국토연구 제130권(2026. 9): pp.185~205 http://dx.doi.org/10.15793/kspr.2026.130..010

위성자료 기반 북한의 지역내총생산 추정 및 지역 격차 분석*

Satellite-Based Estimation of Gross Regional Domestic Product and Analysis of Regional Disparities in North Korea

신혜원 Shin Hyewon**, 김의준 Kim Euijune***

Abstract

This study uses satellite data to estimate gross regional domestic product (GRDP) in North Korea and examines the spatial distribution, level, and structure of regional disparities. For 210 cities, counties, and districts from 1992 to 2020, value added outside agriculture, forestry, and fisheries was allocated using nighttime light data, while agricultural, forestry, and fisheries value added was estimated by integrating land-cover data with a digital elevation model (DEM). The applicability of the estimation method was indirectly assessed using official regional statistics for Jilin Province, China. Regional disparities were analyzed using a three-stage nested decomposition combining Dagum's Gini decomposition with Akita's nested structure. The results reveal a western inland axis centered on Pyongyang, an eastern coastal axis of heavy-industrial cities, and border nodal areas characterized by external linkages. In 2020, North Korea's GRDP Gini coefficient was 0.51, compared with 0.32 in South Korea, and disparities between the city and county groups accounted for approximately 69% of total regional inequality. These spatial patterns may be associated with institutional characteristics identified in previous studies, including concentration in Pyongyang, heavy-industry-oriented industrial location, and the local self-reliant economic system. This study contributes by constructing long-term city- and county-level economic estimates and quantifying the contribution of different spatial hierarchies to regional disparities.

Keywords: North Korea, GRDP, Three-stage Nested Decomposition Method, Satellite Data, Spatial Inequality

Ⅰ. 서론

지역통계는 지역정책의 수립과 평가를 위한 핵심적인 기초 자료이다. 특히 계획경제 체제에서는 정부가 모든 경제주체의 생산활동을 계획·조정하기 때문에, 시장경제 체제에서보다 통계에 기반한 자원배분이 더욱 중요하다. 그러나 북한은 1960년대 중반 경제위기 이후 공식 통계 발표를 중단하였으며, 2000년대 들어서는 국제사회의 지원 확보를 목적으로 인구·경제 규모 등 일부 지표만을 제한적으로 공개하고 있다.

* 본 논문은 신혜원(2025)의 박사학위 논문인 "북한의 시공간 경제분석: 개발정책, 지역 불균형 및 시장"의 일부를 수정·보완하였으며, 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 일반공동연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5A2A03063693).

** 신혜원 한국건설기술연구원 전임연구원(제1저자) | Research Specialist, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology | Primary Author | hwshin@kict.re.kr

*** 김의준 서울대학교 교수 및 농업생명과학원 겸무연구원(교신저자) | Professor, Department of Agricultural Economics & Rural Development, Integrated Program in Regional Studies & Spatial Analytics and Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University| Corresponding Author | euijune@snu.ac.kr

www.kci.go.kr

현재 UN과 한국은행은 북한의 국가 단위 경제 규모를 매년 추정하여 제공하고 있으며, 연구자들 역시 다양한 방법으로 이를 추정·검증해 왔다(Lee 1972; Niwa and Goto 1989; 전홍택 1992; 정갑영, 강전은 2007; Kim, Kim and Lee 2007; 김천구 2011; 김상권 2017; 조태형, 김민정 2021). 최근에는 야간광 자료를 이용하여 북한의 지역경제와 지역불평등을 분석하려는 연구도 이루어졌다(Crespo Cuaresma, Danylo, Fritz and Hofer et al. 2020; Lee 2018; D. Kim 2022; K. Kim 2022). 그러나 북한의 하위 행정구역 단위 경제통계가 공식적으로 발표되지 않아 추정 결과를 직접 검증하는 데에는 한계가 있으며, 장기간에 걸친 시·군·구역 단위 지역내총생산과 지역 격차의 공간적 위계구조를 함께 분석한 연구는 충분히 이루어지지 않았다.

세부 공간 단위 자료를 생성하기 위한 대안으로 인공위성 자료가 주목받고 있다. 전 지구를 픽셀 단위로 관측하는 인공위성 자료는 북한과 같이 현지 접근과 통계 수집이 불가능한 지역에 대한 공간분석을 가능하게 한다. 특히 야간광(nighttime light) 자료는 1980년대 이후 인위적 경제활동을 반영하는 지표로 논의되어 왔으며, 경제활동의 대리변수로서의 타당성을 검증하는 연구가 축적되어 왔다(Foster 1983; Sullivan 1989; Welch 1980). 다만 선행연구에서는 야간광이 도시인구·도시산업에 대해서는 높은 설명력을 보이는 반면, 총인구나 농업 부문에 대해서는 설명력이 낮다고 보고되고 있다. 농업 비중이 높은 지역에서는 농경지에서 야간광이 거의 탐지되지 않거나 인근 도심의 빛이 번지는 블루밍(blooming) 현상이 나타나, 야간광 단일지표만으로 지역경제를 추정하기 어렵다는 한계가 지적되었다(Doll, Muller and Elvidge 2000; Lessmann and Seidel 2017; Suarez 2016). 이에 토지피복도나 도시 클러스터 등 보조 자료를 결합하면 추정의 신뢰성을 높일 수 있다는 점이 제시되어 왔다(Doll, Muller and Morley 2006; Ghosh, Powell, Elvidge and Baugh et al. 2010).

본 연구의 목적은 인공위성 자료를 활용하여 북한의 지역내총생산을 추정하고, 지역경제 규모의 공간적 분포와 지역 간 격차의 수준 및 공간적 구조를 분석하는 데 있다. 이를 위해 야간광 자료에 토지피복도와 수치표고모형(DEM)을 결합한 복합지표 방식으로 1992~2020년 북한 210개 시·군·구역의 GRDP를 추정하였다. 북한은 하위 단위 통계를 공표하지 않아 추정치의 직접 검증이 불가능하다. 이에 시·현 단위 통계가 공표되는 인접 체제전환국인 중국 지린성에 동일한 방법을 적용하고, 추정치와 공식 통계 간 상관관계로 타당성을 검증하였다. 지역 격차의 공간적 구조는 Dagum(1997)의 지니계수 분해 방법론에 Akita(2003)의 2단계 중첩 구조를 결합한 3단계 중첩 분해 방법을 적용하여 광역 간·권역 간·지역 간·지역 내 격차로 분해하였다. 이 방법은 각 분해지수의 합이 전체 지니계수와 일치하므로, 격차에 가장 크게 기여하는 공간 위계를 식별할 수 있다는 장점이 있다.

기존의 야간광 기반 북한경제 연구는 국가 경제의 장기 추세, 광역권별 경제성과 또는 시·군 단위의 지역경제와 불평등을 분석해 왔으나, 지역경제 규모를 추정하는 과정에서는 주로 야간광을 핵심 대리지표로 활용하였다(김상권 2017; K. Kim 2022; D. Kim 2022). 이에 비해 본 연구는 1992~2020년 북한의 시·군·구역 단위 장기 시계열 자료를 구축하고, 토지피복도와 DEM을 연동하여 농림어업 부가가치를 별도로 추정하였다. 또한 지린성의 공식 지역통계를 이용하여 추정 방법의 적용 가능성을 간접적으로 점검하였으며, Dagum의 지니계수 분해와 Akita의 중첩 구조를 결합한 3단계 분해를 통해 지역 격차의 공간 위계별 기여도를 규명하였다. 이러한 점에서 본 연구는 기존 연구와 차별성을 갖는다. 본 분석 결과는 북

www.kci.go.kr

한 지역경제의 실태를 이해하기 위한 학술적 토대를 제공하며, 향후 남북 협력 과정과 통일 이후의 지역균형발전 정책을 설계하는 데 필요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 선행연구를 고찰하고 본 연구의 차별성을 제시한다. Ⅲ장에서는 분석 자료와 방법론을 설명하고, Ⅳ장에서는 GRDP 추정 및 지역 간 격차 분석 결과를 보고한다. Ⅴ장에서는 연구 결과를 종합하고 학술적·정책적 함의와 연구의 한계를 논의한다.

Ⅱ. 선행연구 고찰

1. 선행연구 분석

인공위성 자료 가운데 야간광은 인위적 경제활동을 반영하는 지표로 논의되어 왔으며, 이를 실제 경제지표의 대리변수로 활용할 수 있는지에 대한 다양한 검증이 수행되어 왔다. 국가 단위의 연구에서는 야간광과 경제 규모 또는 성장률 간의 통계적 설명력이 확인되었으며(Elvidge, Baugh, Kihn and Kroehl et al. 1997; Doll, Muller and Elvidge 2000; Ebener, Murray, Tandon and Elvidge 2005; Henderson, Storeygard and Weil 2012), 전기사용량의 대리변수로서의 활용 가능성 역시 검증되었다(Welch 1980; Elvidge, Baugh, Kihn and Kroehl et al. 1997; Doll, Muller and Elvidge 2000; Amaral, Câmara, Monteiro and Quintanilha et al. 2005). 인구 부문의 경우 Sutton, Roberts, Elvidge and Baugh(2001)은 야간광이 일정 수준의 통계적 설명력을 지닌다고 보고하였으나, Elvidge, Baugh, Kihn and Kroehl et al.(1997)과 Akiyama(2012)는 그 설명력이 상대적으로 낮다고 분석하였다. 반면 Welch(1980), Doll, Muller and Elvidge(2000), Amaral, Câmara, Monteiro and Quintanilha et al.(2005)은 야간광이 도시인구에 대해서는 유효한 대리변수임을 확인하였다.

