

서울도시연구

2025. 12 제26권 제4호

RF-MARS 모형 기반 서울시 도시 열환경 분석

..... 정종철·손주형 1

RF·MARS 모형 기반 서울시 도시 열환경 분석

정종철*·손주형**

Analysis of Urban Thermal Environment in Seoul based on RF·MARS Model

Jongchul Jeong*·Juhyeong Son**

요약 : 본 연구는 2014~2024년 Landsat 8/9 영상과 건물·세분류 토지피복 자료를 활용하여 서울시 전역의 도시 열환경을 시계열적으로 분석하였다. NDVI, NDBI, UI, LST를 이용한 RF 기반 분류 결과, 고온 지역(Hotspot) 비율은 18.7~21.55% 범위에서 변동하였으며 동대문구가 가장 높았고, 제기동은 일부 연도에서 전체 픽셀의 70% 이상이 Hotspot으로 분류되어 취약성이 두드러졌다. 제기동을 대상으로 한 MARS 분석에서는 LST, NDBI, NDVI가 주요 요인으로 나타났으며, 특히 LST가 22°C를 초과할 때 Hotspot 발생확률이 급격히 상승하였다. 불투수면 비율 분석(RF+SHAP)에서는 60% 이상 구간에서 기여도가 급격히 증가하는 임계치가 확인되었고, NDVI는 0.15 이하에서 취약성이 극대화되었다. 토지피복별 분석에서는 시가지 지역이 평균 28.2°C로 가장 높았고 수역은 18.6°C로 가장 낮아 녹지·수변의 열완화 효과가 뚜렷했다. 이러한 결과는 불투수면 저감과 녹지 확충이 열환경 개선의 핵심 전략임을 보여주며, 향후 연구에서는 계절·시간대 확장, 기상·사회경제 자료 결합, 고해상도·드론 열영상 활용이 요구된다.

주제어 : Landsat, 도시 열환경, MARS, 랜덤포레스트

ABSTRACT : This study analyzes the spatiotemporal characteristics of the urban thermal environment across Seoul from 2014 to 2024 using Landsat 8/9 imagery combined with building and detailed land-cover datasets. Random Forest classification based on NDVI, NDBI, UI, and LST revealed that the proportion of high-temperature hotspots varied between 18.7% and 21.55%, with Dongdaemun-gu exhibiting the highest hotspot ratio. Among its subregions, Jegi-dong showed severe thermal vulnerability, where more than 70% of pixels were classified as hotspots in certain years. MARS analysis for Jegi-dong identified LST, NDBI, and NDVI as the most influential predictors, and the probability of hotspot occurrence increased sharply when LST exceeded 22°C. The RF+SHAP analysis further indicated a critical threshold where impervious surface ratios above 60% significantly accelerated hotspot contributions, while NDVI values below 0.15 intensified vulnerability. Land-cover based temperature comparison showed the highest mean LST in built-up areas (28.2°C) and the lowest in water bodies (18.6°C), demonstrating the distinct cooling effects of vegetation and waterfront spaces. These findings highlight the importance of reducing impervious surfaces and expanding urban green infrastructure as key strategies for mitigating thermal risk. Future research should incorporate seasonal and diurnal datasets, integrate meteorological and socio-economic variables, and leverage high-resolution and UAV-borne thermal imagery for improved precision.

keyword : Landsat, Urban Thermal Environment, MARS, Random Forest

* 남서울대학교 드론공간정보공학과 교수(Dept. of Drone-GIS NamSeoul University).

** 남서울대학교 드론공간정보공학과 석사과정생(Dept. of Drone-GIS NamSeoul University).
교신저자(E-mail: gundamju@naver.com)

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 전 세계적으로 기후변화와 도시화가 동시에 진행되면서 도시 열환경 변화에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 인구밀도가 높은 대도시에서는 인공 피복의 확산과 녹지 면적 감소로 인해 도시 열섬(Urban Heat Island, UHI) 현상이 심화하고 있으며(Oke, 1982; Stewart and Oke, 2012), 이는 건강, 에너지 소비, 생태계 등 다양한 분야에 영향을 미친다.

UHI 개념은 도시 열환경을 이해하는 핵심 이론적 틀로 활용되고 있으며, 열환경의 공간적 분포 특성을 파악해야 할 필요성이 지속해서 제기되고 있다(Zhou et al., 2014; Li et al., 2019).

기존 연구는 지상 기온 자료나 소규모 지역 단위 분석에 의존한 경우가 많았다(Weng, 2001; Park & Lee, 2017). 그러나 위성 원격탐사 기술의 발달로 지표면 온도(LST), 식생지수(NDVI), 도시화 지수(NDBI, UI) 등 다양한 지표를 활용한 시계열 분석이 가능해졌다. 최근 연구들은 도시 고온 지역이 단순한 LST 상승만으로 설명되지 않으며, 불투수면 확대, 바람길 구조, 녹지 패치 구성, 건물 밀도 등 여러 요인의 상호작용 결과임을 강조한다(Sola-Caraballo et al., 2025; Liyaqat et al., 2025).

그리고 도시 열환경이 단일 요인이 아니라 다양한 도시환경 요소가 결합하여 형성된다고 보고한다. 예를 들어 식생지수(NDVI)는 대표적인 냉각 요인으로, 녹지의 양과 공간적 패턴은 LST 저감에 직접 기여한다(Li et al., 2019; Park and Lee,

2017). 반면 불투수면 증가와 도시화 수준(NDBI, UI 등)은 LST 상승과 높은 상관성을 보이며(Weng, 2001; Xu, 2008; Zha et al., 2003), 토지피복의 공간 구성은 고온 지역의 분포를 결정하는 핵심 요인으로 제시되고 있다(Zhou et al., 2014). 건물 밀도와 고층화 등 도시 구조적 특성 또한 열환경의 국지적 변동성을 강화하며, Hotspot 발생과 직결되는 것으로 보고된다(Kim et al., 2022; Yansu Qi et al., 2025; Stewart & Oke, 2012). 이러한 연구들은 도시 열환경이 식생, 불투수면, 도시화, 건물 구조 등 다양한 요인의 복합적 영향을 받으며, 이에 대한 다변량 기반의 정량적 분석이 필요함을 시사한다.

한편 장기 Landsat 자료를 활용한 Hotspot 탐지 연구는 증가하고 있지만, 여전히 도시 평균값이나 광역 단위 분석에 머물러 미세 공간 단위의 열취약성을 충분히 설명하지 못한다는 한계가 있다(Hoang et al., 2025). 또한 머신러닝 기반 분석이 도시 열환경 연구에 도입되고 있음에도 불구하고, 비선형적 영향요인과 기여도를 명확하게 해석한 연구는 초기 단계에 머물러 있으며 대부분 단일 시점 분석에 국한된다(Yansu Qi, 2025; Snaiki et al., 2025).

따라서 도시 열취약성의 장기적 변화와 공간적 이질성을 정량적으로 평가할 수 있는 연구가 요구된다. 서울특별시는 고밀도 도시 구조와 복잡한 지형, 다양한 토지 이용 유형이 혼재된 지역으로 열환경의 변동성이 큰 대표적 사례 지역이다. 이에 이 연구는 서울시 전역을 대상으로 2014~2024년 Landsat 시계열 자료를 활용하여 도시 열환경 변화 특성을 분석하고, NDVI·NDBI·UI·LST 지표를 통합한 RF-MARS 기반 Hotspot 예측 및 SHAP

해석을 수행한다. 이를 통해 열 취약지역의 지속성과 영향요인을 정량적으로 규명하고, Hotspot 분포와 도시 구조 간 관계를 분석하여 향후 도시계획 및 기후 적응 전략 수립에 필요한 근거 자료를 제공하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

이 연구는 도시화와 기후변화가 복합적으로 작용하는 서울특별시 전역을 대상으로 2014년부터 2024년까지 5월 시점의 Landsat 8 및 9 위성영상을 활용하여 Hotspot 특성을 시계열적으로 분석하였다. 공간분석 단위는 서울시 25개 자치구 및 읍면동 행정경계를 기반으로 설정하였으며, 시가지화 지역, 수변 공간, 산지, 공원 등이 혼재하는 도시 구조의 다양성을 고려하여 열환경의 시공간적 변화를 정량적으로 파악하고자 하였다.

분석에 활용된 Landsat 영상은 모두 4, 5, 6, 10, 11 밴드를 포함하고 있어 NDVI, NDBI, UI, LST의 주요 지표를 산출할 수 있다. 이를 통해 도시 열환경을 구성하는 핵심 요인을 다각적으로 평가할 수 있도록 하였다(Kim et al., 2022). 각 지표는 동일한 해상도와 좌표계로 정규화한 후, 서울시의 세분류 토지피복도 및 건물 레이어(shp)를 중첩하여 토지 이용 유형별 열환경 특성과 건물 밀집도에 따른 지표의 공간 분포 차이를 분석하였다.

특히 건물 레이어를 활용하여 실제 건축물 분포와 NDVI, NDBI, UI, LST값의 상호작용을 비교하고, 건축 밀집 지역과 비건축 지역 간 열환경 차이를 시계열로 분석하였다. 이를 통해 도시 구조와 고온 지역 분포 간의 관계를 입체적으로 고찰하였다.

또한 LST 기반 등온선을 추출하여 고온 경계의

공간 확산 양상을 시각화하고, 이를 토지피복 유형 및 건물 분포와 중첩함으로써 Hotspot 구조의 특성을 더욱 명확히 해석하였다. 이러한 분석은 도시화, 녹지 감소, 시가지화 확산이 열환경에 미치는 영향을 통합적으로 평가할 수 있는 기반을 제공하며, 향후 도시계획 및 기후 적응 전략 수립에 참고 자료로 활용될 수 있다.

II. 연구방법

1. 자료 수집 및 연구 대상지

이 연구는 서울특별시 전역을 대상으로 2014년부터 2024년까지 11년간의 시계열 위성영상을 분석하여, 고온 지역과 도시화 지표의 변화를 정량적으로 파악하고자 하였다. 이를 위해 미국지질조사국(USGS)의 Earth Explorer 플랫폼을 통해 Landsat 8 및 Landsat 9 위성의 Level-1(L1) 제품을 수집하였으며, 주요 밴드 조합을 기반으로 다양한 공간 지표 산정과 열환경 분석을 수행하였다(Weng, 2001; Jin and Dickinson, 2010).

활용된 위성영상은 도시 열환경 분석에서 시계열 비교의 정확도를 높이기 위해 동일 계절의 영상을 활용하는 것이 중요하다는 점을 고려하여, 이 연구는 5월 시점의 Landsat 영상을 일관되게 사용하였다. 여름(6~8월)과 겨울(12~2월) 시기에 촬영된 영상은 일사량, 대기 안정도, 식생 생육 단계 등의 차이로 인해 지표면 온도(LST) 및 식생지수(NDVI)의 절대 수준이 크게 변동하여, 도시 구조 변화와 계절적 요인을 분리하여 해석하기 어렵다.

반면 5월은 본격적인 고온기 직전으로 식생 피복이 안정적으로 형성되고, 구름·대기 수분 간섭이 상대적으로 적어 열적외 영상 품질이 우수한 시기이므로, 장기적 열환경 분석의 기준으로 적합하다(〈표 1〉). 식생 및 도시화 분석에 활용되는 밴드 4,

5, 6, 10, 11을 중심으로 NDVI(정규화 식생지수), LST(지표면 온도), NDBI(정규화 시가지화 지수), UI(도시화 지수) 등 총 4개의 공간 지표를 산출하였다.

〈표 1〉 Landsat 8과 9의 위성영상 사례일

No	Image Data	L8, L9 Capture Time	Cloud	Band	Sensor Type
1	2014. 5. 30.	11:10:38	4%	Band 4, 5, 6 10, 11	OLI(Operational Land Imager), TIRS(Thermal Infra-Red Sensor)
2	2015. 5. 1.	11:10:17	6%		
3	2016. 5. 19.	11:10:38	0%		
4	2017. 5. 6.	11:10:22	1%		
5	2018. 5. 9.	11:10:08	1%		
6	2020. 5. 30.	11:10:31	13%		
7	2022. 5. 12.	11:10:41	6%		
8	2023. 5. 23.	11:10:21	2%		
9	2024. 5. 9.	11:10:20	2%		

NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)는 근적외선(NIR)과 적색(Red) 밴드 간의 반사율 차이를 활용하여 식생의 생육 정도와 활력을 나타내는 지표로, 값이 클수록 활발한 식생을 의미하며 -1과 1 사이의 값을 가진다(Sobrino et al., 2004). 계산은 Band 4와 5를 사용하여 〈식 1〉과 같이 계산된다.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \langle \text{식 1} \rangle$$

LST(Land Surface Temperature)는 지표에서 방출되는 열적외선 정보를 바탕으로 추정된 지표면 온도로, Landsat의 열적외선 밴드(B10, B11)를 이용하여 밝기온도를 계산한 후 Planck 함수 기반 보정을 통해 섭씨온도로 환산하였다(Voogt and Oke, 2003). 이는 고온 지역

(Hotspot) 분포와 시공간적 변화를 파악하는 핵심 지표이다.

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{\lambda \cdot BT}{\rho}\right) \cdot In(\epsilon)} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$

NDBI(Normalized Difference Built-up Index)는 도시화 지역에서 일반적으로 높은 반사율을 보이는 SWIR(단파적외선)과 NIR 밴드의 반사율 차이를 이용하여 인공 구조물의 분포를 정량화하는 지표로, 양의 값을 가질수록 도시화 정도가 높은 지역으로 해석된다(Zha et al., 2003). Band 5와 6을 사용하여 〈식 3〉과 같이 계산한다.

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

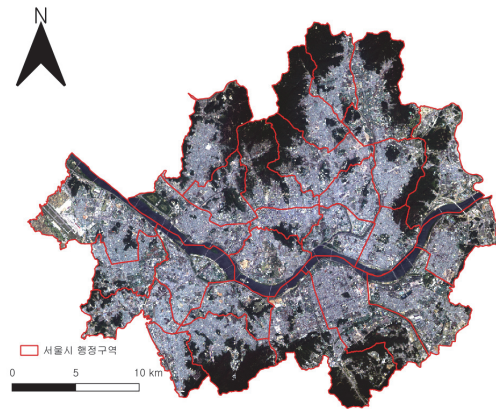
UI(Urban Index)는 NDBI와 NDVI의 차를 기반으로 산출되며, 도시화의 상대적인 강도를 종합적으로 반영하는 지표이다. UI는 도시화 지역을 위성 영상에서 분류하기 위한 built-up index 기반 접근에서 발전한 개념으로, NDBI(Zha et al., 2003)와 IBI(Xu, 2008)를 바탕으로 인공 피복 지역을 효과적으로 구별하는 데 활용된다.

$$UI = NDBI - NDVI \quad \langle \text{식 4} \rangle$$

분석 대상 지역인 서울특별시의 경계는 통계 지리정보원의 시군구 행정구역(shp 파일)을 이용해 일관되게 마스킹 처리하였다. 특히 위성 지표와 실제 도시 구조 간의 연관성을 평가하기 위해 브이월드 오픈 API의 최신 건물 레이어(2025년 7월 15일 기준)를 함께 활용하였으며, 건물이 있는 지역과 없는 지역을 공간적으로 구분하여 각 지표의 평균값 차이를 비교하였다.

연구 분석의 공간적 단위는 전체 서울시를 대상으로 하되, 결과 해석에서는 행정구역 단위 또는 공간 유형(녹지, 시가지화 등) 단위의 비교 분석도 병행하였다. 이를 통해 도시화 진행이 열환경 및 식생지수에 미치는 영향을 다각도로 검토하고자 하였다.

〈그림 1〉 연구 대상지



서울특별시는 한강을 중심으로 도시가 발달하였으며, 동쪽과 북쪽은 산악지형(북한산, 관악산), 서남부는 평탄지로 구성된다(〈그림 1〉). 이러한 지형적 특성과 고밀도 도시 구조는 고온 지역의 공간적 불균형을 유발하는 요인 중 하나로 알려져 있다(Oke, 1982; Stewart and Oke, 2012).

서울의 총면적은 약 605.2km², 2025년 6월 기준 총인구는 약 9,325,616명, 인구밀도는 약 15,409명/km²로, 세계적인 대도시 중에서도 매우 높은 밀집도를 보인다. 이러한 고밀도 구조는 건물 밀집, 녹지 부족, 인공 열원 집중 등과 맞물려 특정 지역의 열 취약성을 높이며, 특히 중심부에서는 야간 지표면 온도 유지와 열 회복 지연 현상이 두드러지게 나타난다.

