

평양 모자이크

위성사진과 GIS를 활용한 평양 도심 15개 구역 빈부격차 연구 *

이시효**·김성배***·기정훈****

이 연구는 자료 부족으로 한계를 가지고 있던 북한 연구에 위성사진과 GIS 정보, AI 기술을 활용한 새로운 연구방법을 제시하고, 평양 구역별 빈부격차 양적 분석을 시도하고 있다. 평양을 대상으로 한 이 연구에서는 국토지리정보원이 작성한 GIS 자료를 통해 구역별 건물 밀도와 층수, 도로 길이, 철도길이, '땅집' 자료를, 구글어스엔진(Google Earth Engine) 프로그램을 통해 야간조도를 추출했다. QGIS 프로그램을 통해서 개발도상국 빈곤 지역 격차 연구사례를 참고하여 2022년 위성자료를 기준으로 평양 15구역 자동차와 트럭 24,212대 위치정보를 직접 입력하고 분석하였다. 빈부격차에 대한 변수 추출 자료는 QGIS를 활용해 지도 위 구역별 격차를 다이어그램으로 시각화했으며, 이후 통계를 통해 변수 간 상관관계를 분석했다. 통계분석 결과 변수 간 상관관계가 유의하게 나타났으며, 특히 조도를 중심으로 밀도, 땅집, 자동차수는 주목할 만한 결과를 보였다.

주제어: 평양, 모자이크, 빈부격차, 위성사진, GIS

* 이 연구는 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다 (2021S1A5C2A02089882).

** 숭실대학교 숭실평화통일연구원 연구위원.

*** 숭실대학교 명예교수.

**** 명지대학교 행정학부 교수.

1. 서론

북한 도시연구는 시장도입 이후 현 김정은 정권 지배 아래 변화하고 있는 북한 사회를 이해하는 데 중요한 연구 주제이다. 하지만 다른 북한 연구 분야가 처한 한계처럼 북한 도시연구는 자료확보 방식에서 북한 정권이 공식적으로 제공하는 자료, 탈북민의 설문조사와 인터뷰에 제한되어 도시 내부 공간과 일상 연구에 어려움이 있다. 이 한계를 넘어서기 위해 본 연구는 위성사진과 지리정보체계(GIS), 인공지능(AI) 기술을 적용해 북한 연구를 위한 자료확보 방식에 새로운 방향을 제시하면서, 그간 자료 부족으로 시도하지 못했던 평양의 도시 내 구역별 빈부격차에 대한 양적 분석을 시도하고 있다.

북한 도시 내 빈부격차는 사회 불균등 발전의 결과로 시장도입과 함께 강화되고 있으며, 자본과 권력이 집중된 평양은 이러한 현상이 극명히 드러나는 공간이다. 체제전환을 겪은 대부분 동유럽과 아시아 도시들은 국제 시장의 편승과 함께 절대적 빈곤은 줄어든 반면 상대적 빈곤과 양극화가 강화되는 모습을 보였다.¹⁾ 수령 중심의 정치체제를 유지하면서도 점진적 개혁을 통해²⁾ 중국식 개혁 개방의 초기 양상³⁾을 보여 주고 있는 김정은 정권의 시장 작동은 절대적 빈곤을 완화하는 기능을 가지고 있다.⁴⁾ 하지만 이 시장 작동은 동시에 북한의

1) Kiril Stanilov, *The Post-socialist city: Urban form and space transformations in Central and Eastern Europe after socialism*(Ohio: Springer, 2007), pp.9~13.

2) 광인옥·문형남, “경제제도 측면에서 북한의 빈곤화와 시장화에 대한 분석,” 『국제지역연구』, 제21권 2호(2017), 71~96쪽.

3) 양문수, “김정은 시대 북한의 경제개혁 조치,” 『아세아연구』, 제59권 3호(2016), 114~159쪽.

4) 광인옥·문형남, “경제제도 측면에서 북한의 빈곤화와 시장화에 대한 분석,” 94쪽.

지역별, 지역 내 빈부격차를 강화하고 있으며 인구변화, 도시화 진전의 차이, 생활수준 변화 등 여러 양상으로 나타나고 있다.⁵⁾ 자본주의 사회의 새로운 모자이크 지리학이 도심, 대중교통, 대학, 지식기반 기관, 쾌적한 자연환경과의 근접성에 의해 형성되는 것과 달리,⁶⁾ 북한의 지역 격차는 시장화 진전, 사업편중과 사적 경제활동 수준, 중국과의 지리적 근접성이 지역별 격차를 강화하는 요소로 작동한다.⁷⁾ 이러한 격차는 도시에서 본격적으로 드러난다. 자본주의 사회에서 수확체증의 누적에 따른 지역 불균등 발전 현상과 추동력이 도시에서 명백히 드러나는 것처럼,⁸⁾ 북한의 빈부격차 역시 지역 간, 농촌과 도시 간뿐만 아니라 도시 간, 도시 내 중심구역과 주변 간에서도 명백히 드러나고 있다.⁹⁾ 시장도입 이후 평양에서 이러한 불균등 발전 현상이 두드러지게 나타나는데 북한의 종주도시화 지수는 4.23으로 한국의 2.91의 1.5배로 평양으로의 집중 속도가 서울보다 심하며, 남포, 순천, 평성, 송림을 포함한 평양 수도권 인구는 433.3만 명으로 북한 전체 도시인구의 30.6퍼센트에 이른다.¹⁰⁾

북한 도시의 빈부격차 연구는 시장도입 이후 변화하고 있는 북한 사회에 대한 파악과 국제사회에 북한 인권에 대한 의식을 견지할 뿐

5) 위의 글, 94~95쪽.

6) 리처드 플로리다(Richard Florida), 『도시는 왜 불평등한가』, 안종희 옮김(서울: 매일경제신문사, 2018).

7) 임을출, “북한 지역 간 빈부격차 양태와 결정요인 분석,” 『통일문제연구』, 제28권 2호(2016), 91~126쪽.

8) 폴 크루그먼(Paul R. Krugman), 『지리경제학』, 이운 옮김(서울: 창해, 2017), 76~82쪽.

9) 임을출, “북한 지역 간 빈부격차 양태와 결정요인 분석,” 109쪽.

10) 위의 글, 103~104쪽.

아니라, 향후 개방·개혁 시기 북한의 빈부격차를 완화하기 위한 연구의 시작점으로써 중요한 의미를 가진다. 체제전환 도시의 경우를 보면 사회적 이동능력과 공간적 이동능력 차이에 따라 사회적 양극화와 공간적 분화현상이 1990년 이후 극대화되었다. 헝가리 부다페스트의 경우 체제전환 이후 젠트리피케이션과 교외화 현상으로 도시 일부 공간에 고소득층 주거지역(gated communities)이 형성되는 반면, 일부에서는 낮은 주거환경, 높은 밀도, 집시 거주 비율이 높은 게토(ghetto type areas) 현상이 나타나기도 했다.¹¹⁾ 이러한 현상은 많은 체제전환 도시에서 나타나는 현상으로 러시아의 모스크바와¹²⁾ 알바니아의 티라나(Tirana)에서도 비슷한 양상으로 나타났다.¹³⁾ 중요한 점은 시장도입에 따른 빈부격차 심화 현상이 초기 조건에 따른 경로 의존적 경향(path dependency)을 지닌다는 것이다. 제도적 개혁, 외국 자본의 투자와 함께 체제전환기 동유럽 국가의 성공적 개혁을 위한 중요한 요소는 도시의 경로 의존적 현상이었으며, 체제전환기 유산으로 남은 도시공간은 질 높은 삶의 원천으로서뿐 아니라 경제적 번영을 추동하는 강력한 요소였다.¹⁴⁾

11) Olga Gritsai, "From state socialism to global capitalism: Budapest on the way to creative and knowledge-based cities," *AMIDSr* (2007), p.46.

12) Luan Deda and Sasha Tsenkova, "Poverty and inequality in Greater Tirana: The reality of peri-urban areas," in *The urban mosaic of post-socialist Europe: Space, institutions and policy* (Heidelberg: Physica-Verlag HD, 2006), pp.151~168.

13) Robert M. Buckley and Sasha Tsenkova, "Urban housing markets in transition: New instruments to assist the poor," in *The urban mosaic of post-socialist Europe: Space, institutions and policy* (Heidelberg: Physica-Verlag HD, 2006), pp.173~190.

14) Kiril Stanilov, *The Post-socialist city*, pp.5~28.

기존 북한의 빈부격차 연구에서 인터뷰와 위성사진을 통해 지역 간, 도시 간 격차 분석을 시도한 바 있다. 광인옥과 문형남은 북한은 제도화-시장화-사유화로 진행되는 점진적 이행과정을 밟고 있다고 보고, 소규모의 사유화는 최악의 빈곤을 극복할 수 있는 긍정적 요인으로, 경제특구 등 대규모 사유화는 1인당 GDP를 상승시킬 수 있는 요인으로 보고 있다.¹⁵⁾ 이와 다른 시각으로 홍민은 북한 아파트 건설시장의 활성화는 도시의 물리적 공간에 정치, 경제, 사회적 차원의 사회적 공간이 중첩되면서 계층 간 거주 격차(모자이크) 현상이 심화되는 현상을 지적한다.¹⁶⁾ 심층인터뷰를 통한 연구로 임을출은 탈북자 11명의 증언을 통해 시장도입 이후 북한의 빈부격차는 강화되고 있음을 밝히고, 도시 간 격차, 도시 내 격차가 존재함을 강조했다.¹⁷⁾ 이시효는 평양 출신 탈북민 심층 인터뷰를 통해 평양 구역 간 빈부격차 연구를 시도하였다.¹⁸⁾ 위성사진과 GIS를 활용한 북한연구로 위성사진 위에 신의주 주요 도시공간 위치를 파악한 연구¹⁹⁾, 신의주와 청진의 시장 및 주요 도시기반 시설을 위성사진을 통해 확인하는 연구,²⁰⁾ GIS를 통한 환경연구²¹⁾와 도시 산림파괴 연구²²⁾ 등이 진행되었다. 최근

15) 광인옥·문형남, “경제제도 측면에서 북한의 빈곤화와 시장화에 대한 분석,” 71~96쪽.

