

요 약

SUMMARY

1. 연구의 배경 및 목적

- 통일대비 정책수립을 위한 기초자료 확보를 위하여 접근불능지인 북한과 같이 정확한 인구정보 획득이 어렵거나 직접 조사하기 어려운 지역은 위성영상을 통해 공간적 인구분포를 추정할 필요가 있음
 - 인구센서스자료는 사회·경제적 데이터에 관한 분석 및 정책수립에 필수적 자료로 그 중요성이 크나 정치·경제적 여건으로 인하여 정보의 접근성이 떨어지는 지역의 인구정보를 파악하기는 어려움
 - 원격탐사기술의 발달은 현장답사가 불가능한 북한지역에 대한 국토이용실태 조사 및 공간적 인구분포 추정을 가능하게 함
 - 위성영상을 통해 획득 가능한 원하는 시기의 공간적 인구분포 정보는 인구 변화를 주기적으로 파악하고 최신의 인구정보가 필요한 응용분야에서는 필수적임
 - 북한지역의 공간적 인구분포 자료는 통일대비 지속가능한 국토관리 정책을 위한 기초자료로서 필요함

- 본 연구의 목적은 원격탐사기법을 활용하여 북한과 같이 접근하기 어려운 지역의 공간적 인구분포를 보다 정확하게 추정함으로써 통일대비 북한지역의 공간적 인구분포 자료를 구축하고 국토정책 활용방안을 도출하고자 함

2. 원격탐사와 인구추정의 이론적 배경

□ 원격탐사와 인구추정

- 인구센서스 조사는 시간과 비용이 많이 소요되고 5년 간격으로 실시되기 때문에 자료의 시간적 격차가 발생하게 되므로, 간접적인 공간적 인구분포추정 방법이 유용하며 대표적으로 원격탐사기법을 이용한 방법이 있음
- 원격탐사기법을 활용한 인구추정은 비접근지역 또는 인구센서스가 시행되지 않은 지역의 공간적 인구분포 정보 획득이 가능하며 격자화된 공간적 인구분포 자료는 다양한 공간적 단위로 표현할 수 있는 장점이 있음

□ 인구분포 추정을 위한 공간단위의 문제

- 인구분포 추정을 위한 공간단위는 인구추정을 위한 격자의 크기가 커질수록 공간정보의 세밀한 표현력은 낮아지지만 불확실성(uncertainty)도 함께 낮아짐
- 도시지역과 농촌지역의 인구 분포 특성과 밀도는 다르기 때문에 인구 분포를 적절하게 표현할 수 있도록 지역특성을 고려하여 격자의 크기를 달리 해야 함
- 원격탐사기법을 활용한 공간적 인구분포 추정을 위하여 위성영상 이외에도 GIS 및 타 공간정보 자료를 활용할 필요가 있으나 각각의 자료가 공간 해상도가 다른 문제점이 있음

□ 인구분포 추정을 위한 지표설정의 문제

- 원격탐사기법을 통한 공간적 인구분포 추정을 위하여 지표를 기반으로 한 모델링이 필수적으로 요구되며 인구추정을 위해서 토지이용 변수 이외에 다른 지표 설정이 요구됨
- 공간적으로 인구분포를 재분포 시키기 위해서는 다양한 지표를 사용하는 것이 유용하나 연구지역에 따라서 지표환경이 달라지므로 선택적으로 사용 가능함

3. 북한지역의 인구 및 토지이용 현황

- 북한 인구데이터는 1989년 조선중앙연감에 북한 전체 인구가 처음 기록된 이후로 1946~1987년까지의 공민등록통계를 개방하였으며 공식적인 센서스 자료는 1993년과 2008년 자료가 있음