이 연구는 이러한 서울의 공간적·환경적 특성을 반영하여 위성영상 기반 지표와 도시 공간정보(shp)를 중첩 분석하고, 시계열·공간적인 고온 지역 분포와 영향요인을 종합적으로 해석하는 데 중점을 두었다.

2. 자료 분석 절차 및 방법론

이 연구는 서울시의 도시 열환경 특성을 정량적으로 파악하고 고온 분포의 공간적 구조를 다각도로 분석하기 위해 다음과 같은 분석 절차를 수행하였다.

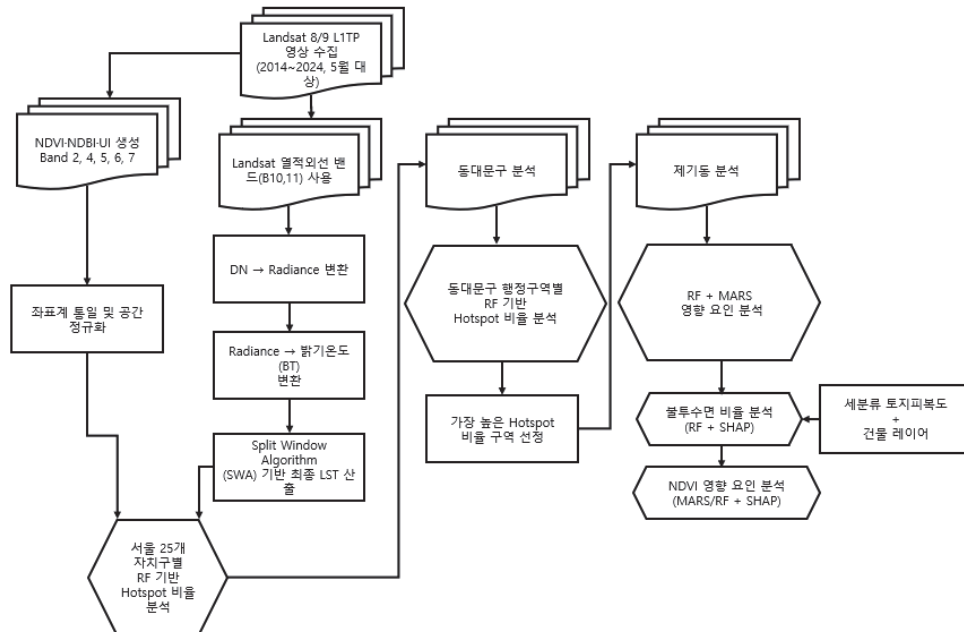
첫째, 서울시 전역을 대상으로 세분류 토지피복 범례 기반 LST 분포를 분석하였다. 이를 위해 Landsat 위성영상에서 추출한 LST 데이터를 서울시 세분류 토지피복도와 중첩하고 각 토지피복 범례별 지표면 온도 특성을 정량 비교하였다. 이 과정은 도시 구조에 따른 지표면 온도 차이를 분석한 Kim et al.(2022), Park and Lee(2017) 등의 선행연구에 기반하며, 전체 공간 구조 속에서 토지 이용 유형에 따른 지표면 온도 차이를 파악할 수 있도록 하였다.

둘째, 머신러닝 기반의 고온 지역 분포 분석을

수행하였다. LST값을 기반으로 상위 20%의 고온 지역(Hotspot)을 정의하고 UI, NDBI, NDVI 등 주요 지표를 입력 변수로 설정하여 학습을 진행하였다. 이는 Zhou et al.(2014) 및 Li et al.(2019)의 연구를 참고하여 Hotspot 기준을 설정하였으며, 분류에는 Random Forest 알고리즘(Breiman, 2001; Liaw & Wiener, 2002)을 적용하였다. 이후 고온 지역 분포를 공간적으로 시각화하고 열 취약지역의 공간적 패턴을 정량적으로 도출하였다.

셋째, 서울시 행정계계를 기반으로 세부 공간 단위의 고온 지역 분포를 분석하였다. 특히 특정 행정구 내 읍면동 단위로 고온 지역 비율을 집계하고 상대적으로 열 취약성이 높은 공간을 도출함으로써, 더욱 정밀한 지역 단위의 대응 방안을 모색할 수 있는 기초를 마련하였다. 이 분석은 Jin and Dickinson(2010)의 도시 내 열 환경 공간분석 프레임워크를 응용한 것이다.

〈그림 2〉 연구 흐름도



넷째, 건물 벡터 레이어를 기반으로 고온 지역 분포와 건축 환경 간의 관계를 분석하였다. 이를 위해 최신 건물 레이어와 위성 기반 Hotspot 분포를 중첩하여 시각적으로 비교하고 건물 밀집도 및 위치와 고온 분포 간의 상관성을 해석하였다.

다섯째, NDVI와 녹지 여부가 Hotspot 발생에 미치는 영향을 분석하였다.

MARS, RF, SHAP를 병행하여 변수별 영향과 상호작용을 평가하고 NDVI 값의 변화에 따른 Hotspot 발생확률 변화를 시각적으로 해석하였다. 이를 통해 향후 녹지 확충·관리 전략 수립 시 NDVI 임계값 설정의 타당성을 평가하고 식생 개선이 열환경 완화에 미치는 잠재 효과를 정량적으로 제시하고자 하였다(〈그림 2〉).

III. 연구 분석

1. 서울시 고온 지역 Hotspot 분석

서울시 전역의 고온 지역(Hotspot)을 정량적으로 분류하기 위해 머신러닝 기법인 Random Forest(RF) 알고리즘을 적용하였다. RF는 비선형적 관계를 효과적으로 학습할 수 있고 복잡한 변수 간 상호작용을 처리할 수 있는 장점을 지닌 앙상블 기반 분류 모델로, 도시 열환경 분석에서 널리 활용된다.

입력 변수로는 2024년 5월 9일 촬영된 Landsat 8 위성영상을 기반으로 산출한 NDVI, LST, NDBI, UI 등 네 가지 지표를 사용하였다. 이들 지표는 서로 다른 환경적 특성을 반영하며, 고온 지역 분류 시 상호보완적인 역할을 수행한다. 학습

레이블은 전체 픽셀(약 1,125만 개) 중 상위 20% 지표면 온도 값을 Hotspot(1), 나머지를 비-Hotspot (0)으로 구분하여 구성하였다.

Hotspot의 상위 20% 기준은 2024년 영상에서만 적용된 학습 기준이며, 다른 연도에는 동일 임계값을 적용하지 않는다. RF 모델은 2024년 Hotspot 특성을 학습하여 다른 연도에 대해 Hotspot 발생 가능성을 예측하므로, 연도별 Hotspot 비율은 20%로 고정되지 않고 해당 연도의 열환경 특성에 따라 변동한다.

모델 학습은 전체 데이터의 20%를 검증용으로 분리한 뒤 수행하였으며, RF 모델은 기본 하이퍼 파라미터를 사용하였다. 분류 성능은 Accuracy 약 91%, Hotspot 클래스(1)의 F1-score는 0.79로 나타나, 실제 고온 지역을 안정적으로 분류하는 수준임을 확인하였다. 이는 NDVI, NDBI, UI, LST 등 다양한 공간 지표를 동시에 고려한 결과로 해석된다.

학습된 모델은 2014년부터 2024년까지 총 9개 사례일 영상에 일괄 적용되었으며, Hotspot이 전체적으로 완만한 감소세를 보였다. 2016년에는 약 21.53%로 가장 높은 비율을 나타냈으며, 2022년에는 18.69%로 가장 낮았다. 이는 도시 열환경이 시계열적으로 변화하고 있음을 보여주며, 녹지 확충, 건물 밀도 변화, 기후 요인 등이 영향을 미쳤을 가능성이 높은 것으로 해석된다. 2014년부터 2024년까지 총 9개 사례일에 대해 RF 모델로 분류된 고온 지역의 서울시 시군구별 공간 분포를 시각화한 결과, 연도별로 상위 20%에 해당하는 고온 픽셀 비율을 계산하여 색상 구간에 따라 표현하였으며, 붉은색일수록 고온 지역 비율이 높은 지역이다(부록 1).

시계열적으로 비교한 결과, 서울시 전역에서 고온 지역의 분포는 특정 시군구에 집중되는 경향을 보였으며, 그중에서도 동대문구는 모든 사례일에서 가장 높은 Hotspot 비율을 기록하였다. 이는 동대문구의 높은 건물 밀도, 녹지 부족, 불투수면 확대 등 도시 구조적 특성이 열환경 취약성을 심화시킨 결과로 해석된다.

반면 강북구와 은평구 등 외곽 지역에서는 녹지 및 산지의 완충 효과로 Hotspot 비율이 상대적으로 낮게 나타났다. 따라서 동대문구는 서울시 내에서 가장 열 취약성이 두드러진 지역이다.

2. 동대문구 고온 지역 공간 분포 특성 분석

앞선 서울시 전체 분석 결과, 동대문구는 모든 사례일에서 가장 높은 Hotspot 비율을 보인 것으로 나타났다. 이에 본 절에서는 동대문구 내부의 공간적 분포와 그중에서도 가장 높은 Hotspot 비율을 보이는 제기동을 중심으로 심층 분석을 실시하였다(부록 2).

2016년 5월 19일과 2024년 5월 9일에는 동대문구 전역 평균 Hotspot 비율이 각각 약 69.8%, 66.2%로, 이는 서울시 평균값을 크게 상회하는 수준이다. 읍면동 단위로 세분화한 분석 결과, 고온 지역 분포는 동대문구 내에서도 제기동, 전농1동, 장안2동 등 일부 동에서 상대적으로 더 높은 비율로 나타났다. 2016년 기준 제기동은 전체 유효 픽셀 중 약 78.6%가 Hotspot으로 분류되었으며, 이는 동대문구 평균보다도 8.8% 높은 수치이다. 이는 특정 지역에 고온이 집중되는 이질적 열환경 분포를 보여주며, 행정동 단위에서도 열 취약성이 구조적으로 상이함을 의미한다.

한편 Hotspot 분포는 연도별로 일정한 증가 혹은 감소 경향보다는 일부 사례일에 일시적으로 급증하는 양상이 나타난다. 2015년 대비 2016년에는 제기동, 장안2동 등에서 15% 이상의 Hotspot 비율 증가가 관측되며, 이는 특정 해의 기상 조건 또는 누적된 도시 환경변화의 영향을 반영한 것으로 해석된다.

3. 제기동 고온 지역 영향 요인 분석

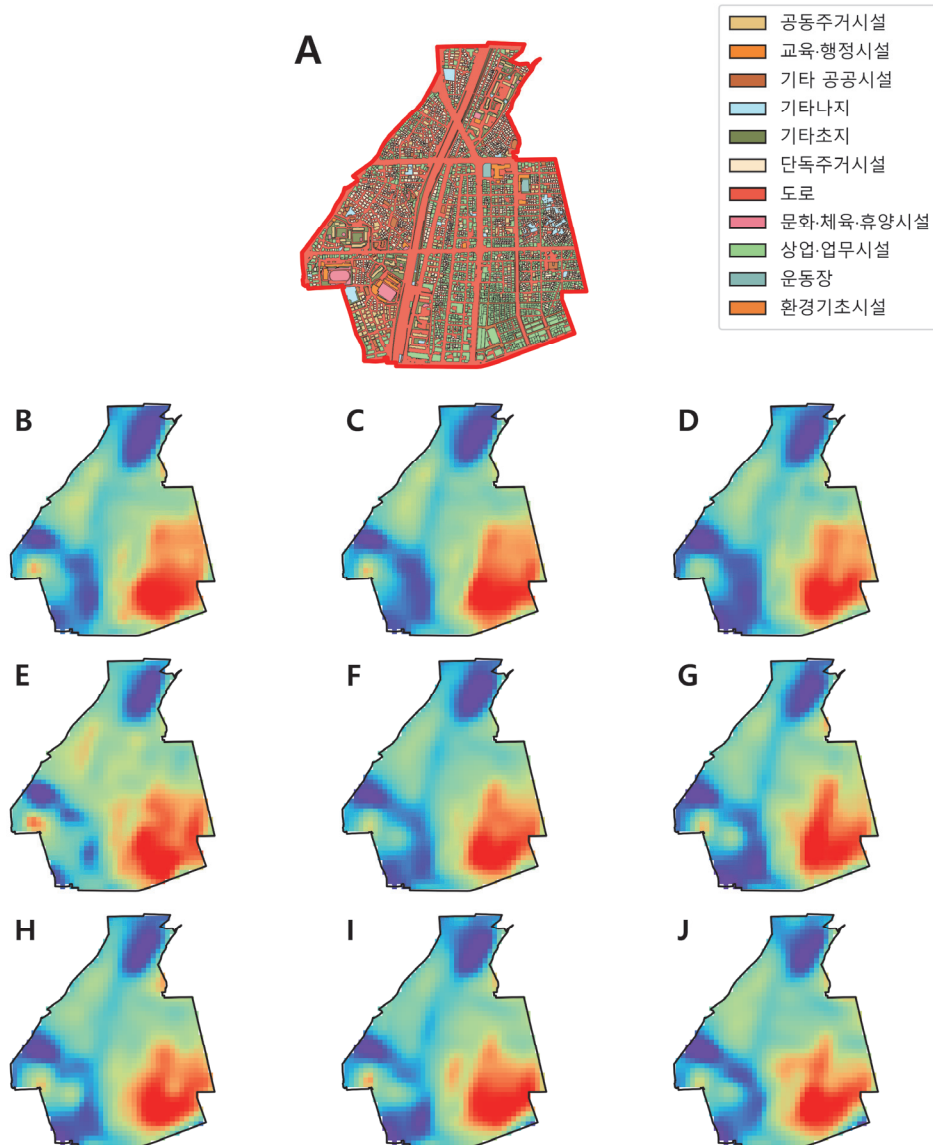
앞선 분석 결과에서 제기동은 단순히 높은 Hotspot 비율을 보이는 지역이 아니라, 열환경 취약성을 강화하는 도시 구조적 요인이 집중적으로 증첩되는 지역으로 확인되었다. 2014~2024년 시계열 전체에서 제기동은 동대문구 내 가장 높은 Hotspot 비율을 지속해서 기록하였으며, 일부 사례일에서는 전체 유효 픽셀의 70% 이상이 고온 지역으로 분류되는 등 취약성이 일관되게 나타났다. 또한 세분류 토지피복도와 건물 레이어를 중첩한 결과, 제기동은 불투수면 비율과 건물 밀집도가 높고 NDVI가 낮은 공간 구조를 보이며, 열 축적과 열 방출 지연이 발생하기 쉬운 도시 기후적 조건을 동시에 갖추고 있는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 제기동이 서울시 열환경 취약지역의 전형적 공간 구조를 대표함을 의미하며, 이에 이 연구에서는 제기동을 심층 분석 지역으로 설정하여 Hotspot 발생 메커니즘을 정밀히 규명하고자 한다.

〈그림 3〉은 2014년부터 2024년까지 9개 시점의 제기동 지역에 대해 세분류 토지피복도와 LST를 중첩한 결과이다. 불투수면(도로, 건물) 밀집 지역에서는 높은 LST가, 녹지와 수변 지역에서는 낮은 LST가 뚜렷하게 나타났다. 2016년 5월 19일과

2020년 5월 30일에는 도심 주거 밀집 지역을 중심으로 37~41℃ 이상의 고온 영역이 집중적으로 분포하였으며, 이는 해당 연도의 기상 조건과 도시

구조가 결합된 열환경 취약성을 반영한다. 반면 2017년과 2022년은 전반적으로 LST값이 낮아 기상적 요인의 영향을 크게 받은 것으로 해석된다.

