강우로 생성한 후 격자크기에 따른 유출 사상을 모의 하였고, 김병식(2008)은 광덕산 레이더 자료와 지상강우 자료를 이용하여 분포형 홍수 유출 모의를 하였다. 최근 들어 국내에서도 레이더 관측에 의한 레이더 강우를 이용하는 경우가 많아지고 있으나, 유출모의에 있어 중요한 요소로 작용하는 입력 격자 해상도에 대한 명확한 기준을 정하기가 쉽지 않은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 분포형 모형의 강우-유출에 있어 레이더 강우 및 ModClark 격자 크기를 세분화하여 다양한 규모의 DEM 격자에

* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : civil.engineer@hanmail.net)
** 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : jkhmail0624@naver.com)
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 수석연구원 공학박사 (E-mail : hydrokbs@kict.re.kr)
**** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 정교수 공학박사 (E-mail : sookim@inha.ac.kr)

적용하여 유출을 모의하고, 이를 관측치와 비교·분석하였다. 또한 강우격자 및 소유역 크기가 유출특성에 미치는 영향을 분석하였으며, 이를 통해 가-분포형 모형의 적정 강우격자 해상도 및 공간분포된 수문 자료의 적용성을 높일 수 있을 것으로 기대 된다.

2. ModClark 모형의 적용

ModClark 모형의 개념은 Clark의 개념적인 강우-유출 모형에서 사용하고 있는 기본원리를 기초로 하여 공간적으로 분포된 강우자료의 모의 기능을 추가한 것이다. ModClark 모형에서 직접유출은 유수의 전이와 저류로 크게 나누어진다고 볼 수 있다. 유수의 전이효과는 유역전반으로부터 유역출구까지 유수의 도달시간과 관련되어 있으며, 저류효과는 유역의 자연적인 저류에 의한 지체현상으로 설명될 수 있다. ModClark 모형의 매개변수는 도달시간 T_c 와 저류상수 K 이다. 도달시간 T_c 는 초과우량이 유역의 최원점에서 유역출구까지 이동하는데 걸리는 시간이다. 저류상수 K 는 유역의 자연적인 저류효과를 나타내는 상수이며 선형저수지의 저류량-유출량 관계에서의 기울기로서 정의된다. 도달시간 T_c 와 마찬가지로 저류상수 K 역시 시간의 차원을 갖고 있다. ModClark 모형은 대상유역을 포함할 수 있는 격자 형태로 구분하며, 레이더 강우량을 크리깅 기법을 적용하여 각 격자점 마다 강우량을 공간적으로 분포시킨다. 공간적으로 분포된 강우량 및 유역의 격자자료를 이용하여 유출을 수행하게 된다.

본 연구에서는 수치지형도 1:25,000을 이용하여 대상지역인 내린천 유역을 격자규모 30m×30m, 150m×150m, 250m×250m, 350m×350m 형태로 총 4개 종류를 구축하였고, 정밀토양도 및 토지이용도를 이용하여 CN 정보 구축 및 격자별 CN 값을 산정하였다. 또한 레이더 강우 자료는 2006년 7월 14일 22시부터 동년동월 17일 00시까지의 광덕산 레이더 강우를 1km×1km 기준으로 30분 간격으로 구축하였다. 그림 2는 강우의 공간 해상도를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km로 재배열하여 크리깅 기법을 적용하여 각 격자점 마다 강우량을 공간적으로 분포시킨 것을 나타낸 것이다.

