위성 자료를 활용한 북한 도시 연구 가능성: 평양, 개성, 라선 사례[1)]

이시효 | 숭실평화통일연구원 연구위원 | leesihyo@gmail.com

Ⅰ. 머리말

마누엘 카스텔은『네트워크 사회의 도래』에서 "기술은 사회"이며, "모든 기술혁명의 특징은 파급성"이라고 주장한다. 그의 언급처럼 미래 기술혁명은 생산성 향상뿐 아니라 '전 지구의 자본과 권력, 인간과 기계의 관계를 재구조화'할 것이다. 그리고 그 중심에는 기계(특히 로봇)의 발달과 빅데이터를 기반으로 한 생성형 인공지능(Artificial Intelligence: AI)이 있다. 기술 발전에 따라 인공위성 자료는 전 세계 지역적 상황을 넘어 더 다양하고 정밀한 자료를 실시간 제공하게 될 것이며, 이는 북한 연구에 새로운 지평을 열 것이다.

북한 연구는 자료 부족과 현장 접근 불가능성이라는 근원적 한계를 안고 있다. 최근에는 코로나19와 대북제재, 북・중 국경 봉쇄 등으로 북한 이탈 주민을 통한 연구에도 제약이 있다. 특히 북한 도시 연구는 지역 통계의 결여, 현장 방문의 불가능성으로 더욱 연구가 제약되어 있다. 이러한 한계를 넘어서는 방법으로 인공위성 자료(Remote Sensing data: RS)가 활용될 수 있다. 특히 통계 부족으로 양적 분석이 쉽지 않은 북한 연구에서 하루 단위로 제공되는 위성 자료는 북한 전역 혹은 특정 지역에 대한 실증적 분석을 가능하게 한다. 이 글은 인공위성 자료를 활용한 여러 연구 중 북한 도시 연구 가능성을 구체적 사례연구를 통해 검토한다. 그에 대한 북한 당국의 대응을 분석할 것이다.

1) 이 글은 필자의 다음 논문을 수정 반영했다(Lee *et al.*, 2024; Lee, 2023; 이시효, 2023; 이시효, 2024a).

Ⅱ. 위성 자료 활용 북한 도시 연구 검토

1. 위성 자료 활용 도시 연구

인공위성 자료를 활용한 도시 연구는 최근 개발도상국과 중국에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 연구방법은 통계 데이터가 부족한 지역에서 적은 인력과 시간, 비용을 통해 광범위한 공간 자료를 확보할 수 있으며, 짧은 기간에 여러 번, 그리고 빠르게 분석할 수 있다는 장점이 있다.[2] 특히 통계자료가 존재하는 국가에서도 전수조사를 통한 데이터가 5년 단위로 조사되는 것에 비해 많은 위성 자료는 하루 단위로 자료가 제공돼 급변하는 현대사회의 도시 변화를 연구할 수 있다. 기계와 딥러닝(deep learning) 기술 발전으로 위성 자료는 더 다양한 자료를 제공하고 그 정확도는 높아지고 있다.[3]

위성 자료를 활용한 도시 연구 사례로 야간조도를 이용한 인도네시아 빈곤 연구,[4] 아프가니스탄의 빈곤과 범죄 연구,[5] 밤 불빛을 이용한 태국과 베트남의 농촌지역 소비변화 연구,[6] 밤 불빛과 낮 위성사진의 조합을 통한 아프리카 지역 빈곤 연구[7] 등이 있다. 최근에는 급격히 변화하는 중국 도시 변화를 위성 자료를 통해 연구한 사례가 많은데, 중국 정저우 도시화와 도시 빈곤 연구,[8] 코로나19 기간 베이징, 톈진, 허베이 도시경제 변화 분석 연구[9] 등을 들 수 있다.

2. 위성 자료 활용 북한 도시 연구 방법 검토

최근 인공위성 자료를 활용한 북한 도시 및 지역 연구는 다양한 각도에서 이루어지고 있다. 초반 연구는 위성사진(satellite imagery)과 지리정보시스템(GIS) 자료를 활용해 도시의 주요 시설 확인 연구,[10] 신의주와 청진의 시장 및 주요 도시 기반 시설 확인 연구,[11] GIS를 통한 환경 연구,[12] 도시 산림파괴 연구[13] 등이 진행되었다. 최근에는 위성사진 확인을 넘어

2) Li *et al.*, 2021.
3) 최근 인도를 대상으로 이루어진 빈곤 연구는 통계자료와 위성사진 분석 자료의 일치도가 99퍼센트로 나타났다(Thejas *et al.*, 2021).
4) Aprianto *et al.*, 2022.
5) Irvine *et al.*, 2017.
6) Woelk *et al.*, 2022.
7) Ni *et al.*, 2021.
8) Wang *et al.*, 2023.
9) Li *et al.*, 2024.
10) 정은이, 2017.
11) 홍민 외, 2020.

