

연구논문

Landsat 열적외 영상자료를 활용한 대전시 열 환경 변화 모니터링

최진호* · 조현주** · 정환도**

경북대학교 공간정보학과*, 대전발전연구원 도시기반연구실**
(2013년 7월 22일 접수, 2013년 9월 9일 승인)

Monitoring of Urban Thermal Environment Change in Daejun Using Landsat TIR Satellite Data

Jin-ho Choi* · Hyun-ju Cho** · Hoan-do Jong**

Department of Spatial Information Science, Kyungpook National University*
Lab. Urban Infrastructure, Daejeon Development Institute**
(Manuscript received 22 July 2013; accepted 9 September 2013)

Abstract

This purpose of this work is to explore the characteristics of urban thermal environment distribution with the case of Daejeon. To do that, this work applied GIS Spatial Statistics to the Landsat images gathered from 2000 to 2011. The urban thermal environment distribution at the time point of 2 showed high spatial autocorrelation. Therefore, it is judged that spatial autocorrelation is needed to increase the reliability and explanatory power of the characteristics of thermal environment distribution. In the case of the thermal in Daejeon, its positive clustering appeared high at the time point of 2, and its clustering in 2011 more gradually decreased than that in 2000 to 2011. In particular, given the decrease in the core H-H region, it was found that the thermal environment of Daejeon was greatly improved. However, since the rise in the region L-L means another changed like construction of a new city, it is judged that it is necessary to come up with a proper plan. It is considered that this analysis of the characteristics of urban thermal environment distribution in consideration of spatial autocorrelation L-L be useful for providing a fundamental material necessary for the policy and project of thermal environment improvement.

Keywords : Daejun, Urban Thermal Environment, Landsat, Spatial Statistics

I. 서론

1960년대부터 진행된 산업화와 도시화의 영향으로 우리나라 대도시는 도시 환경의 급격한 변화가 나타났다. 특히 도시공간의 대부분이 아스팔트와 콘크리트 등의 불투수층으로 피복됨에 따라 열 환경이 매우 취약해져 이전과는 다른 도시기후가 발생하게 되었다.

대전시의 경우도 지구온난화의 영향과 함께 지속적인 도시 개발로 인해 급격한 도시 환경 변화가 나타났다. 특히 강준목 등(2010)의 연구 결과에 따르면 도심지역이 주변지역에 비해 최대 5.7°C 이상 높게 나타나는 등 도시 열 환경 불균형이 매우 심각한 상태인 것으로 알려져 있다. 이에 따라 최근 대전시에서는 자연지대와 도시지대의 기온 강하와 상승현상이 다르다는 점에 착안하여 3천만 그루 나무심기 운동을 전개하는 등 다방면의 열 환경 개선 사업을 추진 및 시행하고 있다.

그러나 이러한 현재까지 대전시 사업 추진의 성과가 효과적인지 그렇지 않은지에 대한 검증은 미흡한 상태로 추진되고 있다. 이는 도시 열 환경 분석 과정이 대부분 특정 지점의 자료를 대상으로 하기 때문에 대상 도시의 전체적인 열 환경 특성을 파악하기 어렵기 때문으로 보다 효과적인 사업 추진을 위해서는 대전시가 시행하고 있는 열 환경 개선 사업 효과를 검토하여 이를 기반으로 한 정책적 개선이 필요하다.

최근 도시 기후를 분석하고, 도시 열 환경에 대한 공간적 특성 및 환경적 특성을 분석하기 위해 위성영상으로부터 추출된 지표온도 데이터가 주요한 자료로 활용되고 있다(SmaL-L, 2006). 국내의 경우 박경훈과 정성관(1999)는 광역적 녹지계획을 위한 열섬효과를 분석하였으며, 조명희 등(2001)은 위성영상을 활용해 도시의 미기후 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 조명희 등(2009)은 ASTER 열적외 위성영상을 활용하여 청계천 복원사업 이후의 열 환경 변화를 분석하였고, 정종철(2013)은 위성영상을 활용 서울시의 1996년부터 2010년까지의 지표온도 값을 분석 및 제시하였다. 국외의 경우 Yuko Fukui(2003)은 ASTER 영상을 이용하여 도쿄의 지

표온도 패턴을 분석한 연구를 수행한 바 있으며, 도시의 열 환경의 국지적 분포와 공간 이질성의 고립지역을 탐색하는 과정에서도 GIS와 위성영상을 활용하는 다수의 연구가 진행되었다(Szymanowski and Kryza, 2009; Zhu *et al.*, 2010; Xu *et al.*, 2010; Somers *et al.*, 2013). 그러나 이처럼 많은 연구에도 불구하고 현재까지 도시 열 환경 개선 사업에 대한 효과 검증에 대한 연구는 다소 미흡한 실정이며 특정 지역과 특정사업에 국한된 연구가 대부분이기 때문에 도시 내에서 추진되는 다양한 사업의 영향력이 고려되지 못하고 있다.

