

실시간 예보 시스템을 위한 우량자료 보정 기법 연구

A Study on the Revised Methods of Missing Rainfall Data for Real-time Forecasting Systems

한 명 선* / 김 충 수** / 김 형 섭*** / 김 휘 린****

Han, Myoung Sun / Kim, Chung Soo / Kim, Hyoung Seop / Kim, Hwirin

Abstract

The weather accidents by global warming effect are increasing rapidly whole world. Flood forecasting system and hydrological database are operated by almost all the countries in the world. An objective of this study is to research revised methods of missing rainfall data and find more effective revised method for this operating system. 194 rainfall data of the Han river basin is used. Arithmetic average method, coefficient of correlation weighting method and inverse distance weighting method are compared to estimate revised methods. The result from the analysis shows that coefficient of correlation weighting method is best quantitatively among the 3 methods.

keywords : Rainfall Data, Revised Method, Real-Time Forecasting System, Average Method, Inverse Distance Weighting Method, Coefficient of Correlation Weighting Method

요 지

지구 온난화의 영향에 따른 기상 이변이 전세계적으로 급증하고 있다. 이에 따라 우리나라를 포함한 많은 나라에서 홍수예보 시스템과 수문자료를 저장하는 시스템을 운영하고 있다. 본 연구의 목적은 이러한 시스템에서 운영하고 있는 결측우량 보정방법을 알아보고 더 효과적인 보정방법을 찾아내어 제시하기 위함이다. 이를 위해 한강권역 194개 TM 우량관측소 10분 자료 이용하였다. 보정방법은 실시간 우량자료 보정시스템에서 사용이 용이한 산술 평균법, 역거리 가중법, 상관계수 가중법을 비교하였다. 결측방법 평가를 위해 일정 강우량 이상일 때의 조건에 대해 최소오차법을 사용하였다. 역거리 가중법의 경우 지수가 1.5나 2.0일 때의 결과가 양호하였으며, 방법 중에서는 상관계수가 중법이 정량적으로 가장 양호한 결과를 보였다.

핵심용어 : 강우 자료, 보정방법, 실시간 예보 시스템, 산술 평균법, 역거리 가중법, 상관계수 가중법

* 교신저자, 한국건설기술연구원 수문연구실 연구원

Corresponding Author, Researcher, Hydrology Research Division, KICT, 2311, Daehwa-Dong, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Republic of Korea
(e-mail: mshan@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 수문연구실 연구원

Researcher, Hydrology Research Division, KICT, 2311, Daehwa-Dong, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Republic of Korea

*** 한국건설기술연구원 수문연구실 선임연구원

Senior Researcher, Hydrology Research Division, KICT, 2311, Daehwa-Dong, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Republic of Korea

**** 한강홍수통제소 하천정보센터 토목연구사

Researcher, River Information Center of Han River Flood Control Office, MOCT, Seoul 137-049, Republic of Korea

1. 서론

현재 국내에서는 홍수 및 갈수 피해 방지를 위한 통합홍수에정보시스템 및 실시간물관리정보유통시스템(<http://www.wins.go.kr>)을 운영 중이다. 이들 시스템은 과거에 1시간 단위로 운영되었으나 지천홍수에보 및 돌발홍수를 대비하기 위해 30분 단위로 운영되다가 현재는 10분 단위로 운영되고 있다. 현재 이들 시스템의 우량자료는 정형화된 역거리 가중법으로 보정되고 있으나 이에 대한 적절성을 검토하고 개선 가능 여부를 판단, 조치할 필요가 있다.

점강우 보정방법은 과거부터 시자료 및 일자료를 바탕으로 진행되어 왔다. 국내외 연구 성과를 살펴보면, 김중훈 등(1995)이 평창강 유역 시우량 자료를 대상으로 산술 평균법, 연정상 강우량법, 역거리 가중법, 거리고도비율법, 선형계획법을 비교 검토한 바 있다. 또한 김응석 등(1999)이 평창강 유역(11개 지점 시자료) 1개 호우사상을 앞의 5개 방법 이외에 수정 연정상 강우량법과 크리깅 방법을 추가 적용 및 분석하여 선형계획법, 역거리 가중법, 크리깅(Kriging) 방법 등의 순으로 좋은 결과를 얻었다고 발표하였다. 이후 윤강훈 등(2004)이 낙동강 유역 시자료를 대상으로 크리깅 방법의 적용성을 평가하였고, 황세운 등(2006)은 충주댐과 춘천댐 유역 일자료를 대상으로 역거리 가중법, 크리깅과 코크리깅(Co-kriging) 방법을 적용하여 월강우자료를 이용한 코크리깅 방법이 가장 적절하다는 결론을 제시하였다.

이와는 다른 방향으로 안상진 등(2000)은 보청천 유역 12개 지점 시자료를 대상으로 고전적인 방법 외에 신경망을 이용한 방법을 추가하여 비교 평가를 수행하였다. 입력층의 2배수의 은닉층과 학습횟수 100회일 때 최적의 결과를 얻었으며, 신경망을 제외한 역거리 가중법, 산술 평균법, 연정상 강우량법 순으로 좋은 결과를 보였다.

