

삼각함수 및 극좌표와 Scaling technique에 의한 기상 Data의 새로운 해석

엄기철^{†*} · 김이열^{**} · 임채일^{***} · 박용환^{****} · 박민서^{****}

세종데이터연구소 대표이사[†], 세종데이터연구소 소장^{**}, 세종데이터연구소 수석연구관^{***}, 세종데이터연구소 선임연구관^{****}

Advanced Analysis of Climate Data by Trigonometric Function, Polar Coordinate and Scaling Technique

Eom, Ki Cheol^{†*} · Kim, Lee Yul^{**} · Im, Che Il^{***} · Park, Yong Hwan^{****} and Park, Min Seo^{****}

^{*}President, SEjong Data Research Institute, Suwon, Korea

^{**}Director General, SEjong Data Research Institute, Suwon, Korea

^{***}Chief Researcher, SEjong Data Research Institute, Suwon, Korea

^{****}Senior Researcher, SEjong Data Research Institute, Suwon, Korea

ABSTRACT

This study focus on a new data analysis method using trigonometric function, polar coordinate, scaling technique. The principle results are as follows : (1)Yearly variation is greater than 10-day variation for mean air temperature and mean relative humidity. (2) Models of maximum relative humidity, mean relative humidity and minimum relative humidity were developed using the trigonometric function $Y = a \sin [b (X = c) (\text{Pi} / 720)] + d$. (3)Balance and dependence between mean air temperature and mean relative humidity are analyzed based on distance and angle in polar coordinate. (4)The change ratio of balance angle in polar coordinate according to mean air temperature is a function of that temperature, but the ratio according to scaled factor is constant.

Key words: Trigonometric Function, Polar Coordinate, Scaling Technique, Data Analysis

1. 서 론

기상 data를 이용하는 많은 연구에서는 시기별 평균값 비교를 통하여 결론을 도출하는 방법이 가장 많이 활용되고 있는 연구방법이라고 볼 수 있다. 예를 들어 30년 전의 평균기온과 현재의 평균기온을 비교하여 지구온난화 정도를 결론짓는 연구결과도 많이 있다. 그러나 평균값만 비교하여 결론을 내는 것이 과연 우리가 구할 수 있는 최대의 정보에 따른 결론이라고 볼 수 있는가에 대해서는 재검토해 볼 필요가 있다고 사료된다. 근래로 오면서 RGI 프로그램을 이용한 평균기온 및 적산온도 보간 연구(Yu et al.,

2020), 기후변화 시나리오 자료 및 통계적 상세화 연구(Cho et al., 2020) 등 한국기후변화학회지를 중심으로 과거의 관행적인 연구 방식에서 탈피하여 보다 발전된 연구 방법에 의한 논문이 발표되어 왔다.

본 연구는 저자의 근래 연구들에서 시도했던 삼각함수와 scaling technique을 이용한 연구들 (Eom & Eom, 2008; Eom & Eom, 2013; Eom et al., 2014a; Eom et al., 2014b; Lee et al., 2015)을 활용하여, 기후변화 관련 연구에 새로운 data 해석 방법으로 새로운 결과를 도출하는 연구방법을 제시하는 것에 초점을 두었다. 즉, 단순 평균값의 비교 위주에서 탈피하여 표준편차의 분석을 통한 기상

[†]Corresponding author : kceom6578@hanmail.net (16432, Nongminhoikoan 205, Suseong street 92, Suwon, Kyeonggi, Republic of Korea. Tel. +82-31-291-3346)

ORCID 엄기철 0000-0002-8098-4876
임채일 0000-0002-3851-0511
박민서 0000-0002-8552-7551

김이열 0000-0003-3997-5465
박용환 0000-0001-8915-2315

요인의 변이 양상 구명, 삼각함수를 이용한 상대습도 변화 양상 추정모형 설정, 극좌표(Eom and Eom, 2008; Lee, 2008)를 이용한 두 기상요인 간의 연관성 분석, Scaling technique (Reichardt et al., 1975; Patricia and Nielsen, 1984; Eom et al, 1985; Hillel and Erick, 1990) 을 이용한 두 기상요인 간의 균형성 분석 등을 연구하였다. 특히 많은 기상요인들의 변화 양상은 직선적인 변화나 2차 함수 또는 log함수 보다는 sine 함수를 따르는 경향이 많은데 삼각함수를 이용한 기후변화 양상 구명 연구는 드문 경향이라고 사료된다. 따라서 본 연구에서도 제시한 삼각함수를 이용한 상대습도 변화양상 추정모형 설정 연구 방법 등은 앞으로도 기후변화 관련 연구에 많이 활용될 수 있는 아주 유용한 연구 방법이라고 사료된다. 특히, 기상요인의 변화양상이 2차 함수나 log함수 등 곡선적인 상관관계를 나타내는 관측치 자체의 값보다는 이를 직선적인 상관관계를 나타내는 수치변환 한 scale factor를 선정하여 이에 대한 해석을 통하여 더 중요한 결과를 도출할 수 있다고 사료된다. 또한 기상요인 별 관측치의 X-Y 좌표를 이용한 data 해석보다는 본 논문에서 제시한 것처럼 scale factor와 극좌표를 이용하여 data를 해석하면 어떤 변수의 변화율이 일정하지 아닌지를 판단할 수 있으며, 또한 좌표상의 위치에 대하여 레이더 방공시스템처럼 원점에서 부터의 거리와 각도를 산정함으로써 두 요인간의 연관성 및 균형성을 수치로 판단할 수 있게 된다.