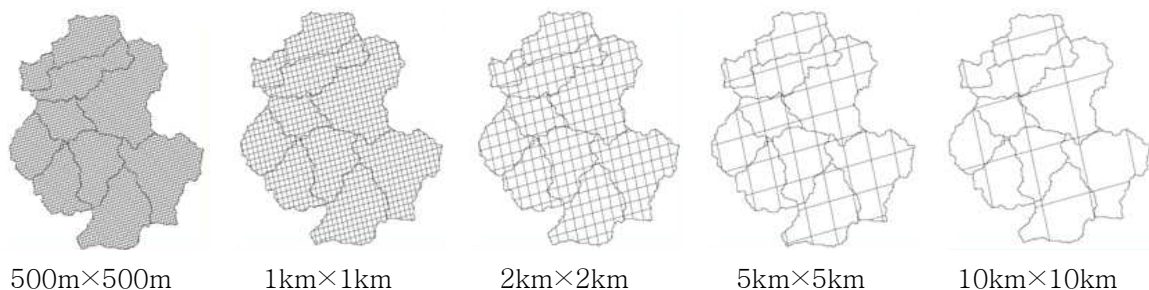


그림 1. ModClark 구축을 위한 그리드 격자 크기

3. 분석 결과

본 연구에서는 가-분포형 강우-유출 모형인 ModClark 모형을 이용하여 내린천 유역을 대상으로 분석을 실시하였다. 내린천의 실측 유출량 값을 기준으로 30m, 150m, 250m, 350m의 격자크기로 생성된 내린천 유역에 2006년 7월 14일부터 2006년 7월 17일까지의 레이더 강우 1km×1km 모형을 기준으로 DEM 격자별로 강우-유출모의를 한 후 매개변수의 보정을 실시하고, 레이더 강우를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km 격자크기로 재생성하여 그림 2에서 그림 5까지와 같이 DEM 격자크기에 따른 유출변화를 모의하였다.

그림 2~그림 5와 같이 강우-유출모형을 통해 모의된 격자 해상도에 따른 침투홍수량, 유출체적 및 실제 관측된 값과 차이를 비교 하였으며 분석결과는 표 1과 같으며 이를 그림 6~그림 7에 도시하였다.