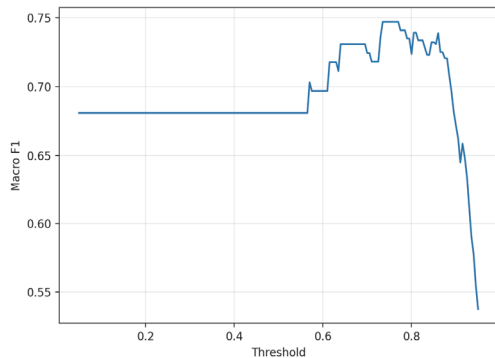
〈그림 3〉 2014년부터 2024년 5월까지 제기동 LST 비교



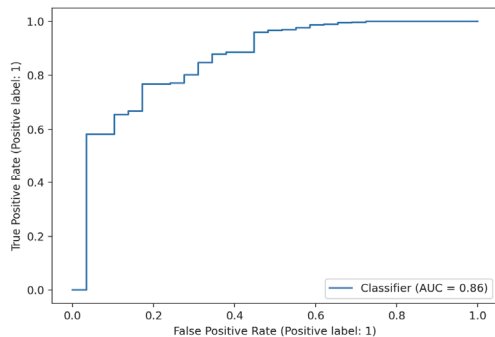
A: 제기동 안에 속한 세분류 토지피복 범례, B: 2014년 5월 30일 LST, C: 2015년 5월 1일 LST, D: 2016년 5월 19일 LST, E: 2017년 5월 6일 LST, F: 2018년 5월 9일 LST, G: 2020년 5월 30일, H: 2022년 5월 12일 LST, I: 2023년 5월 23일 LST, J: 2024년 5월 9일 LST

이러한 결과는 세분류 토지피복도가 도시 내부의 미세 공간적 열환경 차이를 설명하는 데 유용함을 보여주며, 불투수면 비율이 높은 구역에서 Hotspot 발생확률이 높아지는 메커니즘을 뒷받침한다. 동대문구는 2014~2024년 5월 분석에서 서울시 25개 자치구 중 평균적으로 가장 높은 Hotspot 비율을 보였으며, 제기동은 일부 시점에서 전체 유효 픽셀의 70% 이상이 Hotspot으로 분류되는 등 열환경 취약성이 두드러진 지역으로 확인되었다. 이러한 특성을 반영하여 이후 심층 분석에서는 RF와 MARS(Multivariate Adaptive Regression Splines) 모형을 적용하였다.

〈그림 4〉 Macro F1 score(0.747)



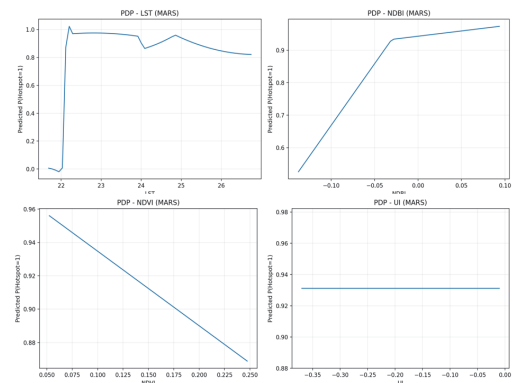
〈그림 5〉 ROC AUC(0.86)



MARS 모형은 구간별 절편 변화와 변수 간 상호작용을 명시적으로 해석할 수 있어 세부 분석의 주력 모형으로 활용되었다. 분석 결과, MARS 모형의 임곗값은 0.735에서 Macro F1 score는 0.747을 기록하였으며, ROC AUC는 약 0.86으로 나타났다(〈그림 4〉와 〈그림 5〉).

부분의존도(PDP) 분석에서는 LST가 약 22℃를 기점으로 Hotspot 발생확률이 급격히 상승한 뒤 24~25℃ 구간에서 완만히 증가하는 양상을 보였다. NDBI는 값이 클수록 Hotspot 발생 가능성이 꾸준히 증가했고, NDVI는 값이 커질수록 Hotspot 발생 가능성이 감소하는 음의 관계를 나타냈다. 반면 UI는 본 분석 범위에서 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다(〈그림 6〉).

〈그림 6〉 LST, NDBI, NDVI, UI의 PDP(Partial Dependence Plot)



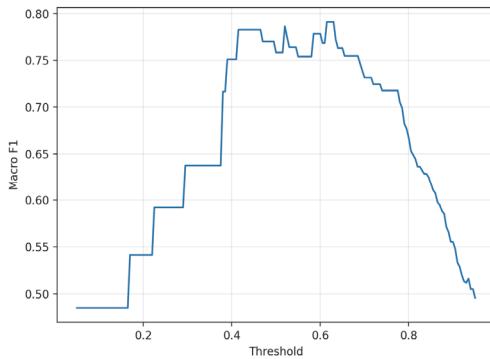
4. 불투수면 비율 기반 열환경 분석 결과

서울시 동대문구 제기동을 대상으로 불투수면 비율이 Hotspot 발생에 미치는 영향을 분석하였다. 주 분석에는 RF를 적용하여 변수 중요도와 상호작용을 평가하였고, SHAP(Shapley Additive

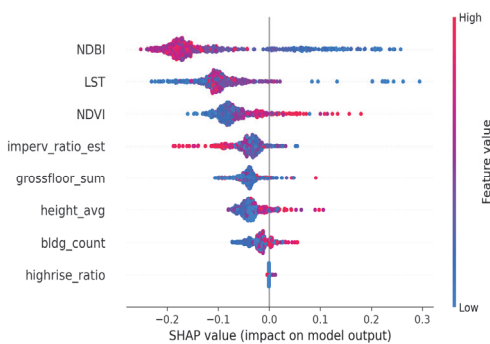
exPlanations) 분석을 통해 전역 및 지역 수준에서 기여도를 해석하였다. 또한 MARS 기반 PDP를 보조적으로 수행하여 불투수면 비율 단일 변수의 효과를 검증하였다.

RF 모형의 분류 성능은 ROC-AUC 0.77로 나타났으며, Macro-F1 Score 분석에서는 약 0.55~0.65의 임계값 구간에서 최대 0.79 수준의 안정적인 성능을 보였다(그림 7).

〈그림 7〉 임계값별 Macro-F1 Score 변화 (RF - 불투수면 비율)



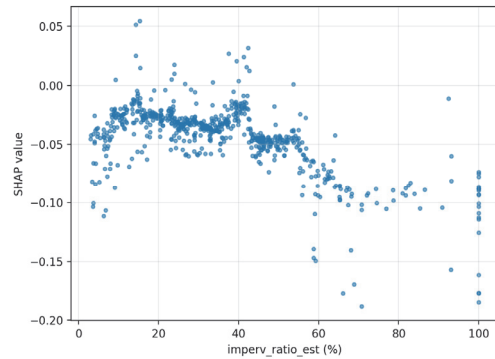
〈그림 8〉 SHAP Summary Plot - 불투수면 비율 포함 주요 변수 중요도



SHAP Summary Plot 결과, 불투수면 비율 (imperv_ratio_est)은 NDBI, LST, NDVI에 이어 네 번째로 중요한 변수로 나타났으며(그림 8),

값이 클수록 고온 지역 발생확률을 높이는 방향으로 확인되었다. 〈그림 9〉에서는 불투수면 비율이 약 20~40% 구간에서 Hotspot 발생 기여도가 가장 낮았으며, 60% 이상에서 급격히 증가하는 패턴을 보였다. 또한 LST와의 상호작용 분석(부록 3)에서는 동일한 불투수면 비율이라도 지표면 온도가 높은 경우 Hotspot 발생에 대한 기여도가 더욱 증가하는 경향이 확인되었다.

〈그림 9〉 SHAP 단변수 의존도 - 불투수면 비율

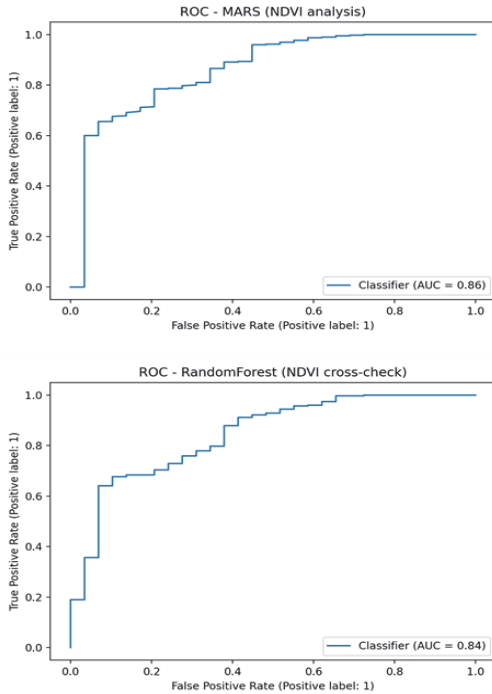


5. 녹지 여부 및 NDVI 기반 열환경 분석 결과

서울시 동대문구 제기동을 대상으로 NDVI와 녹지 여부($NDVI \geq 0.2$)를 활용하여 녹지 특성이 Hotspot 발생에 미치는 영향을 분석하였다. 주 분석에는 MARS를 적용하여 PDP 곡선을 도출하였으며, 교차 검증 목적으로 RF와 SHAP을 병행하였다.

MARS 모형의 ROC-AUC는 0.862로, RF 모형의 ROC-AUC 0.844 대비 약간 우수한 성능을 보였다(그림 10).

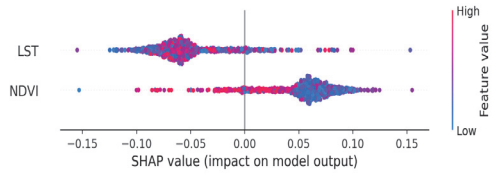
〈그림 10〉 ROC-AUC



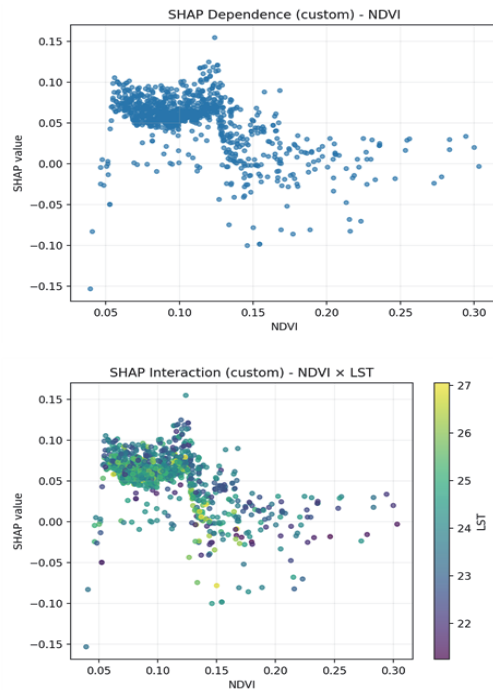
PDP 분석에서 NDVI는 값이 0.05에서 0.25로 증가함에 따라 Hotspot 발생확률이 0.95에서 0.86으로 점진적으로 감소하는 음의 관계를 보였다.

RF+SHAP 분석에서는 NDVI와 LST가 주요 영향 변수로 도출되었으며, NDVI가 낮고 LST가 높을수록 Hotspot 발생 가능성이 증가하는 방향으로 기여하였다(〈그림 11〉). SHAP 단 변수 의존도 분석 결과, NDVI가 약 0.15 이하에서 Hotspot 발생 기여도가 높게 나타났으며, NDVI와 LST의 상호작용 분석에서는 동일 NDVI 조건에서도 LST가 높을수록 Hotspot 발생 기여도가 증가하는 경향을 보였다(〈그림 12〉).

〈그림 11〉 Random Forest 모델의 SHAP 요약 플롯 (LST, NDVI 중요도 비교)



〈그림 12〉 SHAP 단변수 의존도(NDVI만, 위) 및 NDVI-LST 상호작용 분석(아래)



이러한 결과는 제기동 내에서 NDVI 저하와 LST 상승의 결합이 열환경 취약성을 증폭시키는 주요 메커니즘임을 시사한다. 특히 NDVI가 0.15 이하로 낮은 지역은 지표면 온도 상승과 맞물려 Hotspot 발생 위험이 현저히 커지므로, 향후 녹지 확충과 지표면 온도 저감 전략을 병행하는 도시 계획적 접근이 필요하다.

IV. 연구 결과

이 연구 결과는 기존 도시 열환경 연구에서 제시된 패턴과 부분적으로 일치한다. 녹지율이 높은 지역에서 낮은 LST가 관측되고(Park & Lee, 2017; Li et al., 2019), 불투수면 밀도가 높은 지역에서 고온이 집중된다는 경향은 선행연구가 보고한 도시 구조-온도 상관성과 맥락을 같이한다(Zhou et al., 2014; Kim et al., 2022). 다만 이 연구에서는 이러한 상관성을 단일 시점 또는 행정구 단위의 평균값이 아니라, 2014~2024년 장기 Landsat 시계열과 RF-MARS 기반 Hotspot 예측을 통해 공간 미세 단위에서 정량적으로 검증하였다는 점에서 차별성을 가진다. 특히 제기동과 같은 고밀도 주거지역이 장기간에 걸쳐 지속해서 높은 Hotspot 비율을 보인다는 결과는 단일 사례 연도에서 녹지·도시화 지수의 영향만을 해석했던 기존 연구를 넘어, 도시 내부의 지속적 열취약성 지속 지역(persistent thermal vulnerability)의 존재를 실증적으로 확인했다는 점에서 의의가 있다.

또한 기존 연구는 녹지율·불투수면 비율과 지표면 온도의 선형적 상관성을 중심으로 도시 열환경을 해석하는 데 집중해 왔다(Oke, 1982; Park & Lee, 2017; Zhou et al., 2014; Kim et al., 2022). 그러나 최근 연구들은 기계학습 기반 접근을 통해 도시 열 Hotspot의 비선형적·복합적 생성 메커니즘을 설명하려는 방향으로 확장되고 있으나(Hoang et al., 2025; Liyaqat et al., 2025; Yansu Qi et al. 2025), 대부분 단일 시점 분석 또는 변수 중요도 요약에 머물러 실제 공간 세부 단위에서의 지속적 열취약성 구조를 해석하는 데에는 한계가 있다. 이 연구는 10년 시계열 Landsat

자료와 RF-MARS-SHAP 모델을 결합하여, Hotspot 발생 임계 값(LST 22℃, 불투수면율 60% 이상, NDVI 0.15 이하)을 정량적으로 제시함으로써 기존 연구의 상관성 중심 분석을 정량적 예측과 도시 열취약성의 장기적 지속성 규명으로 확장하였다는 점에서 차별성을 갖는다. 특히 Hotspot의 시공간적 지속성을 확인하고 이를 기반으로 지역별 열취약성 관리 전략을 도출한 점은 선행연구에서 충분히 논의되지 않았던 도시 내 미세 단위의 열환경 불균형 해석과 정책적 실효성 확보 측면에서 중요한 기여라 할 수 있다.

V. 결론 및 고찰

이 연구는 2014년부터 2024년까지의 Landsat 위성영상과 건물·세분류 토지피복 자료를 활용하여 서울시 전역의 도시 열환경 특성을 시계열적으로 분석하고, Hotspot 발생의 공간적 분포와 주요 영향요인을 규명하였다.

시계열 RF 분석을 통해 동대문구가 2014년~2024년 동안 가장 높은 Hotspot 비율을 기록하였으며, 세부 행정동 중 제기동이 특히 취약한 지역으로 나타났다. 제기동을 대상으로 한 MARS 기반 심층 분석에서는 LST, NDBI, NDVI가 주요 예측 변수로 도출되었으며, LST가 22℃를 초과하는 시점에서 Hotspot 발생확률이 급격히 증가하는 경향을 보였다. 불투수면 비율 분석에서는 RF+SHAP 결과, 60% 이상에서 Hotspot 발생 기여도가 급상승하는 '임계구간'이 확인되었고, NDVI 분석에서는 0.15 이하의 낮은 식생지수와 높은 지표면 온

도의 결합이 취약성을 극대화하는 요인으로 나타났다.

이러한 결과는 제기동과 유사한 도시 구조를 가진 지역에서 불투수면 저감과 녹지 확충이 열환경 개선의 핵심 전략이 될 수 있음을 시사한다.

이 연구 결과를 바탕으로 Hotspot 취약지역에 대한 지역 맞춤형 열환경 개선 전략을 제안한다. 제기동 사례에서 확인된 바와 같이 불투수면 비율이 높고 녹지율이 낮은 고밀도 상업·주거지역 중심으로 소규모 근린녹지 조성 및 가로수·벽면녹화 확충, 고반사(고알베도) 포장재 및 지붕 재료 적용, 차양 시설 및 쿨루프·쿨페이브먼트 도입, 냉각 인프라(물안개 분사, 냉각 쉼터) 구축 등이 효과적인 대응 방안으로 고려될 수 있다. 특히 Hotspot 발생 임계구간(불투수면 비율 60% 이상, NDVI 0.15 이하)이 나타난 지역을 우선 관리 대상으로 지정하고, 건축·도시재생 정책과 열 취약지 개선 정책을 연계한 구역별 맞춤형 대응 체계 구축이 필요하다. 이를 통해 공간 기반 열취약성 완화와 더불어 실질적인 생활환경 개선을 기대할 수 있다.

