최적의 강우관측소 조합에 따른 하천흐름의 예측

Estimation of Runoff using Optimal Combination of Rain Gage Stations

김호준*, 정건희**, 이도훈***, 이은태****

Ho Jun Kim, Gunhui Chung, Do Hun Lee, Eun Tae Lee

요 지

유역내의 강우량을 통하여 유역 출구지점에서의 유출량을 예측하고, 그에 따른 대비를 세우는 것은 매우 중요하다. 유역내의 강우량은 유역내의 강우관측소에서 얻어지는 실시간 자료를 통하여 알 수 있지만, 강우관측소의 강우 자료가 유역 출구지점에서의 유출량이나 하천 흐름의 특성에 어떠한 영향을 주는지는 알 수 없다. 유역 내에서 강우 관측소가 유출량 또는 하천의 흐름에 긍정적인 영향을 줄 수도 있지만, 부정적인 요소가 될 수도 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 유역 내 강우 관측소가 출구지점 유출량과 흐름특성에 어떠한 영향을 미치는지 판단하고 최적의 강우 관측소 조합을 찾아 내 하천 흐름의 특성과 유출량을 예측하였다. 본 연구에서는 갑천 유역 내의 6개 강우관측소와 유역 출구지점의 유출량과 하천 흐름에 영향을 줄 것이라고 판단되는 유역 주변의 강우 관측소 7개, 총 13개의 강우 관측소를 선정하였다. 13개의 강우 관측소에서 12, 11개씩 선택하여 총 90개의 부분집합을 구성하고, 유전자 알고리즘을 통하여 실제 유출량에 가장 비슷한 결과를 보이는 강우 관측소 조합을 찾아내고자 하였다.

핵심용어 : 강우관측소, 유출량, 하천흐름, 유전자 알고리즘

1. 서 론

여러 가지 목적의 수자원 계획에서 유량 관측은 필수적이다. 유역내의 물 순환 과정에서 유량이 출력 자료가 된다면, 강우는 입력 자료가 된다. 따라서 수문 해석의 기본 자료가 되는 하천의 유량을 정확히 알기 위해서는 입력 자료인 강우의 신뢰성이 있어야 한다. 유역내의 면적강우를 산출하기 위한 방법은 강우관측소에서 관측된 점강우 자료를 바탕으로 여러 가지 많은 방법이 마련되어 있으나, 유역 내 각 강우 관측소가 유역의 평균 강우량에 어떠한 영향을 미치는지 재고되어야 한다. 이는 유역내의 강우 관측소가 많으면 하천 유량 같은 출력 자료가 더 정확하다고 생각될 수 도 있지만, 그렇지 않을 수 도 있기 때문이다. 유역 내에서도 지형적인 요건이나 국지성 호우, 그 밖의 예측 불가능한 요소들, 그리고 강우관측소의 분포와 밀도의 차이로 인하여 한 유역 내에서도 강우량의 차이를 보인다. 따라서 본 연구에서는 유역 내의 강우 관측소가 평균 강우량 결과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 강우 관측소의 부분집합을 제시하고 그에 따른 강우량 결과를 비교 하였다.

최적의 강우관측소 조합을 찾는 절차는 우선, 강우 관측소의 부분집합을 특정한 수로 결정하고

* 경희대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : sobty@khu.ac.kr
** 정회원 · 고려대학교 방재과학기술연구센터 연구교수 · E-mail : gunhui@korea.ac.kr
*** 교신저자 · 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : dohlee@khu.ac.kr
**** 정회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · E-mail : etlee@khu.ac.kr

그에 따른 경우의 수를 모두 고려한다. 그리고 각 조합에 따른 면적강우량을 계산하여, 각 강우관측소가 유역의 면적강우에 미치는 영향을 분석하여 강우관측소별 중요도를 제시하였다.

2. Data and models

2.1 유역선정

본 연구에서는 금강유역의 가운데에 위치하고 있으며, 면적강우 산정이 용이 하다고 판단되는 갑천 유역을 연구 대상으로 선정하였다. 갑천 유역의 면적은 648.98㎢이며, 유역의 둘레는 142.99㎞이다. 유역내의 강우 관측소가 비교적 고르게 분포 되어있으며, 유역의 평균 표고가 175.65m정도로 평지가 많고, 강우 관측소의 평균 표고도 75.82m로 낮은 편이다. 하지만, 유역 내에 높지는 않지만 산악지형도 엄연히 존재하고 있어 강우량 산정에 지형적인 요소도 고려 할 수 있을 것이라고 판단된다.(http://www.wamis.go.kr)

