

통일대비 스마트시티 조성을 위한
RS/GIS 기술 기반의 북한지역
스마트시티 도입방안 분석

- 통일·평화기반구축사업 -

(사업결과 보고서)

2024. 1.

서울대학교

목차

I. 사업 개요	1
1. 추진배경 및 필요성	1
2. 사업 목표	3
II. 연구 내용	5
1. 북한지역 공간속성정보 추출	7
가. 도시특성정보 선정 및 데이터셋 구축	7
나. 기본공간정보 추출	15
다. 공간속성정보 추출	17
2. 도시특성정보 추출 및 구역 분류	18
가. 그리드 분석	18
나. 군집화	23
3. 구역별 스마트시티 도입방안 분석	25
가. 스마트시티 구역 선정	25
나. 스마트시티 도입방안	32
다. 스마트시티 평양	36
4. 연구결론	42
III. 사업 성과 및 예산	45
1. 사업 성과	45
2. 예산집행	47
참고문헌	48

표 차례

표 1. 세부 목표에 따른 연구내용	3
표 2. 사업의 추진 일정	4
표 3. 스마트시티 평가지표	8
표 4. 취득한 평양지역 위성영상 모자이크	12
표 5. NASA Suomi-NPP 위성 VIIRS 센서 영상	13
표 6. 취득한 GIS 데이터	14
표 7. 취득한 공간속성정보 및 취득처	18
표 8. 공간속성정보 분석반경	20
표 9. 산출된 도시특성정보(1)	21
표 10. 산출된 도시특성정보(2)	22
표 11. 분류된 스마트시티 구역 및 도시특성	25
표 12. 스마트시티 구역 별 도시특성 분석 결과	31
표 13. 평양 스마트시티 기대효과	41
표 14. 본 사업의 성과물 요약	46
표 15. 본 사업의 예상 예산 집행 내용	47
표 16. 본 사업의 실제 예산 집행	47
표 17. 본 사업의 실제 예산 집행 내용	47

그림 차례

그림 1. 연구개발 목표	3
그림 2. 연구 흐름도	6
그림 3. 스마트시티 국가시범도시 입지분석 사례	7
그림 4. 국토위성 1호 위성영상 취득지역	10
그림 5. 정밀 영상정합 및 밝기값 보정	11
그림 6. OSM 예시 및 수치지형도 모자이크	14
그림 7. NDVI를 활용하여 강조된 식생지도	16
그림 8. 평양 전력시설 분포 및 야간위성영상	16
그림 9. 평양 수치지표고모델 기반 지형 기울기 산출	17
그림 10. Overpass API를 활용한 객체추출 예시	17
그림 11. 그리드 분석 예시	19
그림 12. 도시특성정보 K-Means 군집화 결과물	24
그림 13. 스마트시티 구역 분류 결과	26
그림 14. 구역 1의 도시경관	27
그림 15. 구역 2의 도시경관	28
그림 16. 구역 3의 도시경관	29
그림 17. 구역 4의 도시경관	30
그림 18. 스마트 농업도시 요소기술 예시	32
그림 19. 스마트 문화·경제도시 요소기술 예시	33
그림 20. 스마트 첨단도시 요소기술 예시	34
그림 21. 스마트 빌리지 요소기술 예시	35
그림 22. 스마트시티 평양 마스터플랜	37
그림 23. 세부 연구 내용 및 최종 연구성과 요약	43

I. 사업 개요

1. 추진배경 및 필요성

○ 한반도 통일평화를 위한 남북협력 패러다임의 변화

- 기존에는 대북식량지원, 광물자원개발, 개성공단 등과 같이 북한을 경제적 지원의 대상으로 인식한 일방적 및 노동의존형 남북협력이 이루어져 왔다.
- 그러나 남북의 경험은 인구형태의 변화, 북핵 안보문제, 단기적 협력방안 등과 같은 한계점에 봉착하였으며, 이에 기술혁신을 통한 성장잠재력이 마련된 새로운 남북 경험 방안이 필요할 것으로 지적되었다(최지영, 2015).

○ 북한 지역 스마트시티 도입의 필요성

- 스마트시티란 도시의 지속가능성과 삶의 질 향상을 위해 첨단 ICT 기술에 기반한 다양한 도시서비스 제공이 가능한 도시를 말한다.
- 북한지역은 도시 내 및 도시 간 개발 격차가 심하며, 교통·조경·교육시설 등과 같은 도시기반 인프라가 부족한 도시문제를 지니고 있으며, 이를 해결하고자 다양한 스마트시티 기술의 도입이 논의되고 있는 상황이다.
- 특히, 북한 정부는 첨단기술에 대한 높은 수용성 및 이를 실현할 강력한 집행력을 가지고 있으며, 토지보상 및 철거비용과 같은 스마트시티 구축을 위한 사회적, 경제적 비용이 적어 효율적 기반 구축이 가능한 환경이다(김백기, 2019).
- 따라서 스마트시티 기술을 북한지역에 적용함으로써 북한의 도시문제를 해결하고 남한의 스마트시티 기술을 고도화하며, 양국의 기술적, 경제적 상호보완성을 전제로 한 지식기반의 남북협력을 활성화하는 방안이 논의되고 있다(민경태, 2018).

○ 북한 지역 스마트시티 도입 사전연구의 한계점

- 그러나 현재 북한 스마트시티 도입에 대한 연구는 기술 동향 및 전망 분석과 거시적 관점의 정책 및 전략 제안 수준에 그치고 있으며, 스마트시티 신기술 도입을 위한 구체적이고 정량적인 도입 방안 분석이 부족한 실정이다.
- 북한 도시 분석은 정밀한 공간정보에 기반하여 이루어질 필요가 있으나, 북한지역의 폐쇄성으로 인해 공간정보의 취득이 어려우며 취득된 공간정보 역시 지속성 및 정밀성이 낮아 활용이 제한적인 경우가 많다.
- 따라서 적절한 북한 지역 스마트시티 도입방안 분석을 위해서는 접근 불가능한 지역에 대한 공간정보를 효과적으로 취득할 수 있는 방안이 선행적으로 요구된다.

○ 북한 지역 스마트시티 도입을 위한 RS/GIS 기술의 활용

- 원격탐사(Remote Sensing; RS)란 위성, 항공기를 비롯한 다양한 플랫폼에 탑재된 센서를 통해 특정지역에 대한 정보를 취득하는 기술이며, 공간정보시스템(Geographic Information System; GIS)이란 공간적으로 표현된 모든 형태의 정보를 통합적으로 다루는 기술을 의미한다.
- RS/GIS 기술을 통해 북한과 같이 접근이 불가능한 지역에 대한 공간정보가 효과적으로 취득될 수 있으며 도시 지표정보와 인적·사회적·경제적 공간속성정보가 지리적·유기적으로 분석될 수 있다.
- 따라서 본 연구에서는 RS/GIS 기술을 활용하여 북한 도시의 공간적 특성을 분석하고 정량적 근거를 통해 북한 스마트시티 조성을 위한 스마트시티 기술의 도입방안을 제시하고자 한다.

2. 사업 목표

본 연구는 RS/GIS 기술을 활용하여 북한 도시의 공간적 특성을 분석하고 북한 스마트시티 조성을 위한 스마트시티 기술의 도입방안을 제시하는 것을 주된 연구목표로 하고 있다(그림 1).

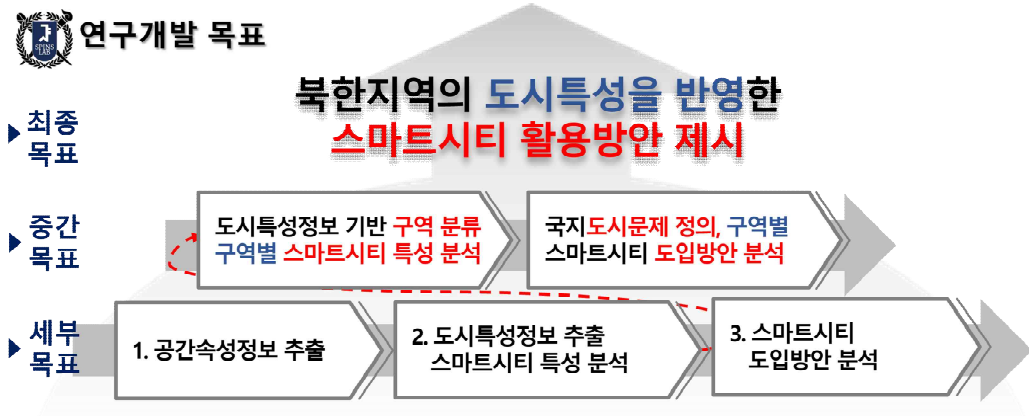


그림 1. 연구개발 목표

○ 세부 목표

본 사업은 세 가지의 세부 목표를 가지며, 각 세부 목표의 구체적인 내용은 표 1과 같다.

표 1. 세부 목표에 따른 연구내용

세부 목표	연구내용
1. 북한지역 공간속성정보 추출	1. 사전 연구 분석 및 RS/GIS 기반 데이터셋 구축 2. RS 기반 기본공간정보 추출 3. GIS 기반 공간속성정보 추출
2. 도시특성정보 추출 및 군집화	1. 공간속성정보를 활용한 도시특성정보 추출 및 매핑 2. 도시특성정보 기반 군집화
3. 스마트시티 구역분류 및 도입방안 제시	1. 군집화 결과물 기반 스마트시티 구역 선정 2. 구역별 스마트시티 기술의 도입방안 제시 및 스마트 시티 구현

○ 사업의 범위

- **데이터** : 본 연구에서는 북한지역의 도시특성정보를 다각도로 분석하기 위해서 고해상도 위성영상(국토위성 1호) 및 야간위성영상(NASA Suomi-NPP)을 비롯한 RS 기반의 데이터와 Open Street Map (OSM), 수치지형도, 수치표고모델 등의 GIS 기반의 데이터를 복합적으로 활용한다.
- **대상 지역** : 기구축된 데이터와의 연계 및 스마트시티 기술 적용 시나리오를 고려하여 평양지역을 대상지역으로 선정하고 스마트 시티 도입방안을 분석한다.

○ 사업 추진 일정

본 사업의 구체적인 추진 일정은 다음과 같다.

표 2. 사업의 추진 일정

사업내용	연구 추진 기간 (11개월)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. 북한지역 공간속성정보 추출	■	■	■	■							
1.1. 사전연구 분석 및 RS/GIS 데이터셋 구축	■	■									
1.2. RS 기반 기본공간정보 추출		■	■								
1.3. GIS 기반 공간속성정보 추출			■	■							
2. 도시특성정보 추출 및 군집화				■	■	■	■	■			
2.1. 공간속성정보 기반 도시특성정보 추출 및 매핑				■	■						
2.2. 도시특성정보 기반 군집화						■	■	■			
3. 스마트시티 구역분류 및 도입방안 제시								■	■	■	■
3.1. 군집화 결과물 기반 스마트시티 구역 선정								■	■	■	
3.2. 구역별 스마트시티 기술의 도입방안 제시 및 스마트시티 구현										■	■

II. 연구 내용

본 연구의 전체 흐름도는 그림 2와 같다. 먼저 분석을 위한 기반 데이터셋을 구축하고 RS/GIS 기술을 활용하여 북한지역의 공간속성정보를 추출한다. 이후 추출된 공간속성정보를 활용하여 도시특성정보를 산출하고 군집화를 실시하여 유사한 도시구역을 분류한다. 마지막으로 군집화 결과물을 활용하여 기술 도입을 위한 스마트시티 구역을 설정하고 각각의 구역을 분석한 후, 구역의 특성에 걸맞는 스마트시티 도입방안을 제시한다.

