

# GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 기온자료 추정

홍기옥<sup>1</sup> · 서명석<sup>1,\*</sup> · 나득균<sup>2</sup> · 장동호<sup>3</sup> · 김찬수<sup>4</sup> · 김맹기<sup>1</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 대기과학과

<sup>2</sup>기상청 기후정책과

<sup>3</sup>공주대학교 지리학과

<sup>4</sup>공주대학교 응용수학과

(2007년 5월 22일 접수; 2007년 7월 7일 승인)

## Estimation of High Resolution Gridded Temperature Using GIS and PRISM

Ki-Ok Hong<sup>1</sup>, Myoung-Seok Suh<sup>1,\*</sup>, Deuk-Kyun Rha<sup>2</sup>, Dong-Ho Chang<sup>3</sup>, Chansoo Kim<sup>4</sup> and Maeng-Ki Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Atmospheric Science, Kongju National University, Kongju, Korea

<sup>2</sup>Climate Policy Division, Korea Meteorological Administration

<sup>3</sup>Department of Geography, Kongju National University, Kongju, Korea

<sup>4</sup>Department of Applied Mathematics, Kongju National University, Kongju, Korea

(Manuscript received 22 May 2007; in final form 7 July 2007)

### Abstract

This study generated and evaluated the high resolution (5 km) gridded data of monthly mean, maximum and minimum temperature from 2002 to 2005 over South Korea using a modified PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model: K-PRISM) developed by Daly *et al.* (2003). The performance of K-PRISM was evaluated by qualitative and quantitative ways using the observations and gridded data derived by inverse distance weighting (IDW) and hypsometric methods (HYPS). For the generation of high resolution gridded data, geographic informations over South Korea, such as the digital elevation, topographic facet and coastal proximity, are derived from the 1 km digital elevation data. The spatial patterns of temperature derived by K-PRISM were more closely linked to topography and coastal proximity than those by IDW. The K-PRISM performed much better than IDW for all months and temperatures, but it was equal to or slightly better than the HYPS. And the performances of K-PRISM were better in the minimum and mean temperature (winter) than the in maximum temperature (summer).

**Key words:** gridded data, PRISM, temperature, geographic information

### 1. 서론

관측자료를 이용한 일기예보 및 기후변화 연구에서 문제가 되는 것은 정량적 활용이 가능한 자료의 기간이 짧고 관측소가 공간적으로 비균질하게 분포하는 점

이다. 공간적으로 비균질하게 분포하는 관측자료를 이용하여 수치 또는 기후 모델의 초기화나 검증을 하기 위해서는 반드시 규칙적인 격자점상의 값으로 내삽하는 기법이 필요하다. 특히 최근에는 컴퓨터의 발달, 고해상도 지리정보의 구축 등으로 수문학, 농업기상 및 대기환경 분야에서의 고해상도 격자형 기상 및 기후자료의 필요성이 점점 증대되고 있다 (이기원, 2001).

우리나라는 국토의 면적은 넓지 않지만 지형이 복잡하고 몬순의 영향을 받아 기온과 강수량을 비롯한 대부분의 기상요소의 시·공간적 변동성이 매우 크다. 따라서 국지적 기후특성을 정량적으로 확보하여 활용

\*Corresponding Author: Myoung-Seok Suh, Department of Atmospheric Science, Kongju National University, Kongju, Chungnam 314-701 Korea.  
Phone : +82-41-850-8533, Fax : +82-41-856-8527  
E-mail: sms416@kongju.ac.kr

하기 위해서는 많은 수의 관측소가 필요하다. 현재 한반도의 지상 기상관측은 약 70여소의 유인관서와 약 450여개의 자동기상관측시스템 (Automatic Weather System: AWS)에 의해 이루어지고 있다. 이 관측소들은 공간적으로 비교적 균등하게 분포되어 있는 듯 보이지만, 전체 관측소의 약 87%가 300 m 이하의 고도에 분포하고 있고, AWS의 경우 약 50여개의 관측소가 서울을 중심으로 한 수도권에 집중되어 있는 등, 관측 자료의 지리적인 편중 현상이 심하다 (Fig. 4 참조).

관측소를 증설하여 고해상도의 격자형 기상자료를 산출하는 것은 경제적으로 매우 비현실적이기 때문에 오래전부터 객관분석 기법이 개발되어 왔다. 최근까지의 객관분석 기법들은 주로 기상요소의 동질성이 단지 거리에 따라 감소한다는 가정을 전제로 거리의 자승에 반비례하게 가중치를 주어 격자점 자료들을 산출하였다 (e.g., Barnes, 1964; Cressman, 1959). 이러한 통계적인 분석 방법들은 기상청 현업 등 많은 연구에 있어서 크게 기여한 것이 사실이지만, 이러한 방법만으로는 양질의 고해상도 격자형 자료를 산출하는데 있어서 한계가 있다 (윤진일 외, 1998; Chao and Chang, 1992; Ekström and Chappell, 2005). 또한 대부분의 기상요소는 거리뿐만 아니라 고도와 같은 주변의 지형학적 환경에도 많은 영향을 받는다 (Johnson *et al.*, 2000; Perry and Konrad, 2006). 따라서 국지적 기후특성을 표현할 수 있는 고해상도 격자형 기후자료 산출을 위해서는 거리 외에도 고도와 같은 다양한 기후인자들의 영향을 고려하는 새로운 객관분석 기법의 개발이 필요하다 (Daly *et al.*, 2003; Daly, 2006; Johansson and Chen, 2003).

국지기후특성을 나타낼 수 있는 고해상도 격자형 지리기후 자료 생산 기법에서 가장 앞서가는 나라는 미국이다. 오리건 주립대학교에서는 이미 15년 전부터 이러한 기후자료의 필요성을 인식하고 북미 대륙에서의 고해상도 지리기후자료 산출을 위하여 다년간의 연구를 거쳐 PRISM (Parameter-elevation Regressions an Independent Slopes Model)이라는 고해상도 격자형 기후자료 산출 도구를 개발하였다 (Daly *et al.*, 1994, 2002, 2003). 이들은 기후요소의 시·공간 변동에 영향을 미치는 요소를 거리 외에도 고도, 지향면 (topographic facet), 해양도 (coastal proximity) 등의 여러 기후인자들을 고려하였고, 현재는 미국 전체에 대해 정기적으로 기후자료를 산출하여 웹상에서 서비스를 하고 있다 (<http://www.ocs.orst.edu/prism>). 뿐만 아니라 지속적

인 연구로 각 기후인자에 대한 가중치 조절 등을 통해 격자형 자료의 산출 수준을 개선시키고 있다 (Daly *et al.*, 2003; Dogget *et al.*, 2004; Daly, 2006). 또한 다른 국가들에서도 지리정보 (Geographic Information System: GIS)를 활용하여 기상요소의 기후도 (Climate mapping)를 산출하기 위한 많은 연구들이 이루어지고 있다 (Blennow, 1998; Ninyerola *et al.*, 2000; Perry and Konrad, 2006).

최근에는 국내에서도 수치모델링 기술이 발달함에 따라 초기자료의 개선을 위해 개선된 객관분석 기법의 필요성이 대두되면서 객관분석 기법에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다 (김용상 외, 1998, 2002; 이화운 외, 2005; 조홍래와 정종철, 2006). 특히 격자단위로 기후값을 추정할 수 있는 통계적인 방법에 대한 연구도 이루어지고 있다 (과학기술처, 1992; 신만용과 윤진일, 1992; 신만용과 천정화, 1996; 신만용 외, 1999). 신만용 외 (1999)는 지형-기후 관계를 고려하여 역산 거리가중 (Inverse distance weighting: IDW)에 의한 격자단위의 일 최고/최저기온을 추정하였다. 이 방법을 70여소의 기상관서에 적용하여 격자형 기온자료를 산출한 결과 추정오차가 1.5 ~ 2.5°C 정도로 크게 나타나 기온추정법의 개선과 관측소의 증설이 필요함을 제시하였다.

우리나라는 지난 수년 동안 국가 NGIS (National Geographic Information System) 사업을 통하여 다양한 규모의 GIS 데이터베이스가 구축되어 누구든지 활용이 가능하다. 기상관측도 기상청에서는 70여 지점의 유인관측소 외에도 약 450 지점의 자동기상관측소 (AWS)를 운용중이며, 농진청 및 건설교통부 등 다양한 국가기관에서 많은 수의 기상관측소를 운용하고 있다. 또한 최근 컴퓨팅 자원의 급속한 발달로 고해상도 격자형기후요소 생산 환경이 어느 정도는 구축되었다고 볼 수 있다.

