

수정 PRISM을 활용한 남한지역의 고해상도 격자 기후자료 생성

Generation of high-resolution gridded climate variables using modified PRISM over South Korea

음형일*, 김종필**

Hyung-II Eum, Jong Pil Kim

요 지

본 연구에서는 관측지점의 공간분포에 따라 영향반경을 결정하는 M-PRISM(Modified PRISM)을 이용하여 고해상도의 장기 격자자료를 생성하고자 하였다. 장기 기상관측자료를 제공하는 국내 60개 종관기상관측점의 자료를 기반으로 5 km × 5 km 해상도의 일강수량, 일최고 및 일최저기온 등의 자료를 생성하였고 정량적 평가지표를 산정하여 평가하였다. 이와 더불어 일강수량에 대해서는 강수발생빈도를 추정할 수 있는 정성적 평가지표를 산정하고 기존 PRISM과 비교하였다. 정량적 평가지표에서는 두 모형 사이에 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만 정성적 평가지표에서는 M-PRISM이 우수한 결과를 나타내었다. 특히 강수 공간분포의 변동성이 큰 호우사상의 경우 M-PRISM이 효용성이 더욱 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : PRISM, 기후관측자료, 고해상도 격자망

1. 서론

최근 다양한 기후모형을 통해 생성되는 기후자료에 대한 유용성 평가 및 전지구모형의 통계적 상세화, 그리고 격자형태의 입력자료를 요구하는 분포형 수문모형을 위한 검정 및 검증과 같은 다양한 분야에서 고밀도 격자형태의 과거관측자료의 요구가 증가하고 있는 실정이다. 기존 연구에서는 전국 자동기상관측(Automatic Weather Station, AWS) 자료와 종관기상관측 (Automated Synoptic Observing System, ASOS) 자료를 함께 사용하여, 1 km의 해상도로 격자 기후자료를 생성하였다(김종필 등, 2014). 그러나 대부분의 AWS가 2001년 이후에 설치되어 자료기간이 충분치 않아 앞서 언급한 기후모형의 유용성 평가 및 통계적 상세화, 분포형 수문모형 등에 적극적으로 활용하기에는 한계가 있는 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서는 격자별 관측망 밀도에 따라 영향반경을 결정하는 M-PRISM(Modified PRISM)을 개발하여 장기 관측자료를 보유하고 있는 ASOS 관측자료와 GIS정보를 활용한 장기 고해상도 격자 강수 및 기온자료를 생성하고자 하였다.

2. 자료 및 방법

2.1 지형 및 기후 자료

PRISM에는 지형자료의 정확도와 해상도에 따라 생산되는 기후자료의 효용성과 해상도가 결정된다. 본 연구에서는 적도기준 90 m의 해상도를 가진 미국 NASA의 Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) DEM자료를 사용하여 PRISM의 입력자료인 격자별 고도, 경사향, 해양도를 산

* 정희원 · APEC 기후센터 선임연구원 · E-mail : hieum01@apcc21.org

** 정희원 · 한국건설기술연구원 박사후연구원 · E-mail : jkim@kict.re.kr

정하였다. 또한 앞서 언급한 바와 같이, AWS는 2001년 이후의 관측자료만을 제공하기 때문에 40년 이상동안 결측값이 적은 양질의 장기관측자료를 제공하고 있는 국내 60개 ASOS 관측점을 설정하였다. ASOS의 공간해상도 및 계산시간 등을 고려하여 입력자료 및 격자기후자료의 해상도는 $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ 로 설정하였다. 따라서 설정된 관측점이 공통으로 제공하는 1973년부터 2010년까지의 일강수 및 최고, 최저기온자료를 사용하여 M-PRISM을 통한 남한지역의 $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ 해상도의 격자자료를 생성하였다.

2.2 M-PRISM

기존 PRISM모형은 모든 격자에 단일한 영향반경(R)을 설정하는 반면 본 연구에서 제시한 M-PRISM모형은 각 격자점의 관측점의 밀도를 고려하여 영향반경을 결정하는 Daymet 모형 (Thornton et al., 1984)과 GIS 정보를 활용하여 관측점의 가중값을 결정하는 PRISM 방식 (Daly et al., 1994)을 결합하였다. 즉, 식 (1)~식(2)의 반복적인 계산을 통해 각 격자별 영향반경을 결정한다.

$$D_p = \frac{1}{\pi R^2} \sum_{i=1}^n w_i / \bar{w}, \quad \bar{w} = \left(\frac{1 - e^{-a}}{a} \right) - e^{-a} \quad (1)$$

$$R = \sqrt{\frac{N}{D_p \pi}} \quad (2)$$

여기서 D_p 는 관측점의 밀도, \bar{w} 는 영향반경 R 이내의 거리에 대한 평균 가중치, a 는 무차원 형상 매개변수로 Thornton et al. (1984)에서 제시한 6.25로 설정하였다. 그리고 N 은 영향반경 내 기대 관측점 갯수로 사용자에게 의해 설정되는데 본 연구에서는 영향반경 내 최소 5개가 포함되도록 설정하였다.