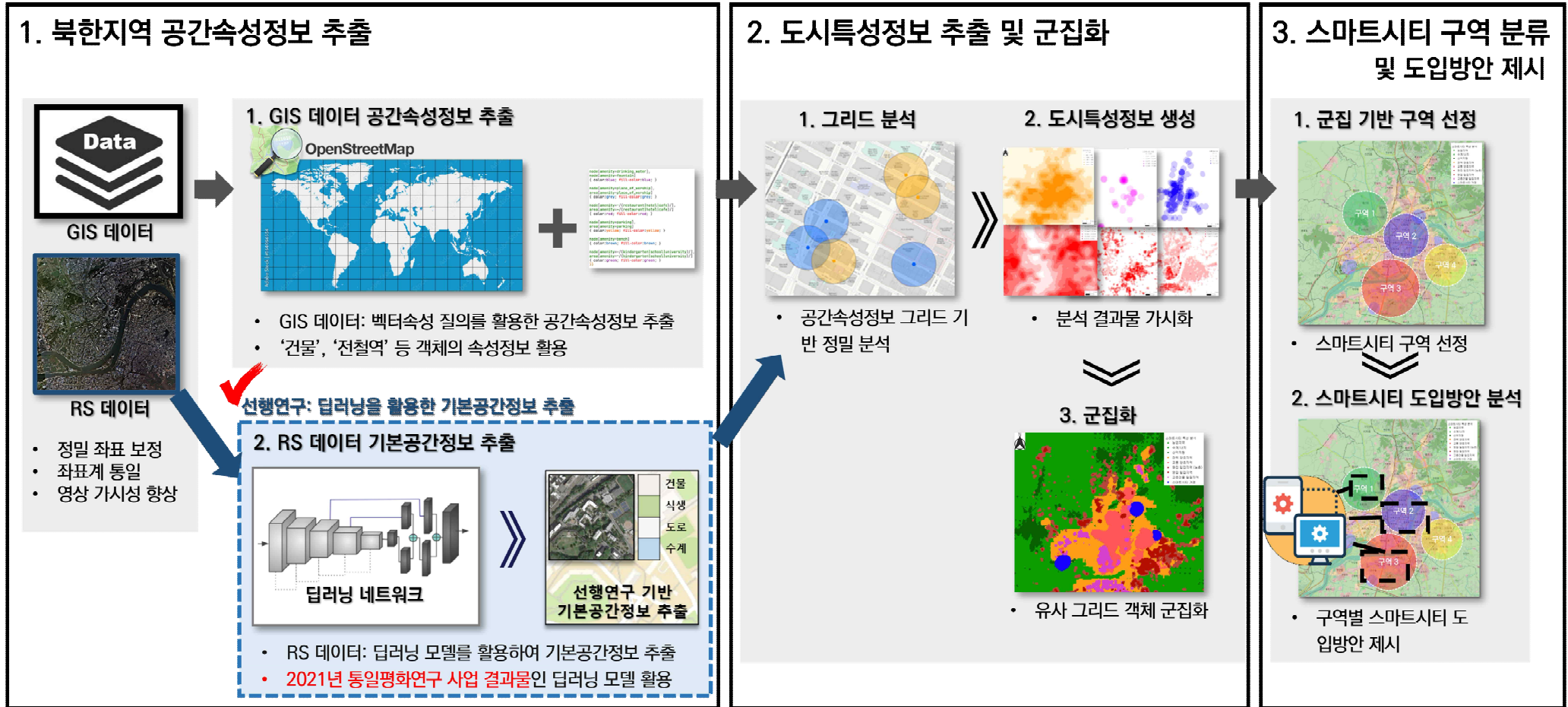


그림 2. 연구 흐름도

1. 북한지역 공간속성정보 추출

본 연구에서는 스마트시티 도입을 위한 정량적 기반데이터를 구축하기 위하여 RS/GIS 기술을 기반으로 북한지역의 공간속성정보를 추출하였다. 공간속성정보 추출을 위하여 먼저 스마트시티 선행사례를 분석하였으며, 이를 통해 북한지역의 스마트시티 도입에 필요한 도시특성정보를 선정하고 선정된 도시특성정보 산출에 요구되는 공간정보를 결정하였다. 공간속성정보는 OSM 및 수치지형도를 포함한 기구축된 GIS 데이터와 국토위성 1호 및 NASA Suomi-NPP를 포함한 RS 데이터를 복합적으로 활용하였다.

가. 도시특성정보 선정 및 데이터셋 구축

○ 스마트시티 선행사례 분석

- 전 세계적으로 다양한 스마트시티가 구축되고 있으나, 지역적 특성과 적합한 기술 수준에 기반한 도입방안 구축을 위해서는 국내 스마트시티 선행사례가 중점적으로 분석될 필요가 있다. 국내의 대표적인 국가단위 스마트시티 도입사례로는 세종 5-1생활권과 부산 에코델타시티가 존재한다(그림 3).
- 세종 및 부산 스마트시티 선행사례에서는 지속적으로 첨단기술을 연구할 수 있는 연구기관, 주변지역의 개발 현황, 그리고 접근성을 보장할 수 있는 주요 교통기반시설 등이 주요하게 분석되어 스마트시티가 구축되었음을 확인할 수 있다.

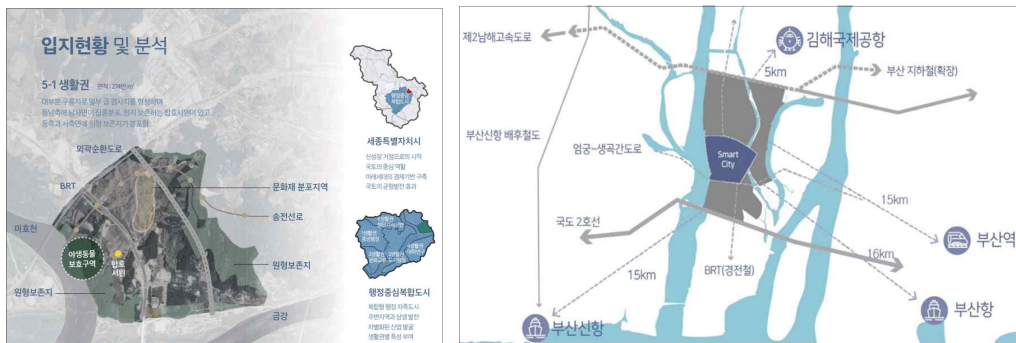


그림 3. 스마트시티 국가시범도시 입지분석 사례(정재승, 2018; 국토교통부, 2018)

- 또한, 스마트시티 적용 단계에서의 주요 도시특성정보 선정을 위하여 기존의 스마트시티 지표들을 검토하고 스마트시티 지표의 평가항목 중 공통적으로 나타나는 공간속성정보를 확인하였다.
- 서울시를 대상으로 스마트시티 평가지표별 특성 및 강약점을 분석한 연구(서울디지털재단, 2019)에서는 10개의 국외 스마트시티 평가지표(표 3)를 활용하여 서울시를 대상으로 강약점을 분석한 바 있으며, 본 연구에서는 해당 분석에서 활용된 평가지표에 기반하여 주요 평가항목과 이에 나타나는 세부 공간속성정보를 분석하였다.

표 3. 스마트시티 평가지표 (서울디지털재단, 2019)

구분	지표명	발행연도	발행기관
1	Cities in Motion Index	2019	IESE Business School
2	Global Power City Index	2018	Mori Memorial Institue
3	Top 50 Smart City Governments	2018	Eden Strategy Institute, ONG&ONG(OXD)
4	Global City Performance	2017	Juniper Research
5	Smart Cities Index	2019	EasyPark
6	Sustainable Cities Index	2018	Arcadias
7	Global Cities Index	2018	WSP
8	World's Best Cities	2019	Resonanace
9	Smart City Strategy Index	2019	Roland Berger
10	Global Cities Index, Global Cities Outlook	2019	ATKearney

- 주요 평가항목에는 이동성, 의료서비스, 공공안전, 생산성, 환경, 경제, R&D 등이 있었으며, 공통적으로 주요하게 나타나는 공간 속성정보는 다음과 같다.
 1. 건물분포: 대학교 수, 고층빌딩 수, 빌딩 수 등
 2. 자연환경: 녹지면적 등
 3. 접근성 및 교통: 대중교통, 철도 등
 4. 인프라: 전력분포, 기반시설 등
- 이에 따라 관심 도시특성정보는 전력분포, 교통 밀집도, 스마트시티 주요시설, 건물 밀집도, 땅집 밀집도, 식생 밀집도, 지형 경사도로 설정하였다.

○ 대상지역 선정

- 본 연구에서는 분석한 스마트시티 선행사례를 기반으로 하여 다음과 같은 근거로 평양을 스마트시티 도입을 위한 대상지역으로 선정하였다.
- 평양지역은 북한의 이념 선전을 위한 전시도시의 성격을 띠므로, 북한 정부에서 적극적으로 주민들의 삶의 질을 보장하려고 노력하며, 따라서 새로운 기술에 대한 수용성이 매우 높은 도시이다.
- 평양지역은 건물분포, 자연환경, 접근성 및 교통 등 대부분 측면에서 북한의 다른 도시들에 비해서 구축되어있는 인프라가 우수하며, 이에 대한 공간속성정보 역시 타 지역에 비해서 취득이 용이하다.
- 또한 평양 내에서도 농업지역, 문화지역, 공업지역, 거주지역 등 다양한 지역적 특성이 나타나며, 이에 따라 각 구역에 대해서 다양한 스마트시티 기술의 적용이 가능하여 테스트베드로써 높은 가치 및 효용성을 지닌다.

○ RS 데이터 취득

- 스마트시티 사례 분석을 통해 선정된 도시특성정보를 구축하기 위하여 기반데이터가 되는 고해상도 위성영상(국토위성 1호) 4장과 야간 위성영상(NASA Suomi-NPP) 1장을 취득하였다.
- 국토위성 1호는 2021년 3월에 국내에서 발사한 초고해상도 광학 위성으로, 0.5m급 공간해상도의 전정색(panchromatic) 대역과 2.0m급 공간해상도의 광학 및 근적외선(visible and near-infrared) 대역을 갖추고 있어 건물, 도로 및 대형차량까지 육안으로 관측 가능하다.
- 북한 전역에 대한 고해상도 위성영상 자료를 구축하기 위해서 총 4장의 평양지역 국토위성 1호 영상을 취득하였으며 (그림 4), 근접한 시간대의 영상자료 취득을 위하여 2021년 10월 19일과 2021년 11월 12일에 촬영된 국토위성 1호 영상을 각각 두 장씩 확보하였다.

