

한강 유역에서의 강우 지역빈도 해석 방법의 비교 연구

Comparative Study of Regional Frequency Analysis Methods of Rainfall in Han River Basin

엄명진*, 임승택**, 남우성***, 조원철****, 허준행*****

Myoung-Jin Um, Seung Teak Lim, Woo-Sung Nam, Woncheol Cho, Jun-Haeng Heo

요 지

본 연구에서는 한강유역 109개 지점의 강우관측소에서 관측된 지속기간별 연최대강우량을 기본으로 각 지속기간별 L-모멘트값을 산정하고, 한강유역에 적합한 빈도해석기법을 정의하기 위하여 지역구분을 실시하였다. 지역구분을 위한 군집분석을 수행하기 위하여 각 지점별 기상학적 인자와 지형학적 인자를 변수로 사용하였다. 군집분석 기법인 Ward, 평균연결법, Fuzzy-c means, Two-Step방법을 이용하여 지역구분을 실시하였다. GIS를 이용하여 각 방법들을 이용하여 군집된 결과를 도시한 결과 Fuzzy-c means방법으로 구분된 지역구분이 적합한 것으로 나타났다. 또한 구분된 지역의 동질성 여부를 판단하고 적정 분포형을 선정하였으며 지점빈도해석 및 지역빈도해석을 통하여 빈도별 확률 수문량을 산정하였다. 산정된 결과의 정확도 알아보기 위해 모의발생을 시킨 후, 각 기법별로 산정된 상대 평균 제곱근 오차(Relative Root Mean Square Error, RRMSE)를 비교 분석한 결과 대체적으로 지수홍수법과 계층적 방법이 낮은 RRMSE를 나타냈다. 따라서 한강유역에서는 지수홍수법과 계층적 방법을 적용한 지역빈도해석이 적합한 것으로 판단된다.

핵심용어 : 군집분석, 지역빈도해석, 상대 평균 제곱근 오차

1. 서 론

지점 빈도해석은 자료수가 부족할 때 확률 수문량을 산정하는데 있어 정확도가 떨어지는 단점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 보완할 수 있는 방법인 지역빈도 해석 방법은 우리나라와 같이 자료수가 부족하거나 미 계측 지점에서에서 효율적이고 안정적으로 확률 수문량을 산정할 수 있다(이동진과 허준행, 2001; Institute of Hydrology, 1999). 지수홍수법을 이용한 지역빈도해석을 적용하기 위해 정해진 지역의 모든 지점들이 동일한 수문학적 특성을 가진다고 간주할 경우 서로 다른 지점들의 공간 특성으로 인하여 지점 간의 이질성이 증가하여 정확도가 떨어질 수 있는 단점을 가지고 있다(Gabriele, 1991; 김경덕과 허준행, 2007). 지점들의 이질성을 줄이고 정확도를 높이는 지역빈도해석 방법으로 계층적 방법(Hierarchical Method)이 있다. 따라서 본 연구에서는 한

* 정회원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · E-mail : movie21@yonsei.ac.kr
** 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail : alano1@yonsei.ac.kr
*** 정회원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정 · E-mail : nws77@yonsei.ac.kr
**** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수 · E-mail : woncheol@yonsei.ac.kr
***** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수 · E-mail : jheo@yonsei.ac.kr

강유역에 대하여 군집분석을 실시하였고, 군집화된 지역에 지점빈도해석 방법 및 지역빈도해석 방법(지수홍수법, 지역형상추정법, 계층적 방법)을 적용하여 비교분석하였다.

2. 대상지역 선정 및 기본자료 구축

본 연구에서는 전체 한강유역 중 고미탄천, 금강산댐, 임진강 상류, 임진강 하류, 평화의 댐, 한탄강 유역을 제외한 18개의 소유역을 대상지역으로 선정하였다. 이들 유역에는 기상청(Korea Meteorological Administration) 산하 8개의 강우 관측소, 국토해양부(Land Maritime Affairs) 산하 59개의 강우관측소와 수자원공사(Korea Water Resource Corporation) 산하 42개의 강우 관측소를 보유하고 있으며 Fig. 1과 같이 도시하였다. Table 1은 각 소유역에 대한 강우 관측소 보유 현황을 나타내었다. 각 강우 관측소에서 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 9시간, 12시간, 24시간에 대한 지속시간별 연 최대 강우량을 기본 자료로 구축하였다.