16) 홍민, “북한의 아파트 건설시장과 도시정치,” 『KDI북한경제리뷰』(2014), 35~64쪽.

17) 임을출, “북한 지역 간 빈부격차 양태와 결정요인 분석,” 109~111쪽.

18) 이시효, “시장도입 초기 평양 공간의 재배치: 1984-2003년을 중심으로,” 『북한학 연구』, 제12권 2호(2016), 65~92쪽.

19) 정은이, “Google Earth 위성자료를 통해서 본 신의주시의 공간적 특징: 무역, 산업, 상업지구를 중심으로,” 『KDI북한경제리뷰』(2017), 25~38쪽.

20) 홍민 외, 『북한 실태 연구: 도시경제의 네트워크와 로지스틱스』(통일연구원, 2020).

주목할 만한 연구로는 야간조도를 활용해 북한의 지역 간 격차²³⁾와 대북제재에 따른 불평등과 제재 효과를 파악한 연구가 있다.²⁴⁾ 하지만 기존 북한 빈부격차 연구는 탈북민 인터뷰와 자료 접근이 용이한 지역에 집중되어 있으며, 도시 내 빈부격차 연구도 소수 인터뷰 자료에 의존하는 한계를 보인다.

이 연구는 기존 연구의 방법적 한계를 넘어서기 위해 QGIS와 구글 어스엔진(Google Earth Engine) 프로그램을 활용해 위성사진과 위치정보 자료 분석을 시도하고 있으며, 이를 통해 평양 도심 구역별 불균등 도시공간을 분석하고 있다. 이 연구는 평양 도시 내 공간 격차를 밝힐 뿐 아니라 향후 북한 연구방법과 이 방법을 통한 연구분야의 확장 가능성을 확인하는 데 목적을 두고 있다.

-
- 21) 김란희·김현우·이재희·이승훈, “위성자료를 이용한 북한지역 토지피복 및 식생 변화 추정,” 『국토연구』, 제90권(2016), 117~128쪽.
 - 22) 기정훈, “구글어스 기반의 공간영상 분석을 통한 북한 도시들의 환경오염과 산림파괴 연구,” 『환경정책』, 제24권 1호(2016), 133~146쪽.
 - 23) Kyoochul Kim, “The North Korean economy seen by satellite: Estimates of national performance, regional gaps based on nighttime light,” *Journal of Asian Economics*, Vol.78(2022).
 - 24) Yong Suk Lee, “International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea,” *Journal of Urban Economics*, Vol.103(2018), pp.34~51.

2. 연구방법 : 위성사진과 GIS 활용

1) 개발도상국 연구사례

고화질 위성사진의 특정 모양과 패턴을 추출해 분석하는 머신러닝(Machine Learning)과 딥러닝(Deep Learning) 기술은 최근 개발도상국의 빈곤지역 연구에 활발히 이용되고 있다. 이 방법은 통계 데이터가 부족한 지역에서 적은 인력과 시간, 비용을 통해 광범위한 공간의 자료를 확보를 가능하게 할 뿐 아니라 변화하는 지역을 짧은 기간에 지속적으로 분석할 수 있다는 장점을 가진다.²⁵⁾ 위성사진을 통한 연구방법은 최근 야간조도를 이용한 인도네시아 빈곤연구,²⁶⁾ 아프가니스탄의 빈곤과 범죄 연구,²⁷⁾ 밤 불빛을 이용한 태국과 베트남의 농촌지역 소비변화 연구,²⁸⁾ 밤 불빛과 낮 위성사진의 조합을 통한 아프리카 지역 빈곤연구²⁹⁾ 등 개발도상국 여러 지역에서 진행되고 있다. 위성사진과 자동 이

25) Guie Li, Zhongliang Cai, Yun Qian and Fei Chen, "Identifying Urban Poverty using High-resolution satellite imagery and Machine Learning Approaches: Implications for housing inequality," *MDPI Land*, Vol.608 (2021), pp.1~16.

26) Kasiful Aprianto, Arie Wahyu Wijayanto and Setia Pramana, "Deep Learning Approach using Satellite Imagery data for Poverty analysis in Banten, Indonesia," *IEEE conference on Cybernetics and Computational Intelligence* (2022), pp.126~131.

27) John M. Irvine, Richard J. Wood and Payden McBee, "Remote Sensing to Analyze Wealth, Poverty, and Crime," *IEEE Xplore* (2017).

28) Fabian Woelk, Tingting Yuan, Krisztina Kis-Katos and Xiaoming Fu, "Measuring Consumption changes in Rural villages based on Satellite image data: A Case study for Thailand and Vietnam," *IEEE Xplore* (2022).

29) Ye Ni, Xutao Li, Yunming Ye, Yan Li, Chunshan Li and Dianhui Chu,

미지 추출(Machine Learning), 자동 통계 확률 계산(Deep Learning)을 통한 연구는 비용 절감과 함께 기술의 발전에 따른 연구의 신뢰도도 높아지고 있다. 인공위성 기술 발전과 함께 제공되는 이미지는 더 높은 화질을 제공하는 반면, 그 가격은 상업 위성 업체 경쟁을 통해 낮아지고 있다. 또한 위성사진과 GIS를 분석하는 프로그램 역시 지속적으로 기술의 발전을 이루고 있으며, 무료 프로그램인 QGIS, Google Earth Engine 등이 보급되고 있다. 이러한 기술적 발전은 연구의 정확도를 끌어올리고 있으며, 최근 인도를 대상으로 이루어진 빈곤연구에서 통계 자료와 위성사진 분석 자료 변수와의 일치도가 99퍼센트로 나타났다.³⁰⁾ 최근 인도네시아 사례연구에서는 빈곤과 위성이미지가 유효한 상관성을 가지고 있으며, 그 상관관계 변수로 야간조도(Negative 0.49), 건물밀도(Negative 0.44), 이산화황(Negative 0.63), 텍스트 분석을 통한 관심지점(POI) 위치 밀도(Negative 0.72)를 거론하고 있다.³¹⁾

위성사진을 활용한 빈곤연구 중 특히 주목할 만한 연구는 월드뱅크에서 스리랑카를 대상으로 진행한 연구 “Poverty from Space”를 들 수 있다.³²⁾ 이 연구는 3~5m 고화질 위성사진을 통해 스리랑카 1,291개

“An investigation on Deep Learning approaches to combining nighttime and daytime satellite imagery for Poverty prediction,” *IEEE Xplore* (2022).

30) Thejas B U, Sreedhar S Dhuulkhed, Jyoti Shetty, Shantha Ranga Swamy, “Poverty detection using satellite imagery,” *The Firth International conference on I-SMAC*(2021), pp.1293~1298.

31) Salwa Rizqina Putri, Arie Wahyu Wijayanto and Anjar Dimara Sakti, “Developing relative spatial poverty index using integrated remote sensing and geospatial big data approach: A case study of East Java, Indovesia,” *International Journal of Geo-Information* (2022), pp.1~28.

32) Ryan Engstrom, Jonathan Hersh and David Newhouse, “Poverty from Space: Using High-resolution satellite imagery for Estimating economic

〈그림 1〉 ‘딥러닝’을 활용한 고화질 위성사진의 건물영역과 그림자, 자동차 추출 사례



자료: Ryan Engstrom, Jonathan Hersh and David Newhouse, “Poverty from Space: Using High-resolution satellite imagery for Estimating economic Well-Being,” p.8.

마을의 통계 자료와 위성사진 조사 결과를 비교 분석해, 향후 위성사진을 통한 빈부격차 분석의 방향성을 제공한다. 이 연구에서 야간조도를 통한 연구는 임금, 수입 등 빈부의 상황보다는 밀도를 보여 주는 경향이 있고, 낮은 화질로 넓은 범위 측정은 가능하지만 도시 빈곤과 같은 좁은 범위 연구에는 정확도가 떨어진다고 밝히고 있다. 도시 빈부격차 연구를 위해 야간조도의 한계를 보완하는 방법으로 낮 시간 위성이미지를 제안하고 있으며, 그 상관변수로 1) 농경지, 2) 자동차, 3) 건물 밀도와 녹지, 4) 그림자(건물 높이), 5) 도로와 교통, 6) 지붕 마감재, 7) 특정 공간형태를 통계자료와 비교·분석했다. 자동차와 건물, 도로, 지붕 마감재 이미지 분류 작업에는 자동 이미지 추출 방식인 딥러닝 기술을 활용했다.