이에 본 연구는 Landsat 열적외선 영상자료를 이용하여 대전시의 열 환경 개선 사업의 모니터링을 통해 도시 열 환경 개선에 효과를 가져왔는지에 대한 효과 검증과 동시에 가능한 정책적 대안을 가지고 후속사업을 재정립하기 위한 근거를 마련하고자 한다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구자료

본 연구에서는 대전시의 열 환경 개선 사업의 지표면 온도 추출을 위해 Landsat 열적외선 영상 자료를 활용하였으며, 영상의 선택은 대전시에 시행한 열 환경 개선 사업의 사업 시행 전·후를 고려하고 최대한 동일 시기의 영상을 선택하여 계절에 따른 온도 차이를 줄이고자 하였다. 또한 구름에 의한 분류 오차를 최소화하기 위해 운량 조건(cloud cover) 10% 이하의 자료를 조건을 만족하는 영상을 선택 기준으로 하였다. 이에 따라 활용된 영상 자료는 2000년 4월 6일과 2011년 4월 5일에 촬영된 Landsat ETM+ 영상을 활용하였다(Figure 1).

본 연구에서 대전시의 지표 온도 추출하기 위해 활용된 Landsat ETM+ 영상은 1999년 4월에 발사된 위성체로 Landsat Series의 일환으로 발사되어 현재까지 지구를 관측하고 있으며 ETM+ 센서를 탑재하고 있어 기존의 TM Thermal Band에 비해 해상도가 향상된 60m의 공간해상도를 가지고 있다.

현재 제공되고 있는 Landsat ETM+ 영상은 기본

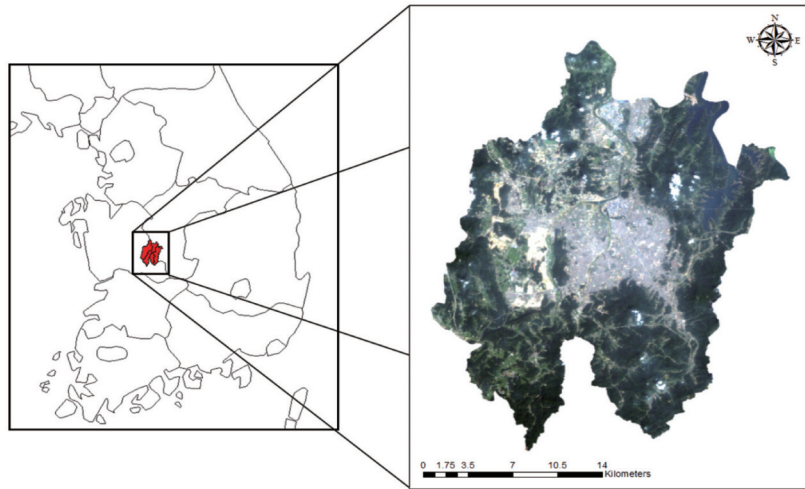


Figure 1. Study Area

적인 방사량과 기하보정이 수행된 자료이지만 보다 더 정확한 위치보정을 위해 Erdas Imagine 9.1을 이용하여 기하보정을 수행하였고, 내삽법에서는 Nearest Neighbor Method를 적용하여 60m*60m로 재배열(resampling)하였다.

방사보정 이후의 지표온도는 관측온도와 상당한 차이가 있기 때문에 대전시의 AWS(Automatic Weather System)에 의한 측정된 동일 일자 및 촬영 시간(오전 10시~10시 30분)의 자료를 바탕으로 보정량을 결정하여 차감하는 절차를 진행하였으며, 영상 자료는 히스토그램 매칭을 통해 다른 두 시기의 자료를 정규화(Image Normalization)하였다.

영상으로부터 획득 온도자료는 GIS 프로그램인 ArcGIS 9.3을 활용하여 대전시의 전역적, 국지적 분포 패턴 분석을 통해 온도 분포 경향을 분석하였다.

마지막으로 열 환경 개선 사업의 효과 관찰을 위해서 대전시 열 환경 개선 사업의 대표 사례인 녹지형 중앙분리대, 한밭수목원조성, 대전천 복개공사 사업을 중심으로 연구를 진행하였다.

2. 지표온도 추출

위성에서 측정된 온도는 온도계를 대상물에 직접 접촉시켜 측정하는 것과 다른 방사온도에 해당한다. 또한 위성에서 측정된 자료는 복사전달모델 및 대기

의 수직적 압력과 습도, 표면 반사와 복사 등의 요인에 의해 추정오차가 발생할 수 있다. 따라서 현장자료와의 비교를 통해 얻어진 실험식이나 이론적 모델을 적용해야 한다(이광재와 조명희, 2004).

이에 따라 본 연구에서는 미국항공우주국(NASA)에서 제시한 지표온도 계산법을 적용 하였다. 먼저 영상자료의 복사휘도 값은 식 (1)를 활용하였다(Chander *et al.*, 2003).

$$L_i = \left(\frac{LMAX_i - LMIN_i}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) * (Q_{cal} - Q_{calmin}) + LMIN_i \quad (1)$$

L_i : 분광복사휘도

Q_{cal} : DN단위로 정량화된 복사에너지

Q_{calmin} : DN단위로 정량화된 최소복사에너지
(2004.04.04 이전0, 이후1)

Q_{calmax} : DN단위로 정량화된 최대복사에너지

$LMIN_i$: Q_{calmax} 에서 분광복사에너지

$LMAX_i$: Q_{calmin} 에서 분광복사에너지

복사휘도를 이용한 지표면 온도계산은 식 (2)를 활용하였으며, 여기서 사용된 보정상수는 K1(666.09), K2(1282.71)를 사용하였다.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_i} + 1\right)} \quad (2)$$