야간광을 지역경제 변수로 활용할 수 있는지에 대한 검토도 이루어져 왔다. Sutton and Costanza (2002)는 국가별 GDP와 야간광 총량의 비율을 이용하여 1㎢ 해상도의 경제활동 지도를 작성하였다. 야간광을 이용한 공간 배분의 타당성을 검토하기 위해 미국 본토 주별 총생산과 야간광 총량의 로그 회귀를 실시한 결과, 결정계수(R^2)는 0.86으로 나타났다. 한편 Ebener, Murray, Tandon and Elvidge(2005)은 야간광과 국가 GDP 간의 관계식을 토대로 지역경제 규모의 추정 가능성을 분석하였는데, 변수의 설명력과 함수 형태가 국가별로 상이하여 국가별 모형 추정이 필요하다고 제시하였다. Doll, Muller and Morley(2006)은 유럽 11개국과 미국을 대상으로 야간광과 지역경제 규모 간의 상관관계를 분석한 결과, 분석 대상에 따라 회귀계수는 0.05~0.2로 상이하였으나 R^2가 0.88 이상인 선형 관계를 확인하였다. 또한 국가 GDP를 지역 단위로 분해할 때 단일 계수를 적용하면 설명력이 감소하므로, 토지이용 자료를 함께 활용할 것을 제안하였다. Sutton, Elvidge and Ghosh(2007)은 야간광의 변화가 국가 및 지역 총생산과 인구 변화를 예측하는 대안적 자료가 될 수 있는지를 검증하였으며, 야간광과 도시인구를 함께 고려한 지역내총생산 예측 모형이 높은 설명력을 보임을 확인하였다. Ghosh, Powell, Elvidge and Baugh et al.(2010)은 야간광과 LandScan 인구 자료를 결합하여 공식·비공식 부문을 포함하는 경제활동의 공간분포를 1㎢ 격자 단위로 추정하였다. 농업 부문은 인구분포에, 비농업 부문은 야간광 분포에 따라 배분함으로써, 야간광만으로는 포착하기 어려운 농업 활동을 반영하고자 하였다. Li, Xu, Chen and Li(2013)은 중국의 31개 성급 지역과 5개 성(안후이·푸젠·광둥·

www.kci.go.kr

장시·저장)에 속한 393개 현급 분석지역을 대상으로 DMSP-OLS 및 NPP-VIIRS 야간광 자료의 경제지표 활용 가능성을 평가하였다. NPP-VIIRS 총야간광과 지역내총생산 간 선형회귀의 결정계수(R^2)는 성급 지역에서 0.8699, 현급 지역에서 0.8544로 나타났다. Keola, Andersson and Hall(2015)은 농업 비중에 따라 야간광과 GDP의 관계가 불안정해질 수 있으며, 야간광만으로 농업·임업 부가가치의 변화를 설명하는 데 한계가 있음을 보였다. 이를 보완하기 위해 농업과 비농업 부문을 구분하고 토지피복 자료를 결합하여 국가 및 지역 수준의 경제성장을 추정하였다. Suarez(2016)는 VIIRS 야간광을 이용한 지역내총생산 추정 결과가 국가의 소득수준, 산업 부문 및 토지 마스킹 조건에 따라 달라짐을 보였다. 고소득 국가군에서는 야간광이 지역내총생산에 대해 상대적으로 높은 설명력을 보였으나, 저소득 국가군에서는 두 변수 간 관계가 통계적으로 유의하지 않았다. 저자는 그 원인으로 농업 활동이 야간광에 충분히 반영되지 않을 가능성을 제시하였다. Bickenbach, Bode, Nunnenkamp and Söder(2016)은 브라질·인도·미국·서유럽에서 야간광 증가율과 지역 GDP 성장률 간 관계의 안정성을 검토하였다. 대부분의 분석에서 계수의 지역별 불안정성이 나타났으며, 브라질 도시지역은 안정적인 관계를 보이는 주요 예외였다. Lopez-Ruiz, Blazquez and Hasanov(2019)은 야간광을 활용하여 1992~2017년 사우디아라비아 13개 지역의 지역내총생산을 추정하는 방법론을 구축하였다. 전국 GDP와 야간광 간 회귀식을 추정한 결과 야간광은 국가 GDP 변동의 약 89%를 설명하는 것으로 나타났으며, 이를 토대로 전체 야간광 대비 지역 야간광의 비율을 국가 GDP에 곱하여 13개 지역의 GDP를 계산하였다. 이어 추정된 지역내총생산과 지역 고용의 관계를 분석한 결과, 고용에 대한 산출탄력성이 약 0.7로 나타나 선행 생산함수 연구에서 보고된 수준과 유사하였다. Pérez-Sindín, Chen and Prishchepov(2021)은 야간광 자료가 중·저소득 국가의 지역경제 규모 추정에 활용될 수 있는지를 검토하기 위해, 콜롬비아의 지역경제 규모와 네 가지 야간광 자료(DMSP, VIIRS, 조화 DMSP/VIIRS(H-DMSP/VIIRS), 도시지역(Global Urban Footprint)에 한정한 H-DMSP/VIIRS) 간의 상관관계를 분석하였다. 각 야간광 자료와 실제 지역경제 규모 간에는 통계적으로 유의한 관계가 나타났으며, 인구 규모가 작은 지역일수록 회귀계수가 감소하였다. VIIRS는 농촌지역에서 계수가 가장 높았던 반면, 도시지역 H-DMSP/VIIRS는 대도시에서 설명력이 더 높게 나타났다.

국내외에서도 야간광을 활용한 북한경제 연구가 이루어져 왔다. 김상권(2017)은 1992~2012년 북한의 국가 단위 GDP를 추정하였으며, K. Kim(2022)은 야간광을 활용하여 북한의 장기 경제 추세(1992~2013)를 추정하고 평양, 서북지역, 동북지역 및 남한 접경지역 등 광역권별 경제성과를 비교하였다. D. Kim(2022)은 도시화율과 한국은행 GDP를 이용하여 기준시점의 시·군별 1인당 GRDP를 산출한 뒤, 야간광과의 관계를 적용하여 2012~2020년 시·군별 1인당 GRDP와 지역불평등을 추정하였다.

2. 연구의 차별성

선행연구 분석 결과, 야간광은 GDP, 도시인구, 도시면적, 전력소비 등을 추정하는 데 활용되어 왔으나, 야간광만으로 지역경제 규모를 추정하는 데에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 야간광의 경제활동 설명력은 국가의 소득수준과 산업구조에 따라 달라질 수 있다(Suarez 2016). 이러한 한계를 보완하기 위해 토지피복도(Doll, Muller and Morley 2006; Keola, Andersson and Hall 2015), 도시인구(Sutton, Elvidge

www.kci.go.kr

and Ghosh 2007), LandScan 인구분포(Ghosh, Powell, Elvidge and Baugh et al. 2010) 등을 야간광과 함께 활용하는 접근이 제시되었다.

본 연구에서는 1992~2020년 북한의 지역내총생산을 추정하기 위해 야간광 강도에 토지피복도와 DEM을 결합하였다. 분석 기간 동안 DMSP-OLS 야간광은 북한 210개 행정구역의 약 40~60%에서 탐지되지 않았다. 이는 북한의 전반적인 전력 인프라 부족과 낮은 경제활동 강도로 인해 야간광이 약하게 발산되어 위성에 포착되지 않았기 때문으로 판단된다. 야간광 단일지표 방식은 이러한 미탐지 지역의 경제활동을 사실상 0으로 처리하게 되어 지역경제 규모를 과소 추정할 수 있다. 이를 보완하기 위해 산업을 비농림어업과 농림어업으로 구분하여, 비농림어업 부가가치는 야간광 분포로 배분하되 농림어업 부가가치는 토지피복도와 DEM으로 별도 추정함으로써, 야간광이 약한 지역의 농림어업 경제 규모가 과소 추정되는 문제를 완화하였다.

이러한 점에서 본 연구는 기존 연구와 다음과 같은 차별성을 갖는다. 첫째, 1992~2020년 북한 210개 시·군·구역을 대상으로 장기 시계열 자료를 구축하였다. 둘째, 야간광이라는 단일 지표에 의존하지 않고 비농림어업과 농림어업을 구분하였으며, 토지피복도와 DEM을 활용하여 농림어업 부가가치를 별도로 추정함으로써 지역경제 규모를 산출하였다. 셋째, 공식 지역통계가 제공되는 중국 지린성 자료를 활용하여 추정 방법의 적용 가능성을 간접적으로 점검하였다. 넷째, Dagum의 지니계수 분해와 Akita의 중첩구조를 결합한 3단계 분해를 적용하여 광역·권역·지역 등 공간 위계별 격차의 상대적 기여도를 분석하였다.

Ⅲ. 분석 자료 및 방법론

1. 지역경제 규모 추정

1) 분석 자료

인공위성 영상 자료 가운데 야간광 자료는 오로라 등 자연적 요인의 영향을 보정한 후 인간 활동에서 발생하는 인공조명의 정보를 제공하므로, 사회경제적 현상을 분석하는 데 활용될 수 있다(Rindfuss and Stern 1998). 대표적인 야간광 자료로는 미국 국방부의 DMSP(Defense Meteorological Satellite Program) 위성에 탑재된 OLS(Operational Linescan System)와 미국 항공우주국(NASA)과 해양대기청(NOAA)이 공동으로 운영하는 SNPP(Suomi National Polar-orbiting Partnership) 위성의 VIIRS(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)가 있다.

DMSP-OLS 자료는 1992~2013년 전 세계의 야간광 강도를 픽셀 단위로 제공한다. 관측폭(swath)은 약 3,000㎞이며, 연간 합성자료의 공간해상도는 30 arc-second이다. 이는 적도 부근을 기준으로 약 0.926㎞ × 0.926㎞에 해당하지만, 실제 픽셀 면적은 위도에 따라 상이하다. 밝기 강도는 0~63의 정수값인 6비트 DN(digital number)으로 표현되며, 해당 기간에는 총 6기의 위성이 관측을 수행하였다. SNPP-VIIRS는 DMSP-OLS보다 높은 공간해상도인 15 arc-second를 제공하며, 상대적으로 약한 인공조명도 탐지할 수 있다. 또한 밝기 강도를 14비트로 기록하고 탑재 센서 자체의 교정(onboard calibration)을 수행한다는 장점이 있다.

두 센서는 야간 관측시각에서도 차이를 보인다. DMSP-OLS는 대체로 현지시간 20시 30분~21시 30분에 관측하는 반면, SNPP-VIIRS는 약 01시 30분에 관측된다. 따라서 SNPP-VIIRS는 심야 시간대의 전력차단이나 상업·가정 조명 감소를 상대적으로 크게

www.kci.go.kr

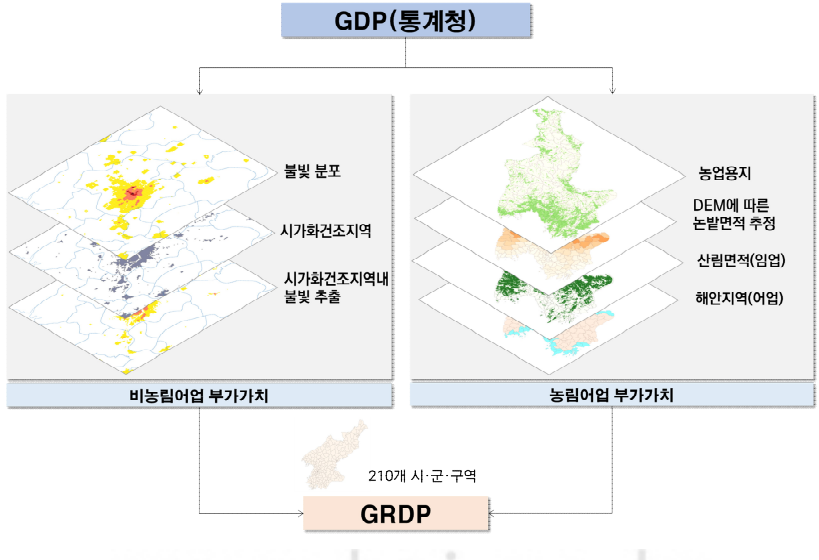
반영할 수 있다. 북한에서는 계획배전과 전략시설 우선공급으로 인해 경제활동 수준과 전력 사용량이 일치하지 않을 수 있으므로, 야간광은 경제활동의 완전한 대리변수가 아니라 제한적인 공간 배분지표로 해석할 필요가 있다.

