

# 다중시기 Landsat-8 위성영상을 활용한 빗물마을 조성 사업에 의한 지표면 온도 변화 모니터링에 관한 연구\*

정윤재<sup>1\*</sup> · 유기광<sup>2</sup> · 이용익<sup>2</sup>

## A Study on Monitoring the Land Surface Temperature Changes Caused by Constructions of Rainwater Villages Using the Multi-temporal Landsat-8 Satellite Images\*

Yun-Jae CHOUNG<sup>1\*</sup> · Ki-Kwang YU<sup>2</sup> · Yong Ik LEE<sup>2</sup>

### 요 약

서울시 도시재생 사업에 의한 도시환경 변화 파악은 서울시에서 다양한 방법으로 진행되고 있는 도시재생 사업으로 인한 도시환경 변화 탐지를 위해 매우 중요하다. 그러나 도시재생 사업으로 인한 도시환경 변화를 주기적으로 파악할 수 있는 자료가 절대적으로 부족할 뿐만 아니라 자료를 처리하고 분석할 수 있는 인력 또한 현저히 부족하다. 본 연구에서는 다중시기 Landsat 위성영상을 활용하여 도시재생 사업을 통해 조성된 성북구 장위동 빗물마을 지역의 지표온도 변화를 분석함으로써 서울시 빗물마을 조성에 의해 발생한 도시 환경 변화를 다음 과정을 통하여 파악하였다. 우선, 빗물마을 조성 기간 동안 연구대상 지역에서 획득한 Landsat-8 위성영상의 가시광선 및 적외선 밴드를 활용하여 장위동 지역, 장위동 주변 지역 및 서울시 전체 지역의 시계열 지표온도 지도를 제작하였다. 최종적으로 3개 지역의 시계열 지표온도 변화를 측정함으로써, 빗물마을 조성으로 인한 주변지역의 도시환경 변화를 파악하였다. 본 연구에서 도출된 결과의 분석을 통해 장위동 지역에서 진행된 빗물마을 조성사업으로 인해 장위동 지역의 지표온도에 유의미한 변화가 발생했다고 보기는 힘들다는 결론을 내렸다.

주요어 : 도시재생, 빗물마을, Landsat-8 위성영상, 지표 온도

2019년 11월 28일 접수 Received on November 28, 2019 / 2020년 03월 04일 수정 Revised on March 04, 2020 / 2020년 03월 06일 심사완료 Accepted on March 06, 2020

\* 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 물관리연구사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (79627).

1 ㈜지오씨엔아이 공간정보기술연구소 연구소장 Geospatial Research Center, Geo C&I Co., Ltd., Director

2 서울시청 공간정보담당관 주무관 Geospatial Information Division, Seoul Metropolitan Government, Manager

\* Corresponding Author E-mail : chound12osu@gmail.com

## ABSTRACT

Monitoring the urban environmental changes caused by the urban regeneration project is necessary for evaluating the effect of the various types of urban regeneration projects that have been carried out in Seoul, South Korea. However, there is few available data and professional expert for evaluating the effect of these urban regeneration projects. This research evaluated the effect of the construction of rainwater village in Jangwi-dong area, constructed through the Seoul urban regeneration project, by utilizing the land surface temperatures derived from the multi-temporal Landsat-8 satellite images through the following steps. In the first step, the land surface temperature images were generated using the multispectral bands of the Landsat-8 satellite images. In the final step, the effect of constructing the rainwater villages was assessed by calculating the seasonal LST statistics for Jangwi-dong area, its neighbor area and entire Seoul area. The experimental results led the following conclusion: the construction of rainwater villages did not have the significant effect on the land surface temperature changes in Jangwi-dong area.

**KEYWORDS** : Urban regeneration, Rainwater village, Landsat-8 satellite image, Land surface temperature

## 서론

도시 재생 사업은 그 지역의 특색 있는 자원을 활용하여, 물리적 환경뿐만 아니라 경제, 사

회, 문화, 복지적 측면 등 종합적인 활성화를 통해 주민의 삶의 질 향상과 도시 경쟁력을 확보하는 사업을 의미 한다(Guri City, 2019). 도시 재생 사업은 국가/지자체/건설사가 아닌 현재 살고 있는 주민들이 직접 살고 싶은 매력적인