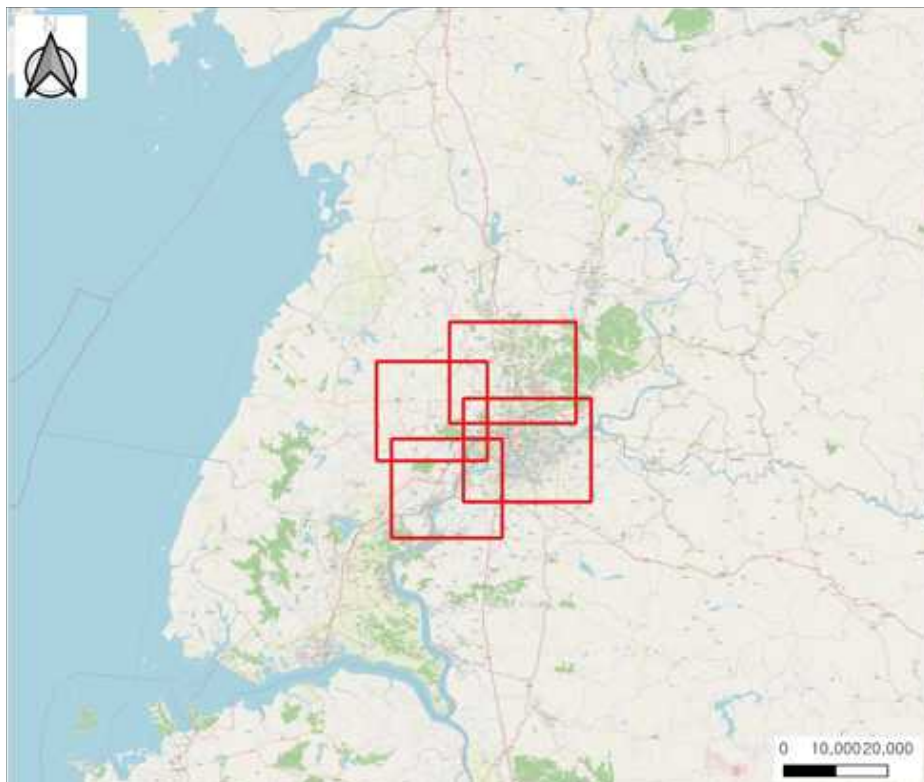


그림 4. 국토위성 1호 위성영상 취득지역

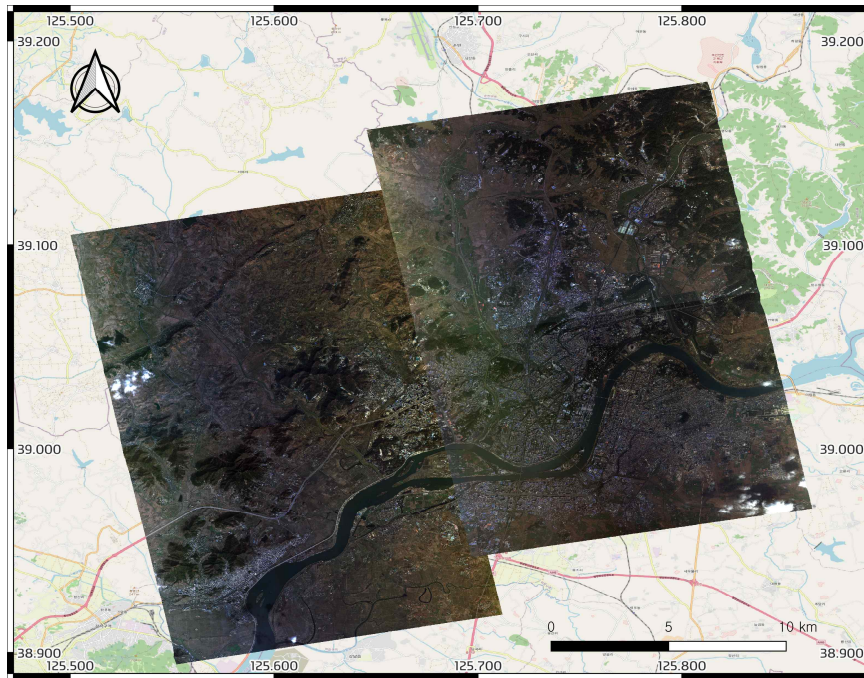
- 추가적으로 본 연구에서는 취득한 다시기 위성영상에 대하여 기하 및 방사보정, 영상 모자이크 등의 전처리를 수행하였다.
- 취득한 영상들에 정밀 영상정합을 통해서 부정확한 좌표정보를 상호 보정하고, 밝기값 보정을 통해서 영상마다 다르게 나타나는 분광특성을 통일하였다(그림 5).
- 영상 모자이크 단계에서는 정밀 영상정합된 좌표정보와 통일된 분광특성을 가지는 4장의 고해상도 위성영상을 이어붙여 평양 중심지에 대한 통합된 위성영상 모자이크를 생성하였으며, 궁극적으로 생성된 영상 모자이크를 공간정보 추출에 활용하였다(표 4).



그림 5. 정밀 영상정합 및 밝기값 보정

표 4. 취득한 평양지역 위성영상 모자이크

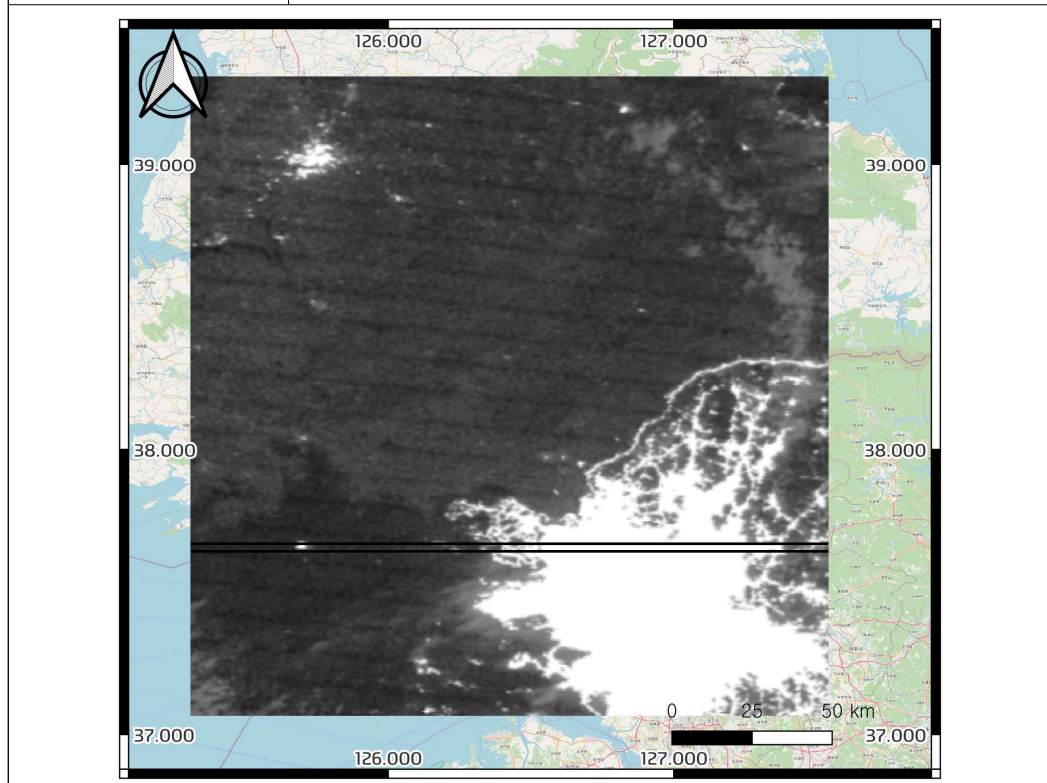
구분	내용			
분광밴드	PAN(panchromatic) VNIR(visible and near-infrared)			
공간해상도	PAN: 0.5m VNIR: 2.0m			
촬영 지역	북한 평양시			
촬영 시기	2021년 10월 19일	2021년 10월 19일	2021년 11월 12일	2021년 11월 12일
Off-nadir	22.6°	22.6°	19.6°	19.6°



- NASA Suomi-NPP 위성은 VIIRS(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) 센서를 탑재하고 있으며, 해당 센서는 야간의 불빛을 관측할 수 있는 DNB(Day and Night) 밴드를 포함하여 야간 위성영상취득에 폭넓게 활용되고 있다(Crespo Cuaresma *et al.*, 2020).
- 본 연구에서는 2019년 12월 18일에 촬영된 평양지역에 대한 야간 위성영상을 확보하였으며(표 5), 위성영상 모자이크와 정밀 영상정합을 통해 통합된 평양 관측 데이터셋을 구축하였다.

표 5. NASA Suomi-NPP 위성 VIIRS 센서 영상

구분	내용
분광밴드	DNB (Day and Night) 외 21개
공간해상도	400m
촬영 지역	서울 ~ 평양시 일대
촬영 시기	2019년 12월 18일



○ GIS 데이터 취득

- 본 연구에서는 기구축된 북한지역의 데이터를 최대한 활용하기 위하여 오픈소스 GIS 데이터인 OSM과 국토지리정보원에서 구축한 수치지형도 및 수치표고모델을 취득하였다.
- OSM은 오픈소스 방식의 사용자 참여형으로 주기적으로 구축되는 데이터로, 위성영상의 취득시기인 2021년 11월 12일을 기준으로 생성된 데이터를 확보하였다.
- 수치지형도는 국토지리정보원에서 2016년에 생성한 1:25000 축척의 평양지역 수치지형도를 4장 취득하여 모자이크를 생성하였으며, 생성된 수치지형도 모자이크는 그림 6과 같다.

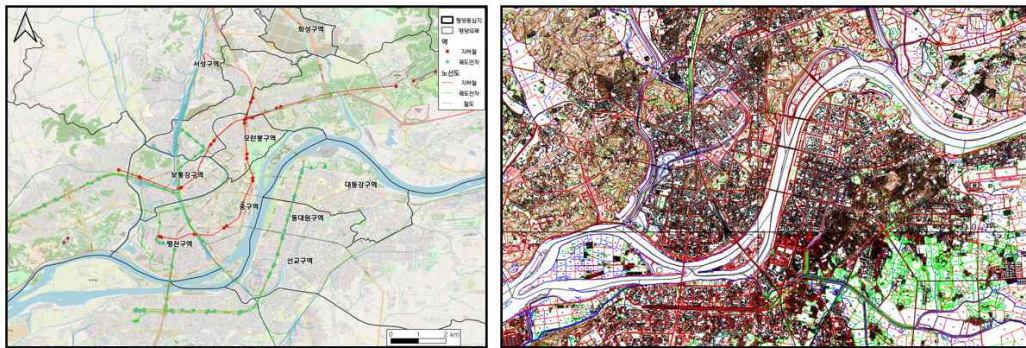


그림 6. OSM 예시 및 수치지형도 모자이크

- 최종적으로 취득한 데이터들은 표 6과 같으며, 각각의 좌표계와 위성영상의 좌표계가 동일하도록 재투영하여 최종적으로 평양의 도시특성정보 추출을 위한 기반 데이터셋을 구축하였다.

표 6. 취득한 GIS 데이터

데이터	생성일자	취득처	비고
수치지형도	2016	국토지리정보원	축척: 1:25000
수치표고모델	2014.12.07.	국토지리정보원	해상도: 90m
OSM	2021.11.21.	Overpass API	

나. 기본공간정보 추출

○ RS 기반 기본공간정보 추출

- 기본공간정보는 래스터 이미지 형태로 객체의 속성정보가 포함되지 않은 데이터를 의미하며, 본 연구에서는 기본공간정보 중 식생분포도, 전력분포도, 지형경사도를 추출하였다.
- 식생분포도는 근적외선(near-infrared; NIR) 파장대역을 활용한 대표적인 식생지수 중 하나인 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)를 활용하여 생성하였다.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

- NIR과 Red는 각각의 파장대역에 대한 픽셀의 밝기값을 의미하며, NDVI는 -1 ~ 1 사이의 값으로 표현된 식생지수를 의미한다.
- 식생은 일반적으로 근적외선 파장대역에 대한 반사도가 높으며, 붉은색 파장대역에 대한 반사도가 낮아 근적외선 파장대역에서 밝게 나타나며, 붉은색 파장대역에서 어둡게 나타난다. 이에 따라 식생의 밀집도와 NDVI 값이 비례하는 특징이 있다.
- 그림 7은 분석 지역에 대한 NDVI 산출 결과를 보여주며, 식생이 밀집된 지역은 높은 NDVI 값이 산출돼 밝게 보이고 식생이 적은 지역의 경우 낮은 NDVI 값으로 인해 어둡게 보이는 것을 확인할 수 있다.



그림 7. NDVI를 활용하여 강조된 식생지도

- 북한지역은 지역적 폐쇄성으로 인하여 각 구역의 전력분포에 대한 통계자료가 부족하다. 이에 본 연구에서는 전력분포 추정에 대한 정량적 근거를 제시하기 위해 평양에 위치한 두 곳의 화력 발전소를 기준으로 인접도에 비례하게 전력분포를 예측하였다.
- 또한, 야간 위성영상에서 나타나는 불빛이 대부분 인공적인 불빛임에 기반하여 야간위성영상의 밝기값에 비례하게 전력분포를 예측하였다(그림 8).

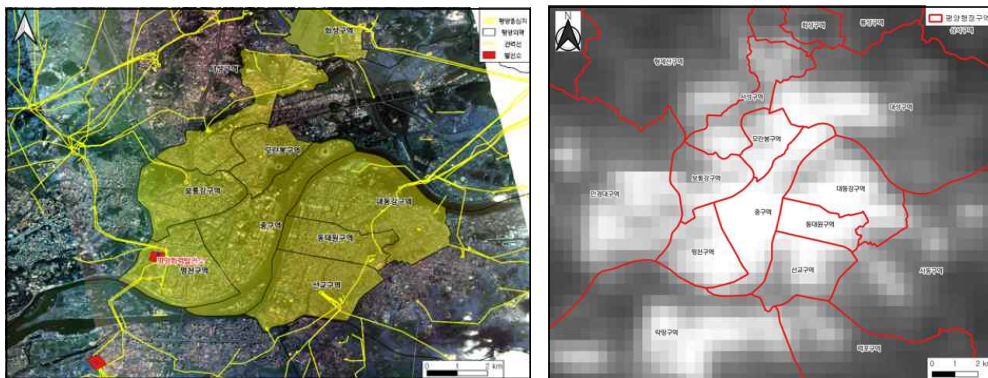


그림 8. 평양 전력시설 분포 및 야간위성영상

- 마지막으로 북한의 개발 적정지역 산출에 대한 선행연구(한국토지주택공사, 2021)를 참고하여 지형 경사도를 기본공간정보에 추가하였다. 지형 경사도는 기구축된 평양 수치표고모델에 대해 각 지점의 기울기를 계산하고 래스터화하여 산출하였다(그림 9).