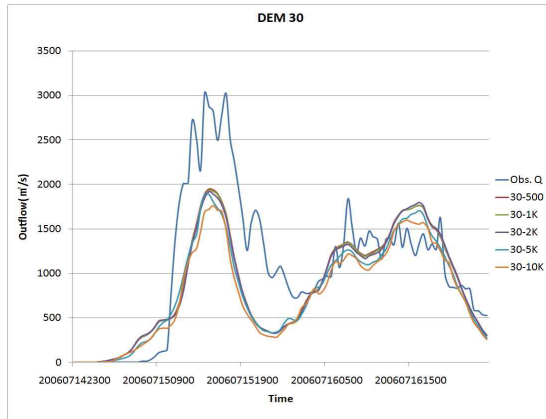


그림 2. DEM 30m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의

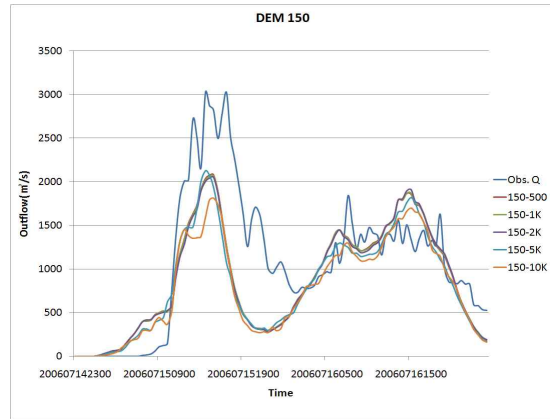


그림 3. DEM 150m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의

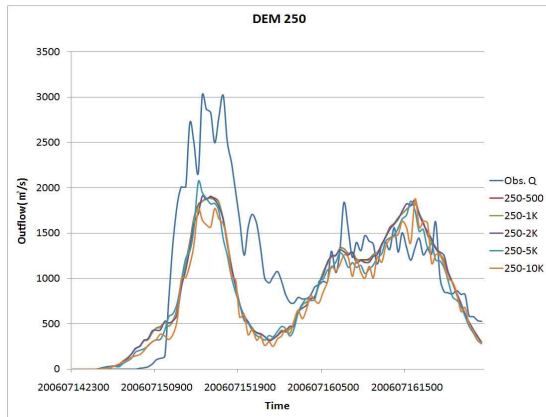


그림 4. DEM 250m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의

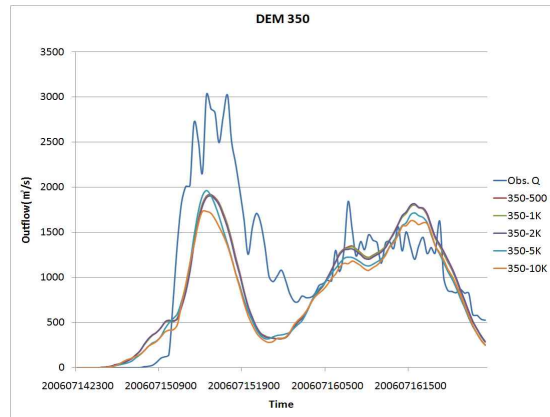


그림 5. DEM 350m에 대한 레이더 격자크기별 유출모의

표 1. DEM과 레이더 강우 격자 해상도에 따른 유출 모의 및 관측유출량과의 비교

레이더강우 DEM		500m	1km	2km	5km	10km
		30m	침투유량 (cms) 1,946.4 침투유량 차 1,075.8 유출체적 (1,000m³) 154,250 유출체적 차 38,208.3	침투유량 (cms) 1,934.5 침투유량 차 1,087.7 유출체적 (1,000m³) 153,459 유출체적 차 38,999.3	침투유량 (cms) 1,918.0 침투유량 차 1,104.2 유출체적 (1,000m³) 152,955 유출체적 차 39,503.3	침투유량 (cms) 1,884.2 침투유량 차 1,138.0 유출체적 (1,000m³) 145,649 유출체적 차 46,809.3
150m	침투유량 (cms) 2,078.4 침투유량 차 943.8 유출체적 (1,000m³) 155,577 유출체적 차 36,881.3	침투유량 (cms) 2,066.2 침투유량 차 956.0 유출체적 (1,000m³) 155,376 유출체적 차 37,082.3	침투유량 (cms) 2,050.3 침투유량 차 971.9 유출체적 (1,000m³) 154,458 유출체적 차 38,000.3	침투유량 (cms) 2,123.7 침투유량 차 898.5 유출체적 (1,000m³) 147,623 유출체적 차 44,835.3	침투유량 (cms) 1,812.9 침투유량 차 1,209.3 유출체적 (1,000m³) 139,904 유출체적 차 52,554.3	
250m	침투유량 (cms) 1,894.9 침투유량 차 1,127.3 유출체적 (1,000m³) 153,388 유출체적 차 39,070.3	침투유량 (cms) 1,884.5 침투유량 차 1,137.7 유출체적 (1,000m³) 153,017 유출체적 차 39,441.3	침투유량 (cms) 1,908.6 침투유량 차 1,113.6 유출체적 (1,000m³) 152,456 유출체적 차 40,002.3	침투유량 (cms) 2,064.2 침투유량 차 958.0 유출체적 (1,000m³) 145,380 유출체적 차 47,078.3	침투유량 (cms) 1,875.9 침투유량 차 1,146.3 유출체적 (1,000m³) 138,652 유출체적 차 53,806.3	
350m	침투유량 (cms) 1,917.2 침투유량 차 1,105.0 유출체적 (1,000m³) 153,040 유출체적 차 39,418.3	침투유량 (cms) 1,906.4 침투유량 차 1,115.8 유출체적 (1,000m³) 152,775 유출체적 차 39,683.3	침투유량 (cms) 1,902.2 침투유량 차 1,120.0 유출체적 (1,000m³) 152,297 유출체적 차 40,161.3	침투유량 (cms) 1,959.8 침투유량 차 1,062.4 유출체적 (1,000m³) 144,348 유출체적 차 48,110.3	침투유량 (cms) 1,729.5 침투유량 차 1,292.7 유출체적 (1,000m³) 139,408 유출체적 차 53,050.3	

