

# 기후모형을 이용한 한반도 확률강수량 예측

## Prediction of Frequency Based Precipitation in Korean Peninsular Using Climate Model

경민수\* · 김형수\*\*

Min Soo Kyoung, Hung Soo Kim

### 요 지

기후변화는 홍수나 가뭄과 같은 극한사상의 발생가능성을 증가시키게 됨과 동시에 하천유량, 홍수, 수질, 생태, 지하수, 농업, 용설, 수력발전 등 수자원 전반에 걸쳐 영향을 미치고 있다. 이 중 홍수는 국민의 생명과 재산에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 상당수의 국가들이 홍수로부터 자국민을 보호하기 위한 다양한 정책을 제시하고 있다. 이러한 정책을 수립하는데 있어서 무엇보다 중요한 것이 미래의 강수량이 기후변화로 인하여 얼마나 변하게 되는지를 정량적으로 평가하는 것이다. 이에 본 연구에서는 기후변화의 영향을 평가하기 위해서 프랑스 국립기상연구소에서 개발한 A1b시나리오 기반의 CNCM3모형을 대상으로 KNN기법과 일강수발생모형을 적용하여 기상청 산하 58개 관측소의 일 강수량으로 축소하였다. 제시된 일 강수량을 이용하여 2020s, 2050s, 2080s에 해당하는 80년, 100년, 150년, 200년 빈도의 확률강수량을 각각 산정하였다. 검토결과 확률강수량은 전국 58개 지점 중 49~52개 지점정도가 증가하는 것으로 나타나 현재에 비해서 전반적으로 증가하는 것으로 예측되었으며, 지점별 증가량의 경우, 빈도별로 차이를 보이기는 하나 현재에 비해서 전반적으로 3%~7%정도 증가하는 것을 알 수 있었다.

**핵심용어 :** 기후변화, GCM, 극한홍수, 강수발생모형, 빈도해석

### 1. 서 론

지구온난화로 인한 기후변화는 홍수나 가뭄과 같은 극한사상의 발생가능성을 증가시키게 됨과 동시에 하천유량, 수질, 생태, 지하수, 농업, 용설, 수력발전 등 수자원 전반에 걸쳐 영향을 미치고 있다. 특히나 홍수와 가뭄으로 인한 피해로부터 국민의 생명과 재산을 지키기 위해서 전 세계 대부분의 국가에서는 기후변화와 관련된 다양한 정책들을 제시하고 있으며, 이러한 정책들을 뒷받침하고자 기후변화와 관련하여 연구가 활발하게 진행 중에 있다. 수자원관리 분야 역시 기후변화가 수자원에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해 다양한 연구를 진행하고 있다. 국내에서도 기후변화에 대한 수자원분야의 영향을 예측하고 평가하기 위해 1990년대 후반부터 연구를 시작 하였다. 그러나 대부분의 연구가 장기유출측면에서 기후변화가 수자원에 미치는 영향에 초점이 맞추어져 왔었고, 기후변화가 홍수와 가뭄에 미치는 영향을 정량적으로 평가한 사례는 거의 없었다. 반면에 기후변화관련 연구의 선진국인 영국, 네덜란드, 독일, 캐나다 등에서는 2003년을 기점으로 기후변화가 홍수나 가뭄에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고 이를 실제 치수정책에 반영하고자 상당한 노력을 기울이고 있는 것을 알 수 있다. 이에 본 논문에서는 IPCC 4차보고서와 함께 제시된 GCM중 하나인 CNCM3모형의 모의 결과를 바탕으로 기후변화가 한반도 확률강수량에 미치는 영향을 정량적으로 제시함으로써 기후변화에 능동적으로 대처하는데 필요한 기본 정보를 제공하고자 한다.

\* 정회원 · 삼성화재해상보험주식회사 삼성방재연구소 선임 공학박사 E-mail : minsoo.kyoung@samsung.com - 발표자

\*\* 정회원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 부교수 공학박사 E-mail: sookim@inha.ac.kr

