

SPI를 이용한 1994년 가뭄분석

Drought Analyses of 1994 Using Standardized Precipitation Index

김상민^{*}(서울대) · 박승우(서울대) · 김현준(건설기술연구원)

Kim, Sang Min · Park, Seung Woo · Kim, Hyun Jun

Abstract

Among several indices that have been proposed and adopted in different disciplines of sciences, standardized precipitation index, SPI by McKee et al. (1993) was applied to evaluate drought severity for historical rainfall records. Monthly SPI in Seoul station was reviewed in this study, in an effort to characterize the drought intensities during 1994. The SPI drought frequency decreases inversely with monthly time scales of different spans, while the drought duration increases. March, 1994 was found to be the most severe for the three month period, and was recognized as the beginning month of the historical drought spans. Drought intensities became less severe during May and June. SPI becomes greater from July to September particularly in eastern parts of the country.

I. 서론

가뭄에 대한 정의는 학문분야의 관심에 따라 여러 가지 정의가 제시되어 있다. Dracup 등 (1980) 은 물부족의 특성, 평균기간, 절단수준, 지역화 접근의 네가지 기준에 의해 가뭄을 정의하는 분류법을 제시하였으며, Wilhite 와 Glantz(1985) 는 가뭄의 정의에 대한 광범위한 고찰을 통해 다음의 여섯가지 범주 - 기상학적, 기후학적, 대기적, 농업적, 수문학적, 물관리 가뭄 - 로 분류하였다. U. S. Weather Bureau 에서는 가뭄을 '평소 충분한 강우가 있던 곳에서 작물과 동물의 생활에 해를 끼치거나 생활용수나 발전소의 운영에 공급되는 물을 고갈시킬 만큼 장기간의 심각한 강우부족' 으로 정의하였다. 한편, 가뭄은 기후와 지역에 따라 각기 다른 의미를 함축하고 있는데, Bali 에서는 6일 동안 비가 내리지 않을 때를, Libya에서는 2년 동안 비가 내리지 않을 때를 가뭄이라 한다(Hudson 등, 1964).

실제 문제에 있어 가뭄을 모니터링하기 위해 여러가지 정보가 필요하며 강우의 부족은 지하수, 적설, 토양수분, 저수량, 하천수의 부족을 유발한다. 가뭄은 상대적으로 물의 수요에 비해 물의 부족을 유발하는 강우량의 감소에 의해 시작된다(McKee 등, 1995). 가뭄을 정의하고 모니터링하기 위해 McKee 등(1993) 은 SPI(Standardized Precipitation Index)를 개발하였다. 현재 미국의 Colorado Climate Center, Western Regional Climate Center, National Mitigation Center에서는 가뭄의 상태를 모니터링하기 위해 SPI를 이용하고 있다.

SPI는 강우부족을 몇가지 시간축척에 대해 정량화할 수 있으며, 시간축척에 따라 다양한 수자원에 미치는 영향이 다르다. 예를 들어 농업적(토양수분) 가뭄의 경우 수문학적(지하수, 하천수, 저수량) 가뭄에 비해 짧은 시간축척을 가진다.

본 연구의 목적은 SPI를 이용하여 우리나라 지역에 대한 가뭄분석을 실시하고, 다양한 시간축

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

척에 대한 지역적 가뭄의 정도를 고찰해 보는 데 있다.

II. 연구방법

1. SPI 가뭄지수의 산정방법

SPI는 특정한 시간에 대한 강우량의 평균치와 강우량의 차를 표준편차로 나눈 것이며, 여기서 평균치와 표준편차는 과거의 강우량 자료로부터 결정된다. 이 간단한 방법은 실제로 강우량 자료가 12개월이나 그 이하의 시간축척에 대해서는 정규분포의 형태를 띠지 않으므로 이를 정규분포의 형태로 변환시켜야 한다.

우리나라의 강우형태는 gamma 분포를 따르는 것으로 알려져 있으며(김병진, 1993), gamma 분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{for } x > 0 \quad (1)$$

여기서, $\alpha > 0$ α : shape parameter

$\beta > 0$ β : scale parameter

$x > 0$ x : precipitation amount

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad \Gamma(\alpha) : \text{gamma function}$$

이를 평균 0, 표준편차 1인 정규분포로 변환하여 계산된 결과는 SPI로 강우의 부족과 선형적으로 비례한다. 이렇게 계산된 SPI는 다음과 같은 특징을 지닌다.

