



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월19일
 (11) 등록번호 10-1521576
 (24) 등록일자 2015년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2013-0163434

(22) 출원일자 2013년12월26일

심사청구일자 2013년12월26일

(56) 선행기술조사문헌

홍기욱 외 5명. “GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 기온자료 추정”. 한국기상학회 Vol.17, No.3, 2007.09.*

최병렬. “GIS 기법을 이용한 유역의 적정 DEM 격자크기 결정”. 한양대학교 대학원 학위논문, 2005.02.*

Roland Pesch et al, “Integrative exposureassessment through classification and regression trees on bioaccumulation of metals, related sampling site characteristics and ecoregions”. Ecological Informat*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

부산대학교 산학협력단

부산광역시 금정구 부산대학교63번길 2 (장전동, 부산대학교)

(72) 발명자

안중배

부산 해운대구 센텀동로 25, 102동 501호 (우동, 대우월드마크센텀)

허지나

부산광역시 금정구 장전동 146-4 수림로 81번길 56 정동원롭 102호

임아영

부산 북구 함박봉로140번길 21, 112동 1204호 (만덕동, 주공아파트3단지)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 3 항

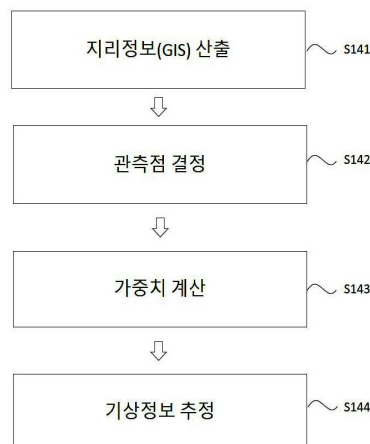
심사관 : 손경완

(54) 발명의 명칭 **K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법 및 이를 이용한 고해상도 기상자료 산출시스템**

(57) 요약

본 발명은 관측된 자료로부터 고르게 분포된 장기간의 고해상도의 기상정보를 얻기 위한 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, 특히, 농경지에서 발생하는 병해충 및 작물 생육환경 등과 관련된 국지기상정보를 생산하기 위해서는 70m 이내의 고해상도 기상정보가 필요하나, 기존의 PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slope Model)이나 기존의 PRISM을 우리나라 지형에 적합하도록 개선한 K-PRISM 방법은 대부분 100m 이상의 해상도를 가지고 있어 빌딩 주변과 경작지 경계에서 발생하는 국지기상의 변화를 살펴보기에는 미흡하다는 한계가 있었던 종래기술의 문제점을 해결하여, 기존의 K-PRISM을 개선하여 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도의 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법 및 이를 이용하여 고해상도의 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 고해상도 기상자료 산출시스템이 제공된다.

대표도 - 도14



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PJ009353

부처명 농림축산식품부

연구관리전문기관 농촌진흥청

연구사업명 농업기상재해 발생 예측 위험지도 작성 연구

연구과제명 기온·강수·바람관련 악기상 발생 위험지도 작성 연구

기여율 1/1

주관기관 국립농업과학원

연구기간 2013.02.01 ~ 2013.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

기존의 PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slope Model)을 우리나라 지형에 적합하도록 개선한 K-PRISM에 기반하여 남한 전역에 대한 고해상도 격자형 기상정보를 생산하기 위한 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법에 있어서,

상기 K-PRISM에 필요한 고해상도 지리정보(Geographic Information System, GIS)를 미리 정해진 격자 간격 및 방향으로 각각 구분하여 산출하는 지리정보 산출단계;

상기 지리정보 산출단계에서 각 격자점을 계산할 때 고려할 최소 관측점의 수와 영향 반경을 결정하는 관측점 결정단계;

상기 지리정보 산출단계에서 생산된 상기 지리정보에 근거하여 상기 격자점과 관측지점 간의 지형학적 유사성을 가중치로 계산하는 가중치 계산단계;

상기 가중치 계산단계에서 계산된 상기 가중치를 이용하여 가중 회귀식을 산출한 후, 각각의 상기 격자점의 기상값을 추정하는 기상정보 추정단계를 포함하여 구성되며,

상기 지리정보 산출단계는,

남한 전역에 대하여 X, Y 방향으로 각각 30m 격자 간격의 고도, 지향면, 해양도 정보를 산출하고,

상기 지향면 자료를 N, NNE, NE, NEE, E, SEE, SE, SSE, S, SSW, SW, SWW, W, NNW, NW, NNW 방향 및 평지의 17가지로 구분하며,

각각의 상기 격자점을 중심으로 X(동서) 방향과 Y(남북) 방향의 거리와 고도차를 이용하여 이하의 수학식에 의해 사면의 기울기(θ)와 경사방향(A)을 각각 계산하도록 구성되고,

$$\tan \theta = [(\delta Z / \delta X)^2 + (\delta Z / \delta Y)^2]^{1/2}$$

$$\tan A = [(-\delta Z / \delta Y) + (\delta Z / \delta X)]$$

상기 기상정보 추정단계는,

상기 기상값의 추정을 위해 고려된 관측지점들이 고도에 따라 불균일하게 분포함으로 인해 일부 격자점에서 상

기 가중 회귀식의 기울기($\hat{\beta}_1$)가 비정상적인 값으로 산출되는 것을 방지하기 위해, 이하의 수학식에 근거하여, 관측자료에서 유도된 일 평균 기온값과 표준편차(Std)를 기준으로 상기 가중 회귀식의 기울기를 제한하는 처리가 일별로 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법.

$$\hat{\beta}_1 < -0.5 \times Std \text{ 이면 } \hat{\beta}_1 = -0.5 \times Std ,$$

$$-0.5 \times Std \leq \hat{\beta}_1 \leq +0.5 \times Std \text{ 이면 } \hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_1 ,$$

$$\hat{\beta}_1 > +0.5 \times Std \text{ 이면 } \hat{\beta}_1 = +0.5 \times Std$$

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 관측점 결정단계 및 상기 가중치 계산단계는,

기존의 K-PRISM 방법에 근거한 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

청구항 1항 또는 5항 중 어느 한 항에 기재된 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여 고해상도의 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기상자료 산출시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 관측된 자료로부터 고르게 분포된 장기간의 고해상도 일별 기상정보를 얻기 위한 방법에 관한 것으로, 더 상세하게는, 기존의 PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slope Model)을 우리나라 지형에 적합하도록 개선한 K-PRISM에 기반하여 고해상도의 기상자료를 산출하는 방법에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은, 상기한 바와 같은 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여, 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도 일별 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 고해상도 기상자료 산출시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 최근, 농업, 공학, 수문, 경제 등 다양한 분야에서 고해상도 격자 기상정보의 활용성과 중요성이 점차 증대되고 있다.

[0004] 그러나 이러한 고해상도 격자 기상정보는, 높은 활용성에도 불구하고 관측된 자료로부터 고르게 분포된 장기간의 고해상도 기상정보를 얻는 것은 쉽지 않으며, 특히, 지형적으로 좁고 복잡한 우리나라의 경우, 상대적으로 조밀한 관측망이 구축되어 있다고 하더라도 대부분의 관측소들이 전력 공급 및 유지 보수의 문제점 때문에 300m 이하의 낮은 고도에 위치하거나 수도권 중심에 편중되어 있는 문제가 있다(참고문헌 1 및 참고문헌 2 참조).

- [0005] 이러한 관측자료의 공간적인 제약을 극복하는 방법으로, 종래, 역학적 및 통계적 방법이 많이 연구되어 왔으며(참고문헌 2 내지 참고문헌 6 참조), 먼저, 지역 기후 모형을 이용하는 역학적 방법은, 물리적, 역학적으로 균형있는 자료를 생산할 수 있다는 장점을 가지나, 이 방법은 상당한 계산시간과 방대한 저장공간이 요구되며(참고문헌 7 참조), 모델의 계통적 오차가 포함될 수 있다는 단점을 가진다(참고문헌 3 참조).
- [0006] 이러한 이유로 인해, 격자형태의 고해상도 기후정보를 생산하는 효율적인 방법으로 통계적 방법도 자주 이용되며(참고문헌 8 내지 참고문헌 10 참조), 더 상세하게는, 격자형 국지 기후자료를 통계적으로 추정하는 방법은, 격자점과 관측지점 간의 거리를 어떻게 고려하느냐에 따라 크게 세 가지로 분류할 수 있다.
- [0007] 먼저, 첫 번째 방법은, 거리를 전혀 고려하지 않고 단지 통계적, 물리적 관계에만 의존하는 것으로, 여기에는 선형, 비선형 회귀(참고문헌 11 참조)와 유사 패턴 검색 방법(참고문헌 12 참조) 등이 포함된다.
- [0008] 그러나 이 방법의 경우, 격자점의 과거 기상정보에 근거하기 때문에 격자점의 과거 기상정보가 없는 상태에서 사용하는 것은 한계가 있다.
- [0009] 두 번째 방법은, 기상요소의 동일성을 거리만의 함수로 계산하는 것으로, 예를 들면, Barnes 기법(Barnes, 1964), Cressman 기법(Cressman, 1959), 역거리 가중법(Inverse Distance Weighting, IDW)(Szolgay et al., 2009) 등이 포함된다.
- [0010] 즉, 많은 연구자들은 동일성을 결정짓는 가장 중요한 요소가 거리차라고 평가하지만(참고문헌 8, 참고문헌 10 및 참고문헌 13 참조), 최근에는 인접한 지역의 지형학적 환경도 무시할 수 없다는 연구결과가 제시된 바 있다.
- [0011] 세 번째 방법은, 상기한 두 번째 방법에서 지형학적 정보까지 고려한 것으로, 예를 들면, Hypsometric 기법(이하, 'HYPS'라고도 함)(참고문헌 14 참조) 및 PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model)(참고문헌 15 및 참고문헌 16 참조)이 대표적이다.
- [0012] 여기서, 특히, PRISM은, 다른 기법과 비교하여 인접한 기상자료에 대한 의존성이 상대적으로 작고, 지리 특성에 대한 의존성이 크므로, 불균질하며 성긴 관측 자료로부터 고분해능 격자정보를 추정할 때 유용하게 사용 가능하다.
- [0013] 아울러, 국내에서도, 최근 몇 년 동안 남한 영역에 대한 고해상도 기상자료의 필요성이 대두되면서 상기한 바와 같은 PRISM을 이용한 격자형 기상자료 생산 방법에 대한 연구가 이루어진 바 있다.
- [0014] 더 상세하게는, 홍기욱 등(2007)은 남한에 적합한 PRISM 기법(이하 'K-PRISM'이라고도 함)을 제시하고, 이를 이용하여 5km 해상도의 기온 격자자료를 생산하였다(참고문헌 2 참조).
- [0015] 더욱이, 신성철 등(2008)과 정유란 등(2009)은, K-PRISM을 이용하여 각각 5km와 270m 해상도의 강수 격자자료를 생산한 바 있으며(참고문헌 5 및 참고문헌 9 참조), 또한, 김종필 등(2012)은 1km 간격의 월 강수량을 추정하기 위하여 PRISM 모형에 Daymet 모형을 접목시킨 새로운 강수량 추정 모형을 제시하고 분석하였다.

