

우리 나라에서 BP신경망에 의한 겨울철강수량의 계절예보

박연이, 러박철, 정상일

이상기후현상이 심하게 나타나고있는 현시기 우리 나라에서 겨울철강수량의 계절예보맞춤률을 높이기 위하여서는 적합한 지수들을 선택하는것과 함께 그것의 예보방법을 잘 선택하는것이 중요하다.[1, 2]

론문에서는 겨울철과 선행한 가을철의 대기순환류형들은 명백히 계승성을 띠기때문에 구역변경실험을 진행하여 겨울철강수량과 선행한 가을철 대기순환지수들사이의 가장 좋은 상관을 탐색하였다. 그리고 탐색된 2개의 지수들을 리용하여 회귀모형, BP신경망에 의한 겨울철강수량예보를 진행하고 그 결과들을 비교하였다.

1. 자료 및 연구방법

1) 자료

이 연구에서는 수평분해능이 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 인 재분석자료에서 발취한 1949년—2015년의 67년기간 겨울철(12, 1, 2월)에 대한 바다면기압과 1 000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10hPa등압면의 온도 및 바람속도성분들을 리용한다.

2) 연구방법

먼저 겨울철강수량에 영향을 주는 선행한 가을철의 대기순환인자들을 찾기 위하여 씨비리고기압지수와 얼루트저기압지수를 리용한다.

$$SHI = \frac{1}{M \times N} \sum_{\lambda=E 120^{\circ}}^{E 120^{\circ}} \sum_{\varphi=N 40^{\circ}}^{N 65^{\circ}} \left[p_0(t, \lambda, \varphi) - \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K p_0(t, \lambda, \varphi) \right] \quad (1)$$

$$ALI = -\frac{1}{M \times N} \sum_{\lambda=E 160^{\circ}}^{W 140^{\circ}} \sum_{\varphi=N 30^{\circ}}^{N 65^{\circ}} \left[p_0(t, \lambda, \varphi) - \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K p_0(t, \lambda, \varphi) \right] \quad (2)$$

여기서 p 는 가을철(9월—11월)의 평균바다면기압, t 는 시간, λ 는 경도, φ 는 위도, K 는 연구기간의 년수 그리고 M, N 은 각각 분해능이 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 인 위경도그물마디점들의 개수들이다.

또한 북태평양과 유라시아대륙의 온도차지수 및 남북온도차지수를 리용한다.

$$TD(t)_{O-C} = \frac{1}{M \times N} \left[\sum_{\lambda=E 140^{\circ}}^{W 140^{\circ}} \sum_{\varphi=N 30^{\circ}}^{N 60^{\circ}} T(t, \lambda, \varphi) - \sum_{\lambda=E 60^{\circ}}^{E 120^{\circ}} \sum_{\varphi=N 30^{\circ}}^{N 60^{\circ}} T(t, \lambda, \varphi) \right] \quad (3)$$

$$TDI_{O-C} = TD(t)_{O-C} - \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K TD(t)_{O-C}$$

$$TD(t)_{S-N} = \frac{1}{M \times N} \left[\sum_{\lambda=\lambda_L}^{\lambda=\lambda_R} \sum_{\varphi=N 20^{\circ}}^{N 30^{\circ}} T(t, \lambda, \varphi) - \sum_{\lambda=\lambda_L}^{\lambda=\lambda_R} \sum_{\varphi=N 60^{\circ}}^{N 70^{\circ}} T(t, \lambda, \varphi) \right] \quad (4)$$

$$TDI_{S-N} = TD(t)_{S-N} - \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K TD(t)_{S-N}$$

여기서 T 는 임의의 등압면에서 계절평균온도, λ_L 및 λ_R 는 각각 서쪽 및 동쪽의 경도값들이다.

우에서 지정한 지수들을 리용하여 1948년—2014년기간 가을철의 대기순환지수들의 변동성과 1949년—2015년기간 겨울철강수량변동성과의 연관관계를 따져보고 가장 상관성이 좋은 대기순환지수를 얻는다.