따라서 이 연구에서는 미국에서 개발된 PRISM을 기반으로 하여 한반도의 다양한 GIS 정보와 지상관측 기온자료를 이용하여 고해상도의 격자형 (5 km × 5 km) 지리기후자료 (월 평균/최고/최저 기온)를 산출하고 산출 수준을 분석하였다. 이러한 고해상도 격자형 기후자료는 보다 세밀하고 정확하게 기상장을 제시하므로 다양한 유형의 수치/기후모델의 검증뿐만 아니라 기상예보관이 디지털예보를 생산할 때도 중요한 배경자료로 활용될 수 있을 것이다.

## 2. 자료 및 연구방법

본 연구에서 사용한 기온 자료는 2002년 1월부터 2005년 12월까지 최근 48개월간 76소의 기상관서와 약 450소의 AWS에서 관측한 자료들이다 (Fig. 1). 기상관측 자료 특히 AWS 자료에는 일부 오류들이 포함되어 있기 때문에 품질검사를 수행한 후 정상인 자료만을 사용하였다. 또한 고해상도 (1 km × 1 km)의 육지/바다 마스킹, 해발고도, 지향면 (topographic facet) 및 해양도 (coastal proximity)와 같은 지리정보 자료를 이용하였다.

고해상도 격자형 기온자료 산출은 기본적으로 Daly *et al.* (1994, 2002, 2003)이 개발한 PRISM을 이용하였으며 우리나라의 지리 및 기후환경을 고려하기 위하여 관측 자료를 이용하여 일부 가중치와 계수들을 수정하였다. 산출된 고해상도 격자형 기온 자료에 대한 검증은 정성적인 방법과 정량적 방법으로 수행하였다. 정성적인 방법은 기온의 공간분포를 다른 방법 (Inverse Distance Weighting : IDW, Hypsometric method : HYPS)으로 산출된 기온의 공간분포와 시각적으로 한반도의 지형을 고려하면서 비교하는 것이다. 이 검증은 3가지 방법으로 산출된 격자형 기온분포 중 어느 것이 한반도의 지형을 잘 반영하는지를 정성적으로 판단하기 위함이다. 또한 정량적 검증에서는 모든 관측소에서 임의로 결측이 발생하였다는 가정 하에 PRISM

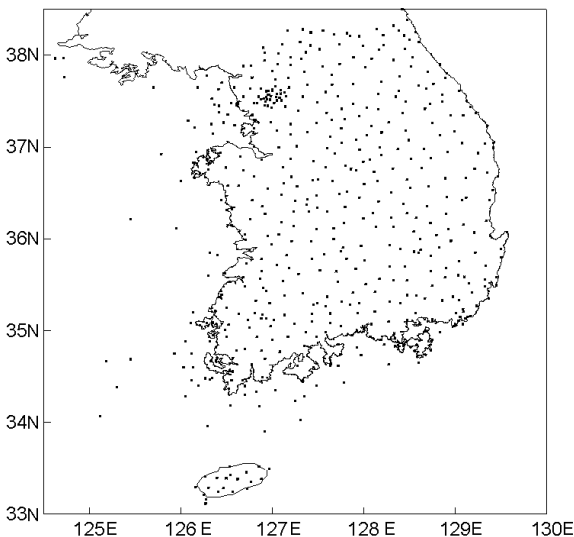


Fig. 1. Spatial distribution of observation points used in this study.

기법으로 산출한 값과 실제 관측값을 비교하는 방법인 Jackknife 교차 검증 방법을 이용하였다. 이 때 사용된 통계측도인 편의 (bias), 오차제곱근 (root mean square error: RMSE) 그리고 상관계수 (correlation coefficient: Corr)이다.

## 3. 연구결과

### 3.1 품질검사

기상관측자료에는 장비고장, 통신 이상 등 여러 가지 원인에 의해 비정상적인 자료들이 포함되어 있다. 여기서는 특히 AWS 자료에 포함된 비정상적인 값들을 제거하기 위하여 다음과 같이 품질검사를 수행하였다.

일차적으로는 장비의 측정범위 (극한값)를 초과하는 값을 제거하기 위하여 유인관서와 AWS에 대해 각각  $-40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 와  $-30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 의 센서 탐지범위를 기준으로 초과여부를 조사하였다. 다음에는 관측 자료간 내적 일치성에 대해 (1) 내적 불일치 검사, (2) 기온의 일변동 특성 및 (3) 동일값 반복 유무를 검사하는 Reek *et al.* (1992)의 방법으로 수행하였다. 세 번째 단계에서는 시계열 변동 점검 (Temporal outlier check)으로 (1) 인근 관측 값보다 매우 크지만 일치성 검사에서 감지할 수 있는 임계값보다 작은 경우와 (2) 전 날 값에 비해 현저하게 변한 자료는, 자료의 중심에서 멀어지는 정도로서 의심 자료로 구분할 수 있다. 여기서는 Lanzante (1996)와 Gleason (2002)의 두 방향 가중 (bi-weight : 분포가 중심으로부터 멀어질수록 가중치를 감소시키는 방법) 평균과 표준편차를 이용하여 시간적인 열외 (outlier)를 검사하였다. 또한 공간적 일치성 검사 (Spatial outlier check)에서는 임의 지점의 관측 자료를 이웃의 관측 자료들과 비교함으로써 비정상적 값을 감지하는 방법으로 임의 지점과 인근 10개 지점의 한 달 자료를 사용하여 상관계수를 산출하고 산출된 상관계수가 95% 신뢰도 구간을 벗어나는 자료들을 탐지한다.

Table 1은 유인 관서 (ASOS) 및 AWS 자료에 대한 위의 품질검사 과정을 적용하여 탐지된 결과를 나타낸 것이다. 유인관서 자료의 경우 결측도 거의 없을 뿐만 아니라 비정상적 자료도 0.3% 미만으로 매우 적으나 AWS에서는 결측이 약 10% 이상으로 적지 않게 발생하고 있으며 각 오류 검사단계에서도 문제가 있는 자료들이 탐지되고 있다.

**Table 1.** Numbers(percentage) of detected data during the automatic quality control processes.

Data sources	Extremes	Internal inconsistency	Flat liners (3day)	Temporal outliers			Spatial outliers	Missings	# of data	
				3	4	5				
K M	ASOS (%)	53 (0.002)	8 (0.000)	73 (0.002)	9094 (0.276)	722 (0.021)	107 (0.003)	259 (0.008)	16 (0.0)	3291464
A	AWS (%)	180 (0.002)	44 (0.001)	874 (0.012)	24657 (0.334)	4137 (0.056)	1511 (0.020)	1188 (0.016)	748472 (10.2)	7373548

### 3.2 GIS 자료 산출

대부분의 기상요소들은 육지와 해양에서 분포와 변동성이 매우 다를 뿐만 아니라 해안선으로부터의 거리 및 고도에 따라서도 다르다. 특히 기온은 복사수지의 영향을 강하게 받는 기후요소로 고도 및 지향면 (facet)의 방향에 따라서도 변동 특성이 다르다. 따라서 PRISM 기반의 고해상도 격자형 기온자료 산출을 위해서는 GIS 자료의 확보가 필수적이다. 본 연구에서 사용한 PRISM 내삽법의 가중치를 구성하는 GIS 주요 인자로는 한반도 마스크 (육지/해양) 자료와 고도, 지향면, 해양도 자료이다 (Fig. 2).

#### ■ 한반도 마스크 자료 (육지/해양)

기존의 한반도 마스크 자료와 함께 위성영상 및 수치지도를 이용하여 고해상도 한반도 마스크자료를 1 km × 1 km 해상도로 재산출하였다. 수치지도로부터 해안선 및 도서지역을 추출하고, 고해상도 자원탐사 위성인 Landsat TM의 적외선 파장대역인 채널 4로부터 마

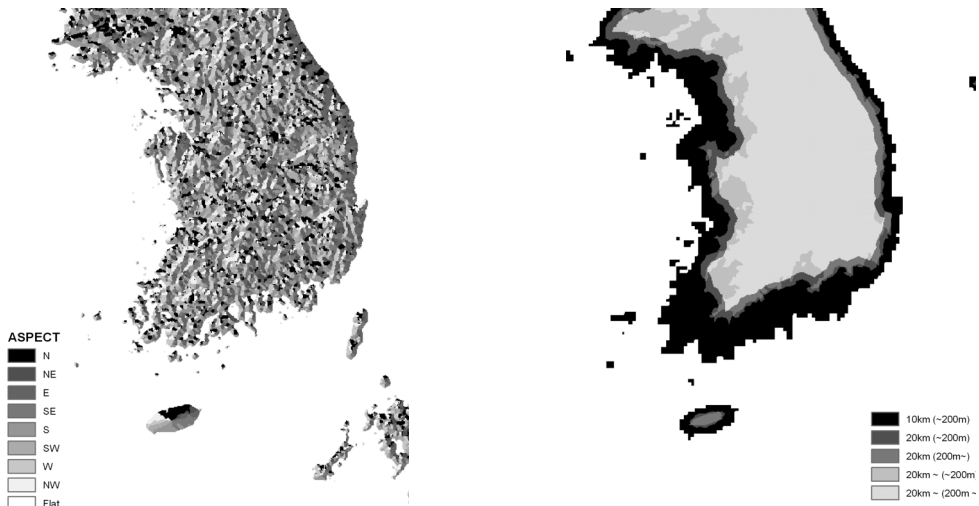
스킹 자료를 획득한 후, 두 자료의 재배열 (resampling) 과정을 통해 최종으로 1 km × 1 km 격자자료를 산출하였다.