T : 절대온도(Kelvin)

K_1 : 보정상수 $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$

K_2 : 보정상수(Kelvin)

L_i : 복사휘도

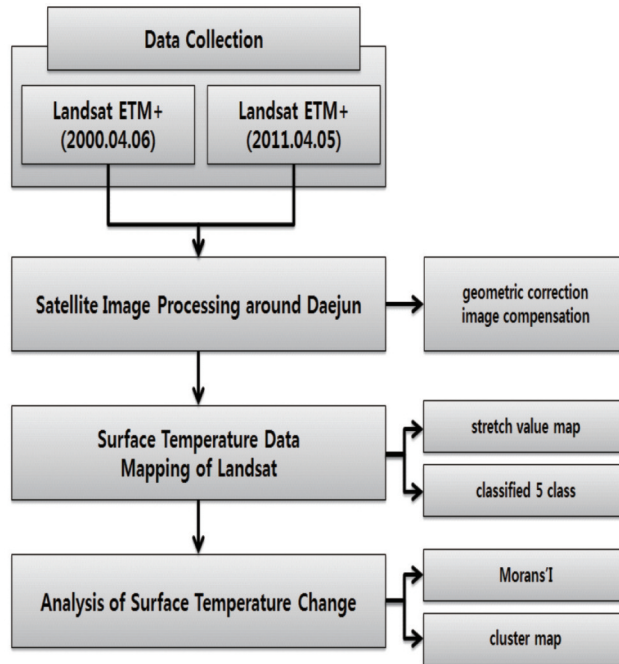


Fig 2. Flow chart

전송된 수식을 바탕으로 추출된 지표 온도에 대한 절대온도(K)는 식(3)을 이용하여 섭씨온도(°C)로 환산하였다.

$$T(^{\circ}C) = T(K) - 273.15 \quad (3)$$

마지막으로 추출된 지표온도자료는 동일 일자 및 촬영시간(오전 10시~10시 30분)의 기상청 지표온도를 바탕으로 보정량을 결정하여 차감하는 절차를 진행하였다.

3. 열 환경 변화 분석

대전시의 열 환경 개선 사업 시행에 따른 변화 양상을 파악하기 위해 GIS 기반의 공간패턴 분석을 시행하였다. 공간패턴 분석을 위해서는 GIS기반의 통계기법을 이용한 공간 패턴 분석은 분석 지역의 특정 요인의 공간적 자기 상관성을 파악하기 위한 전역적 모란 지수(Global Moran's I) 분석, 국지적 공간 단위에서 나타나기 위한 국지적 모란지수(Local Moran's I)를 기초로 한 Cluster Map을 작성으로 이루어진다.

여기서 모란지수는 공간상에서 특정 현상이 집중 혹은 분산의 양상을 보이는지, 또는 특정 패턴이 없는지를 검증해주는 기법이다. 통상적으로 모란지수가 양의 값을 보이면 공간적 집중 양상을 보이며, 반대로 음의 값을 보이면 공간적으로 분산된 분포 패턴이 나타나는 것으로 간주한다. 반면 모란지수의 유의성이 떨어지면 공간상으로 두드러진 패턴은 없음을 의미한다(김광구, 2003).

이러한 모란지수는 통계적으로 유의한 값들을 추출하여 지도상에 클러스터를 표현하여 국지적 분포 양상을 분석할 수 있다. 각각의 지수 산출 식은 식(4)와 식(5) 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Global Moran's I} &= \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4) \\
 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (i \neq j)
 \end{aligned}$$

n 은 관측지점의 갯수
 w_{ij} 는 관측지점 i, j 의 근접성 가중치
 x_i 는 지점 i 의 관측치, x_j 는 지점 j 의 관측치
 \bar{x} 는 관측치 x 의 평균값

$$Local\ Moran's\ I = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{W \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

III. 결과 및 고찰

1. 대전시 온도 변화

대전광역시 지표면 온도는 2000년과 2011년 유사한 온도 분포 형태를 보이고 있다(Figure 2).

2000년에는 최저 온도 8.5℃, 최고 온도 29.54℃, 평균 온도 14.39℃, 표준편차 2.23을 기록한 반면 2011년에는 최저 온도 8.06℃, 최고 온도 29.72℃, 평균 온도 14.99℃, 표준편차 1.92로 나타났다. 이는 최고, 최저, 평균 온도변화는 크지 않으나 표준편차에서 약 0.21 차이가 발생한 것으로 볼 때 도시 열 환경의 부분적인 변화가 나타났음을 확인할 수 있다.

그러나 지표면 온도의 경우 각 년도와 영상 촬영 시기에 따라 지표면 온도가 다르게 나타날 수 있기 때문에 절대적인 평가가 어렵다. 따라서 각각의 온도를 등급화 하여 각 등급별 면적비율을 도출하여 상대적인 비교분석을 실시하였다(Figure 3). 그 결과

2000년과 2011년 모두 온도가 낮은 1등급 지역(지도의 파란색)은 계족산과 식장산 등의 시 외곽지역 산림 및 대청호의 수변지역을 중심으로 형성 되어 있었으며, 도심부와 대전광역시의 공단지역에서는 5등급의 고온역이 형성되어 있는 것으로 나타났다. 지표면 온도에 대한 등급별 변화 패턴을 보다 살펴보면 (Figure 4), 저온역인 1등급 지역은 2000년 92.1km²(17.1%)이었으나 2011년 54.7km²(10.1%)으로 감소한 것으로 나타났다. 반면 지표 온도가 17℃ 이상인 5등급에 속하는 지역은 2000년 31.8km²(5.9%)에서 2011년 6.4km²(1.2%)로 줄어들었음이 확인되었다.