## 2. K-NN을 이용한 축소기법의 적용

최근린법인 K-NN(K-Nearest Neighbor)은 Casdagli(1992)와 Casdagli and Weigend(1994)에 의해서 제안되었다. 최근린법은 일반적으로 단일변수의 시계열자료를 지체시간( $\tau$ )과 위상공간차원( $m$ )을 고려하여 벡터화 한 후, 과거에 발생한 시계열 패턴이 미래에도 발생한다는 가정하에 예측(김형수 등 1998; 권현환과 문영일 2005)또는 분해기법(Sivakumar et al., 2007; 경민수 등, 2008) 등에 적용되고 있다. K-NN의 적용을 위해서 격자단위 관측자료인 NCEP자료와 서울지점의 총강수량 자료를 이용해서 K-NN모형의 검정과 검증을 하였다. 이를 위해서 관측자료를 3개의 부분으로 나누었다(Training set, Calibration set, Validation set). 검정을 위해서 검정기간에 해당하는 NCEP의 기상변수(최저온도, 습도, uas, vas)와 유사한 NCEP의 기상변수값을 가지는 기간을 Training set에서 찾은 다음 그 때의 서울지점의 강우를 검정기간에 해당하는 강우로 선정하게 된다. 이때 검정기간에 해당하는 NCEP의 기상변수와 유사한 Training set의 기상변수집단의 수를 1개에서 20개까지 증가시켜 가면서 오차를 계산함으로써 K-NN을 위한 최적의 기상변수 집단의 수인 K를 구할 수 있다. 이렇게 산정된 K값의 적용성을 평가하기위해서 같은 방법으로 검증을 진행하였다. 검정과 검증을 통해서 모형의 적용성이 평가되면, 기후모형으로부터 제시된 NCEP의 기상변수(최저온도, 습도, uas, vas)와 동일 기상변수를 이용해서 기후모형에 의한 서울지점의 강수를 얻을 수 있다. 즉, 기후모형의 기상변수(최저온도, 습도, uas, vas)와 가장 유사한 값을 가지는 NCEP의 기상변수(최저온도, 습도, uas, vas)집단을 K개만큼 추출하여 그 값을 평균하면 기후모형에 의한 강수량 값을 구할 수 있게 된다. 이러한 과정에 의해서 제시된 검정, 검증, 기후모형으로부터 최종적으로 제시된 결과를 제시하였다. 제시된 결과의 편의를 보정하기 위해서 Quantile mapping 기법을 적용하였다.

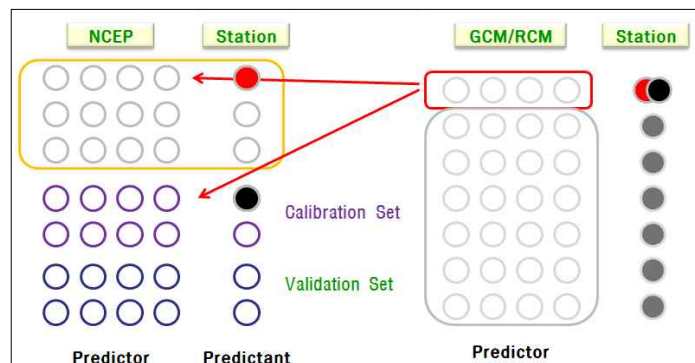


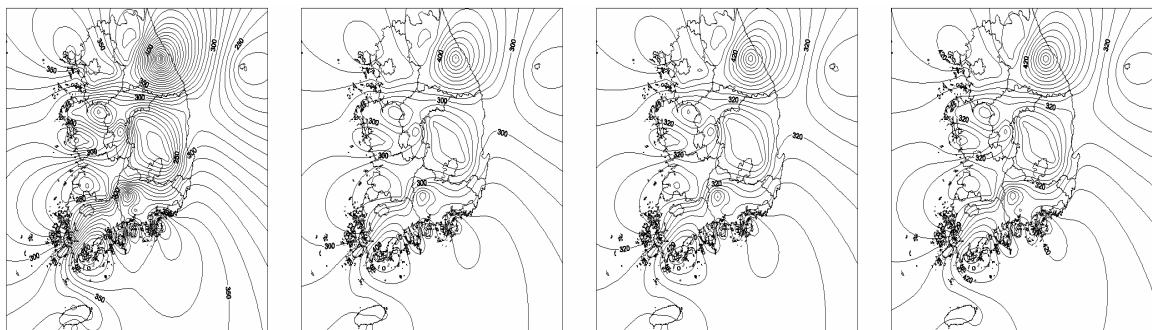
Fig 1. 인공지능망이론을 이용한 축소기법의 개념

## 3. 일 강수 모의를 위한 일기발생기 개발

축소기법으로 사용되는 일기발생모형은 지점 관측자료의 통계학적 특성에 근거하여 추계학적으로 발생시키는 방법이다. 이러한 일기발생기는 크게 천이확률과 강수량의 확률밀도함수를 이용하여 강수를 발생시키는 부분과 강수가 발생하였을 때를 조건부로 하여 기타 관심 있는 습도, 온도, 반사도 등을 모의하는 부분으로 나뉘게 된다. 이러한 개념은 Richardson (1981)에서 처음으로 제안되어 "Richardson-type" 으로 불리고 있으며, 농업, 수자원, 환경 분야에서 매우 활발하게 적용이 되고 있다. 기후변화와 관련해서는 Wilks (1992)에서 처음으로 적용이 되었다. 그러나 이러한 일기발생기는 비교적 긴 기간의 건조기간과 습윤기간을 발생시키는데 한계를 가지고 있기 때문에 이러한 한계를 극복하기 위해서 고차의 Markov chain(Mason, 2004; Dubrovsky et al. 2004)을 이