또한 야간광 자료는 블루밍(blooming) 현상으로 인해 농촌지역이나 접경지역을 분석할 때 주의가 필요하다(Li, Zhou, Zhao and Zhao 2020). 블루밍은 인공조명 시설이 없는 지역에서도 인접한 밝은 지역의 빛이 번져 탐지되는 현상이다. 이를 완화하기 위해 야간광과 경제 규모 간의 관계를 분석할 때 일정 값 이하의 자료를 제외하기도 한다(Henderson, Storeygard and Weil 2012). 그러나 북한은 전반적으로 야간광 강도가 약하여 DMSP-OLS 자료에서는 시·군·구역의 40~60%에서 야간광이 탐지되지 않으며, SNPP-VIIRS 자료에서도 20~40% 정도의 지역에서 야간광이 탐지되지 않으므로, 일정 값 이하의 DN(digital number) 값을 제외하는 방식은 적용하기 어렵다. 이에 본 연구는 블루밍을 발생 경로에 따라 두 가지로 구분하여 처리하였다. 첫째, 국내 도시 중심부의 빛이 인근 농촌지역으로 번지는 블루밍은 시가화건조지역(토지피복 분류 값 '190') 내의 야간광만을 비농림어업 부가가치 배분에 활용함으로써 차단하였다. 둘째, 국경 너머 외국 도시의 빛이 접경지역으로 유입되는 블루밍의 경우, 신의주처럼 중국의 밝은 도시(예: 단둥)와 인접한 북중 접경도시에서는 시가화건조지역 마스킹만으로 제거되지 않는 외국 광원의 영향이 남을 수 있다. 실제로 외국 광원의 영향을 거리 감쇠 방식으로 차감하는 보정을 시험 적용한 결과, 신의주 등 일부 접경 도시에서는 야간광이 과도하게 차감되어 값이 0에 이르는 등 실제 경제 위상과 괴리되는 문제가 나타났다. 이처럼 외국 광원을 픽셀 단위로 신뢰성 있게 분리·보정하는 방법이 확립되어 있지 않아, 정량적으로 보정하는 대신 해석 시 유의점으로 다루었다(V장).

2) 분석 방법론

지역경제 규모를 추정하기 위해 한국은행이 추계하여 통계청 국가통계포털(KOSIS)에서 제공하는 북한의 경제활동별 총생산(1992~2020, 2015년 기준 불

그림 1 북한의 지역내총생산 추정 과정



www.kci.go.kr

변가격) 자료를 활용하였으며, 이를 농림어업 부가가치와 비농림어업 부가가치로 구분하였다. 국가 단위의 비농림어업 부가가치를 지역 단위로 할당하기 위해 전국 야간광 대비 지역별 시가화건조지역[1] 내 야간광 비율을 활용하였다(〈그림 1〉).

지역별 농림어업 부가가치를 추정하기 위해 농업용지(토지피복도 '11')를 추출하였으며[2], 논·밭의 면적당 부가가치 비율의 차이를 반영하기 위해 남한 지역별 밭의 비율과 해당 지역의 DEM 간 회귀식을 추정하였다.[3] 논·밭 비율 추정을 위해 1976~1979년 '농업면적조사'(KOSIS) 자료와 지역별 DEM을 활용하였다. 시간적 범위를 1976~1979년으로 설정한 이유는, 해당 시기 남한의 GDP 대비 농림어업 비중이 20~23%로 북한의 경제 구조와 유사한 수준을 보였기 때문이다. 임업 부문의 부가가치를 추산하기 위해 토지피복도 분류코드 '60'[4]을 적용하여 지역별 산림면적을 산정하였다. 농업과 임업의 면적당 부가가치 비율은 1975년 남한 산업연관표에서 제공된 부가가치액을 기반으로 계산하였다. 또한, 북한은 국토의 동·서 양면이 바다와 접해 있어 어업의 비중을 고려하여야 한다. 해안지역의 산업구조에 어업 비중을 반영하기 위해 북한 '2008 인구센서스'의 전국 농림어업 종사자 중 어업 종사자 비율을 계산하여 적용하였고, 산업연관표에서 농림어업 대비 어업의 부가가치 비율을 적용하여 어업 부가가치액을 도출한 뒤 이를 북한의 해안지역에 배분하였다.

하지만 한국은행이 발표하는 북한의 경제활동별 총생산은 공식 지역통계가 아니라 제한된 생산량 자료와 남한 가격체계 등을 이용한 추계치이므로, 본 연구의 전국 총량에도 그 추계오차가 승계될 수 있다. 또한 논·밭 비율과 고도 간 관계 및 농업·임업·어업의 부가가치 비율에 사용한 1970년대 남한 자료는 당시 농림어업 비중이 북한과 유사하다는 점을 근거로 선택하였으나, 남북한의 기술 수준, 작목 구성, 관개 여건, 경지 생산성 및 제도 차이를 충분히 반영하지 못한다. 다만 이 대리자료는 농림어업 부가가치의 지역 간 배분비율을 결정할 뿐 한국은행 추계 전국 총량을 변경하지 않으며, 이에 따라 본 연구의 지역별 절대 생산액에는 오차 가능성이 있음을 해석 시 유의할 필요가 있다.

3) 추정 방법의 적용 가능성 점검

본 절의 목적은 추정된 북한의 지역내총생산 추정값을 산출하는데 사용된 추정 방법의 타당성을 검증하는 데 있다. 북한은 하위 행정구역 단위의 지역내총생산을 공표하지 않으므로, 추정치를 실제 통계와 직접 대조하는 검증은 원천적으로 불가능하다. 따라서 본 연구는 동일한 추정 방법을, 지역내총생산 통계가 공표되는 인접 지역에 적용하여 추정값과 실제 발표치 간 상관관계로 방법의 타당성을 간접 검증하였다.

검증 대상지역은 ① 북한과 지리적·정치적으로 인접하고, ② 시·현(3단계) 단위 지역내총생산을 시계열로 공표하며, ③ 분석 기간 동안 행정구역 경계가 안정적으로 유지되어야 한다는 조건을 충족해야 한다. 북·중 접경지역인 랴오닝성도 검토하였으나, 분석 기간 동안 현(縣)의 구(區) 전환 등 행정구역 개편이 광범

1) Copernicus Climate Change Service(C3S)에서 제공하는 1992~2020년간 토지피복도의 분류 값 '190'을 활용하였음.

2) 농지 관련 토지피복도는 GHS(Global Human Settlement Layer)에서 제공하는 SMOD의 농업그리드(Class 1: "Rural area grid")와 중첩도가 높은 분류 값인 '11'(초본피복)을 북한 농경지(논/밭)로 간주하였음.

3) 밭면적/전체농업면적 = 0.325+ 0.000473*DEM
(29.32)*** (11.58)*** (): t-value, ***: 통계적 유의 수준(1%)

4) 북한의 임업 부문을 분석하기 위해 북한의 산지 분포도와 비교하여 중첩도가 높은 분류 값 '60'(수목 피복(활엽·낙엽수, 수관밀도 15% 초과))을 북한 산지로 적용하였음.

www.kci.go.kr

위하여 일관된 시계열 검증 패널을 구성하기 어려웠다. 반면 지린성은 시·현 단위 행정구역이 상대적으로 안정적으로 유지되어, 북한과 인접한 동북3성 가운데 위 조건을 가장 잘 충족하므로 검증 대상으로 선정하였다.

검증을 위해 인공위성 자료를 활용한 추정 방법을 두 가지로 구분하였다. 방법 A는 야간광의 전국 대비 지역별 비중만으로 부가가치를 배분한 것이고, 방법 B는 농림어업과 비농림어업을 구분하여 추정한 복합지표 방식이다. 지린성 46개 지역의 2004~2020년 추정값과 중국 국가통계국 발표치 간 상관관계를 분석한 결과, 야간광 단일지표(A)만으로도 상관계수가 약 0.98로 매우 높았으며, 복합지표(B)는 이보다 0.0~0.07 높은 값을 보였다(〈표 1〉).

지린성은 북한보다 경제적 여건이 양호하고 행정구역 면적이 넓어, 야간광 단일지표만으로도 높은 상관관계가 나타난 것으로 판단된다. 주목할 점은, 야간광이 이미 잘 작동하는 이러한 조건에서조차 복합지표가 더 높은 상관관계를 보였다는 것이다. 이는 야간광이 약하게 탐지되거나 농업 비중이 높은 지역일수록 복합지표의 상대적 이점이 커짐을 의미하며, 경제규모가 작고 야간광이 약한 북한의 지역내총생산 추정에는 복합지표 방식이 더욱 유효함을 시사한다.

표 1 2004~2020년 지린성 지역내총생산과 추정된 지역내총생산 간 상관계수

구분	인공위성_년도	야간광 기준 지역내총생산(A)	비농림어업 + 농림어업 기준 지역내총생산(B)	차이(B-A)
DMSP-OLS	15_2004	0.9658	0.9828	0.0170
	16_2004	0.9289	0.9834	0.0545
	15_2005	0.9617	0.9857	0.0240
	16_2005	0.9420	0.9851	0.0431
	15_2006	0.9679	0.9840	0.0161
	16_2006	0.9684	0.9832	0.0148
	15_2007	0.9383	0.9869	0.0486
	16_2007	0.9420	0.9874	0.0454
	16_2008	0.9425	0.9817	0.0392
	16_2009	0.9332	0.9828	0.0496
	18_2010	0.9099	0.9820	0.0721
	18_2011	0.9237	0.9838	0.0601
	18_2012	0.9649	0.9843	0.0194
	18_2013	0.9538	0.9868	0.0330
SNPP-VIIRS	2012	0.9758	0.9762	0.0004
	2013	0.9808	0.9799	-0.0009
	2014	0.9870	0.9861	-0.0009
	2015	0.9867	0.9867	0.0000
	2016	0.9878	0.9884	0.0006
	2017	0.9887	0.9893	0.0006
	2018	0.9888	0.9897	0.0009
	2019	0.9954	0.9959	0.0005
	2020	0.9941	0.9947	0.0006

www.kci.go.kr

2. Dagum의 지니계수 분해 방법론

Dagum(1997)의 지니계수 분해 방법론은 지니계수의 장점을 유지하면서도 타일지수의 장점을 일부 적용한 방법론으로, 지니계수 분해를 통해 집단 간 격차와 집단 내 격차에 대한 해석이 가능하다. 특히 이 방법론의 중첩항은 다른 지니계수 분해 방법의 잔차항과 달리 수식을 통해 그 크기를 직접 측정할 수 있기 때문에, 소득 분포의 복잡한 구조를 더 정확하게 반영한다는 점에서 기존의 분해 방법들과 차별화된다(Monti 2007). 또한 이 방법은 타일지수처럼 가법성을 갖추고 있어 각 집단이 전체 불평등에 기여하는 정도를 평가할 수 있으며, 이를 통해 불평등의 원인을 보다 정확하게 파악할 수 있다(Mussard, Seyte and Terraza 2003).

