

서울시 기온 및 강수량의 시공간변이성 분석

Analyzing Spatio-temporal Variability of Temperature and Precipitation in Seoul

최현아¹, 송철철², 이우균³, 곽한빈⁴

Choi, Hyunah · Song, Chul-Chul · Lee, Woo-Kyun · Kwak, Han-Bin

1. 고려대학교 기후환경학과 석사과정, 2. 고려대학교 환경GIS/RS센터,

3. 고려대학교 환경생태공학과 교수, 4. 고려대학교 환경생태공학과 석사과정
sosobut@korea.ac.kr, ccsong@hanmail.net, leewk@korea.ac.kr, nextsunday@korea.ac.kr

요약

본 연구에서는 1997년 1월부터 2006년 12월까지의 기상청에서 제공하는 31개 자동기상관측망(AWS: Automatic Weather Stations)에 의한 지표 근처 기온(°C) 및 강수(mm) 자료를 이용하여 서울 지역 기상인자의 시공간 구조 분석 및 변화경향과 변이성을 도출하였다. 미관측지점의 값을 추정하기 위하여 주변 관측지점들을 고려하여, 그 영향은 거리에 반비례함을 반영하는 공간통계학적 방법 중 IDSW(Inverse Distance Squared Weighing:거리자승역산가중)를 적용하여 보간하였다. 그 결과 서울시의 기온과 강수량 모두 1997년에 비해 2006년의 기온이 약 1.03°C, 강수량이 약 483mm 증가한 것으로 나타났다. 기후변이성의 특성은 과거 10년 동안 기온의 경우 산림지역에서는 변화의 폭이 높게 나타났으며, 시간이 지나면서 감소하는 경향을 보였다. 주거 지역의 경우 변화이 폭이 낮게 나타났으며, 시간이 지나면서 증가하는 경향을 보였다. 그러나 강수량의 경우 산림 지역과 주거지역의 변이성의 차이가 나타나지 않았다.

주요어 : 서울, 기상인자, IDSW, 변이성, 변화경향

1. 서론

최근 들어 이상기후 현상이 나타나면서 기후변화에 대한 인식과 관심이 크게 높아지고 있다. 이와 함께 주거·상업·공공 시설 등이 급증하면서 상대적으로 녹지면적이 줄어들고, 도시화에 따른 효과로 인해 기상변화와 수많은 환경문제들이 초래되고 있다. 그 결과 도시특유의 기후를 형

성하게 되었으며, 도시 지역과 그 주변 비도시 지역 사이에 기온, 풍속, 습도, 강수, 지표 에너지 플럭스, 경계층 높이 등의 차이를 설명하기 위한 수많은 연구들이 수행되어 왔다(Olfe and Lee, 1971; Garstang et al., 1975; Landsberg, 1981; Oke, 1982; Shepherd et al., 2002; Kim and Baik, 2005; Kim et al., 2007).

기후변화의 과학적 측면 즉, 기후영향모

델의 개발 및 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 가운데 중요한 영향요소인 기후 자료 구축 및 도시 기상 특성 파악에 대한 중요성이 높아지고 있다. 모든 자료는 공간상 연속적으로 구성되어 있어야 하지만, 기후자료의 경우 특정 지역에 설립되어 있는 관측소에 의해 얻어지기 때문에 관측소가 없는 지점들에 대한 자료값 추정을 위하여 공간통계학적 보간방법이 활용되고 있다. 대표적인 공간보간 기법으로는 거리자승역산가중(IDSW: Inverse Distance Squared Weighted), 스플라인(spline), 크리깅(kriging), 경향면 모델(trend surface mode)등이 있다(조홍래, 2006). 자료의 평균 기간 및 관측지점에 따라 보간기법들의 정확도가 다르게 나타나는데 조홍래 외(2006)는 남한의 전국 강우자료를 구축하는데 여러 가지의 공간보간기법을 적용하는 연구를 하였으며, 이민아 외(2007)는 시공간적 변화예측 및 변이성 분석을 목적으로 기온과 강수량 자료구축을 위하여 IDSW방법을 이용하였다. 본 연구에서는 가장 단순한 보간 방법으로 주변 관측지점들 중 더 가까운 관측지점에 더 높은 가중치를 두어 임의의 지점의 값을 예측하는 IDSW방법을 선택하였다. 기온의 경우 고도에 의해 크게 영향을 받아, 비관측점과 공간내삽에 사용되는 주변 관측점간의 공간내삽에 사용되는 주변 관측점간의 표고편차를 기온감률에 의해 보정해 주었다(Nalde et al, 1998). 또한, 기온과 강수량의 특성분석을 위하여 각각의 변이성을 계산하였다. 노재식(1973), 이종범(1978)은 서울지방의 기온 상승경향과 경년변화의 요인을 분석하였으며, 조하만 외(1988)는 서울의 도시화에 따른 기온의 변화, 부경운(1999)은 자동기상관측장치자료를 이용한 서울의 기온수평분포를 분석 하였다. 본 연구에서는 서

