

연강수량 및 클러스터 기법에 의한 강수의 지역화 분석

Regional Analysis of Precipitation using Mean Annual Precipitation and Cluster Methods

이 순혁 · 맹 승 진* · 류 경 식 · 지 호 근 (충북대)

Lee, Soon Hyuk · Maeng, Sung Jin · Ryoo, Kyong Sik · Jee, Ho Keun

Abstract

A total of 65 rain gauges with Automatic Weather Station(AWS) were used to regional analysis of precipitation. Nine cluster regions were identified using geographical locations, maximum, mean, standard deviation of 1 day maximum rainfalls, mean annual precipitation and rainfall of rainy season in Korea. The mean annual precipitation, geographical locations, and the synoptic generating mechanisms were used to identify the five climatological homogeneous regions in Korea. Number of final regions by mean annual precipitation and cluster methods divided into five regions in Korea.

I. 서론

수리구조물의 설계, 운영, 관리 및 개·보수 측면에서 신빙성 있는 빈도별 수문량, 즉 지속기간에 따른 빈도별 극치강우량의 제시가 매우 중요하다. 그러나 우리나라는 대부분의 수리구조물의 설계제원이 인근 관측지점의 수문량을 사용하기 때문에 설계제원의 신빙성이 낮다고 할 수 있다. 그리고, 설계지점의 과거 자료를 사용하여 설계를 할 지라도 관측지점의 자료가 짧고 표본오차가 크다면 이것 역시 설계제원으로 사용하기에는 부적절하다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하는 한 방법으로 지역빈도분석을 실시하며 이러한 분석 과정 중 우선시 되는 것이 바로 선정된 강우관측소들에 대한 동질한 강우관측소간의 지역화라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 강우관측소 지점들의 지역화를 위해 2가지 방법을 사용하였다. 하나는 비계층적(Nonhierarchical) 방법인 K-Means 클러스터 방법이고 다른 하나는 강우관측소별 연평균우량(Mean Annual Precipitation, MAP)을 변수로 하여 강우관측소들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역(Climatologically Homogeneous Region, CHR)으로 구분하는 방법⁷⁾이다.

또한, 본 연구에서는 상기의 2가지 방법에 의해 지역화된 강우관측소 지점들과 각 강우관측소들의 가능일최대강우량(Probable Maximum Precipitation, PMP)을 연일최대강우량의 값을 표본으로 하여 모집단의 값을 추정하는 통계적 방법을 사용하여 추정하고, 이를 Kriging 기법^{6,10)}에 의해 도시한 우리나라의 가능일최대강우량도와 대비시켜 비교하고자 한다.

II. 강우자료 및 분석방법

1. 강우자료

우리나라 강우관측소의 지역화 분석을 위하여 자동기상관측장비(AWS, Automatic Weather Station) 시설을 갖춘 강우관측소인 기상청산하 강우관측소 65개를 선정하였다. 선정된 강우관측소에서 관측된 시강우량 자료는 한국건설기술연구원의 수문 데이터 베이스로부터 수집하였고 지리학적 인자인 위도, 경도 및 표고는 기상월보 등에 의해 수집하였다.

2. 분석방법

가. 우리나라의 강우 관측소 지점을 선정한다.

기상청에서 관리하는 전국의 강우관측소들 중 자동기상관측장비 시설을 갖춘 지점을 선정한다.

나. 선정된 강우 관측소의 강우자료를 지속기간별 연최대치 계열로 구성한다.

지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간에 대한 시계열을 구성한다.

다. 각 강우관측소의 연최대일강우량의 최고치, 평균치, 표준편차와 같은 단기강우특성과 연평균 강우량, 우기평균 강우량(6월 21일 ~9월 15일)과 같은 장기강우특성, 그리고 지리적 위치인 위도, 경도 및 표고와 같은 지리·지형적 특성을 변수화하여 클러스터분석에 의하여 지역화 한다.

라. 각 강우 관측소별 연평균강우량에 대한 변동계수와 왜곡도계수를 구한다.

지속기간별 연최대 강우 자료에 대한 변동계수 공간 분산도(Spatial Variation Diagram) 및 왜곡도계수 공간 분산도를 작성한다.

마. 각 강우관측소별 연평균우량과 '라'항에서 작성된 2개의 공간분산도를 분석하여 선정된 강우관측소들을 기상학적으로 동질한 지역들로 구분한다.