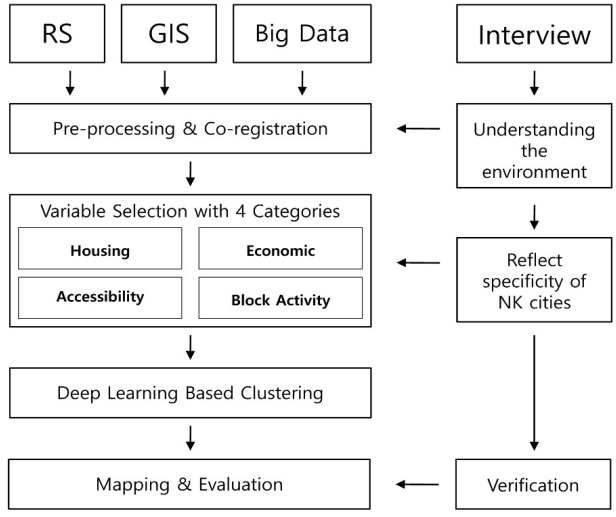
야간조도, 피복 등 위성자료(RS)를 통한 지역 간 경제 격차 연구,[14] 대북제재에 따른 불평등과 제재 효과 연구,[15] 지역별 경제 상황을 딥러닝과 인터뷰를 통해 밝힌 연구[16] 등이 진행되었다. 위성 자료를 활용한 북한 특정 도시에 대한 최근 연구로는 필자와 공동 연구자가 진행한 평양 빈곤지역 연구,[17] 평양 구역별 공간 격차 연구,[18] 평양 건설 영향요인 분석,[19] 개성 도시 공간 격차[20]와 변화 연구,[21] 라선시 공간 격차 연구,[22] 북한 도시화 영향분석 연구[23] 등이 있다.

인공위성을 통한 지역 및 도시 연구는 크게 두 가지 방식으로 나눌 수 있다. 하나는 AI 딥러닝(deep learning) 방식 알고리즘을 통해 위성영상에서 특정 이미지를 추출(image processing)해 변수로 활용하는 것이다. 이는 고화질 위성영상의 확보와 공학적 AI 알고리즘의 개발을 통해 가능하다. 이 방법은 특정 변수를 직접 추출할 수 있다는 장점이 있지만, 많은 예산과 연구 인력, 시간을 필요로 한다. 또 다른 방식은 국제 연구기관에서 제공하는 야간조도 등 가공된 위성자료(RS)를 대상 지역에서 추출해 분석하는 방법이다. 이 방법은 적은 예산으로 짧은 시간에 분석이 가능하다는 장점이 있다. 위성 자료는 무료이며 하루 단위로 제공돼 급변하는 상황 파악에 적합하다. 하지만 이 방법은 제공되는 자료 내에서만 연구가 가능하다는 한계가 있다. 무료로 제공되는 위성 자료의 종류로는 토지의 상태(녹지, 농경지, 건물 등)를 보여주는 피복(Land Cover), 경제적 상황을 보여주는 야간조도(Night Light), 낮 시간 활동을 보여주는 주간 열섬(Urban Heat Islands), 도시 건설의 경향을 보여주는 건물 밀도, 인구수 경향을 보여주는 인구 밀도뿐 아니라 환경요소인 미세먼지, CO, NO_2, SO_4 등이 있다.

이어지는 북한 도시 연구 사례에서 필자는 위성 자료 추출 후 심층 인터뷰를 진행하는 혼합연구방법(Machine-Human Sequential Design: MHSD)을 사용했다. 개발도상국 도시 연구의 경우 일반적으로 통계자료와 비교 검토를 통해 위성 자료의 신뢰도를 확인하고, 이후 위성 자료의 추이 등을 분석하는 양적 분석 방법을 활용한다. 하지만 북한 특정 도시 연구의 경우 통계 등 양적 자료가 거의 존재하지 않아 통계자료를 통한 위성 자료 신뢰도 검토가 어렵다. 따라서 필자는 북한 도시 상황을 확인할 수 있는 변수를 위성(RS), 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS), 빅데이터 자료에서 추출해 양적 분석 진행 후

12) 김란희 외, 2016.
13) 기정훈, 2016.
14) Kim, 2022.
15) Lee, 2018.
16) Ahn *et al.*, 2023.
17) Lee *et al.*, 2024.
18) 이시효 외, 2023a.
19) 이시효, 2024b.
20) 이시효, 2023.
21) 이시효, 2024a.
22) Lee, 2023.
23) 이시효 외, 2023b.

[그림 1] 위성 자료를 활용한 평양 혼합연구(MHSD) 진행 과정



자료: Lee, Si-Hyo, Suh, Moon-Gi, Kim, Sung-Bae and Baek, Myeongsook, "Urban poverty patterns in Pyongyang(North Korea): A deep-learning-based spatial analysis," *Cities 151*, 2024, p.3.

그 결과를 해당 도시 이탈 주민 심층 인터뷰를 통해 교차 검토하는 혼합연구방식을 진행했다. 위성 자료 추출은 Google Earth Engine을, 대상 지역 범위 설정과 시각화는 Quantum GIS 프로그램을 활용했다. 이어지는 북한 도시 연구 사례는 [그림 1]과 같은 MHSD 방식을 통해 연구된 사례이다.