2. 재료 및 방법

2.1 온도와 습도의 분포양상 분석

본 연구에서는 과거 36년(1973-2008)동안 전국 67개 기상관측소에서 측정한 일별 기온 및 상대습도 data에 근거한 상순, 중순, 하순 별 즉, 년 간 36개 순 별 최고기온(Tmax), 평균기온(Tmean) 및 최저기온(Tmin), 최고상대습도(RHmax), 평균상대습도(RHmean) 및 최저상대습도(RHmin)의 36년 간 평균값을 산정하여 분석하였다. 이 값들에 대한 표준편차(Standard deviation : STD)와(1), 범위(Range)를(2) 분석하였다.

$$STD = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - x_v)^2 / (n - 1)} \quad (1)$$

단, Xi : 개별 관측치, Xv : 평균값, n : 관측치 개수

$$Range = X_{max} - X_{min} \quad (2)$$

단, Xmax : 관측치 중 최대값 Xmin : 관측치 중 최소치

2.2 삼각함수를 이용한 상대습도 변화양상 추정 모형 설정

본 연구에서는 최고상대습도(RHmax), 평균상대습도(RHmean) 및 최저상대습도(RHmin)의 년 중 시기 (일) 별 변화양상에 대한 추정 모형을 sine 함수의 형태로 설정하였다 (Eom & EOM, 2013) (3).

$$Y = a \sin [b (X - c) (\pi / 720)] + d \quad (3)$$

단, Y : 대상 기후 요인, X : Julian date, Pi : 원주율, a,b,c,d : 계수

2.3 극좌표를 이용한 평균기온과 평균상대습도의 연관성 분석

평균기온을 X축 기준선으로 하여 평균 상대습도를 Y의 변수로 하여 원점에서부터 Y의 거리(동경벡터: D)와 각도(편각 : θ)를 극좌표 상에 표시하였으며, D가 클수록 또한 θ 가 45도에 가까울수록, 두 요인간 상호 연관성이 크다는 것을 뜻하며, 본 연구에서는 θ 를 균형각도라고 지칭하였는데, 그 이유는 예를 들어 인체의 신체검사한 결과 키를 X축에 몸무게를 Y축에 놓고 좌표상의 위치를 볼 때 θ 가 45도에 가까울수록 키와 몸무게의 균형이 잘 맞으며 θ 가 45도와 멀어질수록 키나 몸무게의 균형이 잘 맞지 않는 것으로 표현시킬 수 있듯이, 본 연구에서도 두 기상요인의 값의 크기를 한 좌표상에서 비교해 볼 수 있다는 뜻에서 θ 를 균형각도라고 표현하였다.

2.4 Scaling technique을 이용한 평균기온과 상대습도와의 균형각도[θ] 분석

각 순별 평균기온(Tmean)과 평균상대습도(RH)에 대하여, scaling technique에 의해 균형각도에 근거한 연관성을 분석하기 위하여, 관측치의 최고값에 대한 비율을 scale factor로 설정하여(4), (5) 이 두요인의 균형각도인 θ 의 변화율을 분석하였다.

$$T^* = (T_i / T_{max}) \quad (4)$$

단, Ti : 순 별 평균기온, Tmax : 년 중 최고값

$RH^* = (RH_i / RH_{max})$ (5)
단, RH_i : 순 별 평균상대습도, RH_{max} : 년 중 최고값

3. 결과 및 고찰

3.1 온도와 습도의 분포양상 분석

1월 상순부터 12월 하순까지의 각 순별 36년 동안의 최고기온(T_{max}), 평균기온(T_{mean}) 및 최저기온(T_{min})에 대한 전국 평균값은, 최고기온, 평균기온 및 최저기온의 각 순 별 표준편차는 각각 7.09, 9.10 및 9.39, 그 범위는 각각 21.16, 27.06 및 28.18으로서 순별 평균기온의 변이는 최저기온이 가장 컸다. 평균기온에 대한 각 순별 표준편차의 평균값은 1.94이었으며, 각 순별 평균값의 표준편차는

9.10임을 볼 때 평균기온은 년차 간 변이보다 순 간 변이가 더 크다는 것을 알 수 있다 (Table 1).

과거 36년 동안 전국 67개 기상관측소의 최고상대습도 (RH_{max}), 평균상대습도(RH_{mean}) 및 최저상대습도 (RH_{min}) 측정치로부터, 1월 상순부터 12월 하순까지의 각 순별 전국 평균값을 볼 때, 최고상대습도, 평균상대습도 및 최저상대습도의 각 순 별 표준편차는 각각 5.59, 6.39 및 9.43, 그 범위는 각각 18.47, 19.57 및 28.25로서 순 별 상대습도의 변이는 최저상대습도가 가장 컸다. 평균상대 습도에 대한 각 순별 표준편차의 평균값은 4.49이었으며, 각 순별 평균값의 표준편차는 6.39임을 볼 때 년차 간 변이보다 순 간 변이가 조금 더 크다는 것을 알 수 있다 (Table 2).

