

# 미계측 지점의 강우량 산정 방법 비교

## Comparison of Rainfall Estimation Method at an Ungaged Point

안상진\* · 이종형\*\* · ○윤석환\*\*\* · 곽현구\*\*\*\*

### 1. 서 론

도시화와 산업화에 따른 인구집중 및 물 부족현상 등 수자원의 불균형이 초래되고 있으며 매년 반복되는 수해는 최근들어 재산 피해뿐만 아니라 인명피해도 유발시키고 있다. 강우는 가장 기초적인 수문학적 입력자료이며 시간과 공간에 따른 변동성을 가지고 있어 복잡한 현상 중의 하나이다. 특히 계절라성이라고 불릴만큼 극지적인 성격이 강해지면서 큰 피해를 유발하는 요인이 되고 있다. 장기간 실측된 수문기상 기초 자료가 부족한 우리나라의 실정에 비추어 볼 때 수공구조물 설계를 위해 정확한 강우량 자료의 취득이 선행되어야 한다. 대상유역에 존재하는 특정 지점의 강우관측소 강우자료가 결측되는 일도 발생할 수 있다.

본 연구에서는 미계측 혹은 결측지점의 우량을 추정하기 위한 방법중 역거리법(Reciprocal Distance Squared), 크리깅기법(kriging method)을 적용하여 금강수계의 보청천 유역을 대상으로 과거 자료를 분석하여 결측수가 많은 강우관측소를 결측지점으로 가정하여 주변의 강우관측소로부터 각각의 방법을 이용해 가중치를 산정하여 결측지점의 강우량 값을 보정하고자 한다.

### 2. 기본이론

#### 2.1 역거리법(Reciprocal Distance Squared)

가장 일반적인 보간법 중 하나인 RDS법은 인접한 기지점들과 이 점까지의 거리에 따라 비선형적인 가중치를 계산하여 사용하는 것으로 이 방법의 기본 가정은 서로 다른 기지점이 한 미지점에 미치는 영향은 미지점으로부터 기지점까지의 거리에 따라 감소한다는 것으로 측정값은 식(1)로 표현할 수 있다.

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) d_i^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-m}} \quad (1)$$

여기서,  $x$ 는 미지점(추정하고자 하는 점),  $d_i$ 는 미지점에서 주변의 관측지점(기지점)  $i$ 까지의 거리,  $x_i$ 는 기지점에서의 값들,  $m$ 은 가중치를 나타낸다. 또한 이식은 다음의 식(2)와 같이 다시 나타낼 수 있는데, 선택값인 가중치  $m$ 과 인접 점들의 영향력간에는 연관성이 있음을 알 수 있다. 이 식에서 가중치  $m$ 의 값이 커질수록, 더 멀리 있는 지점들의 영향은 작아지는 것을 알 수 있다.

$$Z(x) = \sum_{i=1}^n Z(x_i) \lambda_i, \quad (\text{단} : \lambda_i = \frac{d_i^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-m}}, m = \text{가중치}) \quad (2)$$

RDS법은 순수하게 2차원적으로 분포하고 있는 점관측자료에 의존하여 결정되는데, 추정하고자 하는 미지점의 강우량은 그 지점에서 가깝게 위치한 관측지점의 자료값들은 거리에 따라 반비례하여 추정되어진다. 결국 추정값은 미지점에서 가까이 위치한 관측지점(기지점)의 자료값에 크게 영향을 받고, 멀리 떨어져 있는 관측지점의 자료값에는 상대적으로 영향을 덜 받게 된다.

---

\* 정회원, 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수  
 \*\* 정회원, 천안공업대학 토목과 교수  
 \*\*\* 정회원, 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정  
 \*\*\*\* 정회원, 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정

## 2.2 Kriging 방법

Kriging 방법은 미지점을 주변관측들의 가중 선형 조합으로 그 값을 예측하는 방법이며 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i \quad (3)$$

여기서,  $Z$ 는 위치가 알려진 지점에서 크리깅을 이용한 예측치,  $z_i$ 는 이미 알고 있는 위치와 관측값을 알고 있는 주위의 점이고,  $\lambda_i$ 는 사용된 주위의 각 자료의 가중치이며,  $n$ 은 크리깅 예측을 위해 사용된 자료의 총 수이다.