대상지역의 지역화(Regionalization)를 수행하기 위해 기상학적 및 지형학적 인자를 군집분석을 위한 변수로 선정하였다. 기상학적 인자로는 지속시간별 연 최대 강우량의 평균(Mean), 변동계수(Coefficient of Variance), 왜곡도 계수(Skewness)와 7월~9월까지의 평균 강우량을 사용하였으며, 지형학적 인자로는 각 관측소 지점의 경도, 위도, 고도를 변수로 선정하였다.

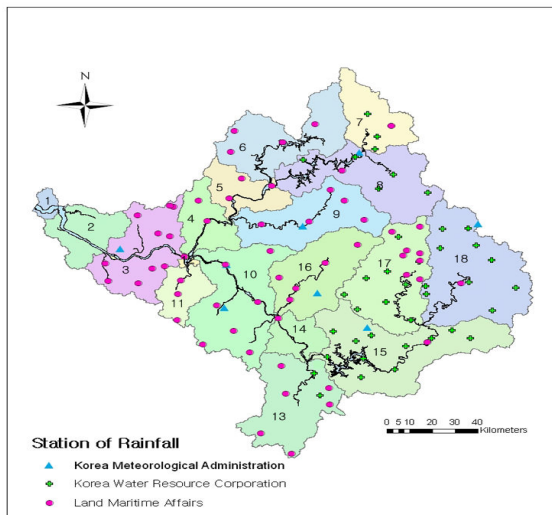


Fig. 1 Weather stations in Han River Basin

Index	Name of Subregion	KMA	KWRC	LMA
1	한강하류	0	0	0
2	한강고양	0	0	0
3	한강서울	1	0	10
4	청평댐	0	0	2
5	의암댐	0	0	3
6	춘천댐	0	0	4
7	인북천	0	4	1
8	소양강	1	6	1
9	홍천강	1	0	5
10	남한강하류	2	0	7
11	경안천	0	0	3
12	팔당댐	0	0	1
13	달천	1	2	6
14	충주댐하류	0	0	1
15	충주댐	0	11	1
16	삼강	1	0	5
17	평창강	0	9	8
18	남한강상류	1	10	1
Total		8	42	59

Table 1 Summary of weather stations for subregion

3. 군집분석

본 연구에서는 Ward, 평균연결법(ALM), Fuzzy-c means, Two-Step등의 군집분석기법을 적용하여 대상지역을 지역화 하였다. 그러나 지역구분된 지점들을 Fig.2에 도시화한 결과 Ward, 평균연결법, Two-Step기법인 경우 동질성을 갖는 지점들의 군집 형태가 명확하지 않는 것으로 나타났으며, Fuzzy-c means인 경우 지역 경계지점을 제외하고는 명확한 결과를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 대상지역인 한강유역에 적합한 군집분석방법으로 비계층적 방법인 Fuzzy-c means기법이 가장 적합하다고 판단된다.

