

# 판별해석법에 의한 여름철 서해안지방의 폭우예보방법

황 은 옥

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학기술이 경제강국건설에서 기관차의 역할을 하도록 하여야 하겠습니다.》

(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 40페이지)

폭우는 농촌경리를 비롯한 인민경제 여러 부문에 재해를 일으키는 재해성기상현상으로서 여름철 일기예보에서 중요한 예보대상이다. 그러므로 여름철 폭우예보의 정확성을 높이는것은 일기예보부문에서 중요한 과업으로 나선다.

론문에서는 판별해석법에 의한 폭우예보방법에 대하여 서술하였다.

## 1. 폭우예보인자의 선정

일반적으로 폭우예보식을 작성하는데 리용되는 기본인자에는 세계적으로 폭우의 발생을 평가하고 예보하는데 리용될수 있다고 인정되고있는 51개의 인자들 즉 수값예보강수량, K지수, SSI(쇼알터안정도값), A지수, VTG(수직온도경도,  $T_{850} - T_{500}$ ), LI(상승지수), TTI, CAPE, LLWS(하층바람절변,  $V_{850} - V_{1000}$ ), DDWS(높은층바람절변,  $V_{500} - V_{1000}$ ), HEL(라선도), CII(대류불안정지수), LNB(틀힘지수), PCI(포텐살대류지수), AII(대기불안정지수), 925, 850, 700, 500hPa면의 이슬점온도차, 925, 850, 700, 500, 300hPa면의 바람방향의  $u$ 성분, 925, 850, 700, 500, 300hPa면의 바람방향의  $v$ 성분, 925, 850, 700, 500, 300hPa면의 바람속도, 300, 200, 100hPa면의 발산합, 925, 850, 700, 500hPa면의 습기수송량의 수렴량, 925, 850, 700, 500hPa면의 습기수송량의 수렴량의 합, 925, 850, 700, 500hPa면의 이슬점온도차의 합, 700hPa면의 수직속도,  $\theta_{e850}$ , 850, 700, 500hPa면의 상대습도, 850, 700, 500hPa면의 상당포텐살온도의 경도, BI(보이텐지수),  $Z_{500} - Z_{850}$  이 있다.

론문에서는 이 일반적인 51개의 기본인자대신에 현업에서 실지 리용하는 보다 적은 개수의 폭우예보인자를 두가지 통계적방법을 거쳐 선정하였다.

경험직교함수전개법(EOF)의 원리는 주어진 마당모임을 이 마당을 구성하는 지점수보다 적은 수의 파라미터로 표현하는데 있다.

기본인자마당  $F(t, x)$ 를 시간만의 함수  $T_h(t)$ 와 관측지점(혹은 구성요소)만의 함수  $X_h(x)$ 의 1차결합으로 근사적으로 표시하면 다음과 같다.

$$F(t, x) \approx \sum_{h=1}^K T_h(t) X_h(x) \quad (1)$$

여기서  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $n=51$ 이다.

이제  $F_{ij} = F(t_i, x_j)$ ,  $T_{hi} = T_h(t_i)$ ,  $X_{hj} = X_h(x_j)$ 라면 식 (1)은 다음과 같이 쓸수 있다.

$$F_{ij} \approx \sum_{h=1}^K T_{hi} X_{hj} \quad (K < n) \quad (2)$$

여기서  $K$ 의 값은 이 근사의 정확도에 관계되는데 월과 예건기에 따라 다르지만 정확도가 98%인 경우에 대체로 23정도였다.

일반적으로 대기과정은 비선형과정이며 특히 폭우현상은 여러 인자들의 비선형적결합으로 표현된다. 그러므로 폭우예보에 필요한 후보인자로서 전개결수로 이루어지는 다음과 같은 인자들을 선택하였다.

$T_1, T_2, \dots, T_k, T_1T_2, T_1T_3, \dots, T_1T_K, T_2T_3, T_2T_4, \dots, T_2T_K, \dots, T_{K-1}T_K$

$K$ 가 23일 때 후보인자의 개수는 253으로 된다.

요인선별법은 주어진  $n$ 개의 인자  $W_1, W_2, \dots, W_n$  가운데서 일정한 개수의 인자를 선정하여 작성한 예보식의 값과 피예보량  $Y$ 사이의 중상관결수가 최대로 되게 하는 방법이다.

요인선별법의 계산절차는 다음과 같다.

① 인자  $W_1, W_2, \dots, W_n$ 과 피예보량  $Y$ 사이의 상관결수를 모두 구하고 그중 상관결수의 절대값이 가장 큰 인자( $Z_1$ )를 선택하고  $Z_1$ 과  $Y$ 사이의 회귀식을  $\hat{Y}_1$ 이라고 한다.

②  $Y - \hat{Y}_1$ 과 나머지 인자사이의 상관결수를 모두 구하고 그중 상관결수의 절대값이 가장 큰 인자를 둘째 인자로 취한다. 이것을  $Z_2$ 라고 한다.