Ⅲ. 위성 자료 활용 북한 도시 연구 사례

1. 평양 빈곤층 거주지 연구 사례[24)]

정치권력과 자본이 집중된 평양에도 빈곤지역은 존재하는가? 만약 존재한다면 그 위치는 어디이며 거주 상태는 어떠한가? 이 질문에 답하기 위해 필자는 위성 자료와 지리정보시스템, 빅데이터 자료를 추출해 평양 빈곤층 거주 위치와 주거 환경을 분석했다. 딥러닝 방식으로 추출된 자료를 분석하고 그 결과를 평양 이탈 주민 8명의 심층 인터뷰 교차 분석을 거치는

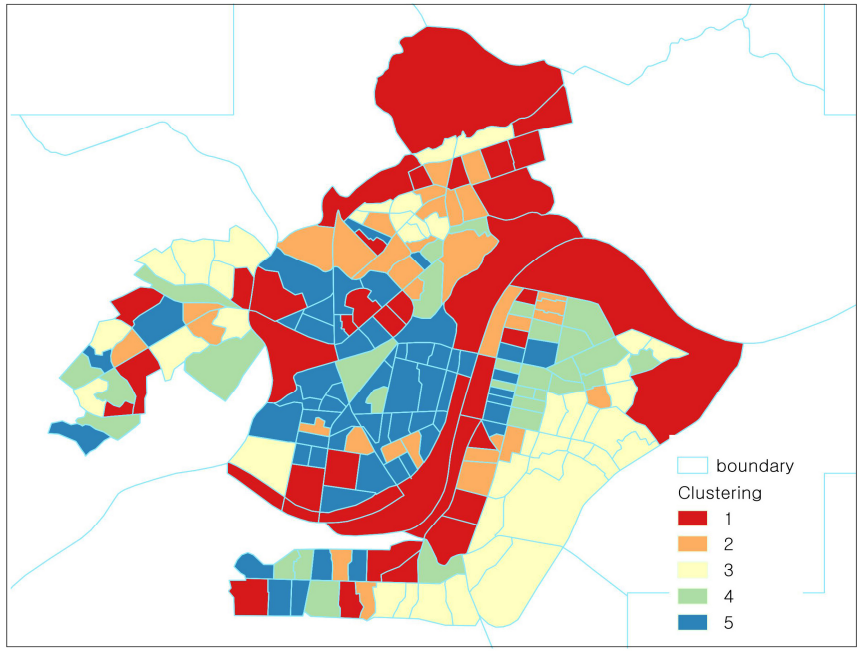
24) 이 글은 Lee *et al.*(2024) 논문을 요약, 수정했다.

혼합연구방법(MHSD)를 사용했다. 구체적 방법으로 평양 도심을 198개 '동' 단위로 나누고 주거, 경제, 접근성, 블록활성화 4 분류, 16개 변수를 추출했다. 추출 변수는 건물 높이, '땅집(단층 슬레이트 건물)' 밀도, 시장 접근성, 야간조도, 주간 열섬, 자동차와 트럭 수,[25] 기차역, 지하철역, 버스 정류장, 카페 등 관심 지점(Point of Interesting: POI) 밀도 등이다. 추출된 자료는 딥러닝 방식 오토엔코더(autoencorder clustering) 알고리즘 분석을 통해 평양 주거 환경을 5개 클래스로 분류했다. 딥러닝 방식 분석 결과는 변수의 특성을 반영해 분류를 진행하지만 각 클래스의 상태(상하 구분)를 판단하진 않는다. 따라서 연구자는 각 클래스의 위성사진을 분석과 평양 이탈 주민 심층 인터뷰 결과를 종합해 클래스별 주거 환경 수준을 분류했다. 분석 결과는 [그림 2]와 같다.

심층 인터뷰에서 평양 이탈 주민들은 양적 연구 결과가 '대략 평양의 공간 환경을 잘 반영하고 있다'라고 평가했으며, 각 지역에 대한 구체적인 주거 환경을 확인해 주었다. 그들은 평양에서 가장 빈곤한 곳으로 대동강 남동쪽 외곽 '땅집' 밀집지역(class 3 표기)을 거론했다.

[그림 2] 딥러닝 방식 평양 198개 동 주거 환경 분류

(하층: class 3, 중하층: class 1, 중층: class 2, 중상층: class 4, 상층: class 5)



자료: Lee, Si-Hyo, Suh, Moon-Gi, Kim, Sung-Bae and Baek, Myeongsook, "Urban poverty patterns in Pyongyang (North Korea): A deep-learning-based spatial analysis," Cities 151, 2024, p.7.

25) 자동차와 트럭 수는 위성사진을 기반으로 지리정보 값을 하나하나 입력하는 'eyes watching' 방식을 활용해 자동차 5,898개 위치를 기입했다.

그들이 말하는 계층별 주거 유형을 보면 부유층부터 단층 고급 주택 – 최근 지은 고급 아파트 – 오래된 아파트 – 넓은 면적의 땅집 – 아파트 지하(보일러실을 주거 공간으로 개조, 장마철 수해 장소) – 좁은 면적의 땅집 순이었다. 그들은 대동강 남쪽 땅집 밀집 지역(선교구역, 사동구역, 역포구역)은 전기와 수도가 잘 들어오지 않고, 공장이 가까운 곳에 있으며, 비포장도로에, "정말 살고 싶지 않은 기분이 드는 장소"라고 증언했다. 이 지역에서도 가장 빈곤한 곳은 하천 주변 좁은 면적의 땅집이었다.

> "선교구역 중에서도 외곽 무진동 쪽(class 3)은 장마철에 물이 차는 곳입니다. 산등성이 땅집은 그래도 괜찮은데, 이곳은 집값도 가장 쌉니다. 같은 땅집도 지붕 마감이 콘크리트인지 나무인지, 벽 마감이 벽돌인지 나무인지, 면적은 어느 정도인지, 주변에 시장이 있는지에 따라 사는 사람이 달라집니다. 예를 들어 무진동 하천 근처 10~12㎡ 면적에 방 1, 부엌 1 있는 집이 가장 쌀 것 같은데, 당시 약 200~300달러 정도면 집을 구입할 수 있었습니다(평양 30년 이상 거주, 중하층 노동자 증언)."