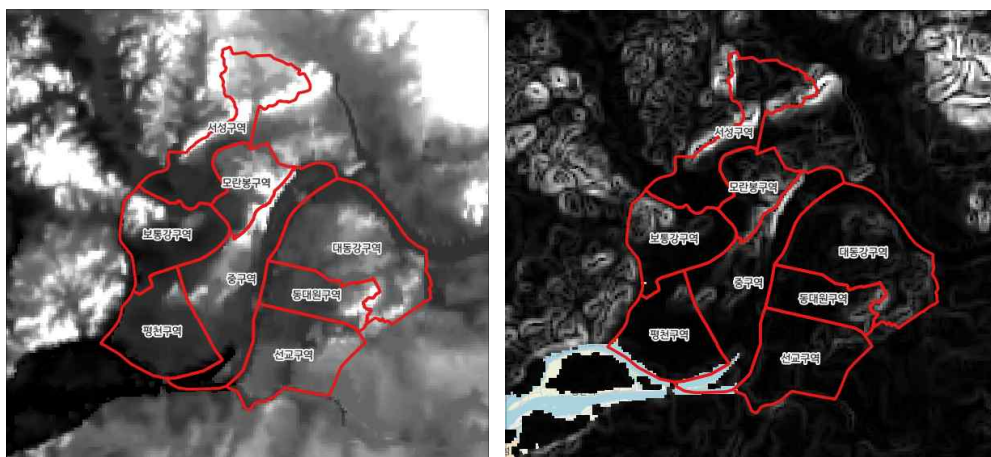


그림 9. 평양 수치표고모델 기반 지형 기울기 산출

다. 공간속성정보 추출

○ GIS 기반 공간속성정보 추출

- 본 연구에서는 OSM과 수치지형도 객체의 속성정보를 활용하여 건물 및 층 수, 교통시설 (철도, 궤도전차 등), 연구시설, 발전시설, 대학교, 장마당, 땅집 등의 주요 공간속성정보 객체들을 질의(query)를 통해서 추출하였다.
- 본 연구에서는 Overpass API의 ‘building’ 키를 통해서 OSM 데이터 내부의 건물 폴리곤들을 추출하였으며, 추출된 폴리곤들의 세부 속성값을 활용하여 각 건물들을 연구시설, 발전시설, 대학교, 장마당, 교통시설 등의 구체적인 클래스로 분류하였다(그림 10)

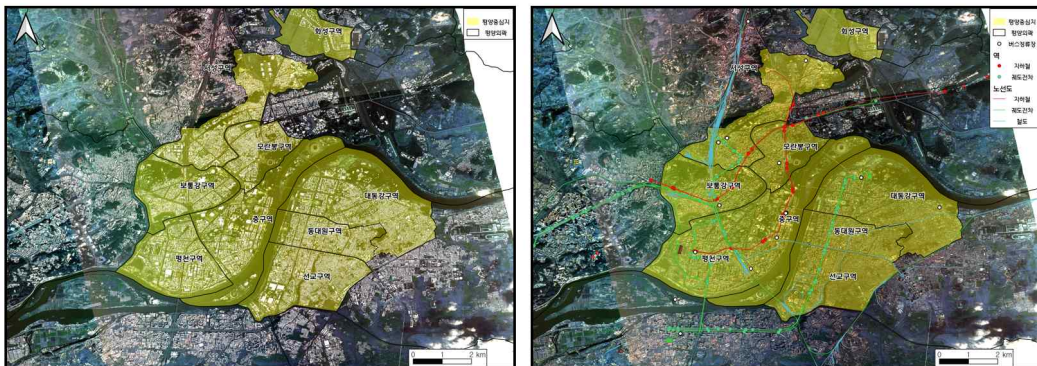


그림 10. Overpass API를 활용한 객체 추출 예시(빌딩, 교통시설)

- 수치지형도에는 ‘지형지물 표준코드’가 포함되어 있으며, 주택(B0014112) 등의 특정 속성을 가진 객체 추출이 가능하다.
- 수치지형도의 주택 객체는 다량의 ‘땅집’을 포함하고 있다. 땅집이란 북한 특유의 거주형태로, ‘살림집’으로 일컬어지는 주택형태들 중 아파트와 대조되는 저층 주택형태를 의미한다.
- 선행연구에서는 평양지역에 대해서 땅집의 밀집도와 빈곤의 상관관계에 대해서 분석한 바 있다(이시효 외, 2023). 땅집의 밀집도와 빈곤은 서로 높은 양의 상관관계를 가지며, 따라서 이를 참고하여 수치지형도의 주택 객체에서 땅집을 분류하였다.

- 최종적으로 본 연구에서 취득한 데이터 및 공간속성정보와 이를 통해 구축된 도시특성정보는 표 7과 같다.

표 7. 취득한 공간속성정보 및 취득처

도시특성정보	공간속성정보	활용된 데이터	
전력 분포도	야간위성영상	NASA Suomi-NPP OSM	
	발전시설		
교통 밀집도	궤도전차		
	기차		
	지하철		
스마트시티 주요시설 분포도	연구시설		
	주요 경제시설		
건물 밀집도	건물(층수 고려)		
땅집 밀집도	땅집 수		수치지형도
식생 밀집도	녹지 비율		국토위성1호영상(NDVI)
지형 경사도	지형 경사	수치표고모델	

2. 도시특성정보 추출 및 구역 분류

본 연구에서는 공간속성정보 추출 이후 평양의 도시특성 분석을 위하여 그리드 분석을 실시하고 이를 통해 7가지의 도시특성정보를 산출하였다. 이후 도시특성정보의 균집화를 수행하여 평양지역을 도시특성에 기반한 여러 개의 구역으로 재분류하였다.

가. 그리드 분석

○ 그리드 분석을 활용한 도시특성정보 추출

- 그리드 분석은 일정한 간격으로 분산된 그리드 포인트를 기준으로 특정 분석반경 내의 공간속성정보를 분석하는 기법이며, 각 그리드 포인트에는 산출된 공간속성정보의 평균값이 부여된다.
- 각 포인트는 특정 지점에 대한 공간속성정보를 대표하며, 결과적

으로는 산출된 포인트들을 래스터화하여 도시특성정보를 산출하는 데 활용될 수 있다.

- 그리드 분석을 위해서 먼저 100m의 일정한 간격으로 고르게 분산된 그리드 포인트를 생성하였다(그림 11). 그리드 분석을 위한 도시특성정보 분석반경은 북한의 사회주의 도시계획을 고려하여 공간속성정보마다 다르게 설정하였으며, 각 도시특성정보 별 분석반경은 표 8에 나타내었다.
- 이와 같은 그리드 분석을 통해 7 가지의 도시특성정보를 산출하였으며, 각각 전력 분포도, 스마트시티 주요시설 분포도, 교통 밀집도, 식생 밀집도, 땅집 밀집도, 건물 밀집도가 산출되었다(표 9, 표 10).



그림 11. 그리드 분석 예시 (식생 밀집도)

표 8. 공간속성정보 분석반경

추출된 도시특성정보	공간속성정보	분석반경
전력 분포도	발전시설	1000m
	야간위성영상	100m
교통 밀집도	궤도전차	1000m
	기차	1000m
	지하철	1000m
스마트시티 주요시설 분포도	연구시설	1000m
	주요 경제시설	1000m
건물 밀집도	건물(층수 고려)	250m
땅집 밀집도	땅집 수	250m
식생 밀집도	녹지 비율	1000m
지형 경사도	지형 경사	100m

표 9. 산출된 도시특성정보(1)

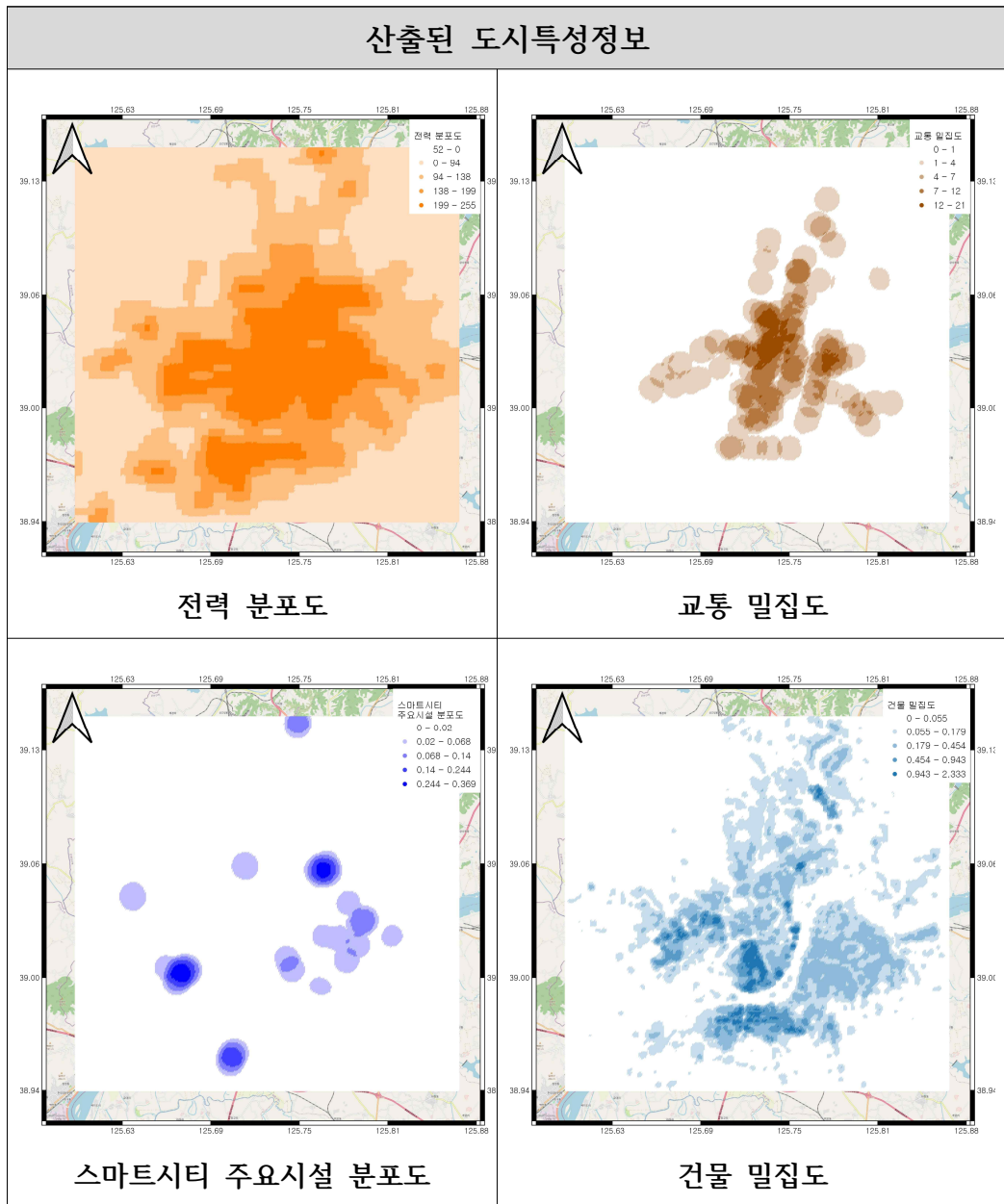
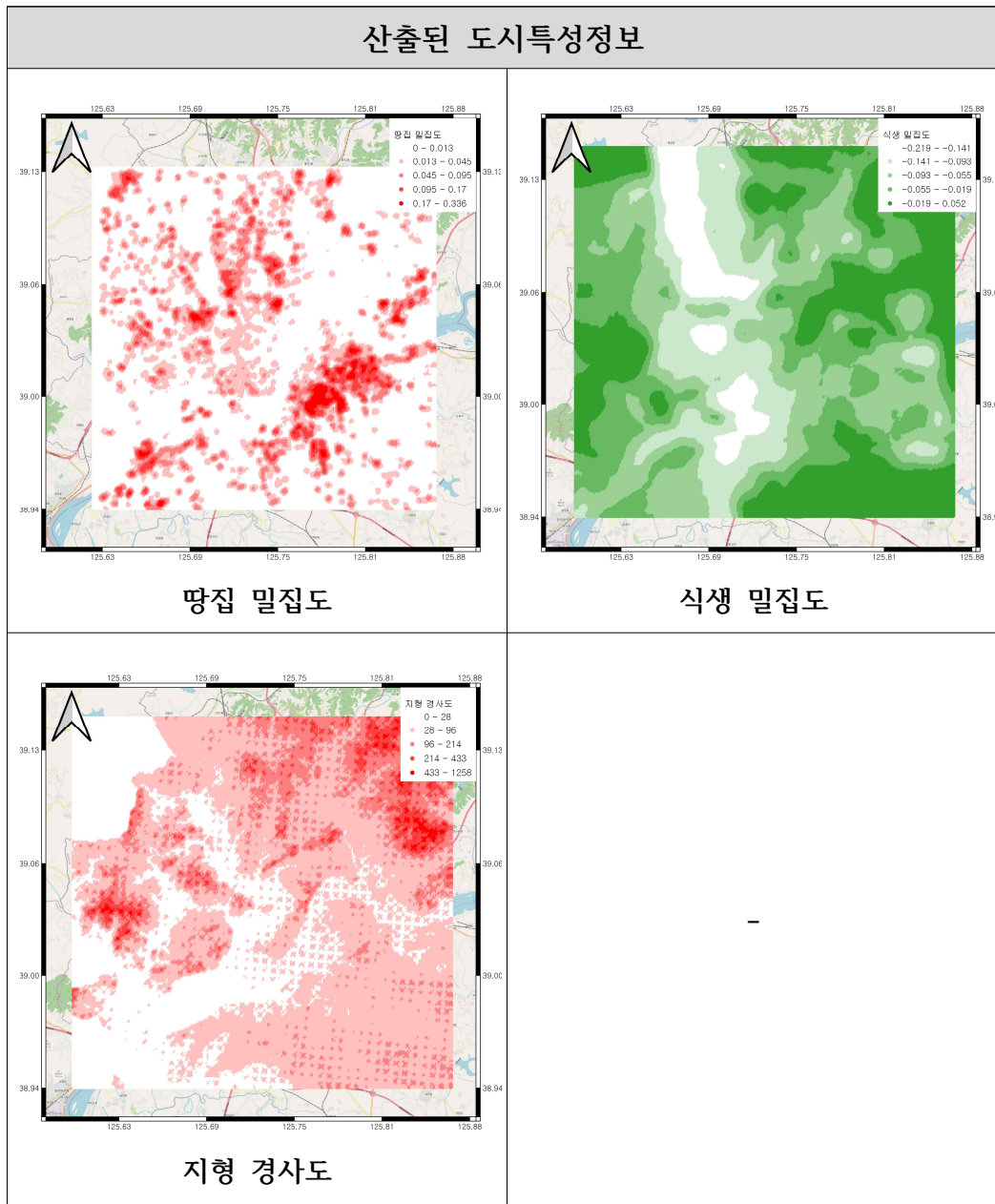