- [0016] 그러나 이러한 연구들은, 대부분 100m 이상의 해상도를 가지고 있어 빌딩 주변과 경작지 경계에서 발생하는 국지기상의 변화를 살펴보기에는 다소 미흡하다는 한계가 있는 것이었다(참고문헌 18 참조).
- [0017] 즉, 더 상세하게는, 특히, 통계청의 보도자료를 기준으로 2011년 우리나라의 가구원 1인당 평균 경지면적이 5,157.1m²(약 71.8m×71.8m) 임을 고려할 때, 농경지에서 발생하는 병해충 및 작물 생육 환경과 관련된 국지기상을 살펴보기 위해서는 70m 이내의 고해상도 기상정보가 필요하나, 종래, 이와 같이 남한 전역에 대한 70m 이내의 고해상도 일별 기상정보를 제공하는 방법이나 장치는 제시된 바 없었다.
- [0018] [참고문헌]
- [0019] 1. Im, E.-S., and J.-B. Ahn, 2011 : On the elevation dependency of present-day climate and future change over Korea from a high resolution regional climate simulation, J. Meteorol. Soc. Jpn, 89, 89-100
- [0020] 2. 홍기옥, 서명석, 나득균, 장동호, 김찬수, 김맹기, 2007 : GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 기온자료 추정, 한국기상학회지 「대기」, 17(3), 255-268.
- [0021] 3. Ahn, J.-B., J. lee, and E.-S. Im, 2012 : The reproducibility of surface air temperature over south Korea using dynamical downscaling and statistical correction, J. Meteorol. Soc. Jpn, 90(4), 493-507
- [0022] 4. 안중배, 허지나, 심교문, 2010 : 수치예보모형을 이용한 역학적 규모축소 기법을 통한 농업기후지수 모사, 한국농림기상학회지, 12(1), 1-10.
- [0023] 5. 신성철, 김맹기, 서명석, 나득균, 장동호, 김찬수, 이우섭, 김연희, 2008 : GIS와 PRISM을 이용한 고해상도 격자형 강수량 추정, 한국기상학회지 「대기」, 18(1), 71-81.
- [0024] 6. 임은순, 권원태, 안중배, 2005 : 신경망 모델을 이용한 겨울철 유역평균 강수량 규모축소 연구, 한국기상학회지 「대기」, 41(1), 89-99.
- [0025] 7. Chen, H., C.-Y. Xu, S. Guo, 2012 : Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff, J. Hydrology, 434-435, 36-45
- [0026] 8. Brunetti, M., M. Maugeri, T. Nanni, C. Simolo, J. Spinoni, 2013 : High-resolution temperature climatology for Italy: interpolation method intercomparison, Int. J. Climatol., DOI : 10.1002/joc.3764
- [0027] 9. 정유란, 윤경담, 조경숙, 이재현, 윤진일, 2009 : 복잡지형 고해상도 격자망에서의 PRISM 기반 강수추정법, 한국농림기상학회지, 11(2), 72-78.
- [0028] 10. Daly, C, 2006 : Guidelines for assessing the suitability of spatial climate data sets, Int. J. Climatol., 26, 707-721.
- [0029] 11. Schoof, J.T. S.C. Pryor, 2001 : Downscaling temperature and precipitation: a comparison of regression-based methods and artificial neural networks, Int. J. Climatol., 21, 773-790
- [0030] 12. Hidalgo, H. G., Dettinger, M. D., Cayan, D. R., 2008 : Downscaling with constructed analogues: Daily precipitation and temperature fields over the United States, California Climate Change Center, 48.[available at http://tenaya.ucsd.edu/wawona-m/downscaled/supporting_materials/CEC-500-2007-123.pdf]
- [0031] 13. Daly, C., E. H. Helmer, M. Quinones, 2003 : Mapping the climate of PUERTO RICO, VIEQUES and CULEBRA, Int. J. Climatol., 23, 1359-138.
- [0032] 14. Ahres, C. D., 2003 : Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment, 7th edition, Brooks-Cole-Thomson Learning: Pacific Grove, CA.
- [0033] 15. Daly, C., R. P. Neilson, D. L. Phillips, 1994 : A statistical-topographic model for mapping

climatological precipitation over mountainous terrain, J. Appl. Meteor., 33, 140-158

- [0034] 16. Daly, C., 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.
- [0035] 17. 김종필, 김광섭, 이우섭, 2012 : Daymet와 PRISM을 연계한 월 면적 강수량 추정, 한국방재학회지, 12(5), 83-90
- [0036] 18. Rider, N. E., J. R. Philip, E. F. Bradley, 1963 : The horizontal transport of heat and moisture-a micrometeorological study, Q. J. Roy. Meteorol. Soc., 89, 506-531
- [0037] 19. Frey, H., F. Paul, 2012 : On the suitability of the SRTM DEM and ASTER GDEM for the compilation of topographic parameters in glacier inventories, Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform., 18, 480-490.
- [0038] 20. 윤진일, 최재연, 윤영관, 정유란, 2000 : 산악지대의 일 최저기온 공간내삽모형, 한국농림기상학회지, 2(4), 175-182

[0039] [선행기술문헌]

- [0040] 1. 한국 등록특허 제10-1257874호(2013.04.12.)
- [0041] 2. 한국 등록특허 제10-1092380호(2011.12.05.)
- [0042] 3. 한국 등록특허 제10-1040621호(2011.06.03.)
- [0043] 4. 한국 등록특허 제10-0989845호(2010.10.19.)
- [0044] 5. 한국 등록특허 제10-0951610호(2010.03.31.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0045] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하고자 하는 것으로, 따라서 본 발명의 목적은, 특히, 농경지에서 발생하는 병해충 및 작물 생육환경 등과 관련된 국지기상정보를 생산하기 위해서는 70m 이내의 고해상도 기상정보가 필요하나, 기존의 PRISM이나 이를 국내 영역에 적합하도록 개량한 K-PRISM 방법은 대부분 100m 이상의 해상도를 가지고 있어 빌딩 주변과 경작지 경계에서 발생하는 국지기상의 변화를 살펴보기에는 미흡하다는 한계가 있었던 종래기술의 문제점을 해결하여, 기존의 K-PRISM 방법의 개선을 통해 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도 일별 상세 기상자료를 산출할 수 있도록 구성되는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 제공하고자 하는 것이다.

[0046] 또한, 본 발명의 다른 목적은, 상기한 바와 같은 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여, 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도 기상정보를 제공 가능하도록 구축된 고해상도 기상자료 산출시스템을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0047] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면, 기존의 PRISM(Parameter-elevation Regressions on Independent Slope Model)을 우리나라 지형에 적합하도록 개선한 K-PRISM에 기반하여 남한 전역에 대한 고해상도 격자형 기상정보를 생산하기 위한 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법에 있어서, 상기 K-PRISM에 필요한 고해상도 지리정보(Geographic Information System, GIS)를 미리 정해진 격자 간격 및 방향으로 각각 구분하여 산출하는 지리정보 산출단계; 상기 지리정보 산출단계에서 각 격자점을 계산할 때 고려할 최소 관측점의 수와 영향 반경을 결정하는 관측점 결정단계; 상기 지리정보 산출단계에서 생산된 상기 지리정보에 근거하여 상기 격자점과 관측지점 간의 지형학적 유사성을 가중치로 계산하는 가중치 계산단계; 상기 가중치 계

산단계에서 계산된 상기 가중치를 이용하여 가중 회귀식을 산출한 후, 각각의 상기 격자점의 기상값을 추정하는 기상정보 추정단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법이 제공된다.