울의 10년(1997~2006) 동안의 연별 평균 기온과 강수량의 시계열적 변동을 알아보았다. 이와함께 연별 변동폭의 공간적 분포 특징을 분석하였으며, 이를 통하여 기온과 강수량의 공간적 상대적 민감성을 추정하였다.

2. 재료 및 분석방법

2.1 연구 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울시 이다. 분석시점은 과거 10년, 1997~2006년으로 서울 및 근교 지역 31개 AWS(Automatic Weather System)기상자료를 이용 하였다. 서울시의 경우 1995년부터 기온자료를 측정하기 시작한 자동기상관측시스템(AWS)에 의해 실측기온을 이용할 수 있다. 그러나 1999년 기상연구소에서 실시한 측정값의 품질검사 결과 1997년 이전자료는 40%이상이 불량한 것으로 판정되어 자료의 신뢰성이 높은 1997년을 시작으로 2006년까지의 자료를 사용하였다(부경운 외, 1999). 연구영역은 경위도 $126^{\circ}73' \sim 127^{\circ}19'$, $37^{\circ}4' \sim 37^{\circ}7'$ 로 서울 및 근교지역을 선정하였으며, 기온과 기후의 변이성 분석을 위하여 0.005° 의 단위격자로 재구획하였다.

2.2 자료의 처리

기온($^{\circ}\text{C}$) 및 강수량(mm)자료는 1997~2006년의 일별 자료를 활용하였다. 구축된 자료의 형태는 행요소는 일자이며, 열요소는 월을 나타내는 2차원의 행렬구조로 과도하게 높은 값은 필터링(filtering)을 한 후 처리하였다. 이러한 2차원 행렬은 31개 관측소의 수별로 반복되어 3차원의 행

렬의 자료 구조를 가지게 된다. 이 자료구조를 단위로 기후와 기온자료는 연도별로 별도의 파일에 분리 저장한 것이 기초 기상관측자료의 구성이다.

서울시 AWS에서 수집한 기온과 강수량에 대한 일별자료를 순별자료로 전환하였다. 이때 상순 및 중순은 매월 1~10일, 11~20일로 동일하게 적용되었으며, 하순은 짝수달 및 홀수달에 따라 종료일이 상이하게 적용되었다. 이러한 자료전환은 다시 관측소별로 반복되며, 3차원 행렬형태를 지닌 관측소별, 연도별, 월별, 순별 기상자료가 산출되었다. 이때, 순별 자료의 산출방식은 기온은 일별자료를 순별로 누적한 후 일수로 나눈 평균값을 사용하였으며, 강수량의 경우는 순별 누적값을 그대로 사용하였다.

보간(interpolation)은 미관측지점을 주변의 관측지점의 값들을 이용하여 연속적인 공간분포자료형태로 만드는 것으로 본 연구에서는 주변의 관측치의 영향이 크게 반영되게 하는 거리자승역산가중(IDSW; Inverse Distance Squared Weighting)기법에 의한 보간방법을 이용하였다.

$$W = \frac{\sum \frac{W_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \quad \text{식(1)}$$

여기서,

W : 미관측지점에서의 강수량의 추정치
 W_i : 주변 관측지점 i 에서의 강수량의 관측치
 d_i^2 : 해당 미관측지점과 주변 관측지점 i 간의 거리자승

이때, 기온의 경우는 고도에 따른 기온감율을 반영였다.

$$T = \frac{\sum \frac{T_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} + \left[z - \frac{\sum \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum \frac{1}{d_i^2}} \right] t \quad \text{식(2)}$$

여기서,

T : 한 미관측지점에서의 기온의 추정치
 T_i : 주변 관측지점 i 에서의 기온 관측치
 d_i^2 : 해당 결측지점과 주변 관측지점 i 간의 거리자승
 z : 임의의 한 결측지점에서의 고도값
 z_i : 주변 관측지점 i 에서의 고도값
 t : 연중 날짜에 따른 기온감율

사용된 고도자료는 축척 1:25,000의 수치지도를 이용하였으며, 공간해상도 0.005°의 DEM(Digital Elevation Model)자료로 변환하였다.