바. '다'항과 '마'항에 의해 지역화된 강우관측소의 동질성 검정을 위해 불일치 척도(D_i)를 구하여 최종적으로 기상학적 및 지형학적으로 동성인 권역으로 지역화 한다.

사. 가능일최대강수량을 Hershfield의 통계적 방법에 의해, 선정된 강우관측소별로 유도하여 가능일최대강수량도를 작성하고 '마'항의 지역화 결과와 비교한다.

III. 결과 및 고찰

1. 클러스터 분석에 의한 지역화

클러스터 분석은 크게 계층적(Hierarchical) 방법과 비계층적(Nonhierarchical) 방법으로 구분된다. 본 분석에서는 비계층적 방법인 K-Means 클러스터 알고리즘을 사용하여 강우관측소 지점들을 수개의 지역들로 나누었다.

지역화 분석을 위하여 본 연구에서 사용된 65개 강우관측소의 지속기간별 연최고치 자료는 상호 독립적이고, 한 지역내의 각 지점들의 병합된 자료를 장기관측 자료의 일부(Station-Year Concept)라는 가정 하에 각 강우관측소의 연최대일강우량의 최고치, 평균치, 표준편차와 같은 단기강우특성과 연평균강우량, 우기평균 강우량과 같은 장기강우특성, 그리고 지리적 위치인

위도, 경도 및 표고와 같은 지리·지형적 특성을 변수화 하여 클러스터분석에 의하여 지역화한다²⁾. 본 분석에 적용한 우기평균 강우량은 일반적으로 6월부터 9월까지의 평균강우량을 지칭하나, 본 연구에서는 장마로 인한 홍수피해가 발생하여 관련업무에 종사하는 분들의 실질적인 방재근무 기간인 6월 21일부터 9월 20일까지¹⁾의 평균강우량을 사용하였다.

클러스터 분석은 변수의 수, 단위 및 알고리즘에 따라서 상이한 결과를 나타낸다. 본 분석을 위해 적용한 K-Means 클러스터 방법은 통계 Package인 SYSTAT 8.0⁹⁾의 모듈을 사용하였다.

또한, 단위에 따라 지역화의 결과가 다르게 나타나는 것을 줄이기 위해 표준화된 자료로부터 분석을 실시함과 동시에 지역화의 개수를 4에서부터 9까지 변화해 가며 분석하였다. 그 결과 지형적으로 동질한 관측소들로 지역화된 것은 지역화의 개수를 9로 하였을 때이며, 분석 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. 9 regions resulted from K-Means clustering.

Region	Stations	Number of stations
I	Cupungryeong, Andong, Daegu, Jeomchon, Uiseong, Seonsan, Yeongcheon	7
II	Masan, Wando, Jinju, Seungju, Sancheong, Geoje, Namhae	7
III	Sokcho, Cheolweon, Chuncheon, Seoul, Incheon, Suweon, Daejeon, Yangpyeong, Icheon, Hongcheon	10
IV	Kangreung, Donghae, Wuljin, Samcheok, Youngdeok	5
V	Weonju, Inje, Jecheon, Jangsu, Chunyang, Youngju	6
VI	Daekwanryeong, Taebaek	2
VII	Kanghwa, Boeun, Daecheon, Buyeo, Jangheung, Haenam, Goheung	7
VIII	Seosan, Cheongju, Gunsan, Jeonju, Kwangju, Mokpo, Yeosu, Chungju, Onyang, Keumsan, Buan, Imsil, Jeongju, Namwon, Geochang, Hapcheon	16
IX	Pohang, Wulsan, Pusan, Chungmu, Milyang	5

2. 연강수량에 의한 지역화

본 연구에 사용하고자 하는, 또 다른 지역화 분석 방법으로는 각 강우관측소별 연평균강우량을 변수로 하여, 선정된 강우관측소들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역으로 구분하는 것이다^{7,8)}.