이 연구에 따르면 농경지와 빈곤은 약한 음 상관성(negatively

Well-Being,” *Poverty and Equity Global Practice Group in World Bank Group* (2017), pp.1~34.

associated)이 있었으며, 도로길이, 도로 포장률은 빈곤과 중간 강도의 음 상관성이 있었다. 녹지(vegetation)의 경우는 농촌지역에서는 빈곤 지역과 양 상관성(positively associated)이 있는 반면, 도시 지역에서는 오히려 부유한 지역과 양 상관성이 있었다. 빈곤과 매우 밀접한 관련이 있는 위성사진 변수는 건물의 밀도, 건물의 그림자(총수)였으며, 다음으로는 건물 지붕의 마감재 패턴(진흙, 알루미늄 마감 등)이었다. 이 변수들은 야간조도보다 도시빈곤 연구에 더 정확한 값을 제공해 주었다. 밤 조도 위성사진의 한계를 넘어선 낮 시간 지역별 자동차수 분석은 빈곤과 중간 정도의 부정적 관련성을 보여 주었으며, 자동차수는 도로의 밀도, 포장률과 밀접한 관계가 있었다. 결과적으로 이 연구에 따르면 위성사진 이미지 변수와 빈곤의 연관성은 건물 밀도, 그림자(총수)-지붕 마감재-조도-자동차수-녹지, 농경지 변수의 순으로 정확도를 보였다.³³⁾

위 개발도상국 빈곤연구 사례를 평양 연구에 그대로 적용하는 데에는 한계가 있다. 우선 기존 개발도상국 연구사례는 추출된 위성사진 자료를 전수조사 등을 통해 확보된 통계자료와 비교하여 변수와 빈곤의 관계 정도를 측정하는데, 평양의 경우 전수조사된 구역별 통계자료가 부재한 상태이다. 따라서 이 연구는 기존 개발도상국 연구에서 빈곤과의 높은 연관성을 보여 주는 변수를 참고하여 평양을 대상으로 추출하고, 그 변수의 밀도를 구역별로 시각화하고 상관관계를 분석하는 방식을 적용했다. 그리고 이 결과를 기존 인터뷰를 통해 밝힌 평양 구역별 격차 분석 자료와 비교하였다.

33) *Ibid.*, p.14.

〈표 1〉 ‘딥러닝’ 분석을 통한 빈곤과 위성이미지의 상관관계 분석 사례

	Lower Poverty Rate (10% Nat. Inc.)	Higher Poverty Rate (40% Nat. Inc.)	Average Log Per Capita Consumption	Variables
Area	2.1 pp *	0.9 pp	-0.008	Area
Urban	-1.0 pp	-1.7 pp	0.037	Urban Dummy
Agricultural land	-0.4 pp	-0.3 pp		% of GN area that is agriculture
Agricultural type	-0.6 pp *	-1.9 pp **	0.026 *	Combined: Ag % paddy, Ag % plantation (-), % area paddy
Cars	-1.2 pp			Combined: cars divided by road length, cars divided by Area, log cars
		-2.2 pp	0.035	log cars
Road variables	-1.9 pp ***	-2.5 pp *	0.031	log sum of length
	-1.0 pp ***	-2.3 pp **	0.040 **	Fraction paved
	-0.2 pp		0.007	log length of airport runway
	0.3 pp		-0.012	log sum of railroads
Building Density	-2.7 pp **	-8.1 pp **	0.162 **	% of area with buildings and log of total count of buildings in GN combined
Vegetation	-0.2 pp	2.9 pp **	-0.044 **	Combined: NDVI, scale 64m, NDVI, scale 8m
Shadows	3.0 pp ***	7.9 pp ***	-0.128 ***	Combined: % shadows (building height) and In shadow pixels
Roofs	1.7 pp **	3.8 pp **	-0.06 **	Fraction of roofs clay
	0.6 pp ***	1.6 pp **	-0.028 **	Fraction of roofs aluminum
	-0.4 pp			Fraction of roofs asbestos
Spatial Features	0.2 pp **	1.0 pp ***	-0.019 ***	Linear Binary Pattern Moments
	-0.3 pp			Line support regions
	3.1 pp			Fourier transform
	-1.5 pp			Gabor filter
	-1.1 pp **	-0.8 pp	0.026	SURF

자료: Ryan Engstrom, Jonathan Hersh and David Newhouse, "Poverty from Space: Using High-resolution satellite imagery for Estimating economic Well-Being," p.14.

2) 평양 적용 방법

평양의 구역별, 동별 빈부격차를 확인하기 위해 위성사진과 GIS 자료를 활용했다. 구체적 방법으로는 위성사진을 활용한 개발도상국 빈곤연구 사례, 특히 위에서 언급한 월드뱅크 "Poverty from Space" 연구 자료를 참고하였다. GIS 데이터는 국토지리정보원에서 2015년 12월을 기준으로 작성한 자료를 제공받아 분석하였다. 국토지리정보원은 북한 전체의 지리정보를 작성했으며, 특히 북한 주요 도시에 대해서는 건물과 도로, 철도, 하천 등 세부적인 자료를 작성한 바 있다. 이 연구는 이 자료 중 평양 GIS 정보를 활용했다. 연구의 범위는 평양 도

십 15개 구역(낙랑구역, 대동강구역, 대성구역, 동대원구역, 만경대구역, 모란봉구역, 보통강구역, 사동구역, 서성구역, 선교구역, 역포구역, 용성구역, 중구역, 평천구역, 형제산구역)을 분석대상으로 했다. 평양 행정구역 전체가 아닌 도심 15개 구역을 연구범위로 선정한 이유는 국토지리정보원이 작성한 GIS 자료가 도시 외곽의 군(농촌) 지역은 포함하고 있지 않아 건물의 층수, 밀도 등 분석이 어려웠으며, 선정에서 제외된 순안구역, 은정구역, 삼석구역과 강남군, 강동군은 평양 도심에서 벗어난 외곽 지역으로 도심 구역의 도시적 성격과 다른 성향을 가지고 있기 때문이다.

자료수집 과정에서 구역별 면적과 건물 밀도, 층수, 도로와 철도길이는 국토정보지리원에서 제공받은 GIS 자료를, 구역별 인구수는 2008년 통계자료³⁴⁾를 사용했다. 구역별 인구수 자료로 2008년 자료를 사용한 이유는 북한이 유엔에 제출한 이 자료가 평양 구역별 인구통계 공식자료로 유일하기 때문이다.³⁵⁾ 개발도상국 위성사진 자료 분석에 따르면 지붕 마감재 유형은 빈부격차와 연관이 깊었다. 이에 ‘땅집’이라 불리는 단층 슬레이트집 밀도를 분석하였다. 분석 방법은 ‘땅집’이 밀집되어 있는 선교구역의 장충1동, 장충2동, 룰곡1동의 2,387개 건물을 추출한 후 공장과 운수사업소 등 주거가 아닌 건물과 작은 구조물을 제외하였다. 그 결과에 따르면 땅집은 10.2~477m² 사이(평균 111.08m²)의 면

34) Central Bureau of Statistics Pyongyang, *DPR Korea 2008 Population Census National Report* (Pyongyang: DPR Korea, 2009), p.22.

35) 평양 구역별 인구수가 기록되어 있는 다른 자료로는 『주간조선』이 2011년 입수한 2005년 기준 구역별 인구수 자료가 있다. 하지만 이 정보는 17세 이상 성인을 대상으로 하며, UN에 제출한 공식 자료보다 3년 전에 기록된 것이었다. 또한 현재 국가보안법에 따라 연구를 위한 자료의 접근이 허용되지 않고 있다. 김대현, “북보위부 작성 평양 성인 210만명 신상정보 단독 입수,” 『주간조선』, 2011년 10월 19일.

〈그림 2〉 '땅집' 표본 추출을 위한 GIS 자료의 대상지역 선정



적이다. 이 결과 값을 평양 GIS 전체 자료에 적용시켜 건물 163,240개를 추출했다. 이후 비닐하우스 및 단순 구조물을 제외해 총 139,391개 건물을 '땅집'으로 파악하고 구역별 밀도를 측정하였다.

자동차수와 트럭수의 경우 QGIS의 2022년 10월 구글 위성사진 위에 직접 좌푯값을 가진 포인트를 찍는 방식으로 진행하였다. 기존 개발도상국 연구사례는 고화질 위성사진(1m 이하 50cm 정도) 이미지를 '딤러닝' 기술을 통해 유형을 추출했다. 하지만 이 연구에서는 고가의 평양 위성사진을 구입하고 전문 인력의 오랜 노력이 필요한 '딤러닝' 기술을 도입할 수가 없었다. 이에 무료로 제공되는 프로그램인 QGIS를 활용 눈으로 직접 자동차 15,898개와 트럭 8,314개, 총 24,212개 위치정보 포인트를 입력했다. 2020년 기준 통계자료에 따르면 북한 100명당 자동차 보유 대수는 1.04대이고, 조사된 자동차수 24,212대를 평양 인구

〈그림 3〉 QGIS를 활용한 평양 자동차와 트럭 위치정보 입력



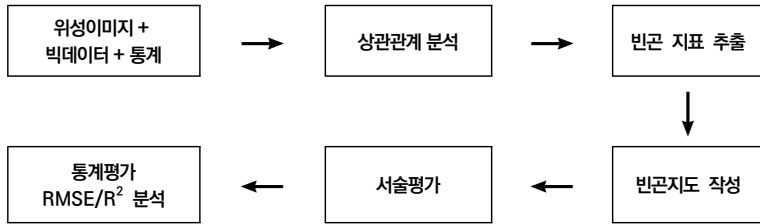
수에 대비하면 100명당 0.79명이다.³⁶⁾ 이 차이는 조사 대상에서 제외된 3개 구역과 2개 군의 자동차수와 트럭수의 영향으로 보인다.