반면 해당 연도별로 가장 많은 면적을 차지하는 등급은 2000년 2등급(12.03~14.16℃) 163.8km²에서 2011년 3등급(14.86~16.38℃) 195.5km²으로 2000년에 비해 고온역의 증가가 뚜렷하게 나타나 ‘도안 신도시’ 등과 같은 신시가지 건설의 영향이 크게 작용하고 있는 것으로 판단된다.

대전시 온도 변화의 공간적 패턴 변화를 보여주는 모란지수 분석에서는 2000년 0.4724(p<0.05), 2011년 0.4114(p<0.05)으로 나타나 통계적으로 유의미한

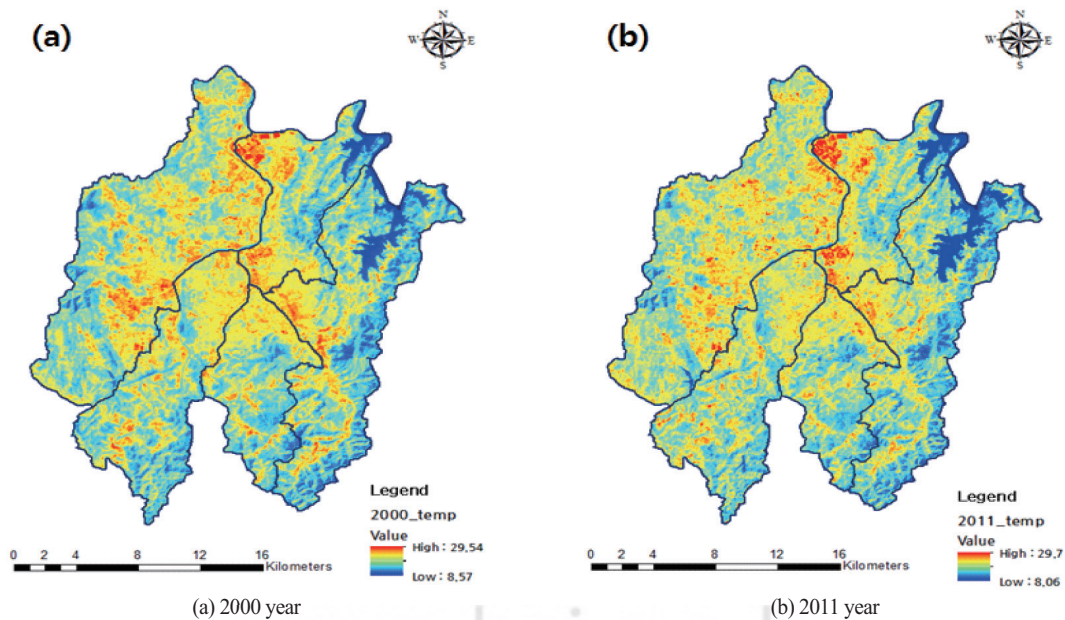


Figure 3. Temperature distribution in Daejeon

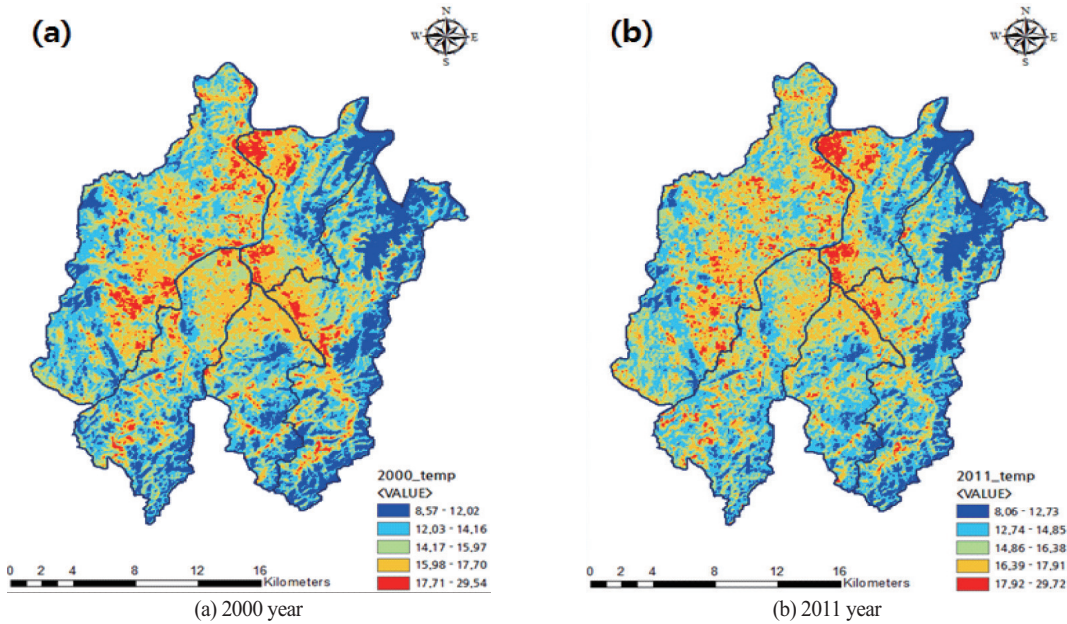


Figure 4. Temperature Choropleth map

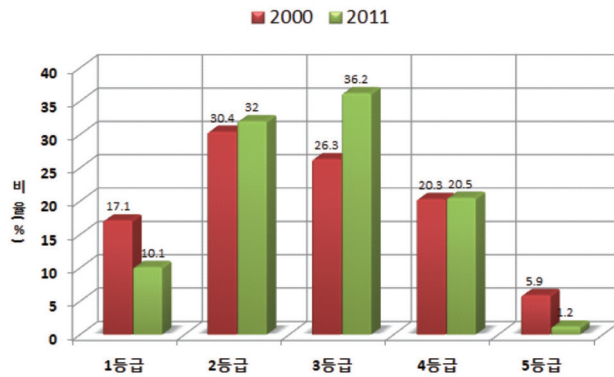


Figure 5. Changes in temperature grades

공간적 자기상관성이 나타나고 있는 것으로 나타났다(Figure 5).

따라서 대전광역시의 열 환경 분포는 상당히 높은 정(+)의 공간적 자기상관성을 보여 군집성이 매우 클 수 있다. 여기서 군집성이 크다는 것은 온도가 높은 지역 주변에 높은 온도를 나타내는 지역이 존재하며, 온도가 낮은 지역 주변에 역시 온도가 낮은 지역이 존재하면서 인접한 지역이 서로 유사한 값을 보이면서 공간적 군집을 이루고 있다고 풀이 할 수 있다. 그러나 2000년에 비해 2011년 모란아이 지수는 약 0.061정도 낮아진 것을 볼 때 이러한 군집성이 상

당수 낮아진 것을 확인할 수 있다. 이러한 군집성의 약화는 기존 대전광역시의 열 환경 개선이 이루어진 결과로 볼 수 있다.

국지적 모란지수를 기반의 공간적 자기상관성을 유형화 한 Cluster map은 Figure 6과 같다. 군집분포를 살펴보면 정(+)적 공간적 자기상관성을 보이는 H-H(High-High) 지역은 도시 중심부와 서쪽, 북쪽 시가지를 중심으로 나타나고, L-L(Low-Low)는 동쪽과 남쪽의 시 외곽 경계부분을 따라 나타나고 있었다.

