

위성자료에 의한 도시열섬평가

김원국, 최동혁

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《새로운 과학분야를 개척하며 최신과학기술의 성과를 인민경제에 널리 받아들이기 위한 연구사업을 전망성있게 하여야 합니다.》(《김일성전집》 제72권 292페이지)

일반적으로 도시에는 공업과 상업, 교통운수가 다른 지역보다 발달되어있고 주민지역이 밀집되어있기때문에 주변지역에 비해 특수한 도시기후가 형성되어있다. 이러한 도시기후의 중요한 특징의 하나가 바로 도시열섬현상이다.

우리는 NOAA극궤도위성의 복사탐측기구인 AVHRR/3(초고분해복사탐측기-3형)의 복사탐측자료로부터 도시열섬현상을 분석평가하기 위한 연구를 하였다.

1. 평 가 방 법

먼저 위성탐측시야마당의 구름상태를 검사한다.[1]

우선 위성탐측기구의 일정한 구역(3×3 pixel)에서 HIRS/3과 AMSU-A의 개별적통로들의 평균밝기온도의 2제곱편차를 계산한다. 그리고 계산된 2제곱편차값을 개별적탐측통로의 기구잡음(NEAT)과 비교하여 기구잡음보다 더 크면 구름의 영향을 받은것으로 판정한다.

다음으로 회귀식을 리용하여 구름을 판정한다.

$$D = H(8) + 3.0 - C$$

여기서 $C = a_0 + a_1 H(5) + a_2 A(5)$, a_0, a_1, a_2 는 회귀결수들, $H(5)$, $A(5)$ 는 각각 HIRS/3과 AMSU-A의 8통로 즉 대기창문대역의 밝기온도값들이다.

$D \geq 0$ 이면 개연구역으로, $D < 0$ 이면 흐린구역으로 판정한다.

다음으로 표면온도를 결정한다.

서로 다른 시간에 위성으로부터 관측된 자료중에서 2개의 서로 린접한 영상요소와 2개의 열적외선창문통로의 복사세기 $I_{4i}^j, I_{5i}^j (i, j=1, 2)$, 위성천정각 θ 를 얻는다. 2개의 서로 린접한 영상요소의 4통로방사률초기값 $\varepsilon_{41}, \varepsilon_{42}$ 와 방사률차 $\Delta\varepsilon$ 을 정해주고 전지구초기추정회복(TIGR)자료모임의 기상요소자료에 근거하여 대기변수 $\tau_{04}^j, \tau_{05}^j, \tau_4'^j, \tau_5'^j, I_{04}^j, I_{05}^j$ 를 구한다.

방사률을 고려하면서 지표면온도를 결정한다.[2-4]

다음으로 표면온도로부터 1.5m 높이의 공기온도를 결정한다.

먼저 위성이 탐측한 표면온도를 초기온도마당으로 하고 9점평활화방안으로 평활화하였다.

$$T_{i,j}^* = [4T_{i,j} + 2(T_{i+1,j} + T_{i-1,j} + T_{i,j+1} + T_{i,j-1}) + T_{i+1,j+1} + T_{i-1,j+1} + T_{i+1,j-1} + T_{i-1,j-1}]/16$$

이렇게 (i, j) 점주위의 $1.1\text{km} \times 1.1\text{km}$ 면적에 대한 표면온도의 평활화값 $T_{i,j}^*$ 을 구한다. 그리고 m 개의 지표면관측점에 대하여 위성탐측자료에 의한 표면의 평활화온도 T_k^* 와 실측공기온도 T_k 의 차를 구한다. 즉

$$dT_k = T_k^* - T_k.$$

만일 구하려는 그물점 (i, j) 에서의 지표면평활화온도와 공기온도의 차값이 $DT_{i,j}$ 이고 dT_1, dT_2, \dots, dT_m 이 m 개 관측점의 지표면평활화온도와 실측공기온도의 차값이면 그물마디점 (i, j) 에서의 차값은 다음식으로 계산된다.

$$DT_{i,j} = \sum_{k=1}^m W'_k dT_k \quad (1)$$

여기서 W'_k 는 (i, j) 점에 대한 k 개 관측점의 표준화무계결수로서 다음식으로 계산된다.

$$W'_k = e^{-r^2/4c} / \sum_{k=1}^m e^{-r_k^2/4c} \quad (2)$$

여기서 r_k 는 관측점 k 로부터 그물점까지의 거리, c 는 상수이다.