표 1 북한의 시도별 도시와 농촌의 인구 및 연평균 인구증가율: 1993-2008년

행정구역	1993년 인구			2008년의 인구			1993-2008년 연평균 증가율		
	전국 (1,000)	도시 (1,000)	농촌 (1,000)	전국 (1,000)	도시 (1,000)	농촌 (1,000)	전국 (%)	도시 (%)	농촌 (%)
북한	20,522.3	12,501.2	8021.1	23,349.9	14,155.4	8,021.1	0.88	0.84	0.93
양강도	638	460	178.5	719.3	464.7	178.5	0.81	0.07	2.41
함경북도	2,060.7	659.4	852.7	2,327.4	1,645.9	852.7	0.82	0.71	1.12
함경남도	2,732.2	1,658.7	1,073.6	3,066	1,811.1	1,073.6	0.78	0.6	1.06
강원도	1,304.5	610.8	693.7	1,477.6	725.6	693.7	0.84	1.17	0.55
자강도	1,152.7	753.3	399.5	1,299.8	828.3	399.5	0.81	0.64	1.13
평안북도	2,437.4	1,322.2	1,115.2	2,728.7	1,431.9	1,115.2	0.77	0.54	1.02
평안남도	3,597.6	2,341.3	1,256.3	4,051.7	2,629.9	1,256.3	0.81	0.79	0.84
황해북도	1,846.5	830.8	1,015.7	2,113.7	972.6	1,015.7	0.92	1.07	0.79
황해남도	2,011	686.5	1,324.4	2,310.5	822	1,324.4	0.94	1.22	0.79
평양	2,741.3	2,354.9	386.4	3,255.3	2,823.4	386.4	1.17	1.23	0.75

자료: 김두섭 외. 2010. 『북한 인구센서스 분석 연구』. 한국사회과학자료원 (p.183)

- 위성영상을 활용하여 북한의 토지이용현황 분석이 가능하며 북한 국토면적 1,240만ha 중 산림지역은 68.1%인 845만ha를 차지함

표 2 위성영상을 활용한 북한의 토지이용현황 분석

구분	산림	주거지	경지	초지	수역	기타	합계
면적(천ha)	8,446	139	2,376	1,066	164	209	12,400
비율(%)	68.1	1.1	20.2	8.6	1.3	1.7	100

자료: 이승호. 1997. 「인공위성에서 본 북한의 산림자원현황」 월간임업정보 제74호. 임업연구원 (p47)

4. 원격탐사기법을 활용한 거주가능지역 및 공간적 인구분포추정 방법론

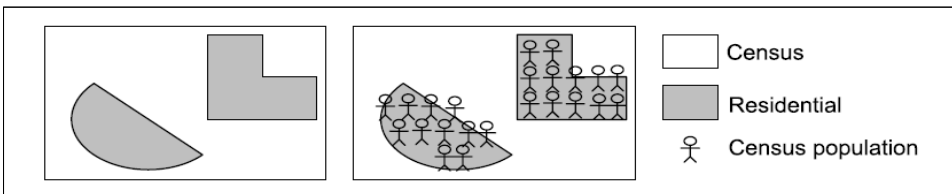
□ 위성영상을 활용한 거주가능지역 및 공간적 인구분포 추정

- 위성영상의 해상도에 따라서 인구추정을 위한 관측 변수의 종류가 달라지는데 고해상도 영상에서는 건물이나 토지이용 정보 등이 활용 가능하며 저해상도 영상에서는 야간의 인공불빛, 도시화지수 등의 변수가 활용 가능함
- 최근에는 라이더(LiDAR¹⁾)영상 자료로부터 빌딩 높이 추정이 가능하므로 도시 지역 내에서 고해상도 위성영상과 결합하여 인구분포 추정이 가능해짐

□ 대시메트릭 지도법을 활용한 공간적 인구분포 추정

- 대시메트릭 지도법은 주 데이터와 관련된 보조 데이터를 활용하여 공간단위를 더 세밀하게 나뉘춤으로써 데이터의 세부내용을 재현하는 방법
- 거주가능지역과 비거주지역을 이진으로 분류하는 바이너리기법과 토지이용에 따라 가중치를 부여하여 인구수를 재분배하는 다중클래스기법이 활용되고 있음

그림 1 인구분포 추정 모델을 위한 대시메트릭 지도법의 원리



자료: 김화환, 최진무. 2011. 「A hybrid dasymetric mapping for population density surface using remote sensing data」. *Journal of the Korean Geographical Society*(p.71)

□ 정확도 향상을 위한 공간적 인구분포추정 방법론

- 인구분포 추정의 정확도 향상을 위하여 다중레이어-다중클래스 대시메트릭 기법 등이 활용되고 있을 뿐만 아니라 야간위성영상과 보조 자료가 활용되고 있음