[0048] 여기서, 상기 지리정보 산출단계는, 남한 전역에 대하여 X, Y 방향으로 각각 30m 격자 간격의 고도, 지향면, 해양도 정보를 산출하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0049] 또한, 상기 지리정보 산출단계는, 상기 지향면 자료를 N, NNE, NE, NEE, E, SEE, SE, SSE, S, SSW, SW, SSW, W, NWW, NW, NNW 방향 및 평지의 17가지로 구분하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0050] 아울러, 상기 지리정보 산출단계는, 각각의 상기 격자점을 중심으로 X(동서) 방향과 Y(남북) 방향의 거리와 고도차를 이용하여 이하의 수학적식에 의해 사면의 기울기(θ)와 경사방향(A)을 각각 계산하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0051]
$$\tan \theta = [(\delta Z / \delta X)^2 + (\delta Z / \delta Y)^2]^{1/2}$$

[0052]
$$\tan A = [(-\delta Z / \delta Y) + (\delta Z / \delta X)]$$

[0053] 더욱이, 상기 관측점 결정단계 및 상기 가중치 계산단계는, 기존의 K-PRISM 방법에 근거한 처리가 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0054] 또한, 상기 기상정보 추정단계는, 상기 기상값의 추정을 위해 고려된 관측지점들이 고도에 따라 불균일하게 분포함으로써 인해 일부 격자점에서 상기 가중 회귀식의 기울기($\hat{\beta}_1$)가 비정상적인 값으로 산출되는 것을 방지하기 위해, 상기 가중 회귀식의 기울기를 제한하는 처리가 일별로 수행되도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0055] 여기서, 상기 기상정보 추정단계는, 이하의 수학적식에 근거하여, 관측자료에서 유도된 일 평균 기온감률과 표준편차(Std)를 기준으로 상기 가중 회귀식의 기울기를 제한하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_1 < -0.5 \times Std \text{ 이면 } \hat{\beta}_1 &= -0.5 \times Std, \\ -0.5 \times Std \leq \hat{\beta}_1 \leq +0.5 \times Std \text{ 이면 } \hat{\beta}_1 &= \hat{\beta}_1, \\ \hat{\beta}_1 > +0.5 \times Std \text{ 이면 } \hat{\beta}_1 &= +0.5 \times Std \end{aligned}$$

[0056]

[0057] 아울러, 본 발명에 따르면, 상기에 기재된 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여 고해상도의 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 기상자료 산출시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0058] 상기한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 기존의 K-PRISM을 개선하여 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법이 제공됨으로써, 특히, 농경지에서 발생하는 병해충 및 작물 생육환경 등과 관련된 국지기상정보를 생산하기 위해서는 70m 이내의 고해상도 기상정보가 필요하나, 기존의 PRISM이나 이를 국내 영역에 적합하도록 개량한 K-PRISM 방법은 대부분 100m 이상의 해상도를 가지고 있어 빌딩 주변과 경작지 경계에서 발생하는 국지기상의 변화를 살펴보기에는 미흡하다는 한계가 있었던 종래기술의 문제점을 해결할 수 있다.

[0059] 또한, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같은 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여, 남한 전역에 대한 30m 고해상도의 일별 기상정보를 제공 가능하도록 구축된 고해상도 기상자료 산출시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0060] 도 1은 연도별 기상관측소의 개수를 그래프로 나타낸 도면이다.
 도 2는 PRISM에 사용된 60개의 ASOS와 검증에 사용된 352개의 AWS의 위치를 각각 나타내는 도면이다.
 도 3은 16 방위 및 8 방위에 대한 지형도의 표시기준을 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
 도 4는 남한 지역에 대하여 16 방위와 8 방위를 기준으로 구분된 지향면들을 나타낸 도면이다.
 도 5는 제주도 지역에 대하여 16 방위와 8 방위를 기준으로 구분된 지향면들을 나타낸 도면이다.
 도 6은 본 발명의 실시예에서 사용된 60개의 ASOS 관측 지점을 해발고도에 따라 분류한 결과를 나타내는 도면이다.
 도 7은 10일 이동평균을 적용하여 1973년부터 2012년까지 40년 평균된 일 평균 기온값과 그 0.5 표준편차(Std)를 계산한 결과를 나타내는 도면이다.
 도 8은 각 조건에 따른 회귀식의 기울기 변화를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
 도 9는 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM, IDW, HYPS 방법으로 각각 추정된 2012년 1월의 일 평균 기온 분포도와 각 방법의 산출수준을 비교하여 나타낸 도면이다.
 도 10은 2012년 1월에 제주도에서 관측된 일 평균기온과 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM, IDW 및 HYPS에 의해 각각 추정된 일 평균기온의 시계열 분석결과를 나타내는 도면이다.
 도 11은 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM을 이용하여 남한 영역에 대하여 2003년부터 2012년까지 10년 동안 평균된 1월의 일 평균 기온 분포도를 나타내는 도면이다.
 도 12는 본 발명의 실시예에 따라 PRISM 방법으로 산출된 기온과 352개의 AWS에서 관측된 기온간의 Bias, RMSE, Corr을 연도별로 나타낸 도면이다.
 도 13은 2012년 1월에 대하여 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM에 의해 각각 산출된 일 평균기온 바이어스(Bias)를 남한 영역의 352개 AWS 관측지점별로 나타낸 분포도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0061] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법 및 이를 이용한 고해상도 기상자료 산출시스템의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.

[0062] 여기서, 이하에 설명하는 내용은 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예일 뿐이며, 본 발명은 이하에 설명하는 실시예의 내용으로만 한정되는 것은 아니라는 사실에 유념해야 한다.

- [0063] 또한, 이하의 본 발명의 실시예에 대한 설명에 있어서, 종래기술의 내용과 동일 또는 유사하거나 당업자의 수준에서 용이하게 이해하고 실시할 수 있다고 판단되는 부분에 대하여는, 설명을 간략히 하기 위해 그 상세한 설명을 생략하였음에 유념해야 한다.
- [0064] 즉, 본 발명은, 후술하는 바와 같이, 특히, 농경지에서 발생하는 병해충 및 작물 생육환경 등과 관련된 국지기상정보를 생산하기 위해서는 70m 이내의 고해상도 기상정보가 필요하나, 기존의 PRISM이나 이를 국내 영역에 적합하도록 개량한 K-PRISM 방법은 대부분 100m 이상의 해상도를 가지고 있어 빌딩 주변과 경작지 경계에서 발생하는 국지기상의 변화를 살펴보기에는 미흡하다는 한계가 있었던 종래기술의 문제점을 해결하여, 기존의 K-PRISM 방법의 개선을 통해 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도 일별 상세 기상자료를 산출할 수 있도록 구성되는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법에 관한 것이다.
- [0065] 또한, 본 발명은, 후술하는 바와 같은 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여, 남한 전역에 대한 30m 해상도의 고해상도 기상정보를 제공 가능하도록 구축된 고해상도 기상자료 산출시스템에 관한 것이다.
- [0066] 아울러, 이를 위해, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에서, 본 발명자들은, 국지기상의 이해도와 타분야에서의 활용 가능성을 높이기 위하여, K-PRISM을 기반으로 하여 30m 고해상도 일별 기온자료를 산출하는 일련의 과정을 통하여 본 발명을 나타내었으며, 이를 위해, 30m 해상도와 일 단위의 시간 간격에 적합하도록 K-PRISM의 일부 요소를 수정하였고, 이를 기존의 방법과 비교하였다.
- [0067] 더욱이, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에서는, 장기간의 기후값 추정에 앞서 수정된 K-PRISM 방법을 시범적으로 2003년부터 2012년까지의 1월 기온에 적용함으로써 본 발명에 제시된 방법의 타당성을 검증하였다.
- [0068] 더 상세하게는, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에서는 2003년부터 2012년까지 기상청에서 관측한 1월의 일 평균 기온자료를 사용하였으며, 이 자료는 사용 목적에 따라 PRISM 입력자료와 검증자료로 나눌 수 있다.
- [0069] 먼저, 도 1을 참조하면, 도 1은 연도별 기상관측소의 개수를 그래프로 나타낸 도면이다.
- [0070] 즉, 도 1에 나타낸 바와 같이, 이하에 설명하는 본 발명의 실시예에 있어서, PRISM의 입력자료로 사용된 기상자료는 60개의 지상 기상관측소(Automated Synoptic Observing System, 이하, 'ASOS'라고도 함)에서 관측된 자료이며, 이는 향후 40년 기후장 생산을 고려하여 1973년부터 관측이 시작된 지점들을 선별한 것이다.
- [0071] 또한, 검증자료로서 사용된 기상자료는 PRISM에 사용되지 않았던 352개의 자동기상관측지점(Automated Weather Station, 이하 'AWS'라고도 함)에서 관측된 자료이다.
- [0072] 여기서, 현재 수준의 AWS 관측망은 1990년 후반부터 구축되었기 때문에, 본 발명자들은 검증기간을 10년으로 설정하였다(참고문헌 1 참조).
- [0073] 아울러, 도 2를 참조하면, 도 2는 PRISM에 사용된 60개의 ASOS와 검증에 사용된 352개의 AWS의 위치를 각각 나타내는 도면이다.
- [0074] 즉, 도 2에 나타낸 바와 같이, 고해상도 격자 고도자료는 30m 해상도의 ASTER Global Digital Elevation

Map(GDEM)(참고문헌 19 참조) 자료를 사용하였으며, 또한, 이 자료를 이용하여 남한영역의 지향면(topographic facet)과 해양도(coastal proximity) 정보도 산출하였다.