2.3 기온과 강수량의 변이성 및 변화경향 분석

기상변화의 취약성 평가를 위해 기후의 변화에 내재된 기온과 강수량의 민감성 및 변화변이성과 적응성 및 변화경향성을 알아보았다.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{\bar{V}} \quad \text{식(3)}$$

여기서,

D : n 년동안의 변화변이성
 V_i : i 연도째의 기상인자 값
 i : 연도
 \bar{V} : 기상인자 n 년간 평균 값
 n : 총 연도

변화경향성은 기상요인의 연도별 변화 변이성에 대한 기울기이다. 이 기울기를 통해 기후변화에 대한 적응성과 비적응성을 알아볼 수 있다.

$$Y = aX + b \quad \text{식(4)}$$

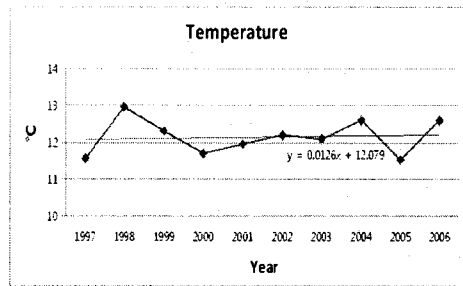
여기서,

- Y : X 년도의 기상변이
- X : 연도(1997~2006)
- a : 연도별 변이성에 대한 추세선의 기울기
- b : 연도별 변이성에 대한 추세선의 y 절편

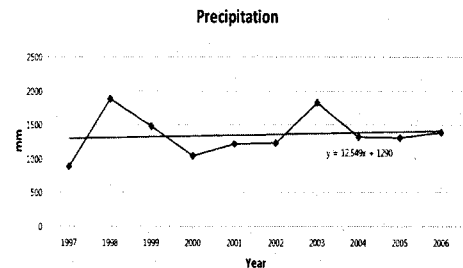
3. 결과 및 고찰

3.1 기온과 강수량의 변화

서울시의 과거 10년간 연평균 기온은 1997년에 11.56℃에서 2006년 12.59℃로 약 1.03℃ 증가하는 것으로 나타났다. 연평균 강수량은 1997년 887.77mm에서 2006년 1385.64mm로 약 498mm 증가하는 경향을 보였다.



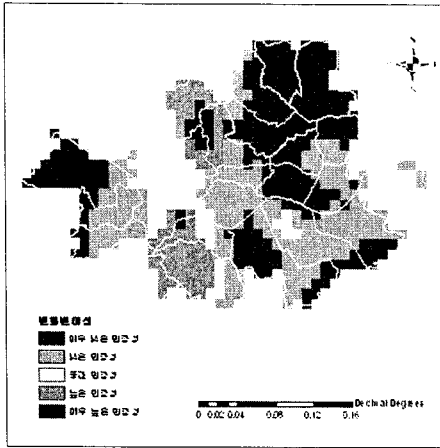
<그림 2> 과거(1997~2006)의 연평균 기온변화



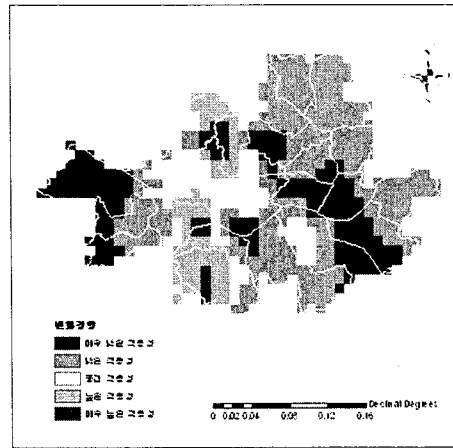
<그림 3> 과거(1997~2006)의 연평균 강수량변화

3.2 변화변이성 및 변화경향성

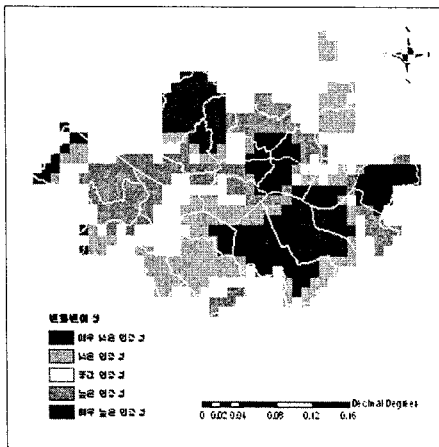
기온과 강수량의 변이성과 변화경향성은 ArcGIS ArcMap의 Natural break방법을 이용하여 5등급(매우 낮음, 낮음, 중간, 높음, 매우 높음)으로 구분하였다. <그림 3>은 기온변화의 공간별 변화변이성을 나타낸 것으로 산림지역이 도심지역에 비해 변이성이 크게 나타났다. 기온분포의 변화 경향은 산림지역이 도심지역에 비해 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다<그림 4>. 그러나 강수량의 경우 산림지역과 도심지역간의 관계에 따른 공간별 변화변이성과 변화 경향의 차이를 나타내지는 않았다<그림 5, 6>.