#### ■ 고도 자료

디지털 고도자료 (digital elevation model: DEM) 제작을 위해 1:250,000 지형도의 등고선, 해안선, 수준점 등을 이용하였으며, 벡터형식의 등고선은 경위도 좌표계로 변환한 후 1초 간격의 격자로 재배열하였다. 1차적으로 벡터형 자료를 불규칙삼각망 (triangulated irregular network : TIN)으로 변환한 후 1초 간격으로 고도 값을 산출하였으며, 최종적으로 정방형의 격자구조를 가진 자료를 산출하였다.

#### ■ 지향면 자료

지향면 자료는 DEM으로부터 생산된 자료를 이용하여 N (북) 방향부터 NE, E, SE, S, SW, W, NW 방향으로 8방향의 평지로 총 9가지로 구분하였다. 지향면은 화소의 동서를 잇는 벡터와 남북을 연결하는 벡터로 사면을 먼저 결정하고, 이 평면의 주향을 구하여 계산한다. 사면의 기울

**Fig. 2.** Digital map of topographic facet (left) and coastal proximity (right).

기는  $\tan\theta = [(\delta Z/\delta X)^2 + (\delta Z/\delta Y)^2]^{1/2}$  으로 구하고 (Z: 고도, X, Y: 좌표축), 경사의 방향 (지향면)은 Gibson *et al.* (1997) 방법으로 산출하였다.

$$\tan A = \frac{(-\delta Z/\delta Y)}{(\delta Z/\delta X)} \quad (-\pi < A < \pi) \quad (1)$$

■ 해양도 자료

해양도 자료는 해양으로부터의 거리와 DEM 자료를 이용하여 수치 지도화 하였다. 먼저, 해양으로부터의 거리는 해안선에서의 최단거리를 중심으로 고도를 고려하여 각각 10 km, 20 km, 20 km 이상의 범위로 지수화 하였다. 고도 자료를 동시에 사용한 것은 태백산맥과 같이 바다와 내륙 사이에 높은 지형이 있을 경우 해양도의 영향이 다르기 때문이다. 즉, DEM에서 200 m 등고선을 기준으로 산지의 영향을 받는 지역과 받지 않는 지역으로 구분하였으며, 최종적으로 최단거리와 조합하여 총 6단계로 세분화하였다 (Fig. 2). 각각의 지리정보 자료들은 5 km × 5 km 해상도의 격자점 (149 × 253)에 대하여 산출된 자료들이다. 지향면의 경우 본토에서는 복잡한 지형의 영향으로 구분이 뚜렷하게 보이지 않고 있지만, 제주도에서 보는 바와 같이 지향면이 남동향, 남서향, 북동향 및 북서향으로 구분이 확실하게 되고 있다. 해양도의 경우에는 지형의 고도가 낮고 경사가 완만한 서해안 지역에서는 해양의 영향이 내륙 깊이까지 미치는 반면 동해안의 경우 태백산맥의 영향으로 해양의 영향이 급격히 줄어들고 있음을 볼 수 있다.

3.3 영향 반경 및 최소 관측점 수의 결정

불규칙하게 분포한 관측점 자료를 이용하여 규칙적인 격자점 값을 산출하는 과정에서 결정하여야 하는 인자 중 하나가 영향반경이다. 미지의 격자점을 중심으로 영향반경이 커지면 포함되는 관측점 수가 많아지는 장점이 있지만, 국지기후 특성이 약화되는 단점이 있다. 본 연구에서는 국지적인 기후특성을 분석하기 위하여 영향반경을 PRISM에서와 같이 30 km로 하고, 영향반경 내의 포함되는 최소 관측점의 개수를 5개로 하였다. Fig. 3은 각 격자점을 중심으로 영향반경을 30 km로 하였을 때 영향반경 내에 포함되는 관측지점수를 나타낸 것이다. 남한의 경우에는 관측점이 거의 없는 일부 섬, 해안가 및 산악지역 등을 제외하면 대부분의 격자에서 이 조건을 만족하였으며 이 조건을 충족하지 못하는

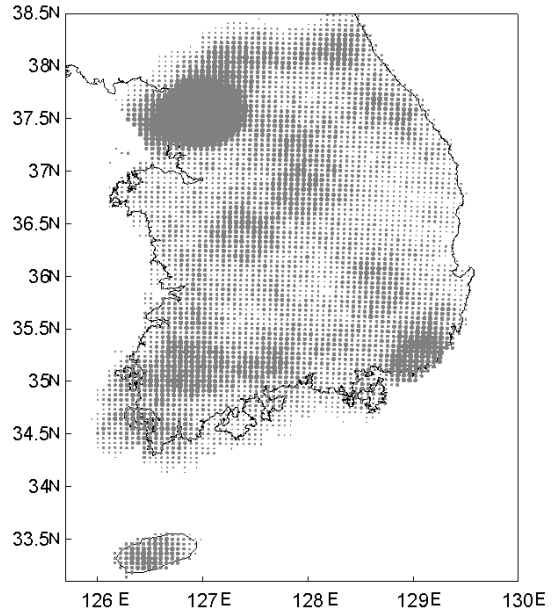


Fig. 3. Number of observing stations within the radius of information (30 km).

격자점에 대해서는 영향반경을 5 km 씩 최대 50 km까지 확대하였다.

3.4 지리정보를 이용한 가중치 산출

북미지역에서 기후요소의 시공간 변동과 지리환경과의 관계에 대해 다양한 분석을 한 PRISM의 결과에 의하면 기후요소의 시공간 변동에 가장 많은 영향을 주는 요소는 고도이다. PRISM에서는 1차적으로 격자점과 관측점 사이의 거리, 고도, 지향면 차, 해양도 차를 이용하여 각 관측점에서의 관측값에 가중치를 부여한 후, 임의의 격자점에서의 기후요소 (예: 기온, 강수량) 값을 (2)식과 같이 고도의 함수인 간단한 선형 회귀식으로 작성하였다 (Daly *et al.*, 1994, 2002, 2003).

$$CE = \beta_0 + \beta_1 Z \quad (2)$$

위 식에서 CE는 격자점에서 산출하고자 하는 기후요소 (예: 월 평균/최고/최저 기온)이며, Z는 산출하고자 하는 격자점의 고도이고  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ 는 회귀식의 절편과 기울기이다. 이 식은 각 월 및 기후요소 (평균, 최고/최저 기온)별로 각 격자점에 대해 이동하면서 영향반경 내에 속한 관측점들에서의 관측값과 고도자료 쌍들로부터 구해진다.

이러한 산출방식은 회귀식의 수가 기하급수적으로 증가하는 문제점이 있지만 기후요소의 계절 및 공간 변동 특성을 최적으로 반영할 수 있는 장점이 있다. 이 때 회귀식의 계수 산출에 이용되어지는 각 관측점들의 가중치는 산출하고자 하는 격자점과의 유사성 (거리, 고도, 지향면, 해양도, 등)에 따라 다음과 같이 기후인자들의 조합으로 결정한다.

$$W = f(W_d, W_z, W_f, W_p) \quad (3)$$

위식에서  $W_d$ 와  $W_z$ 는 거리와 고도에 따른 가중치를 의미하며,  $W_f$ 와  $W_p$ 는 지향면과 해양도의 가중치를 의미한다. 미국의 PRISM에서는 (4-a) 식을 이용하여 각 관측점에 대한 총 가중치를 결정하였지만, 본 연구에서는 가중치 산출방법에 대해 다양한 민감도 실험을 수행한 결과 (4-b)의 식이 더 우수한 것으로 평가되어 이 식을 이용하였다.

$$W = [F_d W(d)^2 + F_z W(z)^2]^{1/2} W(f) W(p) \quad (4-a)$$

$$W = [F_d W(d) + F_z W(z)] W(f) W(p) \quad (4-b)$$

여기서 중요한 것은 한반도의 기후 및 지리적 환경에 적합하게 각 격자점별로 위의 인자들의 가중치를 결정하는 것이다. 각 격자점 및 기후요소별 가중치들은 기상청의 과거 지상관측자료와 고해상도 지리정보자료를 이용하여 계산하였다.