- [0075] 계속해서, 본 발명에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법에 있어서, K-PRISM의 상세한 적용방법에 대하여 설명한다.
- [0076] 먼저, K-PRISM에 대하여 설명하면, K-PRISM은 다음과 같이 크게 네 가지 단계로 나눌 수 있다.
- [0077] 첫 번째는 K-PRISM에 필요한 다양한 지리정보(Geographic Information System, GIS)를 산출하는 단계이며, 본 실시예에서, 이 단계에서 생산되는 정보는 남한 영역에 대한 30m 격자 간격의 고도, 지향면, 해양도 정보이다.
- [0078] 즉, 본 발명의 실시예에 있어서, 산출된 자료들은 모두 X, Y 방향으로 각각 30m 격자 간격을 가지고 있으며, 남한 영역에 대해 총 39,9960,000개($19,800 \times 20,200$)의 격자점을 가진다.
- [0079] 두 번째는 각 격자점을 계산할 때 고려할 최소 관측점의 수와 영향 반경을 결정하는 단계로서, 이때, 평균 33.0km의 ASOS 간격을 고려하여, 최소 관측점의 수 5개가 영향반경 30km에 포함되지 않으면 영향반경을 최대 100km까지 5km 간격으로 확대하였으며, 단, 고유의 기후특성들을 고려하여 본토와 제주도는 독립적으로 계산되었다.
- [0080] 세 번째 단계는, 첫 번째 단계에서 생산된 GIS 자료를 바탕으로 격자점과 관측지점간의 지형학적 유사성을 가중치로 계산하는 단계이고, 네 번째 단계는 이렇게 생산된 가중치를 이용하여 가중 회귀식을 산출한 후, 각 격자점의 기상 값을 추정하는 단계이며, K-PRISM에 대한 보다 자세한 설명은, 예를 들면, 상기한 참고문헌 2 등과 같은 종래기술 문헌을 참조할 수 있다.
- [0081] 즉, 본 발명에서는, 기본적으로는 기존의 K-PRISM 방법을 따르고 있으나, 상기한 바와 같은 30m의 격자 간격과 일 단위의 시간 간격에 적합하도록, 다음과 같이 첫 번째와 네 번째 단계에서의 일부 요소를 수정하였다.
- [0082] 더 상세하게는, 첫째로, 지향면 자료로서, 경사의 방향을 N 방향부터 NW 방향까지 8 방위로 구분한 기존의 연구와 달리, 본 발명에서는, 도 3에 나타난 바와 같이, N 방향부터 NNW 방향까지 16 방위로 더욱 세분화하였다.
- [0083] 즉, 도 3을 참조하면, 도 3은 16 방위 및 8 방위에 대한 지형도의 표시기준을 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
- [0084] 따라서 평지까지 고려하면 지향면은 총 17가지로 구분되며, 즉, 각 격자점을 중심으로 X (동서) 방향과 Y (남북) 방향의 거리와 고도차를 이용하여 이하의 [수학식 1] 및 [수학식 2]에 나타난 바와 같이 하여 사면의 기울기 (θ)와 경사방향 (A)을 계산한다(참고문헌 2 참조).

[0085] [수학식 1]

[0086]
$$\tan \theta = [(\delta Z / \delta X)^2 + (\delta Z / \delta Y)^2]^{1/2}$$

[0087] [수학식 2]

[0088]
$$\tan A = [(-\delta Z / \delta Y) + (\delta Z / \delta X)]$$

[0089] 이때, $-\pi$ 와 π 사이에 있는 A를 좀 더 이해하기 쉽게 0° 와 360° 사이로 변환하고, 도 3에서와 같이 각의 크기를 기준으로 A를 16가지로 분류한다.

[0090] 또한, 도 4를 참조하면, 도 4는 남한 지역에 대하여 16 방위와 8 방위를 기준으로 구분된 지향면들을 나타낸 도면이다.

[0091] 여기서, 도 4에 있어서, 색상은 도 3에서 제시한 방향의 순서대로 구성하였으며, 16 방위와 8 방위에서 겹치는 방향들(N, NE, E, SE, S, SW, W, NW)은 모두 같은 색으로 처리하였다.

[0092] 아울러, 예를 들면, 참고문헌 2와 같이, 기존의 연구와 유사하게 8 방위로 구분된 30m 해상도의 지향면은 본토에서 지형학적 특징이 식별될 수 없을 정도로 매우 복잡하게 나타나는 반면, 제주도는 한라산을 중심으로 사면의 방향성이 뚜렷하며 N부터 NW까지 다양하게 나타난다.

[0093] 즉, 도 5를 참조하면, 도 5는 제주도 지역에 대하여 16 방위와 8 방위를 기준으로 구분된 지향면들을 나타낸 도면이다.

[0094] 더 상세하게는, 16 방위를 기준으로 구분된 지향면은 8 방위로 구분된 지향면과 전반적으로 유사한 공간 패턴을 가지나 더 세분화된 것이 특징이며, 뚜렷한 방향성을 가진 제주도를 예로써 살펴보면, 도 5에 나타낸 바와 같이, 두 지향면은 모두 제주도 북쪽에 NE, 남동쪽에 SE, 서쪽에 SW가 지배적으로 나타난다.

[0095] 단, 16 방위의 지향면은 제주도 북쪽에 NE가 주도적으로 나타나던 8 방위의 지향면과는 다르게 NNE, NE, NEE로 세분화되어 다양하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0096] 다음으로, 둘째로는, 가중 회귀식의 기울기 한계값을 설정하는 것이며, 이러한 가중 회귀식의 기울기 한계값 설정에 대하여 설명하면, 먼저, 본 발명의 실시예에서 PRISM에 사용된 60개의 ASOS 관측 지점을 해발고도에 따라 분류해 보면 도 6에 나타낸 바와 같다.

[0097] 즉, 도 6을 참조하면, 도 6은 본 발명의 실시예에서 사용된 60개의 ASOS 관측 지점을 해발고도에 따라 분류한 결과를 나타내는 도면이다.

[0098] 도 6에 나타낸 바와 같이, 60개의 ASOS 중에서 1개의 관측소(대관령)를 제외한 59개(약 98%)의 관측소가 300m 이하에 위치해 있으며, 이 비율은 참고문헌 2와 같은 종래기술 문헌에서 제시한 87% 보다 11% 더 큰 값이다.

- [0099] 아울러, 이는, 본 연구에서 기상값 추정을 위해 고려된 관측지점들이 고도에 따라 매우 불균일하게 분포하며, 결국, 일부 격자점에서 회귀식의 기울기($\hat{\beta}_1$)가 비정상적인 값으로 산출될 가능성이 높다는 것을 의미한다.
- [0100] 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 발명자들은, 도 7에 나타낸 바와 같이, 참고문헌 2와 같은 종래기술 문헌에 제시된 관측자료에서 유도된 평균 기온감률을 기준으로 회귀식의 기울기를 제한하였다.
- [0101] 즉, 도 7을 참조하면, 도 7은 10일 이동평균을 적용하여 1973년부터 2012년까지 40년 평균된 일 평균 기온감률과 그 0.5 표준편차(Std)를 계산한 결과를 나타내는 도면이다.
- [0102] 더 상세하게는, 본 발명자들은, 일 평균 기온감률을 고려한 종래기술 문헌과는 달리, 도 7에 나타낸 바와 같이, 일 간격을 고려하여 1973년부터 2012년까지 40년 평균된 일 평균 기온감률과 표준편차(Std)를 계산하였으며, 이때, 작은 변동성을 제거하기 위하여 10일 이동평균을 수행하였다.
- [0103] 또한, 일 평균 기온감률의 $+0.5 \times \text{Std}$ 와 $-0.5 \times \text{Std}$ 를 각각 회귀식 기울기의 최고값과 최저값으로 제한하였다.
- [0104] 즉, 도 8을 참조하면, 도 8은 각 조건에 따른 회귀식의 기울기 변화를 표로 정리하여 나타내는 도면이다.
- [0105] 계속해서, 상기한 바와 같이 하여 구성되는 본 발명의 실시예에 따른 알고리즘의 타당성을 검증하기 위한 검증 실험 결과에 대하여 설명한다.
- [0106] 즉, 본 발명자들은, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 고해상도 기온 추정방법의 타당성을 살펴보기 위하여 16 방위 지향면을 이용한 K-PRISM(이하, "16Dir-K-PRISM"이라 함)로 추정된 1월의 일 평균 기온을 기존 연구에서 사용된 8 방위 지향면을 이용한 K-PRISM(이하, "8Dir-K-PRISM"이라 함), IDW, HYS 방법들로 추정된 기온들과 비교 분석하였다.
- [0107] 또한, 검증을 위해, 공간적인 분포도, 시계열과 같은 정성적인 방법과 편이(Bias), 오차제곱근(Root Mean Square Error ; RMSE), 상관계수(Correlation Coefficient ; Corr)등의 정량적인 방법이 이용되었다.
- [0108] 아울러, 본 실시예에서, 비교를 위해 사용된 IDW와 HYS 방법은 이하의 [수학식 3] 및 [수학식 4]와 같다.

[0109] [수학식 3]

$$IDW : T = \left(\sum_{i=1}^n Ts_i / d_i^2 \right) / \left(\sum_{i=1}^n 1 / d_i^2 \right)$$

[0110]

[0111] [수학식 4]

$$HYPS : T = \left[\left(\sum_{i=1}^n Ts_i / d_i^2 \right) / \left(\sum_{i=1}^n 1 / d_i^2 \right) \right] \\ + \left[Z - \left(\sum_{i=1}^n Zs_i / d_i^2 \right) / \left(\sum_{i=1}^n 1 / d_i^2 \right) \right] \Gamma$$

[0112]

[0113] 여기서, 상기한 [수학식 3] 및 [수학식 4]에 있어서, T와 Z는 추정하고자 하는 특정 격자점의 기온과 고도이며, Γ 는 경험적 기온 감률이다(참고문헌 20 참조).

[0114] 더 상세하게는, 상기한 Γ 는 이하의 [수학식 5]와 같이 나타낼 수 있다.