- SPI는 고유하게 확률과 연관되어 있다.
- SPI에 사용된 강우는 현재의 기간에 대한 강우의 부족을 계산하는 데 사용된다.
- SPI에 사용된 강우는 현재의 시간간격에 대한 강우평균 백분율을 계산하는 데 사용된다.
- SPI는 정규분포를 띠므로 건조기간뿐만 아니라 습윤기간의 모니터링에도 사용될 수 있다.
- SPI는 적설, 저수지, 하천수, 토양수분, 지하수등의 계산에도 사용된다.
- SPI는 정규화되어 더 건조하거나 습윤한 기후에서도 비슷한 방법으로 나타내어 진다.

SPI 가뭄의 심도는 임의로 다음 <표 1>로 정의된다(McKee 등, 1995).

<표 1> SPI 가뭄심도의 구분

SPI values	Drought Category	Time in Category
0 to -0.99	mild drought	34.1%
-1.00 to -1.49	moderate drought	9.2%
-1.50 to -1.99	severe drought	4.4%
≤ -2.00	extreme drought	2.3%

2. 기상자료

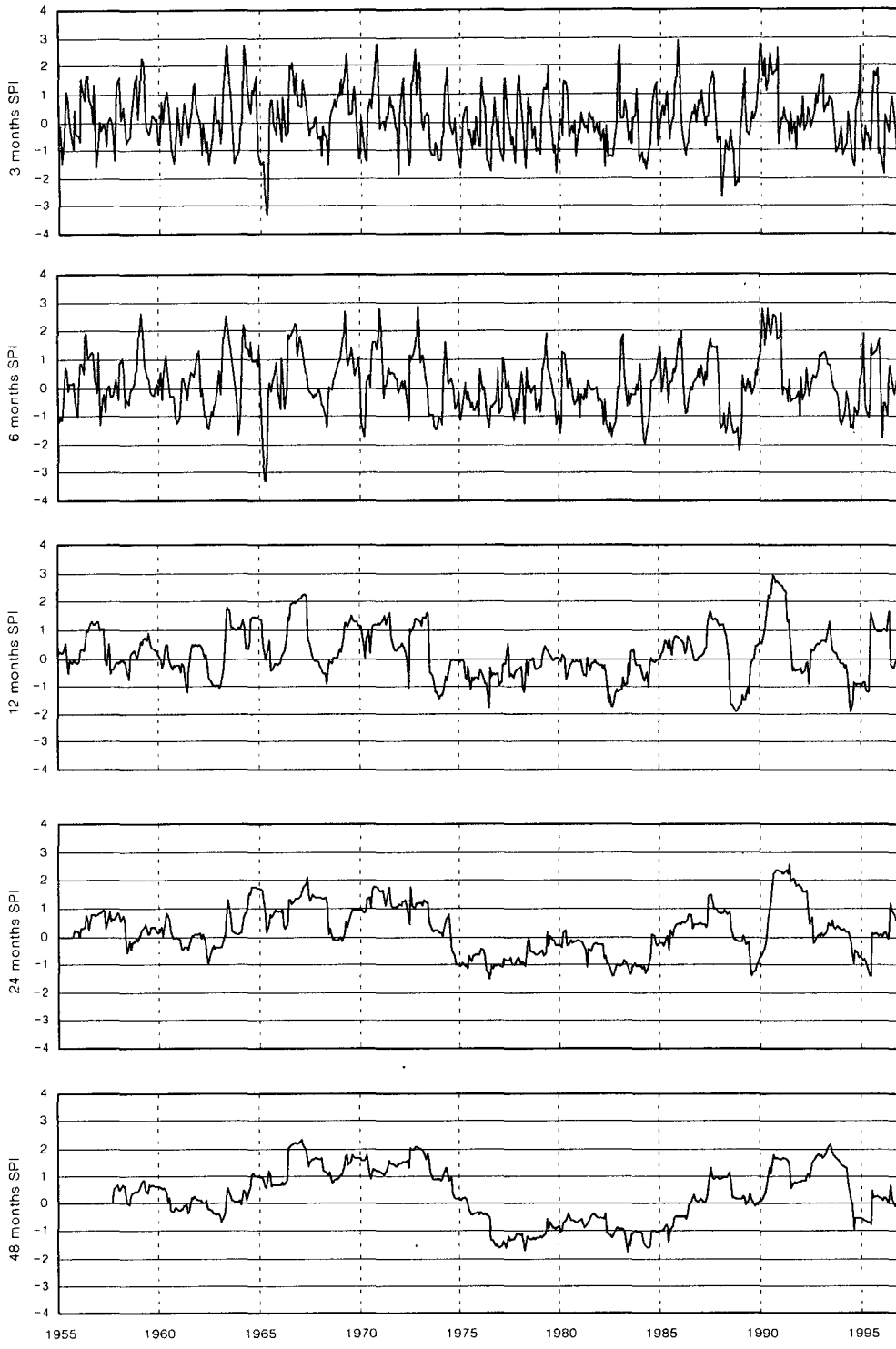
SPI 가뭄지수를 산정하기 위하여 사용된 강우량 자료는 아래 <표 2>에 있는 관측소의 강우 자료를 이용하였으며, 기상관측 개시일로부터 1996년 12월까지의 자료를 이용하였으며 선정된 측후소의 위치를 <그림 1>에 도시하였다. 자료보유기간 중 일부는 결측기간이 존재하며 서울 측후소의 경우 1907년 11월부터 기상관측을 실시하였으나, 1950년대에 결측기간이 존재한다. 많은 측후소의 경우 1973년부터 기상관측을 실시하여 자료보유기간이 대략 24년정도이다. 주어진 기상자료로부터 월강우량을 계산하여 SPI 계산프로그램의 입력자료로 이용하였다.

