

낙동강유역 면적평균강우량 산정 기법에 대한 비교 연구

Comparative Study on Estimation of Areal Average Rainfall in Nakdong River Basin

이용신*, 나유진**, 방준세***
Yong Shin Lee, Yu Jin Na, Jun Se Bang

요 지

면적평균강우량을 정확하게 추정하는 것은 수문조사 결과로 생성된 수위-유량관계곡선 검증을 위한 연간 유출율 및 유황분석 시에 매우 중요하다. 면적평균강우량을 산정하는 방법은 일반적으로 산술평균법, 티센법, 등우선법 등이 있는데, 최근 실무에서는 GIS Tool을 이용하여 티센다각형을 작도하고 가중치를 산정하여 관측소별 강우량을 유효강우량으로 변환하여 이용하거나, 평지 또는 좁은 유역의 경우 산술평균법을 적용하고 있다. 그러나 티센법은 지형적인 영향을 고려할 수 없고, 산술평균법의 경우 우량계 밀도와 위치, 지형이 고려되지 못한다는 단점이 있기 때문에, 등우선법을 이용하여 면적평균강우량을 산정하는 것이 대부분 산악지역으로 이루어진 국내 현실에 가장 적합하다.

본 연구에서는 수문조사가 이루어지고 있는 낙동강 본류, 댐상류 등 13개 유역의 유역별 면적평균강우량을 각각 산술평균법, 티센법, 등우선법을 이용하여 산정하였다. 등우선도의 작성을 위하여 관측소별 강우량을 역거리가중법(IDW), RBF, Kriging 기법을 이용하여 강우량의 공간보간을 실시하였으며, 등우선 간격의 영향을 검증하기 위하여 각 보간법 별 등우선 간격을 10mm, 50mm, 100mm로 분할하여 면적평균강우량을 산정하였다. 각 면적평균강우량 산정기법 및 등우선 간격별로 산정된 면적평균강우량을 비교하였고, 유역면적 등에 따른 면적평균강우량의 변화특성을 분석하였다.

핵심용어 : 공간보간(Spatial Interpolation), IDW, RBF, Kriging

1. 서 론

면적평균강우량을 산정하는 방법은 일반적으로 산술평균법, 티센법, 등우선법 등이 있으나 실무에서는 대부분 티센법이나 산술평균을 적용하여 산정하고 있다. 강우량은 공간상에서 연속적인 특성을 가지고 있다고 볼 때 이러한 기법들은 강우량의 연속성에 중점을 둔 방법이라기 보다는 단순히 주어진 유역의 일차원적인 분할로 인한 가중치를 산정하는 과정이라 할 수 있다. 강우관측소 point에서 얻어지는 강우량 자료를 공간상에 분포하여 미지의 강우량을 예측하는 기법이 공간보간(Spatial Interpolation)으로 정의되며, 분포된 강우량을 이용하여 등우선도를 작성하고, 면적평균강우량을 산정하는 것이 강우의 공간적 연속성을 반영할 수 있으므로 정확도면에서 티센법이나

* 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 대리 · E-mail : ocean47@kwater.or.kr

** 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 차장 · E-mail : yujinna@kwater.or.kr

*** 정회원 · 한국수자원공사 경북지역본부 팀장 · E-mail : bangjs@kwater.or.kr

산술평균법보다 높다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 낙동강유역에 위치한 국토부와 수자원 공사 194개 관측소의 연우량을 이용하여 강우량의 공간보간(IDW, RBF Tension, RBF Regular, Universal Kriging)을 수행하였으며, 그 결과를 검증하고, 등우선을 작성하여 기존방법(티센법, 산술평균법)과 비교/분석하였다.