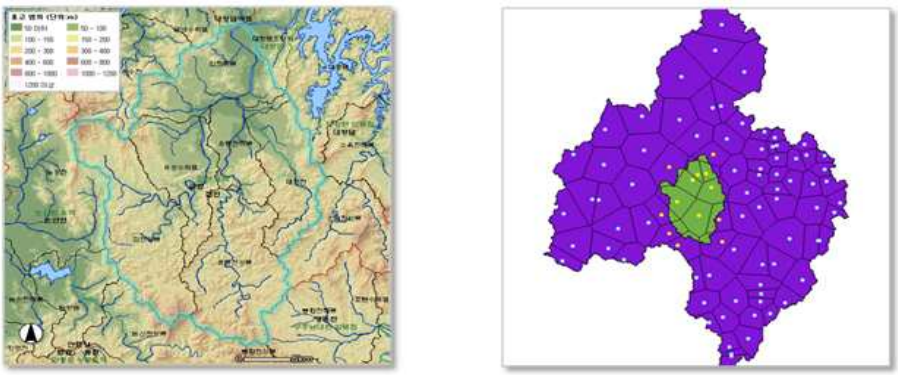

그림 1. 갑천유역의 일반 현황, 티센망도

표 1. 강우 관측소 현황

관측소명	관측기종	관할기관	위도	경도	해발고(m)
금산	T/M	수자원공사	36-04-14	127-32-12	200
현도	T/M	국토해양부	36-27-07	127-26-46	40.5
신대	T/M	국토해양부	36-12-25	127-22-45	120
회덕	T/M	국토해양부	36-22-30	127-24-43	39.9
방동	T/M	국토해양부	36-15-48	127-16-50	98.2
유성	T/M	국토해양부	36-20-55	127-21-46	47.8
인동	T/M	국토해양부	36-18-42	127-26-29	54.2
정안	T/M	국토해양부	36-36-21	127-07-20	77.3
반포	T/M	국토해양부	36-24-04	127-14-44	80
연산	T/M	국토해양부	36-12-32	127-12-31	32
장선	T/M	국토해양부	36-05-21	127-16-46	80
양촌	T/M	국토해양부	36-08-18	127-14-34	40

갑천 유역에는 회덕, 인동, 신대, 방동, 유성, 대전 총 6개의 강우 관측소가 있지만, 여기에 갑천 유역의 강우량과 유량에 영향을 줄 것이라고 판단되는 현도, 추부, 금산, 장선, 양촌, 연산, 반포, 모두 7개의 강우 관측소를 추가하여 총 13개의 강우 관측소를 선정하였다. 갑천 유역 밖의 강

우관측소는 금강 유역 전체에 대한 티센망을 구한 다음 갑천 유역에 영향을 미치는 강우 관측소를 추가하는 방법으로 하였다. 강우관측소 중에서 신대, 양촌, 장선, 금산, 추부 강우 관측소는 산지로 둘러싸여 있어 이들 강우 관측소가 결과에 어떠한 영향을 주는지 판단해야 한다.

2.2 Experimental protocol

12개와 11개의 강우 관측소 부분 집합에 총 90개의 면적 강우를 얻을 수 있다. 강우 관측소의 부분 집합의 차를 작게 한 이유는 각각의 강우 관측소가 강우량에 어떠한 영향을 주는 지 판단하기 위함이다. 해는 GORE와 BALANCE 두 가지 index로 평가 하였다.(Francois Anctil 등., 2006)

$$GORE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^{n}(\sqrt{P_t} - \sqrt{P_t'})^2}{\sum_{t=1}^{n}(\sqrt{P_t} - \sqrt{P_m})^2} \qquad BALANCE = \frac{\sum_{t=1}^{n} P_t'}{\sum_{t=1}^{n} P_t}$$

P_t는 갑천 유역의 총 강우관측소 13개의 강우 자료를 모두 사용하여 계산한 면적강우 값이다. 그리고 P_t'는 12개와 11개의 부분 집합을 티센 면적 강우량을 나타낸다. 그리고 마지막 P_m은 강우량 전체의 산술 평균으로 구한 값이다. GORE는 1과 $-\infty$까지 변하고 1에 가까울수록 좋은 결과를 나타낸다. BALANCE는 1을 기준으로 1보다 크면 과대 산정, 작게 나오면 과소 산정되었다는 것을 뜻한다. 적용 강우 사상은 2007년 6월 15일 24시간 동안의 강우량을 사용하였고, 2008년 6월 18일 24시간 강우 사상을 통하여 검증 하였다.(http://www.wamis.go.kr)

3. 결과분석

13개 강우 관측소에 의한 면적 강우량이 가장 정확한 강우량이라는 가정 하에 12개와 11개 강우 관측소 조합에 대한 결과를 비교 하였다. GORE와 BALANCE 두 가지 index 모두 최적 해인 1에 거의 근접한 결과를 보이고 오차의 범위도 크지 않은 것을 알 수 있다.