기존 문헌 및 인터뷰 연구에서도 평양의 구역별 격차에 관한 언급은 있었다. 예를 들어 중구역이 가장 부유한 곳이며, 선교구역은 노동자들이 주로 거주한다는 등의 논의였다.[26] 하지만 기존 연구와 달리 위성 자료 딥러닝 분석 연구는 같은 구역 내에도 '동'별로 격차가 존재한다는 것을 실증적으로 밝혔다. 또한 심층 인터뷰 과정에서도 구체적 양적 분석 결과는 구체적인 증언을 도출하는데 도움이 되었다.

2. 라선 공간 격차 연구 사례[27]

라선시는 북한의 폐쇄성과 시장 제도, 국제적 투자가 섞인 독특한 도시이다. 체제 전환에 따라 중국과 러시아의 값싼 석유 공급이 중단되고 북한의 경제 붕괴 조짐이 보이던 1991년, 북한은 외화 수입을 위해 라선시를 경제특구로 지정했다. 체제 전환 이후 사회주의 도시에서 유산으로서 공간 격차는 글로벌 시장 도입 이후에도 지속적인 영향 요인이었다.[28] 따라서 이 연구는 통제와 외국인 투자, 시장 제도가 혼합된 현재 라선의 계층 구조를 확인하고 미래 도시 발전의 함의를 확인하는 과정이다.

---

26) 이시효, 2016; 이시효 외, 2022.
27) 이 글은 Lee(2023) 논문을 요약, 수정했다.
28) Szelényi, 1996.

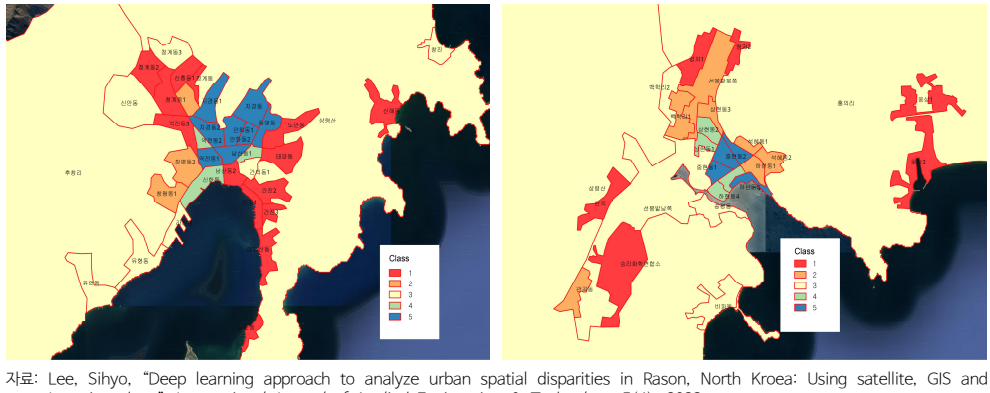
연구방법으로 필자는 위성 자료(RS), 지리정보시스템(GIS) 자료를 딥러닝 방식으로 분류하고 이후 라선시 이탈 주민을 대상으로 심층 인터뷰를 진행했다. 위성 자료는 라선시 행정구역 855.64㎢를 특성에 따라 68곳(라진 도심지역, 선봉 도심지역, 해안마을, 농촌지역)으로 나누어 추출했다.[29] 추출한 15개 변수는 인구수, 건물 밀도, 건물 대지 면적, 건물 층수, 나무 밀도, 녹지 밀도, 농경지 밀도, 시장 접근성, 야간조도, 산업시설, 주요 도로 밀도, 생활도로 밀도, 기차역, 교육시설, 관심 지점(Point of Interestings: POIs) 밀도다.

딥러닝 방식으로 분석한 라진과 선봉 도심지역 주거 환경 격차 결과는 [그림 3]과 같다. 라진과 선봉 상층(class 5) 거주지역은 역사적으로 권력 계층이 거주했던 도심 광장과 김일성광장 인근 지역이다. 중상층(class 5) 거주지역은 라진의 경우 도심 인근과 라진항 사이, 선봉의 경우 도심 밀집 주거지역인 중현동, 상현동, 하현동 인근이었다. 중층(class 1) 거주지역은 도시 외곽 주거 밀집 지역이었다. 이 지역은 라선특구 지정 이후 외국 자본이 들어오면서 물고기 가공 공장 등 건설이 활발히 진행된 곳이다. 중하층 거주지역(class 2)은 도심에서 약간 떨어지고 농지 비율이 높은 지역으로 라진의 경우는 라진항 인근 창평동과 오래된 주거지가 밀집 지역을 포함한다. 하층민 거주지역(class 3)은 농촌 또는 임야 지역, 도시 외곽 지역이었다.

양적 분석 결과에 대해 라선시에서 25년 이상 거주하고 비교적 최근(2010년 말경) 이탈한 4명의 이탈 주민과 1명의 외국인 투자자와 심층 인터뷰를 진행했다. 그들은 딥러닝 분석 결과가 전반적으로 신빙성이 있으며, 도심은 최근 개발 과정에서 부동산 가격이 상승하고

[그림 3] 라선시 라진(왼쪽)과 선봉(오른쪽) 도심 공간 격차 지도

(상층: class 5, 중상층: class 4, 중층: class 1, 중하층: class 2, 하층: class 3)



자료: Lee, Sihyo, "Deep learning approach to analyze urban spatial disparities in Rason, North Kroea: Using satellite, GIS and Interview data," *International Journal of Applied Engineering & Technology*, 5(4), 2023.