용하기도 한다. 최근에는 NSRPM(Neyman Scott rectangular pulses model)과 Watts et al.(2004)에서 제시한 일기요소들을 연결하여 강수를 발생시키는 방법을 결합한 모형이 Kilsby et al.(2007)에서 제안되었으며, 기존의 Markov chain 모형에 비해서 변동성이나 극한 강수의 재현능력이 뛰어난 것으로 알려져 있다. 현재 기후변화와 관련하여 가장 활발하게 사용되고 있는 모형은 Racsco et al. (1991)으로부터 시작된 일기발생기로 현재에는 LAR-WG로 발전하였다. Semenov et al.(1998)에서 "Richardson-type"의 일기발생기 보다 LAR-WG가 월 평균 온도나 강수량을 더 잘 모의함을 확인하였다. 그러나 아직까지 두 모형 모두 월 평균값의 연간 변동성이나 계절적 변화를 재현하는 데는 한계를 가지고 있다. 이에 본 논문에서는 경민수 등(2009)에서 기존에 제시된 Markov chain 모형을 기반으로 하여 월 총강수량을 기준으로 일 강수를 발생하기 위하여 개발한 모형을 적용함으로써 기후변화가 일 강수량에 미치는 영향 및 빈도별 일 강수량에 미치는 영향을 평가하였다. 이를 위하여 관측자료를 이용해서 모형의 적용성을 검증한 후, 앞 절에서 제시된 기후모형으로부터 축소된 월 총강수량으로 축소된 결과를 대상으로 적용함으로써 기후변화가 빈도별 일 강수에 미치는 영향을 평가하였다.

#### 4. 기후변화가 한반도 확률강수량에 미치는 영향 평가



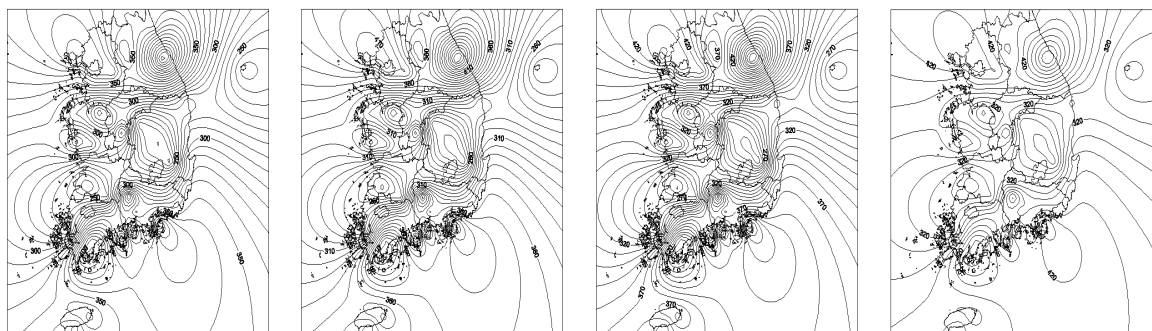
(a) 80 yr

(b) 100 yr

(c) 150 yr

(d) 200 yr

그림 2 2020s (2010년 ~ 2039년)



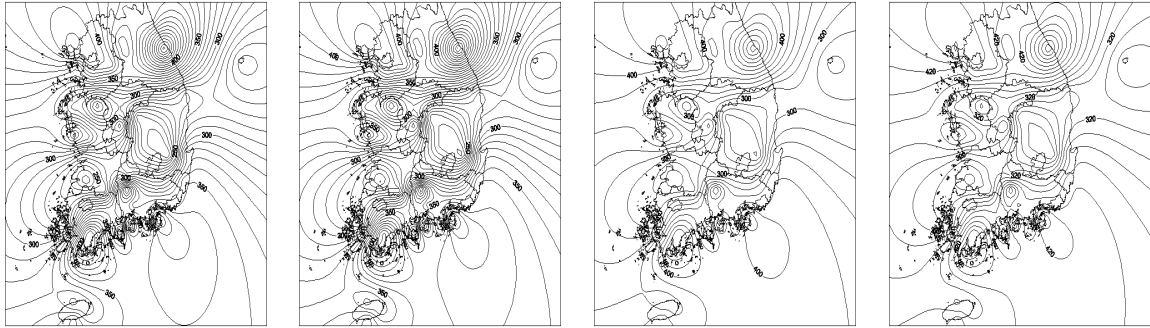
(a) 80 yr

(b) 100 yr

(c) 150 yr

(d) 200 yr

그림 3 2050s (2040년 ~ 2069년)