한편 이 연구는 다음과 같은 한계점을 가진다.

첫째, 분석에 사용된 위성영상은 5월 기준의 단일 시점 자료로, 계절별·시간대별 열환경 변화를 반영하지 못하였다.

둘째, 기상 조건(풍속, 습도, 대기 안정도 등)과 같은 외부 기후 요인은 분석에 포함되지 않아, 열환경 형성에 대한 종합적 기여도를 정량화하기에는 제약이 있었다.

셋째, MARS와 RF 모델의 입력 변수는 토지피복·건물 특성 위주로 구성되어 있으며, 인구밀도나 인공지반 특성인 재질, 색상 등과 같은 추가 인자가 반영되지 않았다.

향후 연구에서는 계절별·시간대별 위성 자료를 활용하여 열환경의 시공간 변화를 더욱 정밀하게 추적하고, 기상자료와 사회경제적 지표를 통합하여 영향요인의 설명력을 강화할 필요가 있다. 또한 공간 해상도가 더 높은 위성영상과 드론 기반 열영상 자료를 병행하여 미시적 열환경 분석을 수행함으로써, 지역 맞춤형 열 저감 정책 수립에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- Breiman, L., 2001, "Random forests", *Machine Learning*, 45(1): 5~32.
- Hoang, N. D., Huynh, T. C., and Bui, D. T., 2025, "An interpretable machine learning framework for mapping hotspots and identifying their driving factors in urban environments during heat waves", *Environmental Monitoring and Assessment*, 197, 1017.
- Sola-Carballo, J., Serrano-Jimenez, A., Rivera-Gomez, C., and Galan-Marin, C., 2025, "Multi-Criteria Assessment of Urban Thermal Hotspots: A GIS-Based Remote Sensing Approach in a Mediterranean Climate City", *Remote Sensing*, 17, 231, MDPI.
- Jin, M., and Dickinson, R. E., 2010, "Land surface skin temperature climatology: benefitting from the strengths of satellite observations.", *Environmental Research Letters*, 5(4), 044004, IOP Publishing Ltd.
- Kim, M., Kim, D., and Kim, G., 2022, "Examining the Relationship between Land Use/Land Cover (LULC) and Land Surface Temperature (LST) Using Explainable Artificial Intelligence (XAI) Models: A Case Study of Seoul, South Korea", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 15926, MDPI.
- Li, X., Zhou, W., and Ouyang, Z., 2019, "A comparison of the cooling effects of green spaces with different spatial patterns based on Landsat 8 remote sensing images in Beijing, China.", *Remote Sensing*, 11(6): 634, MDPI.
- Liaw, A., and Wiener, M., 2002, "Classification and regression by randomForest", *R News*, 2(3): 18~22, R Project.
- Liyaqat, S., Dasti, M. Y. S., Hussain, E., et al., 2025, "Urban heat island dynamics in Rawalpindi: a 30-year remote sensing analysis and future projections", *Scientific Reports*, 15: 32760, Nature Publishing Group.
- Oke, T. R., 1982, "The energetic basis of the urban heat island.", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455): 1~24, Royal Meteorological Society.
- Park, J., and Lee, D., 2017, "Urban heat island and its relation to vegetation index: a case study of Seoul, Korea.", *Korean Journal of Remote Sensing*, 33(5): 849~860.
- Snaiki, R., and Merabtine, A., 2025, "Recent advances on machine learning techniques for urban heat island applications: a review and new horizons", *Sustainable Cities and Society*, 134, 106973, Elsevier.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Paolini, L., 2004, "Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5", *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434~440, Elsevier.
- Stewart, I. D., and Oke, T. R., 2012, "Local climate zones for urban temperature studies", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12): 1879~1900, American Meteorological Society.
- Voogt, J. A., and Oke, T. R., 2003, "Thermal remote sensing of urban climates", *International Journal of Remote Sensing*, 24(8): 1669~1695, Taylor & Francis.
- Weng, Q., 2001, "A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta,

- China.”, *International Journal of Remote Sensing*, 22(10): 1999-2014, Taylor & Francis.
- Xu, H., 2008, “A new index for delineating built-up land features in satellite imagery.”, *International Journal of Remote Sensing*, 29(14): 4269-4276, Taylor & Francis.
- Qi, Y., Li, H., Yuan, X., Zhao, D., and Liu, C., 2025, “Applying Machine Learning to Explore the Impact Mechanisms of the Urban Built Environment’s Characteristics on the Thermal Environment”, *Journal of Information Processing Systems*, 21(4), KIPS.
- Zha, Y., Gao, J., and Ni, S, 2003, “Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery.”, *International Journal of Remote Sensing*, 24(3): 583-594, Taylor & Francis.
- Zhou, W., Huang, G., and Cadenasso, M. L., 2014, “Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes.”, *Landscape and Urban Planning*, 102(1): 54-63, Elsevier.

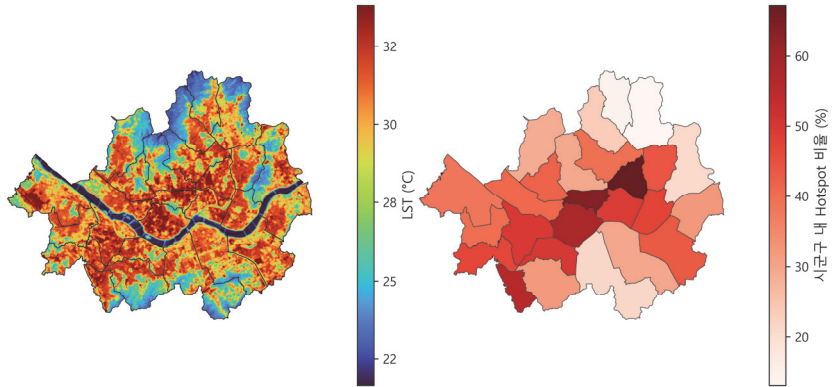
원 고 접 수 일 : 2025년 10월 17일

1 차 심 사 완 료 일 : 2025년 11월 19일

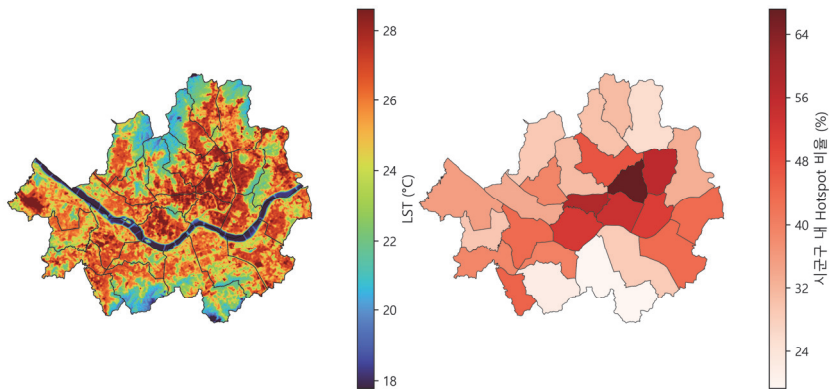
최 종 원 고 채 택 일 : 2025년 12월 16일

부록 1. 서울시 LST와 Hotspot 분포

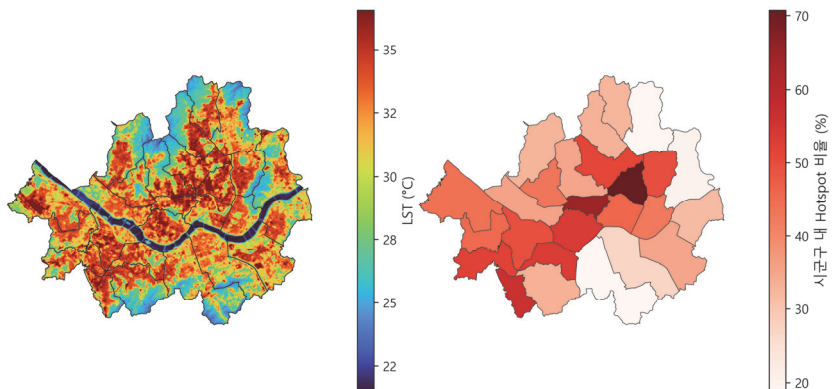
A: 2014년 5월 30일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



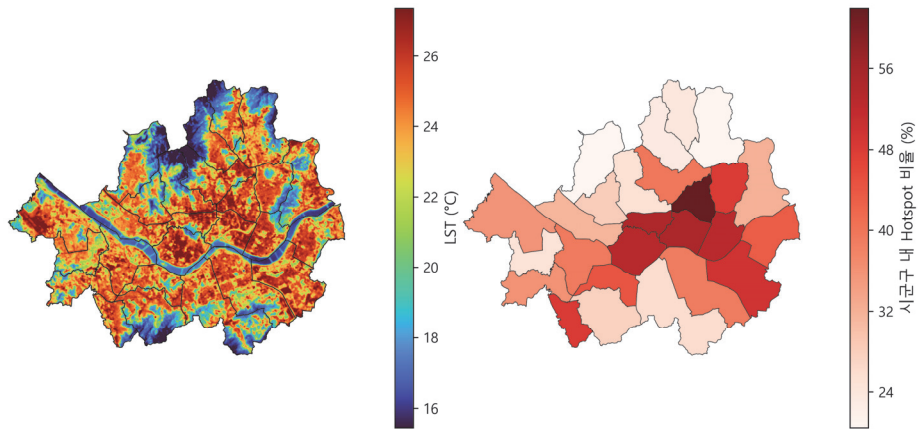
B: 2015년 5월 1일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



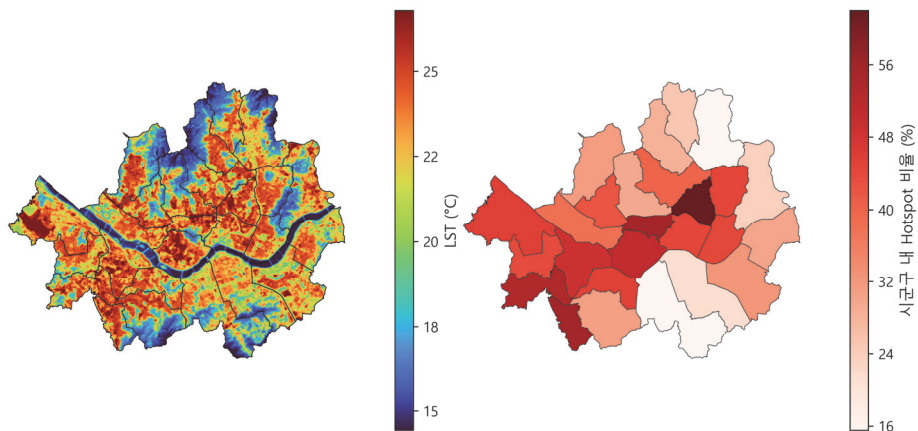
C: 2016년 5월 19일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



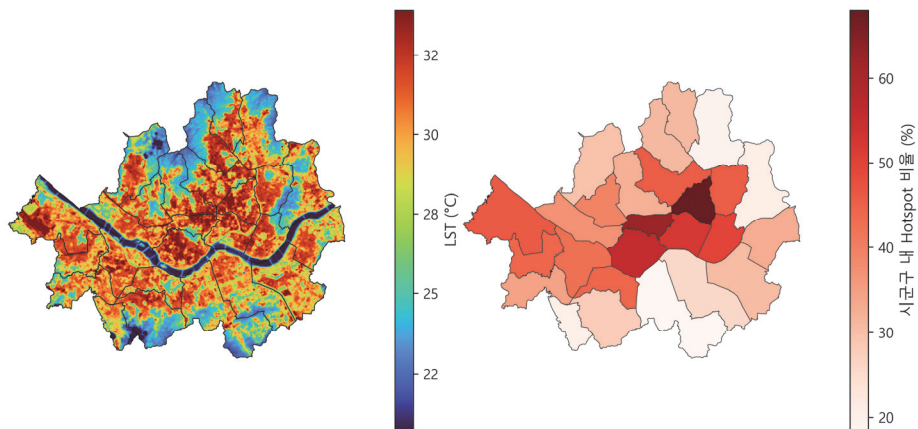
D: 2017년 5월 6일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



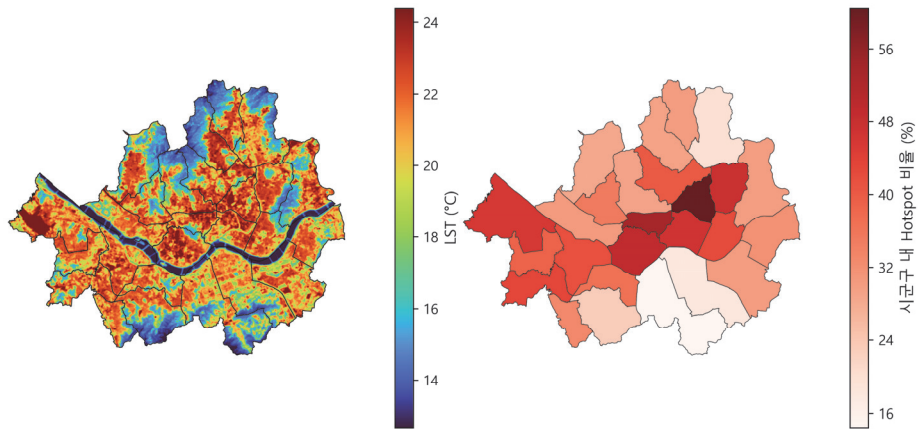
E: 2018년 5월 9일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



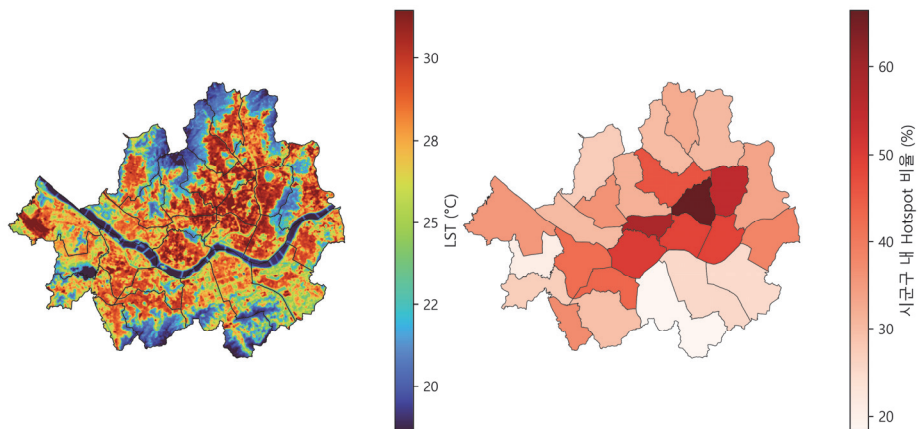
F: 2020년 5월 30일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



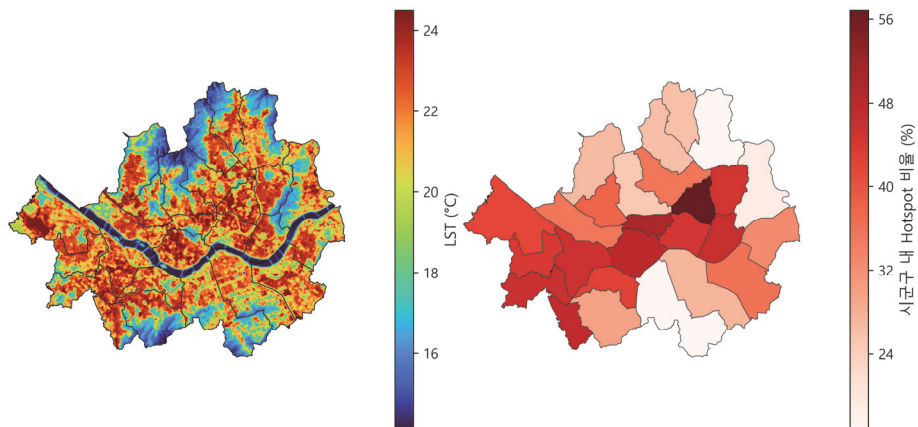
G: 2022년 5월 12일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