표 10. 산출된 도시특성정보(2)



나. 군집화

○ K-Means 군집화

- 군집화는 비지도 머신러닝 기법 중 하나로, 주어진 데이터 집합을 유사한 데이터들의 군집으로 나누는 기법이다. 이 중 K-Means 군집화는 가장 널리 활용되는 대표적인 군집화 기법으로, 각 군집들 간의 거리 차이의 분산을 최소화하도록 데이터를 나누는 기법이다.
- 본 연구에서는 K-Means 알고리즘을 활용해서 평양지역의 도시 구역을 분류하였으며, 이를 위해서 산출된 7개의 도시특성정보를 군집화의 각 차원 축으로 활용하였다.
- 차원 축으로 활용된 도시특성정보들은 각각 상이한 값의 분포를 지니는 특징이 있다. 이에 먼저 좌표계 정렬을 통해서 각 그리드 포인트들의 지상좌표를 통일시킨 후, 각 도시특성정보 산출 값을 평균 0과 표준편차 1의 가우시안 분포로 근사하여 정규화하였다.
- 군집의 개수는 10개로 선정하였으며, 10개의 군집 중 유사성을 고려하여 수계 및 나지로 분류된 군집을 병합하여 총 9개의 클래스로 재구성하였다. 군집화 결과물은 그림 12에서 확인할 수 있다.

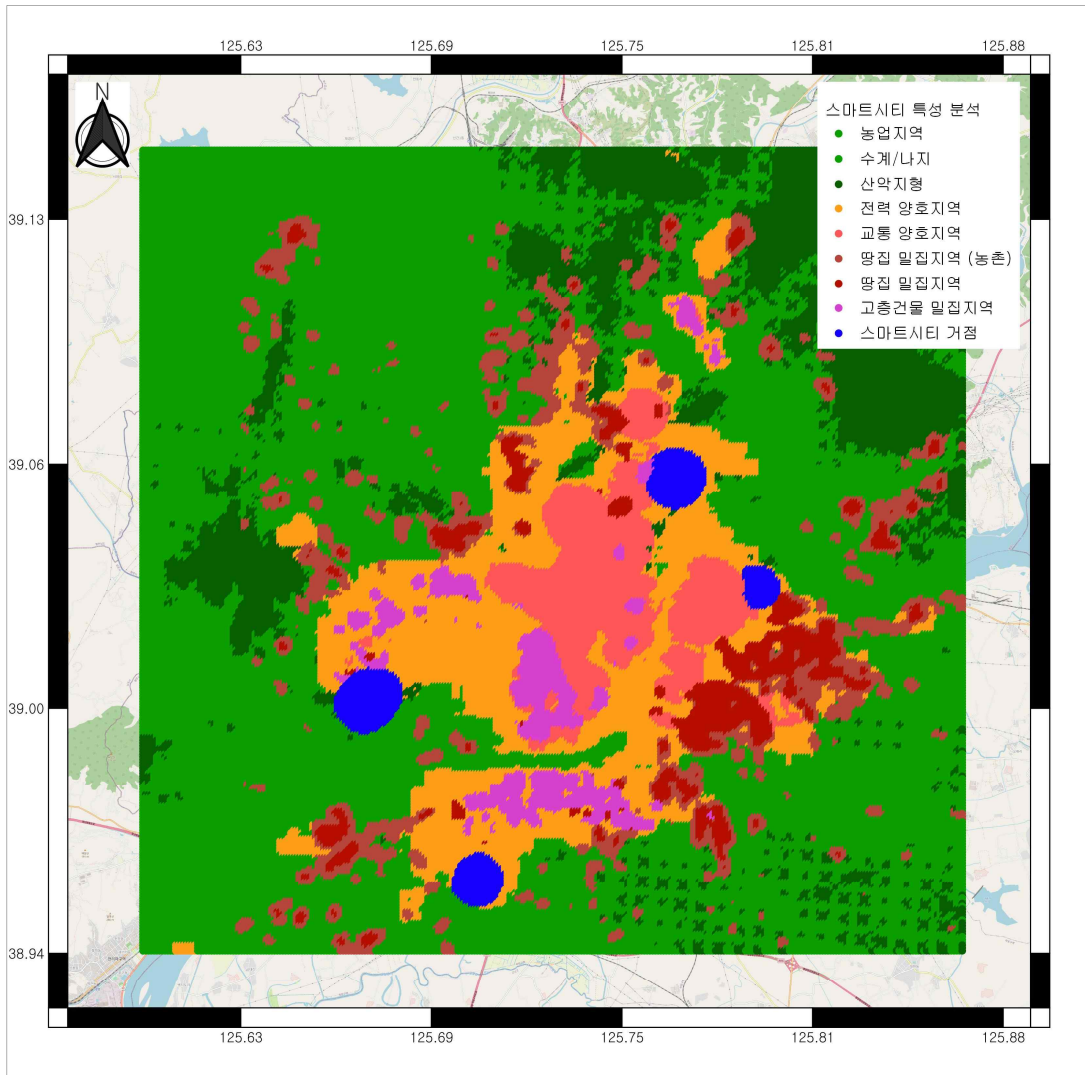


그림 12. 도시특성정보 K-Means 군집화 결과물

3. 구역별 스마트시티 도입방안 분석

본 연구에서는 도시특성정보의 군집화 결과물을 활용하여 유사한 도시특성을 가진 스마트시티 구역을 정의하고 구역별 구체적인 스마트시티 기술 도입방안을 분석하였다. 각각의 구역에 대해서 스마트시티 적용방안을 제시하고 이를 유기적으로 종합하여 최종적으로는 평양지역에 대한 구체적인 스마트시티 적용플랜을 도출하였다.

가. 스마트시티 구역 선정

○ 도시특성정보 군집화 기반 구역분류

- RS/GIS 기반 도시특성정보를 활용한 군집화 결과물을 바탕으로 평양에 대한 스마트시티 구역을 설정하였다.
- 주요 군집은 농지 및 식생 밀집지역, 발전소 및 주요 교통망 주변지역, 땅집 밀집지역, 건물 밀집지역 등의 특성을 보였으며, 이를 기반으로 4개의 스마트시티 구역을 정의하였다. 구역의 범위는 각 군집 특성이 구역 전반에 걸쳐 고르게 나타날 수 있도록 설정하였다.
- 정의된 4가지의 각 구역은 스마트시티 테스트베드로 활용됨을 가정한다. 이에 따라 지속적인 연구개발을 주도할 기관이 필요하며, 각 구역당 최소 하나의 스마트시티 연구기관을 포함할 수 있도록 선정하였다. 표 11과 그림 13은 정의된 스마트시티 구역 및 해당 구역의 도시특성을 보여준다.

표 11. 스마트시티 구역 및 도시특성

구역명	도시특성
구역 1	농지 및 도시외곽 구역
구역 2	문화·경제구역
구역 3	공업(전력망/공업시설) 구역
구역 4	거주지 구역

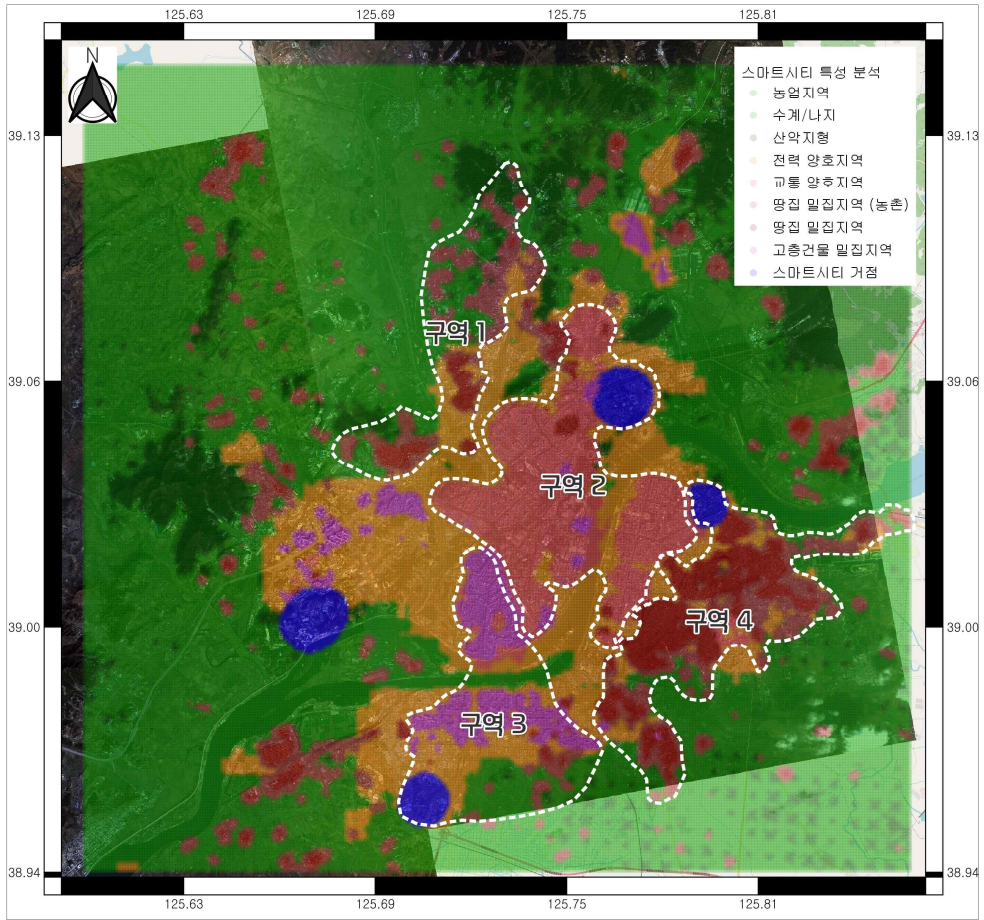


그림 13. 스마트시티 구역 분류 결과

○ 구역 1: 도시외곽 농업구역

- 도시외곽에 위치하여 주로 농업지역으로 구성되었으며, 농업지역 주변으로 저층 주거지역인 땅집이 밀집되어 나타나는 양상을 보인다(그림 14).
- 주변에 경의선(평의선) 서평양역이 위치하며, 해당 노선은 남북철도 연결사업으로 2003년에 남한과 연결되어 효과적인 기술과 문자 운송이 가능하다.
- 주요 연구기관으로는 김일성 종합대학 평양농업대학과 평양 농업과학원이 위치하며, 특히 평양농업대학은 경의선의 연장선 하에 있어 접근성이 뛰어나다.
- 남한과 연결된 철도가 위치하며 지속적 연구기관의 존재로 인하여 농업 기술개발 및 시범적용이 효율적으로 이루어질 수 있다.