분석에 활용한 3단계 중첩 지니계수 분해 방법은 Dagum(1997)의 지니계수 분해 방법론에 Akita(2003)의 2단계 중첩 타일지수 분해 구조를 결합한 것이다. 3단계 중첩 분해를 위한 공간 구조는 〈그림 2〉와 같이 광역권, 권역, 지역으로 구분되며, 권역은 광역권의 하위 공간 단위로, 지역을 포함한다. 이 방법론을 통해 전체 지니계수를 광역 간 격차, 권역 간 격차(광역 내 격차), 지역 간 격차(권역 내 격차), 지역 내 격차로 분해할 수 있다. 이 네 분해지수의 합은 전체 지니계수와 같으므로, 각 지수의 기여율을 계산함으로써 전체 격차에서 각 공간 위계가 차지하는 비중을 파악할 수 있다.

지니계수 계산식은 〈식 1〉과 같다. 공간구분은 광역권(a,l), 권역(b,m), 지역(j,h) 및 하위지역(i,r)이며, 개수는 각각 d, k, n 및 p개이다. y_{abji}는 a광역권, b권역, j지역내 있는 i하위 행정구역 (시·군·구역)의 평균소득을 의미한다. 지니계수는 모든 지역 간 평균소득의 차이를 합한 뒤 전 지역의 평균소득($\overline{Y}$)로 나눈 값을 의미한다.

$$G=\frac{1}{2p^2\overline{y}}\sum_{a=1}^{d}\sum_{l=1}^{d}\sum_{b=1}^{k_a}\sum_{m=1}^{k_l}\sum_{j=1}^{n_{ab}}\sum_{h=1}^{n_{lm}}\sum_{i=1}^{p_{abj}}\sum_{r=1}^{p_{lmh}}|y_{abji}-y_{lmhr}|$$

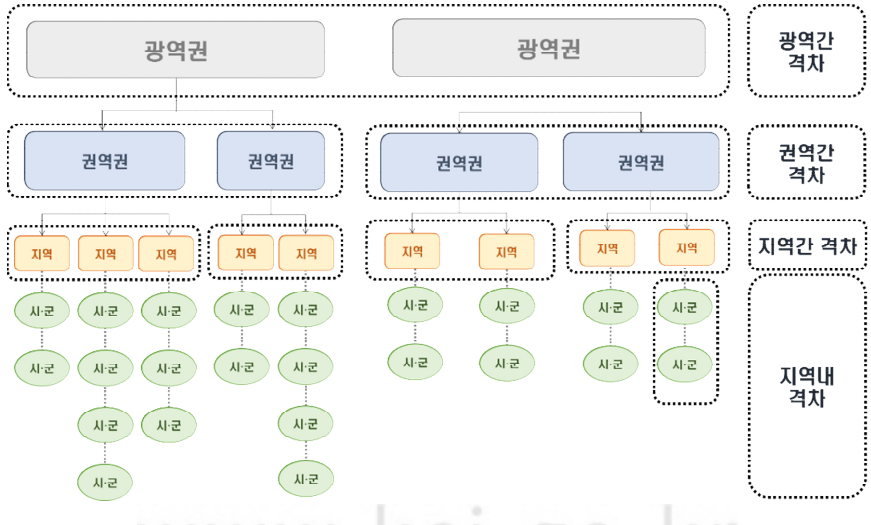
〈식 1〉

G : 지니계수

p : 하위 행정구역의 총 개수

$\overline{y}$: 전체 평균 소득

그림 2 3단계 중첩 공간 분해 구조



www.kci.go.kr

$y_{a(l)b(m)j(h)i(r)}$: $a(l)$ 광역권, $b(m)$ 권역, $j(h)$ 지역 내, $i(r)$ 하위 행정구역의 평균소득 공간위계별 구분은 다음과 같다.

광역권 : $a, l = 1, ..., d$ (d개 광역권)

권역: $b = 1, ..., k_a$ (k_a개 권역), $m = 1, ..., k_l$(k_l개 권역)

지역 수준: $j = 1, ..., n_{ab}$ (n_{ab}개 지역), $h = 1, ..., n_{lm}$ (n_{lm}개 지역)

하위행정구역 수준: $i = 1, ..., p_{abj}$ (p_{abj}개 시·군·구역), $r = 1, ..., p_{lmh}$ (p_{lmh}개 시·군·구역)

3단계 중첩 지니계수 분해는 지역 내 격차(〈식 2〉)와 지역 간 격차(〈식 3〉)를 통해 계산할 수 있다. 지역 내 격차(G_{jj})는 j지역에 속해 있는 하위 행정구역의 평균소득($\overline{Y_j}$)과 하위 행정구역의 개별 소득 차이($|y_{ji} - y_{hr}|$에 의해서, 지역 간 격차(G_{jh})는 j지역 및 h지역에 속해 있는 하위 행정구역의 평균소득인 $\overline{Y_j}$, $\overline{Y_h}$과 하위 행정구역의 개별소득 차이($|y_{ji} - y_{hr}|$)에 의해서 결정된다.

$$G_{jj} = \frac{\frac{1}{2\overline{Y_j}} \sum_{i=1}^{p_j} \sum_{r=1}^{p_j} |y_{ji} - y_{jr}|}{p_j^2} \quad \text{〈식 2〉}$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{p_j} \sum_{r=1}^{p_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{p_j p_h (\overline{Y_j} + \overline{Y_h})} \quad \text{〈식 3〉}$$

G_{jh}는 G_{hj}와 같은 값이다($G_{jh} = G_{hj}$).

$\overline{Y_j}$: j지역의 평균 소득

$\overline{Y_h}$: h지역의 평균 소득

p_j, p_h: j, h 지역 내 하위행정구역 수

y_{ji}, y_{jr}: j지역 내 i, r번째 하위 행정구역의 평균소득

y_{hr}: h지역 내 하위 행정구역의 평균 소득

앞서 계산된 세부 단위의 지역 간(내) 지니계수를 통해 광역 간 지니계수(G_{bm}), 권역 간 지니계수 또는 광역 내 지니계수(G_{wm}), 지역 간 지니계수 또는 권역 내 지니계수(G_b), 지역 내 지니계수(G_w)로 분해할 수 있으며, 전체 지니계수는 4개의 분해 지수의 합으로 나타낸다(〈식 4〉).

$$G = G_w + G_b + G_{wm} + G_{bm} \quad \text{〈식 4〉}$$

G_w: 지역 내 지니계수

G_b: 지역 간 지니계수(권역 내 지니계수)

G_{wm}: 권역간 지니계수(광역 내 지니계수)

G_{bm}: 광역권 간 지니계수

Dagum(1997) 분해에서 전체 지니계수는 집단 내 격차(G_w), 순(純)집 단 간 격차(G_{nb}), 그리고 집단 간 분포의 중첩 정도를 나타내는 중첩항(transvariation, G_t)의 합으로 표현된다. 즉 $G = G_w + G_{nb} + G_t$이다. 본 연구의 3단계 중첩 구조에서는 이 중첩항을 잔차로 남겨두지 않고 각 공간 위계(광역·권역·지역)의 집단 간 항에 내생적으로 배분하여 측정하였다. 그 결과 〈식 4〉과 같이 광역 간·권역 간·지역 간·지역 내 네 개 분해 지수의 합이 전체 지니계수와 정확히 일치하며, 각 지수가 전체에서 차지하는 비율(기여율)을 통해 격차의 공간 위계별 원천을 가법적으로 식별할 수 있다.

지역 내 지수와 지역 간 지수는 지역 내 지니계수의 가중평균으로 산출되며(〈식 5〉), 전체 하위 지역의 지역 간 격차는 〈식 6〉과 같이 산정된다.

$$G_w = \sum_{j=1}^{n_{ab}} G_{jj} P_j S_j \quad \text{〈식 5〉}$$

$$G_b = \sum_{j=1}^{n_{ab}} \sum_{h=1}^{n_{ab}} G_{jh} (P_j S_h + P_h S_j) \ (\text{if}, \ b = m) \quad \text{〈식 6〉}$$

G_W 및 G_b 는 지역 내 격차와 지역간 격차를 의미하는 것으로, 동일한 권역 내 지역을 대상으로 분석한 지역 내 격차와 지역 간 격차를 의미한다(〈식 7〉).

www.kci.go.kr

$$G_{wm} = \sum_{b=1}^{K_a} \sum_{m=1}^{K_a} G_{bm}(P_b S_m + P_m S_b) \quad (\text{if, } a = l, b \neq m) \quad \langle 식\ 7 \rangle$$

G_{wm}는 권역간 격차로 동일한 광역권 내 서로 다른 권역간 격차를 의미하며, 광역권 내 지수의 합에서 지역 내 격차와 지역 간 격차의 합을 제외한 값과 동일하다(〈식 8〉).

$$G_{bm} = \sum_{a=1}^{d} \sum_{l=1}^{d} G_{al}(P_a S_l + P_l S_a) \quad (\text{if, } a \neq l) \quad \langle 식\ 8 \rangle$$

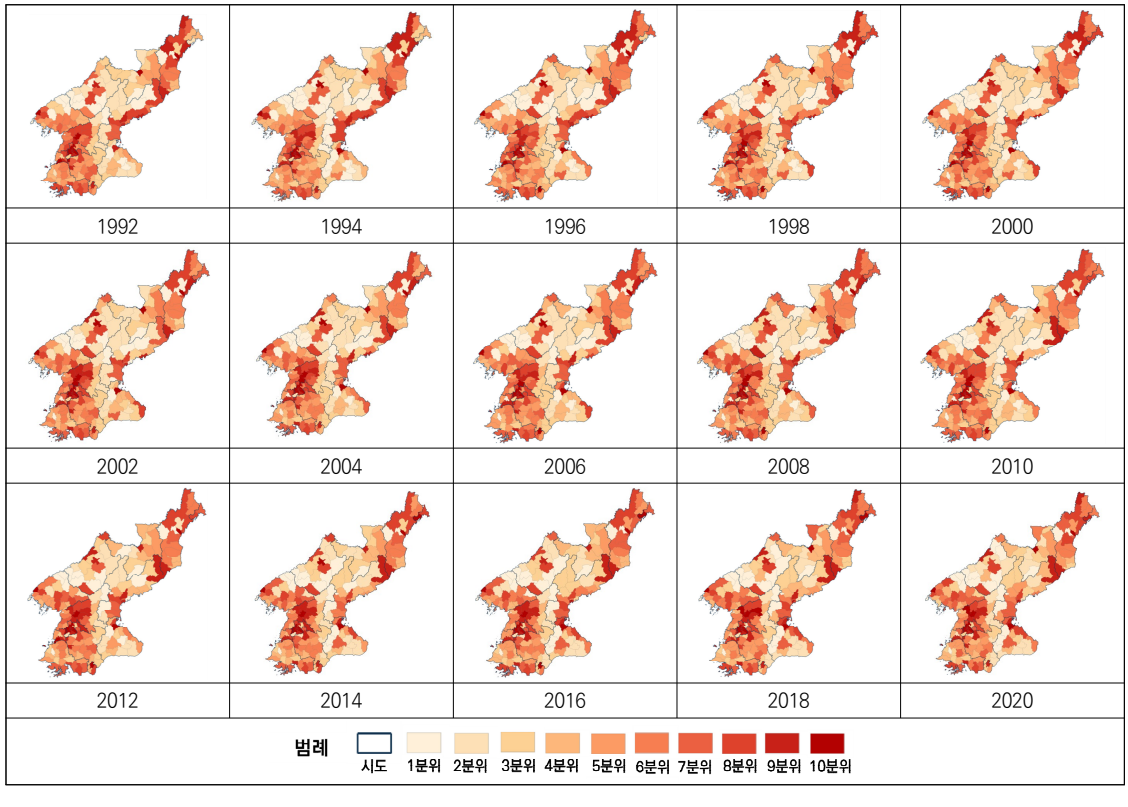
G_{bm}는 다른 광역권 간의 지역 간 격차지수의 합을 의미한다.