Kriging 방법은 미지점의 값을 추정하기 위해 IDW법과 같이 단순한 거리에 관한 함수를 이용하기 보다 기하학적 의미에서의 거리의 개념보다는 통계학적인 의미의 거리로부터 유도된 semivariance를 계산하고, 가중치  $\lambda_i$ 를 계산하기에 앞서 점관측자료들의 공간적 구조와 상호관련성을 검증하는 semivariogram모형을 적용하고 이로부터 적절한 수학적 함수모형을 선택하고 이용하여 추정에 필요한 주변값들을 결정하는 최적화기법을 적용하기 때문에 Kriging 보간법은 최적의 선형추정방법(Vest Linear Unbiased Estimator)이라 불린다. Kriging 보간법에서 보간에 사용되는 경중률은 분포된 전체 기지점의 상호관계 즉, 상호간의 거리에 따른 기지점들의 semivariance에 따라, 기지점 분포구조의 함수에 따라 좌우된다. 기지점의 자료를 이용하여 실제 계산에 의해 구해진 semivariance에 의해 semivariogram을 그리고, 그려진 semivariogram을 이용하여 여러 가지 수학적 함수모델중의 하나를 선택하고 sill과 range, nugget effect의 유무를 판단한 후, 선택된 수학적 모델을 이용하여 보간하고자 하는 미지점과 대상지역안의 모든 다른 기지점들간의 공간적인 상호관계 즉 semivariance를 구한다.

## 3. 대상구역 및 자료 특성

### 3.1 대상구역

대상구역은 국내의 여러 구역 중 수문자료의 계속기간이 오래되었고, 관리가 비교적 양호한 구역인 국제수문개발계획(IHP)의 대표구역인 보청천 유역을 연구 대상구역으로 선정하였다. 보청천 유역은 금강수계의 동부에 위치하고 있으며 유역면적은 476.5 km<sup>2</sup>, 하천연장 49 km의 중소유역으로, 건설교통부에서 설치한 12개의 우량관측소와 5개의 수위관측소가 설치되어 자료의 습득이 용이하고 결측자료의 보완이 잘 이루어져 있는 곳이다. 자기우량관측소에 대한 정보는 표1과 같으며 본 연구에서 사용한 좌표체계는 횡메르카토르 투영법에 의한 UTM(Universal Transverse Mercator) 좌표를 사용하였다. 표2는 각 강우 관측소간의 거리를 나타내고 있다.

표 1. 보청천 유역의 자기우량관측소

Gauging Station	Location	Height Above M.S.L(m)	Beginning of Observation	Location			
				Longitude and Latitude		U T M	
				Longitude	Latitude	X	Y
No.1 묘금	충북.옥천.청성.	140.0	1982. 8.	127° 44' 05"	36° 16' 25"	4014639.317	386369.526
No.2 청산	충북.옥천.청산.	120.0	1960. 5.	127° 47' 45"	36° 20' 40"	4022425.875	391955.755
No.3 능월	충북.옥천.청산.	180.0	1982. 8.	127° 44' 09"	36° 22' 15"	4025421.604	386610.270
No.4 증눌	경북.상주.화동.이소	180.0	1982. 8.	127° 52' 42"	36° 23' 48"	4028129.102	399425.640
No.5 관기	충북.보은.마로.	160.0	1982. 8.	127° 49' 24"	36° 25' 59"	4032223.968	394543.070
No.6 평은	경북.상주.화서.신봉	200.0	1982. 8.	127° 54' 05"	36° 26' 43"	4033497.115	401554.384
No.7 삼가	충북.보은.내속리	380.0	1982. 8.	127° 51' 44"	36° 29' 21"	4038405.878	398102.022
No.8 송죽	충북.보은.삼승	130.0	1982. 8.	127° 44' 13"	36° 26' 08"	4032599.181	386803.870
No.9 삼산	충북.보은.보은읍	150.0	1973. 1.	127° 43' 07"	36° 28' 58"	4037858.722	385230.364
No.10 동정	충북.보은.수한	210.0	1982. 8.	127° 40' 00"	36° 28' 16"	4036627.783	380559.727
No.11 이원	충북.보은.내북	220.0	1982. 8.	127° 40' 47"	36° 32' 26"	4044314.521	381834.921
No.12 안내	충북.옥천.안내	80.0	1965.11.	127° 39' 52"	36° 33' 29"	4028253.351	379853.744