(a) 80 yr

(b) 100 yr

(c) 150 yr

(d) 200 yr

그림 4 2080s (2070년 ~ 2099년)

## 5. 결 론

CNCM3 모형을 고려할 경우, 2020s과 2050s에서는 증가하는 지점이 52개로 전체 지점의 89.6%를 차지하였으나 2080s에서는 49개 지점으로 다소 감소하는 것으로 예측되었다. 또한 2020s 확률강수량이 전국적으로 3.2%증가하고 2050s에서는 5.8%증가가 예측되었으며, 2080s에서는 7.7%가 증가하여 가장 큰 증가폭을 보였다. 전반적으로 현재의 확률강수량에서 보여주는 강릉, 대관령을 중심으로 한 강원영동 지역과 완도, 거제, 남해가 속해있는 남해안 지역의 확률강수량이 타 지역에 비해서 상대적으로 높게 나타는 특징이 유지되는 것을 알 수 있으며, 이는 지점에 따라서 확률강수량의 증가량이 다르게 나타나기는 하나 현재의 관측자료로부터 산정된 확률강수량의 공간적 특성을 변화시킬 정도는 아니라는 것을 의미한다.

## 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부 한국건설교통기술평가원의 이상기후대비시설기준강화 연구단에 의해 수행되는 2005 건설기술기반구축사업(05-기반구축-D03-01)에 의해 지원되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 경민수, 벨리시바쿠마르, 김형수, 김병식(2008) 카오스를 이용한 일 강우자료의 시간적 분해. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제41권, 제9호, pp. 959-967.
2. 경민수, 이정기, 김형수 (2009) 일 강수발생모형을 이용한 월 단위 GCM의 축소기법에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제29권 5B호, pp. 441-452
3. 권현한, 문영일(2005) 상태-공간 모형과 Nearest Neighbor 방법을 통한 수문시계열 예측에 관한 연구. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제25권, 제4B호, pp. 275-283.
4. 김형수, 최시중, 김중훈(1998) DVS 알고리즘을 이용한 일 유량자료의 예측, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제18권, 제II-6호, pp. 563-570.
5. Casdagli, M. (1992) Chaos and deterministic versus stochastic nonlinear modeling, Journal of the Royal Statistical society, Statistics in society, Series B 54, pp. 303 - 324.
6. Casdagli, M. and Weigend, A. (1994) Exploring the Continuum Between Deterministic and

Stochastic Modelling, Forecasting the Future and Understanding the Past, Eds. A. S. Weigned and N. A. Gershenfeld, SFI Studies in the Sciences of Complexity, Proc. Vol. XV, Addison-Wesley, 993

7. Dubrovsky M., Buchtele, J., Zalud, Z. (2004) High-frequency and lowfrequency variability in stochastic daily weather generator and its effect on agricultural and hydrologic modelling, *Climatic Change*, Vol. 63, pp. 145 - 179
8. Kilsby, C. G., Jones, P. D., Burton, A., Ford, A. C., Fowler, H. J., Harpham, C., James, P., Smith, A., Wilby, R. L. (2007) A daily weather generator for use in climate change studies. *Environmental Modelling and Software*, Vol. 22, pp. 1705 - 1719
9. Mason S. J. (2004) Simulating Climate over Western North America Using Stochastic Weather Generators. *Climatic Change*, Vol. 62, No. 1-3, pp. 155 - 187
10. Racsco, P., Szeidl, L., Semenov, M. (1991) A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modelling*, Vol.57, No.1-2, pp. 27 - 41
11. Richardson, C. W. (1981) Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and solarradiation, *WaterResourcesResearch*, Vol. 17, No. 1, pp. 182-190
12. Sivakumar, B., Sorooshian, S., Gupta, H. V., and Gao, X. (2001) A chaotic approach to rainfall disaggregation. *Water Resources Research*, AGU, Vol. 37, No. 1, pp. 61-72.
13. Watts M, Goodess CM, Jones PD. 2004. "The CRU Daily Weather Generator", BETWIXT Technical Briefing Note 1, Version 2, February 2004.
14. Wilks, D. S., (1992) Adapting stochastic weather generation algorithms for climate change studies. *Climatic Change*, Vol. 22, No. 1, pp. 67-84.