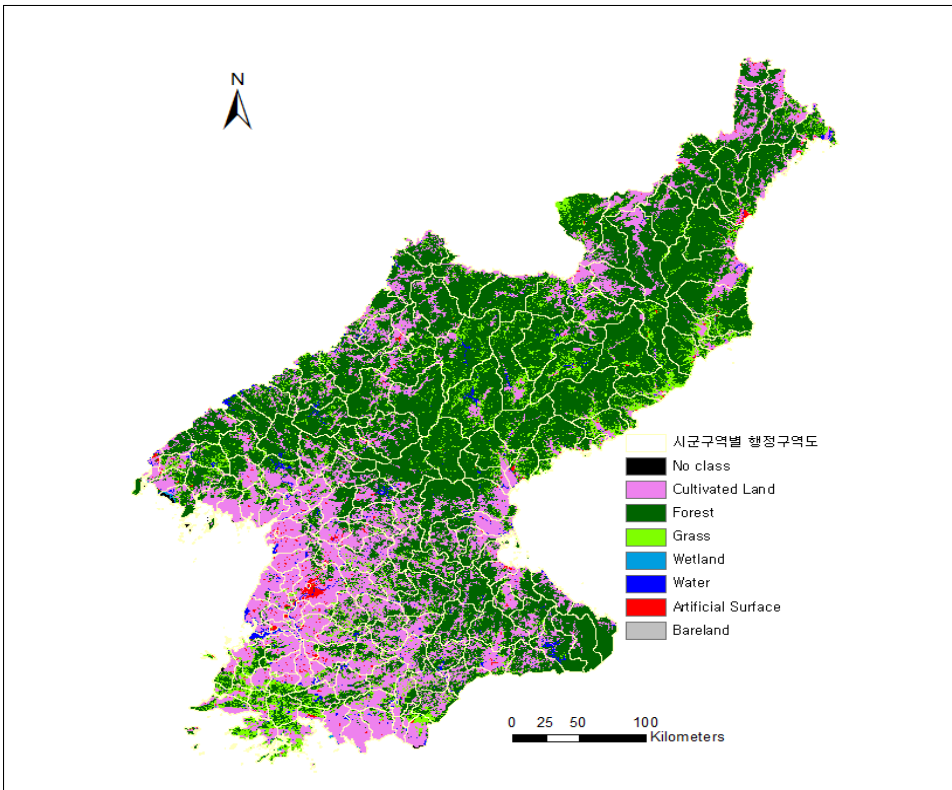
1) 라이더(LiDAR, light detection and ranging): "펄스 레이저광을 대기 중에 발사함으로써 반사체 또는 산란체를 이용하여 거리 및 대기현상 등을 측정하는 레이저 레이더 기술"(사이언스올, <http://www.scienceall.com> 최종 접속일: 2016년 10월 21일)

5. 북한지역의 거주가능지역 및 공간적 인구분포 추정

□ 원격탐사기법을 활용한 거주가능지역 추정

- 원격탐사기법 및 GIS를 활용하여 북한지역의 거주가능지역 및 공간적 인구분포를 추정하기 위하여 다양한 위성영상 자료를 분석함
- 다양한 위성영상 분석을 통해 토지피복(시가화지역, 산림, 농지 등) 현황, 식생지수(NDVI), 수치표고모델(DEM) 등의 정보를 획득하여 거주가능지역을 추출
- 이 외에도, 거주가능지역 추출을 위하여 국토지리정보원에서 제작한 수치지도로부터 건물, 도로 등의 정보를 활용함