2000년과 2011년을 비교했을 때 높은 지표면 온도의 군집성을 보이는 H-H의 경우 전체적인 면적의

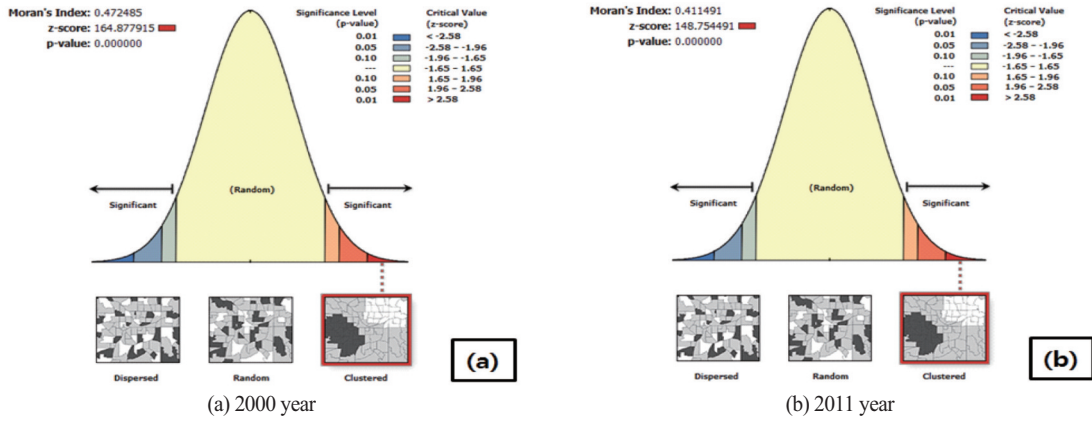


Figure 6. Global Moran's Index of temperature

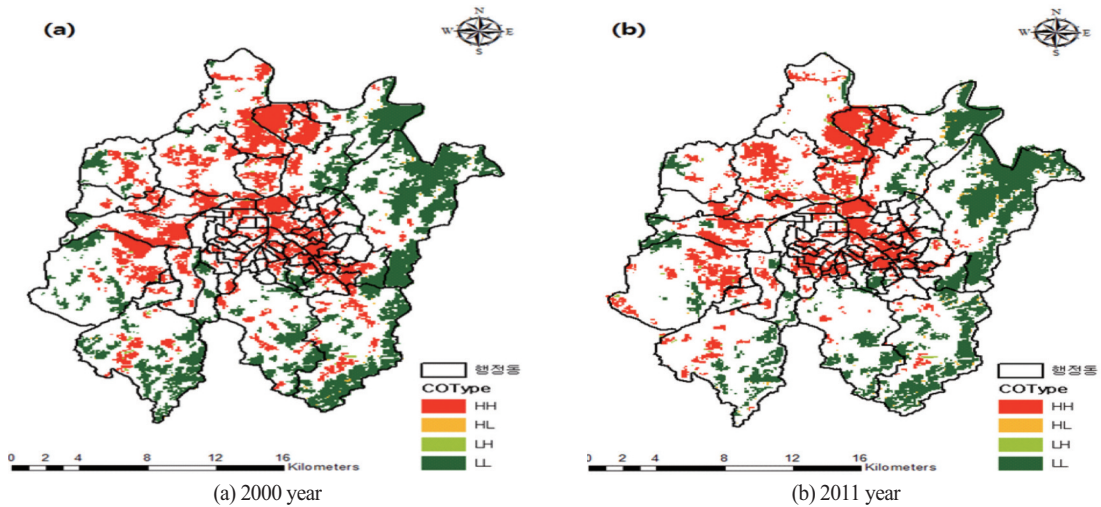


Figure 7. Cluster map of temperature

감소를 보이고 군집성의 감소와 단절화가 나타나고 있었다. 반면 지표면 온도가 낮은 L-L지역의 경우 역시 많은 부분이 단절된 것을 확인 할 수 있다.

이를 바탕으로 공간적 자기상관의 유형에 해당하는 면적 변화를 확인하면 Table 1과 같다. 먼저 H-H는 2000년 89.98km²에서 2011년 82.04km²로 약 7.94km²가 감소하였으며, L-L은 2000년 104.71km²에서 2011년 86.13km²으로 약 -18.58km²이 감소한 것으로 나타났다. 반면 공간적 이례지역에 해당하는 H-L과 L-H는 각각 1.24km², 0.63km² 증가하였다. 이러한 변화는 고온역에 해당하는 H-H와 저온역에 해당하는 L-L의 감소를 의미하는 것으로 대전광역시 열 환경 변화가 양극화되고 있는 것으로 해석할

수 있다.

특히 기존 도심 시가지를 중심으로 나타나던 H-H의 고온역은 그 동안의 열 환경 완화 정책을 바탕으로 어느 정도 개선된 반면, L-L지역의 감소는 시외곽을 중심으로 열 환경이 악화되고 있음을 알 수 있다.

따라서 현재 진행되고 있는 열 환경 개선 사업은 제시된 H-H 유형에서 지속적으로 유지되어야 할 것이며, 상대적으로 쾌적한 열 환경이 조성된 L-L에서

Table 1. Area change of Cluster(Unit : km²)

	H-H	HL	LH	L-L
2000	89.98	1.02	1.64	104.71
2011	82.04	2.26	2.27	86.13
area change	-7.94	1.24	0.63	-18.58