표 2. 강우관측소간 거리

	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	NO.7	NO.8	NO.9	NO.10	NO.11	NO.12
NO.1	0.000	9583.133	10784.974	18773.290	19391.410	24211.494	26504.733	17965.115	23247.332	22743.052	30019.666	15092.957
NO.2	9583.133	0.000	6127.691	9398.190	10133.944	14652.851	17121.247	11403.424	16834.597	18208.889	24115.226	13431.982
NO.3	10784.974	6127.691	0.000	13098.254	10449.951	16986.478	17339.312	7180.188	12513.435	12735.286	19487.080	7325.943
NO.4	18773.290	9398.190	13098.254	0.000	6372.395	5774.696	10361.664	13389.947	17209.630	20691.792	23903.999	19572.290
NO.5	19391.410	10133.944	10449.951	6372.395	0.000	7125.969	7133.173	7748.290	10884.712	14660.405	17540.767	15216.507
NO.6	24211.494	14652.851	16986.478	5774.696	7125.969	0.000	6001.230	14777.819	16896.664	21226.792	22491.632	22325.206
NO.7	26504.733	17121.247	17339.312	10361.664	7133.173	6001.230	0.000	12702.991	12883.282	17632.179	17306.953	20882.372
NO.8	17965.115	11403.424	7180.188	13389.947	7748.290	14777.819	12702.991	0.000	5489.872	7430.946	12725.551	8196.981
NO.9	23247.332	16834.597	12513.435	17209.630	10884.712	16896.664	12883.282	5489.872	0.000	4830.120	7294.270	11007.779
NO.10	22743.052	18208.889	12735.286	20691.792	14660.405	21226.792	17632.179	7430.946	4830.120	0.000	7791.794	8404.137
NO.11	30019.666	24115.226	19487.080	23903.999	17540.767	22491.632	17306.953	12725.551	7294.270	7791.794	0.000	16182.900
NO.12	15092.957	13431.982	7325.943	19572.290	15216.507	22325.206	20882.372	8196.981	11007.779	8404.137	16182.900	0.000

3.2 자료 특성

대상자료로는 유역의 강우관측소 No.5(관기)을 결측지점으로 가정하고 주변의 강우관측소, No.1(묘급), No.2(청산), No.3(능월), No.4(중늘), No.6(평은), No.7(삼가), No.8(송정), No.9(삼산), No.10(동정), No.11(이원), No.12(안내)의 12개 지점의 강우기록 자료를 이용하였으며, 1999년부터 2000년 까지의 홍수기 호우사상을 중심으로 최대강우사상을 선정하여 표3에 나타내었으며 선정된 호우사상은 복합 호우사상으로 강우의 공간적 변동성이 큰 것으로 나타났다.

표 3. 선택된 강우사상

강우사상 시작	지속기간 (hr)	강우량 (mm)	강우관측소											
			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
1999.06.23 07:00	25	Total	87	92.5	88	83.5	83	95.3	107.5	116.5	113	118	127.5	111.5
		Peak	12	14.5	10.5	13	10	14	14	14	14	17.5	18	20.5
1999.08.02 02:00	29	Total	62.5	81.5	44.8	99.5	85.5	119.0	143.0	121.0	40.5	56.5	93.0	41.5
		Peak	14.0	24.5	16.0	24.0	17.5	20.0	35.5	44.5	11.5	22.0	42.0	9.0
2000.8.26 01:00	28	Total	81	56.5	113	81.5	83	88.5	119.5	182.5	98	85	104.5	108
		Peak	9.5	10	10	14	11	11.5	13.5	20	8.5	5.7	21	16

4. 결과 및 분석

관기 지점을 미계측지점으로 가정하고 강우사상에 대해 역거리법 및 kriging 방법을 적용하여 결측 강우를 산정한 결과를 그림1 ~ 그림3에 나타내었으며 평균제곱근 오차를 이용하여 분석하였다. 결측강우산정에 많이 이용하고있는 역거리법과 kriging 방법은 시우량 곡선의 경향성을 따라가고 있으며 또한 kriging 방법은 미계측 강우량 추정에 적합한 방법임을 알 수 있다.