H: 2023년 5월 23일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)

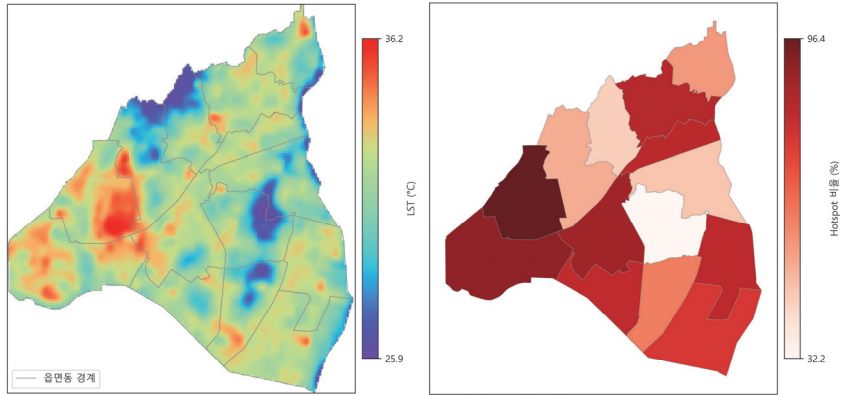


I: 2024년 5월 9일의 서울 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)

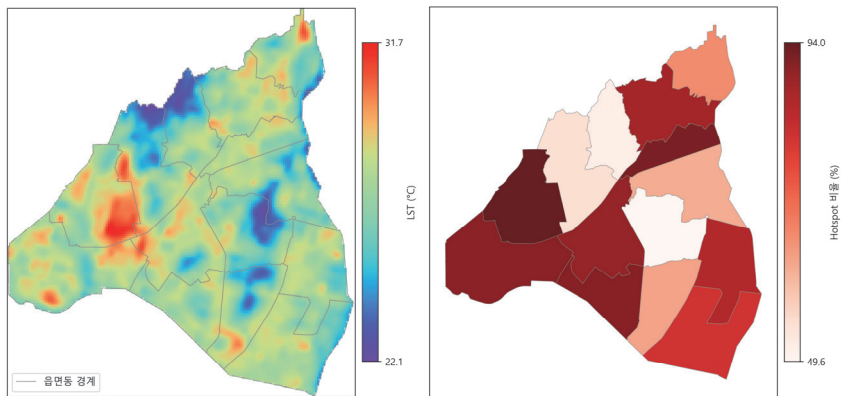


부록 2. 동대문구 LST와 Hotspot 분포

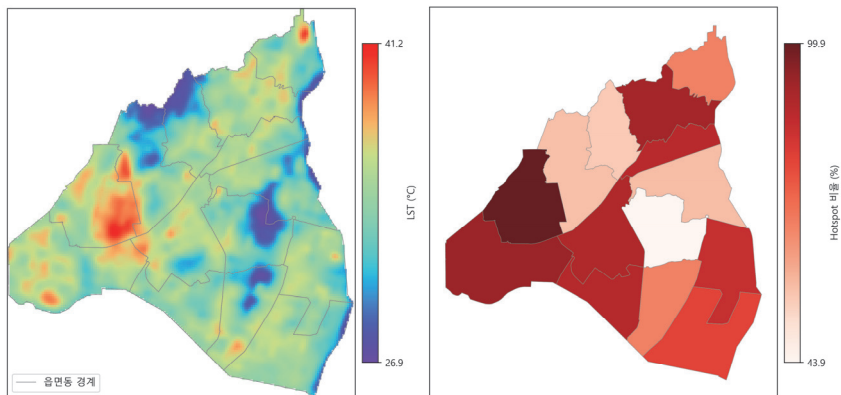
A: 2014년 5월 30일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



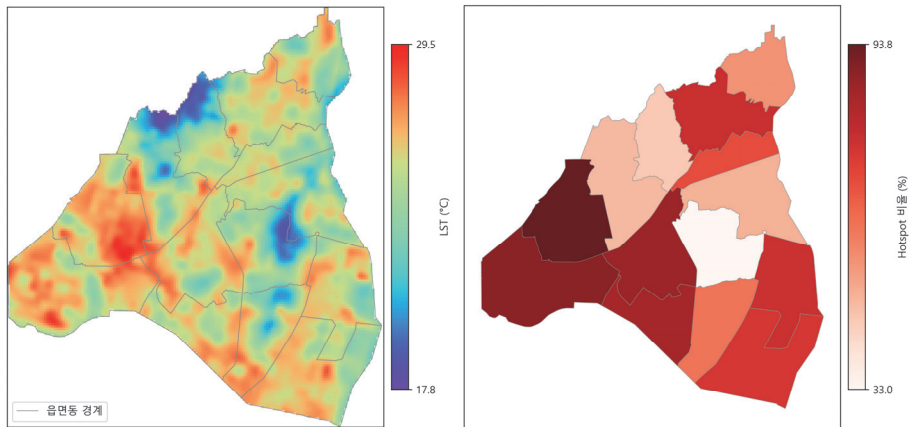
B: 2015년 5월 1일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



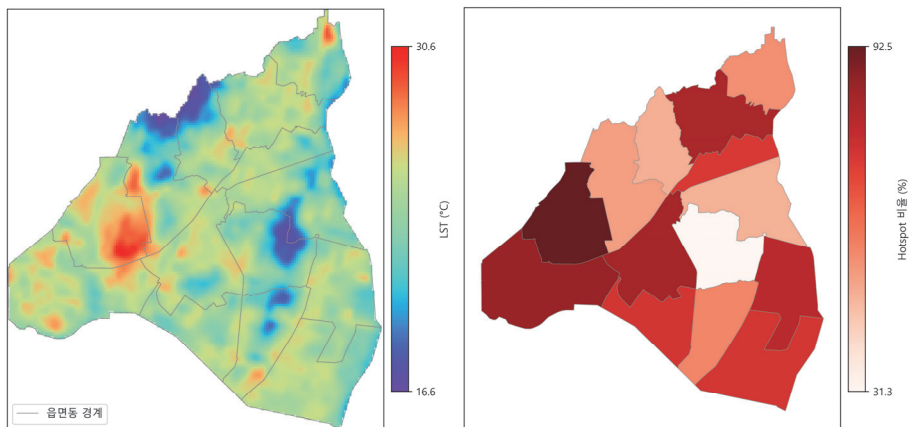
C: 2016년 5월 19일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



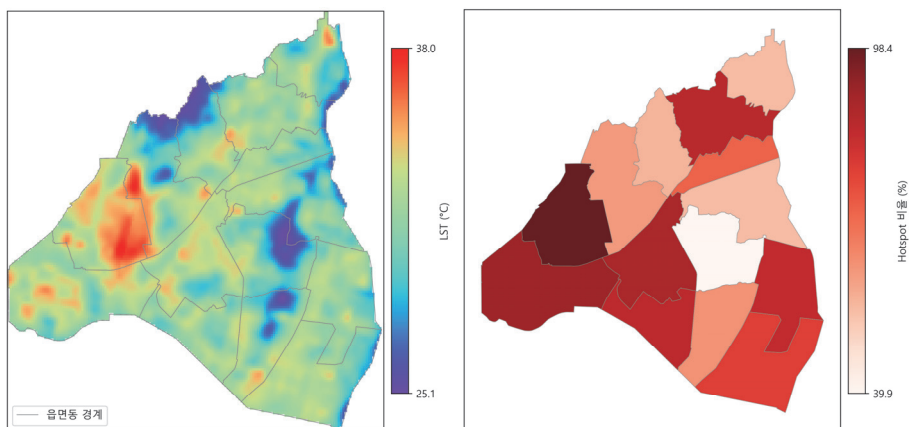
D: 2017년 5월 6일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



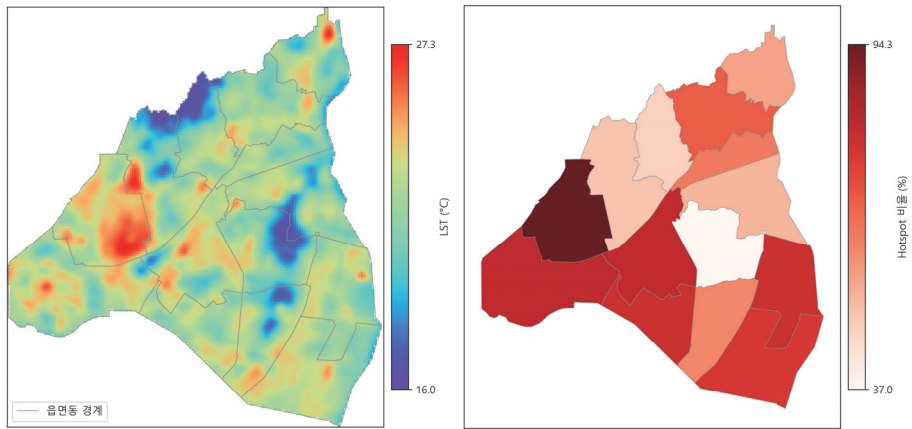
E: 2018년 5월 9일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



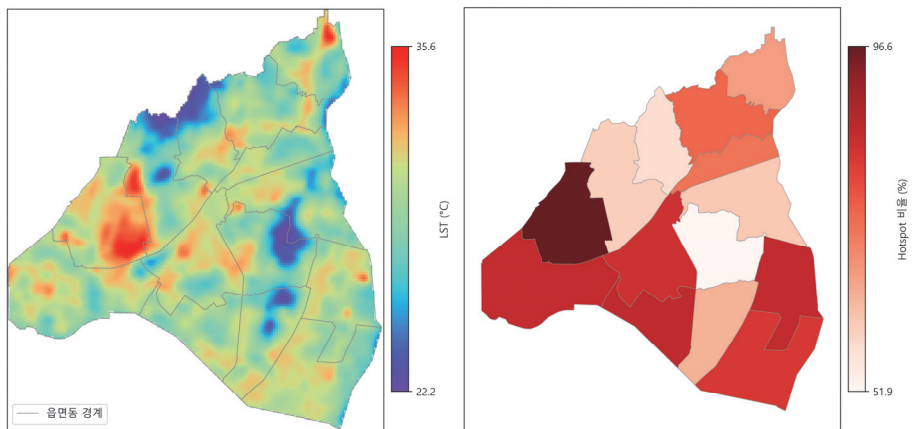
F: 2020년 5월 30일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



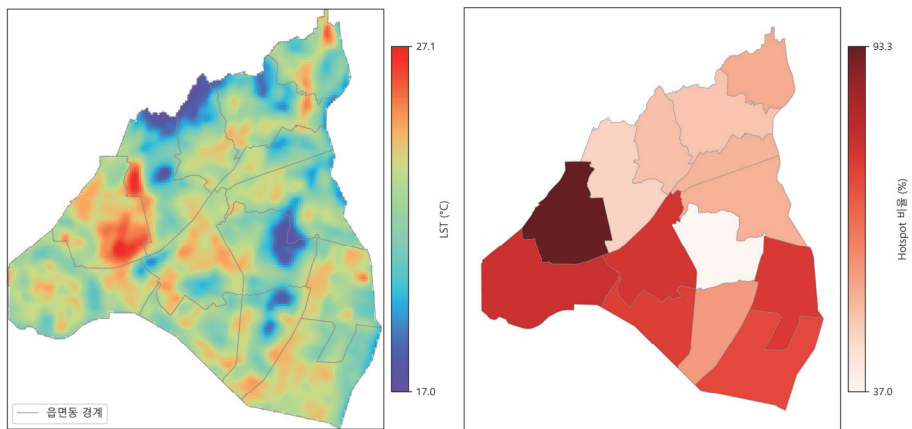
G: 2022년 5월 12일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



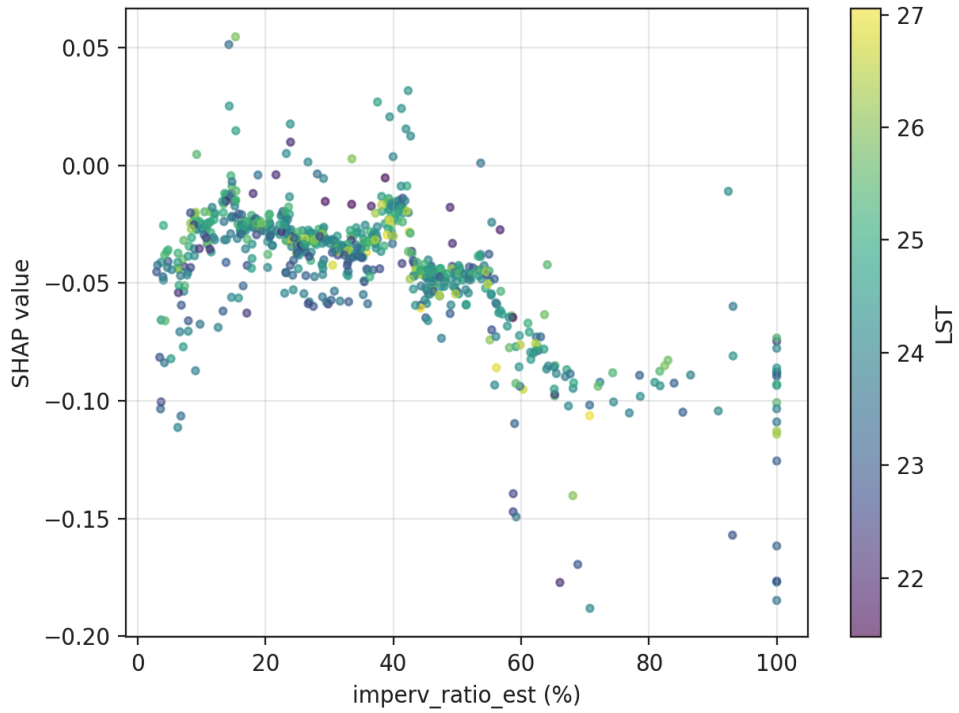
H: 2023년 5월 23일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



I: 2024년 5월 9일의 동대문구 LST(좌)와 Hotspot 분포(우)



부록 3. SHAP 상호작용 분석 - 불투수면 비율 × LST



「서울도시연구」 편집 및 발간 규정

2001년	1월	4일	제정
2002년	1월	3일	개정
2003년	1월	2일	개정
2003년	7월	4일	개정
2003년	9월	18일	개정
2004년	2월	10일	개정
2004년	6월	15일	개정
2004년	12월	30일	개정
2005년	4월	20일	개정
2005년	10월	18일	개정
2006년	11월	21일	개정
2007년	9월	10일	개정
2008년	5월	27일	개정
2010년	3월	26일	개정
2010년	5월	28일	개정
2010년	6월	16일	개정
2010년	9월	30일	개정
2010년	12월	29일	개정
2012년	3월	29일	개정
2014년	5월	14일	개정
2018년	5월	24일	개정

I. 투 고

1. 원고의 대상 및 종류

- 1) 「서울도시연구」는 서울 및 도시관련 분야의 연구성과를 수록하는 전문 학술지로서, 논문을 게재하는 것을 원칙으로 한다. 논문은 창의적인 연구결과 및 일정한 주제에 관한 연구성과·동향·전망을 학술논문의 형식에 따라 기술한 것을 말한다.
- 2) 논문은 다른 학술지 또는 문헌에 게재하지 않은 것이어야 한다.
- 3) 위조, 변조, 표절 등 연구부정행위가 있는 논문은 게재하지 않는다.
 - (1) ‘위조’는 존재하지 않는 데이터, 연구결과 등을 허위로 만들어 내는 행위를 말한다.
 - (2) ‘변조’는 연구재료, 장비, 과정 등을 인위적으로 조작하거나 데이터를 임의로 변형, 삭제함으로써 연구 내용 또는 결과를 왜곡하는 행위를 말한다.
 - (3) ‘표절’은 타인의 아이디어, 연구내용, 결과 등을 정당한 승인 또는 인용 없이 도용하는 행위를 말한다.
- 4) 본지에 투고한 후 ‘게재불가’ 판정을 받은 원고는 재투고할 수 없다.

2. 원고의 분량

- 1) 논문의 분량은 그림 및 표, 사진을 포함해 A4 용지 15매 내외로 한다.
- 2) 원고분량이 본 규정보다 지나치게 초과 또는 미달하는 경우에는 본지 편집위원회가 저자에게 조정을 요구할 수 있으며, 저자는 이에 따라야 한다.