그러면, 본 연구에서 선정된 강우관측소를 기상학적으로 동질한 수개의 지역으로 구분해야 할 필요성이 있는지를 알아보기 위해 사용되는 통계 척도로는 각 강우관측소의 연평균강수량 및 지속기간별 누가강우량에 대한 변동계수(Coefficient of Variation, C_v)와 왜곡도계수(Coefficient of Variation, C_s)이다. 지속기간 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48 및 72시간 연최대누가강우량에 대한 변동계수는 각각 0.220~0.617, 0.139~0.687, 0.137~0.666, 0.218~0.629, 0.255~0.658, 0.284~0.636, 0.240~0.642 및 0.220~0.652의 범위를 가지며, 왜곡도계수는 각각 -0.469~3.766, -0.059~3.870, -0.141~3.810, 0.065~3.689, -0.055~3.773, 0.0348~3.876, -0.195~3.857 및 0.010~3.466의 범위를 갖는다. 이와 같이 지속기간별 변동계수 및 왜곡도계수가 일정하지 않고 변화함을 알 수 있다. 즉 변동계수의 경우 지속기간이 증가하면 변동계수의 변화폭이 대

체적으로 감소하였고, 왜곡도계수의 경우, 관측소들간의 변화폭이 변동계수의 변화폭 보다 크게 나타났다. 연평균강우량의 변동계수 및 왜곡도계수의 범위는 각각 0.207~0.448 와 -0.552~1.726으로서 동일한 결과를 나타내고 있다. 이러한 현상은 평균 및 변동계수와 같은 저차 모멘트보다 왜곡도계수와 같은 고차 모멘트가 안정적이지 못하기 때문이다.

이상의 결과로 볼 때, 본 연구를 위해 선정된 강우관측소들은 하나의 동질한 지역으로 간주할 수 없다는 것을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구에서는 강우관측소별 연평균강우량을 변수로 하여, 선정된 강우관측소들을 기상학적으로 동질한 5개의 지역으로 구분하였고 그 결과를 Table 2에 나타내었다

Table 2. Stations of 5 regions resulted from mean annual precipitation method.

Range of annual mean rainfall(mm)	Region	Stations	Number of stations
Below 850	I	Cupungryeong, Pohang, Daegu, Mokpo, Youngdeok, Uiseong, Seonsan, Yeongcheon	8
851 ~ 950	II	Incheon, Seosan, Wuljin, Cheongju, Andong, Gunsan, Jeonju, Wulsan, Inje, Samcheok, Buan, Jeomchon	12
951 ~ 1,050	III	Sokcho, Chuncheon, Kangreung, Donghae, Suweon, Kwangju, Pusan, Chungmu, Yeosu, Chungju, Boeun, Onyang, Daecheon, Buyeo, Keumsan, Imsil, Jeongju, Namweon, Haenam, Youngju, Geochang, Hapcheon, Milyang	23
1,051 ~ 1,150	IV	Seoul, Daejeon, Jinju, Kanghwa, Yangpyeong, Icheon, Hongcheon, Taebaek, Jecheon, Seungju, Jangheung, Goheung, Chunyang	13
Above 1,151	V	Cheolweon, Daekwanryeong, Weonju, Masan, Wando, Jangsu, Namhae, Geoje, Sancheong	9

따라서, 본 연구에서는 강우관측소들의 지리학적인 특성을 고려한 K-Means 클러스터 방법에 의한 강우관측소들의 지역화 결과와 연평균강우량에 의한 결과를 고려하여 최종적인 강우관측소들간의 지역화를 실시한다.

각 강우관측소들의 연평균강우량에 대한 변동계수를 사용하여 표준정규분포 및 t 분포와 관계가 있는 χ^2 분포의 통계량인 다음의 식(1)에 의해 강우관측소들의 지역화를 실시한다⁷⁾.

$$D_i = \frac{[C_v(i) - \overline{C_v}]^2}{S_v^2} \quad (1)$$

여기에서 $C_v(i)$, $\overline{C_v}$ 및 S_v 는 각각 동질한 지역으로 형성된 강우관측소들의 연평균강우량에 대한 변동계수, $C_v(i)$ 의 평균 및 $C_v(i)$ 의 표준편차이다. χ^2 분포에서 자유도 1일 때 유의수준 5%에서의 극한값은 3.84이다.

본 연구에서는 최종적인 강우관측소들의 지역화를 위해 K-Means 클러스터 방법과 연평균강우량에 의한 결과를 식(1)의 통계량에 의해 시행착오법으로 실시하여 총 5개의 지역으로 분류하였고 그 결과는 Table 3에 나타내었다.

또한, 5개 지역으로 분류된 지역들의 경계는 행정단위인 군경계를 고려하여 구별하였고^{2,6)} 최종적인 강우관측소들의 지역화된 결과를 도시한 것은 Fig. 1과 같다.

Table 3에서와 같이 철원관측소를 'I' 지역으로 포함하면 유의차가 인정되나, 지리적으로 가까운 지역에 포함⁷⁾하는 방법에 의해 철원을 'I' 지역에 포함하였다.