최근에는 돌발 호우 사상 및 산지 집중 호우를 예측하기 위해 위성 및 레이더 영상 분석이 많이 이용되는데 이들 자료를 이용한 강우 보정방법이 활발히 진행되고 있다. 외국의 경우 Marshall *et al.*(1948)이 강우 입자의 크기를 규명하는 연구를 통해 Z-R 관계식을 제안한 이래로 국내에서는 기상연구소에서 1990년대 초반부터 이와 관련된 연구를 시작하였다. 그 이후 안상진 등(2003)이 관악산 기상 레이더의 반사강도와 강우강도를 분석하여 국내 조건에 맞는 관계식을 제시하였고, 김병식 등(2007)은 현재 건설교통부에서 운영 중인 임진강 강우레이더를 이용하여 안성천 유역 등의 지점 시자료

를 대상으로 조건부 합성방법을 이용하여 강우를 모의한 후, 관측 우량과 비교평가를 수행하였다. 또한, 이명우 등(2006)은 보청천유역의 지속시간이 24시간인 연최대치 계열 22개 자료를 대상으로 다중회귀분석을 이용한 강우 보정방법을 적용하여 양호한 결과를 얻었다.

본 연구의 목적은 기존의 장기간 미관측자료에 대한 보정보다는(이러한 자료는 결측치처리하는 것이 적절) 현재 실시간으로 관측되는 강우량에서 결측이 발생할 시 즉각적인 보정을 통한 적절한 우량값을 생성하여 통합홍수에정보시스템 등의 운영에 차질이 없도록 하는 것이다.

현재 관련 시스템에 많이 쓰이고 있는 역거리 가중법의 경우 이 방법이 쓰이는 다양한 이유가 있을 수 있으나, 크게 세가지로 정리하면 다음과 같다. 우선, 첫째는 우리나라 전국 우량자료에 대한 다양한 분석을 하기에는 많은 시간이 소요되기 때문이며, 둘째는 거리 인자로 가중하는 지수를 2.0으로 설정하여 운영하므로 지점간 거리만 파악하면 사전 분석이 끝나므로 사전에 조사, 분석할 내용이 많지 않다. 셋째는 홍수에보시스템이나 수문자료 DB 시스템에 구현하기 편리하기 때문이다. 그러나, 최근 소프트웨어 뿐만 아니라 하드웨어적인 방법으로 다양한 결측 강우 보정방법이 개발되어 발전하고 있다. 우선 우량크기에 따른 역거리가중법의 적절한 계수를 찾아보고 산술 평균법, 역거리 가중법과 상관계수 가중법의 보정 결과 비교를 통해 최적의 방법을 파악해보고자 한다.

2. 결측자료 보정방법

서론에서 언급한 바와 같이 결측자료를 보정하는 여러 가지 방법이 제시되고 있다. 과거 강우 보정방법으로는 인근관측소 값을 평균하는 방법과 인근관측소의 지형학적인 특성(거리, 표고차)과 수문학적 특성(연강우량)을 고려한 분석을 실시하였다. 그러나, 수학적인 다양한 분석방법이 개발되면서 지점간 상관관계 및 신경망 이론을 적용한 보정방법이 추가되었으며, 최근 고전적인 방법 외에 첨단 장비를 이용한 기상 및 강우 레이더의 반사도 관측을 통한 점강우 보정방법이 개발, 보완되고 있다.

사전 분석작업이 필요없거나, 지형적인 자료 및 간단한 수문학적 자료 분석이 필요한 산술 평균법, 연정상 강우량법, 수정-연정상강우량법, 역거리 가중법, 거리고도비율법, 선형계획법, 상관계수 가중법의 경우 전산 시스템 적용이 매우 용이하다. 그러나, 수치적인 분석이 추가로 필요한 크리깅법, 코크리깅법, 신경망방법은 전

Table 1. Classification of Revised Methods

| | Pre Analysis req. | Need of Pre-Analysis or System Addition | | |
|------------------|-----------------------------------|---|--|---|
| | | Geomorphologic, Hydrologic and Statistic Data Analysis | Numerical Analysis System Addition | Real-time Interlock with Another Observation System |
| Method | Arithmetic Average method | Inverse Distance Weighting method, Ratio of Distance and Elevation method, Normal Ratio method, Linear Programing method, Modified Normal Ratio method, Coefficient of Correlation Weighting method | Kriging method, Co-Kriging method, Neural Network method | Radar Reflectivity method |
| System Operation | ease \longrightarrow difficulty | | | |

산시스템 적용에 어려움이 있다. 또한 레이더반사강도를 이용한 방법의 경우 레이더 자료에서 반사강도를 추출해야 하므로 이들 레이더 관측시스템과 우량자료 보정 시스템이 실시간으로 연동 되어 있어야 가능하므로 이 방법의 적용에는 많은 제약 조건이 따른다. 이에 따라 Table 1에 보정방법을 내용별로 구분하였고 시스템 적용에 관한 용이성을 정리하였다.