3. 원고의 작성

- 1) 모든 원고는 본지의 원고작성방법에 따라 작성하여야 한다.
- 2) 원고의 작성언어는 국문 또는 영문을 원칙으로 한다.
- 3) 원고는 워드프로세서(한글)를 이용하여 A4 용지에 작성함을 원칙으로 한다.
- 4) 논문의 첫 페이지에 국문요약과 영문초록(ABSTRACT), 국문 주제어와 영문 키워드(Key Words)를 필히 첨부하여야 하며, 각주에 모든 저자의 소속과 직위(직급)를 국문과 영문으로 표기한다. 저자가 1인일 경우 그 저자의 이메일주소와 전화번호를 소속 뒤에 기재하며, 저자가 복수일 경우 교신저자의 소속 뒤에 '교신저자'라고 기재한 후 이메일주소와 전화번호를 표기한다. 주저자와 교신저자가 같을 경우에도 소속 뒤에 '교신저자'라고 기재한 후 이메일주소와 전화번호를 기재한다.
- 5) 그림 및 표, 사진은 특별한 경우를 제외하고는 컬러가 아닌 흑백으로 작성해야 하며, 수정 없이 바로 인쇄에 들어갈 수 있도록 만들어야 한다. 그림 및 표, 사진에 있는 글자와 숫자 등이 선명하게 보일 수 있도록 작성해야 한다.
- 6) 투고자는 논문 작성 시 위조, 변조, 표절, 이중게재, 부당한 논문저자 표시 등의 연구부정행위를 하지 말아야 한다.

4. 원고의 접수

- 1) 원고는 수시로 접수하며, 접수일자는 원고가 본지 편집위원회에 도착한 날로 한다.
- 2) 논문 투고자는 이메일(E-mail)로 논문을 제출하여야 한다.
- 3) 투고자는 본지의 투고신청서에 논문제목, 주저자의 이름·소속 및 직급/직위·주민등록상의 주소·연락처와 함께 원고의 주요내용을 기재하여 제출하여야 한다. 또한 교신저자(해당 원고 관련 문의에 응할 수 있는 공동저자)가 별도로 있다면 교신저자의 이름·소속 및 직급/직위·주민등록상의 주소·연락처 등도 기재해야 한다.
- 4) 투고자는 논문 투고 시 본지 편집위원회에 연구윤리서약 및 저작권활용동의서를 제출하여야 한다. 최종 심사를 거쳐 서울도시연구에 게재되는 논문은 학술 및 홍보를 위해 일부 인용 및 활용될 수 있으며, 저자는 이에 대한 저작권 활용에 동의해야 한다. 저자가 이에 따르지 않을 경우, 편집위원회는 논문 접수를 거부할 수 있다.
- 5) 접수된 원고 중 본지 투고규정 및 원고작성방법에 의거해 작성하지 않은 원고는 본지 편집위원회에서 저자에게 수정 및 보완을 요구할 수 있고, 투고자는 이에 따라야 한다.
- 6) 본지 편집위원회는 원고 접수 시 표절검증절차를 운영한다.
 - (1) 본지 편집위원회는 표절검사를 실시하여 표절률이 일정 기준 이상으로 판명된 논문은 저자에게 수정을 요구할 수 있으며, 투고자는 이에 따라야 한다.
 - (2) 투고자가 편집위원회의 수정 요구를 따르지 않을 경우, 원고 접수를 거부할 수 있다.

II. 원고작성방법

1. 논문의 구성

1) 국문논문의 구성

- (1) 국문논문의 경우 국문제목, 국문저자명, 영문제목, 영문저자명, 국문요약, 국문 주제어, 영문초록(ABSTRACT), 영문 키워드(Key Words), 본문, 참고문헌, 부록(필요한 경우) 등의 순서로 구성한다.

- (2) 저자의 소속/직급/직위는 논문 첫 페이지의 하단에 각주로 작성하되, 국문을 먼저 작성한 후 괄호 안에 영문을 작성한다.
- 2) 영문논문의 구성
 - (1) 영문논문의 경우 영문제목, 영문저자명, 국문제목, 국문저자명, 영문초록(ABSTRACT), 영문 키워드(Key Words), 국문요약, 국문 주제어, 본문, 참고문헌(References), 부록(필요한 경우) 등의 순으로 구성한다.
 - (2) 저자의 소속/직급/직위는 논문 첫 페이지의 하단에 각주로 작성하되, 영문을 먼저 작성한 후 괄호 안에 국문을 작성한다.
2. 논문제목 표기
 - 1) 논문제목은 연구내용을 간결하고 명확하게 표현할 수 있도록 기재한다.
 - (1) 국문논문의 경우 국문제목을 먼저 작성하고, 국문저자명 아래에 영문제목을 작성한다. 한자 또는 영어로 표기하지 않으면 의미 전달이 곤란한 경우에는 괄호 안에 한자 또는 영어를 병기한다.
 - (2) 영문논문의 경우 영문제목을 먼저 작성하고, 영문 저자명 아래에 국문제목을 기재한다. 영문제목(부제목 포함)의 첫 글자는 대문자로 시작한다. 문장 중의 단어는 전치사와 접속사, 관사를 제외하고는 첫 글자를 대문자로 시작한다(예: Review of Administrative Reform in Seoul).
 - 2) 논문에 부제목이 있는 경우 국·영문 논문 공히 주제목 아래에 부제목을 기재하고, 부제목 양 옆으로 하이픈(-)을 표기한다.
3. 저자 표기
 - 1) 국·영문 논문 공히 국문제목 밑에 국문 저자명을 기재하고, 영문제목 밑에 영문 저자명을 기재한다.
 - 2) 표기 방법
 - (1) 영문저자명은 이름을 먼저 쓰고 그 다음 성을 기재한다.
(예: Gildong Hong, Gil Dong Hong, Gil-Dong Hong)
 - (2) 저자가 복수일 경우, 연구에 기여한 정도에 따라 주저자(제1저자)부터 순서대로 표기한다. 저자명의 오른쪽 어깨에 *, **, ***, ... 을 표기하고, 저자와 저자 사이에 가운데점(.)을 넣어 구분한다.
4. 저자의 소속 및 직급/직위, 교신저자 연락처 표기
 - 1) 논문 첫 페이지 하단에 각주로 표기한다.
 - 2) 표기 방법
 - (1) 저자가 1인일 경우에는 * 다음에 저자의 소속 및 직급/직위를 표기하고, 저자가 복수일 경우에는 *, **, ***, ... 을 표기하고, 주저자부터 순서대로 표기한다.
 - (2) 저자가 1인일 경우 소속 뒤에 이메일주소와 전화번호를 표기한다. 저자가 복수일 경우 교신저자의 소속 뒤에 '교신저자'라고 표기한 뒤 괄호 안에 이메일주소와 전화번호를 표기한다. 주저자와 교신저자가 같을 경우에도 소속 뒤에 '교신저자'라고 표기한 뒤 괄호 안에 이메일 주소와 전화번호를 표기한다. 교신저자는 여러 공동저자를 대표하여 논문의 투고 및 심사과정에 있어서 연락과 수정을 책임지며, 논문이 출간되었을 때에는 이와 관련된 여러 가지 문제에 대해 최종적으로 책임을 지는 저자를 말한다.

- (3) 저자의 소속 및 직급/직위는 국문으로 먼저 표기한 후, 괄호 안에 영문으로 표기한다.
- (4) 국문 표기방법은 소속기관, 부서(또는 학과), 직급(또는 직위)의 순으로 한다. 그리고 영문 표기방법은 직급(또는 직위), 부서(또는 학과), 소속기관의 순으로 한다.
- (5) 이상 저자의 소속 및 직급/직위, 교신저자 연락처 작성요령의 예시는 아래와 같다.
 - ① 저자가 1인일 경우
 - * 서울연구원 도시경영부 연구위원(Research Fellow, Department of Urban Management, Seoul Development Institute), E-mail: paper@sdi.re.kr, Tel: 02-2149-1234
 - ② 저자가 복수이며, 주저자와 교신저자가 같을 경우
 - * 서울연구원 도시경영부 연구위원(Research Fellow, Department of Urban Management, Seoul Development Institute), 교신저자(E-mail: paper@sdi.re.kr, Tel: 02-2149-1234)
 - ** 서울연구원 도시기반연구본부 연구위원(Research Fellow, Metropolitan Planning Research Group, Seoul Development Institute)
 - ③ 저자가 복수이며, 주저자와 교신저자가 다를 경우
 - * 서울연구원 도시경영부 연구위원(Research Fellow, Department of Urban Management, Seoul Development Institute)
 - ** 서울연구원 도시기반연구본부 연구위원(Research Fellow, Metropolitan Planning Research Group, Seoul Development Institute), 교신저자(E-mail: paper@sdi.re.kr, Tel: 02-2149-1234)

5. 국문요약 및 영문초록(ABSTRACT) 작성

- 1) 국문요약 및 영문초록(ABSTRACT)은 연구목적, 연구방법, 연구결과, 연구의 시사점, 향후 연구 방향 등을 중심으로 작성한다.
- 2) 국문요약은 '요약'이라고 기재하고 콜론(:)을 표기한 후 700자 내외의 국문요약을 작성한다.
- 3) 영문초록의 경우 'ABSTRACT'라고 기재하고 콜론(:)을 표기한 후 200단어 내외의 영문초록을 작성한다.

6. 주제어(Key Words) 표기

- 1) 국문요약과 영문초록 하단에 각각 5개 내외의 국문 주제어와 영문 키워드(Key Words)를 함께 첨부하여야 한다.
- 2) 국문 주제어는 '주제어'라고 기재하고 콜론(:)을 표기한 후 작성한다.
- 3) 영문 키워드는 'Key Words'라고 기재하고 콜론(:)을 표기한 후 작성한다.

7. 본문 작성방법

- 1) 본문은 논문의 통상적인 전개방식에 따라 작성한다.
- 2) 원고의 읽기와 교정이 용이하도록 용지의 상하좌우 및 행간에 여백을 두도록 한다. 논문의 요약 부분을 제외하고는 2단 편집으로 한다(글자체 #신명조, 글자크기 10.5pt., 장평 95%, 자간 -10%, 줄간격 168%로 하고, 용지 종류는 A4(국배판), 용지여백은 위 32mm, 머리말 12.5mm, 왼쪽과 오른쪽은 각각 31mm, 아래쪽 32mm, 꼬리말 12.5mm로 한다).
- 3) 각주는 반드시 본문 해당면의 하단에 위치하도록 한다.
- 4) 본문의 단락 표기는 왼쪽 들여쓰기 2칸으로 한다.
- 5) 기타 사항은 각 항목별 세부작성방법에 준한다.

8. 표기 언어 및 표기 방법

- 1) 국문원고의 경우, 의미 전달상 필요한 경우에 한하여 한자 및 외래어를 괄호 안에 표기한다.
- 2) 목차 및 본문의 장, 절, 항 등의 번호 전개는 I., 1., 1), (1), ①의 순으로 한다.
- 3) 숫자는 아라비아 숫자를 사용하고, 모든 단위는 미터법을 사용한다.

9. 도표 및 사진

- 1) 표번호는 <표 1>, <표 2>의 순으로 표 상단 좌측에 제목과 함께 명기한다.
- 2) 그림번호는 <그림 1>, <그림 2>의 순으로 그림 하단의 중앙에 제목과 함께 명기한다.
- 3) 사진번호 표기방법은 그림번호 표기방법에 준한다.
- 4) 본문에 들어가는 도표 및 사진은 수정 없이 바로 인쇄할 수 있도록 작성하여 제출한다. 특별한 경우가 아니면 컬러인쇄를 하지 않으므로 이에 유의하여 흑백으로 선명하게 작성하여야 한다.
- 5) 인용한 도표 및 사진의 경우 출처를 밝히도록 한다. 출처 표기방법은 인용문헌이나 참고문헌 작성방법에 준하며, 참고문헌에도 반드시 기재하여야 한다.

10. 인용문헌, 각주 및 참고문헌 표기법

1) 인용문헌

- (1) 본문 중 인용문헌은 다음과 같이 저자와 발표연도를 기재한다. 단, 필요한 경우에는 인용한 쪽수(page)를 밝힐 수 있다.

- ① 단독연구 : 장병권(2000)에 의하면 ... , Smith(1992: 82~83)는 ... , 이들 연구(유승호, 1996; 임창호, 1998)에 의하면 ... , ... 라는 견해도 있다(황혜선, 1999: 25~27).
- ② 공동연구(2명인 경우) : 김주찬·민병일(2003)에 의하면 ... , Getis and Ord(1992)는 ... , ... 라고 말하고 있다(Howe and Linaweaver, 1967; Weeks and McMahon, 1973)
- ③ 공동연구(3명 이상인 경우) : 이동필 외(2001)는 ... , ... 라고 지적하였다(Maidment et al., 1985), Maidment et al.(1985: 50~52)은 ...

- (2) 국문 저자명은 성과 이름을 다 밝히고, 영문저자명은 성만 기재한다. 중국, 일본 등 한자 표기 저자명은 국문 저자명의 표기방법에 준한다.

- (3) 인용문헌은 본문에 인용표시를 하고 참고문헌에도 반드시 기재하여야 한다.

2) 각주

- (1) 본문 중에 부연 설명을 필요로 하는 내용이 있을 경우, 해당 내용의 마지막 글자 오른쪽 어깨에 일련번호(예: 1), 2), 3), ...)를 붙이고, 해당 페이지 하단에 각주로 처리한다.
- (2) 각주에는 가능한 한 인용자료의 출처를 기재하지 않는다. 자료 출처는 본문에 인용표시를 한 뒤 참고문헌에 기재하여야 한다. 본문에 인용표시를 하기 힘들 경우 각주에 출처를 기재할 수 있다. 이 경우에도 인용자료를 참고문헌에 포함시켜야 한다.

3) 참고문헌

- (1) 국문 참고문헌을 가나다순으로 먼저 열거한 후 동양문헌을 기재한다. 그 다음 서양문헌을 알파벳순으로 나열한 후, 인터넷 사이트를 기재한다.
- (2) 논문의 경우 저자, 출판연도, 제목, 출처 및 페이지를 밝히고, 논문 제목은 “ ”으로 표시한다.
- (3) 단행본의 경우 저자, 출판연도, 서명(書名), 페이지(필요한 경우), 출판자의 순으로 기록하고, 서명은 「 」(국문 및 동양문헌) 또는 이탤릭체(서양문헌)로 표시한다.
- (4) 동일한 저자의 문헌은 연대순으로 나열하고, 동일한 연도의 문헌이 2개 이상 있을 경우에는 순서(가나다 또는 abc순)에 따라 연대 뒤에 a, b, c ...를 기입한다.

- (5) 서양문헌의 저자는 성, 이름순으로 표기한다.
- (6) 저자가 복수일 경우 모든 저자를 다 밝힌다.
- (7) 이상 참고문헌 작성요령의 예시는 아래와 같다.
- ① 국문단행본 및 보고서

노용희, 1987, 「한국의 지방자치」, 서울: 녹원출판사.

고재경·정규호·김희선, 2008, 「경기도 지속가능성 평가체계 구축방안 연구」, 경기개발연구원.

서울특별시, 1992, 「하수도 기본계획 재정비 보고서」.
 - ② 국문논문

최상철, 1992, “동북아 연안역의 환경 및 생태계 보존을 위한 협력”, 「환경논총」, 30: 65~106, 서울대 환경대학원.

김운수·정숙영·조용현·김경배, 2007, “서울시 도시관리계획 환경성검토 제도의 문제점 및 개선방안 연구”, 「서울도시연구」, 8(1): 107~125.

김미연, 2005, “삼성동 코엑스 복합 문화공간 확장 기본계획”, 서울대학교 석사학위논문.
 - ③ 영문논문

Moss, M. L., 1987, “Telecommunications, World Cities, and Urban Policy”, *Urban Studies*, 24(6): 634~546.

Waket, D. and Odam, S., 1982, “The older women: Increased psychological benefits from physical activity”, *Journal of Physical Education Recreation and Dance*, 53(3): 34~35.
 - ④ 영문단행본

McShane, W., 1990, *Traffic Engineering*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Pleffer, Jeffrey and Salancik, Gerald R., 2003, *The External Control of Organization: A Resource Dependence Perspective*, Stanford: Stanford University Press.