다음 얻어진 선행한 가을철의 대기순환지수들을 가지고 회귀모형 및 BP신경망에 의한 겨울철강수량의 계절예보를 진행하고 예보정확도를 비교한다.

2. 겨울철강수량의 계절예보를 위한 지수결정

분석결과에 의하면 1949년—2015년기간의 겨울철강수량은 99%의 통계적민음성을 가지고 명백히 감소하는 경향성을 띠며 선형감소률은 약 0.3mm/y이다.

가을철 SHI와 ALI는 증가하는 경향성을 띠며 SHI 및 ALI와 겨울철강수량사이의 상관관계는 통계적유의성을 가지지 않는다.

각이한 등압면들에서 우리 나라 겨울철강수량과 선행한 가을철의 온도차지수들(TDI_{O-C} , TDI_{S-N}) 및 구역평균온도지수들(AAT_O , AAT_C , AAT_S 및 AAT_N)사이의 상관결수는 표 1과 같다.

표 1. 각이한 등압면들에서 우리 나라 겨울철강수량과 선행한 가을철의 온도차지수들사이의 상관결수

등압면/hPa	겨울철강수량					
	TDI_{O-C}	AAT_O	AAT_C	TDI_{S-N}	AAT_S	AAT_N
1 000	0.03	-0.14	-0.08	-0.12	-0.34	0.05
925	0.01	-0.15	-0.08	-0.15	-0.33	0.07
850	-0.11	-0.23	-0.09	-0.19	-0.36	0.11
700	-0.06	-0.22	-0.21	-0.25	-0.36	0.15
600	-0.07	-0.20	-0.12	-0.26	-0.31	0.18
500	-0.06	-0.15	0.07	-0.26	-0.20	0.21
400	-0.07	-0.09	0.00	-0.30	-0.17	0.26
300	-0.06	-0.01	0.06	-0.27	0.18	0.21
250	0.02	0.13	0.05	-0.05	-0.12	-0.02
200	0.08	0.15	0.04	0.13	-0.02	-0.16
150	0.00	0.21	0.25	-0.03	0.14	0.12
100	-0.15	0.26	0.35	0.03	0.26	0.23
70	0.03	0.26	0.25	0.05	0.25	0.17
50	0.03	0.26	0.22	0.08	0.35	0.14
30	-0.06	0.15	0.16	0.06	0.21	0.07
20	-0.20	-0.06	0.12	0.07	0.15	0.01
10	-0.13	0.00	0.15	0.11	0.23	0.01

표 1에서 보는바와 같이 겨울철강수량과 선행한 가을철의 대양과 대륙사이의 온도차 TDI_{O-C} , 구역평균한 온도지수들인 AAT_O (N 30°—60°, E 140°—W 140°) 및 AAT_C (N 30°—60°, E 60°—120°), 남과 북사이의 온도차 TDI_{S-N} , 구역평균한 온도지수들인 AAT_S (N 20°—30°, E 80°—120°) 및 AAT_N (N 60°—70°, E 80°—120°)들사이의 상관관계를 분석한데 의하면 통계적으로 유의한 지수들은 100hPa등압면에서 AAT_C , 850hPa, 700hPa 및 50hPa등압면에서 AAT_S 이다. 즉 대양과 대륙사이의 온도차가 아니라 일정한 대기층에서 어떤 구역평균온도의 변동성이 겨울철강수량의 변동성과 유사하다는것을 알수 있다.

이로부터 구역변경실험을 진행한 결과 겨울철강수량과 가장 상관이 좋은 인자들은 1 000hPa등압면에서 구역 E 117.5°-155°, N 20°-27.5°(1구역)의 평균온도시계열(AAT-1-1 000)과 100hPa등압면에서 구역 E 80°-95°, N 30°-60°(2구역)의 평균온도시계열(AAT-2-100)이다. 겨울철강수량과 AAT-1-1 000사이의 상관결수는 $-0.40(p<0.001)$ 이며 AAT-2-100과의 상관결수는 $0.41(p<0.001)$ 이다.