Ⅳ. 분석 결과

1. 지역내총생산 추정 결과

〈그림 3〉은 1992~2020년 북한의 지역내총생산 분포를 10분위로 시각화한 것이다. 북한의 지역경제는 평양을 정점으로 한 서부 내륙축, 동해안을 따라 형성된 동부 중공업축, 그리고 국경교역과 교통·물류의 연결기능이 집중된 접경 결절지역을 중심으로 분포한다.[5] 이러한 공간구조는 일제강점기 산업입지의 영향, 중공업 우선 투자정책, 평양 집중, 대외 교류 여건이 누적된 결과로 볼 수 있다.

그림 3 1992~2020년 간 북한의 지역내총생산 분포



5) 본 연구에서 '결절지역'은 인구 또는 건축물의 밀집을 기준으로 구분하는 일반적인 도시지역이 아니라, 국경교역·항만·철도·도로·자원수송 등 대외 연결망의 접속 기능이 상대적으로 집중된 지역을 의미함.

www.kci.go.kr

서부지역은 평양을 정점으로 하는 내륙 경제권을 이룬다. 평양시 핵심 구역(낙랑·대동강·대성·동대원·만경대·모란봉·보통강·사동·서성·선교·용성·중·평천·형제산구역)은 1992~2020년 내내 상위 10%를 유지하여 일극 집중 구조를 보인다. 이 집중은 남포특별시로 이어지고, 평안남도(평성·개천·덕천·순천)와 평안북도(정주·구성)로 연결되는 내륙 회랑형 경제축을 형성한다.

동부지역의 거점은 나선·청진·김책·단천·함흥·원산 등 해안도시로, 동해안을 따라 선형으로 분포한다. 동부지역 거점의 선형적 분포는 일제강점기에 형성된 중공업 입지의 유산과 정권 수립 이후의 중공업 우선 투자정책 등과 관련되었을 가능성이 있다. 특히 나선의 경우 1992~2008년에는 선봉구역이 우세했으나, 2009년 이후 나진구역의 상대적 위상이 상승하였다. 이러한 변화는 나진항 개발을 중심으로 확대된 북·중·러 경제협력이 지역의 경제활동에 영향을 미친 결과로 해석할 수 있다.

북중 접경지역(신의주·만포·중강군·혜산)은 경제위기 시기에도 상대적 위상이 유지되거나 상승하였다. 이들은 모두 국경을 사이에 두고 중국 도시와 접하고 있으며, 이러한 입지적 특성은 대외 교류와 관련된 경제활동에 유리하게 작용했을 가능성이 있다. 특히 중강군에서는 3월5일청년광산의 개발이 진행된 시기와 상대적 위상 상승이 함께 관찰되었다.[6] 야간광의 공간분포를 살펴보면 광원이 국경변이 아니라 시가지 내부(국경에서 약 2㎞ 안쪽)에 위치하여 실질 경제활동을 반영하는 것으로 판단된다. 다만 압록강의 폭이 좁고 중국 단둥과 직접 인접한 신의주의 경우, 측정된 야간광에 외국 광원의 영향이 일부 포함되어 절대 규모가 과대평가되었을 가능성을 배제할 수 없다.

남북 접경의 핵심은 해주·개성이며, 개성공단(개성시 판문구역)은 남북 협력의 상징이었다. 개성공단은 2004년 12월 시범단지에서 첫 제품이 생산된 이후 입주와 생산활동이 확대되었다. 본 연구의 추정 결과, 1992년 이래 낮은 수준에 머물렀던 판문구역의 상대적 위상은 2011년부터 3분위로 상승하였다. 그러나 2013년 일시 가동 중단과 2016년 전면 중단, 대북제재 강화가 이루어진 시기에는 판문구역의 상대적 위상이 하락하였다. 이러한 변화는 접경지역의 경제활동이 외부 정책환경의 변화와 관련되었을 가능성을 시사한다.

종합하면 북한의 지역경제는 평양 일극 집중, 동·서 두 경제축, 그리고 대외 연계·자원·정책에 따라 부침하는 접경 결절로 구조화되어 있다.

2. 지역 격차 분석 결과

1) 북한의 격차지수 추이

〈그림 4〉는 1992~2020년 지역내총생산으로 계산한 지니계수의 추이를 나타낸 것이다. 북한의 지역 격차는 경제위기 초반에 감소하다가 다시 증가하였으며, '고난의 행군' 시기에 변동 폭이 크게 나타났다. 2000년대 초 경제개혁 조치가 시행된 시기의 경제 회복과 함께 지니계수는 감소 추세를 보이다가 2004년부터 상승세로 전환되었다. 이후 시장억제 조치 기간에 지니계수는 급격한 증가세를 보였으며, 2009년 화폐개혁 시행 시점에 최고 수준인 0.57을 기록하였다. 화폐개혁 이후 지니계수는 2013년까지 하락세를 지속하였다. 2011년 김정은 정권 출범 이후 지역 격차는 김정일 시기와 마찬가지로 초반에는 감소하다가, 시장 허용 정책을 제도화하는 개혁 조치가 시행된 이후

6) 노동신문에 따르면 2000년대 조업 개시 이후 2007년 선광장과 대형파쇄장 건설, 2010년 생산능력 확장 공사, 2012년 유색금속생산기지 건설, 2014년 몰리브덴 공장 건설이 이어짐.

www.kci.go.kr

그림 4 1992~2020년 간 경제성장률 및 지니계수

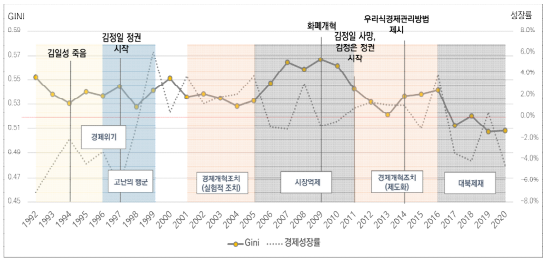
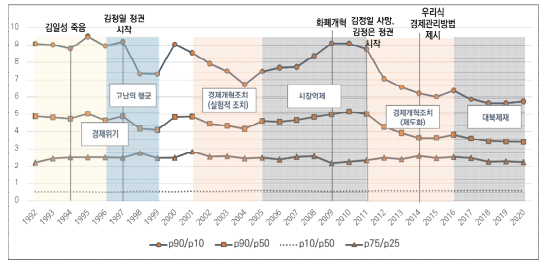


그림 5 격차지수 비교



상승세로 전환되었으나 대북제재 이후 다시 하락세를 보였다.

지니계수의 변화 요인을 분석하기 위해 P90/P10(제10백분위수 대비 제90백분위수의 비율), P90/P50, P10/P50, P75/P25를 검토하였다(〈그림 5〉). 분석 결과, 김정일 정권기에는 시장화 조치가 시행되고 격차가 감소하던 시기에 하위 지역의 상대적 회복세가 관찰되었으며, 중반 이후에는 격차 증가와 함께 최상위 지역의 상대적 강세가 나타났다. 김정은 정권 초기에도 최하위 및 하위 지역의 상대적 성장이 확인되었으나, 개혁 조치가 시행된 이후에는 최상위 및 상위 지역의 우세가 두드러졌다. 또한 김정일 시기의 시장억제 정책 국면에서는 최상위 지역의 상대적 위상이 비교적 유지된 반면, 대북제재 국면에서는 상위 지역의 상대적 위상이 낮아지는 양상이 나타났다.

2) 남북 간 지역격차 지수 비교

북한 지역 격차의 수준을 가늠하기 위해, 남한 229개 시·군·구의 지역내총생산(2020년, 통계청)으로 계산한 지니계수와 비교하였다. 2020년 북한의 지니계수는 0.51로 남한(0.32)보다 높아,[7] 지역 격차 수준이 남한보다 큰 것으로 나타났다. 이러한 격차 양상은 중앙집권적 계획경제와 중공업 중심 산업구조 등 북한 경제의 제도적 특성과 관련되었을 가능성이 있다.

다만 이 비교에는 몇 가지 제약이 따른다. 북한의 지니계수는 위성자료 기반 추정치인 반면 남한은 공식 통계에 근거하며, 두 지역의 행정구역 체계와 지역 수(북한 210개, 남한 229개), 경제 체제 또한 상이하다. 따라서 두 수치의 차이를 정밀한 크기로 해석하기보다는, 유사한 공간 단위(시·군 수준)에 동일한 지표를 적용했을 때 북한의 지역 격차가 남한을 상당히 상회하는 수준이라는 개략적 비교로 이해하는 것이 타당하다.

Dagum(1997)의 지니계수 분해 방법론을 활용하여 평양 경제권과 비평양 지역 간 불평등이 전체 격차에 기여하는 정도를 분석하였다. 공간 구분은 i) 평양-비평양, ii) 평양·남포-그 외 지역, iii) 평양·남포·평안남도-그 외 지역, iv) 평양·남포·평안남도·평안북도-그 외 지역으로 설정하고, 남한에도 동일한 위계를 적용하였다. 〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 평양-비평양 간 격차의 기여율은 55.5%로 서울-비서울(39.2%)을 크게 상회하였으며, 평양·남포(58.2%), 평양·남포·평안남도(58.5%)의 경우에도 유사한 수준을 보였다. 이는 북한의 수도 집중도가 남한보다 높을 가능성을 보여주며, 향후 북한의 수도권을 정책적 공간 단위로 설정할 경우 평양·남포 또는 평양·남포·평

7) 북한(210개)과 남한(229개)은 비교 단위 수가 다르나 모두 시·군·구 수준의 동일 행정 위계에 해당함. 지역 수에 따른 유한표본 보정 배율 n/(n-1)은 북한 210개 지역에서 약 1.0048, 남한 229개 지역에서 약 1.0044로 차이가 작음. 다만 이러한 보정은 행정구역의 경계와 규모 차이에 따른 공간단위 문제를 해소하지 않으므로, 남북한 비교에는 해석상 주의가 필요함.

www.kci.go.kr

안남도를 포괄하는 경제권 단위의 검토가 필요함을 시사한다.

〈그림 7〉은 남북한의 시·도 간 및 시·군 간 격차가 전체 격차에서 차지하는 비중을 비교한 것이다. 청진시와 함흥시를 직할·특별시 집단에 포함하여 분석한 시·도 간 격차 기여율은 66.8%로, 두 도시를 일반 시와 함께 도 지역에 포함한 경우(59.0%)보다 높았다. 이는 청진시와 함흥시의 집단 분류 방식이 시·도 간 격차의 기여율에 상당한 영향을 미친다는 점을 보여준다.