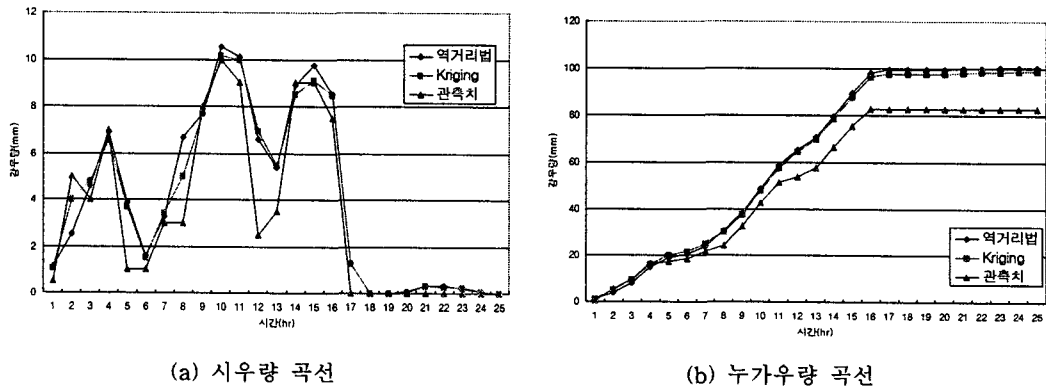
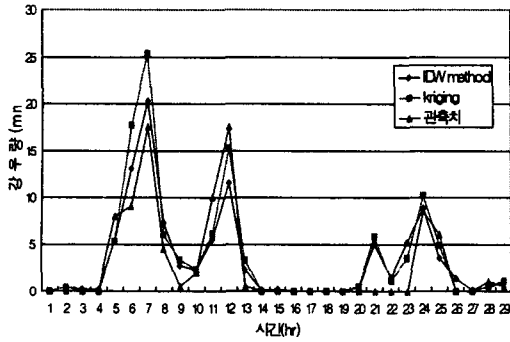
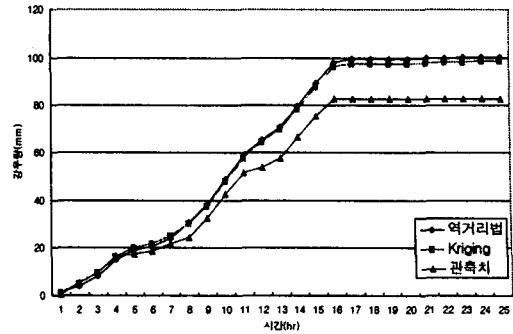


그림 1. 결측지점 강우산정결과 (1999.6.23 07:00 ~ 1999.6.24 07:00)

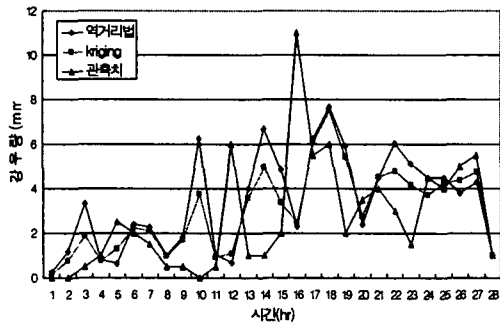


(a) 시우량 곡선

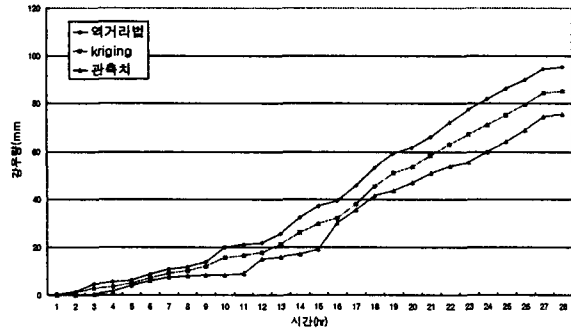


(b) 누가우량 곡선

그림 2. 결측지점 강우산정 결과(1999.8.2 02:00~ 1999.8.3 16:00)



(a) 시우량 곡선



(b) 누가우량 곡선

그림 3. 결측지점 강우산정 결과(2000.8.26 01:00~1999.8.27 04:00)

## 5. 결론

미계측 혹은 결측지점의 우량을 추정하기 위한 방법중 역거리법(Inverse-Distance method)과 크리깅기법(kriging method)을 적용하여 금강수계의 보청천 유역을 대상으로 과거 자료를 분석하여 강우사상을 선정하였으며 강우관측소중 결측지점을 가정하여 주변의 강우관측소로부터 각각의 방법을 이용해 가중치를 산정하고 결측지점의 강우량 값을 보정하였다. 거리만을 가중인자로 하는 역거리법에 비해 kriging 방법은 수학적 모델에 대한 방정식을 사용하므로 미지점의 관측값은 상대적으로 좋은 결과를 얻을 수 있다. 유역에 내린 신뢰성 있는 면적 강우량을 산정하기 위해 결측지점의 강우량 보정방법의 정확성은 높아져야 하며, 역거리법 및 Kriging 기법이외에도 신경망 모형 및 유전자 알고리즘을 이용하면 좋은 결과를 얻을 수 있다고 사료된다.

## 참고문헌

1. 연인성(2000), 신경망을 이용한 강우예측, 충북대학교 공학석사학위논문.
2. 김용석, 김형수, 김중훈(1999), 점강우량 결측시 보정방법에 관한 연구”, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.374~381.
3. 건설교통부(1999,2000), 국제수문개발계획.