자동차와 트럭의 구분은 자동차의 경우 사람의 이동수단으로 승용차, 버스, 무궤도 전차, 궤도 전차가 포함되며, 트럭의 경우 물건의 운송수단으로 트럭, 화물트럭, 이동 가능한 중장비 등이 포함된다. 평양 GIS 자료 위에 500m×500m 그리드를 작성하고 이미지를 세세히 확인했다. 이 작업은 2022년 10월 13일부터 10월 20일까지 8일간 진행되었으며, QGIS에서 제공되는 ‘Google Earth Satellite’ 이미지는 2022년 10월 기준 자료였다.³⁷⁾ 분석의 정확도를 높이기 위해 동일한 위성 이미지를 더 고화질로 제공하는 Google Earth 영상을 비교하며 위치 포인트를 찍었다. 연구 과정 중 머신러닝(Machine Learning)을 통한 위

36) 통계청, “북한 자동차 등록 및 항공기 보유대수,” <https://kosis.kr/statHtml/>(검색일: 2023년 3월 10일).

37) 일부 구름이 낀 자리, 특히 화성지구 살림집 건설현장 등은 2021년 자료임을 확인했다. 자동차수와 트럭수 분석 이미지의 기준은 2022년 10월 Google Earth Satellite에서 제공된 자료이다.

〈그림 4〉 위성사진을 통한 개발도상국 빈곤연구 진행방식 사례



자료: Salwa Rizqina Putri, Arie Wahyu Wijayanto and Anjar Dimara Sakti, “Developing relative spatial poverty index using integrated remote sensing and geospatial big data approach: A case study of East Java, Indonesia,” International Journal of Ge0-Information (2022). 연구방법 내용을 간략화해 재구성.

성 이미지 추출보다 눈으로 확인하는 방식이 기술적인 면에서 아직도 정확할 수 있다는 것을 알게 되었다. 예를 들어 도시 건물이나 주차장에 가려져 절반만 보이는 자동차의 경우, 인간은 이를 자동차로 인식할 수 있지만 머신러닝을 통한 분별은 아직 기술적 한계가 있다.

평양의 구역별, 동별 야간조도 분석은 무료로 전 세계 다양한 위성 사진 자료를 제공하는 Google Earth Engine의 VIIRS Stray Light 앱을 통해 자료를 확보했다. 이미지 추출 과정에서는 파이썬(Python) 알고리즘을 사용했다.

수집된 구역별 GIS 및 위성사진 자료 분석은 서술적 해석보다는 통계분석을 진행했다. 위성사진을 활용한 개발도상국 빈곤연구 사례를 보면, 〈그림 4〉의 경우와 같이 위성사진과 빅 데이터, 통계 자료를 확보하고, 기존 통계자료와 수집된 자료 간의 빈곤 상관관계와 정확도를 분석한다. 이후 빈곤 이미지 지표를 추출과 빈곤지도 작성과정을 거치며, 종합적 분석으로 서술평가와 함께 전통적 통계, 러닝방식의 통계

(Machine and Deep Learning) 분석을 진행한다.

이 연구에서는 통계자료 확보가 어려운 북한의 상황을 고려하여, 종합평가의 가능성을 확인하는 데 중점을 두었다. 첫 단계로 평양의 구역별 2008년 인구수 자료, 2015년 기준 GIS 자료, 빈부격차와 관계가 있을 것으로 파악되는 위성사진 자료를 추출해 구역별로 정리하였다. 이후 추출된 여러 변수는 QGIS 프로그램을 통해 지도 위 구역별 변수의 밀도 이미지를 시각화했다. 이후 통계분석 과정에서는 여러 변수 간 상관관계 분석 후, 빈부격차와 밀접한 관계가 있을 것으로 판단되는 야간조도를 종속변수로 선정하고, 나머지 주요한 변수를 독립변수로 상관관계를 분석했다.

3. 자료수집 결과

1) 건물밀도

위성사진을 활용한 개발도상국 빈곤연구에 따르면 건물의 낮은 밀도는 빈곤과 양(+)적 상관관계가 높다.³⁸⁾ 연구 대상인 평양 도심의 15개 구역 중 중구역을 포함한 11개 구역이 2008년 통계자료 기준 인구 대비 도시화율이 100퍼센트이다. 건물의 밀도 분석 방식은 GIS 자료의 개개 건물 면적에 층수를 곱하고 이를 구역별 적용면적으로 나누었다.

38) Ryan Engstrom, Jonathan Hersh and David Newhouse, "Poverty from Space," p.22.

〈그림 5〉 평양 구역별 건물밀도 분석에 사용한 위치정보 자료
(QGIS 활용 층별 색 구분)



분석결과 평양 도심 건물밀도는 모란봉 구역이 1.059로 가장 높았으며, 이를 이어 평천구역(0.904), 중구역(0.709), 동대원구역(0.674)의 순이었다. 동대원구역의 건물밀도가 보통강구역보다 높은 이유는 보통강구역의 경우 녹지와 강가, 저층 고급 아파트 지역이 존재하는 반면, 동대원구역은 공원 등 녹지가 거의 없고 건물이 밀도 있게 배치되어 있기 때문이다. 또한 고층건물이 건설되고 인구 비율이 높게 나타나는 만경대구역과 낙랑구역에서 건물밀도가 낮게 나타나는 이유로는 해당 구역이 농촌지역을 넓은 면적으로 포함하고 있는 반면, 건물은 도심 인근 광복거리와 통일거리에 국한되어 밀집되어 있기 때문이다. 평양 도심 밀도가 낮은 지역은 도시 외곽의 형제산구역(0.111), 역포구역(0.11305), 대성구역(0.11530), 사동구역(0.13257)의 순이었다.

〈표 2〉 평양 구역별 건물밀도

순번	구역명	인구		도시화율	건물밀도		
		인구수 (2008)	GIS 적용면적(㎡)	도시화율 (인구 대비)	건물수	총면적합	밀도 (총면적합/적 용면적)
1	낙랑구역	282,681	51,842,844	0.9043	22,591	10,975,003	0.21170
2	대동강구역	207,081	14,174,489	1.0000	13,817	7,178,304	0.50656
3	대성구역	115,739	45,098,483	1.0000	14,147	5,198,490	0.11530
4	동대원구역	143,561	5,911,154	1.0000	8,367	3,981,976	0.67381
5	만경대구역	321,690	64,470,301	0.9822	27,716	12,296,730	0.19077
6	모란봉구역	143,404	4,834,092	1.0000	5,262	5,120,144	1.05942
7	보통강구역	105,180	7,329,936	1.0000	3,979	4,561,541	0.62245
8	사동구역	140,869	40,933,171	0.7190	19,542	5,424,870	0.13257
9	서성구역	147,138	12,638,893	1.0000	10,993	7,149,786	0.56583
10	선교구역	148,209	9,168,524	1.0000	14,779	4,766,443	0.52000
11	역포구역	82,548	8,054,236	0.7380	7,236	1,805,834	0.11305
12	용성구역	195,891	38,220,430	1.0000	14,128	6,043,905	0.15817
13	중구역	131,333	13,060,590	1.0000	3,728	9,267,079	0.70971
14	평천구역	181,142	8,399,367	1.0000	6,439	7,593,966	0.90431
15	형계산구역	160,032	45,511,318	0.9109	15,790	5,040,338	0.11077
합계		2,506,498	369,647,828		188,514	96,404,416	
평균				0.9503			0.4396

평양 도시 건물밀도와 빈부격차에 대한 상관관계 해석은 개발도상국 도시들과 차이가 있을 수 있다. 사회주의 도시에 대한 사례연구에서 동유럽 도시 혹은 자본 논리에 따라 지대와 밀도가 결정되는 파리와 달리 계획도시 모스크바는 중심보다 외곽 순환도로 인근 주택가의 밀도가 더 높았다.³⁹⁾ 주체 이데올로기에 대한 상징성이 강한 중구역의 경우도 이러한 논리가 적용되었을 가능성이 있다. 그럼에도 이 밀

39) Alain Bertaud and Bertrand Renaud, "Cities without land markets: Location and land use in the sociality city," *Policy Research Working Paper*, No.1477 (1995), pp.1~15.

〈표 3〉 평양 구역별 건물 층수 분포

순번	구역명	전체 건물수	1층 건물수	1층 건물수/전체	2~5층 건물수	5~10층 건물수	2~10층/전체	10~20층 건물수	20층 이상 건물수	10층 이상/전체
1	낙랑구역	22,591	19,687	0.8715	2,648	216	0.1268	101	39	0.0062
2	대동강구역	13,817	11,675	0.8450	1,759	241	0.1447	140	2	0.0103
3	대성구역	14,147	12,353	0.8732	1,566	155	0.1217	70	3	0.0052
4	동대원구역	8,367	7,054	0.8431	1,083	158	0.1483	70	2	0.0086
5	만경대구역	27,716	24,754	0.8931	2,427	374	0.1011	130	31	0.0058
6	모란봉구역	5,262	4,088	0.7769	781	237	0.1935	143	13	0.0296
7	보통강구역	3,979	2,713	0.6818	1,029	148	0.2958	76	13	0.0224
8	사동구역	19,542	17,571	0.8991	1,888	80	0.1007	3	0	0.0002
9	서성구역	10,993	9,225	0.8392	1,365	268	0.1485	132	4	0.0124
10	선교구역	14,779	13,274	0.8982	1,325	150	0.0998	19	0	0.0013
11	역포구역	7,236	6,564	0.9071	632	38	0.0926	2	0	0.0003
12	용성구역	14,128	12,643	0.8949	1,280	200	0.1048	5	0	0.0004
13	중구역	3,728	2,262	0.6068	1,017	276	0.3468	136	38	0.0467
14	평천구역	6,439	4,549	0.7065	1,421	253	0.2600	179	37	0.0335
15	형제산구역	15,790	13,829	0.8758	1,781	158	0.1228	22	0	0.0014
	합계	188,514	162,241		22,002	2,952		1,228	182	
	평균			0.8275			0.1605			0.0123

도에 따른 빈부격차 결과는 탈북자 설문조사를 통해 임을출이 밝힌 ‘평양에서 잘 사는 지역은 중구역, 보통강구역, 평천구역, 모란봉구역’ 이고 가장 낙후된 지역은 ‘용성구역’이라는 조사 결과, 이시효가 심층 인터뷰를 통해 평양의 부유한 지역을 ‘중구역-보통강구역-평천구역-모란봉구역’으로 밝힌 것⁴⁰⁾과 유사한 결과를 보인다.