Table 1. The average of maximum, mean and minimum temperature in Korea from 1973 to 2008.

period	Tmax	Tmean	Tmin	Std (Tmean)	period	Tmax	Tmean	Tmin	Std (Tmean)
1-F	7.53	-0.49	-6.74	3.03	8-F	27.43	25.68	20.36	1.27
1-M	6.84	-1.02	-7.49	2.92	8-M	27.02	25.02	19.71	1.32
1-L	6.27	-1.38	-7.82	2.86	8-L	26.42	23.69	17.91	1.47
2-F	6.43	-0.75	-7.30	2.74	9-F	25.21	22.12	16.08	1.55
2-M	8.10	1.41	-4.69	2.45	9-M	23.80	20.20	14.57	1.71
2-L	8.16	2.22	-4.16	2.21	9-L	22.28	18.12	12.04	1.92
3-F	9.03	3.71	-2.58	2.10	10-F	20.91	16.22	10.11	2.08
3-M	10.60	5.80	-0.03	1.89	10-M	19.55	14.55	8.60	2.16
3-L	11.79	7.49	1.50	1.77	10-L	17.45	11.73	5.45	2.39
4-F	13.37	10.00	3.98	1.57	11-F	16.26	10.03	3.82	2.46
4-M	14.60	11.81	5.52	1.48	11-M	13.87	7.22	1.81	2.56
4-L	16.30	13.92	7.92	1.38	11-L	12.28	5.17	-0.43	2.69
5-F	17.81	15.61	9.33	1.31	12-F	10.47	2.91	-2.70	2.81
5-M	18.51	16.39	10.70	1.24	12-M	8.96	1.24	-4.52	2.87
5-L	20.51	18.31	11.91	1.34	12-L	8.28	0.31	-5.74	2.97
6-F	21.99	19.87	14.45	1.29	AVG	16.73	12.29	6.43	1.94
6-M	23.03	21.02	15.97	1.28	STD	7.09	9.10	9.39	0.64
6-L	23.43	21.87	16.66	1.20	MAX	27.43	25.68	20.36	3.03
7-F	24.62	23.03	17.93	1.17	MIN	6.27	-1.38	-7.82	1.17
7-M	25.88	23.89	19.01	1.18					
7-L	27.15	25.45	20.25	1.24					

Table 2. The average of maximum, mean and minimum relative humidity in Korea from 1973 to 2008.

period	RHmax	RHmean	RHmin	Std	period	RHmax	RHmean	RHmin	Std
1-F	85.24	65.35	48.15	7.79	8-F	85.98	78.66	72.51	2.58
1-M	78.89	65.19	50.73	6.73	8-M	86.64	79.16	74.14	2.53
1-L	82.59	63.75	47.21	7.57	8-L	87.63	79.24	74.59	2.23
2-F	75.09	62.83	47.84	7.06	9-F	86.47	78.14	72.34	2.26
2-M	73.50	62.10	50.27	5.68	9-M	83.72	76.07	69.01	2.38
2-L	79.84	64.07	53.38	5.46	9-L	83.16	73.97	66.06	2.87
3-F	72.79	63.05	53.86	4.78	10-F	80.65	72.67	65.60	3.33
3-M	71.83	62.64	54.42	3.92	10-M	75.67	70.62	61.75	3.58
3-L	72.15	63.06	55.59	3.68	10-L	75.61	69.08	56.98	4.16
4-F	71.75	61.53	52.38	4.29	11-F	76.06	69.16	55.62	4.45
4-M	73.19	61.70	53.73	4.31	11-M	74.76	67.35	54.22	5.13
4-L	76.33	62.27	53.50	4.81	11-L	76.04	67.25	52.66	5.83
5-F	80.05	65.77	58.13	4.49	12-F	76.90	67.25	49.21	6.72
5-M	80.70	67.89	60.40	3.81	12-M	77.13	65.42	47.26	7.45
5-L	80.14	67.30	59.15	3.81	12-L	76.73	65.18	47.86	7.37
6-F	82.09	70.54	61.98	3.76	AVG	80.00	69.44	59.47	4.49
6-M	85.29	72.73	65.06	4.04	STD	5.59	6.39	9.43	1.66
6-L	89.28	78.27	72.21	3.67	MAX	90.22	81.10	75.46	7.79
7-F	90.22	79.96	73.97	3.46	MIN	71.75	61.53	47.21	2.23
7-M	89.71	81.10	75.46	2.82					
7-L	86.19	79.48	73.62	2.74					

3.2 삼각함수를 이용한 상대습도 변화양상 추정 모형 설정

과거 36년 동안 전국 67개 기상관측소의 최고상대습도 (RHmax), 평균상대습도(RHmean) 및 최저상대습도(RHmin) 측정치로부터 년 중 각각의 상대습도 변화양상에 대한 추정 모형을 sine 함수로 설정하였으며((6), (7), (8)), 실측치와 추정치간의 평균편차는 각각 1.94, 1.98 및 2.70이었다 (Table 3). 실측치와 추정치를 비교한 결과 최고상대습도, 평균상대습도 및 최저상대습도의 측정실측치와 추정치의 원점을 통과하는 회귀직선의 회귀계수가 각각 0.9911, 1.016 및 0.9961로서 1.0에 매우 근사한 값이었으며, 그 결정계수도 각각 0.85, 0.91 및 0.89를 보여 통계적으로 매우 유의성 있는 값을 나타내었다(Fig. 2).