북한은 군 지역을 지역균형발전의 주요 단위로 설정하여 군 중심의 발전전략을 전개하였다(강영원 1994). 북한의 지역균형발전전략과 관련된 격차 구조를 살펴보기 위해 시·군 간 격차를 분석하였다. 분석 결과, 북한의 시 지역 집단과 군 지역 집단 간 격차의 기여율은 69.0%였으며, 이는 남한의 시·군 간 격차 기여율 42.4%보다 높은 수준이다. 북한의 지역 격차는 안보적 목적과 지역균형발전을 위해 추진된 폐쇄적인 지역자립정책에서 기인했을 가능성이 높다. 지역자립정책은 지역 간 교류를 제한하고 지역 내 생산과 소비의 자기완결성을 강조함으로써 지역 특화산업의 발전을 제약하는 요인으로 작용하였으며, 중공업 중심의 산업전략 역시 산업구조의 편중을 통해 자원배분의 효율성을 낮추는 요인으로 작용했을 가능성이 있다(김병로 1999).

3) 3단계 중첩 지니계수 분해

시 지역과 군 지역의 구분을 유지하면서 각 집단 내부의 격차 구조를 살펴보기 위해, 평균 지역내총생산, 평균 인구밀도, 평균 시장 면적 비중의 세 가지 기준 각각에 대해 3단계 중첩 분해를 적용하였다(분해 구조는 〈그림 8〉, 분해 결과는 〈그림 9〉 참조). 분해 과정에서 광역은 시·군 구분으로, 권역은 시·군 내에

그림 6 전체 격차 대비 광역권 간 격차 비율(2020)

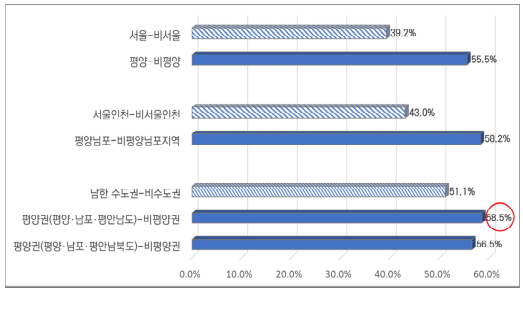


그림 7 남북한 시·도 및 시·군간 격차의 기여도(2020)

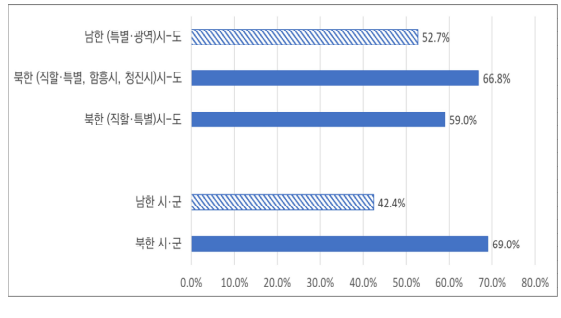
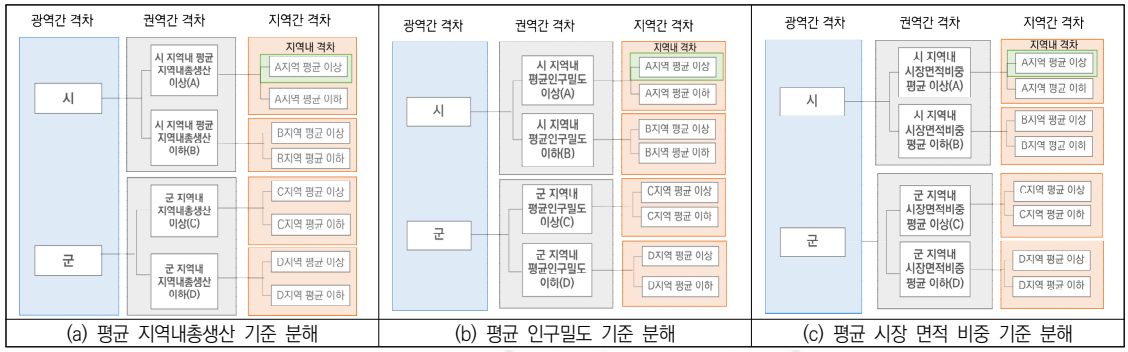


그림 8 북한 시군 간 3단계 격차지수 분해 구조



(a) 평균 지역내총생산 기준 분해 (b) 평균 인구밀도 기준 분해 (c) 평균 시장 면적 비중 기준 분해

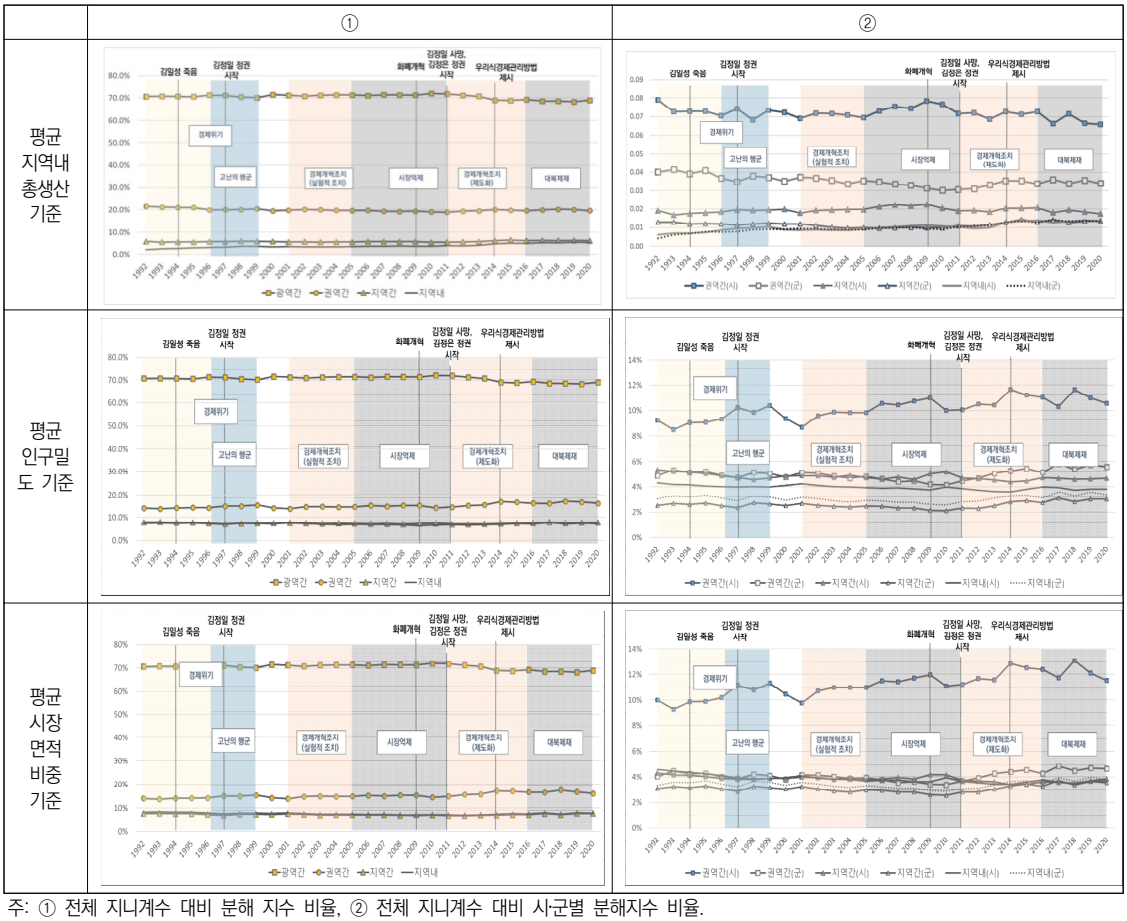
www.kci.go.kr

서 각 기준의 평균 이상/이하 집단으로, 지역은 다시 권역 내 평균 이상/이하 집단으로 구성된다. 분석 결과, 세 기준 모두에서 시·군 간 격차의 기여율은 1992~2020년 동안 약 65~70% 범위에서 완만한 상승세를 보였다. 그다음으로 권역 간 격차의 비중이 컸고, 지역 간·지역 내 격차는 상대적으로 낮았다. 평균 지역내총생산 기준에 비해 평균 인구밀도·시장 면적 비중 기준에서는 시 지역 내 권역 간 격차의 비중이 시간이 지남에 따라 상승하는 경향이 두드러졌으며, 세 기준 모두에서 군 지역 간 격차의 비중은 김정은 정권 이전까지 대체로 감소하다가 이후 증가세로 전환되었다.

평양 경제권(평양·남포·평안남도)과 비평양권 간 격차는 〈그림 10〉과 같이 분해하였다. 〈그림 10〉의 (a)는 분해 구조, (b)는 전체 지니계수 대비 분해지수 비율, (c)는 평양권·비평양권 내부의 분해지수 비율을 나타낸다. 분석 결과 광역 간(평양권-비평양권) 격차 지수가 전체 격차의 약 53~62%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 그다음은 비평양권 내 시·군 간 격차(권역 간 지수)로 약 23~30% 수준이었으며, 1990년대 경제위기 동안 감소하였다가 2000년대 초 경제회복기에 확대된 후 점차 감소하였다.

지리적 위치와 대외 접근성에 따른 격차 구조를 분석하기 위해 북한 전역을 북부·중부·남부의 세 광

그림 9 북한 시군 간 3단계 격차지수 분해 결과

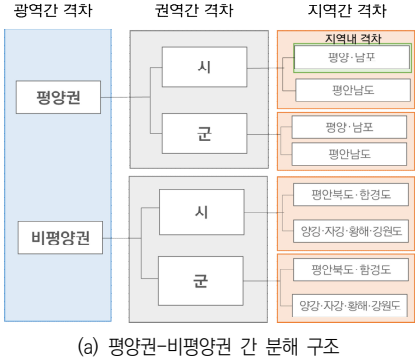


주: ① 전체 지니계수 대비 분해 지수 비율, ② 전체 지니계수 대비 시·군별 분해지수 비율.