40) 이시효, “시장도입 초기 평양 공간의 재배치: 1984-2003년을 중심으로,” 『북한학

2) 건물 층수

위성사진을 활용한 개발도상국 도시빈곤 측정에 따르면 건물층수는 빈곤과 강한 부정적 상관관계를 가진다.⁴¹⁾ 곧 층수가 낮은 건물이 많은 지역이 더 빈곤한 지역이며, 상대적으로 높은 건물이 많은 곳이 부유한 지역인 것이다. 평양에서 전체 건물수 중 1층 건물의 분포가 높은 지역은 도시 외곽 지역으로 역포구역(0.9071)과 용성구역(0.8949)이며, 도심에서도 공장지대와 그 배후 거주지역인 선교구역(0.8982)과 사동구역(0.8991)이 1층 건물의 밀도가 90퍼센트 가까이 나타났다.

이와 대조적으로 10층 이상 건물수 비율이 가장 높은 지역은 중구역(0.0467)이었고, 이어서 평천구역(0.0335), 모란봉구역(0.0296), 보통강구역(0.0224)의 순이었다. 20층 이상 높은 건물수는 도심의 중구역과 평천구역에 집중되었으며, 모란봉구역, 보통강구역에도 20층 이상 건물 비중이 높았다. 만경대구역과 락랑구역은 20층 이상 고층건물의 비중이 높게 나타났는데, 이는 1989년 제13차 세계청년학생축전을 전후로 건설된 광복거리와 통일거리 고층 아파트의 영향으로 보인다.

3) ‘땅집’

맥과 란슬린(Mack and Lansley)에 따르면 ‘일반인이 필수품이라고 인식하는 순위’ 1~5위는 모두 주거와 관련이 있으며,⁴²⁾ 빈곤의 주요

연구』, 제12권 2호(2016), 65~92쪽.

41) Ryan Engstrom, Jonathan Hersh and David Newhouse, “Poverty from Space,” p.22.

42) 노병일, 『빈곤론』(서울: 양서원, 2013), 57쪽.

〈표 4〉 평양 주택 유형별 주택가격

주택 유형	땅집	저층 노후 아파트	고층아파트			
			1980년 이후	1990년 이후	2000년 이후	2010년 이후
시기	1950~1960년	1960~1980년	1980년 이후	1990년 이후	2000년 이후	2010년 이후
가격(전후)	5천 달러	1만 달러	3만 달러	5만 달러	5~10만 달러	10~20만 달러

자료: 정은이, “북한 부동산 가치변화와 개발에 관한 연구: 평양을 중심으로,” 『동북아경제연구』, 제30권 4호(2018), 10쪽.

한 특성인 ‘상대적, 점진적, 다차원적, 지속적 속성’⁴³⁾은 모두 주거 환경과 밀접한 관련이 있다. 북한은 계층별로 거주하는 살림집 유형에 차이를 보이고 있으며,⁴⁴⁾ 위성사진과 인터뷰를 통해 확인한 평양의 주거환경은 구역별, 동별 큰 차이를 보인다. 정은이는 평양의 살림집 유형을 땅집과 저층 노후아파트, 고층아파트로 분류했으며, 이 중 가장 열악한 주거환경으로 ‘땅집’을 꼽았다. 이 연구는 땅집을 대체로 1950~1960년대 지은 가장 낡은 주택으로, 적게는 3세대에서 많게는 10세대 이상이 거주하는, 부뚜막 형태의 부엌, 창고, 약간의 텃밭, 공동화장실’을 갖춘 주거형태로 묘사하고 있다.⁴⁵⁾

2장 연구방법에서 언급했듯이, 이 연구에서는 ‘땅집’을 슬레이트 지붕을 가진 단층집 중 거주 가능한 면적인 10.2~477.0m²로 규정하고, 총 139,391개 건물을 분석대상으로 삼았다. 분석결과 GIS 적용 면적

43) Herman Deleeck and Karel Van den Bosch, *Poverty and the Adequacy of social security in the EC*, 위의 책, 28쪽에서 재인용.

44) 박희진, “북한의 주택건설 현황과 생활환경 실태,” 『보건복지포럼』, 298권(2021), 44쪽.

45) 정은이, “북한 부동산 가치변화와 개발에 관한 연구: 평양을 중심으로,” 『동북아경제연구』, 제30권 4호(2018), 1~30쪽.

대비 땅집 면적밀도가 높은 지역은 선교구역(0.137), 동대원구역(0.121), 역포구역(0.079), 대동강구역(0.077)이었다. 이를 인구수와 대비하면 다른 결과가 나오는데 사동구역(0.102)이 가장 높았으며, 이어서 대성구역(0.088), 선교구역(0.8253), 형제산구역(0.075)의 순이었다. 두 결과를 볼 때 땅집의 밀도는 대체적으로 도시 외곽 구역과 공장지대가 위치한 대동강 남쪽 구역에 집중되어 있다. 주목할 만한 결과로는 모란봉구역(0.025), 평천구역(0.023), 보통강구역(0.021) 등 대동강 북쪽 도심지역에도 땅집이 분포되어 있는 현상이었다. 도심지역에 땅집 비율이 비교적 높게 나타난 이유를 위성사진을 통해 확인해 보면, 모란봉구역, 평천구역 등에도 오래된 아파트 사이 공간에 기존부터 존재하던 땅집이 있었으며, 통일거리와 광복거리 등 새로 건설된 고층 아파트 사이 공간에도 시간의 흐름에 따라 중정 공간을 단층 주택이 점유하는 현상을 확인할 수 있었다.

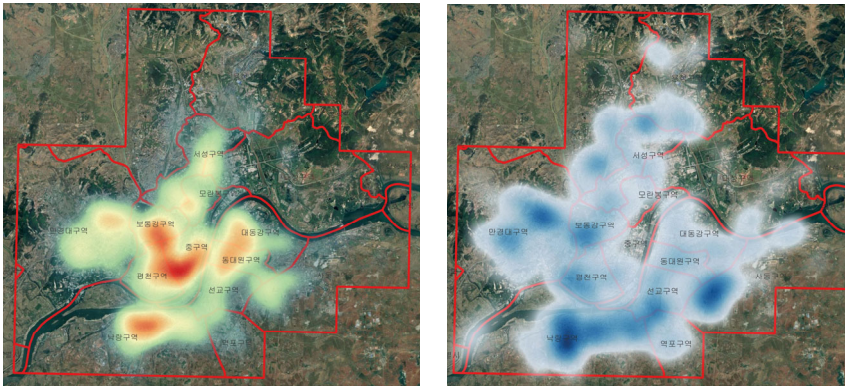
4) 자동차와 트럭

위성사진을 활용한 개발도상국 도시연구에 따르면 낮 시간 자동차수와 빈곤은 중간 강도의 음 상관관계(negatively associated)가 있다. 평양 24,212개 자동차와 트럭수를 분석한 결과는 1km²당 자동차수의 경우 평천구역(164.10), 보통강구역(161.02), 동대원구역(153.65), 중구역(148.57)의 순으로 높게 나타났다. 트럭의 경우는 평천구역(61.21), 보통강구역(59.77), 선교구역(56.62), 동대원구역(47.21)의 순으로 높았다. 트럭수는 도시 외곽 공장지대와 건설 현장, 트럭 주차장과 연관이 있으며, 위성사진을 통해 낮 시간임에도 많은 트럭들이 해당 구역에 집단으로 주차되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 자동차와 트럭을 합

〈표 5〉 평양 구역별 자동차와 트럭 밀집도

순번	구역명	자동차수	자동차수/ 면적(km ²)	트럭수	트럭수/ 면적(km ²)	자동차+ 트럭수	자동차+ 트럭/ (km ²)	도로길이 (m)
1	낙랑구역	2,435	46.98	1,736	33.49	4,171	80.47	421,452
2	대동강구역	1,204	84.96	376	26.53	1,580	111.50	129,484
3	대성구역	450	9.98	250	5.54	700	15.53	474,011
4	동대원구역	908	153.65	279	47.21	1,187	200.86	62,996
5	만경대구역	2,458	38.13	1,446	22.43	3,904	60.57	613,453
6	모란봉구역	609	126.01	88	18.21	697	144.22	46,385
7	보통강구역	1,180	161.02	438	59.77	1,618	220.79	41,070
8	사동구역	755	18.45	752	18.38	1,507	36.83	317,629
9	서성구역	1,002	79.30	528	41.79	1,530	121.08	119,778
10	선교구역	775	84.55	519	56.62	1,294	141.17	125,980
11	역포구역	261	32.41	277	34.40	538	66.81	107,855
12	용성구역	281	7.35	380	9.94	661	17.30	333,824
13	중구역	1,940	148.57	225	17.23	2,165	165.80	83,595
14	평천구역	1,378	164.10	514	61.21	1,892	225.30	78,662
15	형계산구역	251	5.52	487	10.70	738	16.22	388,557
합계		15,636		7,808		23,444		
평균			77.40		30.90		108.30	

〈그림 6〉 평양 자동차와 트럭 분포 열지도(왼쪽 자동차, 오른쪽 트럭)



한 수의 면적당 밀도는 공장과 화력발전소, 평양역이 위치한 평천구역(225.30)이 가장 높았으며, 이어서 보통강구역(220.79), 동대원구역(200.86), 중구역(165.80)이 뒤를 이었다.