2.1 산술 평균법(AA, Arithmetic Average method)

산술 평균법은 인근 관측 지점의 우량을 단순히 산술 평균하여 결측 지점(보정 지점)의 우량을 산정하는 방법이다.

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n P_i \tag{1}$$

- R : 보정지점 우량(mm)
- P_i : 관측지점 우량(mm)
- N : 관측지점 개수

2.2 역거리 가중법(IDWM, Inverse Distance Weighting method)

역거리 가중법은 인근 관측지점의 우량을 거리에 반비례 가중하여 결측지점(보정지점)의 우량을 결정하는 방법이다. 계산 식은 아래와 같다. 사용상의 간편성과 명료성으로 인해 국내 홍수예경보시스템에 채택되어 사용되고 있는 기법이다.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{D_i^b} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i^b} \right)} \tag{2}$$

- R : 보정지점 우량(mm)
- P_i : 관측지점 우량(mm)
- D_i : 보정대상 지점으로부터 관측지점까지의 거리 (Km)
- b : 거리 가중 계수

2.3 상관계수 가중법(CCWM, Coefficient of Correlation Weighting method)

상관계수 가중법은 각 관측소 강우자료의 시간적 상관성을 이용하는 것으로 우선 가까운 관측소를 이용하여 두 관측소의 상관분석을 수행한 후 계산된 상관계수를 가중치로 활용하여 결측지점의 우량을 보정하는 방법이다. 다시 정리하면 결측치를 추정하기 위한 가중치로 거리가 아닌 상관계수를 사용하여 공간적 상관성보다는 자료의 상관성을 더 고려하는 방법이다.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n P_i C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \tag{3}$$

- R : 보정지점 우량(mm)
- P_i : 관측지점 우량(mm)
- C_i = 보정대상지점과 관측지점 사이의 상관계수

본 연구에서는 실시간 예보 시스템과 같이 큰 호우사상의 적용이 목적이므로 두 지점 모두 양의 자료를 가지는 경우를 고려하여 상관계수를 산정하였다.

3. 대상 유역 및 최적결과 선정

3.1 대상 유역

대상유역인 한강권역의 유역도 및 우량관측소 위치

는 Fig. 1, Table 2와 같다. 대상지점은 한강권역에 위치한 194개 T.M. 우량관측소이고, 자료기간은 2007년 1월부터 9월까지 9개월이다. 또한 자료 간격은 10분 자료를 이용하였다.

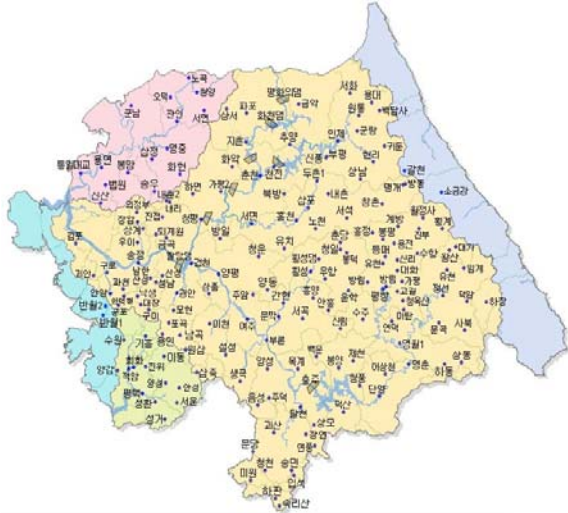


Fig. 1. Rainfall Observatories of the Han River Basin*

현재 물관리정보유통시스템 DataBase의 경우 이전에 언급하였듯이 결측 우량 보정방법으로 역거리가중법을

적용하고 있으나, 우량보정시 모든 인근 관측소를 고려하기에는 시스템 운영에 많은 어려움을 내포하고 있다. 그래서 운영시에는 4분위별 가장 가까운 지점을 대상으로 하고, 이들 지점의 결측시 분위별 두번째로 가까운 지점을 고려하여 보정한다. 또한 일반적인 결측 우량 보정방법의 경우 내삽의 개념이므로 결측 보정에 이용하는 지점으로 4분위의 가장 가까운 지점만을 이용해도 큰 차이는 없다고 판단하여 본 연구에서는 이를 적용하였다. 각 분위별 평균 거리는 대략 12.7Km 이다.

3.2 최적 결과 선정 방법

우량 보정방법을 검토할 경우에는 대상 지점을 결측으로 가정하고 대상 지점의 모의 우량과 관측 우량의 편차가 최소로 되는 방법을 선정하는 것이 적절하여 제곱평균제곱근오차법(RMSE: Root Mean Square Error)을 선택하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (R_m(n) - R_o(n))^2} \quad (4)$$

R_m : 보정 우량(mm)

R_o : 관측 우량(mm)