2. 본 론

2.1 공간보간 이론

2.1.1 IDW(역거리가중법) 기법

IDW(역거리가중법)은 공간적으로 인접한 지점 사이의값은 공통된 위치요인으로 인하여 유사성을 갖게 되는 반면 지점간 거리의 증가에 따라 이러한 유사성은 상대적으로 감소하게 된다는 것에 기초하며, 기본 수식은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (1)$$

여기서 $\hat{Z}(s_0)$ 는 위치 s_0 에서 우리가 예측하고자하는 값, N 은 관측지점의 수, λ_i 는 관측지점 s_i 에 사용할 가중치, $Z(s_i)$ 는 관측지점 s_i 에서의 관측값을 나타낸다. 위 식(1)에서 가중치 λ_i 는 거리가중가함에 따라 그 값이 줄어들게된다.

2.1.2 RBF 기법

RBF(Radial Basis Function)는 예측된 Z 값이 생성하는 표면의 곡률 총합이 최소가 되도록 미관측지점의 값을 예측하는 보간법이다. RBF는 관측된 최대값, 최소값보다 예측값이 크거나 작게 나타날 수 있으며, 고도데이터와 같이 공간상 완만하게 변화하는 데이터의 보간에 적합한 것으로 알려져있다(Johnston et al., 2001). RBF 보간법을 식으로 표현하면 다음 식 (2)와 같다.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N w_i \phi(\|s_i - s_0\|) + w_{n+1} \quad (2)$$

여기서 $\|s_i - s_0\|$ 는 예측지점 s_0 와 각 관측지점 s_i 와의 거리 r 을 나타내며, ϕ 는 radial basis function을 나타낸다. $\{w_i: i=1,2, \dots, n+1\}$ 는 각 관측값에 대한 가중치이며, w_{n+1} 은 평향(bias) 파라미터를 뜻한다. ϕ 의 구성방법에 따라 completely regularized spline function, spline with tension function, multiquadric function, inverse multiquadric function, thinplate spline function 등으로 구분된다(Johnston et al., 2001).

2.1.3 Kriging 기법

크리깅(kriging)은 미관측 지점의 값을 이미 알고 있는 주위의 값들을 가중선형조합으로 예측하는 기법으로, 기본적인 수식 표현은 앞의 식(1)과 동일하다. 여기서 가중치는 거리에 따른 함수로 예측값과 참값 사이의 오차가 최소가 되도록 결정되며 많은 경우에 추정값이 편향되지 않아야 한다는 조건을 추가하여 그 값을 결정한다(최종근, 2002). 크리깅 기법에는 단순 크리깅, 정규 크

리깅, 일반 크리깅, 구역 크리깅, 공동 크리깅 등 다양한 종류가 있으나 본 연구에서는 평균이 갖는 공간적 추세를 제거한 잔차를 이용하여 베리오그램을 추정한 후 이를 이용하여 미관측 지점의 값을 예측하는 방법인 일반 크리깅 기법을 적용하였다.(조홍래 정종철, 2006)

2.2 공간보간 기법의 검증

앞서 소개한 공간보간기법들의 정확도를 검증하기 위하여 낙동강유역에 위치한 194개 관측소 중에서 수자원공사에서 관리하고 있는 고선, 가사, 삼가, 임천, 운문댐의 5개 관측소 자료를 제외하여 각 기법별로 공간보간을 실시하였고(대상관측소 그림 1참조), 그 결과를 표 1과 같이 실측값과 비교하였다.