그림 6~그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 DEM에 대한 레이더 강우 격자크기별 침투유량 차는 레이더 격자 500m~5,000m, DEM에 대한 레이더 강우 격자크기별 유출체적 차는 레이더 격자 500m~2,000m까지 인 경우가 가장 실제 관측값에 가까운 것으로 분석되었으며, DEM과 레이더 강우 격자 해상도에 따른 결과를 표 1을 통하여 비교한 바 전체적으로 DEM은 30m~150m, 레이더 격자는 500m~2,000m 크기의 격자일 때 가장 최적의 유출을 모의 한 것으로 분석되었다.

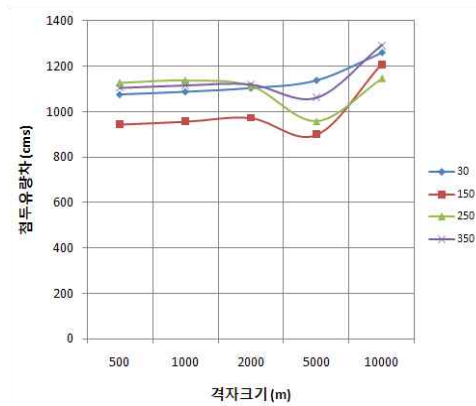


그림 6. DEM에 대한 레이더 강우 격자크기별 침투유량 차

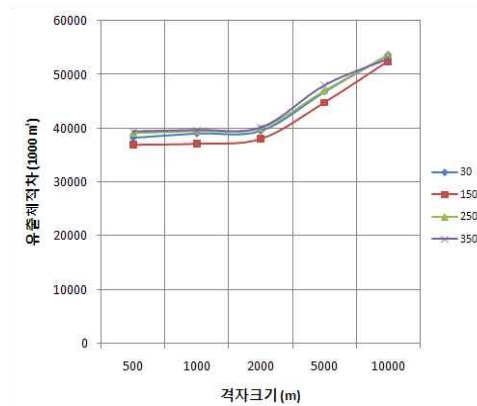


그림 7. DEM에 대한 레이더 강우 격자크기별 유출체적 차

이와 같은 분석에 대한 적합성을 판단하기 위하여 평균 제공근 오차, 모형 효율성 계수, 선형 상관 계수와 같은 통계적 방법을 유출모의 결과에 적용한 바 표 2와 같으며, 통계적인 방법에 의한 적합성을 판단한 결과 모든 DEM 격자크기에 대해서 Grid 500m인 경우, 모든 Grid 격자크기에 대해서는 DEM 30m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났다.

표 2. DEM과 레이더 강우 격자 해상도에 따른 유출 모의 및 관측유출량과의 비교

DEM-RADAR	구분	평균 제공근 오차	모형 효율성 계수	선형 상관 계수
30m	500m	531.5795	0.5589	0.7954
	1,000m	536.9393	0.5499	0.7916
	2,000m	545.8037	0.5350	0.7830
	5,000m	544.4363	0.5373	0.8101
	10,000m	586.1203	0.4637	0.7897
150m	500m	562.7729	0.5056	0.7562
	1,000m	564.6339	0.5023	0.7545
	2,000m	573.6146	0.4864	0.7462
	5,000m	575.6878	0.4826	0.7627
	10,000m	601.9615	0.4343	0.7580
250m	500m	536.0541	0.5514	0.7927
	1,000m	538.2665	0.5477	0.7913
	2,000m	546.4338	0.5339	0.7835
	5,000m	549.5112	0.5286	0.8026
	10,000m	587.2883	0.4616	0.7822
350m	500m	536.2730	0.5511	0.7932
	1,000m	538.9593	0.5466	0.7910
	2,000m	546.7198	0.5334	0.7835
	5,000m	552.5252	0.5234	0.8030
	10,000m	582.3662	0.4706	0.7874