<표 2 > 선정된 기상관측소와 강우자료 보유연도

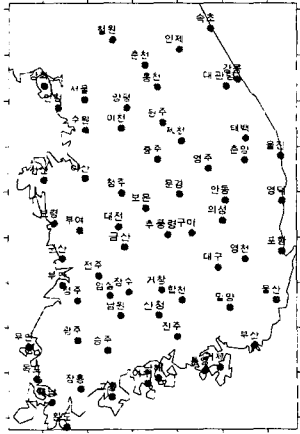
지점번호	관측지점	자료기간	지점번호	관측지점	자료기간	지점번호	관측지점	자료기간
90	속초	68-96	162	통영	68-96	247	남원	73-96
95	철원	94-96	164	무안	94-96	248	장수	88-96
100	대관령	72-96	165	목포	06-96	256	순천	73-96
101	춘천	66-96	168	여수	42-96	260	장흥	73-96
105	강릉	12-96	170	완도	73-96	261	해남	73-96
108	서울	07-96	192	진주	68-96	262	고흥	73-96
112	인천	49-96	201	강화	73-96	265	성산포	73-96
114	원주	86-96	202	양평	73-96	271	춘양	88-96
119	수원	64-96	203	이천	73-96	272	영주	73-96
129	서산	68-96	211	인제	73-96	273	문경	73-96
130	울진	72-96	212	홍천	73-96	277	영덕	73-96
131	청주	67-96	216	태백	73-96	278	의성	73-96
133	대전	68-96	221	제천	73-96	279	구미	73-96
135	추풍령	49-96	223	충주	73-96	281	영천	73-96
136	안동	83-96	226	보은	73-96	284	거창	73-96
138	포항	49-96	232	아산	73-96	285	합천	73-96
140	군산	68-96	235	보령	73-96	288	밀양	73-96
143	대구	09-96	236	부여	73-96	289	산청	73-96
146	전주	19-96	238	금산	73-96	294	거제	73-96
152	울산	46-96	243	부안	73-96	295	남해	73-96
156	광주	47-96	244	임실	73-96			
159	부산	04-96	245	정읍	73-96			

III. 결과 및 고찰

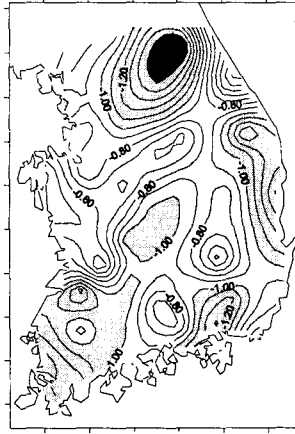
선정된 기상측후소의 강우자료를 이용해 3, 6, 12, 24, 48개월에 대한 SPI를 계산하였으며, 이중 서울지방의 SPI는 <그림 2>에서와 같이 계산되었다. 3개월이나 6개월의 경우에서처럼 시간간격이 작을 때는 0을 중심으로 아래위로 많이 변화하고 있으며, 시간간격이 길어질수록 SPI는 더욱 느리게 변화하고 있음을 알 수 있다. 이는 시간간격이 길어짐에 따라 가뭄의 빈도는 줄어들으나 지속기간은 길어지는 것을 의미한다. 3개월 SPI의 경우 1965년에 가장 극심한 가뭄을 나타내고 있으며, 1987-1988년에도 가뭄심도가 강하게 나타나고 있다. 6개월 SPI의 경우 1965년의 경우 가장 극심한 가뭄을 보이고 있으나, 1987-1988년의 경우 가뭄의 정도가 약화되