### 1) 거리의 영향

일반적으로 기후의 유사성은 두 지점사이의 거리에 따라 감소하기 때문에 이를 다음과 같이 거리의 자승 ( $a=2$ )에 반비례하는 함수로 가중치를 계산한다.

$$W(d) = 1, \quad d \leq 1 \quad (5)$$

$$W(d) = \frac{1}{d^a}, \quad d > 1, \quad \text{단, } W(d) > 1 \text{ 이면, } W(d) = 1$$

여기서  $d$  (km) 는 격자점과 관측점 사이의 거리로 영향 반경  $r$  내에 위치한 관측점들에 대해서만 계산한다.

### 2) 고도차의 영향

여기서 고도차 ( $\Delta z$ )란 격자점과 관측점사이의 고도 차이를 의미하며 고도차가 커질수록 두 지점의 기후 사이에 유사성이 감소하는 원리를 이용한다. 특히 고도차가 일정 임계 ( $\Delta z_x$ ) 이상을 초과하면 유사성이 없는

것으로 처리한다.

$$W(z) = 1, \quad \Delta z \leq \Delta z_m$$

$$W(z) = \frac{100}{(\Delta z - \Delta z_m)^b}, \quad \Delta z_m < \Delta z < \Delta z_x \quad (6)$$

$$W(z) = 0, \quad \Delta z \geq \Delta z_x$$

위 식에서  $\Delta z_m$ ,  $\Delta z_x$ 는 각각 최소고도차 ( $\Delta z_m = 100$  m)와 최대고도차 ( $\Delta z_x = 1000$  m)이고  $b$ 는 1로 하였다. 단  $W(z)$ , 가 1 이상이 될 때 ( $100 < \Delta z < 200$ )에는  $W(z) = 1$ 로 하였다.

### 3) 지형 지향면의 영향

지향면은 입사 태양복사량에서부터 편현상, 강수 그림자 (shadow) 등 국지적인 기후 특성에 많은 영향을 준다. 지향면은 8개 방향과 경사가 매우 약한 평지로 구분 하였으며 지향면의 영향은 (7) 식과 같이 가중치를 주었다. 즉, 동일 지향면일 경우에는 가중치를 높게, 지향면의 차가 클 경우에는 가중치를 낮게 하였다. 그리고 격자점이나 관측점 둘 중 하나가 평지로 구분되어 있다면 가중치는 0.5로 하였다.

$$W(f) = 1, \quad \Delta f \leq 1 \text{ and } B = 0 \quad (7)$$

$$W(f) = \frac{1}{(\Delta f + B)^c}, \quad \Delta f > 1 \text{ or } B > 0$$

위식에서  $\Delta f$ 와  $B$ 는 각각 격자점과 관측점 사이의 지향면 차와 둘 사이에 존재하는 장애물 (즉, 서로 전혀 다른 기후를 갖도록 하는 지형) 수이다. 여기에서 격자점을 중심으로 영향반경을 30 km 로 하였기 때문에  $B = 0$  으로 하였고,  $c = 1$ 로 하였다.

### 4) 해안 효과

격자점과 관측점이 해안이나 큰 강으로부터의 거리가 다를 경우에는 두 지점사이의 기후의 유사성이 작아지게 되므로, 이를 다음과 같이 해양도 차에 따라 가중치로 반영한다.

$$W(p) = 1, \quad \Delta p = 0 \quad (8)$$

$$W(p) = 0, \quad \Delta p > p_x$$

$$W(p) = \frac{1}{\Delta p^v}, \quad 0 < \Delta p \leq p_x$$

여기서  $\Delta p$ 는 격자점과 관측점사이의 해양도 차이이다. 즉, 두 지점 사이에 해양도 차가 커지면 서로 다른 기후특성이 다르게 될 확률이 커지게 되기 때문에 가중치를 적게 주는

것을 의미한다. 여기에서  $v$ 는 1로 하였다.

### 3.5 각 격자점에서의 가중 회귀식 산출

일반적으로 독립변수 ( $x$ )와 종속변수 ( $y$ ) 사이의 회귀모형은 (9) 식과 같이 표현되며 회귀계수  $\beta_0$ 와  $\beta_1$ 에 대한 추정은 (10) 식을 최소로 하는 최소자승법을 적용하면 (11)식과 같이 얻을 수 있다

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad (10)$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}, \quad \hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (11)$$

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$$

본 연구에서는 영향 반경 내에 속한 각 관측점마다 가중치가 다르기 때문에 일반회귀식이 아닌 가중회귀식 (12)을 이용하였다.

$$\sum_{i=1}^n w_i \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \beta_0 - \beta_1 x_i)^2 \quad (12)$$

위 식에서

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum w_i (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum w_i (X_i - \bar{X})^2}, \quad \hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum w_i X_i}{\sum w_i}, \quad \bar{Y} = \frac{\sum w_i Y_i}{\sum w_i}$$

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X \quad (13)$$

이며,  $w_i$ ,  $X_i$ ,  $Y_i$ 는 각각 관측점의 가중치, 고도 및 기후값을 의미한다. 최종적으로 각각의 격자점마다 (13) 식과 같은 가중회귀식이 산출되며, 이 식은 격자점의 고도 ( $X$ )에 따라 그 점에서의 추정값 (기후요소 값)이 산출되는 것을 의미한다. 그러므로 각 격자점마다 월 평균/최고/최저 기온에 대한 3개의 회귀식이 생성된다. 즉, 총 회귀식의 수는 본 연구 영역으로 설정한 총 격자점 수 ( $149 \times 253$ )  $\times$  분석 기후요소 수 (3: 평균/최고/최저 기온)  $\times$  분석 월 수 (48개월) 가 된다.

주어진 영역에서 기온을 고도의 함수로 나타내기 위해서는 일차적으로 기상관측소들 (ASOS, AWS)이 고도

에 따라 균일하게 분포할 필요가 있다. 하지만 우리나라의 경우 Fig. 4에 나타난 바와 같이 대부분의 기상관측소들이 해발고도 300 m 이하에 위치하고 있다. 그 결과 일부 산악지역에서는 고지대에 관측소가 거의 없어서 저지대에 위치하는 관측소들로부터 도출된 회귀식을 이용하여 외삽을 하게 된다. 일부 사례에 대한 적용실험에서 회귀식의 기울기 ( $\hat{\beta}_1$ )가 비정상적으로 크거나 작게 산출되어 추정값 ( $\hat{y}$ )에 큰 오류가 발생함이 확인되었다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 현장 관측 자료를 이용하여 기후요소 및 월별로 기울기의 최소값과 최대값을 변동적으로 설정하였다. 제주도 및 한반도의 기온감률의 분석 자료를 바탕으로 격자형 기온 산출 회귀식에서 기울기의 최대값과 최소값에 제한을 두어 선형 회귀식의 특성상 기울기에 의한 오류를 최소화 하였다.

Table 2는 PRISM에서 정의된 회귀함수 관련 변수, 정의 및 값들의 범위, 그리고 본 연구 (이하 K-PRISM)

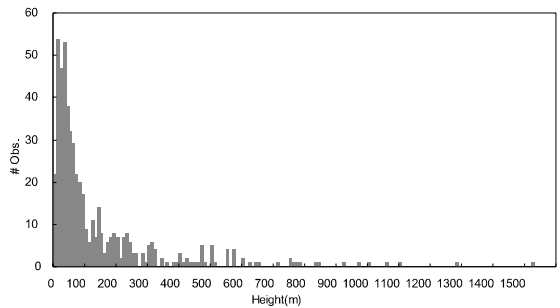


Fig. 4. Number of observing stations (ASOS and AWS) with the height.

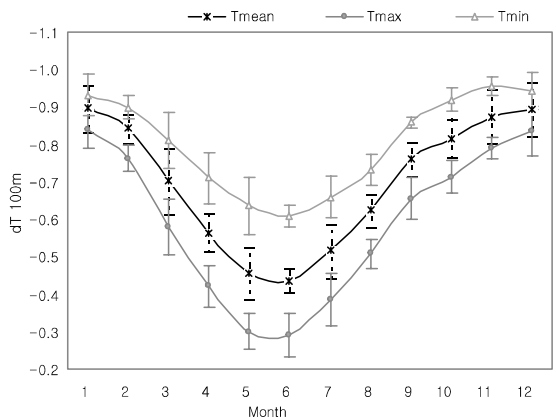


Fig. 5. Monthly mean and their standard deviations of temperature lapse rate according to the month over Jeju island (3 months moving window average is applied).