Table 3. Final 5 regions resulted from cluster analysis and mean annual precipitation method

Region	Station	Annual mean rainfall (mm)	D_i	Region	Station	Annual mean rainfall (mm)	D_i	$D_{0.05}$
I	Sokcho	1,003.9	0.249	III	Imsil	1,010.1	0.001	3.84
	Cheolweon	1,320.9	6.205*		Jeongju	985.4	0.105	
	Chuncheon	1,044.9	0.445		Namweon	1,024.2	0.178	
	Seoul	1,092.1	0.199		Geochang	995.8	0.170	
	Incheon	906.2	0.003		Hapcheon	981.3	0.164	
	Suweon	1,011.6	0.732		Milyang	961.5	0.003	
	Kanghwa	1,100.4	0.188		Kangreung	980.0	0.296	
	Yangpyeong	1,080.4	0.768		Donghae	1,025.7	2.110	
	Icheon	1,072.3	0.619		Wuljin	860.2	1.491	
	Inje	907.7	0.111		Cupungryeong	846.7	0.731	
	Hongcheon	1,066.8	0.479		Andong	917.7	2.462	
II	Daekwanryeong	1,634.1	0.888	IV	Pohang	798.3	1.269	
	Weonju	1,272.6	1.237		Daegu	771.3	0.185	
	Taebaek	1,156.4	0.123		Samcheok	866.3	2.171	
	Jecheon	1,051.9	0.540		Jeomchon	948.7	0.041	
	Chunyang	1,137.5	1.972		Youngdeok	779.3	0.502	
	Youngju	981.0	0.238		Uiseong	772.7	0.658	
	Seosan	916.4	0.028		Seonsan	809.7	0.072	
III	Cheongju	948.4	3.423	V	Yeongcheon	802.5	0.012	
	Daejeon	1,061.9	0.395		Masan	1,329.9	0.976	
	Gunsan	888.2	0.228		Chungmu	1,002.0	0.193	
	Jeonju	938.7	1.536		Yeosu	1,001.7	0.001	
	Wulsan	919.7	2.721		Wando	1,226.4	2.889	
	Kwangju	972.0	1.089		Jinju	1,135.0	0.172	
	Pusan	1042.7	2.932		Jangsu	1,402.6	2.123	
	Mokpo	762.6	2.019		Seungju	1,132.1	0.271	
	Chungju	953.5	0.438		Jangheung	1,104.8	0.006	
	Boeun	1,002.1	0.315		Haenam	990.2	0.045	
	Onyang	968.8	1.042		Goheung	1,082.6	0.544	
	Daecheon	969.0	0.181		Sancheong	1,178.3	1.183	
	Buyeo	1,050.0	0.330		Geoje	1,303.1	1.474	
	Keumsan	995.3	0.863		Namhae	1,336.1	2.122	
	Buan	923.9	2.786		-	-	-	