설정된 영향반경 내 관측점들에 대한 가중값을 식 (3)과 같이 거리, 고도, 경사향, 해양도 등과 같은 지형학적 유사성에 기인하여 설정하고 식 (4)와 같은 회귀식을 통해 각 격자점의 기후자료를 생성하게 된다.

$$w_i = (0.8w_r^2 + 0.2w_z^2)^{0.5} w_f w_c \quad (3)$$

$$\hat{y} = \beta_0 \hat{z} + \beta_1, \quad \beta_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (y_i - \bar{y})(z_i - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n w_i (z_i - \bar{z})^2}, \quad \beta_1 = \bar{y} - \beta_0 \bar{z} \quad (4)$$

여기서 w_i 는 관측점 i 의 가중값, w_r , w_z , w_f , w_c 는 각각 거리, 고도, 경사향, 해양도에 대한 가중값을 의미한다. 또한 \hat{y} 과 \hat{z} 은 각각 격자점에서의 기후 추정값과 고도를 나타내며 β_0 와 β_1 은 회귀식의 경사와 절편을 나타내는데 관측점의 가중값, 관측값(y_i), 고도(z_i), 가중평균 관측값(\bar{y}) 및 고도(\bar{z})를 통해 산정된다.

2.3 모형 검증 및 비교

본 연구에서는 40년 이상의 장기 관측값이 존재하는 60개 ASOS 관측점만을 사용하여 1973년부터 2010년까지의 격자 기후자료를 생성하였다. 생성된 자료를 검증하기 위해 2001년부터 2010년까지의 전국 245개 AWS 관측값과 생성된 격자자료를 비교·분석하였다. 정량적 평가지표로 관측값과 상관계수(Correlation Coefficient, CC), 평균제곱근오차(Root Mean Square Error, RMSE), 절대

평균오차(Mean Absolute Error, MAE), 편의(Bias)를 통해 모형을 검증하였다. 이와 더불어 강수 발생에 대한 예측성을 정성적으로 비교하기 위하여 주기편의(Frequency Bias, FBias), 적중률(Hit rate, H), 오경보율(False-Alarm Ratio, FAR), 정확도(Proportion Correct, PC), 그리고 임계성공지수(Critical Success Index, CSI)와 같은 평가지표를 사용하였다. 이러한 정량적·정성적 평가지표를 기준으로 기존 PRISM과 본 연구에서 제시한 M-PRISM을 비교함으로써 그 효용성을 검증하고자 하였다.

3. 결과

일강수 및 일최고·일최저기온에 대한 AWS 관측값과 M-PRISM과 PRISM을 통해 생성된 격자자료의 정량적 평가지표를 산정하고 비교하였다(그림 1). 그림 1의 RMSE와 MAE는 효율적인 비교를 위해 정규화되어 제시하였다. 우선적으로 강수량에 대해서는 M-PRISM이 MAE에서는 우수했으나 RMSE에서는 PRISM이 우수한 결과를 보였다. Bias에서는 여름철(JJA)에 PRISM이 더 우수한 결과를 보였는데 이는 호우가 발생한 경우 M-PRISM이 과대 추정하는 경향을 보이는 것에 기인하였다. 그러나 나머지 계절에서는 M-PRISM이 우수한 경향을 보여 전체적으로는 큰 차이를 보이지 않았다. 최대온도에서는 M-PRISM이 Bias에 대해서만 우수했으며 최소온도에서는 두 모형이 모든 지표에 대해 상호 유사한 결과를 나타냈다. 각 평가지표에 대해 두 모형이 근소한 차이를 보이긴 했지만 전반적으로 두 모형에 대한 확연한 차이를 보이지 않았다. 특히, 여름철 강수의 MAE가 4.7 mm (M-PRISM)와 4.6 mm (PRISM)을 보여 불과 0.1mm의 차이를 보이고 있으며 AWS를 활용하여 격자자료를 생성한 기존연구(김맹기 등, 2012)의 결과를 참조하면 두 모형 모두 신뢰할만한 결과를 보여주는 것으로 판단된다.

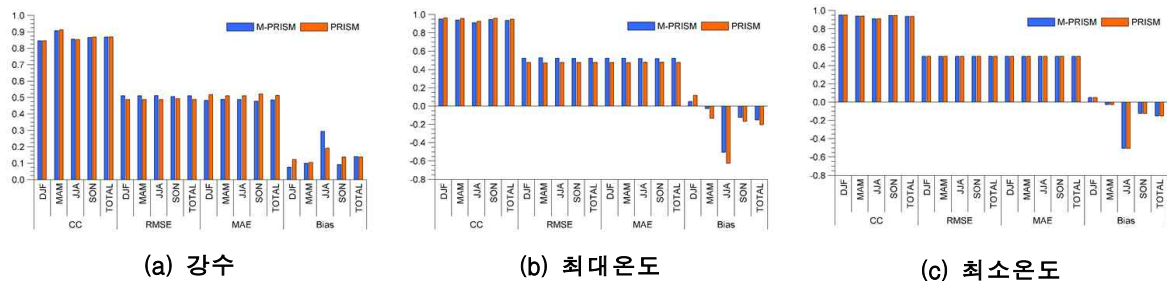


그림 1. M-PRISM과 PRISM의 계절별 정량적 평가지표 비교

일강수의 발생유무 예측에 대한 정성적 평가지표를 그림 2에 제시하였다. 이를 보면 M-PRISM의 FBias가 1.0에 가까운 값을 가지는 반면 PRISM은 1.0을 넘는 값을 보이고 있다. 이는 PRISM이 보다 큰 영향반경을 사용함으로써 강수발생을 과다하게 예측함을 의미한다. 이러한 결과로 인해 강수일수만을 고려하는 H를 제외한 나머지 지표에서 M-PRISM이 우수한 결과를 도출함을 알 수 있다.