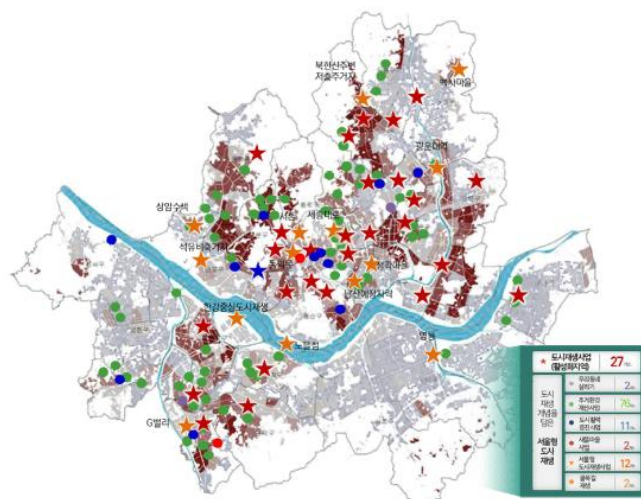


FIGURE 1. Urban regeneration projects carried out in Seoul (Source. Seoul Metropolitan Government, 2018)

도시를 만드는 주민 참여 사업이라는 점에서 기존의 재건축/뉴타운사업 등 대규모 아파트 공급을 통한 개발이익의 확보가 목표인 도시 재개발 사업과는 결정적인 차이를 가지고 있다(Seoul Metropolitan Government, 2018).

서울시 도시재생 사업은 저출산, 고령화, 저성장, 노후 시설 증가 등으로 인해 2000년대 초반부터 진행된 서울시의 쇠퇴 현상을 방지하고 일자리 창출, 환경 개선, 주택시장의 안정, 새로운 경제 거점 구축 등을 목표로 2000년대 초반부터 진행되었으며, 도시재생 북촌 한옥마을을 시작으로 2018년까지 도시 재생 활성화 지역 27개소를 포함한 총 132개소에서 진행 중이다(Seoul Metropolitan Government, 2018). 그림 1은 2018년까지 진행된 서울시 도시재생 사업의 현황을 보여준다.

빗물마을은 빗물 이용시설을 설치해 버려지는 빗물을 활용하고 침투시설을 통해 빗물을 땅속으로 침투시키는 친환경 마을로서, 빗물마을 조성 사업은 도시재생 사업과 연계된 친환경구역 조성 사업의 하나로 2016년부터 서울시의 여러 시범 사업 지역에서 조성되었다(Seoul Metropolitan Government, 2018). 특정 지역에 빗물마을을 조성하면 텃밭 또는 화단을 가꾸거나 마당을 청소할 때 모아놓은 빗물을 활용해 수도물 사용을 줄일 수 있고, 투수블록, 빗물저금통 등 다양한 빗물침투시설을 통해 하수도로 배출되는 빗물량을 줄이는 효과도 있다. 그림 2는 빗물마을 사업을 통해 설치된 다양한 빗물 이용시설물(투수

블록(water permeable block), 빗물저금통(rainwater harvesting tank))을 보여준다.

빗물마을 조성 사업 등 다양한 도시 재생 사업으로 인해 발생한 도시 환경 변화를 파악하는 일은 도시 재생 사업의 타당성 검토 및 도시 환경 변화 대응 체계를 구축하기 위해 매우 중요하지만, 도시 재생 사업에 의해 발생한 도시 환경 변화 파악을 위한 근거 자료의 절대적인 부족과 대용량 공간 영상 자료를 분석할 수 있는 전문 인력의 부재로 인해 도시 재생 사업으로 인한 구체적인 도시 환경 변화 파악 업무를 진행하는데 많은 어려움이 있다.

인공위성/드론 등에 탑재된 공간 센서를 활용하여 취득한 공간 정보 자료는 지표면 정보를 높은 정확도로 획득할 수 있다는 장점으로 인해 최근 도시 환경 변화 탐지 업무에 광범위하게 활용되고 있다(The Seoul Institute, 2004). 특히, 인공위성의 경우 동일한 지역을 정기적으로 방문하여 촬영한 시계열 자료를 제공한다는 장점으로 인해 인공위성을 통해 획득할 수 있는 위성영상은 도시 환경 변화의 정기적인 모니터링 업무에 매우 유용하게 활용될 수 있다(Lee and Oh, 2019). 또한, Landsat 위성이 제공하는 다중분광 밴드로 구성된 위성영상은 가시광선 외에도 근적외선 및 열적외선 밴드를 포함하고 있어서, 육안으로 식별이 가능한 객체와 식생의 활성도 및 지표온도 등 육안으로 식별이 불가능한 다양한 정보를 획득할 수 있다(Lee et al., 2017; Choung et al., 2019).



(a) water permeable block



(b) rainwater harvesting tank

FIGURE 2. Examples of rainwater village facilities (News Trust, 2019)

위성영상을 활용한 도시 환경 변화 모니터링 연구는 오랜 기간 동안 수행되었으며, 특히 시계열 위성영상을 활용한 도심지역 팽창 및 토지 이용 변화 분석에 관한 연구는 Oh *et al.* (2010), Garouani *et al.* (2017), Gao *et al.* (2017), Chung and Kim (2019) 등 국내외의 많은 연구자들에 의해 수행되었다.