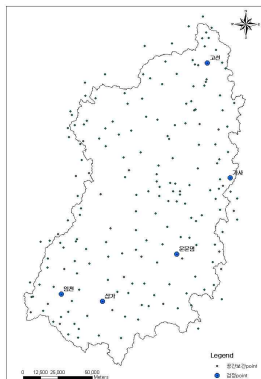


그림 1. 대상 관측소

표 1. 공간보간 기법 검증결과

| NAME | Rainfall (mm) | IDW | | RBF Regular | | RBF Tension | | Univ. Kriging | |
|---------|---------------|-------|-------|-------------|--------------|-------------|-------|---------------|-------|
| | | value | dev | value | dev | value | dev | value | dev |
| 고 선 | 1,147 | 1,012 | 135 | 1,962 | -815 | 1,353 | -206 | 1,124 | 23 |
| 가 사 | 822 | 825 | -3 | 1,219 | -397 | 990 | -168 | 905 | -83 |
| 삼 가 | 896 | 696 | 200 | 568 | 328 | 609 | 287 | 657 | 239 |
| 임 천 | 658 | 765 | -107 | 736 | -78 | 696 | -38 | 692 | -34 |
| 운문댐 | 801.5 | 770 | 32 | 790 | 12 | 772 | 30 | 751 | 51 |
| std.dev | | | 265.8 | | 967.3 | | 394.1 | | 261.2 |

* RBF Regular : completely regularized spline function,
 * RBF Tension : Spline with Tension Function

5개 관측소의 연우량값을 이용하여 검증한 결과 알려진 바와 같이 Kriging기법이 가장 정확한 결과를 보였으며, RBF Regular(completely regularized spline function)기법은 다른 기법에 비해 불확실도가 매우 높은 것으로 확인되었다.

2.3 공간보간 기법을 이용한 등우선도 작성

낙동강유역내 수자원공사에서 수문조사를 실시한 20개 수위관측소 중에서 가장 큰 유역면적을 가지는 삼랑진 지점에 대하여 공간보간 기법을 활용하여 등우선을 작성하였다. 공간보간기법은 IDW와 RBF Tension, RBF Regular 및 Universal Kriging기법을 적용하였으며 이때, 등우선도의 간격이 면적평균강우량에 미치는 영향을 함께 확인하기위해 등우선의 간격을 각각의 기법별로 10mm, 50mm, 100mm간격으로 변경하여 등우선도를 작성하였다.