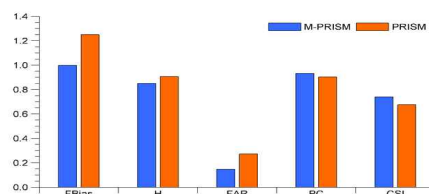


그림 2. M-PRISM과 PRISM의 계절별 정량적 평가지표 비교

일강수 발생유무 예측에 평가를 보다 명확하게 보기 위해 강수 공간변동성이 큰 호우사상을 선

택하여 두 모형을 비교하였다(그림 3). 남부지역에 집중된 호우사상을 보이는 관측값의 공간분포를 M-PRISM은 매우 잘 모사했지만 더 넓은 영향반경을 사용한 PRISM은 전역에 걸쳐 강수가 발생하는 것으로 추정하였다. 따라서 M-PRISM은 강수 발생유무에 대해 보다 우수한 결과를 보여주고 있음을 확인할 수 있었다.

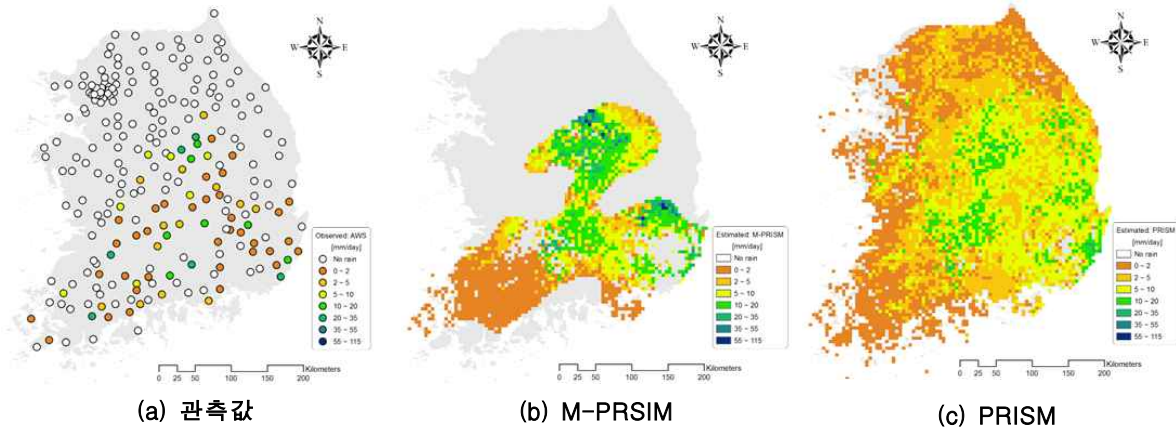


그림 3. 관측값, M-PRISM, 그리고 PRISM에 대한 2008년 7월18일의 강수 공간분포 비교

4. 결론

격자별 관측점 밀도가 고려된 영향반경을 사용한 M-PRISM을 통해 60개 ASOS 관측점을 기반으로 5 km × 5 km 해상도의 격자자료를 생성하였다. 기존의 PRISM 모형과 비교했을 때 강수 및 기온에 대한 정량적 크기를 나타내는 평가지표에서는 두 모형 사이의 차이가 크지 않았으나 강수의 발생빈도를 추정할 수 있는 정성적 평가지표에서는 M-PRISM이 보다 더 우수한 결과를 나타냈으며 기존의 PRISM은 강수 발생유무를 과대 추정하는 반면 M-PRISM은 강수의 공간분포를 적절히 추정하고 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 제시된 M-PRISM 모형을 통해 장기 고해상도 격자자료를 확보할 수 있게 되었으며, 이는 통계학적 상세화 기법 및 유출모형 등 수자원 관리를 위한 다양한 분야에서 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 아시아-태평양 기후정보서비스 및 연구개발 사업을 통하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김맹기, 한명수, 장동호, 백승균, 이우섭, 김연희, 김성 (2003). 1km 해상도의 관측 격자자료 생산 기술, **기후연구**, 제7권, 제1호, pp. 55-68.
2. 김종필, 이우섭, 조현곤, 김광섭 (2014). 개선된 PRISM 모형을 이용한 고해상도 일강수량 추정, **대한토목학회논문집**, 제34권, 제4호, pp. 1139-1150.
3. Daly, C, Neilson, R.P., and Phillips, D.L. (2007). A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 33, pp. 140-158.
4. Thornton, P, Running, S.W., White, M.A. (1997). Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, Vol. 190, 214-251.