Landsat, MODIS, NOAA 등 열적외 센서를 탑재한 인공위성에 의해 취득된 열적외 데이터는 여러 가지 기온 현상과 지표 온도 측정을 위해 주로 사용되며, 특히 토지 피복 온도 측정을 통한 도시 열섬 현상 분석 연구에 주로 사용되었다. Park (2001), Kim *et al.* (2014), Seo and Park (2017) 등은 위성영상의 열적외 데이터를 활용하여 지표 온도를 산출하고 이를 기반으로 도시 열섬 현상을 연구하였다. 또한, Chung *et al.* (2018)은 위성영상의 열적외 데이터와 대기온도의 상관성을 분석하였다.

위와 같이 위성영상의 다중분광 밴드를 활용하여 도시 열섬현상 및 환경변화 분석 연구는 국내외 많은 연구자들에 의해 수행되었지만, 위성영상을 활용한 도시 재생 사업에 의한 환경 변화 분석 연구는 현재까지 수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 Landsat-8 위성영상의

다중분광 밴드를 활용하여 최근 빗물마을이 조성된 서울시 성북구 장위동 지역의 지표 온도 변화를 시계열로 파악하고, 이를 통해 빗물마을 조성 사업의 타당성을 검토할 수 있는 기반을 마련한다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상지역 및 자료

본 연구에서는 2016~2018년 동안 빗물 마을 조성 사업이 진행된 서울시 성북구 장위동 (Jangwi-dong, Seongbuk-gu, Seoul) 과 주변지역을 연구대상지역으로 선정하였다. 빗물 마을 사업은 빗물이 스며드는 투수 블록 등 빗물 이용 시설을 설치하여 하수도에 버려지는 빗물을 모아 텃밭에 물을 주거나 마당을 청소할 때 사용할 수 있는 빗물 관리 시설을 조성하는 사업으로서, 빗물이 잘 빠지지 않는 콘크리트 대신 빗물이 잘 스며드는 투수 블록을 활용하여 하수도로 배출되는 빗물의 양을 줄여 집중호우에 따른 침수 피해를 줄이고 토양 생태계를 복원하며 열섬 현상이 완화되는 효과를 얻을 수 있다 (Maeil Business News Korea, 2019). 장위동 지역은 뉴타운 사업의 침체로 인해

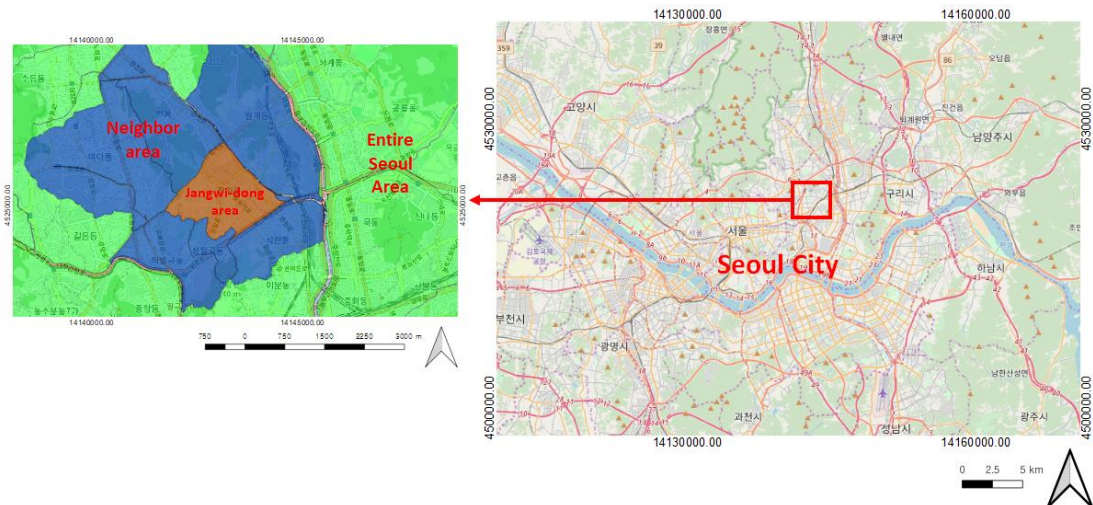


FIGURE 3. Locations of the Jangwi-dong and its neighbor areas in Seoul, South Korea

2014년에 정비구역이 해제되었으며 건물의 노후도가 전반적으로 심각한 상황에 직면해있어, 도시 재생 사업을 통해 장위동 지역의 공동체 회복과 지속 가능한 친환경 주거환경 개선을 목표로 하고 있다(Seoul Metropolitan Government, 2018). 그림 3은 성북구 장위동 지역과 주변 지역의 위치를 보여준다.