29) 세부적 공간 구분은 도심지역인 라진 33개 동, 선봉은 22개 동, 해안마을 6개 동, 농촌지역 7개 리로 구분했다.

있다고 증언했다. 특히 중국 사업가, 돈을 벌게 된 북한 부자들은 최근 건축된 엘리베이터가 있는 고층 아파트를 선호한다.

> "도심이 좀 비싸요. 여기 남산동(상층, class 5)은 시내와 가까운 높은 사람들이 사는 지역이에요…. 부자 동네까지는 아닌데, 최근에 새로 지은 건물이어서 건물이 비싼 편이고, 난방도 잘돼요(라진 도심거주 경험, 무역업)."

라선 주민들은 돈을 축적해도 더 좋은 환경으로 이사하기보다는 오래된 집을 고치거나 새로 짓는 방식을 택한다. 이는 거주 이동의 자유가 없어서이기도 하지만, 자신이 자라난 곳이 익숙해서이기도 하다. 또한 도시규모가 그리 크지 않은 라진, 선봉은 어느 곳에 있든 거리 이동에 대한 부담이 크지 않아서 이동의 불편을 느끼지 않는다.

> "북한은 직장 생활로 돈 못 벌어요. 장사하는 사람들이 많아요. 그래서 위치를 그렇게 따지지 않아요. 왜냐하면 내가 태어나고 자란 곳이 더 살기 좋다고 생각해요. 이사 가기보다 같이 부지에 새로 집을 짓는 사람들이 더 많은 것 같아요(라진 도심거주 경험자, 2010년대 후반 이탈)."

연구 결과 라선시는 계층별 주거지 분리가 존재했다. 하지만 그 분리 정도와 특구 지정 이후 이동 정도는 자본주의나 후기 사회주의 도시에서 발생한 극적인 공간 격차와 계층 분리에 비하면 약하게 나타났다.

3. 개성공단 이후 개성시 공간 격차와 변화 연구 사례[30)]

남북경협 경험을 대표하는 개성공단과 개성시는 5km 정도로 매우 근접해 있으며, 상당수 개성 주민은 개성공단 근로자로서 남한 사람들과 직접적인 접촉을 경험했다. 이 연구는 개성시의 공간 격차 양태와 함께 개성공단이 개성시 변화와 발전에 영향을 미쳤는지에 대해 위성 자료 실증분석과 개성 이탈 주민의 직접 인터뷰를 통해 밝히고 있다. 북한은 2018년 개성공업지구를 경제개발구에서 제외하고[31)] 2020년 6월 개성공단 남북공동연락소를 폭파하고 남한과 연결된 송전탑을 철거하는 등 남북경협에 대한 부정적 대응을 했다. 하지만 전문가들

30) 이 글은 이시효(2023) 논문을 요약, 수정했다.
31) 국립통일교육원 자료(https://www.uniedu.go.kr/uniedu/home/brd/bbsatcl/nknow/view.do?id=46254).

은 개성공단이 미래 남북경제협력에서 여전히 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.[32] 따라서 이 연구는 향후 남북경협을 고려한 도시 연구로도 의미가 있다.

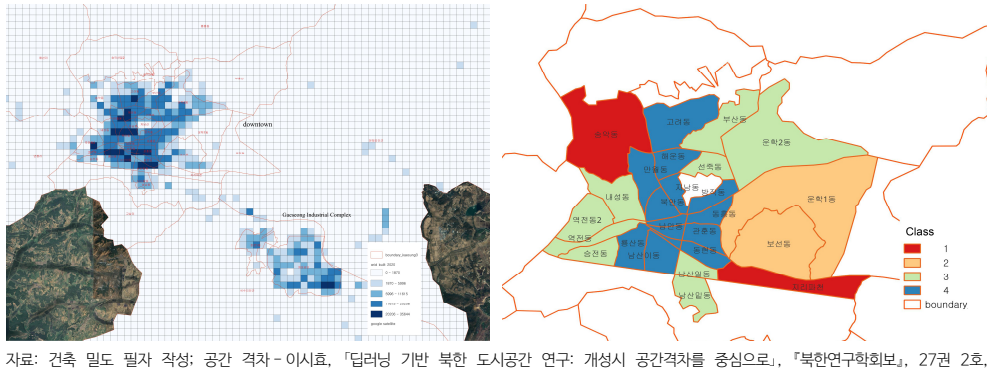
연구 범위는 행정구역 약 552㎢로, 도시 공간에 대한 세밀한 분석을 위해 대상지를 '동' 단위 40개 구역으로 나누어 인공위성과 지리정보시스템 자료를 추출했다. 추출한 자료는 건물 밀도, 야간조도, 인구수, 건물 층수, 건물 대지 면적, 농작물과 숲 면적, 시장과 도로 접근성, 대중교통 접근성, 관심 지점(POI) 등이다. 양적 분석 결과는 3명의 개성시 이탈 주민, 2명의 개성공단과 도시건설 관련자와 심층 인터뷰 교차 검토를 거쳤다. 2020년 개성시와 개성공단 건축 밀도 위성 자료 분석과 딥러닝 방식으로 공간 격차 분석 결과는 [그림 4]와 같다.