따라서 본 모형에 의한 추정치는 실측치에 매우 근사한 값을 보여주었다.

$$RH_{max} = 9.24 \sin[1.38 (X + 120) \cdot (\pi / 720)] + 80.99 \quad (6)$$

$$RH_{mean} = 9.79 \sin[1.10 (X + 185) \cdot (\pi / 720)] + 71.32 \quad (7)$$

$$RH_{min} = 14.13 \sin[1.20 (X + 170) \cdot (\pi / 720)] + 61.34 \quad (8)$$

*단, X는 Julian date임.

Table 3. The difference between measured relative humidity and estimated relative humidity

	RHmax	RHmean	RHmin
Average	1.94	1.98	2.70
STD	1.72	1.26	2.17
CV(%)	89.13	63.73	80.38
Maximum	6.86	4.71	6.83
Minimum	0.01	0.04	0.06

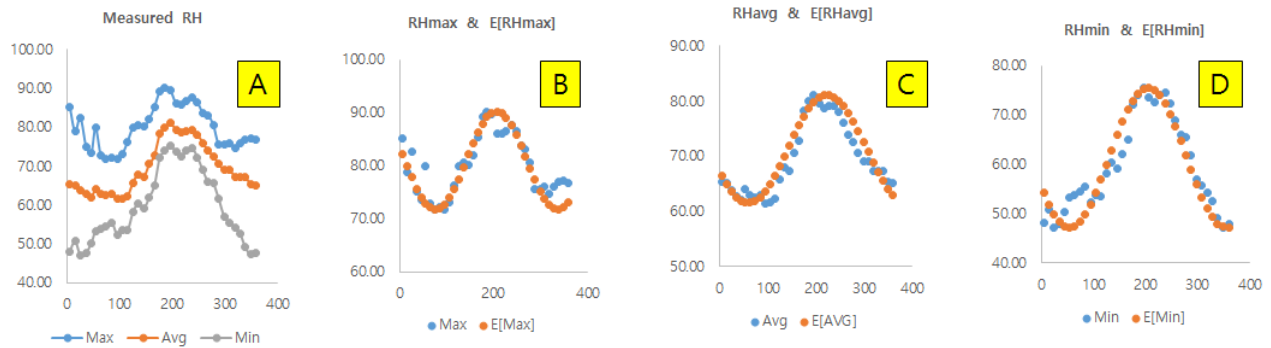


Fig. 1. Change of measured relative humidity and estimated relative humidity according to Julian date (A : measured RH, B : RHmax, C : RHmean, D : RHmin)

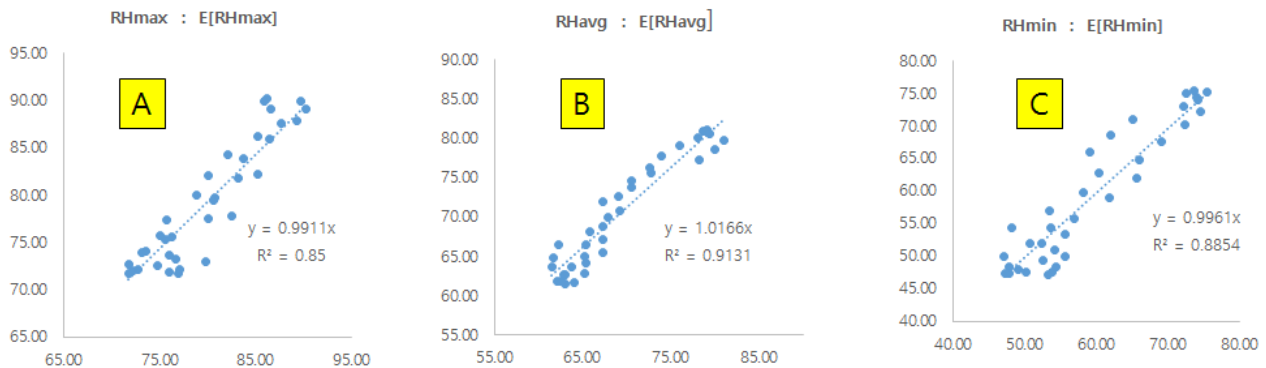


Fig. 2. Relationship between measured relative humidity and estimated relative humidity (A : RHmax, B : RHmean, C : RHmin)