개발도상국 도시의 연구사례와 달리, 평양 자동차와 트럭 분포는 도로길이보다는 구역 위치가 더 강한 연관성이 있었다. 예를 들어 도심 만경대구역, 대성구역, 사동구역은 도로의 총길이는 길지만 상대적으로 자동차수와 트럭수는 적었다. 이는 평양의 정치, 경제적 특성과 함께 도로길이의 측정이 포장도로뿐 아니라 땅집 사이 골목길도 포함하고 있기 때문으로 보인다.

자동차수와 트럭수의 경우 같은 구역 내에서도 분포에 차이를 보인다. 이 개별 개체들은 정확한 위치정보가 부여되어 있어 QGIS의 열지도를 통해 그 분포를 시각적으로 확인할 수 있다. 아래 결과를 보면 자동차의 경우 평양 도심인 중구역과 보통강구역, 평천구역에, 트럭의 경우 도시 외곽 공장지역과 철도가 지나는 위치에 밀집되어 있음을 확인할 수 있다.

5) 도로와 철도

위성사진을 통한 개발도상국 도시 연구사례를 보면 도로와 철도길이, 도로포장률은 빈곤과 중간 강도의 부정적 상관관계를 갖는다. 평양의 경우 단위면적(km²)당 도로길이(m)는 선교구역(13,743), 역포구역(13,394), 동대원구역(10,659), 대성구역(10,513)의 순이다. 평양 도심보다는 대동강 남쪽 동평양 지역에 도로길이가 길게 나타난 것은 좁은 골목길의 영향이 큰 것으로 보인다. 향후 포장도로와 비포장도로를 분리하여 분석한다면 더 정교한 결과를 도출할 수 있을 것이다.

〈표 6〉 평양 구역별 도로와 철도길이

순번	구역명	도로길이 (m)	도로 라인 수	도로길이 (m)/면적 (km ²)	철도길이 (m)	철도길이 (m)/ 면적(km ²)
1	낙랑구역	421,452	10,376	8,131.07	26,884.56	518.58
2	대동강구역	129,484	3,210	9,137.39	2,562.75	180.80
3	대성구역	474,011	9,252	10,513.53	0.00	0.00
4	동대원구역	62,996	1,953	10,659.94	711.73	120.41
5	만경대구역	613,453	12,225	9,516.96	19,385.91	300.70
6	모란봉구역	46,385	886	9,597.74	0.00	0.00
7	보통강구역	41,070	533	5,604.22	18,422.28	2,513.29
8	사동구역	317,629	6,481	7,761.98	13,874.45	338.95
9	서성구역	119,778	2,484	9,479.18	33,279.37	2,633.09
10	선교구역	125,980	3,529	13,743.86	16,773.99	1,829.52
11	역포구역	107,855	2,259	13,394.57	9,859.77	1,224.17
12	용성구역	333,824	5,750	8,736.42	32,394.47	847.57
13	중구역	83,595	1,107	6,402.08	5,300.21	405.82
14	평천구역	78,662	1,620	9,367.27	22,802.08	2,714.74
15	형제산구역	388,557	6,625	8,539.46	92,018.51	2,021.88

평양의 단위면적(km²)당 철도길이(m)는 평천구역(2,714), 서성구역(2,633), 보통강구역(2,513), 형제산구역(2,021)의 순으로 나타났다. 철도길이는 평의선, 평덕선, 평남선 철도 라인과 승강장이 위치한 곳에 집중적으로 나타났으며, 그 구역별 격차가 컸다. 가장 길이가 긴 평천구역의 경우 평양역이 위치하고 철도를 통한 인적, 물적 이동이 이루어지는 중심지이다.

6) 야간 조도

야간 조도를 통한 개발도상국 빈곤 사례 연구에서는 넓은 분야에 대한 적용은 정확도가 높지만 좁은 범위를 측정해야 하는 도시 내 빈

〈표 7〉 평양 구역별 야간 조도

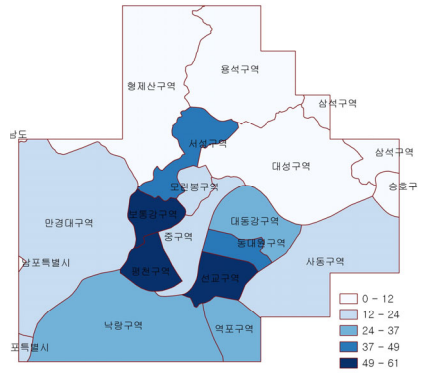
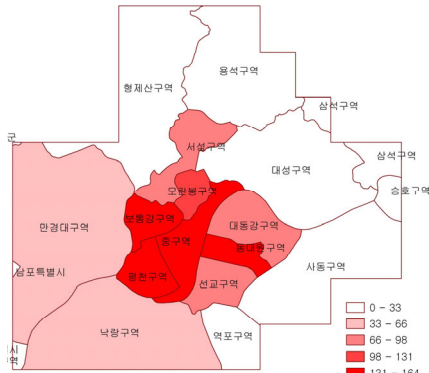
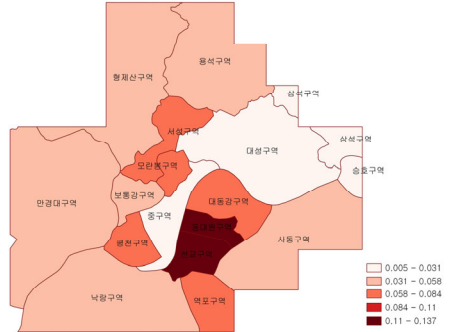
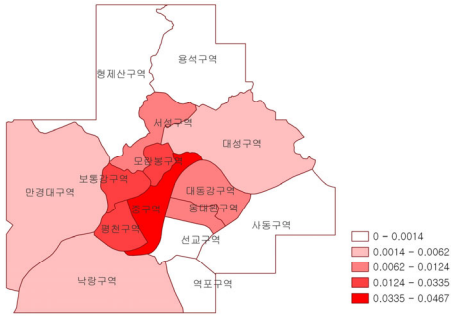
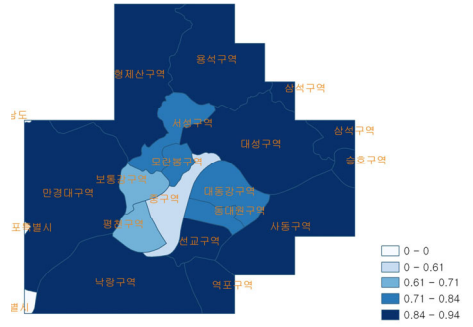
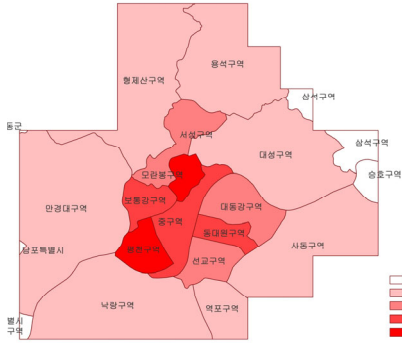
순번	구역명	야간조도 (nanoWatts/cm ² /sr)**	야간조도/ 면적(km ²)
1	낙랑구역	529.80	10.22
2	대동강구역	407.67	28.76
3	대성구역	659.78	14.63
4	동대원구역	275.17	46.55
5	만경대구역	570.77	8.85
6	모란봉구역	294.22	60.86
7	보통강구역	184.27	25.14
8	사동구역	397.06	9.70
9	서성구역	209.08	16.54
10	선교구역	177.23	19.33
11	역포구역	84.59	10.50
12	용성구역	197.35	5.16
13	중구역	1279.14	97.94
14	평천구역	211.25	25.15
15	형계산구역	219.97	4.83
평균		379.82	25.61

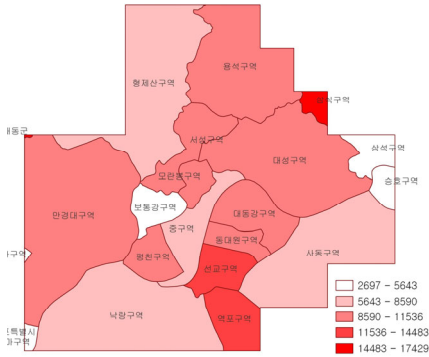
부격차 연구에는 정확도가 떨어졌다. 하지만 저화질 야간 조도 위성자료의 경우 빈곤과 임금과의 상관성이 15퍼센트에 그치던 것이 고화질 영상을 사용할 경우 60퍼센트까지 상관계수가 높아졌으며,⁴⁶⁾ 분석 과정에서 야간 조도와 빈곤의 음 상관성이 35.51퍼센트에 그치는 것이 로그 변화(log transformation) 과정을 거치자 51.85퍼센트의 높은 상관관계로 강화되었다.⁴⁷⁾ 따라서 야간 조도는 실질 임금 등 요소보

46) Ryan Engstrom, Jonathan Hersh and David Newhouse, “Poverty from Space,” p.3.

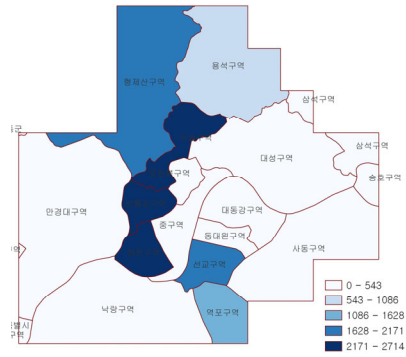
47) Kasiful Aprianto, Arie Wahyu Wijayanto and Setia Pramana, “Deep Learning Approach using Satellite Imagery data for Poverty analysis in Banten, Indonesia,” p.128.