공간 격차를 확인해 보면 상층 거주지(class 4)는 도심의 건물과 인구, 도로, 관심 지점 등이 밀집된 지역이다. 이곳은 역사적으로 권력층이 거주하던 도심 광장 주변과 최신 아파트 건설이 일어난 고층 건물 밀집 지역을 포함한다. 중상층 거주지(class 3)는 도심 동북쪽과 개성역 서쪽, 도심 남쪽 외곽 지역이다. 중하층 거주지(class 1)는 북쪽 송악산 밑 송악동, 도시 중심 자남산 인근, 농경지가 분포한 지리파천 인근으로 나타났다. 하층민 거주지(class 2)는 도심 동남쪽 언덕 위 야산과 그 밑 주택들이 난립해 있는 보선동과 운학1동 인근으로 나타났다.

개성공단 운영이 개성시에 미친 영향분석은 야간조도와 건물 밀도 시계열 자료를 분석했다. 먼저 경제지표로 사용되는 야간조도 위성 자료는[33] 'VIIRS'와 'DMSP OLS' Dataset 2002년

[그림 4] 개성시 건축 밀도 현황(2020년, 좌)과 공간 격차 분석(우)

(최상층: class 4, 중상층: class 3, 중하층: class 1, 하층: class 2)



자료: 건축 밀도 필자 작성; 공간 격차 – 이시효, 「딥러닝 기반 북한 도시공간 연구: 개성시 공간격차를 중심으로」, 『북한연구학회보』, 27권 2호, 2023, p.51.

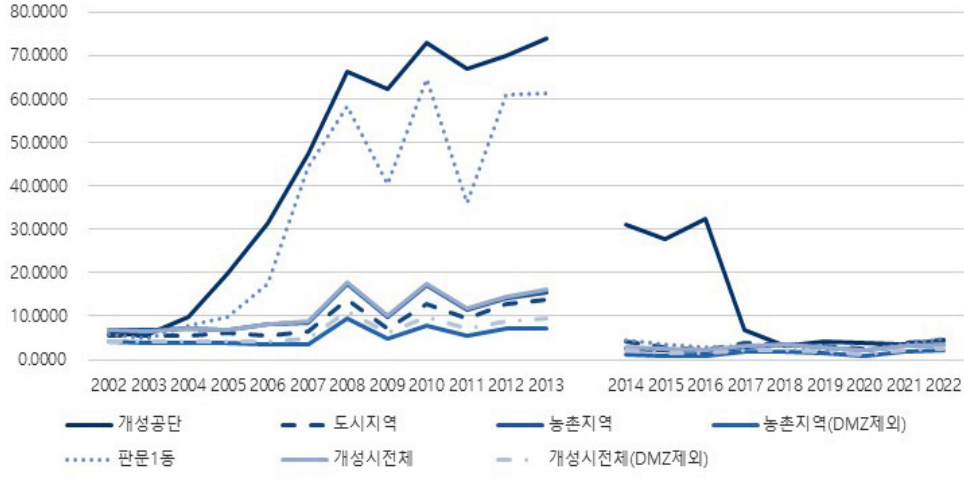
32) 진윤호, 2022.
33) 야간조도는 개발도상국 공간 연구에서 경제지표로 사용되는 대표적 변수이며, 북한 경제 실태에 관한 연구에서도 야간조도를 변수로 사용하고 있다. Putri *et al.*, 2023; Kim, 2022.

부터 2022년 자료를 추출 후 분석했다.[34] 연구 결과 야간조도의 성장과 후퇴에서 가장 눈에 띄는 장소는 개성공단과 공단 인근에 위치한 판문1동이다. 개성시 전체 야간조도의 경우 개성공단이 발전을 지속하던 2002년과 2013년 5년 동안 2.3배 성장했다. 이와 달리 대북제재가 강화되고 개성공단 운영이 중단되는 2014년부터 2017년 사이 야간조도는 성장과 후퇴를 반복해 1.1배 성장에 머문다. 이 결과는 개성공단 운영은 개성시 경제성장에 영향을 주었으며, 특히 도심 경제에 많은 영향을 주었음을 나타낸다. 개성공단이 운영되던 시기부터 최근까지 개성시 야간조도 추이를 시각적으로 확인하면 [그림 5]와 같다.

야간조도가 개성시의 경제 상황을 나타내는 지표라면, 건축 밀도 위성 자료는 개성시 물리적 도시 공간 변화를 보여준다. 분석 결과 지난 20년간의 개성공단의 건축 밀도는 3.6배, 개성 도심은 1.2배로 증가했다. 그리고 개성 도심 증가율은 같은 기간 북한 전체 건축 면적 증가율(1.33배) 보다 낮았다. 이는 개성공단 운영이 개성시 도시 건설에 큰 영향을 주지 못한 것을 의미한다.

개성시 공간 격차 및 변화에 대한 양적 분석 결과에 대해 개성 이탈 주민과 심층 인터뷰 교차 검토를 진행했다. 양적 분석에 대해 25년 이상(2010년도 중반까지) 개성시 거주 경험이 있는 이탈 주민들은 “잘 보셨어요. 맞는 것 같아요”라고 평가했다. 그들은 ‘잘 사는 지역’으로

[그림 5] 개성시 지역별 야간조도 추이 (2002~22년)



자료: 이시효, 「개성공단이 개성시 공간과 일상에 미친 영향 분석」, 『공간과사회』, 2024년 2호, p.122.

34) 개성공단 착공 직전인 2002년부터 생산액에 지속적인 성장을 보인 2013년까지는 DMSP 자료를, 3차 핵실험 이후 대북제재가 강화된 2014년부터 개성공단 운영이 종료(2016년)된 직후인 2017년까지는 VIIRS를 활용했다.