3.3 극좌표를 이용한 평균기온과 평균상대습도의 연관성 분석

극좌표에서 볼 때 : 원점에서부터의 거리 (D)가 클수록 두 요인간의 상호의존도가 강하다는 것을 뜻하며, 두 요인 사이의 균형각도[θ]가 45도에 가까울수록 두 요인이 균형을 이루고 있고 각도가 0도에 가까울수록 평균기온에 비하여 평균상대습도는 상대적으로 낮다는 것을 뜻하며 각도가 90에 가까울수록 평균기온에 비하여 평균상대습도가 상대적으로 높다는 것을 뜻한다. 년 중 36개 순 별 평균기온과 평균상대습도에 대하여 1월 중순과 8월 중순의 경우를 예를 들어 분석해 볼 때 ; 측정치 값이나 scale factor값을 일반적인 X-Y좌표에 나타낼 경우는(Fig. 3 : A, B and Fig. 4 : D, E) 평균기온과 평균상대습도사이의 균형을 파

악하기 어려우나, scale factor값을 극좌표로 나타내어 평균기온과 평균상대습도사이의 균형을 파악해보면(Fig. 3 : C and Fig. 4 : F) 67지역의 평균 D 값은 1월 중순 및 8월 중순의 경우를 비교해 보면, 각각 0.93 및 1.30으로서 1월 중순보다 8월 중순이 scale factor의 연관성이 약 1.4배 더 크다는 것을 알 수 있다. 또한 두 요인간의 각도는 1월 중순 및 8월 중순의 경우 각각 $50.8 \sim -51.2$ 도 및 $36.1 \sim 48.7$ 도에 분포하고 있음을 볼 때 1월 중순보다 8월 중순이 두 요인 간 균형을 더 잘 이루고 있다고 판단된다.

36년간 평균값의 년 중 36개 순 별 수치변환 평균기온(T^*)과 수치변환 평균상대습도(RH^*)의 관계를 극좌표로 나타내 볼 때, 월별 및 순별 거리(D)와 균형각도[θ]의 차이가 매우 크다는 것을 알 수 있다 (Fig. 5).

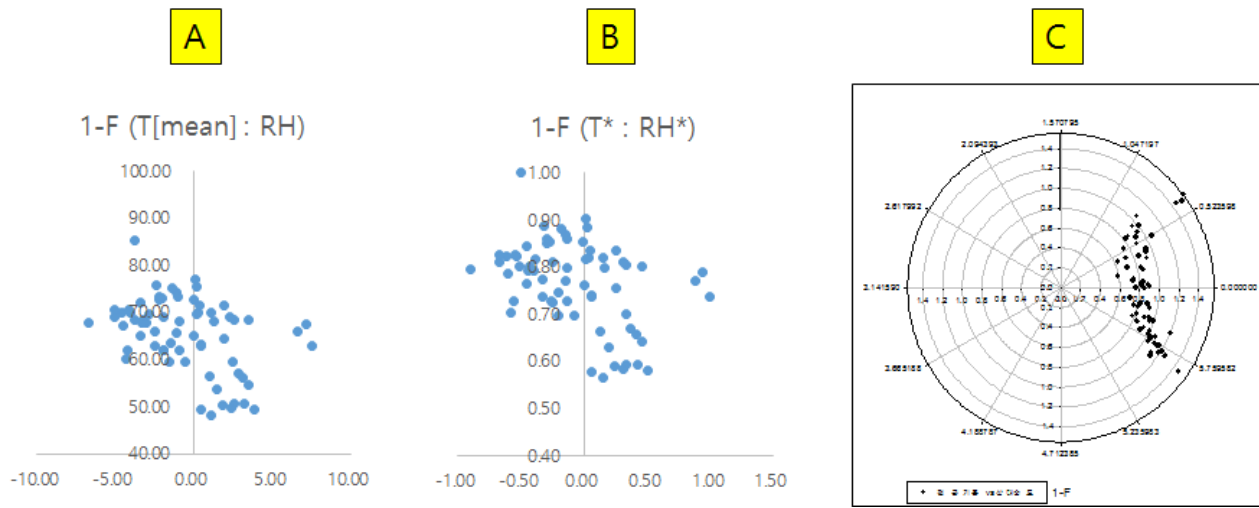


Fig. 3. Relationship between mean temperature and relative humidity in case of measured value and scaled value at X-Y coordinate and polar coordinate in first 10 days of January