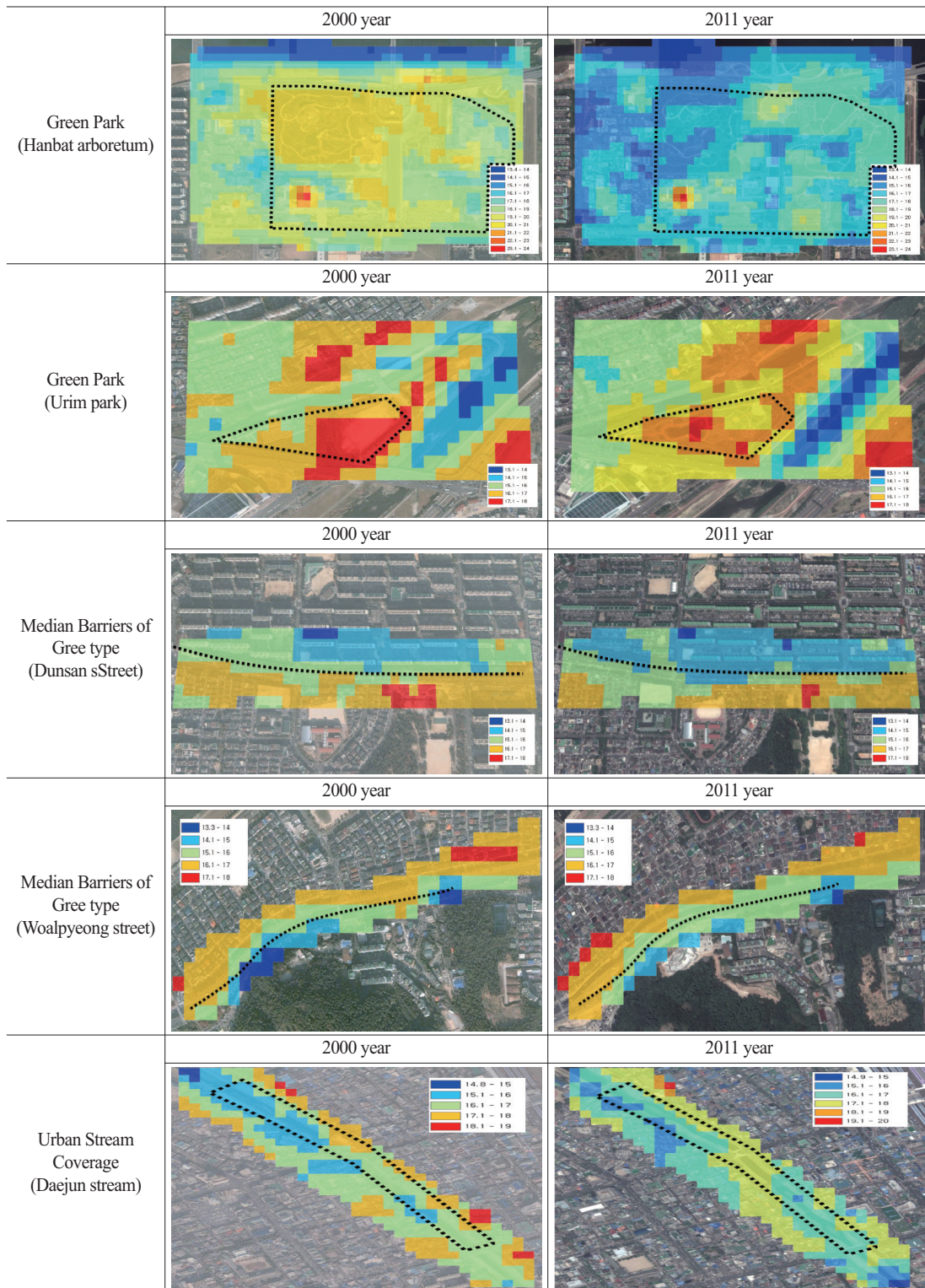


Figure 8. Result of heat reduction projects in Daejun

는 더 이상 훼손이 진행되지 않는 방향이 설정되어야 대전광역시의 열 환경 개선이 보다 효과적으로 진행 될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 열 환경 개선 산업 전후의 온도 비교

본 장에서 이러한 대전시의 열 환경 개선 사업효과 의 정량적 평가를 위해 대전시에서 추진한 열 환경 개선 사업의 대표적 사례인 녹지 공원(한밭수목원, 유림공원), 하천복개(대전천), 녹지형 중앙분리대(둔산대로, 월평대로)의 사업 시행 전후의 온도 변화를 살펴보았다(Figure 8).

녹지공원인 한밭수목원과 유림공원 경우 각각 2000년 평균 온도 17.7℃, 16.2℃에서 2011년 16.5℃, 15.8℃로 낮아진 것을 확인할 수 있다. 특히 둔산동 일대에 위치한 대규모 녹지공원인 한밭수목원의 열 환경 개선 효과는 전체적인 영향력이 크게 나타나 공 원조성 구역 외에도 외부 지역까지 상당한 열 환경 개선 효과가 나타나고 있었다.

2009년부터 대전시에서 추진한 녹지형 중앙분리 대의 경우 월평대로 2000년 15.9℃, 2011년 15.8℃, 둔산대로 2000년 15.7℃, 2011년 15.3℃로 평균 온 도가 줄어든 것을 확인할 수 있다. 이러한 온도변화 는 녹지가 조성된 중앙 안전지대에서 그 효과가 탁월 하였으나 녹지 조성에 따른 저감 효과 범위가 상대적으로 좁게 나타나고 있다.

2009년 완료된 대전천 복개공사(목적교 복원) 결 과는 2000년 평균온도 17.2℃에서 2011년 평균온도 16.5℃로 온도가 낮아진 것으로 나타났다. 특히 대전 천 복개공사에서 홍명상가, 중앙데파트 등 기존 대규모 상업건물이 철거되고 공원 조성과 물길 확보가 이 루어지면서 열 환경 개선 효과가 전체적으로 확대되 어 나타나는 특징이 나타났다.