남문 근처(class 4의 북안동, 자남동, 방직동, 만월동 등)와 역전동 인근(class 3)을 꼽았다. 이에 비해 보선동(class 2)은 매우 열악한 지역으로 거론되었다.

> "보선동은 원래 진짜 못 살았던 동네인데. 보선동이 여기 방공호가 있고, 방공호 뒤로 이렇게 산이 언덕이 쫙 있는데, 이 언덕에다가 장마당을 옮긴 거예요. 그러면 산꼭대기로 겨울에도 구루마를 끌고 올라가니까 그 난리가 나는 거지. 그럼 이 꽃제비 아이들은 구루마 밀어주고 뭐 하나라도 얻어먹고, 또 그러고 살고 그랬던 데예요(개성시 40년 거주 이탈 주민, 당시 장사)."

개성공단 운영이 개성시 일상에 미친 영향에 대해 이탈 주민은 근로자 수입이 "백 배, 천 배" 높아졌다. 개성시에서 나오는 한국산 물품은 시장을 통해 북한 전역으로 "넘겨"졌으며(개성시 상인 경험자), 개성공단 노동자에 대한 현물 지급은 당시 개성 공식 배급과 비교하기 힘들 정도로 많았다.

> "초창기에 들어간 사람은 그렇게 착취도 심하지 않았고, 혜택도 그렇게 많았고. 그때는 한 명만 다녀도 이제 막 100kg씩 주고, 쌀도 기름도. 그때 초창기에 개성공단에 다니는 00집에 가면 설탕이 다 질질 녹아내리고 막 이랬죠…. (나중에는) 조금씩 토막토막 뺏어가고. 일 인당 이제 20kg 쌀에다가 콩기름, 설탕 이런 걸로 받죠. 돈으로는 기본 월급 (북한 돈) 3천원 정도(개성 이탈 주민, 2010년도 당시 장사)."

개성공단 운영이 개성시 건설에 큰 영향을 미치지 못한 것에 대해 건설 관료 출신 이탈 주민은 '북한의 도시 건설은 도시 경제나 시장의 발달보다는 중앙 당의 건설정책에 영향을 받는다'라고 증언한다.

> "우리가 상식적으로 보면 공단이 발전하면 그 주변이 이제 발전하는 거 아닙니까. 그런데 북한 체제는 공단이 발전한다고 해서 개성 시민들이 발전하는 건 아닙니다. 여기서 나오는 돈은 정부가 가져가는 거죠. 개성 시민들은 월급을 다른 사람들보다 좀 더 많이 받아 생존하는 데 좀 유리한 환경으로 사는 거지, 결국 건축이라는 건 개인이 올릴 수는 없습니다. 이건 국가정책, 국가시책과 관련된 거죠(건설 관료 출신 북한 이탈 주민)."

연구 결과 개성공단 운영은 개성시 경제에 많은 영향을 미쳤다. 개성공단 운영은 '미공급기' 개성시 주민의 식량문제에 도움을 주었으며, 개성공단 노동자와 가족의 수입을 급격히 증가시켰다. 또한 노동자를 통해 외부로 유출된 한국 물품들은 시장을 통해 북한 전역으로 확산되었으며, 이 과정에서 노동에 참여하지 않은 개성시 주민들도 상업활동을 통해 수입이 증가했다. 하지만 자본주의 도시처럼 개성공단 운영으로 인한 도시경제 활성화가 곧 도시 건설과 발전으로 이어지지는 못했다.

Ⅳ. 맺음말

이 글은 인공위성 자료를 활용해 북한 도시 연구가 어떻게 확장될 수 있을지에 대해 평양, 라선, 개성 연구 사례를 통해 확인하고 있다. 검토 결과는 다양한 인공위성 자료를 통한 연구는 기존 연구보다 구체적인 현상을 실증적으로 분석할 수 있으며, 딥러닝 방식 양적 분석과 혼합연구는 연구의 신뢰도를 높일 수 있다는 것을 발견했다. 인공위성 자료를 통한 연구는 통계자료가 희귀하고 현장 접근이 불가능한 북한 연구에 새로운 연구 패러다임을 제시하고 있다. 특히 북한 도시 연구, 환경연구처럼 특정 지역과 주제에 대한 연구가 위성자료 분석을 통해 가능할 수 있음을 보여주었다. 연구 설계에서도 딥러닝 방식 분석, 통계분석, 심층 인터뷰를 통한 교차 검토 및 혼합연구를 통해 연구의 신뢰도를 높일 수 있는 방법을 제시했다.

현재 인공위성 자료를 통한 북한 연구는 출발선을 막 내디뎠다. 다양한 연구를 위한 위성자료 추출에는 아직 한계가 있으며, 특히 양적 분석에 대한 신뢰도 확보는 풀어야 할 과제이다. 우리는 다양한 북한 연구 가능성과 신뢰도 확보를 위해 인공위성 자료 가공을 위한 공학자와 북한 학자의 협력 연구, 고화질 인공위성 자료 분석을 활용한 북한 특성에 맞는 위성 자료 직접 추출 등을 도전해야 한다. 하지만 이 경주는 분명 우리에게 유리하다. 인공위성 기계와 AI 기술의 발전은 드라마 〈블랙미러〉가 보여주는 두려움만큼 급격히 성장하고 있기 때문이다. 우리는 이미, 어쩌면 우리도 인식하지 못한 사이 가능성의 출발선을 넘었다. 이제 북한 연구 확장의 가능성은 달리는 자에게 배턴이 넘어간 것이다.