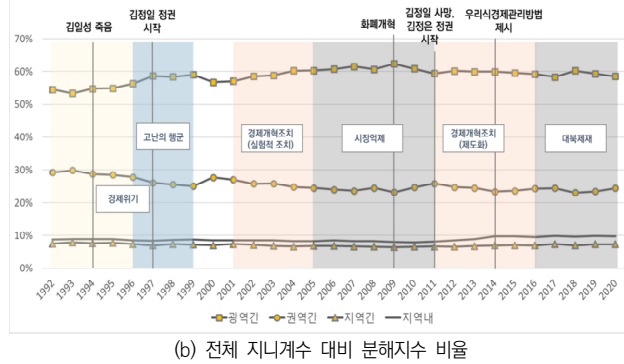
www.kci.go.kr

역권으로 구분하고, 각 광역권을 다시 동서 권역과 세부지역으로 구분하였다. 북부는 함경북도·양강도로 구성된 북동부와 평안북도·자강도로 구성된 북서부로 구분하였으며, 각 권역은 중국·러시아 지역과의 거리를 기준으로 50㎞ 미만 지역과 50㎞ 이상 지역으로 세분하였다. 중부는 함경남도로 구성된 중동부와 평양시·남포시·평안남도로 구성된 중서부로 구분하였다. 중동부는 해안지역과 내륙지역으로, 중서부는 평양·남포와 평안남도로 세분하였다. 남부는 강원도로 구성된 남동부와 황해북도·황해남도로 구성된 남서부로 구분하고, 각 권역을 남한 지역과의 거리가 50㎞ 미만인 지역과 50㎞ 이상인 지역으로 세분하였다. 이러한 구분은 공식 행정권역이나 정책권역을 의미하는 것이 아니라, 도급 행정경계를 유지하면서 위도, 동서 위치, 해안 접근성, 수도권 포함 여부 및 접경지역과의 거리 등에 따른 격차를 비교하기 위해 설정한 분석상 분류이다. 〈그림 11〉의 (a)는 분해 구조, (b)는 전체 지니계수 대비 분해지수 비율, (c)는 광역간 격차지수의 세부 분해, (d)는 각 광역권 내부의 분해지수 비율을 나타낸다. 분석 기간 동안 광역 간 격차지수가 약 68%로 가장 큰 비중을 차지하였고, 권역 간 지수는 14~15%, 지역 간 지수는 9~10%, 지역 내 지수는 약 8% 수준이었다. 광역 간 격차를 북부-중부, 남부-중부, 북부-남부로 세분하면 북부-중부 간 격차의 기여율이 가장 높았고, 남부-중부, 북부-남부 순이었다. 광역권별로는 중부지역에서 권역 간 격차가 가장 컸고 이어 지역 간, 지역 내 격차 순으로 나타나, 중부지역 내부의 격차가 주요 요인이었다. 북부지역에서는 권역 간 격차가 지역 간·지역 내 격차를 크게 상회하였다. 이러한 차이는 북부지역 서쪽에 북중 경

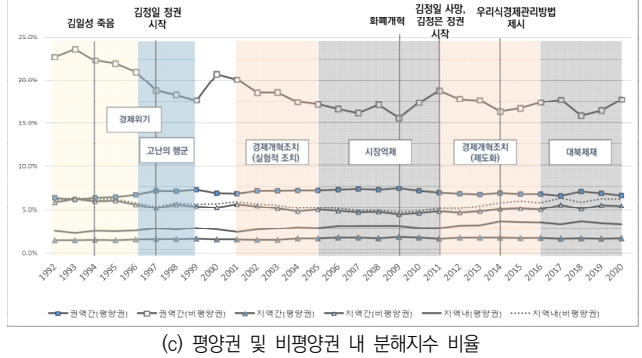
그림 10 평양권-비평양권 간 격차 분해 구조 및 결과



(a) 평양권-비평양권 간 분해 구조



(b) 전체 지니계수 대비 분해지수 비율



(c) 평양권 및 비평양권 내 분해지수 비율

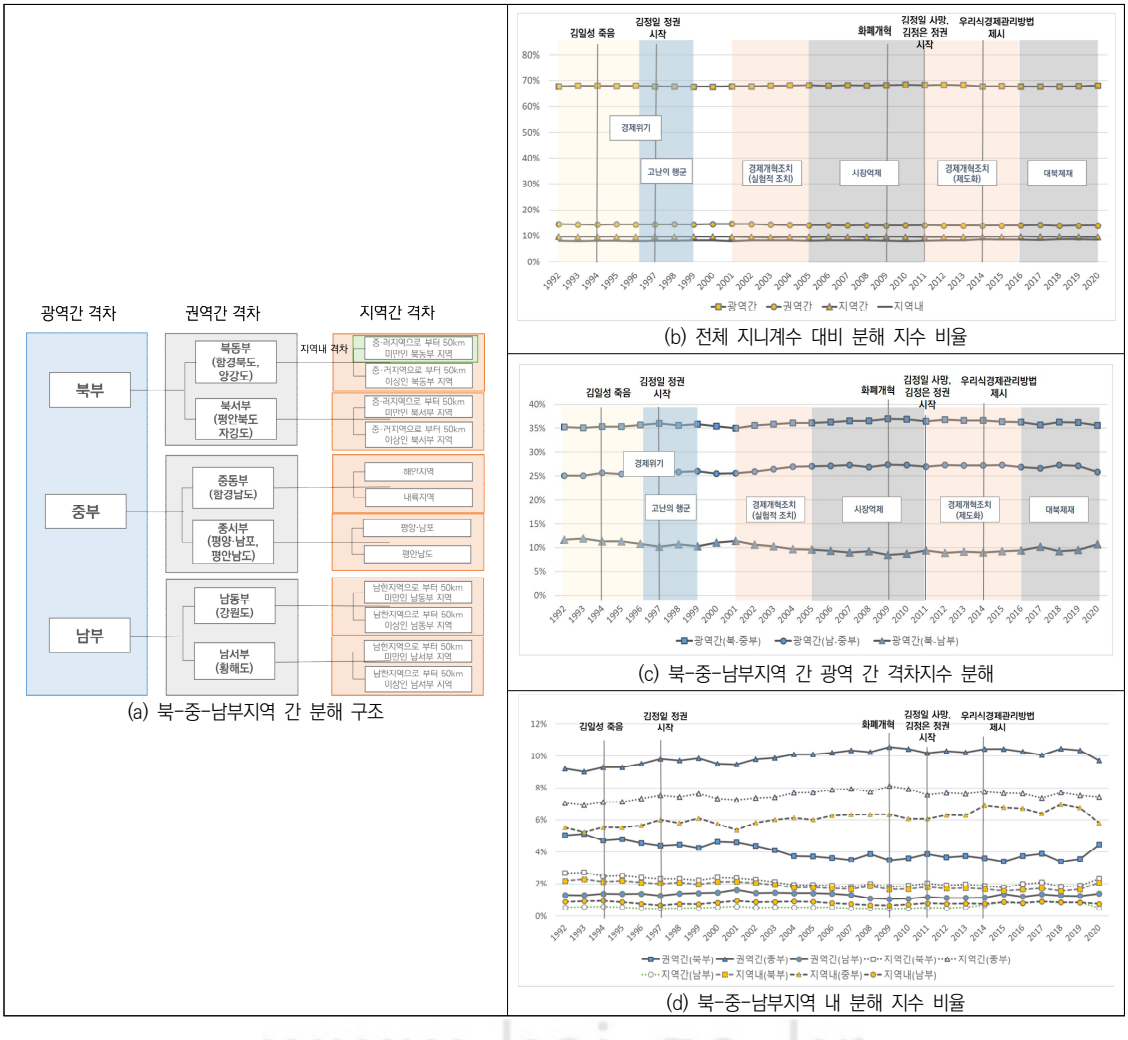
www.kci.go.kr

제교류의 거점인 신의주가 위치하는 반면, 동쪽에는 상대적 위상이 낮은 선봉구역과 산지가 분포하는 공간적 특성과 관련되었을 가능성이 있다.

V. 결론

본 연구는 인공위성 자료(야간광·토지피복도·DEM)를 활용하여 1992~2020년 북한 210개 시·군·구역의 지역내총생산을 추정하고, 지역경제의 공간적 분포와 지역 간 격차의 수준 및 공간적 구조를 분석하였다. 분석 결과 북한의 지역경제는 평양을 중심으로 한 서부 내륙축, 동해안의 중공업도시, 그리고 국경 교역과 교통·물류의 연결 기능이 집중된 접경 결절지역을 중심으로 분포하였다. 2020년 북한의 추정 지니계수는 0.51로 남한의 0.32보다 높았으며, 시 지역 집단과 군 지역 집단 간 격차가 전체 격차에서 차지하는 비중은 약 69%로 나타났다. 이러한 결과는 북한의 지역 격차가 특정 지역의 일시적 변화보다 시·군 간 경제규모 차이와 밀접하게 관련되어 있음을 보여준다.

그림 11 북-중-남부지역 간 격차 분해 구조 및 결과



(a) 북-중-남부지역 간 분해 구조

(b) 전체 지니계수 대비 분해 지수 비율

(c) 북-중-남부지역 간 광역 간 격차지수 분해

(d) 북-중-남부지역 내 분해 지수 비율

www.kci.go.kr

본 연구의 학술적 기여는 다음과 같다. 첫째, 야간광 단일지표의 한계를 보완하기 위해 토지피복도·DEM을 결합한 복합지표 방식을 적용하여, 통계가 부재한 북한의 지역내 총생산을 시·군·구역 단위로 추정하였다. 둘째, 1992~2020년의 장기 시계열에 걸쳐 지역경제의 변화를 추적함으로써 경제위기·화폐개혁·대북제재 등 주요 국면의 지역경제 동학을 포착하였다. 셋째, Dagum의 지니계수 분해에 Akita의 중첩 구조를 결합한 3단계 분해를 적용하여 격차가 발생하는 공간 위계(광역·권역·지역)를 정량적으로 규명함으로써, 경제 규모 추정에 머물렀던 기존 연구를 넘어 격차의 공간적 위계와 구성 구조를 분석하였다.

분석 결과에 기반한 정책적 함의는 다음과 같다. 북한 지역 격차에서 시·군 간 격차가 큰 비중을 차지한다는 분석 결과는 2024년 북한이 추진한 지방발전 20×10 정책이 시·군을 정책 단위로 설정한 것과 문제의식을 같이한다. 관찰된 시·군 간 격차는 군 단위의 분산적 공업배치와 지역자립경제체제 등의 제도적 특성과 관련되었을 가능성이 있다. 향후 남북협력 시기 지역 개발 협력이 이루어진다면 지역 간 연계와 지역별 특화를 고려하여 추진될 필요가 있음을 시사한다. 또한 평양 경제권 분석 결과를 고려할 때 향후 북한의 수도권 정책에서는 평양·남포 또는 평양·남포·평안남도를 포괄하는 경제권을 정책적 공간 단위로 검토할 수 있다. 본 연구의 추정 방법과 결과는 향후 남북 협력 및 통일 이후 지역균형발전 정책을 설계하고 평가하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 한국은행의 북한 총생산 자료 자체가 추계치이므로 전국 총량의 오차가 지역 추정치에도 승계될 수 있다. 둘째, 북한의 계획배전과 전략시설 우선공급, 센서별 야간 통과 시각의 차이는 야간광과 경제활동 간 관계를 왜곡할 수 있다. 셋째, 1970년대 남한의 농림어업 자료는 산업 비중의 유사성을 근거로 선택했으나 남북한의 기술 수준·작목 구성·생산성 차이를 충분히 반영하지 못한다. 넷째, 지린성의 경제체제·산업구조·전력보급·행정구역 규모는 북한과 다르므로 지린성의 높은 상관관계가 북한 추정치의 정확성을 보장하지 않는다. 다섯째, 외국 광원의 블루밍은 신의주 등 일부 접경지역을 과대평가할 수 있다. 이에 본 연구의 결과는 지역별 절대 생산액보다 상대적 순위와 격차의 공간구조를 중심으로 해석할 필요가 있다.