* Significance level can be acknowledged

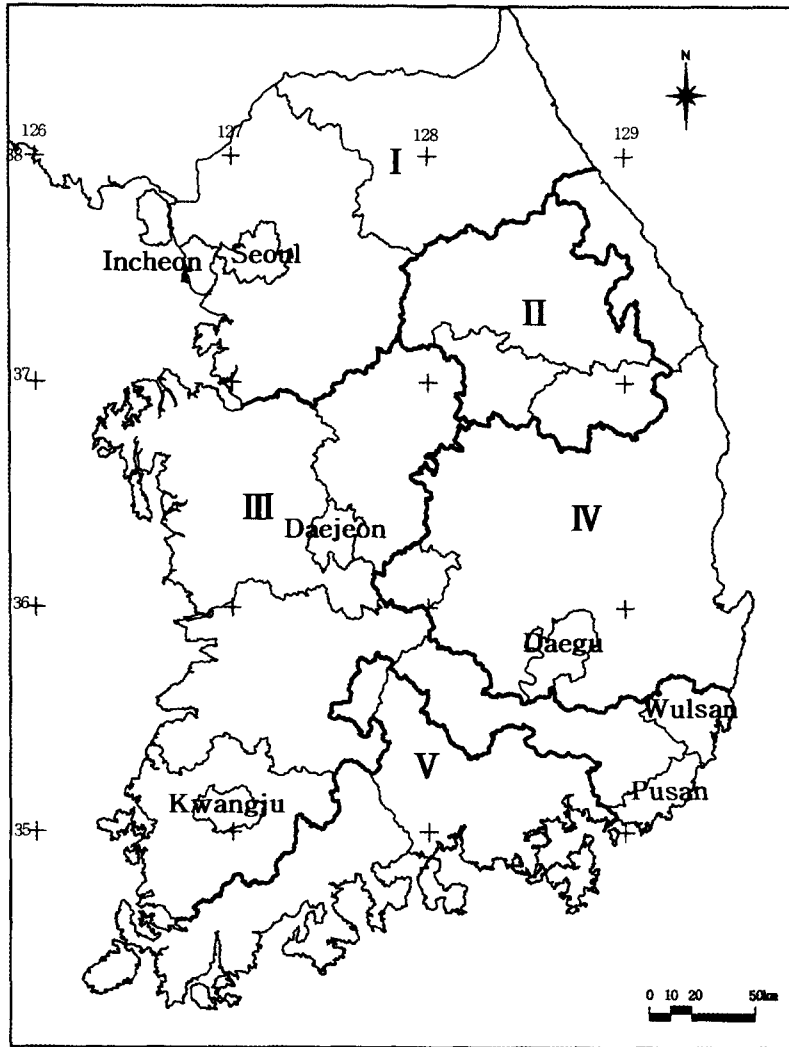


Fig. 1. Diagram of 5 regions resulted from cluster analysis and mean annual precipitation method

3. 가능일최대강수량도 작성

가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation)은 “실제 호우로부터 주어진 지속기간 동안 강우기록년에 걸쳐 그 지역에서 물리적으로 발생 가능한 최대우량 깊이”로 정의된다.

가능최대강수량의 추정방법으로는 크게 2가지로 분류할 수 있다. 하나는 일정기간 동안 관측된 강우자료는 있으나 이슬점과 같은 기상자료가 거의 없는 경우에 적용하는 통계적방법 (Statistical Approach)이고 다른 하나는 Storm Mechanism의 효율과 대기 중에서 이용할 수 있는 수분을 최적으로 조합하여 형성된 호우로부터 가능최대강수량을 추정하는 수문기상학적(Hydro Meteorological Approach) 방법이다.

본 연구에서는 Hershfield의 통계적 방법을 사용하여 각 강우관측소 지점의 가능일최대강

수량을 추정한다. 추정된 각 강우관측소의 가능일최대강수량을 자료 보간기법의 하나인 Kriging 기법을 사용하여 우리나라의 가능일최대강수량도를 작성한다.

이상의 방법에 의해 추정된 강우관측소별 가능일최대강수량을 자료 보간 방법인 Kriging 기법을 사용하여 우리나라 전역을 대상으로 도식화 한 결과는 Fig. 2와 같다.

전국 평균 가능일최대강수량은 909.6 mm로서 윤⁴⁾의 결과보다는 약 100mm 정도 크게 나타났고, 김, 노²⁾의 결과보다는 약 200 mm 정도 크게 나타났다. 이것은 우리나라가 1990년대 들어 기상이변에 따른 잦은 집중호우에 의한 것으로 사료된다.