본 연구에서는 빗물 마을 조성 사업 전후의 성북구 장위동 지역과 주변지역의 지표온도 변화를 탐지하기 위하여 2014년에서 2019년 동안 성북구 장위동과 주변지역이 포함된 시계열 Landsat-8 위성영상의 가시광선 및 적외선 밴드를 사용하였다.

일반적으로, 광학센서로 획득한 위성영상은 구름 등 기상 조건의 영향으로 인해 영상의 픽셀 값이 왜곡되는 경우가 발생 한다 (United States Geological Survey (USGS), 2019). 따라서 본 연구에서는 기상 조건의 영향을 최소화하기 위해 영상 내 구름의 면적이 10% 이하인 Landsat-8 위성영상만을 사용하였다.

## 2. 방법

본 연구에서는 장위동과 주변지역, 그리고 서울시 전체지역의 지표온도 지도를 Landsat-8 위성영상의 가시광선, 근적외선 및 열적외선 밴드를 활용하여 제작하고, 2014년부터 2019년 동안 촬영된 시계열 Landsat-8 위성영상의 가시광선 및 적외선 밴드를 활용하여 지표온도 통계를 산출한다. 시계열 Landsat-8 위성영상을 활용한 도시 재생 사업에 의한 도시 환경 변화를 파악하기 위한 본 연구의 진행 순서는 그림 4에서 확인할 수 있다.

Landsat-8 위성영상을 다운로드 한 후, Landsat-8 위성영상의 가시광선(Band 4), 근적외선(Band 5) 및 열적외선(Band 10) 밴드를 활용하여 지표온도를 산출하였다. 지표 온도(Land Surface Temperature(LST))는 지표면에서 반사 또는 방사되는 열을 총량을 온도로 환산한 값으로서, 도시 열섬 현상을 측정하는 중요한 지표로 활용되고 있다(National Institute

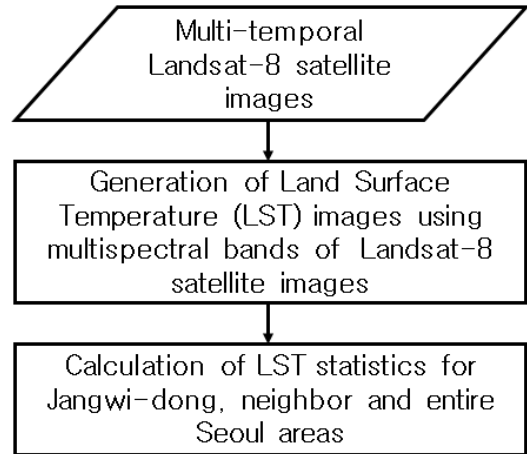


FIGURE 4. Flowchart showing the procedure for monitoring the land surface temperature changes caused by the construction of rainwater villages by using the multi-temporal Landsat satellite images.

of Meteorological Sciences(NIMS), 2016). 지표 온도는 Landsat-8 위성영상의 밴드를 활용하여 산출할 수 있으며, 지표 온도를 산출하는 과정은 아래와 같다(NIMS, 2016). 우선, 식 1을 통해 Landsat-8 위성 센서에 도달하는 복사량을 계산한다.

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

여기서  $L_{\lambda}$ 는 Landsat-8 위성 센서에 도달하는 스펙트럼 복사량,  $M_L$ 은 열적외선 밴드(Band 10)에 대한 Radiance multiplicative scaling factor,  $A_L$ 은 해당 밴드에 대한 Radiance additive scaling factor, 그리고  $Q_{cal}$ 은 열적외선 밴드의 픽셀의 화소 값을 의미한다. 식 1을 통해 복사량을 계산한 후, 식 2를 통해 밝기 온도를 계산한다.

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

여기서  $T$ 는 밝기 온도(켈빈 온도),  $K_1$ 과  $K_2$ 는 Landsat-8 위성영상의 열적외선 밴드(Band 10)에 적용되는 상수로서 각각 774.89, 1321.08을 사용 한다(NIMS, 2016).

밝기 온도를 계산한 후 지표면 방출률(Land Surface Emissivity(LSE))을 계산하게 되며, 일반적으로 지표면 방출률은 Landsat-8 위성영상의 가시광선(Band 4)과 근적외선(Band 5)을 활용하여 제작할 수 있는 정규 식생 지수(Normalized Difference Vegetation Index(NDVI))에 의해 결정된다. 정규 식생 지수는 식 3을 통해서 제작할 수 있다.

$$NDVI = \frac{NF - Red}{NF + Red} \quad (3)$$

여기서  $NF$ 는 Landsat-8 위성영상의 근적외선 밴드(Band 5),  $Red$ 는 Landsat-8 위성영상의 가시광선  $Red$  밴드(Band 4)를 의미한다. 지표면 방출률(LSE)은 NDVI의 값의 범위에 따라 결정되며, 아래의 표 1에서 확인할 수 있다.