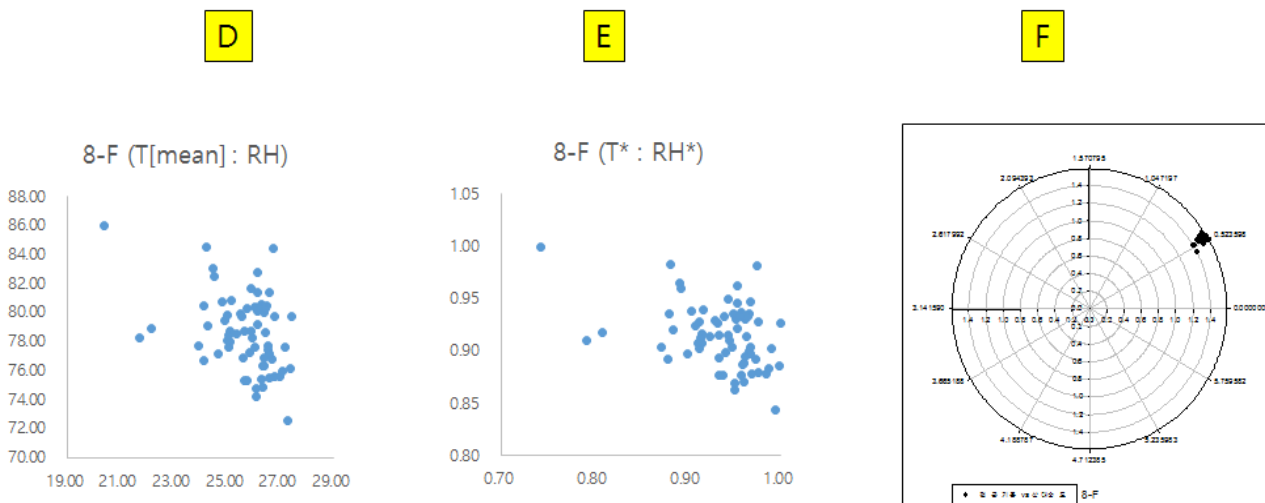


Fig. 4. Relationship between mean temperature and relative humidity in case of measured value and scaled value at X-Y coordinate and polar coordinate in first 10 days of August

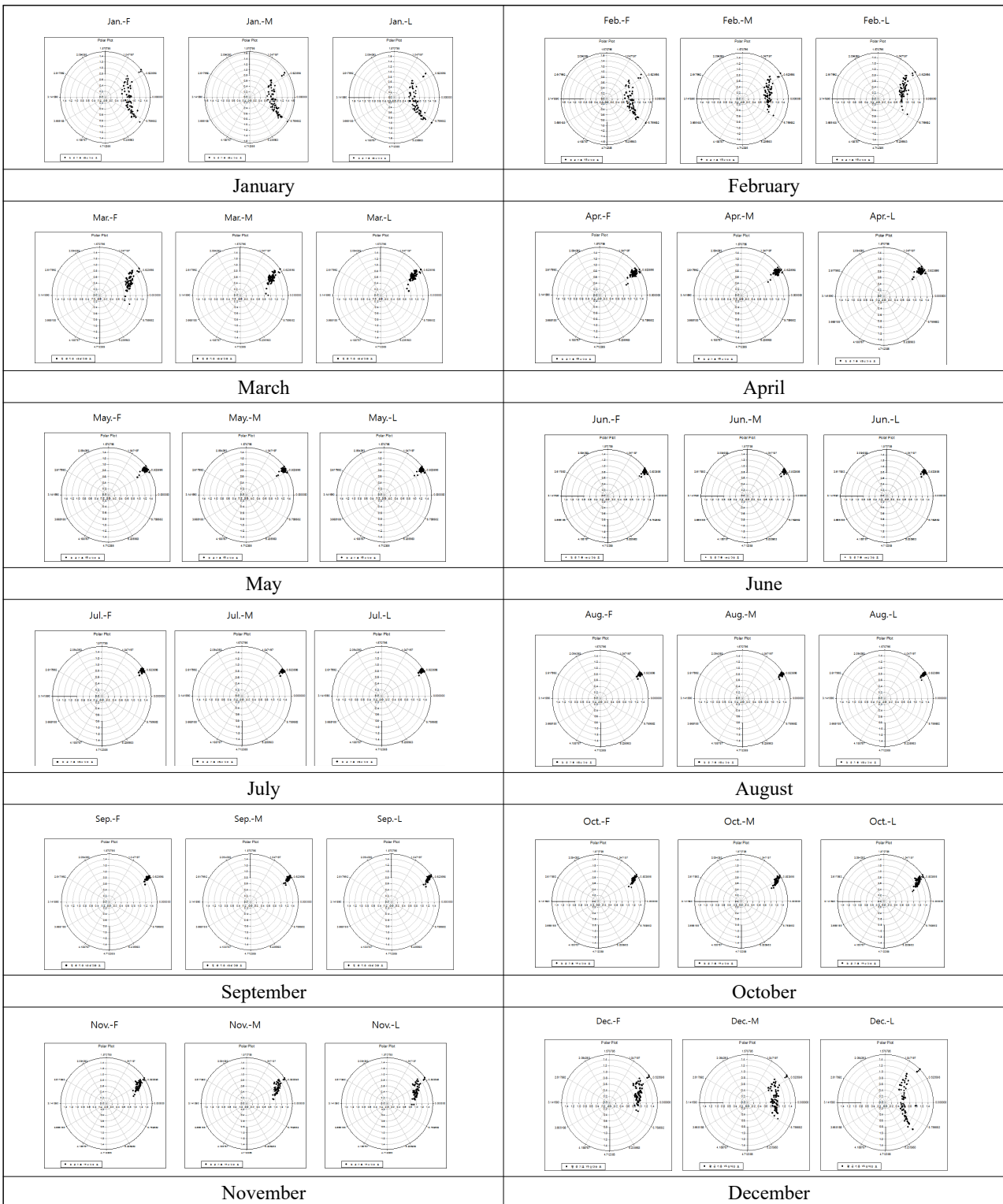


Fig. 5. Relationship between mean temperature and mean relative humidity at polar coordinate in every 10 days of year