[0115] [수학식 5]

$$\Gamma = -1 \times |0.00688 + 0.0015 \cos(0.0172(\text{Julian day} - 60))|$$

[0116]

[0117] 또한, Ts_i 와 Zs_i 는 격자점을 중심으로 영향반경(100km) 안에 포함된 n개의 관측점 중에서 i번째 관측점의 기온과 고도를 의미한다.

[0118] 계속해서, 상기한 바와 같이 하여 제주도 지역에 대해 K-PRISM을 적용한 결과에 대하여 설명한다.

[0119] 즉, 상기한 바와 같이, 본 발명자들은, 16Dir-K-PRISM을 남한 전체 영역에 적용하기에 앞서, 지형적 특성이 뚜렷한 제주도 지역에 먼저 16Dir-K-PRISM을 적용하고 2012년 1월의 사례기간에 대한 분석을 수행하였다.

[0120] 더 상세하게는, 제주도는 한라산을 중심으로 하는 원추형의 지형을 가지고 있어 고도가 높은 중심부에서는 상대적으로 낮은 기온이 나타나고, 고도가 낮은 주변부에서는 상대적으로 높은 기온이 나타나는 특징이 있다.

[0121] 이러한 이유로, 제주도는, 고도, 지향면, 해안도와 같은 지리정보나 추정된 기온자료를 정성적으로 평가하기에 좋은 지역이다.

[0122] 또한, 도 9를 참조하면, 도 9는 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM, IDW, HYPS 방법으로 각각 추정된 2012년 1월의 일 평균 기온 분포도와 각 방법의 산출수준을 비교하여 나타낸 도면이다.

[0123] 도 9에 나타낸 바와 같이, 고도를 고려하는 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM 및 HYPS는 한라산을 중심으로 낮은 기온을 산출하고 있지만, 거리만을 고려하는 IDW는 고도에 따른 기온 변이를 잘 나타내지 못하고 있음을 알 수 있다.

[0124] 여기서, 특히, 본 실시예에서는, 제주도의 기온 분포도를 추정하기 위해서 해발고도 60m 이내에 위치하고 있는 2개의 ASOS(제주도, 서귀포)만의 자료가 사용되었기 때문에, 거리만의 함수로 고도의 편차가 큰 제주도의 기온

분포를 추정하는 것은 실질적으로 어렵다.

- [0125] 아울러, 고도를 고려하는 세 가지의 방법 중에서 K-PRISM을 근거로 한 16Dir-K-PRISM와 8Dir-K-PRISM은 고도에 따른 기온감소 경향을 더 크게 고려함으로써 기온을 한라산의 중심에서 HYPs 보다 더 낮게 모의한다.
- [0126] 이로 인해, K-PRISM을 기반으로 하는 두 방법은 -0.85의 음의 바이어스(Bias)가 나타나는 반면, HYPs와 IDW는 1.2 이상의 양의 바이어스가 나타난다.
- [0127] 산출 수준을 좀 더 정량적으로 살펴보면, 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM은 2012년 1월 제주도 지역에 대해 가장 낮은 BIAS (-0.85), RMSE (1.22)와 가장 높은 CORR (0.79)을 가지고 있어 기온 추정능력이 다른 기법보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다.
- [0128] 또한, 도 10을 참조하면, 도 10은 2012년 1월에 제주도에서 관측된 일 평균기온과 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM, IDW 및 HYPs에 의해 각각 추정된 일 평균기온의 시계열 분석결과를 나타내는 도면이다.
- [0129] 즉, 도 10에 나타난 바와 같이, 본 발명자들은, 시간 변동성에 대한 공간 추정기법들의 모사 능력을 살펴보기 위해, 사례 기간에 제주도에서 관측된 일 평균기온(ASOS, AWS, ASOS+AWS)과 추정된 일 평균기온(16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM, IDW, HYPs)의 시계열을 비교하고 분석하였다.
- [0130] 더 상세하게는, 도 10에 나타난 바와 같이, ASOS에서 관측된 기온은 AWS를 포함하여 다른 기온 자료보다 상대적으로 높게 나타나는데, 그 이유는, 상기한 도 2에서 볼 수 있듯이 대부분의 관측지점이 평균 해발고도 35.15m (남한 평균: 92.1m)로서 저지대에 위치하기 때문이다.
- [0131] 즉, AWS 지점들이 평균 해발고도 198.7m(남한 평균: 117.0m)로 ASOS와 비교하여 상대적으로 고지대에 분포하기 때문에, AWS와 ASOS+AWS의 평균 기온은 ASOS와 유사한 시간 패턴을 가지면서 ASOS 보다 약 2.0도 이상 낮게 나타난다.
- [0132] 또한, 추정된 기온들을 살펴보면, 고도를 고려하지 않는 IDW는 ASOS와, 거리와 고도만 고려하는 HYPs는 AWS 및 AWS+ASOS와 유사한 값으로 변동한다.
- [0133] 아울러, 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM는 관측지점의 패턴을 잘 모사하면서 모든 관측 자료보다 기온을 낮게 추정하며, 이러한 기온의 차이는 관측지점과 30m 해상도를 가진 지형자료의 평균 고도차로 설명할 수 있다.
- [0134] 즉, 제주도 지역에 대한 2,332,375개(남한 육지 영역 : 132,706,372개) 격자점의 평균 해발고도가 278.6m(남한 육지 평균 : 139.9m)로 관측지점의 평균 고도 보다 더 높기 때문에, 결과적으로 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM, HYPs는 모두 관측 지점과 격자점 간의 고도차에 의해 절대적인 평균기온 값을 입력자료인 ASOS보다 더 낮게 산출하지만, 관측의 시간 전개 패턴을 유사하게 모사한다.
- [0135] 계속해서, 도 11 및 도 12를 참조하여, 남한 영역에 대한 K-PRISM의 적용에 대하여 설명한다.
- [0136] 즉, 본 발명자들은, 상기한 제주도의 사례 분석에서 정성적 및 정량적으로 산출 수준이 높다고 평가된 16Dir-K-

PRISM와 8Dir-K-PRISM을 이용하여 남한 영역에 대한 30m 기온자료를 2003년부터 2012년까지 산출하고 분석하였다.

- [0137] 더 상세하게는, 도 11을 참조하면, 도 11은 16Dir-K-PRISM와 8Dir-K-PRISM을 이용하여 남한 영역에 대하여 2003년부터 2012년까지 10년 동안 평균된 1월의 일 평균 기온 분포도를 나타내는 도면이다.
- [0138] 도 11에 나타낸 바와 같이, 상기한 두 방법으로 산출된 일 평균 기온들은 유사한 공간 패턴으로 남한의 상세한 지형적 특징을 모두 잘 반영하고 있으며, 즉, 두 방법은 주요 산맥을 따라 기온을 낮게, 저위도 및 해안가 주변에 기온을 높게 묘사하는 등, 남한의 복잡한 지형구조 및 기온분포 특성을 상세하게 잘 나타내고 있다.
- [0139] 아울러, 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM은 남한 평균기온을 각각 -3.3와 -3.8로 산출하여 8Dir-K-PRISM이 16Dir-K-PRISM 보다 약 0.5도 낮게 기온을 추정하였으며, 이러한 산출 수준을 좀 더 정량적으로 비교하기 위해, 본 발명자들은, 본 실시예에서 PRISM 방법으로 산출된 기온과 352개의 AWS에서 관측된 기온간의 Bias, RMSE, Corr을 연도별로 살펴보았다.
- [0140] 즉, 도 12를 참조하면, 도 12는 본 발명의 실시예에 따라 PRISM 방법으로 산출된 기온과 352개의 AWS에서 관측된 기온간의 Bias, RMSE, Corr을 연도별로 나타낸 도면이다.
- [0141] 도 12에 나타낸 바와 같이, 평균적으로 16Dir-K-PRISM와 8Dir-K-PRISM은 Bias가 각각 -0.45와 -0.44, RMSE가 각각 1.90과 1.77, Corr가 각각 0.80과 0.78로 나타났다.
- [0142] 이러한 결과는, 예를 들면, 상기한 참고문헌 2와 같은, 종래기술 문헌에서 제시한 1월 평균 Bias(0.014), RMSE(0.939) 보다 높고, Corr(0.952) 보다는 낮다.
- [0143] 여기서, 이러한 차이는 크게 두 가지로 설명될 수 있으며, 첫 번째는, 기온 추정에 사용된 관측 자료에 대한 차이로서, 즉, 선행 연구에서는 ASOS 뿐만 아니라 AWS의 자료를 PRISM의 입력 자료로 사용하였기 때문에 격자 기온을 추정할 때 더 많은 양질의 정보가 고려되었다는 것이다.
- [0144] 두 번째는, 생산된 기상 자료의 시간 간격에 대한 차이로서, 본 실시예에서는 일별 기상 정보를 산출한 반면, 참고문헌 2에서는 월별 기상 정보를 산출하였기 때문에 정량적으로 다르게 평가될 수 있다는 것이다.
- [0145] 물론, 상기한 두 가지 이유 이외에도, 해상도, 분석기간, 고도 자료의 종류 등 다양한 인자들도 평가 결과의 차이를 야기하는 요소가 될 수 있다.
- [0146] 즉, 상기한 바와 같이, 16Dir-K-PRISM와 8Dir-K-PRISM은 모두 평균적으로 기온을 과소 추정하는 경향이 있으나, 관측의 공간 변화 패턴을 전반적으로 잘 묘사하며, Bias와 RMSE가 낮고, Corr이 높으면 산출 수준이 높다는 것을 고려할 때, Bias와 RMSE 측면에서는 8Dir-K-PRISM이, Corr 측면에서는 16Dir-K-PRISM이 더 신뢰성 있는 기법이라고 평가할 수 있다.
- [0147] 이는 두 기법이 같은 산출 수준을 가진다고 평가된 제주도 사례 분석과는 다소 차이가 나는 결과로, 지리적 위치에 따라 PRISM의 산출 수준이 다르다는 것을 암시한다.