N : 관측지점 개수

Table 2. Rainfall Observatories and Most Adjacent Quartile Observatories

| No. | Rainfall Observatory Code | Name | 1st Quartile Observatory Code | Dis. (Km) | 2nd Quartile Observatory Code | Dis. (Km) | 3rd Quartile Observatory Code | Dis. (Km) | 4th Quartile Observatory Code | Dis. (Km) |
|---------|---------------------------|------------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| 1 | 10014010 | Woljeongsa | 13024010 | 14.8 | 10124120 | 17.9 | 10014110 | 5.7 | 10014120 | 9.4 |
| 2 | 10014080 | Daegi | 10014130 | 3.0 | 10014010 | 11.2 | 10014160 | 16.9 | 10014170 | 9.6 |
| 3 | 10014090 | Gohan | - | - | 10014120 | 9.4 | 10014170 | 3.3 | 10014140 | 10.4 |
| 4 | 10014100 | Beoncheon | 10014100 | 22.2 | 10014150 | 24.9 | 10034110 | 2.4 | - | - |
| 5 | 10014110 | JinBu | - | - | 10014140 | 17.0 | 10014180 | 4.7 | 13034010 | 14.1 |
| 6 | 10014120 | HyeongGye | 10014010 | 5.4 | 10024160 | 10.2 | 10014210 | 11.1 | 10014120 | 11.7 |
| 7 | 10014130 | Jeongseon | - | - | 10014010 | 11.2 | 10014210 | 16.9 | 10014170 | 9.6 |
| 8 | 10014150 | SaBuk | 10024110 | 9.4 | 10024010 | 17.9 | 10014020 | 3.0 | 10014240 | 14.1 |
| 9 | 10014160 | MiTan | - | - | 10014080 | 9.9 | 10024100 | 9.4 | 10014240 | 20.0 |
| 10 | 10014170 | WangSan | 10014240 | 14.5 | 10014220 | 13.1 | 10034180 | 18.1 | 10014090 | 2.8 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 194 | 13024010 | SimPo | - | - | 10014090 | 13.0 | 10034180 | 25.0 | - | - |
| Average | | | | 12.4 | | 13.4 | | 12.1 | | 12.8 |

주) 지점 수가 많은 관계로 11번부터 193번까지의 지점은 생략하였음. 이후 표에서도 동일하게 적용함.

*한강홍수통제소 홈페이지 : <http://www.hrftco.go.kr/>

4. 자료 분석

4.1 우량 자료 분석

기존 결측 우량 보정방법을 살펴보면 호우사상에 대해 관측 우량과 모의 우량을 비교하는 형태를 띄고 있다. 그러나 권역 단위의 10분 자료를 분석할 경우에는 이러한 방법은 적용하는 기간이 전체 기간에 비해 매우 짧게 된다. 이보다는 일정값 이상의 우량에 대해 평가하는 것이 보정방법 평가에 더 효과적이다. 이를 분석하기 위해 각 지점에서 특정 우량과 그 우량을 초과하는 우량의 개수를 정리하면 Table 3, Fig. 2와 같다.

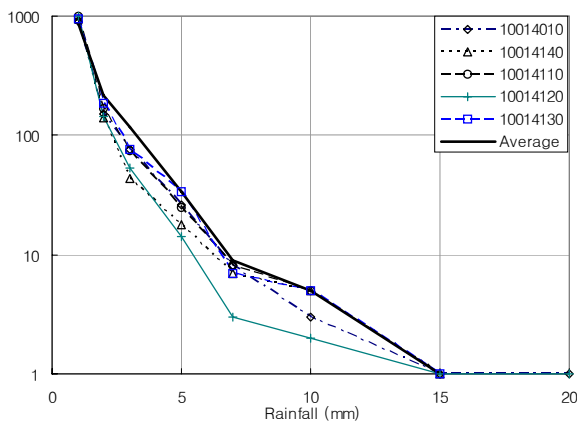


Fig. 2. The Number of Exceeding Rainfall

4.2 역거리 가중법 지수 평가

현재 운영되고 있는 결측 우량 보정 시스템의 경우 Eq. (2)의 역거리 가중법에서 지수 2.0 값을 이용하고

있으나, 지수 선정에 관련된 광범위한 조사나 연구는 국내에서 부족한 실정으로 본 연구에서는 이에 대한 분석을 실시하였다. 분석 방법은 194개 각 지점에 대해 다음과 같은 사례 별로 분석하였다. 각 사례별 모의는 지수 b 값을 0.2 간격으로 0.0에서 4.2까지 변화시키면서 역거리 가중법을 적용하였다.

- CASE 1: 전기간(1~9월)에서 1mm 이상인 우량 모의
- CASE 2: 전기간(1~9월)에서 2mm 이상인 우량 모의
- CASE 3: 전기간(1~9월)에서 3mm 이상인 우량 모의
- CASE 4: 전기간(1~9월)에서 5mm 이상인 우량 모의
- CASE 5: 홍수기(6~9월) 전체 우량에 대해 모의

또한 CASE 5는 CASE 1~4와는 다르게 6월부터 9월까지 3달(홍수기)을 하나의 호우사상으로 간주하여 기존의 강우사상에 대한 분석방법과 동일하게 수행하기 위해 설정하였다. 각 사례별 RMSE가 최소가 되는 값을 선택하여 최적의 지수 값을 파악하였다(Table 4).