이와 같이 대전시 열 환경 개선 사업은 최소 0.1℃ ~최대 1.2℃의 온도 하강 효과를 보여 상당한 열 환 경 개선 효과를 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 특 히 녹지 공원 조성 사업의 결과에서 저감 효과와 범 위가 가장 두드러지게 나타나 대전시에서는 녹지공 원 확충에 초점을 맞춘 정책 시행과 관리가 필요할

것으로 판단된다. 그러나 과밀화된 도시에서 대규모 녹지공원 부지의 확보가 어려운 만큼 옥상녹화와 도 시농업 등의 유효 공간 활용 방법을 통해 녹지를 확 보를 추진하는 것도 효과적일 것으로 판단된다. 실제 현재 뉴욕의 경우 건물의 옥상이나 지붕 면적이 센트 러 파크의 20배 이상이되고, 다른 주요 도시의 경우 도 도시 전체 면적의 25% 이상이 옥상 면적을 차지 하고 있어 옥상녹화 등의 활성화는 녹지 확보의 핵심 적 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다(Gaffin *et al.*, 2009). 이외에도 그러나 녹화 가능한 건물의 대부분 이 주거시설인 점을 고려한다면 옥상녹화의 전면적 이 실행이 어려울 수 있다. 따라서 공원휴게형 녹화 가 가능한 공공시설의 경우 옥상녹화를 추진하고 개 개의 주거시설은 설비 투자비용과 유지비용이 저렴한 쿨루프의 도입을 고려할 수 있다. 쿨루프의 경우 건물 옥상에 반사율이 높은 도료나 재료를 설치함으 로서 건물 내부로 유입되는 열을 감소시켜 여름철 냉 방비용을 경우에 따라 10~40%까지 절감가능하고 태양에너지를 반사시킴으로서 열 환경 개선에도 큰 효과가 있을 것으로 판단된다. 특히 옥상녹화의 경우 일정 하중 이상을 견딜 수 있는 지붕이나 옥상에만 설치할 수 있는 것이 아니라 기존 건물에도 적용이 가능하고 비용도 저렴해 그 활용가치가 높을 것으로 기대된다(김준우·엄정섭, 2012)

IV. 결론

본 연구는 대전시의 열 환경 개선 대책의 효과를 분석하고자 위성영상을 활용하여 대전시의 열 환경 변화를 관찰하고, 각 사업의 효과를 분석하였다.