에서 사용한 변수들의 값을 제시한 것이다. K-PRISM에서는 1차적으로 PRISM의 값을 기본으로 하였고, 우리나라의 기후 특성의 분석과 반복적인 민감도 실험을 거쳐 우리나라 지형 및 기후 환경에 맞는 값들을 재산출하여 사용하였다.

### 3.6 제주도 사례

PRISM을 기반으로 본 연구에서 산출한 격자형 기온자료 산출 회귀식 (K-PRISM)의 한반도 적용 가능성을 분석하기 위하여 전체 면적은 좁지만 지리적 환경이 다양하고 고도차가 뚜렷한 제주도의 2005년 7월 사례에 적용하였다. Fig. 6에 표시된 지점은 위도 33.364°N, 경도 126.6°E, 고도 763 m 인 격자점으로, 지향면은 SE 방향이고 해양도는 해안에서 20 km(3) 인 지역이다. 이 격자점에서 영향반경 30 km 이내에 위치한 14개 관측

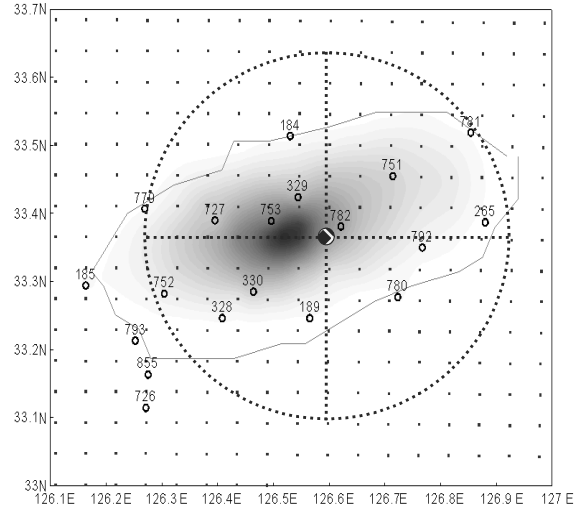


Fig. 6. Spatial distribution of observing stations (open circles) and grids with topography over Jeju island.

Table 2. Parameters and their values defined in the PRISM and K-PRISM.

Name	Description	PRISM	K-PRISM
<b>Regression Ftn.</b>			
$r$	Radius of influence	30/50/100 km	30/50 km
$s_t$	Minimum number of total stations desired in regression	10/15/30 Sta.	5 stations
$\beta_{lm}$	Minimum valid regression slope	-10 C/km	varies
$\beta_{lx}$	Maximum valid regression slope	0/10/20 C/km	varies
$\beta_{ld}$	Default valid regression slope	-6 C/km	-6.5 C/km
<b>Distance Wtn.</b>			
$a$	Distance weighting exponent	2.0	2.0
$Fd$	Importance factor for distance weighting	0.8	0.85
<b>Elevation Wtn.</b>			
$b$	Elevation weighting exponent	1.0	1.0
$Fz$	Importance factor for distance weighting	0.2	0.15
$\Delta z_m$	Minimum station-grid cell elevation difference below which elevation weighting is 1	100/200/300 m	100 m
$\Delta z_x$	Maximum station-grid cell elevation difference below which elevation weighting is zero	500/1500/2500 m	1000 m
<b>Facet Wtn.</b>			
$c$	Facet weighting exponent	1.0/1.5/2.0	1.0
<b>Coastal Prox. W</b>			
$p_x$	Maximum coastal proximity difference, above which proximity weight is zero	varies	varies
$v$	Coastal proximity weighting exponent	0.0/1.0/1.0	1.0



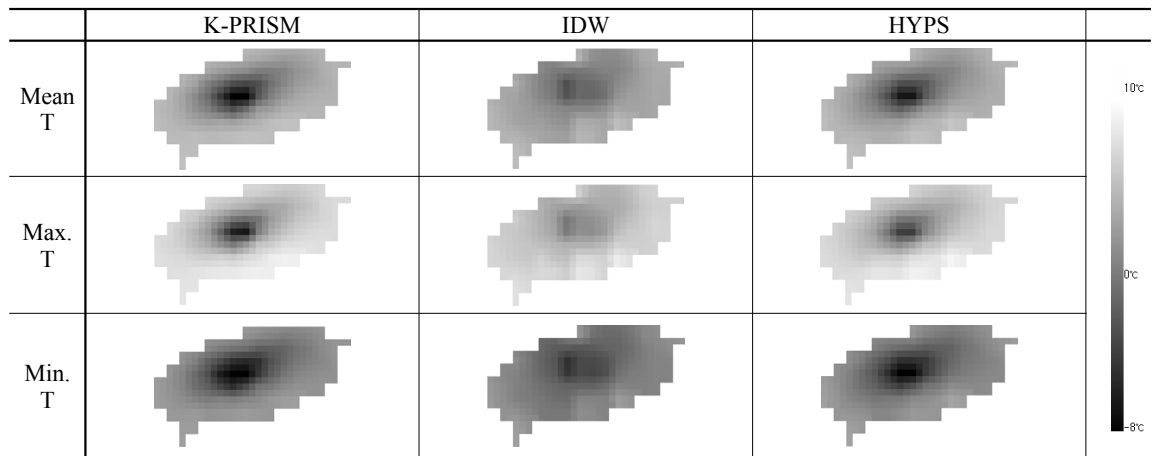
점들의 지리정보 (거리, 고도, 지향면, 해양도), 가중치 및 기상요소 (평균/최고/최저기온)의 값들은 Table 3과 같다. 격자점과 관측점 사이의 거리는 2~28 km, 고도는 20~970 m, 지향면은 N~NW 그리고 해양도는 1~3 사이로 다양하게 나타나고 있다. 이러한 자료를 이용하여 K-PRISM으로부터 산출된 격자점의 평균, 최고 및 최저기온은 각각 22.31°C, 26.24°C 및 18.91°C이다. 이 값들은 두 지점 사이의 거리가 가장 가깝고, 고도, 지향면 및 해양도가 유사한 782 지점의 22°C, 25.8°C 및 18.8°C 과 비교할 때 매우 유사하게 추정되었음을 볼

수 있다.

Fig. 7은 2005년 1월의 월 평균/최고/최저 기온에 대해, K-PRISM과 거리만의 함수인 IDW, 그리고 거리와 고도의 함수인 HYPSS로 산출한 결과를 나타낸 것이다. HYPSS는 매우 간단한 객관분석 기법으로써, 1) 각 관측소의 기온값에 대해 기온감률을  $+6.5^{\circ}C km^{-1}$  로 고정하여 해면에서의 기온으로 해면정정한 후, 2) 거리만의 가중 함수로 객관분석, 3) 이 값을 다시 기온감률  $-6.5^{\circ}C km^{-1}$ 를 적용하여 각 고도에서의 값으로 역해면정정하는 방법이다. 거리와 고도의 영향을 동시에 받

**Table 3.** Sample of GIS, weighting values and monthly mean/maximum/minimum temperatures for the observing stations within 30 km.

Stn.	Lat.	Lon.	H (m)	Dis.diff. (km)	Facet	Coastal pro.	wd	wz	wf	wp	W	Mean Tem.	Max. Tem.	Min. Tem.
184	33.514	126.53	19.97	17.91	N	2	0.031	0.156	0.333	1.000	0.019	26.8	29.6	24.7
189	33.246	126.57	50.47	13.508	S	1	0.055	0.163	1.000	0.500	0.038	25.6	28.4	23.4
265	33.387	126.88	18.62	26.119	E	2	0.015	0.155	1.000	1.000	0.043	25.9	29.2	23
328	33.246	126.41	76	22.135	S	1	0.020	0.170	1.000	0.500	0.025	26.6	30	23.6
329	33.424	126.54	574	8.47	N	3	0.139	1.000	0.333	1.000	0.104	24.5	28.5	21
330	33.285	126.46	417	15.382	S	2	0.042	0.407	1.000	1.000	0.115	25.1	28.7	22.3
727	33.39	126.4	429	19.261	NW	3	0.027	0.427	0.250	1.000	0.027	25.1	29.7	21.8
751	33.455	126.71	345	14.645	NE	3	0.047	0.314	0.500	1.000	0.050	25.4	29.4	22.2
752	33.282	126.3	146	28.961	S	2	0.012	0.193	1.000	1.000	0.048	25.8	29.4	23
753	33.389	126.5	970	10.058	N	3	0.099	0.935	0.333	1.000	0.089	21.3	24.9	17.5
780	33.277	126.72	73	14.955	S	1	0.045	0.169	1.000	0.500	0.035	24.8	27.3	22.4
781	33.519	126.85	40	29.21	NE	2	0.012	0.161	0.500	1.000	0.021	26.8	30.7	23.7
782	33.381	126.62	750	2.718	SE	3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	22	25.8	18.8
792	33.35	126.77	100	15.577	SE	2	0.041	0.178	1.000	1.000	0.068	26.2	30.2	23



**Fig. 7.** Spatial distribution of temperatures (mean (upper), maximum (center), minimum (lower)) of January, 2005 derived by K-PRISM (left), IDW (center) and HYPSS (right) over Jeju island.