그림 2 북한지역의 30m 픽셀단위의 토지피복도 및 시군구역별 행정구역도

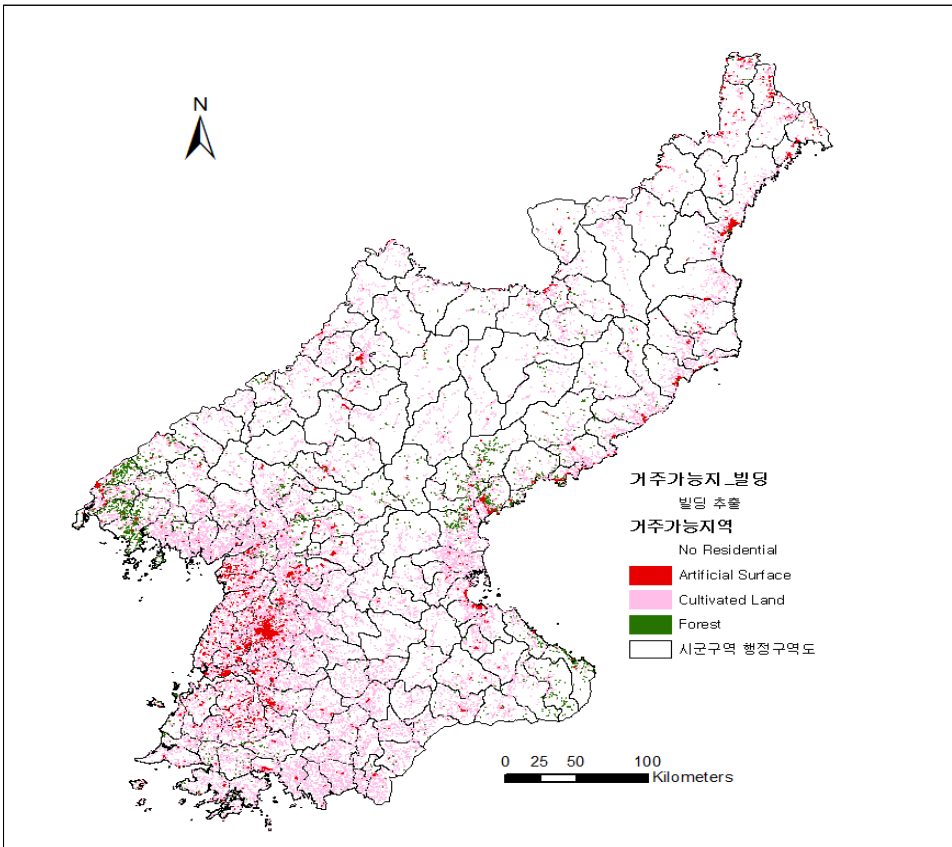


자료: National Geomatics Center of China (NGCC: <http://ngcc.sbsm.gov.cn/article/en/or/an/>), 최종접속일: 2016년 3월 21일), 2014. 30-meter GlobeLand30-2010을 활용하여 지도화

□ 다양한 대시메트릭 지도법을 활용한 공간적 인구분포 추정 방법

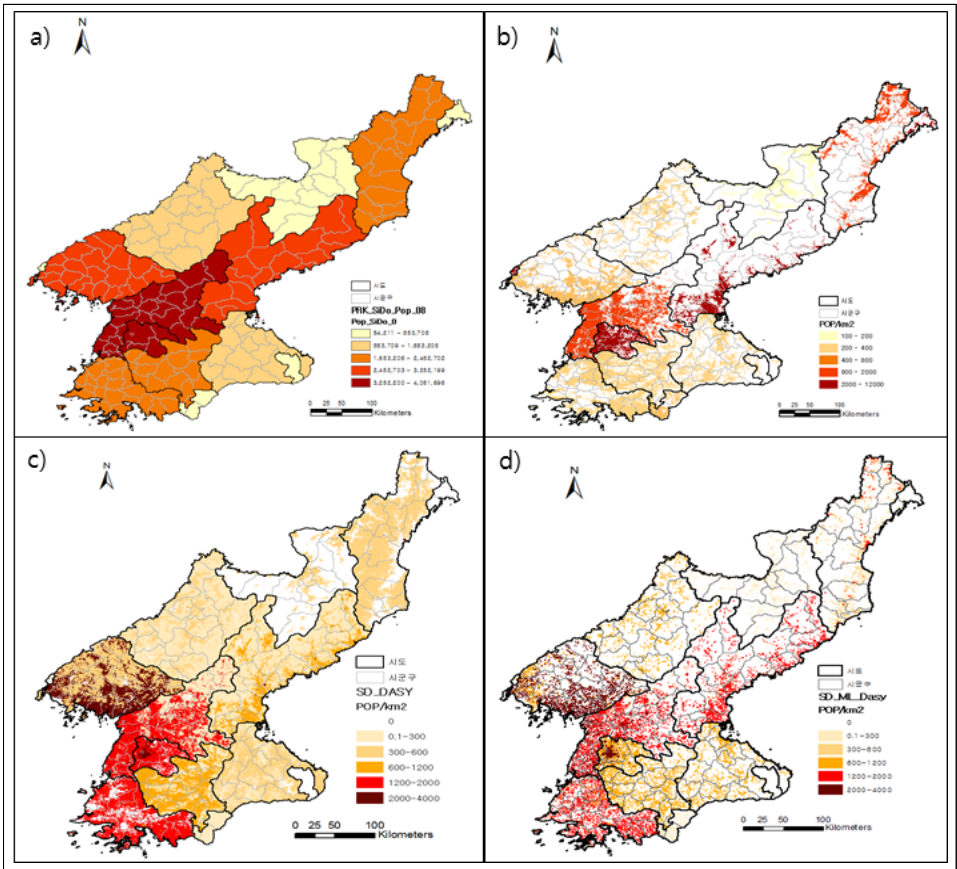
- 북한지역의 공간적 인구분포 추정을 위하여 대시메트릭 지도법을 활용한 3개 시나리오 기반의 추정 방법을 비교함
- (시나리오 1) 거주가능지역과 비거주지역을 이진으로 분류한 바이너리 대시메트릭 지도법 활용
- (시나리오 2) 거주가능지역을 토지피복 등급별로 적용하는 방법으로써 지역별 토지피복 특성에 따른 가중치를 적용한 다중클래스 대시메트릭 지도법 활용
- (시나리오 3) 경사도, 표고, 식생지수, 도로, 건물 등의 다중레이어 정보 및 지역별 토지피복 특성의 가중치를 적용한 다중클래스 대시메트릭 지도법 활용