TABLE 1. Values of LSE determined by values of NDVI (NIMS, 2016)

Values of NDVI	Values of LSE
$NDVI < -0.185$	0.995
$-0.185 \leq NDVI < 0.157$	0.970
$0.157 \leq NDVI < 0.727$	$1.0094 + 0.047\ln(NDVI)$
$NDVI > 0.727$	0.990

NDVI 값의 범위에 따라 계산한 지표면 방출률(LSE)을 결정한 후, 식 2에서 산출한 밝기 온도( $T$ )를 활용하여 식 4를 통해 최종적으로 지표 온도(LST, 섭씨온도)를 산출한다.

$$LST = LSE^{1/4}T - 273.15 \quad (4)$$

식 1~4를 통해 Landsat-8 위성영상의 다중분광 밴드를 활용하여 산출된 지표온도(LST) 영상은 그림 5에서 확인할 수 있다.

시계열 LST 영상을 제작한 후, 장위동, 장위동 주변 지역, 서울시 전체 지역의 LST 영상을 각각 제작 한다(그림 6 참조).

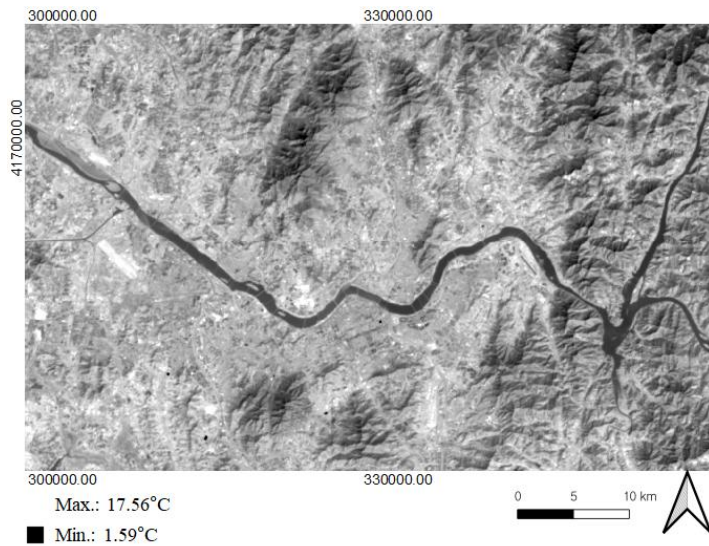


FIGURE 5. One scene of LST image generated by using the multispectral bands of the Landsat-8 satellite image.