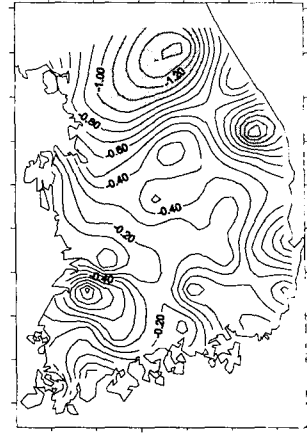
<그림 2> 서울지방의 3, 6, 12, 24, 48 개월의 SPI (1955-1996)



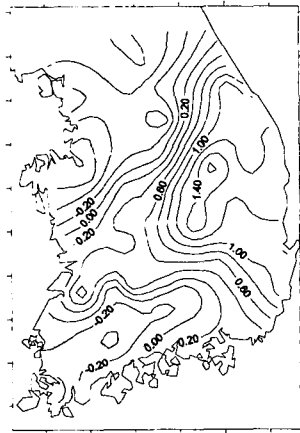
<그림 1> 기상대 위치도



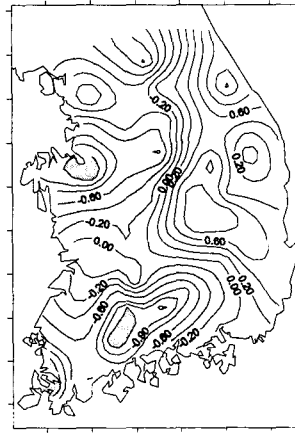
<그림 3> 94/3월 3-SPI



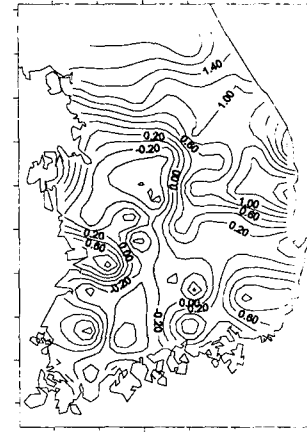
<그림 4> 94/3월 6-SPI



<그림 5> 94/3월 12-SPI



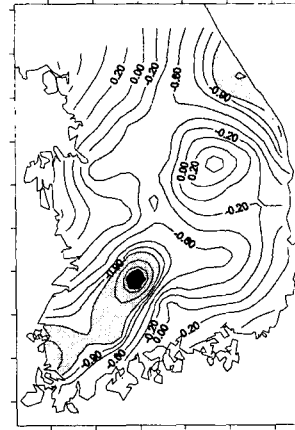
<그림 6> 94/3월 24-SPI



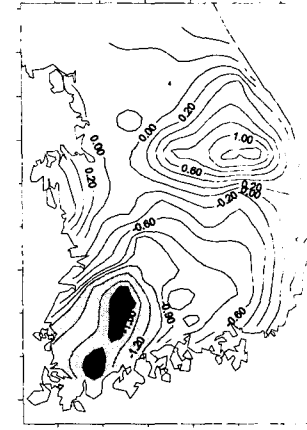
<그림 7> 94/3월 48-SPI



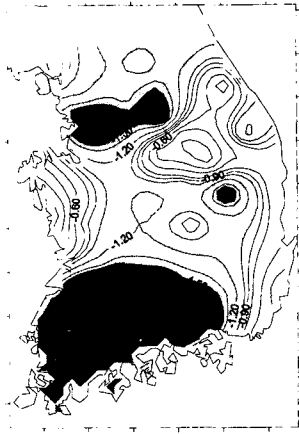
<그림 8> 94/4월 3-SPI



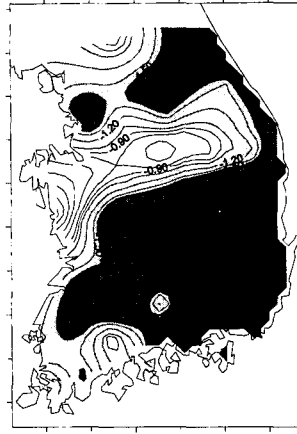
<그림 9> 94/5월 3-SPI



<그림 10> 94/6월 3-SPI



<그림 11> 94/7월 3-SPI



<그림 12> 94/8월 3-SPI



<그림 13> 94/9월 3-SPI

어 있음을 알 수 있다. 시간간격이 길어진 12개월 SPI의 경우 1965년에는 가뭄이 나타나지 않고 있으며, 1974, 1976-1977, 1983, 1987-1988, 1994-1995년의 경우 지속기간이 비교적 길며 가뭄심도가 큰 가장 극심한 가뭄을 나타내고 있다. 24개월 SPI의 경우 1974-1978, 1982-1984, 1994 1995년에 지속기간이 비교적 길며, 가뭄심도가 -1정도의 가뭄이 나타난다. 48개월 SPI의 경우 1975 1987년에 이르는 비교적 장기간에 걸쳐 전반적인 가뭄현상을 보이고 있으며 1994 1995년에도 가뭄현상이 나타나고 있다.