- [0148] 따라서 본 발명자들은, PRISM의 산출 수준을 지역별로 살펴보기 위해 Bias를 AWS 관측 지점별로 분석하였다.
- [0149] 즉, 도 13을 참조하면, 도 13은 상기한 제주도의 사례기간과 같은 2012년 1월에 대하여 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM에 의해 각각 산출된 일 평균기온 바이어스(Bias)를 남한 영역의 352개 AWS 관측지점별로 나타낸 분포도이다.
- [0150] 도 13에 나타낸 바와 같이, 두 기법은 평균 Bias가 -0.33과 -0.32로, 약 40%의 관측 지점에서 관측과 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 이내의 차이로 일 평균 기온을 추정하고 있다.
- [0151] 그러나 16Dir-K-PRISM는 101개의 관측소에서 $\pm 1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 의 Bias가, 55개의 관측소에서 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이상의 Bias가 나타나는 반면, 8Dir-K-PRISM는 101개와 49개의 관측소에서 각각 $\pm 1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 와 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이상의 Bias가 나타났다.
- [0152] 이는, Bias가 공간적으로 불균일하다는 것을 의미하며, 결과적으로 PRISM의 산출 수준이 각 방법에 따라 각 격자점별로 다르다는 것을 나타낸다.
- [0153] 특히, Bias가 높은 지점들은 주변 관측지점들의 부재와 복잡한 지형적 특성을 가지고 있는 곳으로, 따라서 이러한 지점들은 분석시 유의할 필요가 있다.
- [0154] 이상, 상기한 바와 같이 하여, 본 발명에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 구현할 수 있다.
- [0155] 더 상세하게는, 도 14를 참조하면, 도 14는 본 발명의 실시예에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0156] 도 14에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법은, 크게 나누어, K-PRISM에 필요한 지리정보(GIS)를, 예를 들면, 상기한 30m 및 16 방위와 같이, 미리 정해진 격자 간격 및 방향으로 각각 구분하여 산출하는 지리정보 산출단계(S141)와, 각 격자점을 계산할 때 고려할 최소 관측점의 수와 영향 반경을 결정하는 관측점 결정단계(S142)와, 지리정보 산출단계에서 생산된 지리정보에 근거하여 격자점과 관측지점 간의 지형학적 유사성을 가중치로 계산하는 가중치 계산단계(S143) 및 계산된 상기 가중치를 이용하여 가중 회귀식을 산출한 후, 각각의 상기 격자점의 기상값을 추정하는 기상정보 추정단계(S144)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0157] 여기서, 상기한 상기 지리정보 산출단계(S141)는, 상기 기상정보를 얻고자 하는 대상 영역(즉, 본 실시예에서는 남한 영역)에 대하여 X, Y 방향으로 각각 30m 격자 간격의 고도, 지향면, 해양도 정보를 산출하고, 이때, 상기 지향면 자료는, 도 3에 나타낸 바와 같이, N, NNE, NE, NEE, E, SEE, SE, SSE, S, SSW, SW, SWW, W, NNW, NW, NNW 방향과 평지를 포함하는 총 17가지로 구분하여 산출한다.
- [0158] 또한, 격자점을 중심으로 X(동서) 방향과 Y(남북) 방향의 거리와 고도차를 이용하여 상기한 [수학식 1] 및 [수학식 2]에 의해 사면의 기울기(θ)와 경사방향(A)을 각각 계산한다.

- [0159] 다음으로, 상기한 관측점 결정단계(S142) 및 상기 가중치 계산단계(S143)는, 기존의 K-PRISM 방법과 같이 하여 처리될 수 있다.
- [0160] 그러나 기상정보 추정단계(S144)는, 상기한 바와 같이, 기상값의 추정을 위해 고려된 관측지점들이 고도에 따라 불균일하게 분포함으로 인해 일부 격자점에서 가중 회귀식의 기울기($\hat{\beta}_1$)가 비정상적인 값으로 산출되는 것을 방지하기 위해, 도 8에 나타난 바와 같이, 관측자료에서 유도된 평균 기온감률과 표준편차(Std)를 기준으로 가중 회귀식의 기울기를 제한하도록 구성된다.
- [0161] 더욱이, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 컴퓨터에 실행시키거나, 또는, 그러한 처리를 수행하도록 구성되는 전용의 하드웨어를 구현함으로써, 고해상도의 기상정보를 제공 가능한 기상자료 산출시스템을 제공할 수 있다.
- [0162] 상기한 바와 같이, 본 발명에서는 K-PRISM을 이용하여 남한 영역에 대해 30m의 수평 해상도를 가지는 2003년부터 2012년까지의 1월 일 평균 기온을 추정하였으며, 이를 위해, 30m의 격자간격과 일 단위의 시간간격에 적합하도록 지향면 및 회귀식, 기울기, 한계값 등을 수정한 K-PRISM 방법을 제시하고, 기존의 방법들과 비교함으로써 방법의 적합성을 검증하였다.
- [0163] 여기서, K-PRISM의 입력자료와 검증자료로는 60개의 ASOS와 352개의 AWS의 일별 기온자료가 각각 독립적으로 사용되었으며, K-PRISM을 남한 전체 영역에 적용하기에 앞서, 지형적 특성이 뚜렷한 제주도 지역에 먼저 적용하고 2012년 1월 사례 기간에 대해 분석하였다.
- [0164] 분석 결과, 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM은 IDW와 HYPSS 보다 고도에 따른 기온감소 경향을 더 크게 고려하여 한라산 중심의 주변기온을 더 낮게 추정하였으며, 특히, K-PRISM을 기반으로 하는 두 기법은 가장 낮은 BIAS(-0.85), RMSE(1.22)와 가장 높은 CORR(0.79)을 가지고 있어 제주도 지역에 대한 기온추정 능력이 다른 기법보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다.
- [0165] 즉, 관측 평균값과 비교하여 IDW는 ASOS와, HYPSS는 AWS 및 AWS+ASOS와 유사하게, 16Dir-K-PRISM, 8Dir-K-PRISM은 AWS 보다 낮게 평균기온 값을 산출하였으며, 네 가지 방법 모두 관측의 시간 전개 패턴을 유사하게 추정하였다.
- [0166] 또한, 본 발명자들은, 제주도 사례 분석에서 정성적 및 정량적으로 산출수준이 높다고 평가된 16Dir-K-PRISM과 8Dir-K-PRISM을 이용하여 남한 영역에 대한 30m 기온자료를 2003년부터 2012년까지 산출하고 분석하였으며, 분석 결과, 두 방법 모두 남한의 복잡한 지형구조 및 기온분포 특성을 상세하게 잘 나타내었다.
- [0167] 상기한 바와 같이 본 발명에서는 K-PRISM을 이용하여 30m 격자 간격의 남한 영역에 대한 일 기온을 추정함으로써, 초고해상도에 대한 일별 기온 추정 가능성을 제시하였으며, 이와 같이 하여 생산된 자료는 기후 민감도가 높은 농업, 임업 등 다양한 분야에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
- [0168] 따라서 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법 및 이를 이용한 고해상도 기상자료 산출시스템을 구현할 수 있다.

[0169]

또한, 상기한 바와 같이 하여 본 발명에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법 및 이를 이용한 고해상도 기상자료 산출시스템을 구현하는 것에 의해, 본 발명에 따르면, 기존의 K-PRISM을 개선하여 남한 전역에 대하여 30m 해상도의 고해상도 기상정보를 제공 가능하도록 구성되는 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법이 제공됨으로써, 특히, 농경지에서 발생하는 병해충 및 작물 생육환경 등과 관련된 국지기상정보를 생산하기 위해서는 70m 이내의 고해상도 기상정보가 필요하나, 기존의 PRISM이나 이를 국내 영역에 적합하도록 개량한 K-PRISM 방법은 대부분 100m 이상의 해상도를 가지고 있어 빌딩 주변과 경작지 경계에서 발생하는 국지기상의 변화를 살펴보기에는 미흡하다는 한계가 있었던 종래기술의 문제점을 해결할 수 있다.

[0170]

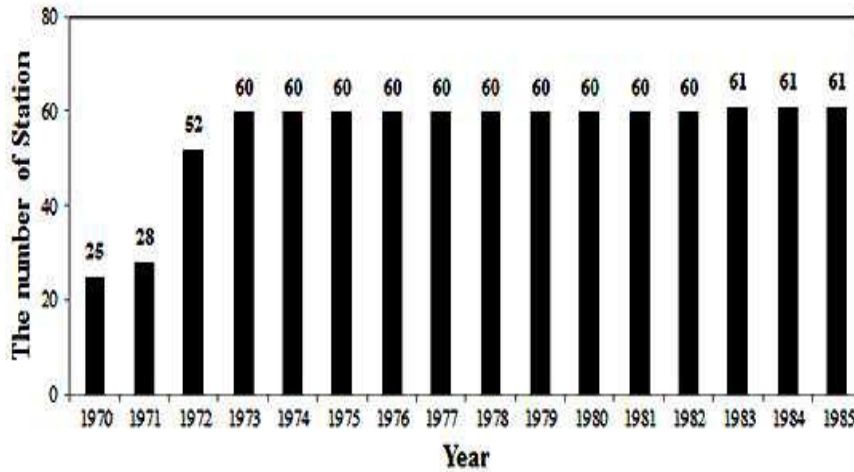
아울러, 본 발명에 따르면, 상기한 바와 같은 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법을 이용하여, 남한 전역에 대하여 30m 해상도의 고해상도 기상정보를 제공 가능하도록 구축된 고해상도 기상자료 산출시스템을 제공할 수 있다.