그림 3 건물 정보를 포함한 거주가능지역의 픽셀 추출



- 다양한 대시메트릭 지도법을 활용한 북한지역의 시도별 공간적 인구분포 추정 결과
- 대시메트릭 지도법을 활용한 3개 시나리오 기반의 추정 결과를 분석함
 - (시나리오 1) 평양시, 나선시, 신의주시 및 함경남도 지역의 시가화지역 및 농업 지역의 인구분포는 높게 나타나는 반면에 양강도의 인구분포는 가장 낮게 나타남
 - (시나리오 2) 평양시의 시가화지역과 평안북도의 농업지역에는 인구밀도가 높게 나타나는 반면에 양강도의 산림지역에는 거의 인구가 거주하지 않음
 - (시나리오 3) 평양시의 시가화지역과 평안북도의 농업지역 및 나대지의 인구분포가 높게 나타나는 반면에 양강도의 농업지역 및 나대지 이외의 지역에는 거의 인구가 거주하지 않는 것으로 추정됨

그림 4 시도별 단계구분도와 다양한 대시메트릭을 활용한 북한지역의 공간적 인구분포



- 다양한 대시메트릭 지도법을 활용한 공간적 인구분포 추정 결과의 정확도 평가
 - 바이너리, 다중클래스, 다중레이어-다중클래스 대시메트릭 지도법을 활용하여 북한지역의 공간적 인구분포 추정 결과의 정확도(RMSE: 평균제곱근오차; MAE: 평균절대오차)를 비교함으로써 북한지역의 공간적 인구분포를 추정하기에 가장 적합한 시나리오를 제시함
 - 토지피복별 가중치 및 경사도, 표고, 식생지수, 도로, 철도, 건물 정보를 고려한 다중레이어-다중클래스 대시메트릭법을 활용한 북한의 공간적 인구분포 추정 결과의 오차가(RMSE: 24,242; MAE: 12.4%)가 가장 낮은 것으로 나타남

표 3 다양한 대시메트릭 지도법을 활용한 공간적 인구분포 추정 정확도 결과

대시메트릭 지도법	정확도 분석 방법	
	RMSE	MAE
시나리오 1: 바이너리	87,241	41.6%
시나리오 2: 다중클래스	33,341	14.6%
시나리오 3: 다중레이어-다중클래스	24,242	12.4%