3. 겨울철강수량의 계절예보실험결과

선형회귀에 의한 예보인 경우 1948년-2007년기간 가을철의 구역평균온도편차지수들인 AATAI-1-1 000 혹은 AATAI-2-100시계열들은 각각 독립변수들을 구성하며 1949년-2008년기간 겨울철강수량시계열은 종속변수로 된다.

이때 예보값과 실제값의 2차뿌리평균2제곱오차(RMSE)를 평가하고 오차값의 거꿀수에 따라 결합무게를 만든 다음 이 무게들을 가지고 집성방법을 리용하여 예보변수들을 얻었다. AATAI-1-1 000 및 AATAI-2-100시계열들사이의 상관은 -0.53 이다.

예보결과 선형회귀모형에 의한 RMSE는 독립검증기간에 약 16.75mm로서 작지 않았다.

다음으로 BP신경망에 의한 겨울철강수량예보를 진행하였다. 여기서 출력자료는 1949년-2008년기간의 겨울철강수량자료, 신경세포의 활성화함수는 표준시그모이드함수, 훈련벡터들은 1948년-2007년의 60년기간에 대한 AATAI-1-1 000 및 AATAI-2-100, 독립검증을 위한 기간은 2009년-2015년(7년)이다.

숨은 층은 5개로 선택하였으며 수많은 턱값들중에서 RMSE가 제일 작은 5개의 BP신경망모형들(NN-1, NN-2, ..., NN-5)을 리용하여 독립검증을 진행하였다.

BP신경망에 의한 예보결과와 회귀모형에 의한 예보결과를 비교하면 다음과 같다.(표 2)

표 2. BP신경망에 의한 예보결과와 회귀모형에 의한 예보결과(RMSE(mm))비교

기간/y	신경망모형					평균	회귀 모형
	NN-1	NN-2	NN-3	NN-4	NN-5		
종속기간	15.18	15.93	15.70	15.90	15.93	15.73	18.32
독립기간	18.26	15.60	10.31	10.32	12.51	13.40	16.75

표 2에서 보는바와 같이 BP신경망을 리용한 예보값과 실제값사이의 RMSE는 종속기간과 독립기간에 각각 15.73, 13.40mm이다. 한편 집성법을 리용할 때 선형회귀에 의한 RMSE는 위에서 언급된 기간들에 각각 18.32, 16.75mm이다. 즉 BP신경망에 의한 예보맞춤률은 회귀모형을 리용한것보다 각각 1.16, 1.25배 더 높다.

특히 독립검증인 경우에 BP신경망 NN-3에 의한 RMSE는 10.31mm이며 선형회귀에 의한것보다 1.6배 더 높다. 이러한 결과들은 동일한 예보인자들인 경우에 비교적 잘 설계된 BP신경망을 리용하는 겨울철강수량예보가 정확도가 더 높다는것을 보여준다.

맺 는 말

우리 나라 겨울철강수량의 계절예보에 리용할수 있는 2개의 가장 좋은 인자는 선행한 가을철의 AATAI-1-1 000 및 AATAI-2-100이다.

예보결과에 의하면 BP신경망모형에 의한 겨울철강수량의 계절예보성적은 선형회귀모형예보성적을 집성한 경우보다 더 좋았다.

참 고 문 헌

- [1] L. Song et al.; Journal of Climatology, 29, 2557, 2016.
- [2] L.Wang et al.; Climate Dynamics, 52, 4953, 2019.

주체109(2020)년 7월 5일 원고접수

Seasonal Prediction of Winter Precipitation Based on BP Neural Network in Our Country

Pak Yon I, Ryo Pak Chol and Jong Sang Il

In this paper, the most appropriate atmospheric circulation indices in preceding autumn for seasonal prediction of winter precipitation in our country are detected and the prediction of winter precipitation based on BP neural network is performed.

Keywords: winter precipitation, neural network, seasonal prediction