Table 4를 살펴보면 0.0 이하와 4.2 이상의 값이 큰 것으로 나타났다. 지수가 0.0 이하의 값을 갖는 지점들은 검증 관측소와 4분위에 위치한 관측소 간의 거리가 모두 비슷하여 거리의 영향이 적은 지점이고, 지수가 4.2 이상의 값을 갖는 지점은 4분위 관측소 중 하나의 관측소가 매우 인접하고, 검증 관측소의 우량과 매우 비슷하여 거리의 영향을 매우 크게 받을 때 이러한 결과를 얻는다. 지수 값이 0.0 이하이거나 4.2 이상인 값을 제외하여 지수 b 의 분포를 도시한 것이 Fig. 3(a)이고, CASE 2~4 및 CASE 2~4를 평균한 값을 추가한 것이 Fig. 3(b)이다.

Table 3. The Number of Exceeding Rainfall

| No. | code | Rainfall | | | | | | | |
|---------|----------|----------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | 1mm~ | 2mm~ | 3mm~ | 5mm~ | 7mm~ | 10mm~ | 15mm~ | 20mm~ |
| 1 | 10014010 | 907 | 152 | 76 | 26 | 8 | 3 | 1 | 1 |
| 2 | 10014020 | 661 | 146 | 75 | 30 | 13 | 13 | 4 | 1 |
| 3 | 10014080 | 994 | 138 | 40 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 10014090 | 723 | 158 | 57 | 25 | 6 | 4 | 2 | 1 |
| 5 | 10014100 | 933 | 148 | 59 | 12 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| 6 | 10014110 | 989 | 170 | 75 | 25 | 8 | 5 | 0 | 0 |
| 7 | 10014120 | 1010 | 144 | 54 | 14 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 8 | 10014130 | 947 | 184 | 76 | 34 | 7 | 5 | 1 | 0 |
| 9 | 10014140 | 960 | 142 | 43 | 18 | 7 | 5 | 1 | 0 |
| 10 | 10014150 | 877 | 154 | 74 | 23 | 6 | 4 | 1 | 1 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| 194 | 13034010 | 861 | 125 | 32 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Average | | 835.9 | 185.0 | 83.6 | 31.8 | 11.3 | 6.5 | 1.9 | 0.9 |

Table 4. The Number of Optimal Exponent 'b's for Specified Rainfall Amount

| b | 1mm ~ | 2mm ~ | 3mm ~ | 5mm ~ | Jun. ~ Sep. | Average |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------------|---------|
| 0.0 | 35 | 32 | 31 | 30 | 42 | 32 |
| 0.2 | 12 | 5 | 5 | 0 | 10 | 6 |
| 0.4 | 9 | 4 | 4 | 4 | 10 | 5 |
| 0.6 | 16 | 9 | 2 | 2 | 19 | 7 |
| 0.8 | 15 | 6 | 4 | 1 | 17 | 7 |
| 1.0 | 14 | 11 | 6 | 1 | 19 | 8 |
| 1.2 | 15 | 11 | 10 | 8 | 16 | 11 |
| 1.4 | 12 | 20 | 13 | 4 | 14 | 12 |
| 1.6 | 8 | 7 | 5 | 10 | 8 | 8 |
| 1.8 | 8 | 4 | 6 | 3 | 5 | 5 |
| 2.0 | 9 | 9 | 6 | 9 | 6 | 8 |
| 2.2 | 6 | 8 | 10 | 3 | 2 | 7 |
| 2.4 | 3 | 7 | 7 | 7 | 5 | 6 |
| 2.6 | 3 | 7 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 2.8 | 5 | 6 | 2 | 7 | 2 | 5 |
| 3.0 | 2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 3.2 | 2 | 0 | 9 | 3 | 1 | 4 |
| 3.4 | 2 | 2 | 4 | 7 | 0 | 4 |
| 3.6 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | 2 |
| 3.8 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 |
| 4.0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 |
| 4.2 | 13 | 36 | 55 | 86 | 9 | 48 |