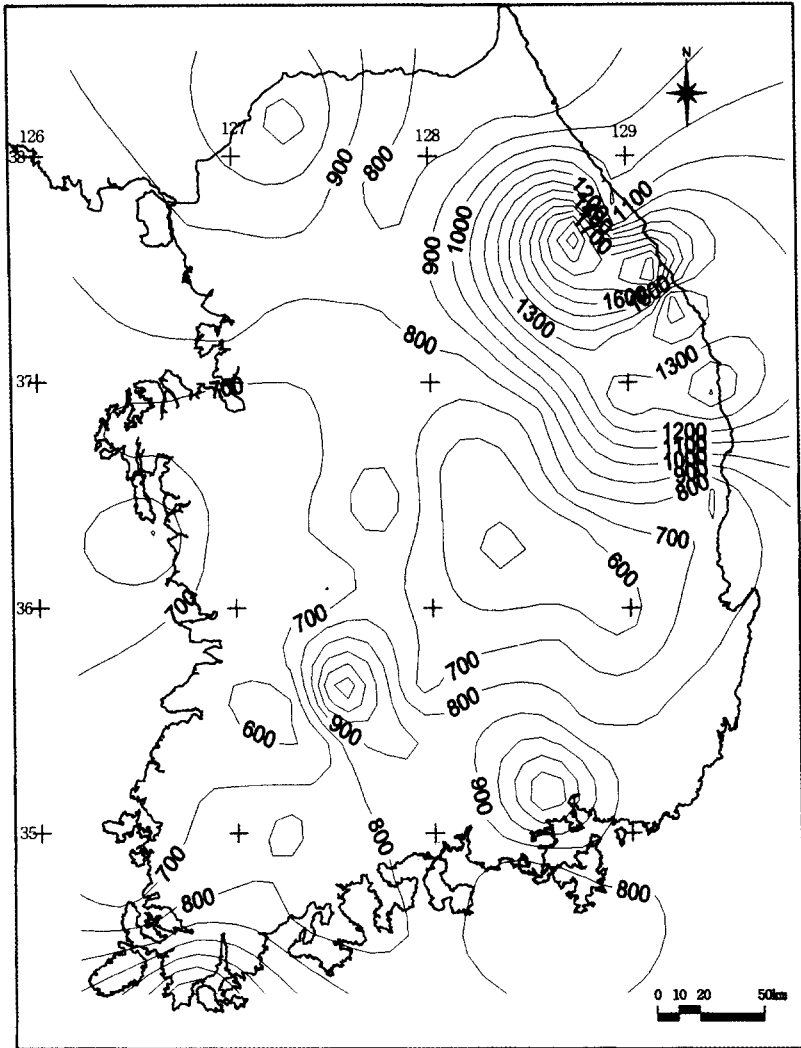


Fig. 2. PMP isobar resulted from statistical method

IV. 결론

본 연구는 강우자료를 이용한 지역빈도분석을 실시하기 전 단계인 선정된 65개 강우관측소들간의 지역화를 하고자 함이 그 목적이다. 따라서, 본 연구에서는 강우관측소 지점들의 지역화를 위해 비계층적 방법인 K-Means 클러스터 방법과 강우관측소별 연평균우량을 변수로 하여 강우관측소들을 기상학적으로 동질한 수개의 지역으로 구분하는 방법을 적용하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 연강우량 및 클러스터 분석에 의한 강우관측소의 지역화를 의해 우리나라 65개 강우관측 지점을 선정하였다.

2. 각 강우관측소의 연최대일강우량의 최고치, 평균치, 표준편차와 같은 단기강우특성과 연평균강우량, 우기평균 강우량과 같은 장기강우특성, 그리고 지리적 위치인 위도, 경도 및 표고와 같은 지리·지형적 특성을 변수화하여 클러스터 분석에 실시한 결과 9개의 지역으로 분류되었다.

3. 연강우량 기법을 적용하기 위해 강우관측소의 지속기간별 연최대강우량의 변동계수 및 왜곡도계수를 산정하고 분석을 통해 5개 지역으로 분류하였다.

4. 클러스터 분석과 연평균강우량에 의한 결과를 불일치 척도(D_i)를 통해 시행착오법으로 실시하여 총 5개의 지역으로 분류하였다.

5. 가능일최대강수량을 Hershfield의 통계적 방법에 의해 선정된 강우관측소별로 유도하여 가능일최대강수량도를 작성하였다.

참고문헌

1. 건설교통부, 다목적댐 통합관리 규정, 1999
2. 김태철, 노재경, 설계강우의 지역화 분석, 한국농공학회지, Vol. 32, No. 2, pp. 59 ~ 69, 1990.
3. 노재식, 이원환, 이길춘, 우리나라의 최대강수량 빈도분석 산정에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol. 19, No. 3, pp. 249 ~ 257, 1986.
4. 윤세의, 우리나라의 최대강수량 추정에 관한 연구, 한국수문학회지, Vol. 13, No. 3, pp. 77 ~ 81, 1980
5. 한국수자원공사, Kriging 기법을 이용한 강우 공간 분포에 관한 연구, 1996.
6. Ferro, V., P. Porto, Regional Analysis of Rainfall-Depth-Duration Equation for South Italy, J. of Hydrologic Engineering, Vol. 4, No. 4, pp. 326~336, 1999.
7. Naghvi, B. and F. X. Yu, Regional Frequency Analysis of Extreme Precipitation in Louisiana, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 121, No. 11, pp. 819 ~ 827, 1995.
8. Schaefer, M. G., Regional Analysis of Precipitation Annual Maxima in Washington State, Water Resources Research, Vol. 26, No. 1, pp. 119 ~ 131, 1990
9. SYSTAT, SYSTAT 8.0 Statistics, SPSS Inc., 1998.
10. <http://www.tc.cornell.edu/Visualization/contrib/cs490-94to95/clang/kriging.html>, Kriging Interpolation