〈그림 7〉 평양 빈부격차 변수의 구역별 밀도 시각화

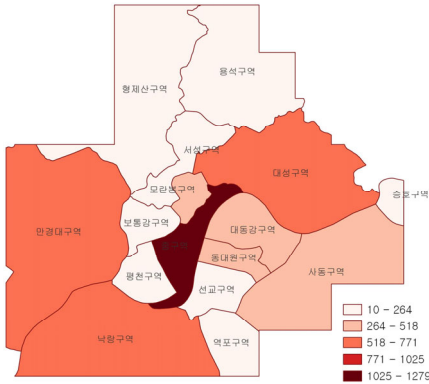




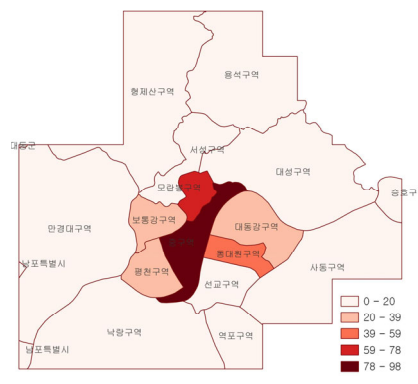
도로길이



철도길이



야간조도 합계



야간조도/면적

다 밀도에 더 관계가 있다는 한계에도 불구하고 도시 빈곤과 빈부격 차 연구에서 중요한 변수로 사용될 수 있다.

평양의 단위면적 대비 야간조도를 보면 중구역(97.94)이 평균 대비 3.8배로 월등히 높다. 이를 이어 개선문과 청년놀이공원, 야시장, 여명거리가 위치한 모란봉 구역(60.86), 주체사상탑이 위치한 동대원구역(46.55). 비교적 부유층이 거주하는 평천구역(25.15)과 보통강구역(25.14)이 야간 불빛이 강하게 나타났다.

위성사진과 GIS를 통해 추출한 지금까지의 자료들은 엑셀상의 숫자적 데이터뿐 아니라 위치 값을 가진 지리정보를 동시에 가지고 있다. 따라서 이 정보는 지도 위에 구역별 밀도를 다이어그램으로 표현해 시각적으로 확인 및 분석할 수 있다. 지금까지 논의된 평양 빈부격차에 대한 변수의 구역별 밀도차이를 QGIS를 활용하여 시각화하면 <그림 7>과 같은 결과를 확인할 수 있다.

4. 통계분석

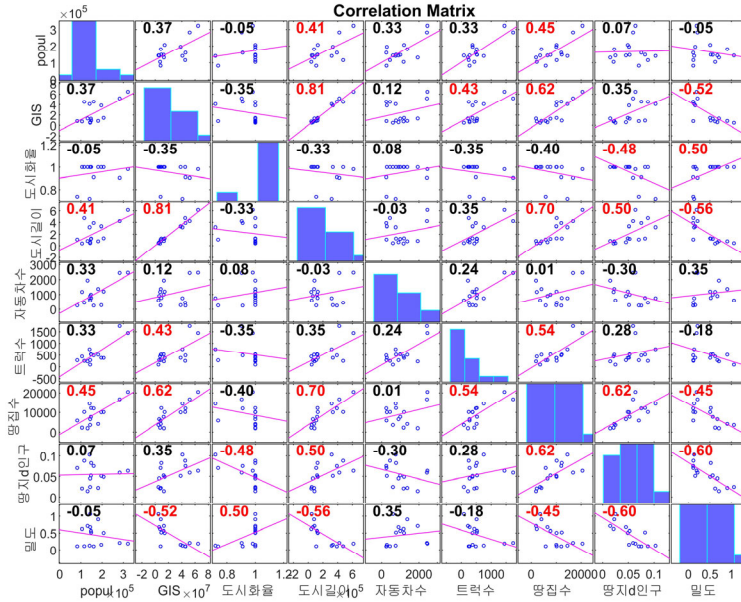
위성사진을 활용한 개발도상국 빈곤연구의 경우 종합적 분석에서 추출된 빈곤지표는 양방향의 서술평가와 통계평가를 진행한다.⁴⁸⁾ 하지만 도시 내 통계적 빈곤 통계자료를 확보할 수 없는 북한의 경우 보완적 방법이 필요하다. 이 장에서는 추출된 평양 빈부격차 변수에 대한 통계적 분석의 가능성을 확인하는 것을 목표로 연구를 진행했다.

우선적으로 통계 프로그램을 통해 추출된 GIS와 위성이미지의 여러 변수에 대한 상관관계를 분석했다. 분석결과 양(+)⁴⁹⁾적 상관성이 있는 변수들은 도로길이와 면적, 땅집과 도로길이, 밀도와 도시화율 등이었으며, 음(-)⁵⁰⁾적 상관성을 보이는 변수는 땅집과 도시화율, 밀도와 도로길이, 밀도와 땅집수 등이었다.

이후 변수들 간의 상관관계를 산포도를 통해 분석했다. 여러 변수 중 다른 변수들과 상관관계가 있고, 평양 구역별 빈곤 수준의 대리변수로

48) Salwa Rizqina Putri, Arie Wahyu Wijayanto and Anjar Dimara Sakti, "Developing relative spatial poverty index using integrated remote sensing and geospatial big data approach," p.14.

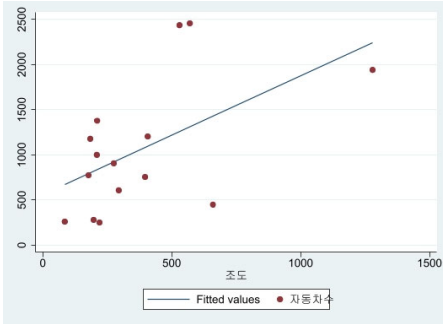
〈그림 8〉 평양 빈부격차 이미지 변수 간의 다중 상관관계 분석



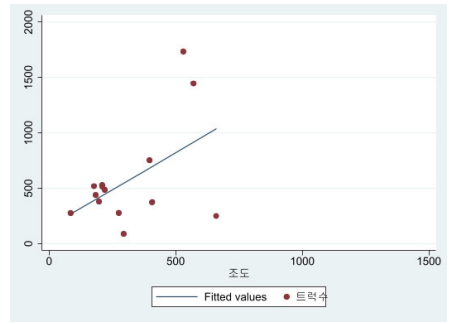
적합하다고 판단되는 야간조도를 종속변수로 선정했다. 야간조도와 다른 변수 간의 산포도에 따른 상관관계 시각화는 〈그림 9〉과 같이 나타났으며, 야간조도는 자동차수, 트럭수와 유의미한 상관관계를 보였다. 조도와 건물밀도의 관계에서는 두 방향의 결과 같이 나타났으며, 이는 조도를 구역별 조도의 합계치로 설정했기 때문으로 예상된다. 조도와 땅집수의 산포도 분석은 유의미한 상관관계를 보이지 않았는데, 이는 야간조도를 평균값이 아닌 전체 합산 값으로 설정했으며, 조도가 높은 도심의 경우에도 땅집이 존재하기 때문으로 해석된다.

이 연구에서는 다음 단계로 전통적 회귀분석을 시도하려 했으나, 구역 표본 수가 15개에 머물러 진행하지 못했다. 향후 평양 내 빈부격차에 대한 통계적 분석은 동별 자료 등 더 세분화된 표본을 추출해 전

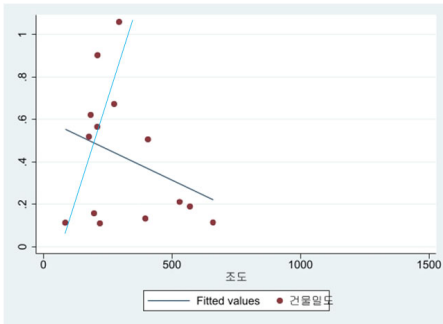
〈그림 9〉 야간조도와 다른 변수 간의 상관관계 분석



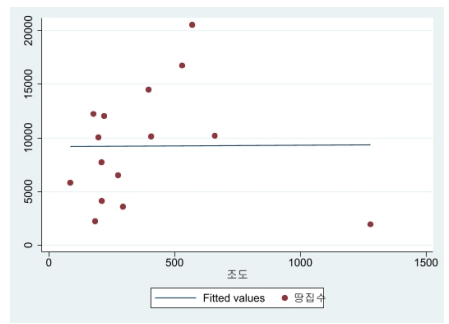
조도 & 자동차 수



조도 & 트럭 수



조도 & 건물밀도



조도 & 망집 수

통방식인 회귀분석과 딥러닝(Neural net 방식), 머신러닝 등 기계식 추출 방식 통계분석을 진행할 수 있을 것이다.

5. 결론

이 연구는 기존 북한 연구의 한계를 넘어 새로운 자료를 생성하고 이를 통해 평양 도심 구역별 빈부격차를 분석하고자 하는 시도이다. 연구 과정에서 GIS 정보와 위성사진을 이용해 도시빈곤과 관계성이

깊을 것으로 생각되는 평양의 구역별 건물밀도, 층수, '땅집', 자동차 수, 트럭수, 도로길이, 철도길이, 야간조도 등을 변수로 추출해 분석했다. 추출된 변수는 구역별 자료 분석, 지도위 밀도의 시각화 분석 과정을 거쳤다. 이 변수들의 통계 값과 밀도에 대한 시각화 결과를 볼 때, 평양의 부유한 구역으로 중복되어 거론된 지역은 도심의 중구역, 평천구역, 보통강구역, 모란봉구역이었으며, 상대적으로 빈곤한 지역으로 중복 거론된 지역은 외곽의 형제산구역, 역포구역, 선교구역, 대성구역, 사동구역이었다.