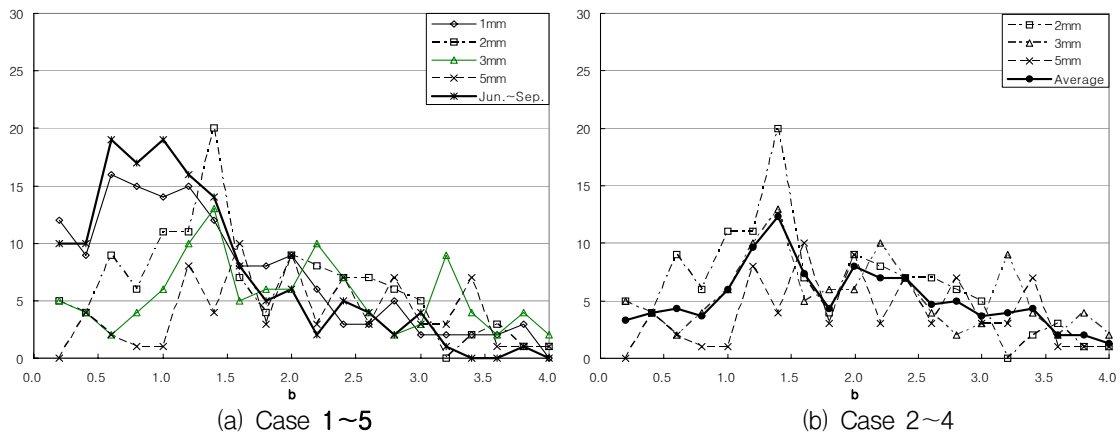


Fig. 3. The Number of Optimal Exponent 'b's for Specified Rainfall Amount

Fig. 3(a)를 보면 CASE 5는 CASE 1과 매우 유사하나, CASE 2~4와는 상이하다. 우량의 크기에 따라 최적 보정에 필요한 역거리가중법의 계수가 다르다는 것을 의미한다. 결과를 정리하면 한강권역 10분 자료에 대해 전체적인 호우사상을 보정할 경우에는 b값을 1.0(0.5에서 1.5사이)으로 선정하고, 어느 정도 큰 우량 값에 대해 결측 보정이 필요할 경우 b는 1.5나 2.0로 선정하는 것이 더 적절하다고 판단할 수 있다(Fig. 3(b)).

4.3 방법별 비교 평가

실시간 예보 시스템에 적용하기 용이한 우량 보정방

법은 서론에서 언급한 바와 같이 여러 가지가 있으나 그 중에서 시스템에 적용하여 운영하기가 용이한 산술 평균법, 역거리 가중법 및 상관계수 가중법에 대해 비교 평가를 실시하였다. 역거리 가중법의 경우, 지수 b는 앞에서 언급한 1.0과 1.5 뿐만 아니라 현재 시스템에서 주로 쓰이는 2.0을 추가하여 분석하였다, 또한 상관계수 가중법의 경우, 두 지점간 상관계수 산정시 두 지점 모두 0보다 큰 값을 가지는 우량자료만으로 계산하였다. Table 5는 해당 관측소 기준으로 4분위에 위치한 관측소와의 상관계수를 계산한 결과이다.

결측 우량 보정방법별 모의는 4.2절의 CASE와 동일

Table 5. Correlation Coefficients of Most Adjacent Quartile Observatories

| No. | Code | Name | 1st C.C. | 2nd C.C. | 3rd C.C. | 4th C.C. |
|---------|----------|------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 10014010 | Woljeongsa | 0.182 | 0.077 | 0.517 | 0.100 |
| 2 | 10014080 | Daegi | 0.472 | 0.114 | 0.356 | 0.377 |
| 3 | 10014090 | Gohan | - | 0.320 | 0.712 | 0.247 |
| 4 | 10014100 | Beoncheon | 0.559 | 0.582 | 0.294 | - |
| 5 | 10014110 | JinBu | - | 0.049 | 0.741 | 0.154 |
| 6 | 10014120 | HyeongGye | 0.517 | 0.304 | 0.443 | 0.390 |
| 7 | 10014130 | Jeongseon | - | 0.100 | 0.559 | 0.369 |
| 8 | 10014150 | SaBuk | 0.095 | 0.146 | 0.472 | 0.305 |
| 9 | 10014160 | MiTan | - | 0.247 | - | 0.264 |
| 10 | 10014170 | WangSan | 0.216 | 0.180 | 0.414 | 0.582 |
| . | . | . | . | . | . | . |
| 194 | 13024010 | SimPo | - | 0.378 | 0.080 | - |
| Average | | | 0.355 | 0.294 | 0.373 | 0.300 |

Table 6. Optimal Method

| Method | Rainfall | | | | |
|-------------|----------|------|------|------|---------------|
| | 1mm~ | 2mm~ | 3mm~ | 5mm~ | Jun.~ Sep. |
| AA | 15 | 11 | 12 | 8 | 33 |
| CCWM | 102 | 85 | 84 | 75 | 80 |
| IDWM(b=1.0) | 29 | 15 | 5 | 2 | 44 |
| IDWM(b=1.5) | 19 | 26 | 17 | 11 | 16 |
| IDWM(b=2.0) | 29 | 57 | 76 | 98 | 21 |

하게 수행하였다. 지점별로 RMSE가 최소가 되는 방법을 확인한 후, 방법의 분포를 산정하였다(Table 6, Fig. 4). 전체적으로 상관계수 가중법이 가장 좋은 결과를 얻었으며, 보정할 강우량의 값이 커질수록 지수 2.0을 사용한 역거리 가중법의 적용성이 높아졌다.

Figs. 5 and 6은 성남 지점의 CASE 1에 해당하는 결과이다. 우선 Fig. 5에서는 관측 우량과 모의된 보정 우량을 비교하였다. 5개 방법 동일하게 관측 우량이 작은 경우에는 관측 우량과 보정 우량이 비슷한 경향을 보이고 있으나, 관측 우량이 큰 경우는 보정 우량이 과소 모의되는 경향을 보인다. 이는 Fig. 6을 보면 더 확연히 알 수 있다. 본 연구에서 사용한 방법들이 모두 내삽의 개념을 이용하고 있으므로, 큰 우량에 대한 모의에서는 이러한 한계가 있을 수 밖에 없다. 이러한 내삽 보정의 한계를 극복하고 국지호우를 실시간 예보 시스템에 반영하기 위해서는 기상 및 강우 레이더와 같은 보조 관측 장비의 운영이 필요하다.