참고문헌

기정훈, 「구글어스 기반의 공간영상 분석을 통한 북한 도시들의 환경오염과 산림파괴 연구」, 『환경정책』, 2016년 1호, 2016.

김란희 외, 「위성자료를 이용한 북한지역 토지피복 및 식생 변화 추정」, 『국토연구』, 2016년 제90권, 2016.

이시효, 「시장도입 초기 평양 공간의 재배치: 1984-2003년을 중심으로」, 『북한학연구』, 2016년 2호, 2016.

_____, 「딥러닝 기반 북한 도시공간 연구: 개성시 공간격차를 중심으로」, 『북한연구학회보』, 2023년 2호, 2023.

_____, 「개성공단이 개성시 공간과 일상에 미친 영향 분석」, 『공간과사회』, 2024년 2호, 2024a.

_____, 「시장도입 이후 평양 건설 영향요인 분석: 위성자료와 심층인터뷰 혼합연구」, 『한국지역개발학회지』, 2024년 4호, 2024b.

이시효 외, 「평양 일탈공간 연구: 대동강구역 욕망 소비공간을 중심으로」, 『통일문제연구』, 2022년 1호, 2022.

이시효 외, 「평양 모자이크: 위성사진과 GIS를 활용한 평양 도심 15개 구역 빈부격차 연구」, 『현대북한연구』, 2023년 1호, 2023a.

이시효 외, 「시장경제요인과 정부요인의 북한도시화에 대한 영향분석: 시계열분석을 활용하여」, 『국가정책연구』, 2023년 1호, 2023b.

정은이, 「Google Earth 위성자료를 통해서 본 신의주시의 공간적 특징: 무역, 산업, 상업지구를 중심으로」, 『KDI 북한경제리뷰』, 2017년, 2017.

진윤호, 「SDGs 관점에서 개성공단 평가 및 활성화 방안 연구: 개성공단의 성과와 한계를 중심으로」, 『유라시아연구』, 2022년 2호, 2022.

홍민 외, 「북한 실태 연구: 도시경제의 네트워크와 로지스틱스」, 『통일연구원』, 2020.

Ahn D., Yang J., Cha M., Yang H., Kim J., Park S., Han S., Lee E., Lee S. and Park S., "A human-machine collaborative approach measures economic development using satellite imagery," *Nature Communications*, 2023, pp.1~11.

Aprianto K., Wijayanto A. and Pramana S., "Deep Learning Approach using Satellite Imagery data for Poverty analysis in Banten, Indonesia," IEEE conference on

Cybernetics and Computational Intelligence, 2022, pp.126~131.

Irvine J., Wood R. and McBee P., "Remote Sensing to Analyze Wealth, Poverty, and Crime," IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR), 2017, pp.1~9.

Kim K., "The North Korean economy seen by satellite: Estimates of national performance, regional gaps based on nighttime light," *Journal of Asian Economics* 78, 2022.

Lee, Sihyo, "Deep learning approach to analyze urban spatial disparities in Rason, North Kroea: Using satellite, GIS and Interview data," *International Journal of Applied Engineering & Technology* 5(4), 2023, pp.2942~2950.

Lee Y., "International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea," *Jounal of Urban Economics* 103, 2018, pp.34~51.

Lee, Si-Hyo, Suh, Moon-Gi, Kim, Sung-Bae and Baek, Myeongsook, "Urban poverty patterns in Pyongyang (North Korea): A deep-learning-based spatial analysis," *Cities 151*, 2024, pp.1~10.

Li G., Cai Z., Qian Y, and Chen F, "Identifying Urban Poverty using High-resolution satellite imagery and Machine Learning Approaches: Implications for housing inequality," *MDPI Land* 10(6), 2021, pp.1~16.

Li Y., Hao S., Han Q., Guo X., Zhong Y., Zou T. and Fan C., "Study on urban economic resilience of Beijing, Tianjin and Hebei based on night light remote sensing data during COVID-19," *Science of Remote Sensing* 9, 2024.

Ni Y., Li X., Ye Y., Li Y., Li C. and Chu D., "An investigation on Deep Learning approaches to combining nighttime and daytime satellite imagery for Poverty prediction," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 18(9), 2021, pp.1545~1549.

Putri R., Wijayanto A. and Pramana S., "Munti-source satellite imagery and point of interest data for poverty mapping in East Java, Indonesia: Machine learning and deep learning approaches," *Remote sensing application: Society and Environment* Vol.29, 2023, pp.1~20.

Szelényi I., "Cities under Socialism - and After," In: G. Andrusz, M. Harloe, & I. Szelényi (Eds.), *Cities after Socialism: Urban and Regional Change and Conflict in Postsocialist Societies*, Blackwell, 1996, pp.286~317.

Thejas B., Sreedhar S., Jyoti S. and Shantha R., "Poverty detection using satellite imagery,"

the Fifth International conference on I-SMAC, 2021, pp.1293~1298.

Wang, K., Zhang, L., Cai, M., Liu, L., Wu, H. and Peng, Z., "Measuring urban poverty spatial by Remote Sensing and Social Sensing data: A Fine-Scale Empirical study from Zhengzhou," *Remote Sensing* 15(2), 2023, pp.1~20.

Woelk F., Yuan T., Kis-Katos K. and Fu X., "Measuring Consumption changes in Rural villages based on Satellite image data: A Case study for Thailand and Vietnam," *IEEE Xplore*, 2022, pp.600~607.