- 공간적 인구분포 추정 결과의 정확도 평가를 통한 시사점
 - 다중레이어-다중클래스 기법을 활용한 공간적 인구분포 추정 결과의 정확도가 가장 높게 나타나며, 다양한 지형적 및 자연적 요인 이외에 건물 및 도로 등의 정보를 활용함으로써 현실 상황을 가장 잘 반영한 기법임
 - 모든 시나리오에서 대시메트릭 지도법은 비도시지역보다는 도시지역 추정에 더 적합하며, 인구밀도가 가장 낮은 양강도의 정확도가 가장 낮은 것으로 나타남
 - Global LandScan에서 제작한 북한지역의 공간적 인구분포 추정결과와 정확도는 73.7%(MAE: 26.3%)로 본 연구에서 추정한 다중레이어-다중클래스 지도법의 정확도 87.6%(MAE: 12.4%)와 비교하여 상대적으로 낮게 나타남
 - 본 연구는 북한지역의 특성에 영향을 미치는 자연·지형적 요인뿐만 아니라 인문·사회적 요인을 적용하였으며 토지피복 특성에 따른 시도별 가중치를 차별적으로 부여함으로써 지역별 특성을 반영함

6. 북한지역의 공간적 인구분포정보의 정책적 활용방안 및 정책제안

□ 인구센서스 자료와 위성영상을 결합하여 추정한 공간적 인구분포 자료는 「한반도 국토개발 마스터플랜 수립」 등의 통일대비 북한지역의 국토·도시개발, 국토환경·관리 등의 다양한 분야에서 활용 가능함

- 공간적 인구분포 자료는 국토·도시계획, 자연재해 위험평가, 재난위험관리, 재난·재해 예측 및 대응, 환경영향평가, 교통계획, 경제적 의사결정, 삶의 질 평가 등의 다양한 분야에서 활용 가능
- 공간적 인구분포 정보는 사회와 경제뿐만 아니라 환경 등 다양한 응용분야에서 요구되는 필수자료임
- 행정구역 단위가 아닌 좀 더 현실적인 공간적 인구분포 정보는 통일대비 북한지역의 국토관련 정책지원 및 수립을 위하여 필요함

□ 통일이전 북한지역의 공간적 인구분포 정보 활용방안

- 국토교통부의 '16년 「접근불능지역 공간정보 통합체계 구축」사업과 관련하여 접근불능지역의 주택·도시부문의 국토실태 DB 구축을 위하여 공간적 인구분포 추정자료와 연계시켜 구축 가능
- 통일대비 「한반도 국토개발 마스터플랜」 수립을 위해서는 인구이동 시나리오 가정을 활용함으로써 도시 개발수요 추정가능
- 북한지역의 도시개발 목표 및 발전방향을 제시하고 산업입지 개발목표 및 기본방향, 권역별 개발방향 제시를 위하여 북한지역의 현재 공간적 인구분포 자료를 기초자료로 활용 가능
- 통일대비 종합적인 국토관리를 위한 제도적 기반과 거버넌스 체계 구축시에 이러한 공간적 인구분포 정보가 기초자료로 활용 가능함
- 북한지역의 공간적 인구분포 자료는 향후 북한주민들의 생활 안정과 경제적 효율성에 초점을 맞춘 남북협력 정책분야에 활용 가능
- 남북한 협력체계 구축을 통해서 경제개발협력체계 구축뿐만 아니라 국토환경

및 관리 측면에서 미래 한반도가 쾌적한 삶의 공간이 될 수 있도록 정책적 합의가 이루어질 필요가 있음

- 주민의 삶과 직결되는 통일대비 시설구축을 위한 마스터플랜은 공간적 인구분포 정보를 기반으로 하여 추진할 필요가 있음

□ 통일이후 북한지역의 공간적 인구분포 정보 활용방안

- 통일이후 북한의 공간구조 변화에 대비하여 한반도 국토의 균형발전 및 난개발 방지를 위한 전략 마련이 필요함
- 통일이후 급격한 인구이동과 도시화 방지를 목적으로 권역별 개발과 배후 산업 도시 개발계획을 수립하는데 공간적 인구분포 자료가 활용 가능함
- 통일이후 급격한 인구이동 및 도시화를 방지하기 위하여 남북지역간 거점별 연계체계 구축과 이주 노동자 흡수를 위한 인접지역 개발계획 수립에 공간적 인구분포 자료가 활용 가능함
- 통일이후 국토관리를 위한 북한지역의 투자활성화 및 비용절감을 위해서 북한의 공간적 인구분포정보를 통해서 관련 계획수립이 수반되어야 함
- 공간적 인구분포 자료를 활용하여 통일이후 환경적으로 쾌적하고 지속가능한 발전을 목적으로 하는 국토관리 정책방안을 제시할 필요가 있음