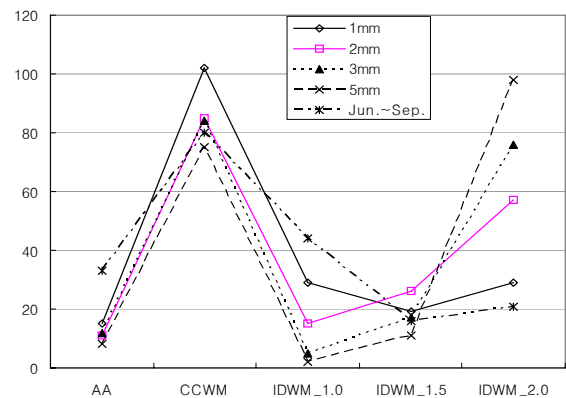


Fig. 4. Optimal Method

5. 결 론

한강권역 194개 우량관측소에 대해 가장 인접한 4분 위 우량관측소를 조사하였고, 이를 바탕으로 역거리 가중법의 적절한 지수 값에 대해 분석하였다. 또한, 이와는 별개로 실시간 예보 시스템에서 적용이 용이한 산술 평균법, 역거리 가중법 및 상관계수 가중법의 적용성에 대해 분석하였다.

- 1) 한강권역 10분 자료에 대해 호우사상별 역거리 가중법의 적용성에 대해 알아본 결과, 전반적인 호우사상(1mm이상 강우)을 보정할 경우의 b 값은 1.0이 적절하나, 홍수예경보시스템과 같은 큰 호우사상에 대해 분석하는 시스템에서 결측 보정을 실시할 경우는 b 값이 1.5나 2.0일 때 좋은 결과를 얻었다.
- 2) 수문자료 운영시스템에 적용하기가 용이한 산술 평균법, 상관계수 가중법 및 역거리 가중법에 대