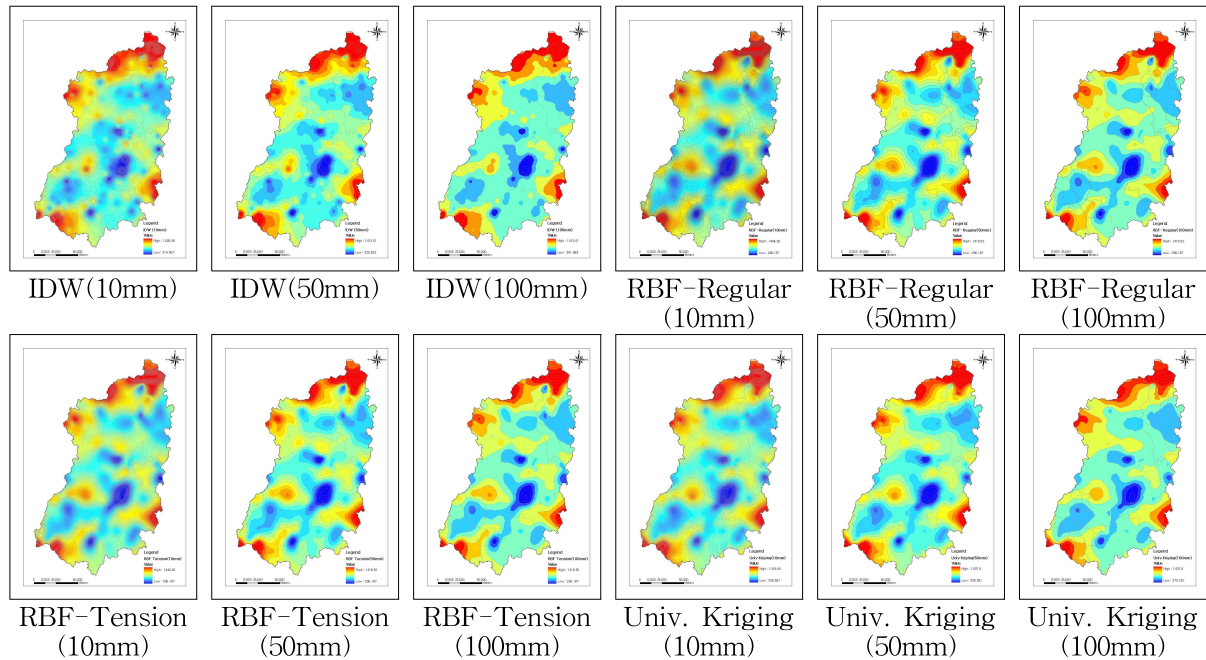


그림 2. 공간보간기법별 등우선 간격별 등우선도

2.4 면적평균강우량의 산정

공간보간법을 이용하여 작성한 등우선을 이용하여 등우선법에 의한 면적평균강우량과 산술평균 및 티센법에 의해 산정된 면적평균강우량을 낙동강유역 13개 지점에 대하여 적용하였다.

표 2. 기법별 면적평균강우량

| | UM | Thiessen | IDW | | | RBF-Regular | | | RBF-Tension | | | Universal Kriging | | |
|-----|--------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|-------------|-------|-------|-------------------|-------|------------|
| | | | 10 | 50 | 100 | 10 | 50 | 100 | 10 | 50 | 100 | 10 | 50 | 100 |
| 거창1 | 858 | 799 | 799 | 797 | 797 | 794 | 792 | 792 | 789 | 790 | 788 | 791 | 790 | 787 |
| 대리 | 1,097 | 1,094 | 1,041 | 1,037 | 1,029 | 1,122 | 1,125 | 1,119 | 1,110 | 1,111 | 1,108 | 1,085 | 1,083 | 1,083 |
| 도산 | 1,018 | 1,071 | 1,037 | 1,037 | 1,031 | 1,117 | 1,119 | 1,118 | 1,078 | 1,072 | 1,071 | 1,056 | 1,055 | 1,053 |
| 밀양2 | 914 | 879 | 863 | 861 | 856 | 889 | 888 | 886 | 880 | 880 | 877 | 877 | 876 | 874 |
| 산형 | 808 | 751 | 772 | 771 | 767 | 761 | 760 | 761 | 757 | 759 | 760 | 763 | 765 | 763 |
| 삼랑진 | 809 | 793 | 793 | 790 | 792 | 808 | 807 | 808 | 796 | 796 | 797 | 793 | 794 | 795 |
| 소천 | 1,123 | 1,136 | 1,096 | 1,097 | 1,090 | 1,194 | 1,192 | 1,186 | 1,152 | 1,142 | 1,138 | 1,127 | 1,126 | 1,122 |
| 신안 | 825 | 805 | 788 | 786 | 780 | 831 | 828 | 828 | 818 | 819 | 817 | 793 | 793 | 793 |
| 임천 | 824 | 818 | 844 | 841 | 838 | 846 | 841 | 845 | 840 | 840 | 838 | 847 | 845 | 844 |
| 적포포 | 798 | 789 | 789 | 785 | 788 | 809 | 809 | 810 | 793 | 793 | 794 | 788 | 789 | 791 |
| 황촌 | 1,052 | 1,062 | 1,033 | 1,030 | 1,022 | 1,048 | 1,046 | 1,042 | 1,044 | 1,045 | 1,040 | 1,045 | 1,041 | 1,037 |
| 황송 | 683 | 702 | 718 | 702 | 715 | 679 | 679 | 686 | 698 | 700 | 702 | 710 | 715 | 712 |
| 함양 | 659 | 729 | 755 | 753 | 748 | 703 | 704 | 700 | 725 | 727 | 728 | 742 | 743 | 747 |

* UM : Unweighted Mean Method(산술평균법)

3. 결 론

면적평균강우량 산정을 위하여 공간보간법을 활용한 등우선법을 적용하였다. 면적평균강우량은 참값이 없는 미지의 값이므로 정확하게 그 정확도를 평가하기 어려워 상대적으로 산정된 결과를 바탕으로 그 경향을 검토하였으며, 그 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