영하는 HYPS는 거리만의 영향을 고려하는 IDW에 비하면 산출수준이 높은 객관분석 기법이다. 2005년 1월 당시 운용중인 관측소 중 고도가 가장 높은 지점은 753지점으로 970 m 이다. 따라서 IDW에 의해 객관분석된 기온장에서는 한라산의 정상에서 서쪽으로 치우친 격자에서 가장 낮은 기온을 산출하여, 한라산이 기온의 고도 변화에 미치는 영향을 적절히 반영하지 못하고 있다. 그러나 K-PRISM에서는 고도의 영향까지 반영하므로 한라산 중심에서 기온을 가장 낮게 산출하여, IDW 보다 지형의 영향을 보다 적절하게 반영하고 있음을 볼 수 있다. 그리고 K-PRISM과 HYPS로 산출한 기온의 공간 패턴 대체적으로 유사하게 나타났지만 (Fig. 7), 최고/최저 기온에서는 한라산 정상 부분의 기온이 K-PRISM이 더 낮게 나타났다. 기온감률을  $-6.5^{\circ} C km^{-1}$ 로 고정한 HYPS에 비해 각 월별/요소별로 기온감률을 다르게 적용한 K-PRISM이 기온의 변동특성을 더 잘 반영한 것으로 생각된다.

Table 4는 K-PRISM과 HYPS로 각 관측점에 대해 산출한 월평균 최저기온에 대하여 4년 동안의 통계치를 나타낸 것이다. 월에 따라 조금씩의 차이는 있지만, 전체적으로 HYPS에 비해 K-PRISM에서 편의와 RMSE는 작게, 상관계수는 더 높게 나타났다. Daly *et al.* (2003)에서와 달리 두 방법의 산출수준에서 뚜렷한 차이가 나지는 않았지만 여러 가지 기후인자들을 고려한 K-PRISM으로 산출한 기온장이 향후 알고리즘의 개선측면에서 그리고 기후학적 측면에서 보다 의미가 있는 것으로 판단된다.

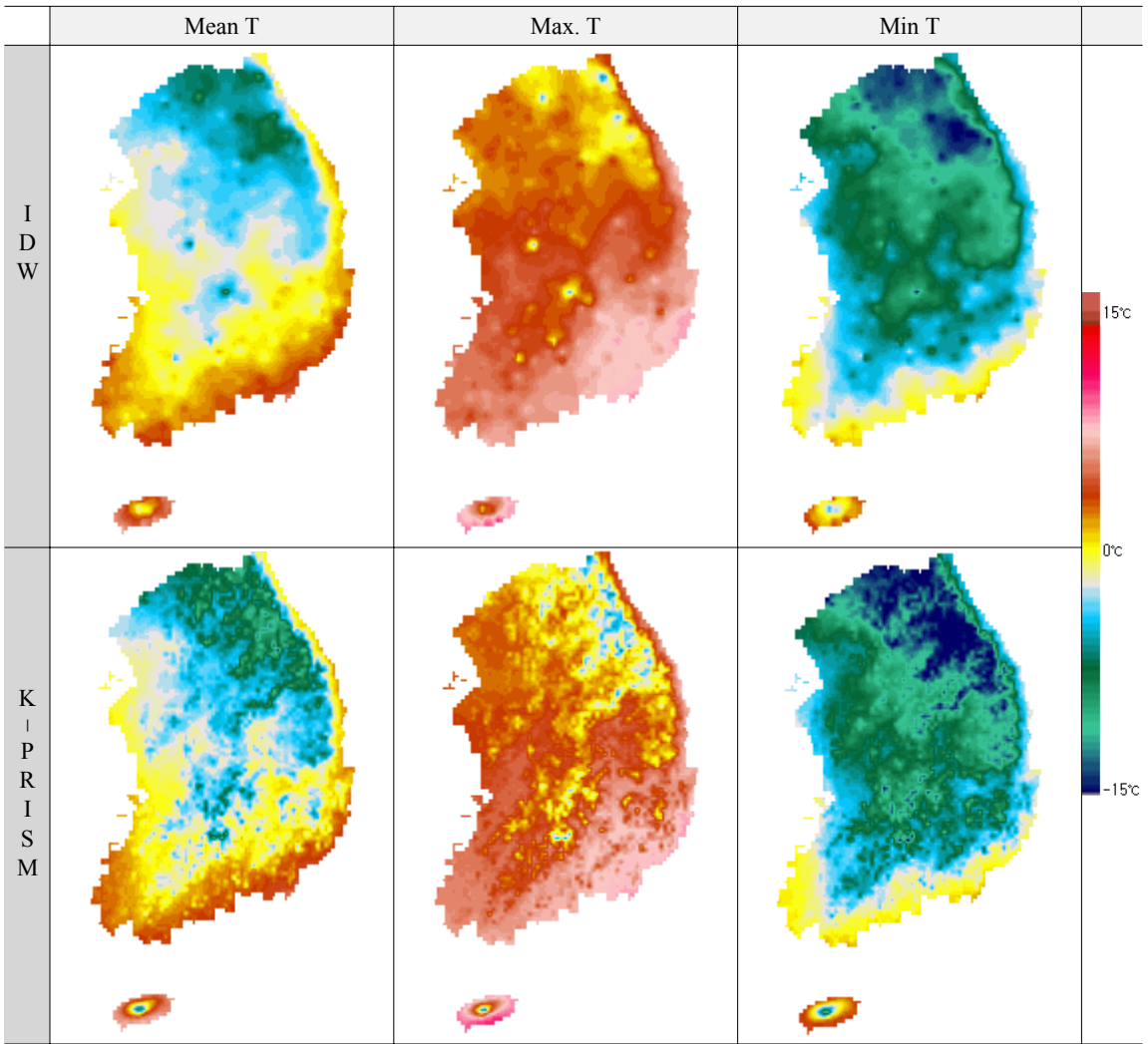
### 3.7 남한 지역에서의 격자형 기온 산출

제주도에 사례적용 한 것을 기초로 하여 K-PRISM을 남한 지역으로 확대 적용하였다. 제주도와 마찬가지로 거리만의 함수로 나타내는 IDW와 K-PRISM으로 산출한 2005년 1월의 평균/최고/최저 기온의 공간 분포를 Fig. 8에 나타내었다. 두 방법으로 산출된 평균/최고/최저 기온은 전체적인 패턴이 유사하게 나타난다. 그러나 태백산맥, 지리산 등 지형고도가 높고 변화가 큰 지역에서는 K-PRISM으로 산출한 기온의 공간 변동성이 크게 나타나고 있다. 남한지역의 지형 패턴을 고려할 때 이것은 K-PRISM이 고도와 같은 지형의 영향을 잘 반영하고 있으며, IDW 기법보다 K-PRISM이 보다 현실적임을 알 수 있다. 따라서 우리나라의 지형특성과 Fig. 8로 볼 때, 정성적인 면에서 K-PRISM이 우리나라의 국지기후 특성을 적절하게 추정할 수 있는 기법으로 판단된다.

제주도 사례에서와 같이 남한 전체에 대해 K-PRISM의 격자형 기온자료 산출수준을 정량적으로 분석하기 위하여 Jackknife 교차 검증 방법으로 2002년 1월부터 2005년 12월까지 48개월에 대해 평균/최고/최저 기온 자료의 산출수준을 분석하였다 (Table 5). 평균적으로, K-PRISM은 편의 약 0.03 정도, RMSE는 약 0.6~1.5 사이, 상관계수도 최고기온의 여름철을 제외하면 0.85 이상으로 매우 양호하게 산출하고 있다. 즉, K-PRISM은 계절 및 기온종류에 상관없이 RMSE와 상관계수에

**Table 4.** Comparison of minimum temperature derived from K-PRISM and HYPS at all the observing stations for 4 years (2002~2005) over Jeju island.