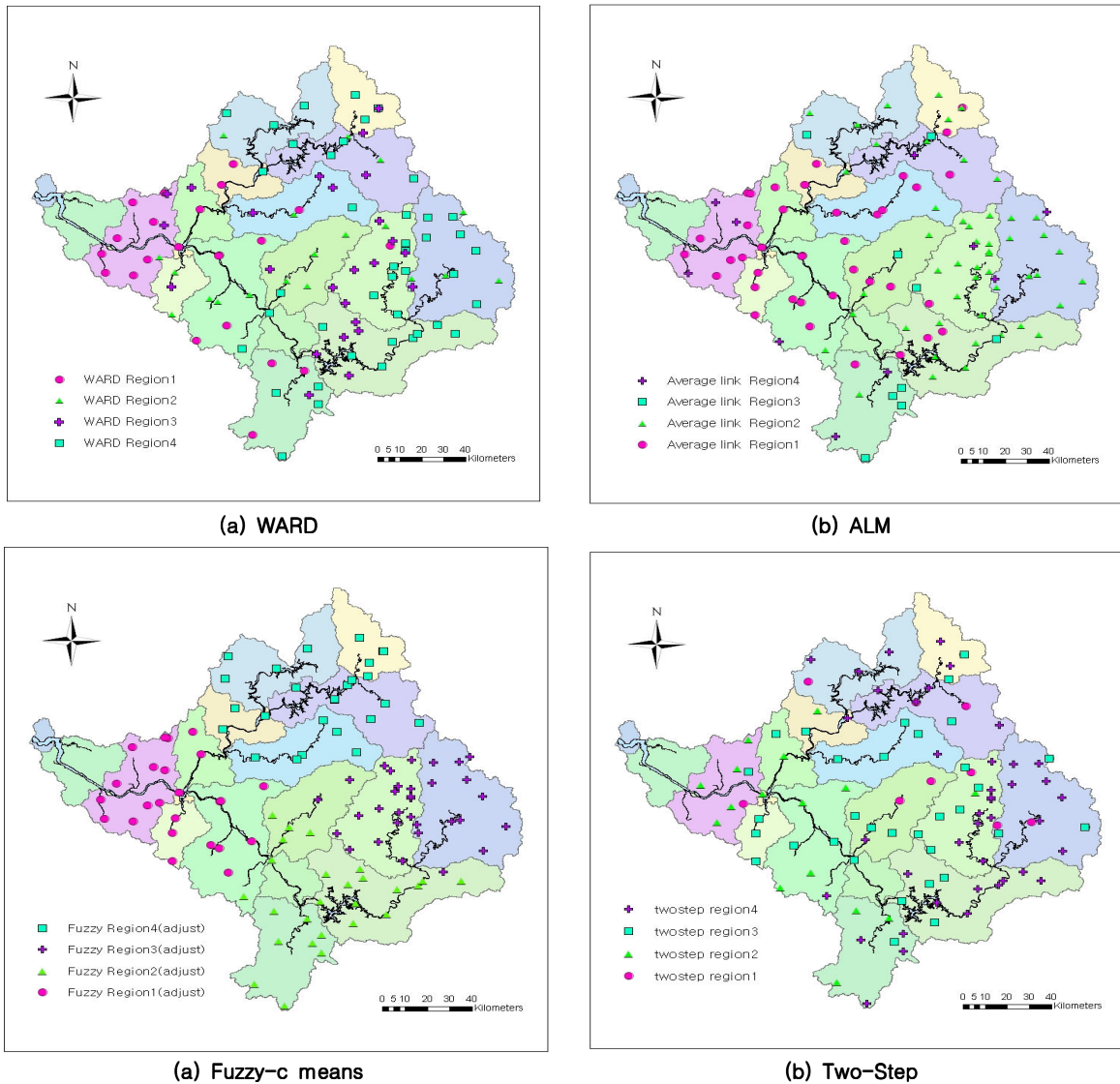


Fig. 2 Regionalization of each method

4. 동질성 검토 및 적정 확률 분포형 선정

동질지역에서 이산도를 추정하기 위한 이질성 척도 H 는 자료의 이산도(Dispersion)를 모의 발생 시킨 평균과 이산도의 차, 그리고 모의 발생시킨 표준편차의 비로 정의한다(Hosking, 1990). H 값이 $H < 1$ 이면 동질한 지역이고, $1 \leq H \leq 2$ 이면 이질성 지역일 가능성이 있는 지역이고, $H \geq 2$ 이면 이질성 지역으로 분류된다고 제시하였다. Table 2와 같이 군집화한 지역의 이질성 척도 H_1, H_2, H_3 을 산정한 결과 Region IV의 지속기간 1hr을 제외하면 모두 동질한 것으로 나타났다. 따라서 지역빈도분석 방법(지수홍수법, 지역형상추정법 및 계층적 방법)을 수행하는데 문제가 없는 것으로 판단된다.