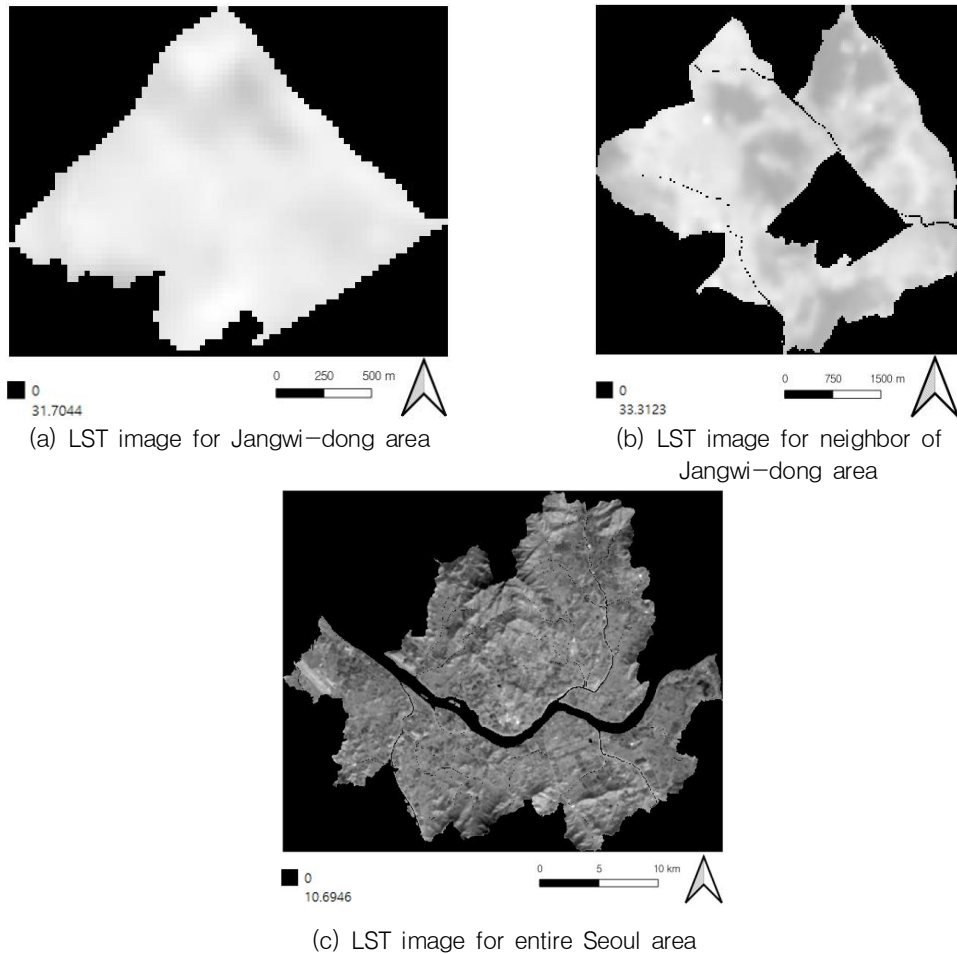


FIGURE 6. Various LST images for Jangwi-dong area, its neighbor area and entire Seoul area

### 결과 및 고찰

본 연구에서는 각 지역 (장위동, 장위동 주변 지역 및 서울시 전체 지역) 에 관한 시계열 지표 온도 지도를 제작한 후, 각 지표 온도 지도를 구성하고 있는 픽셀의 평균 및 지역별 차이를 계산하였고, 이는 표 2에서 확인할 수 있다.

각 지역의 계절별 지표 온도의 평균값을 확인하기 위해 봄, 여름, 가을 및 겨울 시기는 각각 3~5월, 6~8월, 9~11월 및 12월~2월로 정하였고, 계절별/지역별 지표 온도 통계는 표 3에서 확인할 수 있다.

표 2와 3에서 보는 바와 같이, 세 지역에서 공통으로 지표 온도 평균값은 여름, 봄, 가을, 겨울 순으로 높았으며, 이는 일반적인 계절별 특성과 동일하다. 그리고 겨울시기인 2014년 1월 22일과 2018년 12월 19일을 제외하면 모든 시기에서 장위동의 지표 온도의 평균값이 주변지역 및 서울시 지표 온도 평균값보다 높았으며, 이는 콘크리트, 벽돌 등 인공 구조물로 구성된 도시지역이 대부분인 장위동에 비해 산림, 초지, 나지 등 다양한 토지 피복으로 구성된 주변지역 및 서울시의 토지 피복 특성으로 인한 것으로 판단된다. 또한 장위동과 주변지역/서울

TABLE 2. LST statistics for Jangwi-dong area, neighbor of Jangwi-dong area and entire Seoul area

Date	LST in Jangwi-dong area (°C)	LST in neighbor area (°C)	LST in entire Seoul area (°C)	LST difference (Jangwi-dong and neighbor) (°C)	LST difference (Jangwi-dong and Seoul) (°C)
2014.01.22	-3.711	-4.138	-3.320	0.427	-0.391
2014.05.30	33.086	30.800	30.419	2.286	2.667
2014.09.19	28.266	26.169	25.497	2.097	2.769
2014.10.05	22.021	20.348	19.746	1.673	2.275
2015.03.14	14.026	12.680	12.132	1.346	1.894
2015.09.22	28.474	26.792	26.352	1.682	2.122
2015.12.27	-0.686	-1.421	-1.741	0.735	1.055
2016.04.01	25.339	24.214	23.667	1.125	1.672
2016.05.19	35.335	32.830	31.624	2.505	3.711
2016.09.24	26.131	24.685	24.196	1.446	1.935
2016.12.29	-1.004	-1.458	-2.429	0.454	1.425
2017.01.14	-3.157	-3.878	-4.246	0.721	1.089
2017.11.14	11.056	10.661	10.208	0.395	0.848
2017.11.30	2.944	2.283	1.682	0.661	1.262
2018.03.06	11.403	10.344	9.904	1.059	1.499
2018.03.22	13.104	12.338	11.520	0.766	1.584
2018.05.09	25.550	23.094	22.447	2.456	3.103
2018.11.01	13.261	12.512	12.464	0.749	0.797
2018.12.19	5.041	5.170	5.171	-0.129	-0.13
2019.01.20	2.524	2.000	1.476	0.524	1.048
2019.06.13	29.163	27.781	26.970	1.382	2.193

TABLE 3. Seasonal statistics of LST for Jaingwi-dong area, neighbor of Jangwi-dong area and entire Seoul area

Season	LST in Jangwi-dong area (°C)	LST in neighbor area (°C)	LST in entire Seoul area (°C)	LST difference (Jangwi-dong and neighbor) (°C)	LST difference (Jangwi-dong and Seoul) (°C)
Spring	22.549	20.900	22.245	1.649	2.304
Summer	29.163	27.781	26.970	1.382	2.193
Autumn	18.879	17.636	17.164	1.243	1.716
Winter	-0.166	-0.621	-0.848	0.453	0.683