표 2. 2007년 6월 15일 강우 사상에 대한 GORE와 BALANCE 값

	GORE		BALANCE	
	12개 조합	11개 조합	12개 조합	11개 조합
Max	0.995727	0.997432	1.001616	1.045032
3rd Quartile	0.99384	0.994183	1.000692	0.957576
Median	0.988007	0.990398	0.910145	0.909458
1st Quartile	0.980232	0.987729	0.861931	0.892335
Min	0.978969	0.978951	0.850519	0.845352

GORE의 경우 12개의 강우 관측소 조합 결과 값을 보면 최적 해는 0.996정도이고, 중간 값은 0.988로 최적 해와 그리 큰 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있다. 그리고 오차 범위 75%내의 결과도 0.980 정도로 크지 않은 것을 알 수 있다. 그리고 11개의 강우 관측소의 경우 최적 해는 0.997, 중간 값은 0.990, 오차범위 75%의 값은 0.988이 나왔다. BALANCE의 경우도 GORE와 비슷한 결과가 나타나는데, 12개 조합에서 최적해가 1.002로 거의 1에 가까운 결과가 나왔고, 중간 값

은 0.910, 오차범위 75%내의 값은 0.862로 GORE 보다 오차의 범위가 컸다. 11개 조합의 경우 최적 해는 1.045, 중간 값은 0.909, 오차범위 75%내의 값은 0.892로 12개의 강우 관측소 조합보다 좋은 결과를 나타내었다.

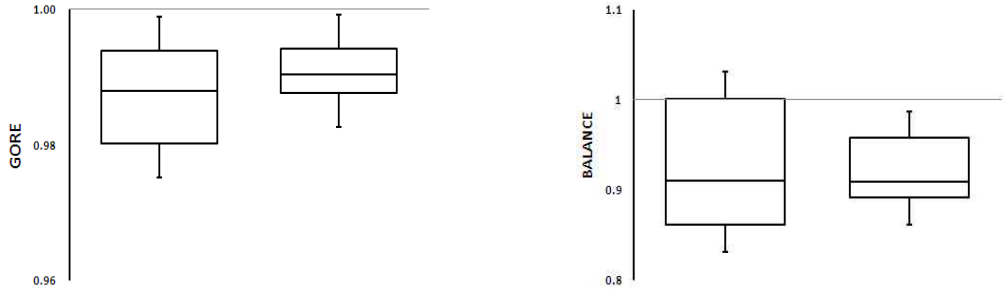

그림 2. 2007년 6월 15일 강우사상의 GORE, BALANCE 그래프

주목할 점은 두 경우 모두 12개의 강우 관측소 조합보다 11개의 조합에서 더 좋은 결과가 나온 다는 점이다. 앞서 유역내의 모든 강우 관측소 조합에 대한 비교를 한다는 것은 강우 관측소가 많을수록 결과에서 좋을 것이라는 가정을 바탕으로 한 것인데, 가정과는 차이가 있는 결과를 나타내었다. 그래서 앞서 밝힌 몇 개의 유역 내 산지의 영향을 받을 것이라고 생각한 강우 관측소의 영향에 대해서도 고려 해보았다.

표 3. 2007년 6월 15일 강우 사상의 분석결과 결과가 좋지 않은 경우 제외된 경우의 수

	현도	대전	회덕	반포	유성	인동	방동	신대	추부	연산	양촌	장선	금산
GORE	2	8	2	4	3	6	7	10	7	6	10	10	2
BALANCE	0	7	0	4	3	4	6	8	6	6	8	9	2

위 표는 GORE와 BALANCE값에 대해 일정한 오차 범위를 두고 그 범위 안에 들지 않아 상대적으로 결과가 나쁘다고 판단되는 네트워크에서 빠진 강우 관측소의 수를 나타낸 것이다. 방동, 신대, 추부, 양촌, 장선 강우 관측소가 산지의 영향으로 강우량이 많고 다른 강우관측소와 다른 강우의 시간적분포를 보이므로, 이들이 빠지면 결과의 신뢰도가 떨어지는 것을 알 수가 있다. 검증은 2008년 6월 18일 강우 사상으로 하였다.