③ 이미 선발된 두 인자  $Z_1, Z_2$ 에 관한 회귀식  $\hat{Y}_2$ 을 작성하고 회귀결수를 결정한다.

④  $Y - \hat{Y}_2$ 과 나머지 인자사이의 상관결수를 모두 구하고 그중 상관결수의 절대값이 가장 큰 인자를 셋째 인자로 취한다.

⑤  $Z_1, Z_2, Z_3$ 에 관한 회귀식  $\hat{Y}_3$ 을 작성하고 회귀결수를 결정한다.

⑥ ②~⑤의 과정을 중상관결수가 일정한 턱값(보통 0.8)을 넘을 때까지 반복한다.

요인선별법을 적용하여 후보인자로부터 폭우예보식작성에 리용되는 인자를 선정한다.

## 2. 판별해석법에 의한 폭우예보방법

폭우예보인자는 매 월, 예건기, 관측소별로 선정하는데 그 공정은 다음과 같다.

① 매 기본인자에 대하여 그것을 0~1사이의 값을 가지도록 표준화한다.

② 편차마당을 EOF로 전개하여 시간전개결수를 계산한다. 정확도는 98%로 취한다.

③ 시간전개결수들의 비선형결합까지 고려하여 요인선별법으로 최종인자를 확정한다. 이때 중상관결수의 턱값을 0.8로 하며 피예보량의 값을 폭우가 있을 때에는 1, 없을 때에는 0을 취하게 하였다.

선행연구[1-3]에서는 폭우예보를 위해 개념모형, 종람학적방법, 확률회귀법, 신경망모의법 등이 적용되었는데 어떤 현상의 유무를 판별하는데는 판별해석법이 그중 적합하다. 그러므로 판별해석법으로 폭우예보를 진행하기로 하였다.

판별해석법의 원리는 어떤 기준(직선 또는 초평면)을 만들어 인자들의 1차결합값이 이 기준값보다 큰가 작은가에 따라 현상의 유무를 예보하는것이다.

판별해석법의 계산순서는 다음과 같다.

① 2개의 조(꼭우가 있겠는가 없겠는가)에서 인자들의 평균값 ( $\overline{Z_k(A)}$ ,  $\overline{Z_k(B)}$ )을 계산한다.

② 인자들의 공분산( $\lambda_{kl}(\mathbf{A}), \lambda_{kl}(\mathbf{B}), k=1, \dots, p, l=1, \dots, p$ )을 계산한다.

③ 두 조의 총공분산을 계산한다.

$$\lambda_{kl} = \lambda_{kl}(A) + \lambda_{kl}(B), \quad (k, l = 1, \dots, p)$$

④ 판별결수  $a_1, a_2, \dots, a_p$ 를 결정하기 위한련립방정식을 다음과 같이 작성한다.

$$\begin{cases} \lambda_{11}a_1 + \lambda_{12}a_2 + \cdots + \lambda_{1p}a_p = \bar{x}_1(A) - \bar{x}_1(B) \\ \lambda_{21}a_1 + \lambda_{22}a_2 + \cdots + \lambda_{2p}a_p = \bar{x}_2(A) - \bar{x}_2(B) \\ \vdots \qquad \qquad \qquad \ddots \qquad \qquad \qquad \vdots \\ \lambda_{p1}a_1 + \lambda_{p2}a_2 + \cdots + \lambda_{pp}a_p = \bar{x}_p(A) - \bar{x}_p(B) \end{cases}$$

⑤ 판별상수  $L$ 을 결정한다.

$L_j(A)$ 를  $A$ 조에 속하는  $j$ 번째 자료에 대한 인자들의 값  $x_{1j}(A), \dots, x_{pj}(A)$ 를  $a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p$ 에 대입한것 즉  $L_j(A) = a_1x_{1j}(A) + a_2x_{2j}(A) + \dots + a_px_{pj}(A)$ 라고 하고 마찬가지로  $L_j(B)$ 에 대해서도  $L_j(B) = a_1x_{1j}(B) + a_2x_{2j}(B) + \dots + a_px_{pj}(B)$ 라고 정의하면  $L$ 은 다음과 같이 결정된다.

$$L = \frac{n_A \bar{L}(A) + n_B \bar{L}(B)}{n_A + n_B}, \quad \bar{L}(A) = \frac{1}{n_A} \sum_{i=1}^{n_A} L_j(A), \quad \bar{L}(B) = \frac{1}{n_B} \sum_{i=1}^{n_B} L_j(B)$$

## ⑥ 판별 방법

예보하려는 날자에 대한 인자  $X_1, X_2, \dots, X_p$  의 값  $x_1, x_2, \dots, x_p$  에 대하여  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p = L^*$  을 계산하여 다음과 같이 판별한다.