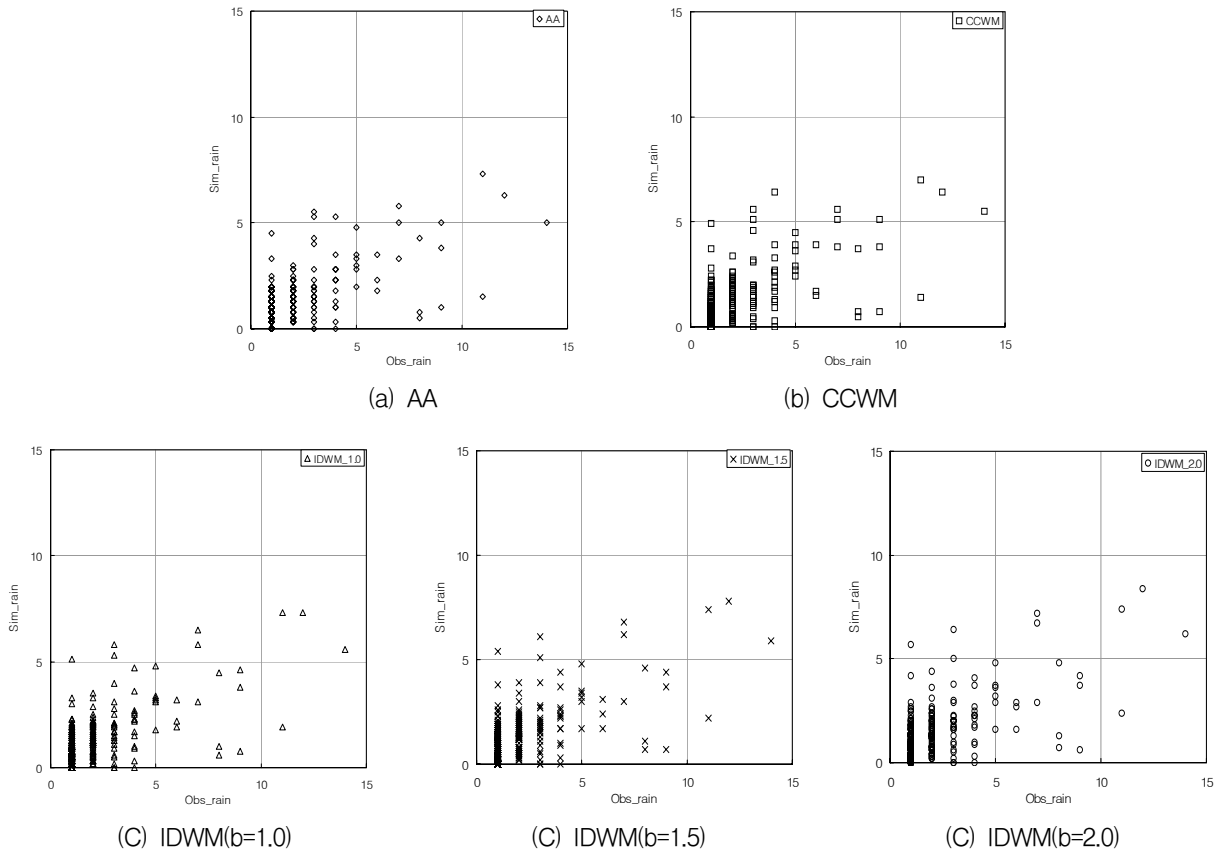


Fig. 5. Comparisons of Observed Rainfall and Simulated Rainfall

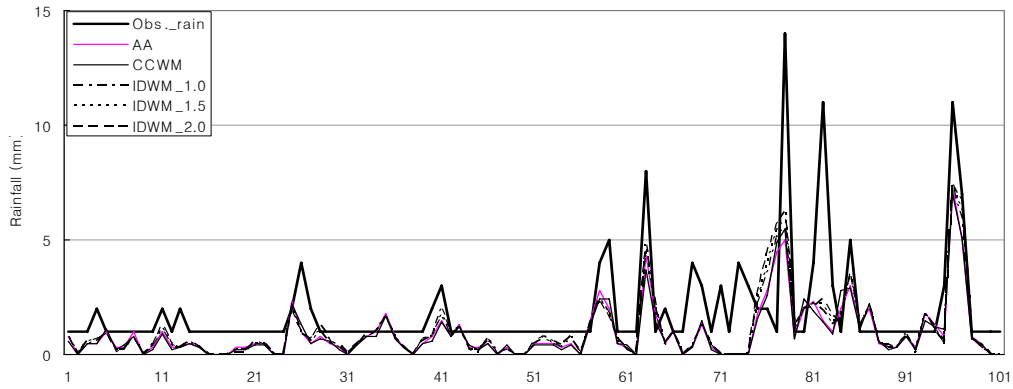


Fig. 6. Plot of Observed Rainfall and Simulated Rainfall

해 비교 평가를 실시하였다. 적은 우량을 포함한 전체 강우에 대해 보정할 때에는 상관계수 가중법의 적용성이 뛰어났으나, 우량값이 커질수록 역거리 가중법의 적용성이 높게 나타났다.

- 3) 작은 우량의 경우는 관측 우량과 보정 우량이 비슷한 경향을 보였으나, 관측 우량이 큰 경우를 모의할 시에는 내삽을 이용한 보정방법의 한계로 인해 전체적으로 보정 우량이 관측우량보다 과소 모의되었다.

한강권역의 경우는 10분 단위의 관측자료 운영을 2007년부터 실시하여 본 연구에서도 2007년 자료를 이용하여 분석을 실시하였다. 따라서 우량자료 분석에서는 지점은 많으나 자료의 기간이 짧은 편에 속한다.

우량자료 결측보정시스템 운영시 기존의 단순한 역거리가중법을 이용하는 것 보다는 시스템 운영자가 강우크기에 맞게 결측 보정방법을 선택할 수 있게 하는 것이 결측 보정효과를 높이는 방법이라는 것을 알 수 있었다.

또한, 우량 보정에 이용한 방법들이 모두 내삽의 개념을 이용하고 있으므로 모의에서 한계가 존재한다. 이러한 결점을 보완하기 위해서 기상 및 강우 레이더와 같은 보조 관측 장비의 운영 결과를 이용한 보정방법도 필요하다.

참 고 문 헌

김병식, 홍준범, 김형수, 최규현 (2007). “조건부 합성방법을 이용한 레이더 강우와 지상 강우자료의 조합.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제27권, 제3B호, pp. 255~265.

김응석, 김형수, 김중훈(1999). “점 강우량 결측시 보정 방법에 관한 비교 연구.” **한국수자원학회 학술발표회논문집**, 한국수자원학회, pp. 374~381.

김중훈, 김태균, 김응석 (1995). “산악지역을 고려한 점 강수량 결측시 보정방법.” **한국수자원학회 학술발표회논문집**, 한국수자원학회, pp. 169~172.

안상진, 김진국 (2003). “레이더 반사강도와 강우강도의 Z-R 관계식 산정.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제36권, 제1호, pp. 13~21.

안상진, 연인성, 김광일 (2000). “신경망을 이용한 강우 예측.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제20권, 제5-B호, pp. 711~722.

윤강훈, 서봉철, 신현석 (2004). “크리깅 기법을 이용한 낙동강 유역 홍수강우의 공간해석 연구.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제37권, 제2호, pp. 233~240.

이명우, 이봉희, 김형수, 심명필 (2006). “다중회귀분석을 이용한 강우량 결측치 보정.” **한국수자원학회 학술발표회논문집**, 한국수자원학회, pp. 775~779.

황세운, 박승우, 장민원, 조영경 (2006). “Co-kriging 기법을 이용한 일강우량 공간분포 모델링.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제8호, pp. 669~676.

Marshall, J. S. and W. McK. Palmer (1948). “The Distribution of Raindrops with Size.” *Journal of Meteorology*, Vol. 5, Issue 4, pp. 165-166.

(논문번호:07-131/접수:2007.11.20/심사완료:2009.01.16)