Mon	K-PRISM			HYPS		
	Bias	RMSE	Corr.	Bias	RMSE	Corr.
Jan	-0.024	0.882	0.950	-0.231	1.070	0.941
Feb	-0.001	1.008	0.934	-0.209	1.131	0.927
Mar	-0.012	1.004	0.919	-0.173	1.032	0.921
Apr	-0.018	0.836	0.903	-0.007	0.804	0.907
May	0.019	0.686	0.927	0.044	0.670	0.930
Jun	0.044	0.887	0.894	0.012	0.853	0.897
Jul	0.029	0.901	0.866	0.058	0.875	0.873
Aug	0.041	0.673	0.954	-0.029	0.678	0.955
Sep	0.034	0.647	0.963	-0.106	0.712	0.963
Oct	0.052	0.891	0.951	-0.223	1.131	0.936
Nov	0.053	1.098	0.927	-0.204	1.241	0.914
Dec	0.007	0.978	0.939	-0.225	1.144	0.931
<b>Ave</b>	<b>0.019</b>	<b>0.874</b>	<b>0.927</b>	<b>-0.108</b>	<b>0.945</b>	<b>0.924</b>



**Fig. 8.** Spatial distribution of monthly mean (left), maximum (center), and minimum (right) temperature of January, 2005 derived by IDW (upper) and K-PRISM (lower) over South Korea.

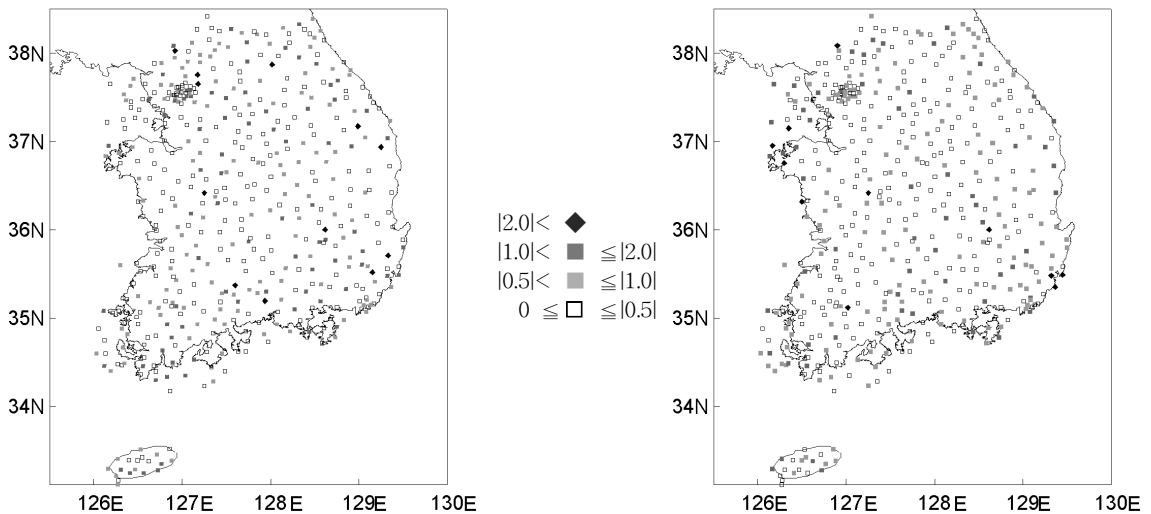
서 IDW보다 우수하게 격자형 자료를 산출하고 있다. 전체적으로 K-PRISM의 격자형 기온 산출 수준은 평균, 최저, 및 최고기온 순서이고, 여름보다는 겨울에 높다. 이는 K-PRISM이 기온을 고도의 함수로 산출하는 것과 관련이 있는 것으로 보인다. 즉, 여름이나 최고기온의 경우 지표면의 복사가열로 대기 하층이 불안정해진 결과 발달하는 대류혼합으로 인해 고도에 따라 기온 차가 크지 않기 때문에 산출수준이 낮게 나타난다. 또한 IDW를 이용하여 기온을 산출한 신만용 외 (1999)의 결과에서, RMSE가 1.5~2.5 정도로 산출된 것과 비교할 때 K-PRISM의 추정수준이 매우 양호함을 알 수

있다. 하지만 K-PRISM은 기후요소 및 계절에 따라 격자형 기온자료 산출수준이 상이하게 나타나는 문제점이 있다.

지리적 위치에 따른 K-PRISM의 격자형 기온자료 산출수준을 분석하기 위하여 매 월 산출된 기온 값들에 대해 각 관측소별로 편의 크기를 분석하였다. Fig. 9는 2005년 1월과 7월에 대한 편의의 공간 분포이다. 대부분의 관측소에서 K-PRISM은 월평균기온을  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  이내로 추정하고 있다. 하지만 적지 않은 관측소에서 편의가  $\pm 1.0\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ 로 크게 나타나고 있으며 일부 관측소에서는 편의가  $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$  이상으로 나타나고 있다.

**Table 5.** Validation results of temperatures derived by K-PRISM and IDW at all the observing stations for 4 years(2002~2005) over South Korea.

Mon	Mean T.			IDW Mean T.			Max. T.			Min. T.		
	Bias	RMSE	Corr.	Bias	RMSE	Corr.	Bias	RMSE	Corr.	Bias	RMSE	Corr.
Jan	0.014	0.939	0.952	-0.033	1.275	0.910	-0.011	0.720	0.959	0.042	1.428	0.931
Feb	0.024	0.855	0.945	-0.019	1.189	0.888	0.004	0.682	0.952	0.049	1.385	0.909
Mar	0.029	0.710	0.936	-0.007	1.151	0.820	0.014	0.729	0.924	0.047	1.254	0.891
Apr	0.047	0.695	0.895	0.021	1.056	0.740	0.034	0.934	0.861	0.054	1.182	0.872
May	0.046	0.720	0.876	0.016	1.020	0.725	0.040	1.048	0.843	0.044	1.029	0.862
Jun	0.047	0.776	0.850	0.007	1.095	0.665	0.045	1.131	0.797	0.042	0.959	0.849
Jul	0.042	0.788	0.857	0.000	1.127	0.666	0.047	1.104	0.804	0.032	0.758	0.871
Aug	0.028	0.714	0.898	-0.009	1.111	0.716	0.032	0.945	0.828	0.019	0.814	0.893
Sep	0.027	0.726	0.932	-0.018	1.087	0.830	0.025	0.831	0.891	0.026	1.018	0.908
Oct	0.019	0.976	0.923	-0.020	1.154	0.885	0.005	0.700	0.919	0.024	1.614	0.880
Nov	0.014	0.990	0.932	-0.026	1.175	0.900	0.001	0.622	0.957	0.025	1.604	0.882
Dec	0.002	0.985	0.951	-0.039	1.223	0.921	-0.016	0.702	0.965	0.019	1.480	0.922
<b>Ave</b>	<b>0.028</b>	<b>0.823</b>	<b>0.912</b>	<b>-0.011</b>	<b>1.138</b>	<b>0.805</b>	<b>0.018</b>	<b>0.846</b>	<b>0.892</b>	<b>0.035</b>	<b>1.210</b>	<b>0.889</b>



**Fig. 9.** Spatial distribution of biases between observed and estimated monthly mean temperature for January(left) and July(right) in 2005.

또한 동일 관측소에서도 계절에 따라 편이의 크기가 다르게 나타나고, 월 평균/최고/최저 기온에 대해서도 서로 다른 분포를 보였다. 즉, 비정상적으로 큰 편이가 체계적으로 발생하는 것이 아님을 미루어 볼 때, 본 연구에서 사용한 각 격자점과 관측소의 지리환경자료에 큰 문제가 없음을 알 수 있다. 그러나 편이가 비정상적으로 크게 나타난 지점들을 분석해 본 결과 주로 산악지역과 해안가로 영향 반경 내 관측점수가 상대적으로 적은 곳들이었다. 따라서 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 산악

지역과 해안가에도 적절한 수의 관측점이 설치될 필요가 있다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 미국 오리곤 주립대학교에서 기후요소의 동질성이 거리뿐만 아니라 고도, 해양도, 지향면과 같은 다양한 지리환경에 영향을 받는 점을 반영하여 개발한 PRISM을 한반도의 지리환경에 적합한 기

온추정 모델 (K-PRISM)로 수정하여 격자형 기온자료를 산출하고 그 수준을 평가하였다. 본 연구에서 얻은 결과는 다음과 같다.