Sherif, C. C., Sherif, M., and Nebergalle, R. E., 1965, *Attitude and attitude change: The social judgment-involvement approach*, Philadelphia: W. B. Saunders.
 - ⑤ 번역서

송경현·박용훈(역), 1994, 「교통과 도시계획」, 서울: 명보문화사(Blunden, W. R. and Black, J. A., 1984, *The Land-use/Transport System*, 2nd ed., New York: Pergamon Press).
 - ⑥ Internet Web 자료(서울시 홈페이지에서 서울시 통계연보 2003을 참고하였을 경우)

<http://www.metro.seoul.kr/kor2003/main/index.html>

11. 감사의 말 등 표기

- 1) 연구비의 출처와 사사(謝辭, acknowledgement)는 논문 첫 페이지 각주에 필자의 소속과 직위에 앞서 기재한다.
- 2) 논문의 접수일, 심사완료일 및 최종원고채택일은 논문의 참고문헌 다음에 편집위원회에서 기재한다.

Ⅲ. 논문 심사

1. 심사대상

- 1) 「서울도시연구」에 게재하려는 모든 논문은 소정의 심사를 거쳐야 한다.

2. 심사절차

- 1) 1차 심사 : 투고된 논문에 대하여 해당 분야의 전공 심사위원 3인을 위촉하여 논문을 심사한다. 단 편집위원회에서 적합성 검토를 하여 투고된 논문이 부적합하다고 판정하면 1차 심사 전에 반려할 수 있다.
- 2) 재심사 : 1차 심사 결과 재심사가 필요한 경우 1차 심사위원이 저자의 원고 수정 후 재심사를 수행한다.

3. 심사위원 선정

- 1) 편집위원회는 해당분야의 전공자(박사학위 소지자) 중에서 심사하려는 논문과의 전공 일치도 및 연구업적 등을 고려하여 심사위원을 선정·위촉한다.
- 2) 편집위원장은 투고논문의 심사위원을 추천할 편집위원을 선정한 뒤 해당 편집위원에게 심사위원 추천을 의뢰하고, 의뢰받은 편집위원은 소정의 기간 내에 심사위원 3명 이상을 추천한다. 편집위원은 해당 논문의 참고문헌 등을 검토해 투고논문을 가장 전문적으로 평가하고 공정하게 심사할 수 있는 전공자를 추천해야 한다.
- 3) 편집위원장은 추천받은 심사위원 중에서 심사를 제대로 수행할 수 없다고 판단되는 사람을 제외하고 3명의 심사위원을 선정해 심사를 의뢰한다.
- 4) 만일 투고논문의 심사를 의뢰받은 심사위원이 심사를 거절하거나 지연할 경우 편집위원장은 심사위원을 교체할 수 있다. 이 과정에서 심사위원 추가 선정이 필요한 경우 해당 분야 편집위원에게 심사위원 추천을 의뢰할 수 있다.
- 5) 편집위원장이나 편집위원이 논문을 투고할 경우 편집위원회는 해당 분야 다른 편집위원이나 전공자에게 심사위원 추천을 의뢰할 수 있다.
- 6) 편집위원장이나 편집위원이 투고한 논문은 특별한 경우를 제외하고 편집위원을 심사위원으로 선정할 수 없다. 서울연구원 직원이 투고할 경우에도 특별한 경우를 제외하고 서울연구원 직원을 심사위원으로 선정할 수 없다.
- 7) 편집위원을 심사위원으로 선정할 경우 연간 전체 논문 심사위원의 30% 미만을 유지하도록 한다.
- 8) 1차 심사결과가 '수정후 재심사'로 나온 논문의 경우 1차 심사위원이 재심사를 수행해야 하는데 연락 두절, 사망 등의 이유로 재심사를 의뢰하지 못할 경우 편집위원회의 심의를 거쳐 다른 심사위원을 선정해 심사를 의뢰할 수 있다.
- 9) 심사위원 선정 시 심사위원의 신분은 심사위원 상호간 및 투고자에게 노출되지 않도록 한다.

4. 논문심사 기준

- 1) 심사위원은 객관적 기준과 자율적 판단에 의거해 심사를 하되 본지의 논문심사의견서의 양식에 맞춰 다음의 심사기준을 고려하여 심사한다.
 - ① 논문 주제의 적절성
 - ② 연구의 창의성과 독창성
 - ③ 연구방법의 적절성과 연구자료의 신뢰성

- ④ 논문 전개의 논리성과 일관성
 - ⑤ 연구결과의 학술적·실천적 기여도
 - ⑥ 표·그림·사진·지도·참고문헌(각주)의 적절성
 - ⑦ 선행연구 분석의 적절성
 - ⑧ 국문·영문 초록의 질적 수준
- 2) 심사위원은 학문적 양심에 따라 논문을 공정하게 심사하여야 하며 논문의 위조, 변조, 표절, 이중게재 등 연구부정행위의 혐의 발견 시 즉시 편집위원회에 통보하여야 한다.

5. 심사위원의 익명성

- 1) 논문의 심사과정에서 저자와 심사위원은 공개하지 않는다.
- 2) 심사위원은 심사과정에서 얻은 정보를 공개하거나 남용하지 아니하여야 하며, 저자와 심사위원은 편집위원회를 통해서만 의견을 개진할 수 있다.
- 3) 심사위원에게 심사를 의뢰할 때 소정의 심사비를 지급할 수 있다.

6. 논문심사 판정

- 1) 1차 심사결과는 '현 상태 게재', '수정후 게재가', '수정후 재심사', '게재불가'의 4등급으로 판정한다.
 - (1) '현 상태 게재'는 원고 내용 그대로 게재가 가능하다고 판단되는 경우이다.
 - (2) '수정후 게재가'는 수정사항이 경미하여 일부 수정 보완하면 게재가 가능하다고 판단되는 경우이다.
 - (3) '수정후 재심사'는 논문이 대폭 수정 보완되어야 한다고 판단되는 경우이다.
 - (4) '게재불가'는 본지의 논문으로 게재하기에는 적합하지 않다고 판단되는 경우이다.
- 2) 재심사 결과는 '현 상태 게재', '수정후 게재가', '게재불가'의 3등급으로 판정한다.
- 3) 심사위원은 심사판정의 이유와 근거를 본지의 논문심사의견서에 작성, 소정의 기간 내에 본지 편집위원회에 제출해야 한다.

7. 논문심사결과의 처리

- 1) 논문심사결과가 나오면 본지 편집위원회는 심사위원의 실명을 삭제한 후 논문심사의견서 사본을 투고자에게 송부하여야 한다.
- 2) 논문의 최종게재 여부는 원칙적으로 심사위원의 심사판정과 저자의 논문수정 여부에 대한 편집위원회의 검토결과에 의거해 본지 편집위원회에서 결정한다.
 - (1) 심사위원 2인 이상의 심사결과가 동일할 경우 다수결 원칙에 따라 그 심사결과에 따라 논문을 처리한다. 단, 아래의 경우는 예외로 한다.
 - ① 현 상태 게재, 현 상태 게재, 수정후 게재가(또는 수정후 재심사, 게재불가)의 경우 '수정후 게재가'로 판정한다.
 - ② 1차 심사결과가 수정후 재심사, 수정후 재심사, 게재불가인 경우 게재불가로 판정한다.
 - (2) 심사결과가 각기 다르게 나올 경우 차악(次惡)을 기준으로 판정한다. 예를 들어 현 상태 게재, 수정후 재심사, 게재불가의 경우 '수정후 재심사'로 판정한다.
 - (3) 1차 심사결과가 '수정후 재심사'로 나올 경우 재심사는 1차 심사 때 수정후 재심사로 판정한 심사위원이 1차 심사 때와 동일한 심사기준으로 1회에 한해 수행한다.
 - (4) 재심사의 심사위원이 1인일 경우 그 심사결과에 따라 논문을 처리하고, 2인 또는 3인일 경우 게재불가가 둘 이상일 경우에만 게재불가로 처리한다(논문심사결과 처리 일람표 참조).

- (5) 1차 심사 또는 재심사 결과 ‘수정후 게재’ 판정이 나와 투고자가 원고를 수정해 제출한 경우, 수정보완 여부 확인은 본지 편집위원회에서 담당한다. ‘현 상태 게재’ 판정이 나온 논문이라도 수정보완 지적사항이 있는 경우 이 절차에 따른다.
- 3) 투고자는 원칙적으로 심사위원의 수정 지시를 따라야 한다. 단, 수정할 수 없는 분명한 이유와 근거를 제시할 경우 수정하지 않을 수 있다. 만약 본지 편집위원회에서 실시한 수정 확인과정에서 분명한 이유와 근거 없이 심사위원의 수정보완 지적사항대로 원고를 수정하지 않았다고 판단되는 경우, 본지 편집위원회에서는 해당 논문을 게재하지 않는다.
 - 4) ‘게재불가’ 판정이 내려진 논문에 대해서는 본지 편집위원회의 명의로 ‘게재불가’ 사유를 명기하여 투고자에게 통보한다.
 - 5) 투고자가 심사결과에 대해 이의가 있을 경우에는 본지 편집위원회에 서면 또는 이메일로 이의 신청을 할 수 있다.
 - 6) 투고자의 이의신청이 있을 경우 본지 편집위원회는 이의내용을 심사하고 그 결과를 차기 발간일 전까지 투고자에게 통보하여야 하며, 투고자는 편집위원회의 통보내용에 대해 더 이상의 이의제기를 할 수 없다.
 - 7) 논문의 심사평은 필요에 따라 게재할 수 있다.
 - 8) 논문심사결과 처리절차를 일람표로 정리하면 다음과 같다.

1차 심사 결과			재심사 결과			판정
심사위원 1	심사위원 2	심사위원 3	심사위원 1	심사위원 2	심사위원 3	
게재가/ 수정 후 게재가	게재가/ 수정 후 게재가	게재가/ 수정 후 게재가/ 수정 후 재심사/ 게재 불가	-			(수정 후) 게재함
게재 불가	게재 불가	게재가/ 수정 후 게재가/ 수정 후 재심사/ 게재 불가	-			게재하지 않음
수정 후 재심사	수정 후 재심사	게재 불가	-			게재하지 않음
게재가/ 수정 후 게재가	수정 후 재심사	게재 불가	-	게재가/ 수정 후 게재가	-	(수정 후) 게재함
			-	게재 불가	-	게재하지 않음
수정 후 재심사	수정 후 재심사	게재가/ 수정 후 게재가/	게재가/ 수정 후 게재가	게재가/ 수정 후 게재가/ 게재 불가	-	(수정 후) 게재함
			게재 불가	게재 불가	-	게재하지 않음
수정 후 재심사	수정 후 재심사	수정 후 재심사	게재가/ 수정 후 게재가	게재가/ 수정 후 게재가	게재가/ 수정 후 게재가/ 게재 불가	(수정 후) 게재함
			게재가/ 수정 후 게재가/ 게재 불가	게재 불가	게재 불가	게재하지 않음

8. 연구부정 행위의 처리

- 1) 투고논문에서 연구부정행위의 혐의가 발견되었을 경우 본지 편집위원회는 즉시 부정행위에 대한 조사에 착수하여 발견일로부터 30일 이내에 조사를 완료하여야 하며, 그 결과를 제보자에게 통보해야 한다.
- 2) 조사 결과 연구부정행위가 사실로 판명되었을 경우에는 해당 논문을 '계재불가'로 처리하고 부정행위 내용을 투고자, 투고자 소속기관장, 한국연구재단에 통보한다.
- 3) 연구부정행위를 한 투고자는 해당 논문으로 인해 발생한 일체의 비용을 부담하여야 하며 향후 3년간 본지에 논문을 투고할 수 없다.

9. 투고논문 심사위원 위촉, 심사, 수정보완, 수정확인 등에 소요되는 기간은 아래와 같다.

- 1) 논문 심사위원 위촉: 편집위원회는 논문 접수 후 10일 내로 심사위원을 위촉한다. 투고논문이 서울도시연구의 성격에 부합하는지 검토하는 과정이 필요한 경우에는 2주 내로 연장한다.
- 2) 1차 심사: 심사위원은 기본적으로 심사를 의뢰받은 후부터 2주 내로 심사의견서를 편집위원회에 제출해야 하며, 부득이한 경우 3주까지 연장할 수 있다. 심사 거절, 심사 지연 등의 이유로 심사위원을 교체하는 경우 편집위원회는 기본 심사기간을 단축할 수 있다.
- 3) 재심사: 심사위원은 기본적으로 심사를 의뢰받은 후부터 10일 내로 심사의견서를 편집위원회에 제출해야 하며, 부득이한 경우 2주까지 연장할 수 있다. 심사위원의 연락 두절, 사망 등의 이유로 심사위원을 교체하는 경우 편집위원회는 기본 심사기간을 단축할 수 있다.
- 4) 논문 수정보완: 1차 심사 및 재심사 결과 '계재불가' 판정을 받은 논문을 제외하고 수정보완 요구사항이 나온 논문의 경우 투고자는 수정보완을 의뢰받은 후부터 10일 내에 수정보완한 논문을 편집위원회에 제출해야 한다. 부득이한 경우 수정보완 기한을 연장할 수 있으나 최대 1개월을 초과할 수 없다. 만일 정당한 사유 없이 기한을 초과할 경우 '계재불가'로 판정할 수 있다.
- 5) 논문 수정확인: 편집위원회는 투고자가 수정보완한 논문에 대해 수정확인을 해야 하는데, 1차의 경우 10일 내에, 그 이후에는 7일 내에 검토의견서를 작성해 투고자에게 통보해야 한다. 부득이한 경우 기한을 얼마간 연장할 수 있다.
- 6) 수정확인 결과에 따른 논문 수정보완: 투고자는 편집위원회의 수정확인 및 검토의견에 따라 1주 내에 논문을 수정보완해 편집위원회에 제출해야 한다. 부득이한 경우 수정보완 기한을 연장할 수 있으나 최대 1개월을 초과할 수 없다. 만일 정당한 사유 없이 기한을 초과할 경우 '계재불가'로 판정할 수 있다.

IV. 발 간

1. 원고 교정

- 1) 본지 편집위원회는 심사자의 심사 결과 및 편집위원회의 수정 확인 결과 '현 상태 게재'로 판정난 논문에 대해 최종 교정을 담당한다.
- 2) 본지 편집위원회는 오탃자, 비문(非文), 논리 전개 오류, 기타 수정보완이 필요한 사항을 직접 교정하거나 저자에게 수정을 요구할 수 있으며, 저자는 이에 따라야 한다.

2. 원고의 게재

- 1) 편집위원회에서는 교정 및 편집 일정 등을 고려해 해당 호 발행일 이전 적절한 시기에 게재 원고를 확정해야 한다. 논문 수정 및 편집상의 이유로 해당 호 게재가 불가능한 경우에는 편집위원회의 결정으로 이를 다음 호에 게재할 수 있다.
- 2) 원고의 게재순서는 특별한 경우를 제외하고는 게재 확정 순으로 하는 것을 원칙으로 한다.

3. 연구지원비 지급

- 1) 채택된 논문에 한해 소정의 연구지원비를 지급한다. 단, 연구지원비는 실제 게재된 후에 지급하고 게재 당시의 연구지원비 지급기준에 기초해 지급하는 것을 원칙으로 한다.

4. 발행 횟수와 시기

- 1) 본지는 1년에 4회 발행하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 본지 편집위원회에서 필요하다고 인정될 경우 발행횟수를 조정할 수 있다.
- 2) 본지 발행일은 3월 31일, 6월 30일, 9월 30일, 12월 31일로 한다. 다만, 발행횟수를 조정할 경우 발행일은 본지 편집위원회에서 정한다.

5. 발행 부수

- 1) 본지의 발행부수와 인쇄의 질 등은 편집위원회에서 정한다.

「서울도시연구」 연구윤리규정

2009년 6월 1일 제정
2011년 5월 27일 개정
2018년 5월 24일 개정
2023년 12월 29일 개정

제1장 총 칙

제1조 (목적) 이 연구윤리규정은 서울연구원에서 발간하는 학술지 「서울도시연구」에 연구결과를 게재하고자 논문 등을 제출하거나 이를 심사, 출판할 때 연구·출판의 부정행위를 방지하고 연구윤리를 확보하는 데 필요한 연구자 및 심사자의 역할과 책임에 관하여 원칙과 방향을 제시함을 목적으로 한다.