본 연구에서는 DEM과 레이더 격자에 대하여 대한 민감도 분석을 실시하여 민감도 지수 I 를 계산하고 산정된 민감도 지수의 순위를 결정하였다. 민감도는 무차원 지수인 I 로 표시하며, I 는 모형의 출력자료의 변화에 대한 해당 매개변수의 변화의 비로서 정의하며, 매개변수 x 에 대한 종속변수 y 의 편미분인 $\delta y/\delta x$ 로 표현된다. 민감도 지수는 $I = \frac{y_2 - y_1/y_0}{2\Delta x/x_0}$ 식으로 계산하며, 민감도 분석 결과 DEM은 0.2, 레이더 격자는 0.1로 산정되었으며, 아래 표 5에 의해 DEM은 High, 레이더 격자는 Medium으로 결정되었으며, 이는 민감도 지수 등급이 높은 DEM이 분포형 모형의 결과값에 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다.

표 3. 민감도 등급

Class	Index	Sensitivity
1	$0.00 \leq I < 0.05$	Small to Negligible
2	$0.05 \leq I < 0.20$	Medium
3	$0.20 \leq I < 1.00$	High
4	$ I \geq 1.00$	Very High

4. 결론

본 연구에서는 가-분포형 강우-유출 모형인 ModClark 모형을 이용하여 내린천 유역을 대상으로 DEM 30m, 150m, 250m, 350m의 격자크기로 생성된 내린천 유역에 2006년 7월 14일부터 2006년 7월 17일까지의 레이더 강우를 500m, 1km, 2km, 5km, 10km 격자크기로 재생성하여 레이더 강우와 ModClark 해상도가 같은 DEM 격자모형에 적용한 후 유출변화를 모의하였다.

강우-유출모의를 통하여 분석한 결과 침투유량 및 유출체적에 대해서는 DEM 30m~150m, Grid 500m~2,000m 크기의 격자일 때 가장 최적의 유출을 모의 한 것으로 분석되었으며, 이와 같은 분석에 대한 적합성을 판단하기 위하여 통계적 방법에 의한 결과 모든 DEM 격자크기에 대해서 Grid 500m인 경우, 모든 Grid 격자크기에 대해서는 DEM 30m인 경우에 모형의 적합성이 높은 것으로 나타났다. 또한, DEM과 Grid에 대하여 대한 민감도를 산정한 결과 DEM은 0.2, 레이더 격자는 0.1로 DEM은 High, 격자는 Medium에 해당하는 민감도 등급을 나타냈다.

이러한 결과는 격자들의 크기가 작을수록 실제 유역 및 강우형상을 잘 반영함을 알 수 있었으며, 일정한 크기 이상의 범위를 벗어나는 DEM과 레이더 격자는 강우-유출모형의 결과에 대한 신뢰성을 낮게 함을 확인할 수 있었다. 그리고, DEM 격자가 레이더 격자보다 분포형 모형의 결과값에 더 큰 영향을 주는 것도 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사의 물산업 핵심분야 연구개발비 지원사업의 일환으로 수행되었습니다(No. KIEW2008-0003). 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 안상진 (2005), ModClark 모형을 이용한 유출해석, 한국수자원학회논문집, 제38권 제3호, pp.245-257
2. 문영일, 최병화, 안재현, 오태석 (2006), 격자크기에 따른 분포형 유출 모형의 강우-유출해석에 관한 연구, 한국수자원학회 2006년도 학술발표회 논문집, pp. 1787-1791
3. 김병식, 홍승진, 배영혜 (2009), 기상청 레이더 강우자료와 지상강우자료를 이용한 내린천 유역의 분포형 홍수유출 모의, 한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집, pp. 217