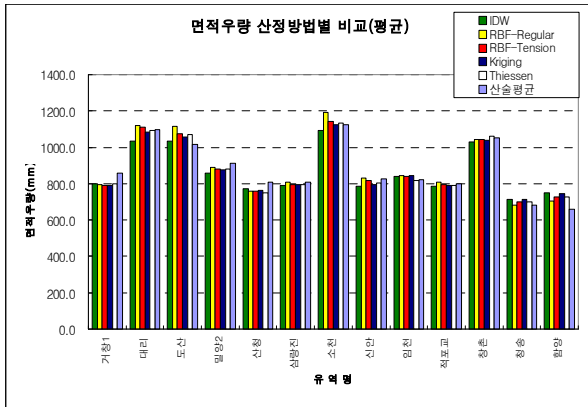


그림3. 면적우량 산정방법별 비교

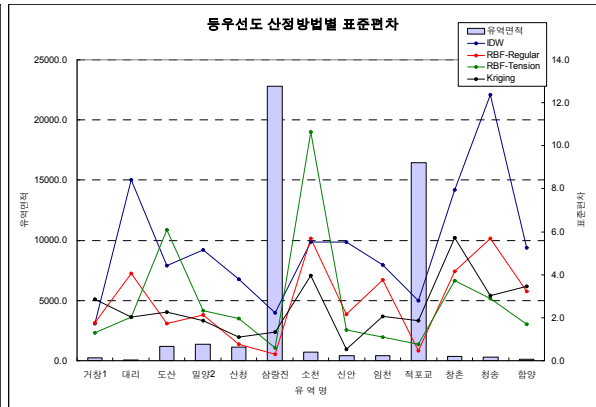


그림4. 등우선 간격에 따른 면적평균강우의 표준편차

1. 산술평균법과 티센법은 유역면적에 영향을 미치는 관측소의 강우량에 의해 완전히 지배되어 면적평균강우량의 크기의 변화가 심하며, RBF-Regular 기법의 경우 공간보간기법 검증에서 나타난 바와 같이 다소 과대산정되는 경향이 있다. 역거리가중법(IDW)은 이와 반대로 과소하게 산정되는 경향을 보이고 있으며, RBF-Tension과 Universal Kriging에 의한 결과가 가장 안정적인 경향을 나타내고 있다.(그림3, 그림4 참조)
2. 등우선 간격에 의한 영향을 검토한 결과 Universal Kriging기법에서 등우선간격에 의한 영향이 가장 적었으며, RBF-Tension 기법과 역거리가중법(IDW)에서 그 편차가 심한것을 확인하였다. 또한 유역면적이 넓을수록 등우선 간격에 의한 영향이 줄어드는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

강우량의 공간분포의 반영이라는 측면에서, 그리고 실제 모의결과에서 확인할 수 있듯이 공간보간기법(Spatial Interpolation)을 활용한 면적평균강우량의 산정기법이 산술평균법이나 티센법에 비해 신뢰도가 높다는 것을 알 수 있다. 또한 등우선 작성에 있어서 등우선 간격의 영향, 공간보간기법의 검증결과에서도 Universal Kriging기법이 가장 안정적이며 정확한 결과를 제공하고 있음을 확인하였다. 추후 각 유역별 유출율을 산정된 면적평균강우량을 이용하여 계산·검토하여 유출율에 미치는 면적평균강우량의 영향을 검토하여 면적평균강우량 신뢰도 검증을 위한 연구가 수행되어야 할 것이다.

감 사 의 글

본 연구는 한국수자원공사 수자원·환경기초조사의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 조홍래, 정종철(2006). 강우자료에 대한 공간보간 기법의 적용, The Journal of GIS Association of Korea.
2. 유철상, 김성준, 하은호(2002). 면적평균강우량의 추정오차와 유출에의 전파연구, 한국과학재단
3. 이태희, 정재준(2005), 보간과 회귀를 위한 일반크리깅 모델, 대한기계학회 논문집