시 지표 온도 차이는 봄, 가을에는 상대적으로 높았고, 겨울에는 상대적으로 낮았다는 사실을 확인할 수 있다. 그러나 빗물마을 조성 사업을 통해 장위동의 지표 온도가 주변지역 또는 서울시에 비해서 특별한 변화가 발생했다고 보기는 힘들며, 빗물마을 조성 사업을 통해 장위동의 지표 온도가 예전에 비해서 현저하게 낮아졌다고 보기도 힘들다. 따라서 시계열 Landsat-8 위성영상을 활용한 본 연구에서 도출된 결과를

통해서 빗물 마을 조성 사업으로 인해 장위동 지역의 지표 온도에 유의미한 변화가 발생했다고 보기는 힘들다는 결론을 내렸다.


본 연구에서는 기상 조건의 영향을 최소화하기 위해 영상 내 구름의 양이 10% 이하인 Landsat-8 위성영상만을 사용하였다. 그 결과, 장위동, 주변지역 및 서울시 지역을 포함하고 있으며 2014~2019년 사이에 촬영된 Landsat-8 위성영상의 개수가 단 21장에 불과하였으며, 특



히 여름(6~8월) 시기에 촬영된 Landsat-8 위성영상은 1장에 불과하였다. 따라서 좀 더 많은 예시를 제시하기 위해 향후에 다양한 시기 (특히, 여름)에 촬영된 Landsat-8 위성영상을 더 많이 확보하여 연구의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

## 결 론

본 연구에서는 시계열 Landsat-8 위성영상으로부터 산출한 지표 온도 통계를 활용하여 서울시 빗물 마을 조성 사업으로 인해 발생한 도시 환경 변화 파악을 2016년부터 2018년 동안 빗물 마을 조성 사업이 수행되었던 성북구 장위동 지역을 대상으로 진행하였다. 장위동과 주변 지역의 시계열 Landsat-8 위성영상의 집중적인 분석을 통해 빗물마을 조성사업으로 인해 해당 지역에서 유의미한 지표온도의 변화는 발생하지 않는다는 사실을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 Landsat-8 위성영상의 밴드로부터 산출한 지표 온도를 활용하여 빗물 마을 조성 사업으로 인한 도시 환경 변화를 파악하였다. 일반적으로, 위성영상의 밴드로부터 산출 가능한 지표는 지표 온도 외에도 토양의 수분 함량, 토양의 식생 활성도 등 다양하다. 따라서 추후 연구에서는 지표 온도 외에도 위성영상으로부터 산출이 가능한 다양한 지표를 활용해서 빗물 마을 조성 사업 등 다양한 도시 재생 사업으로 인한 도시 환경 변화를 파악할 필요가 있다. 도시 재생 사업의 종류는 빗물 마을 조성 사업 외에도 경관 사업, 상권 활성화 사업, 관광지 조성 사업, 역사권 개발 사업 등 다양하다. 따라서 추후 연구에서는 다양한 종류의 도시 재생 사업으로 인한 도시 환경 변화를 파악할 필요가 있다. 본 연구에서 이용한 Landsat-8 위성영상의 상대적인 낮은 공간 해상도 (30m)로 인해 좁은 면적에서 시계열 정밀 모니터링이 필요한 연구에서는 활용에 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해 추후 연구에서는 드론 등 다양한 고정밀 센서를 시계열 정밀 모니터링 연구에 활용할 필요가 있다. 

## REFERENCES

- Choung, Y.J., Y.I. Chung and S.Y. Choi. 2018. Assessment of the Relationship between Air Temperature and TOA Brightness Temperature in Different Seasons Using Landsat-8 TIRS. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 21(2):68-79 (정운재, 정연인, 최수영. 2018. Landsat-8 열적외 센서를 활용한 대기온도와 밝기온도의 계절별 상관관계 분석. *한국지리정보학회지* 21(2): 68-79).
- Choung, Y.J., E.J. Lee and M.H. Jo. 2019. A Study on the Evaluation of the Different Thresholds for Detecting Urban Areas Using Remote-Sensing Index Images: A Case Study for Daegu, South Korea. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 22(1): 129-139 (정운재, 이응준, 조명희. 2019. 원격탐사 지수 영상으로부터 도시 지역 탐지를 위한 임계점 평가에 관한 연구: 대구광역시 사례로. *한국지리정보학회지* 22(1):129 -139).
- Choung, Y.J. and J.M. Kim. 2019. Study of the Relationship between Urban Expansion and PM10 Concentration Using Multi-Temporal Spatial Datasets and the Machine Learning Technique: Case Study for Daegu, South Korea. *Applied Sciences* 9(6):1098.
- Gao, Z., M. Kii, A. Nonomura and K. Nakamura. 2017. Urban Expansion Using Remote-Sensing Data and a Monocentric Urban Model. *Computers, Environment and Urban Systems* 77:101152.
- Garouani, A.E., D.J. Mulla, S.E. Garouani and J. Knight. 2017. Analysis of Urban