- AWS 자료에 포함된 비정상적인 자료들을 최소화하기 위하여 절대오류, 내적 불일치 및 시공간적 연속성 검사를 수행하는 자동품질검사 알고리즘을 개발하였다.
- K-PRISM의 적용에 필요한 한반도 지역의 고도, 지향면 및 해양도와 같은 지리정보 자료를 고해상도의 고도 자료와 자원탐사 위성자료를 이용하여 산출하였다.
- ASOS, AWS로부터 관측된 월 평균/최고/최저 기온 자료와 지리정보자료에 K-PRISM을 적용하여 2002년 1월부터 2005년 12월까지 한반도 (남한)에 대해 5 km 해상도의 격자형 월 평균/최고/최저 기온자료를 산출하고 검증하였다. 검증은 모든 관측점들이 임의로 결정되었다고 가정하고 K-PRISM으로 산출한 값과 관측값을 비교하는 Jackknife 방법을 이용하였다.
  - PRISM의 한반도 적용 가능성을 검토하기 위해 제주도에 사례 적용하여 정성적/정량적으로 분석한 결과, 거리만의 함수인 객관분석 방법 (IDW) 및 거리와 고도의 영향만을 고려하는 HYPSS 보다 K-PRISM으로 산출한 기온의 공간분포가 더 현실에 가깝게 산출하였음을 확인하였다.
  - K-PRISM으로 산출한 남한지역의 월 평균/최고/최저 기온의 공간분포가 정성적으로 실제의 지형을 적절히 반영하는 것으로 나타났다. 또한 4년 평균 편의는 약 0.05°C 이내, RMSE는 0.62~1.48°C, 그리고 상관계수는 0.8~0.97 정도로 비교적 높게 산출되었다.

K-PRISM의 격자형 기온자료 산출수준은 전체적으로 월평균 기온과 최저 기온에서 월 최고 기온보다 높게 나타났고, 여름보다는 겨울에 더 높았다. 이는 여름(주간)에 비해 겨울(야간)의 대기가 상대적으로 안정하고 건조하기 때문에 고도에 따른 기온감률이 크기 때문으로 판단된다. 하지만 편의와 RMSE는 월 평균/최고 기온에서보다 최저기온에서 더 크게 나타났다. 또한 격자점 주위에 관측점이 고도에 따라 균일하게 분포하는 경우에는 산출수준이 높으나 영향 반경내 관측점이 적거나 관측소가 특정고도 또는 특정방향에 편중되는 경우에는 산출수준이 낮았다.

본 연구에서는 기온의 시공간 변동에 영향을 주는 도시열섬과 같은 지면피복 차 및 식생의 계절변동은

고려하지 않았다. 또한 일부 지향면 및 해양도에 따른 가중치는 PRISM 값을 그대로 적용하였다. 따라서 한반도에서 보다 정확한 고해상도 격자형 기온자료 산출을 위해서는 보다 많은 기후인자를 포함하여야 할 것이며, 이 때 동질성에 대한 가중치는 한반도에서의 기온과 각 기후인자사이의 다양한 통계분석을 통해 개선되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 “통신해양기상위성 1호 개발사업”의 “기상자료 처리시스템 개발사업(IV)”과 “디지털 예보자료처리 기술 개발”의 일환으로 수행된 것입니다.

## 참고문헌

- 과학기술처, 1992: 전국 그물망 기후값 추정 및 기후도 작성 연구(3). 379 pp.
- 김용상, 박옥란, 황승연, 2002: 기상연구소의 국지규모 기상 분석 및 예측시스템(KLAPS)의 실시간 운영. *한국기상학회지*, **38**, 1-10.
- \_\_\_\_\_, 오재호, 이정은, 김태국, 1998: LAPS/ARPS를 이용한 국지 호우 사례의 분석 및 수치 모의. *한국기상학회 가을 학술발표회*, 서울, 168-171.
- 신만용, 윤진일, 1992: 지형-기후 관계식에 의한 제주도의 월별 기온분포의 추정. *한국임학회지*, **81**, 40-52.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, 서애숙, 1999: 공간통계기법을 이용한 전국 일 최고/최저기온 공간변이의 추정. *대한원격탐사학회지*, **15**, 9-20.
- \_\_\_\_\_, 천정화, 1996: 임하댐 주변지역의 기상환경 변화가 수목생장에 미치는 영향에 관한 정량적 분석. *한국임학회지*, **85**, 462-471.
- 윤진일, 신만용, 서애숙, 1998: GIS를 이용한 전국 읍면 단위 일 최고/최저기온 실태분포 생산. *한국기상학회 가을 학술발표회*, 서울, 276-279.
- 이기원, 2001: ArcView/Spatial Analyst GIS 확장 프로그램을 이용한 수리지형 특성인자 분석. *한국지구과학회지*, **22**, 491-499.
- 이화은, 최현정, 이강열, 2005: 객관 분석에 의한 복잡지형의 대기유동장 수치모의와 모델에 의한 자료질 조절효과. *한국대기환경학회지*, **21**, 97-105.
- 조홍래, 정종철, 2006: 강우자료에 대한 공간보간 기법의 적용. *한국GIS 학회지*, **14**, 29-41.
- Barnes S. L., 1964: A technique for maximizing details in numerical weather map analysis. *J. Appl. Meteor.*, **3**, 396-409.
- Blennow K., 1998: Modelling minimum air temperature in partially and clear felled forests. *Agric. I. For. Meteorol.*

- 91, 223-235.
- Chao, W. C., L. P. Chang, 1992: Development of a four-dimensional variational analysis system using the adjoint method at GLA. Part 1: Dynamics. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1661-1673.
- Cressman, G. P., 1959: An operational objective analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, **87**, 367-374.
- Daly, C., 2006: Guidelines for assessing the suitability of spatial climate data sets. *Int. J. Climatol.*, **26**, 707-721.
- \_\_\_\_\_, E. H. Helmer, and M. Quinones, 2003: Mapping the climate of Puerto Rico, Vieques, and Culebra. *Int. J. Climatol.*, **23**, 1359-1381.
- \_\_\_\_\_, R. P. Neilson, D. L. Phillips, 1994: A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *J. Appl. Meteor.*, **33**, 140-158.
- \_\_\_\_\_, W. P. Gibson, G. H. Taylor, G. L. Johnson, P. Pasteris, 2002: A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate. *Clim. Res.*, **22**, 99-113.
- Doggett, M., C. Daly, J. Smith, W. Gibson, G. Taylor, G. Johnson, and P. Pasteris. 2004: High-resolution 1971-2000 mean monthly temperature maps for the western United States. Proc., 14th AMS Conf. on Applied Climatology, 84th AMS Annual Meeting Combined Preprints, Amer. Meteorological Society, Seattle, WA, January 13-16, Paper 4.3, CD-ROM.
- Ekström, M., and A. Chappell, 2005: Spatial properties of Seasonal Rainfall in Southeast England. In Leuangthong, O. and Deutsch, C.V. (Eds.). *Geostatistics Banff 2004: Proceedings of the Seventh International Geostatistics Congress, Series: Quantitative Geology and Geostatistics, Vol. 14*, Springer Science+ Business Media, 1167 pp.
- Gibson, W. P., C. Daly, and G. H. Taylor, 1997: Derivation of facet grids for use with the PRISM model. In: Proc., 10th AMS Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Reno, Nevada, Oct. 20-24, 2 pp.
- Gleason E., 2002: Global daily climatology network, V1.0. National Climatic Data Center, 151 Patton Ave., Asheville, NC.  
<http://www.ocs.orst.edu/prism/>
- Johansson, B., and D. Chen, 2003: The influence of wind and topography on precipitation distribution in sweden: statistical analysis and modelling. *Int. J. Climatol.*, **23**, 1523-1535.
- Johnson, G. L., C. Daly, G. H. Taylor, C. L. Hanson, 2000; Spatial variability and interpolation of stochastic weather simulation model parameters. *J. Appl. Meteor.*, **39**, 778-796.
- Lanzante, J. R., 1996: Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples, including applications to historical radiosonde station data. *Int. J. Climatol.*, **16**, 1197-226.
- Ninyerola, M., X. Pons, and J. M. Roure, 2000: A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *Int. J. Climatol.*, **20**, 1823-1841.
- Perry, L. B., C. E. Konrad, 2006: Relationships between NW flow snowfall and topography in the southern appalachians, USA. *Clim. Res.*, **32**, 35-47.
- Reek, T., S. R. Doty, T. W. Owen, 1992: A deterministic approach to the validation of historical daily temperature and precipitation data from the cooperative network. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **73**, 753-762.