<그림 3> - <그림 7>에서는 1994년 3월의 3, 6, 12, 24, 48 개월 SPI를 도시한 결과를 보이고 있다. 1994년 3월의 경우 12, 24, 48개월 SPI의 경우 전라남도 일대와 경기도, 충청도 일부에서 mild drought (McKee 등, 1995)가 발생하고 있으며, 경상도, 강원도를 비롯한 동해안지역에서는 가뭄이 나타나지 않고 있다. 그러나, 6개월 SPI의 경우 강원도와 동해안 일부에서 moderate drought가 나타나고 있으며, 3개월 SPI의 경우 강원도 일부에서 severe drought가, 전라남도 일대와 남해안일부, 동해안일부, 충청북도 남부에서 moderate drought가 나타나고 있음을 알 수 있다. 이로부터 1994년 3월의 경우 가뭄이 시작되고 있음을 알 수 있다. 1994년의 이후 가뭄의 변화추이를 고찰하기 위해 1994년 4월부터 9월까지의 3개월 SPI를 <그림 8> - <그림 13>에 도시하였다. 1994년 4월의 경우 가뭄이 전국적으로 심화되고 있음을 보여주고 있으며, 5월과 6월 잠시 회복되는 기미를 보이다, 7월부터 다시 전라남도를 중심으로 가뭄이 심화되어 전국적으로 확산되며, 8월에서 9월을 거치는 동안 가뭄은 강원도, 경상남북도를 비롯한 동부지방에서는 심각한 가뭄이 발생하며 전국적으로 가뭄이 지속됨을 알 수 있다.

IV. 요약 및 결론

가뭄을 나타내는 여러 가지 지표중 SPI(Standardized Precipitation Index)를 이용하여 가뭄 지수를 산정하는 방법에 대해 고찰해 보고 이를 우리나라 기상측후소의 강우자료를 이용하여 3, 6, 12, 24, 48개월 SPI를 계산하였다. 1955-1996년 서울지방의 SPI를 계산한 결과 시간간격이 작을수록 가뭄의 빈도는 많으나 지속기간은 짧으며, 가뭄의 심도는 강하게 나타나며, 시간간격이 길어질수록 반대의 현상을 보인다. 1994년 3월 우리나라 전역의 3, 6, 12, 24, 48 개월 SPI를 계산한 결과 비교적 시간간격이 긴 12, 24, 48개월 SPI의 경우 약한 가뭄현상이 나타나고 있으나, 3, 6개월 SPI의 경우 가뭄심도가 강해지고 있음을 보아 1994년 3월의 경우 가뭄이

고 있으나, 3, 6개월 SPI의 경우 가뭄심도가 강해지고 있음을 보아 1994년 3월의 경우 가뭄이 시작되고 있음을 알 수 있다. 또한 1994년 4월에서 9월까지의 3개월 SPI를 통해 1994년 봄부터 가을까지의 우리나라의 전국적인 가뭄의 분포의 변화과정을 살펴볼 수 있었다.

참고문헌

1. 건설교통부, 1995, 가뭄기록조사보고서
2. 김병진, 1993, 기상예보를 고려한 관개용저수지의 최적조작 모형, 서울대학교 박사학위 논문
3. Ducap, J. A., K. S. Lee, and E. G. Paulson, Jr. 1980, On the Definition of Droughts, *Water Resources Research*, 16(2), pp. 297-302
4. McKee, T. B., N. J. Doesken and J. Kleist, 1993, The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Aneheim, CA, pp. 179-184.
5. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1995, Drought Monitoring with Multiple Time Scales. Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236.
6. Hudson, H. E., and R. Hazen, 1964, Droughts and low streamflow, *Handbook of Applied Hydrology*, Sect. 18, edited by V. T. Chow, McGraw-Hill, New York,
7. Wilhite, D. A., and M. H. Glantz, 1985, Understanding the Drought Phenomenon : The Role of Definition, *Water International*, 10, pp. 111-120.