식 (1), (2)를 리용하여 dT_k 를 모든 그물마디점 (i, j) 에로 보간한 다음 그물점의 지표면평활화온도에서 지표면온도와 공기온도의 차값을 떨어져 각이한 그물마디점에서의 공기온도를 얻는다. 즉

$$TA_{i,j} = T_{i,j}^* - DT_{ij}$$

이렇게 작성된 공기온도마당에 근거하여 해당 지역의 도시열섬현상을 분석평가한다.

2. 적용 사례

열섬정도를 평가하기 위하여 ㄷ지역에 대한 2006년 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12월 40차례의 NOAA-17위성관측자료를 처리하였다.

위성이 연구지역을 통과하는 시간은 11~13시이다.

연구지역과 그 주변 기상관측소들의 9, 12, 15시지면관측결과와 그것으로부터 보간된 관측소위치에 가까운 지점의 일부 온도회복결과는 표와 같다.

표. 관측된 온도(T_1)와 보간된 온도(T_2)의 비교

관측소	1월 26일			3월 14일			4월 15일		
	$T_1/^\circ\text{C}$	$T_2/^\circ\text{C}$	절대오차	$T_1/^\circ\text{C}$	$T_2/^\circ\text{C}$	절대오차	$T_1/^\circ\text{C}$	$T_2/^\circ\text{C}$	절대오차
1	2.5	2.4	0.1	2.1	2.4	0.3	13.8	13.9	0.1
2	0.6	0.8	0.2	3.5	3.3	0.2	14.3	14.0	0.3
3	-0.7	-0.5	0.2	3.0	3.0	0.0	13.8	13.7	0.1
4	3.0	2.7	0.3	1.8	2.0	0.2	12.7	12.9	0.2
5	-1.9	-2.0	0.1	3.7	3.8	0.1	11.3	11.4	0.1
6	-1.0	-0.9	0.1	4.1	3.9	0.2	14.2	13.9	0.3
7	-0.7	-0.6	0.1	3.2	3.1	0.1	14.0	14.1	0.1
8	-0.6	-0.6	0.0	3.6	3.8	0.2	12.7	12.5	0.2
9	-0.2	-0.2	0.0	3.6	3.7	0.1	13.5	13.5	0.0
10	-0.9	-1.0	0.1	3.4	3.2	0.2	13.6	13.4	0.2

표에서 보는바와 같이 위성에서 관측된 표면온도를 지표면의 공기온도로 전환시킨 온도와 기상관측소에서 관측된 온도사이의 편차가 매우 작으므로 보간된 온도를 연구지역의 열섬평가에 리용할수 있다.

우에서 지적된 날자들에 해당하는 위성관측결과를 분석한데 의하면 연구지역의 지표면온도는 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째로, 연구지역에서 모든 계절에 범위가 각이하고 온도가 높은 열섬이 출현한다.

둘째로, 열섬세기(즉 열섬온도와 주위환경온도의 차)는 1월 26일, 2월 6일, 3월 19일, 4월 15일, 9월 26일에 각각 2.2, 2.1, 2.8, 2.9, 3.3℃로서 1월이나 2월(겨울철)에 비하여 다른 계절들에 열섬세기가 더 크다.

셋째로, 연구지역에서의 위성자료분석에 의하면 도시지역에서는 열섬현상뿐만아니라 랭섬현상도 존재한다.

그러므로 도시의 대기환경, 물환경을 개선하고 록지면적을 늘여 열섬, 랭섬현상을 방지해야 한다.

맺 는 말

이 방법은 도시의 열섬평가에 적용될수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김원국; 기상위성의 탐측원리와 응용, 농업출판사, 11~141, 주체97(2008).
- [2] 김원국 등; 기상과 수문, 1, 5, 주체95(2006).
- [3] L. M. McMillin; J. Appl. Meteor., 7, 1005, 2002.
- [4] A. K. Gorodetskii; Soviet Journal of Remote Sensing, 2, 981, 2005.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

Assessment of Urban Heat Island using Remote Sensing Data

Kim Won Guk, Choe Tong Hyok

We have analyzed and assessed the urban heat island using radiation sounding data of NOAA AVHRR/3, based on success being improved in the remote sensing field.

Key words: remote sensing, urban heat island, environment conservation