대전시의 2000년, 2011년의 열 환경 특성은 고온 역이 존재하는 H-H유형의 경우 대전광역시의 원도 심과 둔산동 일대의 신시가지에서 나타나는 반면 저 온역이 나타나는 L-L 유형은 시외곽 산지에서 나타 나는 양극화 양상이 나타나고 있었다. 그러나 2011년 에는 2000년에 비해 정(+) 적인 군집성이 상대적으로 약해지고, 부(-)적인 군집성이 높아지는 추세가 나타나 H-H지역의 감소(2000년 89.98km² → 2011년 82.04km²)를 되어 그 동안 대전시에서 추진했던

열 환경 개선 사업이 상당한 효과가 나타나고 있음을 확인 할 수 있었다.

열 환경 개선의 사업의 대표 사례로 녹지공원과 녹지형 중앙분리대, 하천복개 사업 시행 결과 최소 0.1℃에서 최대 1.2℃까지 평균 온도가 낮아진 것으로 확인 되었으며, 특히 녹지 공원 조성 사업은 열 환경 개선 효과와 범위가 가장 효과적으로 나타나 향후 녹지 공간 확충에 초점을 맞춘 정책 시행과 관리가 필요할 것으로 판단된다.

이상의 결과에서와 같이 현재까지 대전시의 열 환경 완화 정책은 어느 정도 소기의 성과를 이루었다고 판단할 수 있다. 그러나 저온역 지역의 감소 현상으로 볼 때 일부 지역 열 환경 조건이 악화되고 있음으로 저온역 지역에 대한 대책 마련도 필요할 것으로 판단된다. 또한 과밀화 된 도시 지역에서 녹지공간 조성을 위한 부지 마련이 어려운 만큼 지붕이나 옥상을 녹화하거나 도시 농업의 공간으로서 활용함으로써 지표온도 상승을 저감하는 방안도 고려되어야 할 것이다.

본 연구에서 열 환경 분석을 위한 영상 활용과정에서 공간해상도의 한계점으로 인해 도시 지표의 공간 구조를 충분히 반영하기 어려웠고, 지역적 차이를 반영할 수 있는 소단위 구역 설정이 미비한 점이 본 연구의 한계로 지적될 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 이를 보완하여 보다 객관적인 정보 제시가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 강준목, 가명석, 이성순, 박준규, 2010, Landsat 영상을 이용한 도시의 열변화 탐지, 한국측량학회, 28(2), 197-206.
- 김광구, 2003, 공간자기상관의 탐색과 공간회귀분석의 활용, 정책분석평가학회보, 13(1), 273-294.
- 김준우, 엄정섭, 2012, 설비 투자비용의 관점에서 쿨루프와 옥상녹화의 비교 평가: 경북대학교 캠퍼스 사례를 중심으로, 한국환경영향평가학회, 21(6), 927-939.
- 박경훈, 정성관, 1999, 광역적 녹지계획 수립을 위한 도시열섬효과 분석, 한국지리정보학회지, 2(3), 35-45.
- 이광재, 조명희, 2004, 공간정보기술을 활용한 도시지역 지표온도 분포 특성 해석, 한국원격탐사학회지, 20(6), 397-408.
- 정종철, 2013, 위성영상을 통한 서울시 지표면 분석, 한국환경영향평가학회, 22(1), 19-26.
- 조명희, 이광재, 김운수, 2001, 원격탐사자료와 GIS를 활용한 도시 표면온도의 공간적 분포 특성에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 4(1), 57-66.
- 조명희, 조운원, 김성재, 2009, 도시복원사업의 열 환경 변화 분석을 위한 ASTER 열적외 위성 영상자료의 활용 -청계천 복원사업을 사례로-, 한국지리정보학회지, 12(1), 73-80.
- Chander, G., B. Markham, 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges", IEEE Transactions on
- Small, C. 2006. Comparative analysis of urban reflectance and surface temperature. Remote Sensing of Environment 104, 168-189.
- Somers, K. A., Bernhardt, E. S., Grace, J. B., Hassett, B. A., Sudduth, E. B., Wang, S. and Urban, D. L., 2013, Streams in the urban heat island: spatial and temporal variability in temperature, Freshwater science, 32(1), 309-326.
- Szymanowski, M and Kryza, M., 2009, GIS-based techniques for urban heat island spatialization, Climate Research, 38(2), 171-18.
- Xu Chao, Zhang Wei, Liu Shuhan, Yang Changbao and Zhou Dongqi, 2010, Research on the Changchun urban Heat Island effect based on GIS and RS, Agriculture Network Information, 10,

Yuko Fukui, 2003, A Study on Surface temperature patterns in the Tokyo Metropolitan area using ASTER data, Geosciences Journal, 7(4), 343-346.

Zhu Pei-juan, Xiao Hong, and Tian Huai-yu, 2010, Study on heat island effect based on GIS-ESDA, Journal of Natural Disasters

최종원고채택 13. 09. 17