3.4 Scaling technique을 이용한 평균기온과 상대습도와의 균형각도[θ] 분석

과거 36년 동안 우리나라 67개 기상관측소의 측정치로부터 구한 1월 상순부터 12월 하순까지의 각 순별 평균기온(Tmean)과 상대습도(RH)에 대하여, scaling technique에 의해 연관성을 분석해보면, 최고상대습도(RHmax), 평균상대습도(RHmean) 및 최저상대습도(RHmin)의 평균기온과의 균형각도는 각각 54.43 ∞ 48.70, 46.98 ∞ -12.03 및 37.24 ∞ -57.30의 범위를 나타내고 있으며, 각 순별 균형각도의 편차는 평균상대습도나 최저상대습도보다 최고상대습도의 편차가 가장 적었으며 이는 최고상대습도가 온도 변화에 따른 변이 정도가 가장 작았다는 것을 알 수 있다(Table 4).

평균기온(T)과 균형각도 θ의 관련성을 보면, 평균기온이 높아질수록 균형각도의 증가율은 점차 감소하는 경향을 보였으나, 수치변환 된 온도(T*)는 온도에 상관없이 균형각도의 증가율은 일정한 값 (0.8703)을 보였다. 이를 통해 평균기온이 높아질수록 습도와 균형성은 변하지만, 수치변환 온도(T*)는 온도 변화에 상관없이 습도와 일정한 균형성을 나타내는 것을 알 수 있다(Fig. 6). 이를 수식으로 해석해보면 다음과 같다.

즉, (T)와 θ의 관계는 다음과 같다(9).

$$\theta = -0.0022 (T)^2 + 0.0839 (T) + 0.0302 \quad (9)$$

이를 (T)에 대하여 미분을 하면(10)

$$d\theta / dT = -0.0044 (T) + 0.0839 \quad (10)$$

이는 온도에 대한 균형각도의 변화율은 온도의 함수임을 나타내며 이는 온도에 따라 균형각도의 변화율이 다르다는 것을 뜻한다.

한편, (T*)와 θ의 관계는 다음과 같다(11).

$$\theta = 0.8703 (T^*) + 0.029 \quad (11)$$

이를 (T*)에 대하여 미분을 하면(12)

$$d\theta / dT^* = 0.8703 (T^*) \quad (12)$$

이는 수치변환 온도(T*)에 대한 균형각도의 변화율은 온도의 변화에 상관없이 일정하다는 것을 의미하는 것으로서, 이는 향후 온도와 상대습도의 관련성 연구에 중요한 역할을 할 수 있는 결과라고 사료된다.

이와 같은 결론은 우리가 자연현상을 연구함에 있어 어떤 변수 X가 변함에 따라 다른 변수 Y의 변화율이 달라질 경우 그 현상의 영향에 대한 해석을 함에 있어, 한 변수의 변화율이 일정한 다른 변수(X*)를 찾아낸다면 자연현상의 변화양상을 연구함에 있어서 중요한 발견을 할 수 있게 됨을 뜻하므로, 본 결과는 상당한 의미가 있다고 사료된다.

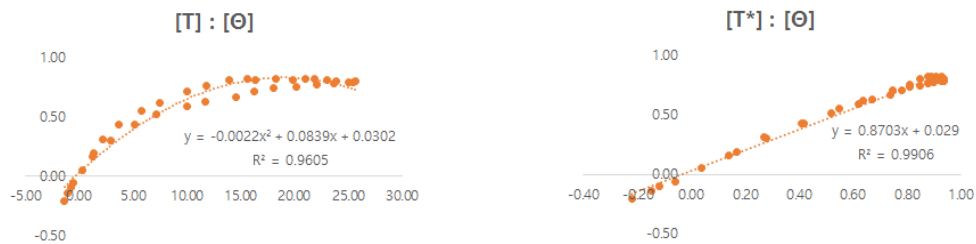


Fig. 6. Relationship between temperature and the angle in case of mean temperature (left) and scaled temperature (right).

Table 4. The balance angle (θ) between mean temperature and three kinds of relative humidity according to each 10days of year

Period	RHmax	RHmean	RHmin	Period	RHmax	RHmean	RHmin
1-F	53.86	-3.44	-48.13	8-F	49.85	45.84	36.67
1-M	50.99	-8.02	-50.99	8-M	48.70	45.26	36.10
1-L	53.29	-12.03	-57.30	8-L	48.70	44.69	34.38
2-F	50.99	-5.73	-51.57	9-F	48.70	44.12	32.66
2-M	49.85	10.89	-33.23	9-M	49.27	42.97	31.51
2-L	51.57	17.76	-30.37	9-L	50.42	42.40	28.65
3-F	49.85	24.64	-16.62	10-F	50.99	40.68	26.36
3-M	49.27	31.51	0.00	10-M	49.85	38.39	25.21
3-L	48.70	35.52	8.02	10-L	49.85	36.10	18.91
4-F	50.42	40.68	19.48	11-F	49.85	33.80	14.32
4-M	52.71	43.54	25.21	11-M	49.85	29.79	8.02
4-L	54.43	46.41	31.51	11-L	50.42	24.64	-2.29
5-F	53.86	46.98	33.23	12-F	50.99	17.19	-16.04
5-M	53.29	46.41	35.52	12-M	50.99	9.17	-30.37
5-L	53.29	46.98	35.52	12-L	50.99	2.86	-37.82
6-F	52.71	46.41	36.67	AVG	50.85	31.61	9.12
6-M	52.71	46.98	37.24	STD	1.66	18.46	31.78
6-L	50.42	46.98	36.67	CV[%]	3.26	58.39	348.46
7-F	50.42	46.41	37.24				
7-M	49.27	45.84	37.24	MAX	54.43	46.98	37.24
7-L	49.27	45.26	36.67	MIN	48.70	-12.03	-57.30