그림 14. 구역 1의 도시경관

○ 구역 2: 문화·경제구역

- 주요 관광명소들과 우수한 접근성으로 인해 관광산업의 잠재성이 매우 높은 구역이며, 문화시설이 다수 위치하여 평양의 문화 및 경제 중심지로의 성장 가능성이 높다(그림 15).
- 태양궁전, 평양 개선문, 옥류관 등 주요 관광명소가 위치하며, 인민 문화궁전, 평양 대극장 등의 문화시설을 통해 평양의 주요 문화지역 역할을 수행하고 있다.
- 천리마선과 혁신선 등 평양의 주요 대중교통시설들이 밀집되어 있으며, 대동강 이남에는 궤도전차 노선이 활발하게 운영되어 대중교통이 가장 잘 구축된 구역 중 하나이다.
- 평양 내에서 가장 부유한 구역으로 잘 알려진 중구역, 모란봉 구역을 포함하고 있으며, 주요 국가시설들이 많이 위치하여 인접지역의 전력사정이 좋다.
- 김일성 종합대학이 인근에 위치하여 지속적으로 도시경관 및 문화시설, 교통 최적화 등에 대한 연구를 수행할 수 있다.



그림 15. 구역 2의 도시경관

○ 구역 3: 공업(전력망/공업시설) 구역

- 평양 화력발전소, 동평양 화력발전소, 대동강 축전기공장, 오수정 화장 등의 주요 발전시설과 공업시설이 폭넓게 위치한 구역이다 (그림 16).
- 화력발전시설에서 생산되는 대기오염물질로 인하여 대기의 질이 좋지 않으며, 이에 따른 개선이 필요하다. 또한 태양광 전지판 등 친환경 에너지를 적극적으로 활용하고 있으며, 전력 기반시설의 구축이 잘 되어있어 전력기술 수용성이 매우 높다.
- 구역 중앙에 경의선(평의선)이 위치하며, 궤도전차가 활발하게 운행되고 있어 인력 및 자원 운송에 용이하다.
- 현재 평천구역의 미래과학자거리, 락랑구역의 과학기술전당 등 북한의 과학기술 전시구역의 역할을 하고 있으며, 평양과학기술대학이 인근에 위치하여 지속적 연구기관으로의 역할을 할 수 있다.
- 첨단기술의 개발 및 시범적용에 용이한 구역이며, 남한과 경의선으로 연결되어 있어 연구개발 협력이 용이하다. 또한 이를 위해 필요한 물자, 자원, 에너지원의 공급이 원활하다

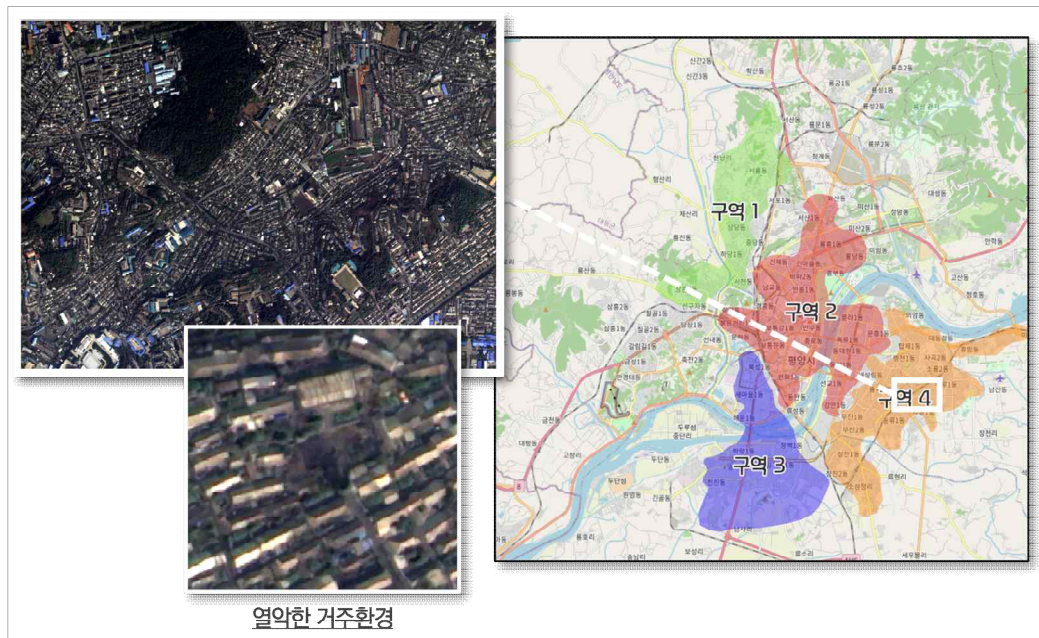


락랑구역 태양열 전지판

그림 16. 구역 3의 도시경관

○ 구역 4: 거주지 구역

- 땅집으로 대표되는 평양 특유의 거주환경이 폭넓게 나타나며, 이외에도 학교 등의 교육기관과 병원 등의 거주지역의 기반시설들이 넓게 존재한다(그림 17).
- 북한의 새로운 경제활동 중심지인 장마당이 많이 위치하며, 이외에도 대학과 같은 교육시설, 병원과 같은 기초 생활 시설들이 다수 위치한다.
- 문수동 외교단지에 이집트, 라오스, 러시아 등 다양한 국가의 대사관이 위치하며, 폐쇄적인 평양의 정책에 비해 문화적 다양성을 기대할 수 있다(이시효 외, 2022).
- 열악한 거주환경에 비해서 실질적인 문화, 사회, 경제적 개발 가치가 매우 높은 구역이며, 광범위한 땅집의 재개발을 통해 거주환경을 크게 개선할 수 있다.



열악한 거주환경

그림 17. 구역 4의 도시경관

- 최종적으로 군집화를 통해서 분류된 각 구역의 주요 도시특성을 정리한 결과는 표 12와 같다.

표 12. 스마트시티 구역 별 도시특성 분석 결과

구역 1: 도시외곽 농업구역	구역 2: 문화·경제구역
 <ul style="list-style-type: none"> - 평양의 북측 외곽의 농업구역 - 발전시설, 연구시설, 교통시설 등의 기술개발 기반시설이 양호 	 <ul style="list-style-type: none"> - 평양 중앙의 문화 및 경제중심지 - 주요 관광명소와 교통시설들이 밀집되어 있으며, 가장 부유한 구역
구역 3: 공업구역	구역 4: 거주지 구역
 <ul style="list-style-type: none"> - 평양 중앙~남측의 공업구역 - 공업시설과 전력시설이 가장 많이 구축되어있음 - 발전시설로 인한 대기오염 문제 존재 	 <ul style="list-style-type: none"> - 평양 남동측 외곽의 주거구역 - 열악한 거주환경에 비해 병원, 대학, 장마당등의 주요시설들이 밀집되어 있음

나. 스마트시티 도입방안

○ 구역 1: 스마트 농업도시

- 구역 1은 고도화된 스마트 농업기술이 적용되는 도시지역으로, 우수한 농산물 생산기법에 기반한 농업생산물을 인접한 타 구역에 제공하는 역할을 수행한다.
- 구역 간 연계의 관점에서는, 구역 2의 우수한 교통시설과 구역 3의 첨단기술과 연계하여 효율적인 운영 네트워크를 구축할 수 있는 구역이다.
- 구체적으로는 스마트팜 기술 도입을 통해 기존 도시외곽 농지를 스마트화하고 적은 양의 자원으로도 효율적인 작물생산을 가능케 한다. 요소기술로는 환경정보(온/습도, 일사량, 생육환경) 모니터링과 자동원격 온실환경 조절, UAV기반 지능형 모니터링 시스템 등이 있다(그림 18).

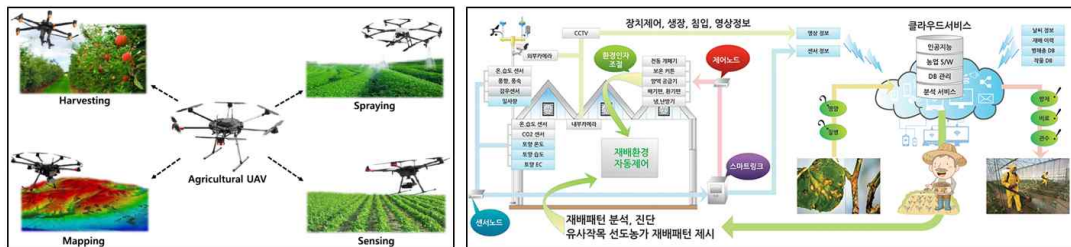


그림 18. 스마트 농업도시 요소기술 예시(Islam *et al.*, 2021; 농촌진흥청)

- 기존의 북한에서는 평양남새과학연구소 온실, 장천남새전문협동농장 등 ‘지능형 온실’ 관련기술을 추진해온 바 있어 스마트팜 기술에 대한 수용성이 높다는 특징이 있으며, 이를 기반으로 효과적이고 신속한 신기술 도입이 기대되는 구역이다.
- 스마트시티 기술 도입의 근거:
 1. 남북철도 연결을 통해 농업에 필요한 기술과 물자 조달 가능
 2. 화력발전소와 인접하여 스마트 농업도시 전력 공급 가능
 3. 북한의 ‘지능형 온실’기술과 연계하여 농업 기술의 고도화 가능

○ 구역 2: 스마트 문화·경제도시

- 구역 2는 평양의 교통, 문화, 경제의 중심지 역할을 하며, 각 구역을 연결하는 교통 허브의 역할을 한다. 우수한 접근성을 활용하여 각 구역 거주민들에게 교통, 문화, 경제시설을 제공하고 관광산업을 통해서 평양 전체의 새로운 성장동력을 제공한다.
- 구체적으로는 기존 관광 및 문화시설을 활성화시키기 위한 스마트 모빌리티 및 플랫폼 기술을 적용하며, 대표적인 요소기술로는 문화플랫폼, 친환경 스마트 모빌리티, 스마트 관광안내시스템 등이 있다(그림 19).



그림 19. 스마트 문화·경제도시 요소기술 예시(Behrendt, 2016; 한국관광공사)

- 국내 스마트 관광도시 사례를 통해서 남한의 문화기술을 평양지역에 성공적으로 적용하고 이를 통한 관광 및 문화사업의 활성화를 기대할 수 있다.
- 스마트시티 기술 도입의 근거:
 1. 집약된 문화 및 관광시설이 매우 우수함
 2. 천리마선 및 혁신선 기반의 접근성이 매우 우수
 3. 직주근접의 평양 소규모 도시계획 특성으로 퍼스널 모빌리티를 통한 접근성의 향상을 기대할 수 있음

○ 구역 3: 스마트 첨단도시

- 구역 3은 평양의 첨단 에너지 및 공업의 중심지 역할을 하며, 각 구역에 필요한 에너지 및 첨단기술을 제공한다. 구역 간 연계의 관점에서는 구역 2의 교통시설과 연계하여 생산물의 운송을 최적화하며, 구역 4로부터 우수한 인력을 공급받을 수 있다.
- 구체적으로는 구역 3에 첨단산업 클러스터를 육성하는 스마트시티 거점 지역을 조성하며, 요소기술은 스마트 그리드(전력망), 스마트 에너지 발전시설, EMS(Energy Management System), ESS(Energy Storage System) 등이 있다(그림 20).