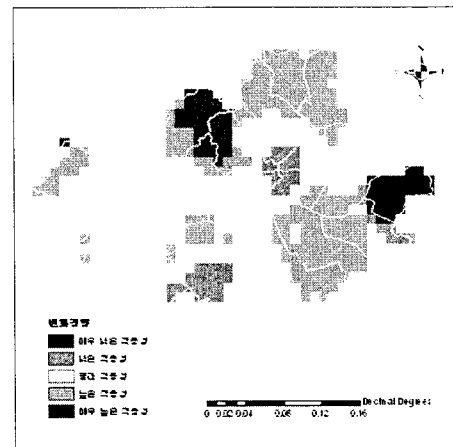
<그림 4> 기온 변화변이성 분포도



<그림 5> 기온 변화경향 분포도



<그림 4> 강수량 변화변이성 분포도



<그림 6> 강수량 변화경향 분포도

4. 결론

본 연구에서는 1997년~2006년의 31개 자동기상관측에 의한 지표 근처 기온자료를 이용하여 서울의 기온 및 강수량의 시공간적 분석을 하였다. 그 결과 기온과 강수량이 분석 시작연도에 비해 마지막연도

의 값이 증가하는 것으로 나타났다. 이와 더불어 공간적 분포특성을 상대적으로 등급화 하여 민감성과 적응성을 분석하였다. 서울시의 과거 10년 동안의 기온 변화경향을 분석한 결과 산림지역과 도심지역에서 차이를 보였으며, 산림의 온도조절, 공간조절 기능 및 완화기능과 깊은 연관성을 가지는 것으로 사료된다. 기온과 강수량의 변이성과 변화경향 분석은 상대적

로 등급화 한 것으로, 향후에는 절대적인 기준을 제시할 수 있는 연구가 요구되며, 이에 따른 기상요인에 대한 시공간변이성에 관한 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

사 사(謝辭)

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호 : S10107L0201004)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

참고문헌

1. 노재식, 1973. "서울지방의 기온상승경향에 대하여", 한국기상학회, 9(2): 49-58
2. 부경은, 박지용, 전영신, 권원태, 1998. "서울지역 AWS의 자료 분석", 한국기상학회: 308-310
3. 부경은, 송병현, 전영신, 1999. "서울지역 AWS의 강수 자료 분석": 311-313
4. 부경은, 전영신, 박지용, 조하만, 권원태, 1999. "자동기상관측장치자료를 이용한 서울의 기온수평분포 분석", 한국기상학회, 35(3): 335-343
5. 이민아, 이우균, 송철철, 이준학, 최현아, 김태민, 2007. "기온 및 강수량의 시공간 변화예측 및 변이성", 한국GIS학회, 15(3): 267-278
6. 이종범, 1978. "서울지방의 기온경년변화와 그 요인에 관하여", 한국기상학회, 14(1): 29-35
7. 조하만, 조천호, 정귀원, 1988. 서울의 도시화에 따른 기온의 변화, 한국기상학회, 24(1): 1027-1037
8. 조홍래, 정종철, 2006. "강우자료에 대한 공간보간 기법의 적용", 한국GIS학회지, 14(1): 29-41
9. Baik, J. J., Y. H. Kim, et al., 2001. "Dry and Moist Convection Forced by an Urban Heat Island.", Journal of Applied Meteorology, 40(8): 1462-1475
10. Garstang, M., P. D. Tyson, et al., 1975. "The Structure of Heat Islands.", Reviews of Geophysics and Space Physics, 13: 139
11. Landsberg, H. E., 1981. "The Urban Climate.", International Geophysics Series, 28: 225.
12. Nalder, I. A. and R. W. Wein, 1998. "Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest.", Agricultural and Forest Meteorology, 92(4): 211-225
13. Olfe, D. B. and R. L. Lee, 1971. "Linearized Calculations of Urban Heat Island Convection Effects.", Journal of the Atmospheric Sciences, 28(8): 1374-1388
14. Shepherd, J. M., H. Pierce, et al., 2002. "Rainfall Modification by Major Urban Areas: Observations from Spaceborne Rain Radar on the TRMM Satellite.", Journal of Applied Meteorology, 41(7): 689-701