- Growth and Sprawl from Remote Sensing Data: Case of Fez, Morocco. *International Journal of Sustainable Built Environment* 6(1):160-169.
- Guri City. 2019. Urban regeneration. <http://www.guri.go.kr/cms/content/view/4672> (Assessed December 30, 2019)
- Kim, M.K., S.P. Kim, N.H. Kim and H.G. Sohn. 2014. Urbanization and Urban Heat Island Analysis Using LANDSAT Imagery: Sejong City As a Case Study. *Journal of the Korean Society of Civil Engineering* 34(3):1033-1041 (김미경, 김상필, 김남훈, 손홍규. 2014. LANDSAT 영상을 이용한 세종특별자치시의 도시화와 열섬현상 분석. *대한토목학회논문집* 34(3):1033-1041).
- Lee, K.I., J. Ryu, S.W. Jeon, H.C. Jung and J.Y. Kang, 2017. Analysis of the Effect of Heat Island on the Administrative District Unit in Seoul Using LANDSAT Image. *Korean Journal of Remote Sensing* 33(5):821-834 (이경일, 류지은, 전성우, 정휘철, 강진영. 2017. Landsat 영상을 이용한 서울시 행정구역 단위의 열섬효과 분석. *대한원격탐사학회지* 33(5):821-834).
- Lee, J.S. and M.K. Oh. 2019. Distribution Analysis of Land Surface Temperature about Seoul Using Landsat 8 Satellite Images and AWS Data. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 20(1):434-439 (이종신, 오명관. 2019. Landsat 8 위성영상과 AWS 데이터를 이용한 서울특별시의 지표면 온도 분포 분석. *한국산학기술학회논문지* 20(1):434-439).
- Maeil Business News Korea. 2019. <https://www.mk.co.kr/news/society/view/2017/04/275557/> (Assessed December 30, 2019)
- National Institute of Meteorological Sciences (NIMS). 2016. Generation of Land Surface Temperature and Analysis of the Effects in Urban Green Areas Using Landsat-8 Satellite Data. Technical Notes, NIMS, Seogui-po, Korea, 53pp (국립기상과학원. 2016. Landsat 8 위성자료를 이용한 지표면온도 산출 및 도심녹지효과 분석. 국립기상과학원 응용기상연구과 연구노트, 53쪽).
- News Trust. 2019. <http://www.newstrust.tv/news/articleView.html?idxno=10947> (Assessed December 30, 2019)
- Oh, C.Y., S.Y. Park, H.S. Kim, Y.W. Lee and C.U. Choi. 2010. Comparison of Landcover Map Accuracy Using High Resolution Satellite Imagery. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 13(1):89-100 (오치영, 박소영, 김형석, 이양원, 최철웅. 2010. 고해상도 위성영상의 토지피복분류와 정확도 비교 연구. *한국지리정보학회지* 13(1):89-100).
- Park, M.H. 2001. A Study on the Urban Heat Island Phenomenon Using LANDSAT TM Thermal Infrared Data -In the Case of Seoul-. *Journal of the Korean Society of Civil Engineering* 21(6D):861-874 (박민호. 2001. LANDSAT TM 열적외 데이터를 이용한 도시열섬현상에 관한 연구. *대한토목학회논문집* 21(6D):861-874).
- Seo, K.H. and K.H. Park. 2017. Analysis of Urban Heat Island Intensity Among Administrative Districts Using GIS and MODIS Imagery. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 20(2):1-16 (서경호, 박경훈. 2017. GIS 및 MODIS 영상을 활용한 행정구역별 도시열섬강도 분석. *한국지리정보학회지* 20

(2):1-16).

Seoul Metropolitan Government. 2018. Seoul Regeneration Strategic Plan Until 2025. Official Document, Seoul Metropolitan Government, Seoul, Korea, 365pp (서울특별시. 2018. 2025 서울시 도시재생 전략계획. 서울특별시 도시재생본부 재생전략팀 보고서, 365쪽).

The Seoul Institute. 2004. Study on Change Detections in Seoul Using Satellite Imagery.

Official Document, The Seoul Institute, Seoul, Korea, 67pp (서울연구원. 2004. 위성영상을 이용한 서울시 변화탐지에 관한 연구. 서울연구원 보고서, 67쪽).

United States Geological Survey(USGS). 2019. Landsat Missions. [https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con) (Assessed December 30, 2019) 