Table 2 Summary of heterogeneity measure

Region	Duration of Annual Maximum Data							
	H	1hr	2hr	3hr	6hr	9hr	12hr	24hr
I	H1	-1.12	-0.98	-0.94	-2.34	-3.05	-3.49	-2.77
	H2	-2.64	-2.07	-2.29	-2.70	-2.40	-2.48	-1.68
	H3	-3.30	-2.77	-2.59	-3.04	-2.36	-2.44	-2.78
II	H1	-0.32	-0.42	-0.21	-0.89	-1.27	-1.27	-2.23
	H2	-1.78	-2.79	-2.00	-2.74	-2.11	-2.38	-2.31
	H3	-2.56	-3.46	-2.39	-3.22	-2.46	-3.12	-2.56
III	H1	-1.21	-1.59	-1.41	-1.36	-1.66	-1.92	-2.38
	H2	-1.11	-1.61	-1.60	-2.31	-2.28	-2.84	-3.73
	H3	-2.16	-2.35	-2.71	-3.21	-3.40	-3.59	-4.85
IV	H1	1.32	0.86	0.05	-0.27	-0.37	-0.53	-1.94
	H2	-0.14	-1.21	-1.54	-1.78	-1.55	-1.76	-2.33
	H3	-0.89	-2.08	-2.3	-2.73	-2.37	-2.79	-2.83

동질성을 가진 지역내 각 지점들에 대하여 가장 적합한 분포형을 선정하는 척도로서 적합도를 나타내는 Z를 사용한다, 동질성을 가진 지역내 각 지점별 L-모멘트의 평균은 지역의 특성을 충분히 대표하므로 검정하고자 하는 확률분포형의 모멘트가 이들 평균값들과 일치하는가를 검정함으로써 적정 확률 분포형을 산정한다. 또한 신뢰구간 90%를 고려하여 적합성 인정의 최소기준은 $|Z_{DIST}| \leq 1.64$ 와 같다(Hosking 과 Wallis, 1997). 본 연구에서는 적정 분포형 산정을 위하여 다음과 같이 Generalized Extreme Value(GEV), Lognormal, Pearson Type III(PTIII), Generalized Pareto(GPA), Generalized logistic(GLO) 등의 확률분포형을 적용하여 매개변수를 추정하고 적합도 검정을 수행하였다. Table 3은 각 지역의 지속기간에 대한 적합성 척도 결과를 나타낸 것이다. 지속기간별 적합성 척도를 비교한 결과 GLO 분포형이 각 지역의 지속기간별에 대하여 적합도 척도를 대부분 만족하는 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서의 대상지역인 한강유역에서 GLO 분포형이 적정 분포형으로 선정하는 것이 적합하다고 판단된다.

Table 3 Summary of goodness-fit-measure

Region	Distribution	Duration of Annual Maximum Data						
		1hr	2hr	3hr	6hr	9hr	12hr	24hr
I	GLO	0.67	-0.61	-1.67	0.04	0.75	0.76	2.37
	GEV	-1.49	-2.32	-3.26	-1.60	-0.95	-0.88	0.78
	L_Normal	-1.65	-2.66	-3.67	-2.05	-1.43	-1.40	0.09
	PTIII	-2.24	-3.40	-4.51	-2.94	-2.39	-2.40	-1.15
	GPA	-6.13	-6.18	-6.91	-5.41	-4.89	-4.74	-3.12
II	GLO	-0.51	-0.24	0.15	0.15	0.02	0.63	1.07
	GEV	-2.46	-2.30	-1.86	-1.73	-1.90	-1.35	-0.65
	L_Normal	-2.52	-2.30	-1.93	-1.90	-2.03	-1.49	-1.01
	PTIII	-2.96	-2.69	-2.40	-2.46	-2.54	-2.03	-1.80
	GPA	-6.57	-6.57	-6.12	-5.81	-6.03	-5.60	-4.55
III	GLO	-3.15	-1.99	-1.12	-1.10	-0.90	-0.42	-0.05
	GEV	-4.88	-4.02	-3.20	-3.01	-2.79	-2.27	-1.53
	L_Normal	-5.29	-4.23	-3.37	-3.30	-3.09	-2.62	-2.17
	PTIII	-6.15	-4.87	-3.97	-4.02	-3.83	-3.40	-3.35
	GPA	-8.84	-8.42	-7.69	-7.24	-6.99	-6.43	-5.14
IV	GLO	-0.67	-0.37	-0.10	-0.32	0.83	1.24	1.35
	GEV	-2.52	-2.18	-1.94	-1.98	-1.06	-0.65	-0.32
	L_Normal	-2.70	-2.39	-2.16	-2.31	-1.33	-0.96	-0.8
	PTIII	-3.26	-2.99	-2.78	-3.03	-2.03	-1.71	-1.74
	GPA	-6.53	-6.13	-5.98	-5.73	-5.24	-4.87	-4.21