$\bar{L}(A) > \bar{L}(B)$ 인 경우	$\bar{L}(A) < \bar{L}(B)$ 인 경우
$L^* > L \rightarrow A$ 조에 속한다고 예보	$L^* > L \rightarrow B$ 조에 속한다고 예보
$L^* < L \rightarrow B$ 조에 속한다고 예보	$L^* < L \rightarrow A$ 조에 속한다고 예보

이와 같은 방법에 기초하여 예보인자를 선정하고 판별해석법에 기초한 폭우예보식을 작성하여 그 결과(기술적맞힘률)를 평가하였다.(표 1, 2)

론문에서 서해안지방의 폭우예보방법을 세우는데 리용된 자료는 최근 2년간의 RJTD 수값예보자료와 서해안지방의 97개(평양시 8개, 평안북도 24개, 평안남도 20개, 황해북도 20개, 황해남도 21개, 남포시 4개)의 관측소들의 6h강수량자료이다.

표 1. EOF 전개한 후 비선형인자에 의한 폭우예보결과(% , 7월)

지점이름	예견기					
	6h	12h	18h	24h	30h	36h
평양시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
평안북도	90.6	93.9	96.0	97.9	94.3	97.9
평안남도	100.0	95.0	97.0	97.5	100.0	97.5
황해북도	100.0	100.0	100.0	100.0	94.7	100.0
황해남도	100.0	100.0	100.0	92.9	100.0	100.0
남포시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
서해안평균	95.3	96.2	97.6	97.7	96.9	98.5

표 2. EOF전개한 후 비선형인자에 의한 폭우예보결과(% , 8월)

지점이름	예견기					
	6h	12h	18h	24h	30h	36h
평양시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
평안북도	97.2	84.2	86.8	97.4	97.4	97.4
평안남도	96.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
황해북도	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
황해남도	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
남포시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
서해안평균	98.2	94.7	95.5	99.1	99.1	99.1

서해안지방전체에 대한 폭우의 맞힌 관측지점수와 락보수, 공보수는 표 3과 같다.

표 3. 서해안지방전체에 대한 폭우의 맞힌 관측지점수와 락보수, 공보수

예견기	7월			8월		
	맞힌수	락보수	공보수	맞힌수	락보수	공보수
6h	61	3	0	112	1	1
12h	127	3	2	108	5	4
18h	122	3	0	105	4	1
24h	128	2	1	113	0	1
30h	124	1	3	109	0	1
36h	129	1	1	113	0	1

확률회귀식에 의한 예보결과는 표 4, 5와 같다. 확률의 턱값을 0.5로 취하였다.

표 4. 확률회귀식에 의한 폭우예보결과(% , 7월)

지점이름	예견기					
	6h	12h	18h	24h	30h	36h
평양시	100.0	100.0	85.7	100.0	85.7	100.0
평안북도	73.5	74.5	84.3	80.9	82.4	80.4
평안남도	88.9	85.0	90.9	82.5	84.8	85.0
황해북도	100.0	84.2	83.3	89.5	100.0	84.2
황해남도	100.0	92.9	100.0	92.9	100.0	86.7
남포시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
서해안평균	85.3	83.1	88.0	85.4	88.0	84.6

표 5. 확률회귀식에 의한 폭우예보결과(% , 8월)

지점이름	예견기					
	6h	12h	18h	24h	30h	36h
평양시	60.0	60.0	100.0	100.0	60.0	60.0
평안북도	85.7	78.4	78.4	97.3	97.3	89.2
평안남도	89.3	88.9	91.3	92.6	95.7	96.3
황해북도	85.0	85.7	85.7	85.7	85.7	100.0
황해남도	87.5	92.9	92.9	92.9	92.9	85.7
남포시	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.9
서해안평균	85.0	83.2	87.2	93.8	90.8	88.5

표 1, 2와 4, 5에서 보는바와 같이 폭우예보에서는 판별해석법이 확률회귀법보다 우월하며 대기안정도지수와 수값예보결과를 그대로 쓰는것보다 그것을 EOF전개하여 리용하는 경우에 예보정확도가 더 높다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

대기안정도지수와 수값예보물리량으로부터 얻은 비선형인자를 예보인자로 하여 판별 해석법에 기초한 여름철 서해안지방의 폭우예보방법을 수립한 결과 폭우현상을 높은 수준에서 진단하고 앞으로 폭우의 지역화문제해결에 리용할수 있게 하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정상일 등; 기상정보처리, 김일성종합대학출판사, 45~104, 주체97(2008).
- [2] 고개시; 예측원들을 위한 통계적수법, 농업출판사, 34~56, 1990.
- [3] 孙继松 等; 气象, 38, 2, 164, 2012.

주체106(2017)년 6월 5일 원고접수

## **Forecast Method based on the Discriminant Analysis Method for Heavy Rain during Summer Season in the West Coast Districts**

*Hwang Un Ok*

We used the discriminant analysis method for the heavy rain forecast in the west coast districts.

We can diagnose heavy rain phenomena at high level and can solve the localization problem of heavy rain by this method.

Key words: discriminant analysis, heavy rain