이 연구 결과는 향후 위성사진을 통한 연구는 그간 자료 부족과 접근의 제한으로 진행하지 못했던 다양한 북한의 여러 현상과 문제를 밝힐 수 있는 가능성을 보여 준다. 위성사진과 GIS 자료를 통한 연구는 전통 연구방법이 가진 자료 부족의 한계 보완뿐 아니라, 비용과 인력, 연구 시간의 절약, 최근 변화에 대한 지속적인 모니터링이 가능한 자료수집 빈도 조절, 자료 수집 가능 범위 확대 등 북한 연구의 확대를 가져올 수 있다. 또한 이 연구방법은 기존 연구에 대한 교차 검토와 함께, 새로운 기술을 통한 신규 연구 주제의 확장을 불러올 수 있을 것이다. 특히 딥러닝, 머신러닝 등 AI 기술을 통한 위성사진 분석기법은 전 세계적으로 통용되고 급격히 발전하고 있는 연구분야로, 이를 북한 연구에 도입하면 혁신적 변화를 가져올 수 있다.

새로운 연구 방법의 시작점으로서 이 연구는 여러 한계와 추가적 과제를 남기고 있다. 우선 통계자료가 부족한 북한 연구에서 위성사진을 통한 분석은 변수와 연구 주제 간의 상관도 측정을 위한 보완 작업이 필요하다. 이에 대한 대안적 방법으로 연구 대상 도시에 거주했던 탈북민과의 인터뷰를 통한 변수 추출, 결과에 대한 교차 검증 과정을 진행할 수 있을 것이다. 이 대안적 방법에 대해 본 연구는 기존 연구

를 통한 교차 확인 차원에 머물렀지만, 향후 연구에서는 연구 계획 단계에서부터 심층 인터뷰를 고려한 연구를 진행한다면 더 의미 있는 결론을 도출할 수 있을 것이다. 향후 연구에서 연구 주제와 대상 도시, 위성사진 자료와 지리정보를 지속적으로 확대해 나가 북한 도시공간과 일상에 대한 포괄적인 이해가 심화되길 기대한다.

■ 접수: 2022년 11월 14일 / 수정: 12월 5일 / 채택: 12월 14일

참고문헌

1. 국내 자료

1) 단행본

노병일, 『빈곤론』(서울: 양서원, 2013).

크루그먼, 폴(Paul R. Krugman), 『지리경제학』, 이운 옮김(서울: 창해, 2017).

플로리다, 리처드(Richard Florida), 『도시는 왜 불평등한가』, 안종희 옮김(서울: 매일경제신문사, 2018).

홍민 외, 『북한 실태 연구: 도시경제의 네트워크와 로지스틱스』(통일연구원, 2020).

2) 논문

기정훈, “구글어스 기반의 공간영상 분석을 통한 북한 도시들의 환경오염과 산림파괴 연구,” 『환경정책』, 제24권 1호(2016), 133~146쪽.

김란희·김현우·이재희·이승훈, “위성자료를 이용한 북한지역 토지피복 및 식생 변화 추정,” 『국토연구』, 제90권(2016), 117~128쪽.

곽인옥·문형남, “경제제도 측면에서 북한의 빈곤화와 시장화에 대한 분석,” 『국제지역연구』, 제21권 2호(2017), 71~96쪽.

박희진, “북한의 주택건설 현황과 생활환경 실태,” 『보건복지포럼』, 298권(2021), 37~49쪽.

양문수, “김정은 시대 북한의 경제개혁 조치,” 『아세아연구』, 제59권 3호(2016), 114~159쪽.

이시효, “시장도입 초기 평양 공간의 재배치: 1984-2003년을 중심으로,” 『북한학연구』, 제12권 2호(2016), 65~92쪽.

임을출, “북한 지역 간 빈부격차 양태와 결정요인 분석,” 『통일문제연구』, 제28권 2호(2016), 91~126쪽.

정은이, “Google Earth 위성자료를 통해서 본 신의주시의 공간적 특징: 무역, 산업, 상업지구를 중심으로,” 『KDI북한경제리뷰』(2017), 25~38쪽.

_____, “북한 부동산 가치변화와 개발에 관한 연구: 평양을 중심으로,” 『동북아경제

연구』, 제30권 4호(2018), 1~30쪽.

홍민, “북한의 아파트 건설시장과 도시정치,” 『KDI북한경제리뷰』(2014), 35~64쪽.

3) 기타 자료

김대현, “북 보위부 작성 평양 성인 210만명 신상정보 단독 입수,” 『주간조선』, 2011년 10월 19일.

통계청, “북한 자동차 등록 및 항공기 보유대수,” <https://kosis.kr/statHtml/>(검색일: 2023년 3월 10일).

2. 국외 자료

1) 단행본

Central Bureau of Statistics Pyongyang, *DPR Korea 2008 Population Census National Report* (Pyongyang: DPR Korea, 2009).

Stanilov, Kiril, *The Post-socialist city: Urban form and space transformations in Central and Eastern Europe after socialism* (Ohio: Springer, 2007).

2) 논문

Aprianto, Kasiful, Arie Wahyu Wijayanto and Setia Pramana, “Deep Learning Approach using Satellite Imagery data for Poverty analysis in Banten, Indonesia,” *IEEE conference on Cybernetics and Computational Intelligence* (2022), pp.126~131.

Bertaud, Alain and Bertrand Renaud, “Cities without land markets: Location and land use in the sociality city,” Policy Research Working Paper, No.1477 (1995), pp.1~15.

Buckley, Robert M. and Sasha Tsenkova, “Urban housing markets in transition: New instruments to assist the poor,” *The urban mosaic of post-socialist Europe: Space, institutions and policy*(Heidelberg: Physica-Verlag HD, 2006), pp.173~190.

- Deda, Luan and Sasha Tsenkova, "Poverty and inequality in Greater Tirana: The reality of peri-urban areas," *The urban mosaic of post-socialist Europe: Space, institutions and policy* (Heidelberg: Physica-Verlag HD, 2006), pp.151~168.
- Engstrom, Ryan, Jonathan Hersh and David Newhouse, "Poverty from Space: Using High-resolution satellite imagery for Estimating economic Well-Being," *Poverty and Equity Global Practice Group in World Bank Group*(2017), pp.1~34.
- Gritsai, Olga, "From state socialism to global capitalism: Budapest on the way to creative and knowledge-based cities," *AMIDSt*(2007).
- Irvine, John M., Richard J. Wood and Payden McBee, "Remote Sensing to Analyze Wealth, Poverty, and Crime," *IEEE Xplore* (2017).
- Kim, Kyoochul, "The North Korean economy seen by satellite: Estimates of national performance, regional gaps based on nighttime light," *Journal of Asian Economics*, Vol.78(2022).
- Lee, Yong Suk, "International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea", *Journal of Urban Economics*, Vol.103(2018), pp.34~51.
- Li, Guie, Zhongliang Cai, Yun Qian and Fei Chen, "Identifying Urban Poverty using High-resolution satellite imagery and Machine Learning Approaches: Implications for housing inequality," *MDPI Land*, Vol.608(2021), pp.1~16.
- Ni, Ye, Xutao Li, Yunming Ye, Yan Li, Chunshan Li and Dianhui Chu, "An investigation on Deep Learning approaches to combining nighttime and daytime satellite imagery for Poverty prediction," *IEEE Xplore* (2022).
- Putri, Salwa Rizqina, Arie Wahyu Wijayanto and Anjar Dimara Sakti, "Developing relative spatial poverty index using integrated remote sensing and geospatial big data approach: A case study of East Java, Indonesia," *International Journal of Geo-Information* (2022), pp.1~28.

Thejas B U, Sreedhar S Dhuulkhed, Jyoti Shetty, and Shantha Ranga Swamy, "Poverty detection using satellite imagery," *The Firth International conference on I-SMAC*(2021), pp.1293~1298.

Woelk, Fabian, Tingting Yuan, Krisztina Kis-Katos and Xiaoming Fu, "Measuring Consumption changes in Rural villages based on Satellite image data: A Case study for Thailand and Vietnam," *IEEE Xplore* (2022).

Pyongyang Mosaic:
The Use of Satellite Images and GIS to Study the
Gap between Rich and Poor in Fifteen Downtown
Districts of Pyongyang

Lee, Sihyo(Soongsil Institute for Peace and Unification) ·

Kim, Sung Bae(Soongsil University) ·

Ki, Junghoon(Myongji University)

This study uses satellite images and geographic information system (GIS) to quantitatively analyze the differences between districts in Pyongyang. In recent years, research using satellite images and artificial intelligence (AI) has been introduced to research on poverty in developing countries where statistical surveys are difficult to conduct. This study applies GIS data and satellite images to study Pyongyang, measuring the density of buildings by district, number of floors per building, number of single-story houses, number of cars, number of trucks, total lengths of roads and railroads, and levels of night-time illumination. The data is plotted on a map to enable visual confirmation of the disparities between different areas of the city. Comprehensive

analysis was conducted to gather statistics so to uncover correlations. The findings show a significant correlation between certain variables, and noteworthy results were found with regard to building density, single-story houses, the number of cars and, in particular, night-time illumination. This study demonstrates the possibilities for savings in cost, manpower, and time when collecting data, and for expanding the range of data collection available in DPRK-focused research, which has always faced limitations due to lack of data. This study serves as a starting point for future North Korean-related research that further develops analysis techniques using AI technologies such as deep learning and machine learning.

Keywords: Pyongyang, mosaic, wealth gap, satellite imagery, GIS