5. Monte Carlo 모의 실험

Monte Carlo 모의 실험은 실측값을 이용하여 확률분포형의 매개변수를 추정한 후, 이를 적정분포형에 적용하여 얻어진 Quantile 값과 확률분포형의 특성에 맞게 모의 발생을 통하여 매개변수를 추정하고 적정분포형에 적용하여 얻어진 Quantile 값에 대한 재현기간별 상대평균제곱근오차(RRMSE)를 비교분석함으로써 적합한 해석기법을 정의하고자 하는 것이다. 본 연구에서는 대상 지점에 GLO 분포형을 적용하여 지점빈도해석과 지역빈도해석 기법별로 모의수행을 하여 얻어진 RRMSE 중 재현기간 10년 이상의 값을 비교한 결과 지수홍수법, 지역형상추정법, 계층적방법이 각각 45개 지점, 7개 지점, 57개 지점이 적합한 것으로 나타났다.

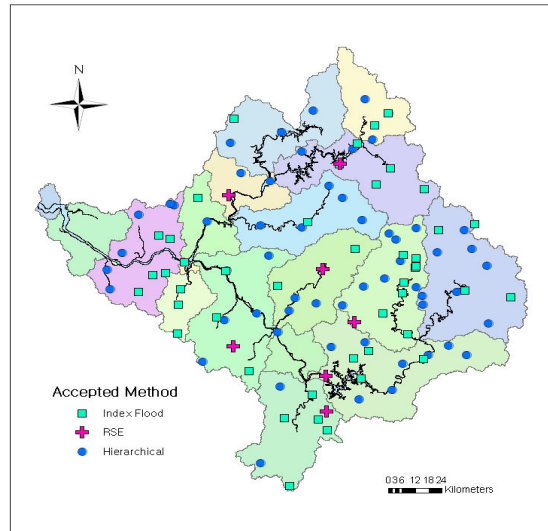


Fig. 3 Appropriate method of station

6. 결론

본 연구는 한강 유역 109개 강우 관측소의 시우량 자료 등을 이용하여 한강 유역에 적합한 군집해석 기법 및 지역빈도해석 기법을 추정하는 연구이다.

군집해석 결과 비계층적 방법인 Fuzzy-c means 기법의 군집형태가 다른 군집(WARD, ALM 및 Two-Step)에 비하여 군집화가 잘된 것으로 나타났다. 그리고 지속기간별 시우량 자료에 대하여 적합도 검정을 수행한 결과 한강유역에 대하여 GLO 분포형이 적정 분포형인 것으로 산정되었다. 대상지역에 대하여 빈도해석 기법별로 Monte Carlo 모의 실험한 결과 대체적으로 지수홍수법과 계층적 방법이 낮은 RRMSE를 나타냈다. 따라서 한강유역에서는 지수홍수법과 계층적 방법을 적용한 지역빈도해석이 적합한 것으로 판단되며 기존의 지점빈도해석 방법을 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김경덕, 허준행(2007), “모의실험을 통한 지수홍수법의 수행능력 해석 연구”, *대한토목학회논문집*, 제27권 제1호, pp. 9-20.
2. 이동진, 허준행(2001). “L-모멘트법을 이용한 한강유역 일강우량자료의 지역빈도해석”, *수자원학회논문집*, 제34권 제2호, pp. 119-130.
3. Gabriele, S. G. and Arnell, N. (1991). "A Hierarchical Approach to Regional Flood Frequency Analysis", *Water Resources Research*, Vol. 27, No. 6, pp. 1281-1289.
4. Institute of Hydrology(1999). Flood estimation handbook, *Institute of Hydrology*, Wallingford, UK.