표 4. 2008년 6월 18일 강우 사상에 대한 GORE와 BALANCE 값

	GORE		BALANCE	
	12개 조합	11개 조합	12개 조합	11개 조합
Max	0.999976	1	0.993468	0.998326
3rd Quartile	0.999554	0.999721	0.978449	0.980696
Median	0.999069	0.999076	0.96913	0.970515
1st Quartile	0.997548	0.997098	0.953854	0.953884
Min	0.992084	0.988389	0.942521	0.925153

표와 그래프에서 2008년 6월 18일 24시간 강우 사상에 대한 GORE와 BALANCE의 결과를 보면, 2007년 6월 15일 강우 사상과 약간의 차이를 보인다. GORE의 최적 해는 12개 조합에서 0.999976, 11개 조합에서는 1, 중간 값은 12개 조합 0.99069, 11개 조합은 0.999076으로 11개의 강

우 관측소에서 더 좋은 결과가 나왔지만, 오차의 범위는 11개 강우 관측소의 조합에서 더 크게 나타났다. BALANCE의 결과에서도 최적 해와 중간 값은 12개 조합보다 11개 조합에서 더 좋은 결과를 나타내었지만, 오차범위는 11개 조합보다 12개의 강우 관측소 조합에서 더 크게 나타난다.

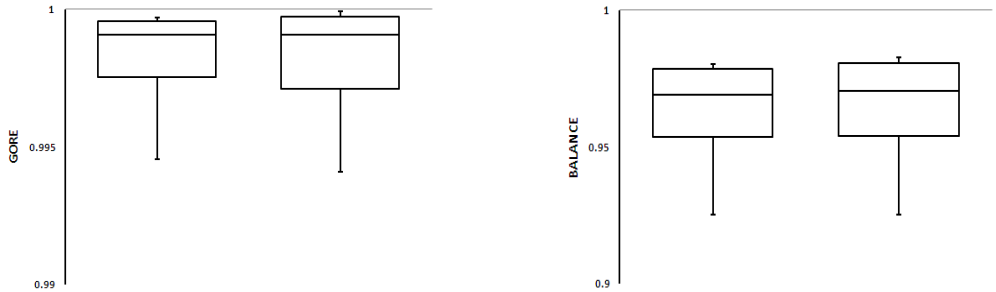

그림 3. 2008년 6월 18일 강우사상의 GORE, BALANCE 그래프

표 3. 2008년 6월 18일 강우 사상의 분석결과 결과가 좋지 않은 경우 제외된 경우의 수

	현도	대전	회덕	반포	유성	인동	방동	신대	추부	연산	양촌	장선	금산
GORE	1	3	2	2	6	1	1	0	0	0	0	0	3
BALANCE	7	6	4	13	5	3	9	8	6	5	4	5	3

세부적으로 각각의 강우 관측소의 영향에 대하여 살펴보면, 2007년 강우에서처럼 산지주변의 강우 관측소인 방동, 신대, 추부, 양촌, 장선 5곳의 강우 관측소가 큰 영향을 주지 않았지만, 방동, 신대 강우 관측소는 유역의 강우량 산정에 중요한 역할을 한다는 것을 알 수가 있다.

4. 결론

본 연구에서는 유역내의 면적강우량 산정에 있어 강우관측소의 영향을 알아보기 위하여 연구를 진행 하였다. 각 강우관측소 별 시간적 강우분포가 다름으로 인해 산지의 영향을 받는 강우 관측소의 중요성을 가정하였지만, 적용된 두 강우 사상에 대하여 모두 만족 하지는 않았다. 하지만 유역의 강우량 산정에 있어서 강우 관측소의 영향을 판단할 때 다른 관측소에 비하여 상대적으로 중요한 역할을 하는 강우 관측소가 존재 하고 있고, 그 관측소가 산지의 영향을 받을 가능성이 크다는 것을 알 수 있었다. 이러한 점을 고려하여 강우관측소의 위치를 선정하면 유역의 강우량 산정 시 더 효율적이고 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이라고 판단된다. 연구의 대상 유역인 갑천 유역에서는 다른 강우 관측소에 비해 방동, 신대 강우 관측소가 중요성을 띄고 있다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. François Anctil, Nicolas Lauzon, Vazken Andréassian, Ludovic Oudin, and Charles Perrin, “Improvement of rainfall-runoff forecasts through mean areal rainfall optimization”, *Journal of Hydrology*, Vol. 328, 3-4, pp. 717-725.