그림 20. 스마트 첨단도시 요소기술 예시(원동준, 2018)

- 평양과학기술대학과 협력 클러스터를 조성하여 첨단기술을 적극적으로 개발하고 시범적용을 통해서 첨단산업을 육성하고 첨단도시를 구축함으로써, 평양 스마트시티의 신기술 연구개발 및 도입의 핵심 거점 역할을 수행하는 도시 구역이다.
- 스마트시티 기술 도입의 근거:
 1. 다수의 발전시설과 공업시설 및 기구축 교통망을 활용한 스마트 그리드 구축이 용이함
 2. 안정적인 전력망을 바탕으로 재생가능한 스마트 에너지 기술 시범적용이 용이함
 3. 과학기술전당, 미래과학자거리 등 첨단기술의 전시구역의 성격도 띄고 있음

○ 구역 4: 스마트 빌리지

- 구역 4는 스마트 빌리지 기술의 적극적 도입을 통해서 각 구역에 나타나는 열악한 주거환경을 개선하기 위한 기반기술이 시험되는 지역이다. 또한, 대학 및 연구기관 클러스터를 활용하여 스마트시티 인력을 개발하고 우수한 인력을 공급하는 역할을 수행한다.
- 스마트 빌리지를 구축하여 열악한 거주환경을 개선하고 삶의 질을 향상시키기 위한 구체적인 요소기술로는 거주단지 에너지 관리, 드론택배, 도시공원, 아파트 AI플랫폼, 스마트 마켓, 북한의 '지능살림길' 기술(임운택, 2020) 등이 있다(그림 21). 부산 에코델타시티의 경우 스마트 빌리지 기술이 적극적으로 도입되고 있는 대표 사례로, 남한의 높은 기술 수준과 스마트빌리지 구축 경험이 활용되어 효과적인 스마트시티 구축이 가능할 것으로 기대되는 구역이다.



그림 21. 스마트 빌리지 요소기술 예시(부산 에코델타시티)

- 또한, 인접한 대학 및 교육시설들을 활용하여 스마트시티 구현을 위한 인적자원 개발 클러스터를 설립하고 우수한 인력을 창출할 수도 있으며, 장마당이 거주지역 가까이에 위치하므로 이를 주요한 주민들의 경제활동 거점으로 활용하는 스마트 빌리지가 구축될 수도 있다.
- 스마트시티 기술 도입의 근거:
 1. 땅집 구역에 스마트 빌리지를 구축함으로써 효율적인 재개발이 가능함
 2. 대학, 장마당 등이 분포하므로 거주자 친화시설의 스마트화

- 및 스마트시티 인력 개발 클러스터 조성이 용이함
3. 거주지가 밀집되어 있어 드론택배, 도시공원, 자동결제마켓 등 거주자 편의를 고려한 신기술 시범적용 용이함

다. 스마트시티 평양

○ 스마트시티 평양 마스터플랜

- 본 연구에서는 구역별로 수립한 스마트시티 도입방안을 해당 구역에서만 적용하는 것이 아니라, 각 구역에서 고도화된 기술과 생산된 산출물들을 유기적으로 교류하여 최종적으로는 스마트시티 평양 마스터플랜을 수립하는 것을 목표로 한다. 수립된 마스터플랜은 그림 22와 같다.

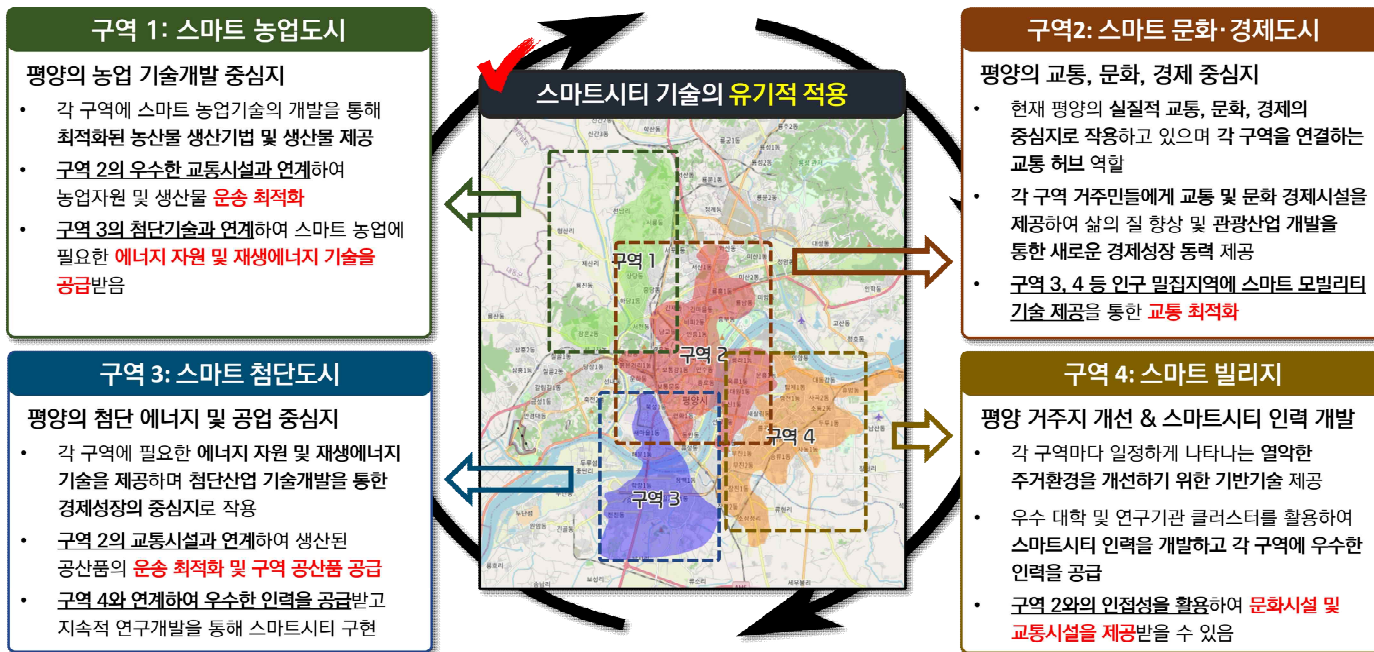


그림 22. 스마트시티 평양 마스터플랜

- 스마트시티 평양의 마스터플랜은 전원도시 평양, 문화·경제도시 평양, 첨단도시 평양, 생태도시 평양으로 총 네 가지의 세부 목표를 달성해 나가는 방향으로 수행된다. 각 목표에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

1. 전원도시 평양

평양의 기존 소규모 도시계획(마이크로 디스트릭트)을 반영하여 생활반경 내에서 농업, 공업, 거주를 모두 해결할 수 있는 도시를 구현하며, 스마트농업 기술을 적용하여 효율적 식량생산 및 식량의 자족이 가능한 전원도시를 구현한다.

2. 문화·경제도시 평양

문화 및 관광자원의 공동개발을 통해 기존의 평양 공업도시라는 제한적 이미지를 탈피하고 새로운 경제적 성장동력을 찾을 수 있으며, 문화플랫폼과 스마트 모빌리티 구축을 통한 도시 시민의 삶의 질 개선 및 문화자원에 대한 접근성이 향상된 도시를 구축한다.

3. 첨단도시 평양

주요 거점을 테스트베드로 하여 스마트시티 첨단기술을 적용하고, ICT를 새로운 성장동력으로 제시한다. 또한 정부 주도 하에 평양과학기술대학과 협력하여 산학 클러스터를 조성하고 기술의 시범적용을 통해서 성장을 촉진하여 첨단도시를 구축한다.

4. 생태도시 평양

도시 내 녹지비율을 유지 및 관리하고 도시 에너지의 시스템적 관리를 통해 지속가능한 형태의 도시를 구축한다. 또한 에너지 순환 도시 조경, 스마트 빌리지, 드론 택배 등 거주자 친화적 형태의 도시를 구축한다.

- 각각의 세부 목표들은 스마트시티 구역별로 존재하는 담당 연구 기관들과 남한 연구기관과의 협력으로 인해 고도화된 스마트시티 기술들을 다른 구역에 확산시킴으로써 구현되며, 각 구역은 네 가지 목적에 대응하는 기술들을 연구하고 시범적용 및 확산하는 테스트베드의 역할을 한다.

- 구체적으로 구역 1에는 스마트 농업도시를 구축하고, 구역 2에는 스마트 문화·경제도시를 구축하며, 구역 3에는 스마트 첨단도시를, 구역 4에는 스마트 빌리지를 구축한다. 각각의 구역은 다음과 같은 산출물들을 타 구역에 공유하게 된다.

구역 1: 우수한 농업기술과 생산된 농산물

구역 2: 고도화된 교통 기술 및 문화시설, 경제 서비스

구역 3: 에너지 자원과 첨단기술

구역 4: 교육시설에서 창출된 인적자원 및 스마트 빌리지 기술

- 결과적으로 타 구역과의 상호작용을 통해서 산출물을 공유하고 스마트시티 기술을 확산하게 되며, 최종적으로는 각 구역에서 시범 적용된 기술들 중 우수한 기술들을 평양 전 지역에서 적용할 수 있도록 한다.

- 이처럼 고도화된 스마트시티 기술과 인적자원, 물자들을 필요에 따라 타 구역에도 유기적으로 적용하고 교류함으로써 최종적으로는 스마트시티 평양을 구축한다.

○ 기대효과

- 본 연구에서는 RS/GIS 기술을 활용하여 도시특성에 따라서 평양의 구역을 분류하고 분류된 구역들에 대해서 스마트시티 도입방안을 제시하였다. 본 연구의 결과물을 활용해 평양에 스마트시티를 적용함으로써 크게 네 가지의 효과를 기대할 수 있을 것으로 보인다.

1. 북한 지속가능 개발목표 달성

스마트시티 기술을 적용함으로써 북한지역의 지속가능한 개발목표를 달성할 수 있으며, 북한 거주민들의 삶의 질을 향상시킬 수 있다.

2. 한국형 스마트시티 수출 기반마련

북한에 스마트시티 기술을 고도화하고 한국형 스마트시티의 성공적 도입사례를 제시함으로써 스마트시티 사업의 해외수출 기반을 마련할 수 있다.

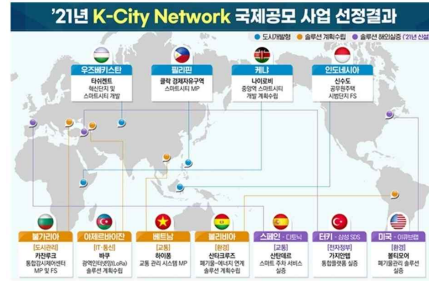
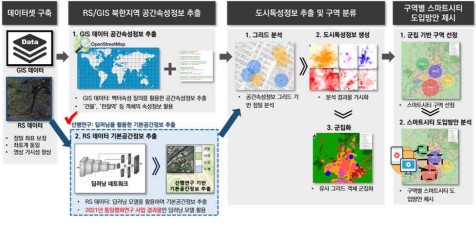

3. 스마트시티 도입기준 제시

스마트시티 도입을 위해서 RS/GIS를 활용한 정량적 근거 및 기준을 제시할 수 있으며, 보다 원활한 스마트시티 도입을 가능케 하여 스마트시티의 확산을 촉진할 수 있다.

4. 기술기반의 새로운 남북경협 패러다임 제시

남한과 북한의 스마트시티 도입을 통한 평화적 협력을 이끌어냄으로써 기존의 노동력 의존형 및 일차원적 협력에서 벗어나 4차 산업혁명의 신기술에 기반한 새로운 남북경협 패러다임을 제시할 수 있다.