4. 결론

본 연구는 기상 data에 대한 새로운 통계 분석과 극좌표 및 scaling technique을 이용하여 기상 data에 대한 새로운 해석 연구를 통한 결과는 다음과 같다.

첫째, 순 별 기온의 변이는 최고기온이나 평균기온 보다 최저기온이 가장 컸다.

둘째, 평균기온은 년차 간 변이보다 순 간 변이가 더 컸다.

셋째, 순 별 상대습도의 변이는 최고상대습도나 평균상대습도 보다 최저상대습도가 가장 컸다.

넷째, 순 평균 상대습도는 년차 간 변이보다 순 간 변이가 조금 더 컸다.

다섯째, Julian date(X)에 따른 최고상대습도(RHmax)의 추정모형을 설정하였다.

$$RHmax = 9.24 \sin[1.38 (X + 120) \cdot (\text{Pi} / 720)] + 80.99$$

여섯째, Julian date(X)에 따른 평균상대습도(RHmean)의 추정모형을 설정하였다.

$$RHmean = 9.79 \sin[1.10 (X + 185) \cdot (\text{Pi} / 720)] + 71.32$$

일곱째, Julian date(X)에 따른 최저상대습도(RHmin)의 추정모형을 설정하였다.

$$RHmin = 14.13 \sin[1.20 (X + 170) \cdot (\text{Pi} / 720)] + 61.34$$

여덟째, 극좌표를 이용하여, 평균기온과 평균상대습도 사이의 균형성을 분석하는 새로운 방법을 제시하였다.

아홉째, scaling technique을 이용하여, 수치변환 온도는 온도 변화에 상관없이 평균상대습도와의 균형 각도 변화율은 일정하다는 결과를 얻는 새로운 data 해석 방법을 제시하였다.

본 연구는 위 결과와 함께 몇 가지 시사점을 준다. 특히, 자연현상을 연구함에 있어 어떤 변수 X가 변함에 따라 다른 변수 Y의 변화율이 달라질 경우 그 현상의 영향에 대한 해석을 함에 있어, 한 변수의 변화율이 일정한 다른 변수(X^*)를 찾아낸다면 자연현상의 변화양상을 연구함에 있어서 중요한 발견을 할 수 있게 됨을 뜻하므로, 본 결과는 상당한 의미가 있다고 사료된다.

사사

본 논문은 농식품기술융합창의인재양성사업(과제번호: 120017-02)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Cho JP, Kim JU, Choi SK, Hwang SW, & Jung HC. 2020. Variability analysis of climate extreme index using downscaled multi-models and grid-based CMIP5 climate change scenario data. *Journal of Climate Change Research* 11: 123-132.
- Eom KC, Song KC, Ryu KS, Sonn YK, Lee SE. 1985. Model equations to estimate the soil water characteristic curve using scaling factor. *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 28: 227-232.
- Eom KC, Eom KR. 2008. *Mathematics for agricultural sciences*. Daewon Publishers. Korea. Seoul. 123-491 (in Korean).
- Eom KC, Eom HY. 2013. Estimation model of the change in daily leaf surface temperature using scaling technique. *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 46: 359-364.
- Eom KC, Lee BK, Kim YS, Eom HY. 2014. Comparison of the change in daily air and surface temperature of red-pepper leaf and soil. *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 47: 345-350.
- Eom KC, Park SJ, Lee BK, Eom HY. 2014. Estimation of the changes in daily air and soybean leaf surface temperature using the E&E model. 8th Asian Crop Science Association Conference [ACSAC8] Vietnam. p.84-85.
- Hillel D, Erick DE. 1990. *Scaling in soil physics : Principle and application*. Soil Science Society of America. Inc. Madison. Wisconsin. USA. p.300-318.
- Lee BK, Jung PK, Lee WK, Lim CH, Eom KC. 2015. Changes in air temperature and surface temperature of crop leaf and soil. *Journal of Climate Change Research* 6: 209-221.
- Lee MY. 2008. *Studies on the coordinate systems [dissertation]*. University of Hannam.
- Patricia MT, Nielsen DR. 1984. Scale in soil science. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 953-953.
- Reichardt K, Libardi PL, Nielsen DR. 1975. Unsaturated hydraulic conductivity by a scaling technique. *Soil Sci.* 120: 165-168.
- Yu DS, Kwon OC, Kim HG. 2020. A simple program improving uncertainly average temperature and growing degree days based on RCP scenario. *Journal of Climate Change Research* 11: 113-122.