[0171]

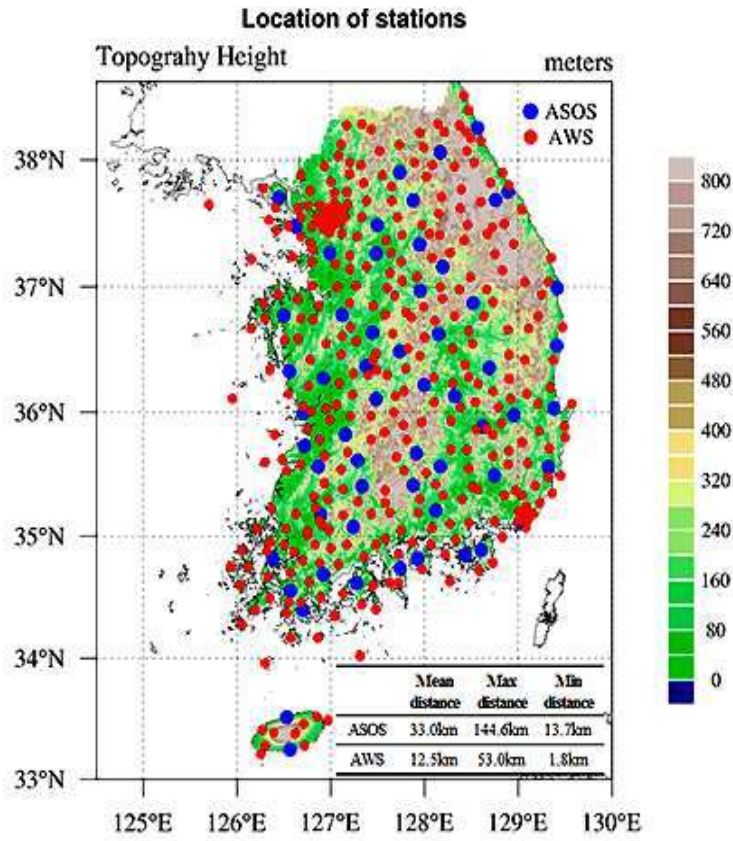
이상, 상기한 바와 같은 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명에 따른 K-PRISM을 이용한 고해상도 기상자료 산출방법 및 이를 이용한 고해상도 기상자료 산출시스템의 상세한 내용에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 기재된 내용으로만 한정되는 것은 아니며, 따라서 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 설계상의 필요 및 기타 다양한 요인에 따라 여러 가지 수정, 변경, 결합 및 대체 등이 가능한 것임은 당연한 일이라 하겠다.

도면

도면1



도면2

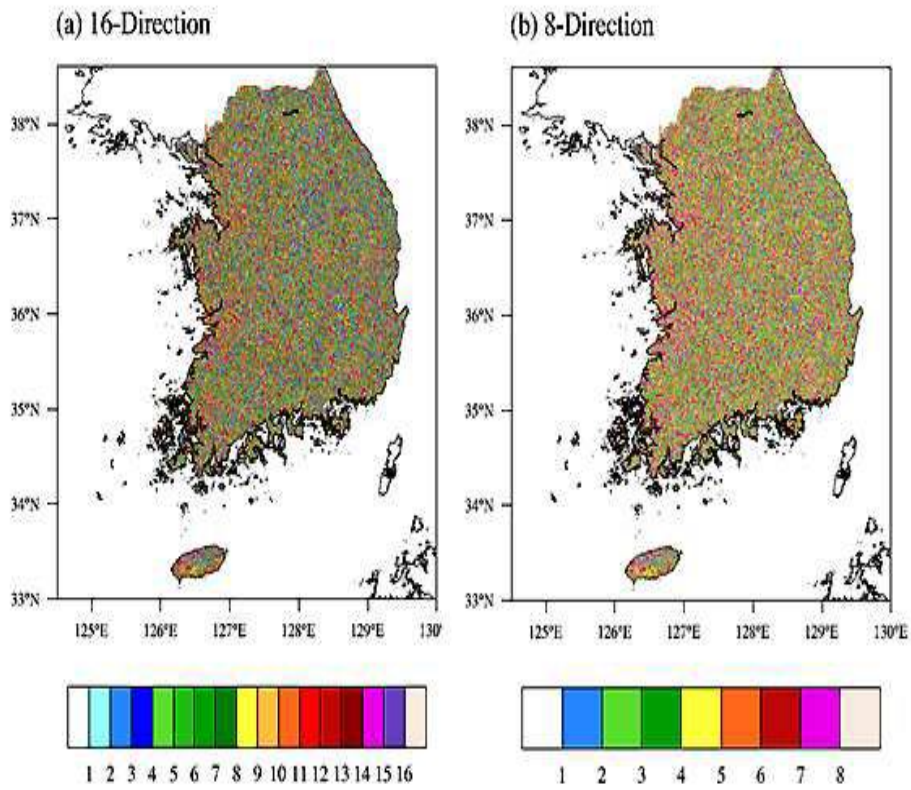


도면3

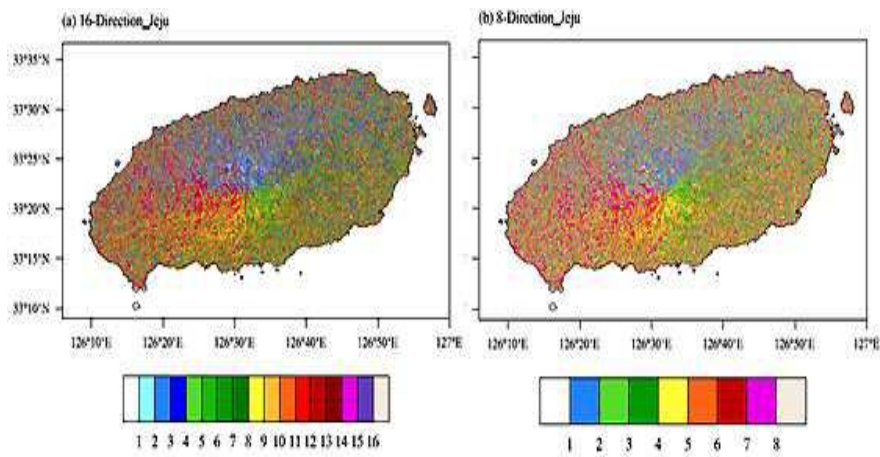
A 78.75° 101.25° 123.75° 146.25° 168.75° 191.25° 213.75° 236.25° 258.75° 281.25° 303.75° 326.25° 348.75° 11.25° 33.75° 56.25° 78.75°

16- directions	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
directions	N	NNE	NE	NEE	E	SEE	SE	SSE	S	SSW	SW	SWW	W	NW	NW	NNW
8- directions	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
directions	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N							