제2조 (적용) 이 규정은 「서울도시연구」에 제출된 논문 및 기타 관련 자료를 대상으로 하며 이 윤리규정을 준수해야 할 주체는 편집위원, 논문 심사위원, 저자이다.

제2장 연구윤리위원회

제3조 (구성 등) 연구윤리위원회는 편집위원회의 추천에 의해 편집위원장이 위촉하는 9인 이내의 위원으로 구성되며 위원장은 위원 중에서 호선한다.

제4조 (위원 및 위원장) 위원은 해당 분야의 전문가를 3인 이상 위촉하고 서울연구원 소속이 아닌 외부인사를 3인 이상 위촉한다. 단 당해 조사 사안과 이해관계가 있는 자를 포함해서는 안 된다. 위원장과 위원의 임기는 2년으로 하되 연임할 수 있다.

제5조 (전문위원) 조사나 검증의 전문성을 위해서 필요한 경우 연구윤리위원회의 위촉으로 전문위원을 둘 수 있다.

제6조 (회의) ① 연구윤리위원장은 연구윤리위원회의 회의를 소집하고 그 의장이 된다.

- ② 회의는 재적위원 과반수 이상의 출석과 출석위원 3분의 2 이상의 찬성으로 의결한다.
- ③ 연구윤리위원장은 심의안건이 경미하다고 인정할 때에는 서면심의로 대체할 수 있다.
- ④ 위원회에서 필요하다고 인정될 때에는 관계자를 출석하게 하여 의견을 청취할 수 있다.

제3장 편집위원 윤리지침

제7조 (편집위원의 책임) 편집위원은 투고된 논문의 게재 여부를 결정하는 책임을 지며, 저자의 인격과 독립성을 존중해야 한다.

제8조 (논문 취급의 공정성) 편집위원은 학술지 게재를 위하여 투고된 논문을 저자의 성별, 나이, 소속 기관은 물론이고, 어떤 선입견이나 사적인 친분과도 무관하게 오직 논문의 질적 수준과 '서울도시연구 편집 및 발간 규정'에 근거하여 공정하게 취급하여야 한다.

제9조 (심사위원 선정의 객관성) ① 편집위원은 투고된 논문의 평가를 해당 분야의 전문적 지식과 공정한 판단 능력을 지닌 심사위원에게 의뢰해야 한다.

② 심사위원 선정 시에는 저자와의 친분, 적대적인 관계 등을 피함으로써 객관적인 평가가 이루어질 수 있도록 노력한다.

③ 심사위원 선정 시 투고자와 동일 기관 소속 심사자는 배제한다.

제10조 (논문심사 과정의 비공개성) 논문심사 과정에서 저자와 심사위원을 공개하지 않는다.

제4장 심사위원 윤리지침

제11조 (논문심사의 성실성과 적실성) 심사위원은 서울도시연구 편집위원이 의뢰하는 논문을 일정한 기간 내에 성실하게 평가하고 그 결과를 편집위원에게 통보하여야 한다. 만약 본인이 논문을 평가하기에 책임자가 아니라고 판단될 경우에는 지체 없이 그 사실을 편집위원에게 통보한다.

제12조 (논문심사의 객관성) 심사위원은 학문적 양심에 따라 논문을 객관적 기준에 의하여 공정하게 평가하여야 한다. 충분한 근거를 명시하지 않은 채 논문을 저평가하거나, 심사자 본인의 관점이나 해석과 일치하지 않다는 이유로 논문을 탈락시켜서는 안 된다.

제13조 (논문심사의 타당성) 심사위원은 전문인으로서의 저자의 인격과 독립성을 존중하여야 한다. 심사의견서에는 논문에 대한 자신의 판단을 밝히되, 보완이 필요하다고 생각되는 부분에 대해서는 그 이유를 상세하게 설명하여야 한다. 심사위원은 논문심사 중 논문의 위조, 변조, 표절, 이중게재 등 연구부정행위의 혐의 발견 시 즉시 편집위원회에 통보하여야 한다.

제14조 (논문심사의 비밀 보장과 사전 인용 금지) 심사위원은 심사대상 논문에 대한 비밀을 지켜야 한다. 논문의 평가를 위하여 특별히 조언을 구하는 경우가 아니라면 논문을 다른 사람에게 보여주거나 논문의 내용을 다른 사람과 논의하는 것도 바람직하지 않다. 또한 논문이 게재된 학술지가 출판되기 전에 저자의 동의 없이 논문의 내용을 인용해서도 안 된다.

제5장 연구자 윤리지침

제15조 (연구자의 역할과 책임) 연구자는 연구의 자유에 기초하여 자율적으로 연구를 수행하되, 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 연구대상자의 인격 존중 및 공정한 대우
2. 연구대상자의 개인정보 및 사생활의 보호
3. 사실에 기초한 정직하고 투명한 연구의 진행
4. 전문 지식을 사회에 환원할 경우 전문가로서 학문적 양심 견지
5. 새로운 학술적 결과를 공표하여 학문의 발전에 기여
6. 자신 및 타인의 저작물 활용 시 적절한 방법으로 출처를 밝히는 등 선행 연구자의 업적 인정·존중
7. 연구계약의 체결, 연구비의 수주 및 집행 과정의 윤리적 책임 견지
8. 연구비 지원기관의 이해관계에 영향을 받지 않고, 연구결과물에 연구와 관련된 모든 이해관계 명시
9. 연구결과물을 발표할 경우, 연구자의 소속, 직위(저자 정보)를 정확하게 밝혀 연구의 신뢰성 제고
10. 표절, 위조, 변조, 이중게재, 부당한 논문저자 표시 행위 등 연구부정행위 금지
11. 지속적인 연구윤리교육의 참여

제16조 (타인의 표절) 타인의 표절은 그 어떠한 경우에도 허용되지 않는다. 표절은 일반적 지식이 아닌 타인이 쓴 글의 고유한 내용을 원저자자의 승인을 받지 않고 또는 의도적이든 비의도적이든 그 출처를 밝히지 않고 마치 자기 것인 것처럼 사용하는 것을 뜻한다. 표절의 대상은 타인의 저작물에 담긴 고유한 생각(아이디어), 독특한 표현(단어, 어구, 절, 문장, 그래프, 도표, 사진 등), 연구 착상(가설)이나 방법(분석 체계 또는 논리), 이론 및 연구결과, 데이터, 조사자료 등이다.

제17조 (자기표절) 비록 자신의 저작물이라 할지라도 적절하게 출처를 밝히지 않고 그 일부 또는 전부를 마치 새로운 것처럼 다시 사용하는 것도 표절에 해당된다. 또한 출처를 표시한다고 해도 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용하지 않는 경우도 표절에 해당한다.

제18조 (이중 게재) 저자는 국내외를 막론하고 이전에 타 학술지를 통해 출판된 자신의 연구물(게재 예정이거나 심사 중인 연구물 포함)을 새로운 연구물인 것처럼 투고하거나 출판을 시도하지 않는다. 이미 발표된 연구물을 사용하여 출판하고자 할 경우에는 편집위원장에게 이전 출판에 대한 정보를 제공하고, 이중 게재나 중복 출판에 해당되는지 여부를 확인하여야 한다.

제19조 (위조 및 변조) ‘위조’는 존재하지 않는 데이터, 연구결과 등을 허위로 만들어 내는 행위를 말하며, ‘변조’는 연구재료, 장비, 과정 등을 인위적으로 조작하거나 데이터를 임의로 변형, 삭제함으로써 연구내용, 또는 결과를 왜곡하는 행위를 말한다. 위조와 변조는 일종의 사기행위로서 연구자는 절대로 이러한 행위를 해서는 안 된다.

제20조 (부당한 논문저자 표시) 저자는 자신이 실제로 행하거나 공헌한 연구에 대해서만 저자로서의 책임을 지고, 업적으로 인정받는다. 저자의 순서는 연구에 기여한 정도에 따라 반영하여야 한다. 반면 연구나 저술에 기여하였음에도 불구하고 공동저자로 기록되지 않는 것 또한 정당화될 수 없다.

제21조 (인용 및 참고 표시) 공개된 학술자료를 인용할 경우에는 정확하게 기술해야 하고, 상식에 속하는 자료가 아닌 이상 반드시 그 출처를 명확히 밝혀야 한다. 다른 사람의 글을 인용하거나 아이디어를 차용(참고)한 경우에는 반드시 본문 또는 각주를 통하여 인용 및 참고 여부를 밝혀야 한다.

제22조 (기관생명윤리위원회 승인 확인) 본지 편집위원회는 인간 대상 연구에 대해서는 저자가 사전에 소속기관의 기관생명윤리위원회(IRB)에서 승인을 받아 연구를 수행했는지 여부를 확인할 수 있다. 저자가 IRB의 승인을 받지 않은 인간 대상 연구를 투고할 경우 논문 접수를 거부할 수 있다.

제23조 (연구윤리서약) 연구자는 저자 윤리지침에 따라 논문 투고 시 본지 편집위원회에 연구윤리서약서를 제출하여야 한다. 저자가 이에 따르지 않을 경우, 편집위원회는 논문 접수를 거부할 수 있다.

제6장 연구부정행위의 처리

제24조 (연구부정행위 검증 절차) ① 서울도시연구 편집위원회가 연구부정행위를 검증하고자 할 때에는 “예비조사”와 “본조사”, “판정”의 절차를 거쳐야 한다.

- ② 예비조사와 본조사는 조사위원회를 구성하여 실시하여야 하며 필요한 경우 제1항의 검증 절차 외에도 필요한 절차를 추가할 수 있다.
- ③ 해당 기관의 장은 연구부정행위에 대한 충분한 혐의를 인지하였을 때에는 예비조사 절차를 거치지 아니하고 바로 본조사에 착수할 수 있다.

제25조 (예비조사위원회) 연구윤리위원회는 신고접수일로부터 30일 이내에 3인 이내의 위원으로 예비조사위원회를 구성하여 예비조사를 하도록 하여야 한다.

제26조 (예비조사결과와 보고) ① 예비조사결과는 연구윤리위원회의 승인을 받은 후 10일 이내에 피조사자와 제보자에게 서면으로 통보하도록 한다.

- ② 예비조사의 결과보고서에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 제보의 구체적인 내용
 2. 조사의 대상이 된 연구부정행위 혐의 및 관련 연구과제
 3. 본조사 실시 여부 및 판단의 근거
 4. 기타 관련 증거자료

제27조 (본조사위원회) ① 연구윤리위원회는 본조사가 필요하다고 결정한 때에는 본조사위원회를 구성한다.

- ② 본조사위원회는 7인 이상 15인 이내의 위원으로 구성하되 해당 연구분야의 전문가 60% 이상, 해당 연구기관 소속이 아닌 외부인 20% 이상을 포함하여야 한다.
- ③ 당해 조사 사안과 이해갈등 관계가 있는 자는 본조사위원회 구성 시 배제되어야 한다.

- ④ 본조사위원회의 개별적인 조사활동 수행 시 필요한 구체적인 지침 등은 위원장이 연구윤리위원회의 의결을 거쳐 정한다.

제28조 (본조사위원회의 권한) ① 본조사위원회는 조사과정에서 제보자·피조사자·증인·참고인에게 진술을 위한 출석 및 서면을 요구할 수 있으며, 이 경우 피조사자는 반드시 응하여야 한다.
 ② 본조사위원회는 피조사자의 출석 및 서면요구 불응 시 당해 사건에 대하여 결정할 수 있다.
 ③ 본조사위원회는 피조사자에게 자료의 제출을 요구할 수 있으며, 증거자료의 보전을 위하여 소속 기관장의 승인을 얻어 연구부정행위 관련자에 대한 실험실 출입제한, 해당 연구자료의 압수·보관 등을 할 수 있다.

제29조 (기피·제척·회피) ① 피조사자 또는 제보자는 연구윤리위원 또는 조사위원에게 공정성을 기대하기 어려운 사정이 있는 때에는 그 이유를 밝혀 기피를 신청할 수 있다.
 ② 당해 안전과 직접적인 이해관계가 있는 위원은 안전의 조사·심의 및 의결에 관여할 수 없다.
 ③ 제1항 또는 제2항의 사유가 있다고 판단하는 연구윤리위원회위원 및 조사위원은 회피를 신청할 수 있다.

제30조 (진술기회의 보장) 본조사위원회는 피조사자에게 최초 제보 또는 추가 제보에서 주장된 어떠한 사실에 대해서도 의견을 제출하거나 소명할 기회를 부여하여야 한다.

제31조 (본조사결과의 보고) ① 본조사위원회는 조사완료 후 10일 이내에 본조사결과보고서를 연구윤리위원회에 제출하여야 한다.
 ② 본조사결과보고서에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 1. 제보의 구체적인 내용
 2. 조사의 대상이 된 연구부정행위 혐의 및 관련 연구과제
 3. 해당 연구에서의 피조사자의 역할과 혐의의 사실 여부
 4. 관련 증거 및 증인
 5. 조사결과에 대한 제보자와 피조사자의 이의제기 또는 변론 내용과 그에 대한 처리결과
 ③ 조사위원회는 위원 전원의 의견 일치로 판정함을 원칙으로 한다. 그러나 조사위원들의 의견이 상이한 경우에는 재적위원 과반수의 찬성으로 판정할 수 있다.
 ④ 조사위원회가 조사위원 전원의 의견 일치로 판정하지 아니한 경우에는 반대의견의 내용을 결과 보고서에 포함해야 한다.

제32조 (판정) ① 연구윤리위원회는 본조사위원회의 조사결과를 심의하고 확정한다.
 ② 예비조사 착수 이후 판정에 이르기까지의 모든 조사 일정은 6개월 이내에 종료되도록 하여야 한다. 다만, 이 기간 내에 조사가 이루어지기 어렵다고 판단될 경우에는 연구윤리위원회의 의결을 거쳐 그 기간을 연장할 수 있다.
 ③ 연구윤리위원회는 판정결과를 서면으로 지체 없이 제보자와 피조사자에게 통보하여야 한다.

제33조 (판정결과에 따른 조치) ① 연구윤리위원회는 피조사자의 행위가 연구부정행위에 해당한다고 판정했을 경우에는 판정결과를 편집위원회, 피조사자의 소속 기관장, 한국연구재단에 통보한다.
 ② 연구윤리위원회는 피조사자의 행위가 연구부정행위에 해당되지 않는다고 판정했을 경우에는 피조사자의 명예를 회복시키려는 노력을 성실하게 수행하여야 한다.

- ③ 연구윤리위원회는 연구원의 구성원이 고의 또는 중대한 과실로 진실에 어긋나는 제보를 하였을 때에는 그 사실을 연구원장에게 통보한다.

제34조 (징계) ① 징계의 정도는 위반 행위의 심각성이나 고의성에 따라 달라질 수 있다.

- ② 연구부정행위 징계조치는 다음과 같은 범위 내에서 정할 수 있다.

	논문 삭제	투고 금지	사과문 게재	소속기관·한국연구재단 통보
		1년/3년/5년		
위조	○	○	○	○
변조	○	○	○	○
표절	○	○	○	○
부당한 저자표시		○	○	○
자료의 중복사용, 중복게재		○	○	○
논문 대필	○	○	○	○

- ③ 연구부정행위를 한 투고자는 해당 논문으로 인해 발생한 일체의 비용을 부담하여야 한다.
- ④ 징계조치에 관한 사항은 다른 관련 규정에 의하거나 별도로 정할 수 있다.

제35조 (기록의 보관 및 공개) ① 예비조사 및 본조사와 관련된 기록은 편집위원회 사무처에서 보관하며, 조사 종료 이후 5년간 보관하여야 한다.

- ② 최종보고서는 판정이 끝난 이후에 공개할 수 있으나, 제보자·조사위원·증인·참고인·자문에 참여한 자의 명단 등 신원과 관련된 정보에 대해서는 당사자에게 불이익을 줄 가능성이 있을 경우 공개대상에서 제외할 수 있다.

제36조 (재심의) 피조사자 또는 제보자는 연구윤리위원회의 판정에 불복이 있을 경우 판정을 통지 받은 날부터 30일 이내에 연구윤리위원회에 이유를 기재한 서면으로 재심의를 요청할 수 있다.

- ② 제1항의 경우, 위원회의 결정에 영향을 줄 만한 새로운 사실이나 증거가 발견된 경우에만 재심의를 요청할 수 있다.