이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 통계가 부재한 북한의 지역경제를 시·군 단위로 추정하고 격차의 공간 구조를 규명하였다는 점에서 의의가 있다. 향후 기업소 입지 등 독립적인 자료와의 결합, 분석 단위·시기의 확장을 통해 추정의 신뢰성을 높이는 후속 연구가 요구된다.

• 참고문헌 References

1. 김병로. 1999. 북한의 지역자립체제. 서울: 통일연구원.
   Kim Philo. 1999. *North Korea's Regional Self-Reliance System*. Seoul: Korea Institute for National Unification.
2. 김상권. 2017. 인공위성에서 본 북한 소득. 시장경제연구 46권, 2호: 145-162.
   Kim Sang Kwon. 2017. Estimation and evaluation of North Korean GDP by using night-time satellite imagery. *Journal of Market Economy* 46, no.2: 145-162.
3. 김천구. 2011. 보건지표를 이용한 북한 GDP 추정: 북한경제, 남한의 1970년대 수준. 통일경제 2호: 80-95.
   Kim Cheonkoo. 2011. Estimating North Korea's GDP by health indicators: North Korean economy comparable to South Korea in the 1970s. *Unification Economy* no.2, 80-95. Seoul: Hyundai Research Institute.
4. 전홍택. 1992. 실물지표에 의한 북한의 GNP 추정. 한국개발연구 14권, 1호: 167-189.
   Chun Hong Tack. 1992. Estimation of North Korea's GNP by real indicators. *KDI Journal of Economic Policy* 14, no.1: 167-189.
5. 정갑영, 강전은. 2007. 주성분 분석을 이용한 북한의 총국민

www.kci.go.kr

소득(GNI) 추정. 비교경제연구 14권, 2호: 1-33.
Jeong Kap Young and Kang Jun Eun. 2007. Estimation of North Korea's GNI by principal components analysis. *The Comparative Economic Review* 14, no.2: 1-33.

6. 조태형, 김민정. 2021. 북한의 장기 경제성장률 및 국민소득 추정: 1956-1989년. 경제학연구 69권, 1호: 5-49.
Cho Tae Hyung and Kim Minjung. 2021. Estimating long-term economic growth and national income in North Korea: 1956-1989. *The Korean Journal of Economic Studies* 69, no.1: 5-49.
7. 강영원. 1994. 지방경제를 종합적으로 발전시키는 것은 인민생활을 균형적으로 향상시켜 우리 식 사회주의 우월성을 더욱 높이 발양시키는 중요담보. 경제연구 3호: 17-19.
Kang Young Won. 1994. Comprehensively developing the local economy as an important guarantee for improving people's livelihood in a balanced way and further demonstrating the superiority of our-style socialism. *Kyongje Yongu* no.3: 17-19.
8. Akita, Takahiro. 2003. Decomposing regional income inequality in China and Indonesia using two-stage nested Theil decomposition method. *The Annals of Regional Science* 37, no.1: 55-77.
9. Akiyama, Yuki. 2012. Analysis of light intensity data by the DMSP/OLS satellite image using existing spatial data for monitoring human activity in Japan. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* I-2: 25-30.
10. Amaral, S., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., Quintanilha, J. A. and Elvidge, C. D. 2005. Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data. *Computers, Environment and Urban Systems* 29, no.2: 179-195.
11. Bickenbach, F., Bode, E., Nunnenkamp, P. and Söder, M. 2016. Night lights and regional GDP. *Review of World Economics* 152, no.2: 425-447.
12. Crespo Cuaresma, J., Danylo, O., Fritz, S., Hofer, M., Kharas, H. and Laso Bayas, J. C. 2020. What do we know about poverty in North Korea? *Palgrave Communications* 6, no.1: 40.
13. Dagum, Camilo. 1997. A new approach to the decomposition of the Gini income inequality ratio. *Empirical Economics* 22, no.4: 515-531.
14. Doll, C. N. H., Muller, J. P. and Elvidge, C. D. 2000. Night-time imagery as a tool for global mapping of socioeconomic parameters and greenhouse gas emissions. *Ambio* 29, no.3: 157-162.
15. Doll, C. N. H., Muller, J. P. and Morley, J. G. 2006. Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery. *Ecological Economics* 57, no.1: 75-92.
16. Ebener, S., Murray, C., Tandon, A. and Elvidge, C. C. 2005. From wealth to health: Modelling the distribution of income per capita at the sub-national level using night-time light imagery. *International Journal of Health Geographics* 4, no.1: 5.
17. Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., Davis, E. R. and Davis, C. W. 1997. Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption. *International Journal of Remote Sensing* 18, no.6: 1373-1379.
18. Foster, James L. 1983. Observations of the Earth using nighttime visible imagery. In *Optical Engineering for Cold Environments: Proceedings of the Meeting*, 187-193. Bellingham, WA: SPIE.
19. Ghosh, T., Powell, R. L., Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Sutton, P. C. and Anderson, S. 2010. Shedding light on the global distribution of economic activity. *The Open Geography Journal* 3: 147-160.
20. Henderson, J. V., Storeygard, A. and Weil, D. N. 2012. Measuring economic growth from outer space. *American Economic Review* 102, no.2: 994-1028.
21. Keola, S., Andersson, M. and Hall, O. 2015. Monitoring economic development from space: Using nighttime light and land cover data to measure economic growth. *World Development* 66: 322-334.
22. Kim, B. Y., Kim, S. J. and Lee, K. 2007. Assessing the economic performance of North Korea, 1954-1989: Estimates and growth accounting analysis. *Journal of Comparative Economics* 35, no.3: 564-582.
23. Kim, Dawool. 2022. Assessing regional economy in North Korea using nighttime light. *Asia and the Global Economy* 2, no.3: 100046.
24. Kim, Kyoochul. 2022. The North Korean economy seen by satellite: Estimates of national performance, regional gaps based on nighttime light. *Journal of Asian Economics* 78: 101405.

www.kci.go.kr

25. Lee, Pong S. 1972. An estimate of North Korea's national income. *Asian Survey* 12, no.6: 518-526.
26. Lee, Yong Suk. 2018. International isolation and regional inequality: Evidence from sanctions on North Korea. *Journal of Urban Economics* 103: 34-51.
27. Lessmann, C. and Seidel, A. 2017. Regional inequality, convergence, and its determinants – A view from outer space. *European Economic Review* 92: 110-132.
28. Li, X., Xu, H., Chen, X. and Li, C. 2013. Potential of NPP-VIIRS nighttime light imagery for modeling the regional economy of China. *Remote Sensing* 5, no.6: 3057-3081.
29. Li, X., Zhou, Y., Zhao, M. and Zhao, X. 2020. A harmonized global nighttime light dataset 1992-2018. *Scientific Data* 7, no.1: 168.
30. Lopez-Ruiz, H. G., Blazquez, J. and Hasanov, F. 2019. *Estimating the Saudi Arabian Regional GDP Using Satellite Nighttime Light Images*. Riyadh: KAPSARC.
31. Monti, Maria Giovanna. 2007. *A Note on the Dagum Decomposition of the Gini Inequality Index*. Departmental Working Papers no.2007-016. Milan: Università degli Studi di Milano.
32. Mussard, S., Seyte, F. and Terraza, M. 2003. Decomposition of Gini and the generalized entropy inequality measures. *Economics Bulletin* 4, no.7: 1-6.
33. Niwa, H. and Goto, F. 1989. Estimates of the North Korean gross domestic product account 1956-1959. *Asian Economic Journal* 3, no.1: 133-169.
34. Pérez-Sindín, X. S., Chen, T.-H. K. and Prishchepov, A. V. 2021. Are night-time lights a good proxy of economic activity in rural areas in middle and low-income countries? Examining the empirical evidence from Colombia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 24: 100647.
35. Rindfuss, R. R. and Stern, P. C. 1998. Linking remote sensing and social science: The need and the challenges. In *People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science*, eds. Liverman, D., Moran, E. F., Rindfuss, R. R. and Stern, P. C., 1-27. Washington, DC: National Academy Press.
36. Suarez, Ena. 2016. *Estimation of the Regional GDP Using VIIRS Nighttime Lights*. Geneva: Université de Genève and UNEP/GRID-Geneva. Internship report.
37. Sullivan, Woodruff T. 1989. A 10 ㎞ resolution image of the entire night-time Earth based on cloud-free satellite photographs in the 400-1100 ㎚ band. *International Journal of Remote Sensing* 10, no.1: 1-5.
38. Sutton, P., Roberts, D., Elvidge, C. and Baugh, K. 2001. Census from heaven: An estimate of the global human population using night-time satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing* 22, no.16: 3061-3076.
39. Sutton, P. C. and Costanza, R. 2002. Global estimates of market and non-market values derived from nighttime satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation. *Ecological Economics* 41, no.3: 509-527.
40. Sutton, P. C., Elvidge, C. D. and Ghosh, T. 2007. Estimation of gross domestic product at sub-national scales using nighttime satellite imagery. *International Journal of Ecological Economics and Statistics* 8: 5-21.
41. Welch, Roy. 1980. Monitoring urban population and energy utilization patterns from satellite data. *Remote Sensing of Environment* 9, no.1: 1-9.

• 논문 접수일: 2026. 7. 1.
• 심사 시작일: 2026. 7. 21.
• 심사 완료일: 2026. 9. 9.

www.kci.go.kr

요약

본 연구는 인공위성 자료를 활용하여 북한의 지역내총생산(GRDP)을 추정하고, 지역경제의 공간적 분포와 지역 간 격차의 수준 및 구조를 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 1992~2020년 북한 210개 시·군·구역을 대상으로 비농림어업 부가가치는 야간광 분포에 따라 배분하고, 농림어업 부가가치는 토지피복도와 수치표고모형(DEM)을 연동하여 추정하였다. 추정 방법의 적용 가능성은 공식 지역통계가 제공되는 중국 지린성 자료를 이용하여 간접적으로 검증하였다. 지역 격차 분석에는 Dagum의 지니계수 분해와 Akita의 중첩 구조를 결합한 3단계 분해 방법을 적용하였다. 분석 결과, 북한의 지역경제는 평양을 중심으로 한 서부 내륙축, 동해안의 중공업 도시축 및 대외연계 기능이 집중된 접경 결절지역을 중심으로 분포하는 것으로 나타났다. 2020년 북한의 지역내총생산 지니계수는 0.51로 남한의 0.32보다 높았으며, 시 지역 집단과 군 지역 집단 간 격차가 전체 격차에서 차지하는 비중은 약 69%로 나타났다. 이러한 공간적 격차 양상은 평양 집중, 중공업 중심 산업입지 및 지역자립경제체제 등 정책적 특성과 관련되었을 가능성이 있다. 본 연구는 공식 지역통계가 부족한 북한을 대상으로 장기간의 시·군 단위 지역경제 자료를 구축하고, 지역 격차의 공간 위계별 기여도를 정량적으로 분석했다는 점에서 의의가 있다.

• **주제어:** 북한, 지역내총생산, 3단계 중첩 분해 방법, 인공위성 자료, 공간 불평등

www.kci.go.kr