□ 본 연구에서는 다음과 같이 몇 가지 정책제안을 하고자 함

- 북한지역의 보다 정확한 공간적 인구분포 자료 구축 및 분석을 위하여 남북간 협력을 통해 좀 더 세밀한 읍면동리 행정단위의 인구센서스 조사가 이루어져야 함
- 정부의 적극적 지원을 통해서 북한지역의 인구통계 조사의 주기를 5~10년 단위로 단축시킬 필요가 있음
- 각 부처별로 추진해 온 북한관련 기초조사 연구를 종합적으로 조율하고 연계시킴으로써 통합적 북한개발 추진전략과 단계별 실천 로드맵을 제시할 필요가 있음
- 통일 한반도의 효율적 정책수립을 위해서 각 기관별로 필요한 공간정보를 포함한 북한관련 자료는 공유할 필요가 있음

- 북한관련 자료 구축을 위한 관계기관 협의회 등을 통해서 자료를 공유 및 융·복합 활용이 가능하도록 표준 준수 및 메타데이터를 제공할 필요가 있음
- 정부에서는 통일대비 국토관련 정책 활용을 위하여 기관별 역할 분담을 통한 중복자료 구축으로 인한 예산낭비 방지와 공동 활용을 통한 정책지원 방안을 마련해야 함
- 정부는 주도적으로 통일대비 북한과 같이 정보접근이 어려운 접근불능지역의 정보획득이 가능하도록 위성영상의 활용 촉진을 위한 정책 방안을 마련해야 함

7. 결론 및 향후 과제

- 인구는 공간상에 분포하고 있는 인문·사회적 자료 중 가장 기초적인 자료로서 북한 지역의 공간적 인구분포를 파악하는 것은 실질적 통일준비를 위하여 필수적임
 - 공간적 인구분포 자료는 사회, 경제, 환경 등 다양한 정책관련 활용분야에서 요구되는 필수자료로서 좀 더 현실적인 공간상의 인구분포 정보를 제공함으로써 공간에서 발생하는 다양한 현상을 연구하는데 유용함
 - 정보의 접근성이 떨어지는 북한과 같은 접근불능지의 경우에는 원격탐사기법을 통해 센서스자료를 기반으로 한 인구수를 공간에 할당해줌으로써 현실을 반영한 공간적 인구분포 추정을 가능하게 함
 - 위성영상으로부터 추출한 다양한 공간정보를 통해서 획득한 공간적 인구분포 정보는 시간과 예산비용 절감 효과가 있을 뿐만 아니라 시계열 정보획득이 가능
- 본 연구에서는 원격탐사기법 및 다양한 대시메트릭 지도법을 활용하여 북한지역의 거주가능지역 추출 및 공간적 인구분포를 추정하고 추정 결과의 정확도를 평가함
 - 토지피복별 가중치 및 경사도, 표고, 식생지수, 도로, 철도, 건물 등의 정보를 고려한 대시메트릭법을 활용한 북한의 공간적 인구분포 추정 결과의 정확도가 가장 높은 것으로 나타남

- 본 연구에서 제시한 북한지역의 공간적 인구분포 정보는 「한반도 국토개발 마스터 플랜」 수립 등의 통일대비 국토·도시개발 및 국토환경·관리 등의 국토관련 정책분야에서 활용 가능함

- 본 연구의 한계점 및 문제점을 해결하기 위한 향후 과제 방향을 제시함
 - 시군구역별 공간적 인구분포 추정 결과의 정확도 평가를 수행하기 위하여 향후 과제에서는 새로운 정확도 추정 방법 제시 및 결과를 도출할 필요가 있음
 - 실제적으로 거주지에 해당하는 건물정보만을 추출하기 위하여 고해상도 영상을 활용하거나 건물 속성정보를 가지고 있는 관련 연구기관의 자료 및 전문가 자문을 통해서 건물의 속성정보를 획득할 필요가 있음