표 13. 평양 스마트시티 기대효과

북한 지속가능 개발목표 달성	한국형 스마트시티 수출 기반마련
 <p style="text-align: center;">지속가능 개발목표</p> <ul style="list-style-type: none"> - 북한지역 지속가능 개발목표 달성 - 삶의 질 향상 및 생존권 보장 	 <p style="text-align: center;">2021 K-City Network 선정결과 (국토교통부, 2021)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 한국형 스마트시티 도입 사례 제시 - 스마트시티 사업 해외수출 기반마련
스마트시티 도입기준 제시	이념차 극복 협력사례 제시
 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트시티 도입의 RS/GIS 기반 정량적 근거 및 기준 제시 - 정량적 기준 제시를 통한 스마트시티 확산 촉진 	 <ul style="list-style-type: none"> - 이념차이를 극복한 스마트시티 적용 및 교류, 협력사례 제시 - 사회주의 국가 스마트시티 도입 롤 모델 제안

4. 연구 결론

본 연구에서는 RS/GIS 기술을 활용하여 비접근지역인 북한 평양시를 대상으로 정량적 기준에 근거하여 스마트시티 도입방안을 제안하였다. 이를 위해서 먼저 (1) 스마트시티 도입방안 제시를 위해 필요한 공간속성정보를 추출하였고, (2) 공간속성정보를 기반으로 도시특성정보를 추출한 후 구역별 스마트시티 특성을 분석하였으며, 궁극적으로 (3) 구역별로 스마트시티 도입방안을 제시하고 유기적 적용을 통해서 평양지역에 대한 스마트시티의 공간적 도입방안을 제안하였다. 본 연구의 세부 연구내용과 최종 연구성과는 그림 23와 같이 요약될 수 있다.

세부 연구 내용

1. 북한지역 공간정보 추출

- 1.1. 사전연구 분석 및 RS/GIS 데이터셋 구축
- 1.2. RS 기반 기본공간정보 추출
- 1.3. GIS 기반 공간속성정보 추출

2. 도시특성정보 추출 및 군집화

- 2.1. 공간속성정보를 활용한 도시특성정보 추출 및 매핑
- 2.2. 도시특성정보 기반 군집화

3. 스마트시티 구역분류 및 도입방안 제시

- 3.1. 군집화 결과물 기반 스마트시티 구역 선정
- 3.2. 구역별 스마트시티 기술의 도입방안 제시 및 스마트시티 구현

최종 연구 성과 요약

주요 기술 성과

- 북한 평양시에 대한 도시특성정보 지도
: 건물밀집도, 식생밀집도 등 총 7개 레이어
- 군집화와 도시특성정보에 기반한 스마트시티
도입 구역 분류 결과물
- 구역 별 스마트시티 도입방안 분석 보고서

연구한계점

- 북한지역의 데이터 취득의 난이도가 높아
구축된 GIS 데이터의 시기가 일정하지 않음
- 평양 외곽지역에 대해 취득가능한 위성영상이
없어 평양 중심지 위주로 분석 수행
- 단일시기 위성영상에 대한 분석만 수행

그림 23. 세부 연구내용 및 최종 연구성과 요약

주요 기술 성과로는 전력분포, 교통시설, 식생분포, 주요시설, 땅집 밀집도, 지형경사, 건물 밀집도에 대한 총 7개의 도시특성정보 레이어가 있으며, 도시특성정보의 군집화에 기반한 4곳의 평양의 스마트시티 구역 분류 결과물이 있다. 또한 각각의 구역 별 스마트시티 도입방안을 분석한 후, 유기적 적용을 통해 스마트시티 평양의 공간적 도입방안을 제시한 보고서가 있다.

주된 연구한계점으로는, 우선 북한지역의 데이터 취득 난이도가 높아 구축된 데이터들의 시기가 일정하지 않았던 점이 있다. 위성영상과 OSM, 야간위성영상의 취득 시기는 대체적으로 일치하나, 이외에 수치지형도와 수치표고모델은 갱신 주기의 문제로 인해 여타 데이터에 비해서 3년 이상의 간극이 존재하였다. 또한 본 연구에서는 건물들이 주로 분포해있는 평양 중심지역과 그 주변에 대해서만 주로 분석을 진행하였으며 평양의 외곽지역에 대해서는 분석을 진행하지 않았다. 따라서 추후 연구를 통해서 연구범위의 확장이 요구된다. 마지막으로 본 연구에서는 다시기 영상이 아닌 단일시기 위성영상에 대한 분석만 수행하였으나, 추후 연구에서는 다시기 영상의 시계열 분석을 통해서 스마트시티 구역의 변화양상을 파악하고 스마트시티 도입 및 발전 방향에 대한 다차원적인 연구를 수행할 수 있을 것이다.

본 연구는 RS/GIS 기술을 활용한 정량적 기준에 근거하여 북한에 구체적인 스마트시티 도입방안을 제시했다는 점에서 가치가 있다. 본 연구는 스마트시티의 도입을 데이터와 정량적 분석의 관점에서 분석하였으며, 특히 공간정보를 활용하여 지역 특성이 반영된 분석 결과물이 도출되었다. 또한, 기존의 일방향적 및 노동력 의존형 남북경협에서 벗어난 첨단기술 기반의 새로운 남북경협 패러다임을 제시하였다. 궁극적으로 북한 도시지역에 대한 이해, 그리고 북한의 기술수준과 개발목표에 대한 이해를 바탕으로 보다 상호협력적이고 미래지향적인 남북 교류가 이루어질 수 있는 기술적 기반이 다져질 것으로 기대된다.

III. 사업 성과 및 예산

1. 사업 성과

본 사업의 주요 성과물은 평양에 대한 스마트시티 도입방안에 대한 분석 보고서이며, 이는 스마트시티 구역분류 결과물과 분류된 구역에 대한 스마트시티 도입방안에 대한 구체적 제안으로 구성된다. 그 외 본 사업을 통해 다음과 같은 성과가 도출되었다(표 14).

○ 대상지역 도시특성정보 지도

- 대상지역에 대한 도시특성정보를 포함하고 있는 GeoTiff 파일형태의 지도 7장
- 대상지역의 도시특성정보를 기반으로 산출한 군집화 결과물 1건

○ 대상지역 위성영상 및 GIS 데이터

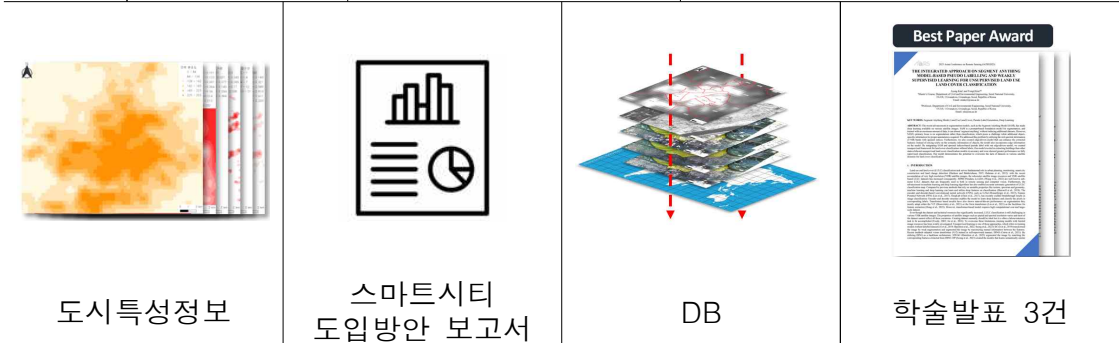
- 국토위성 1호 위성영상 4장으로 구성된 평양지역 위성영상 모자이크 1장
- NASA Suomi-NPP VIIRS 센서로 촬영된 평양지역 야간위성영상 1장
- 도시특성정보 산출에 활용된 대상지역 GIS 데이터 묶음 1건

○ 학술발표 3건

- 2023년 10월 30일에서 2023년 11월 03일 까지 진행된 Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) 학술발표 3건
- 논문제목:
 1. The Integrated Approach on Segment Anything Model-Based Pseudo Labeling and Weakly Supervised Learning for Unsupervised Land Use Land Cover Classification
 2. Deep Learning-Based High-Resolution Forest-Type Classification Using Transfer Learning
 3. RAT-SRGAN: Residual-Aware Transformer-Based Super-Resolution Generative Adversarial Network for Satellite Imagery

- ‘The Integrate Approach on Segment Anything Model-Based Pseudo Labeling and Weakly Supervised Learning for Unsupervised Land Use Land Cover Classification’ 항목 Best Student Paper Award 수상

표 14. 본 사업의 성과물 요약

구분	항목	계획	실제 성과
분석 결과물	도시특성정보	대상지역 도시특성정보 지도 (GeoTiff 형식)	도시특성정보 지도 7건 군집화 지도 1건
	스마트시티 도입방안	구역별 스마트시티 도입방안 분석 (보고서)	구역별 스마트시티 도입방안 분석 보고서 1건
정량적 성과	DB	대상지역 위성영상(GeoTiff) 및 GIS 데이터(Shapefile)	위성영상 1장 야간위성영상 1장 대상지역 GIS 데이터 묶음 1건
	등재지 및 학술발표	1건 이상	Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) 학술발표 3건 (초과달성)
			

2. 예산집행

○ 예산 계획

표 15. 본 사업의 예상 예산 집행 내용

항목	세목	신청액	산출근거
직접비	인건비	15,000,000	책임(교수), 공동(조교수), 박사과정, 석사과정, 인건비
	연구활동비	10,000,000	국외여비, 식대, 회의비, 사무용품
계		25,000,000	

○ 실제 예산 집행

표 16. 본 사업의 실제 예산 집행

사업예산	최종집행액	최종잔액	사유
25,000,000	25,000,000	0	예산 집행 완료

표 17. 본 사업의 실제 예산 집행 내용

항목	세목	신청액	산출근거
직접비	인건비	15,000,000	책임(교수), 공동(조교수), 박사과정, 석사과정, 인건비
	연구활동비	10,000,000	국외여비, 식대, 회의비, 사무용품
계		25,000,000	

참고문헌

- 국토교통부. (2018). 부산 에코델타 스마트시티 시행계획(안).
- 국토교통부. (2021). 한국형 스마트시티가 세계 11개국으로 진출합니다. 2021,06,23, 보도자료
- 김민아, 정인하. (2018). 북한의 주택 소구역 계획에 관한 연구. 한양대학교 박사학위논문.
- 김백기. (2019). 한반도의 미래와 스마트 시티. 통일문제연구, 2(1), 85-95
- 서울디지털재단. (2019). 스마트시티 평가지표별 특성 및 서울시 강약점 분석.
- 원동준. (2018). 스마트 그리드와 스마트 시티 Test Bed로서의 북한. 2018 동북아 전력포럼 발표자료.
- 이시효, 김성배, 김명희. (2022). 평양 일탈공간 연구: 대동강구역 욕망 소비공간을 중심으로. 통일문제연구. 34(1). 73-110
- 이시효, 김성배, 기정훈. (2023). 평양 모자이크: 위성사진과 GIS를 활용한 평양 도심 15개 구역 빈부격차 연구. 현대북한연구, 26(1), 45-83.
- 임윤택. (2020). 북한의 건축 및 도시계획에서 ICT의 도입과 적용: <조선건축>을 중심으로. 통일문제연구, 32(1), 221-249.
- 민경태. (2018). 남북경협이 새로운 방향 모색: 스마트시티 광역경제권 구상. KDI 북한경제리뷰,
- 민경태. (2019). 제1회 서울-평양 미래포럼(4월 22일).
- 정재승. (2018). 세종 스마트시티 기본구상안.

최지영. (2015). 북한 인구구조의 변화 추이와 시사점. BOK 경제연구 제 2015-18호. 서울: 한국은행 경제연구원.

한국토지주택공사. (2021). 평양 대도시권의 발전 전망 연구.

Behrendt, F. (2016). Why cycling matters for smart cities. Internet of bicycles for intelligent transport. *Journal of transport geography*, 56, 157-164.

Crespo Cuaresma, J., Danylo, O., Fritz, S., Hofer, M., Kharas, H., & Laso Bayas, J. C. (2020). What do we know about poverty in North Korea?. *Palgrave Communications*, 6(1), 1-8.

Islam, N., Rashid, M. M., Pasandideh, F., Ray, B., Moore, S., & Kadel, R. (2021). A review of applications and communication technologies for internet of things (Iot) and unmanned aerial vehicle (uav) based sustainable smart farming. *Sustainability*, 13(4), 1821.