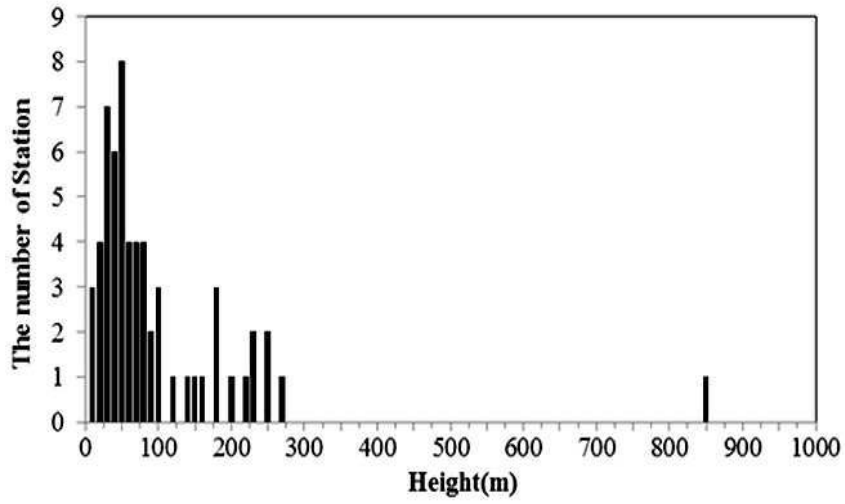
도면4



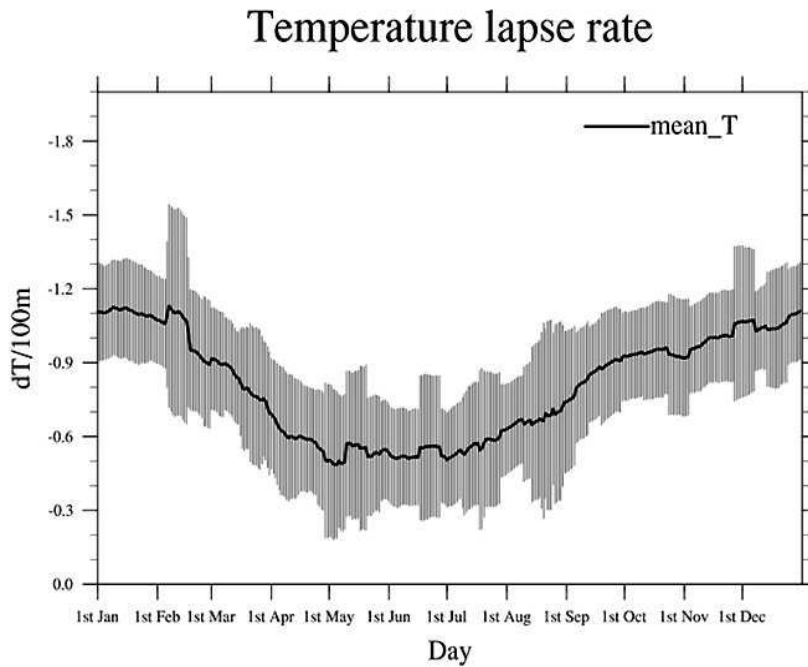
도면5



도면6



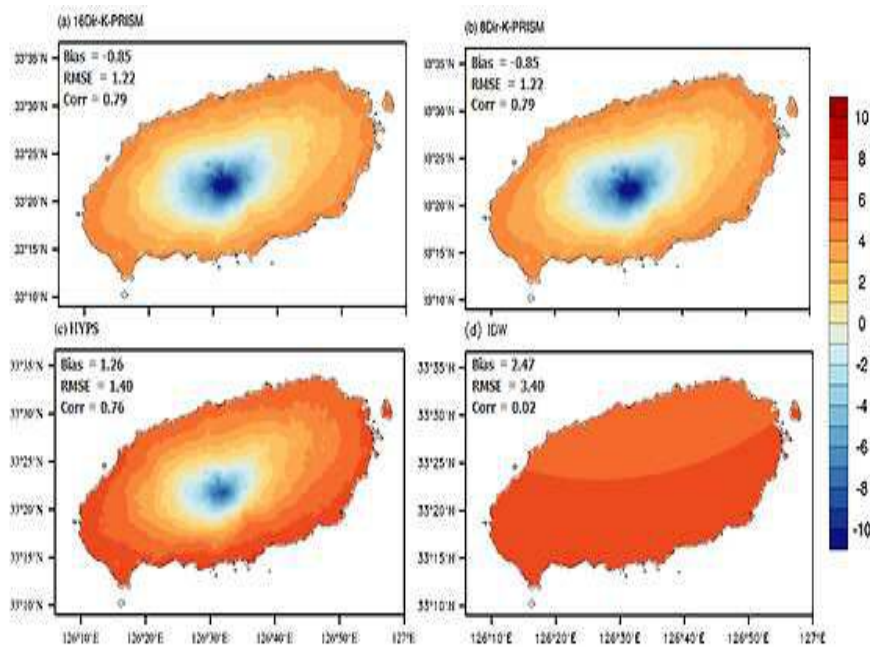
도면7



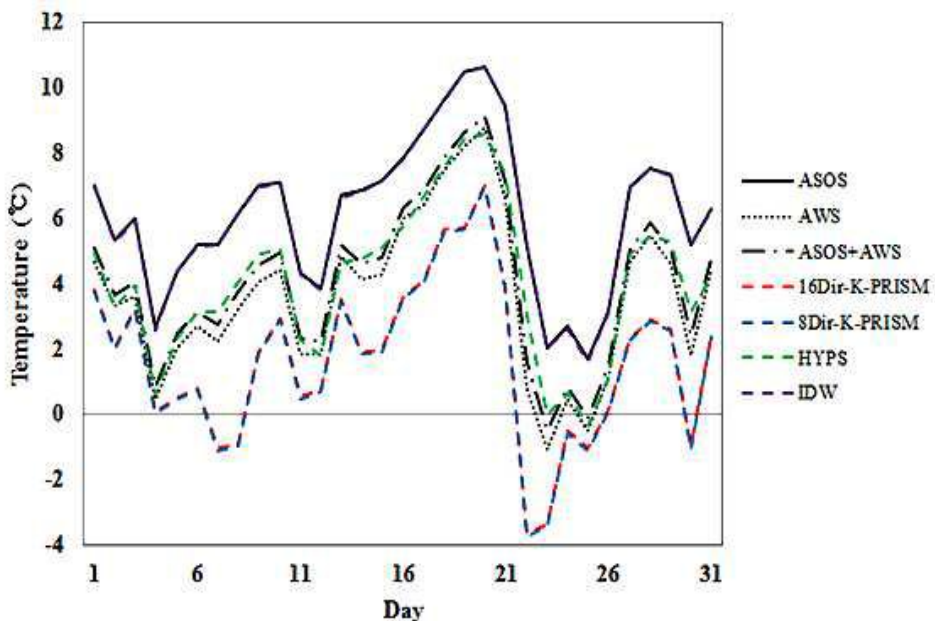
도면8

Conditions	$\hat{\beta}_1$
$\hat{\beta}_1 < -0.5 \times \text{Std}$	$\hat{\beta}_1 = -0.5 \times \text{Std}$
$-0.5 \times \text{Std} \leq \hat{\beta}_1 \leq +0.5 \times \text{Std}$	$\hat{\beta}_1 = \hat{\beta}_1$
$\hat{\beta}_1 > +0.5 \times \text{Std}$	$\hat{\beta}_1 = +0.5 \times \text{Std}$

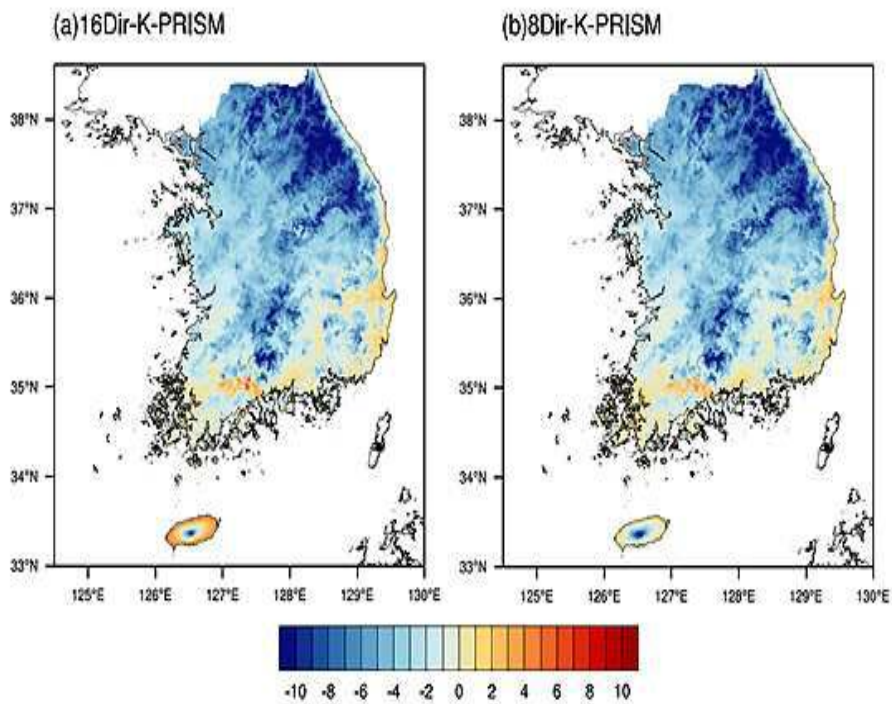
도면9



도면10



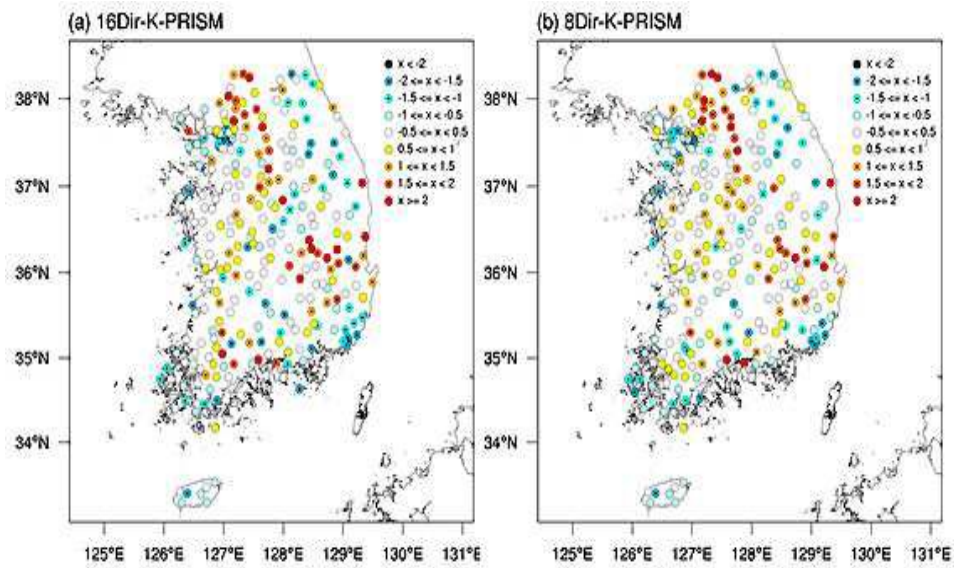
도면11



도면12

S. Korea (Mean T)	16Dir-K-PRISM			8Dir-K-PRISM		
	Bias	RMSE	Corr	Bias	RMSE	Corr
2003	-0.70	2.13	0.82	-0.70	1.62	0.80
2004	-0.59	1.96	0.77	-0.57	1.50	0.75
2005	-0.24	1.70	0.81	-0.24	1.43	0.79
2006	-0.43	1.77	0.77	-0.41	1.77	0.75
2007	-0.67	1.96	0.74	-0.62	1.92	0.72
2008	-0.37	1.71	0.80	-0.36	1.72	0.77
2009	-0.48	1.99	0.81	-0.49	2.00	0.80
2010	-0.43	2.10	0.84	-0.43	2.08	0.82
2011	-0.26	1.92	0.82	-0.25	1.89	0.79
2012	-0.33	1.76	0.81	-0.32	1.74	0.78
Average	-0.45	1.90	0.80	-0.44	1.77	0.78

도면13



도면14

