DOI: https://doi.org/10.16879/jkca.2016.16.3.075 한국지도학회지 16권 3호 2016(75~88)

로지스틱 회귀분석을 이용한 북한지역 자연환경 우수지역 평가지도 작성*

김근한** · 이은정*** · 정휘철**** · 전철민*****

Mapping the Assessment of Natural Environment Outstanding Areas of North Korea Using Logistic Regression Analysis*

Geunhan Kim** · Eun Jung Lee*** · Huicheul Jung**** · Chulmin Jun*****

요약 : 향후 통일이후 북한지역의 급격한 국토개발로 인한 자연 환경 훼손을 미연에 방지하고 한반도의 균형 있는 국토의 보전과 관리를 위해서는 환경계획 기반의 국토계획이 필수적이다. 이러한 환경계획을 위해서는 다양한 환경공간정보를 이용한 국토의 자연환경 우수지역 평가지도 작성은 반드시 필요하다. 이에 본 연구에서는 로지스틱 회귀분석을 통해 북한지역의 자연환경 우수지역 평가지도 구축방안을 제시하였다. 자연환경 우수성 평가 선행연구를 기반으로 평가에 필요한 평가항목들을 선정하고, 해당 평가항목들을 수집 및 구축하였으며 로지스틱 회귀분석을 이용하여 남북한 접경지역을 중심으로 자연환경성 우수지역 평가를 수행하였다. 평가결과 로지스틱회귀분석 적합성 모형은 89.4%의 분류정확도가 나타났으며, ROC 분석결과 정확도가 96.1%로 높게 나타났다. 본 연구의 결과를 국토환경성평가지도 환경생태적평가와 비교한 결과 본 연구에서 제시한 자연환경 우수지역 평가지도 결과가 북한지역의 환경계획에 활용이 가능 할 수 있는 정확도를 나타내고 있다고 판단되었다. 따라서, 본 연구에서 도출한 자연환경 우수지역 평가지도의 40% 이상의 우수지역을 자연환경 핵심 우수지역으로 지정하고, 60%까지의 완충 자연환경성 우수지역으로 지정하여, 추후 단계적으로 핵심 자연환경 우수지역으로 확장할 수 있도록 정책적으로 설정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

주요어 : 북한지역, 자연환경 우수지역 평가지도, 환경성 평가, 로지스틱 회귀분석, 국토환경성평가지도

Abstract : Environmental planning based national land planning is essential as a means of conservation of national land and the prevention of destructing the natural environment from rapid national land development, especially after the unification. For such national land planning, objective natural environment assessment of North Korea's territory should be prepared. Therefore in this study, a methodology to assess natural environmental outstanding areas of North Korea was suggested. 30 indicators were selected and were used to assess the natural environment outstanding areas using logistic regression analysis. As a result, the probability map of natural environment outstanding areas and the ROC analysis showed accuracy of 89.4% and 96.1%, respectively. For the verification of accuracy, the result of the study showed high conformity with the Environmental Conservation Value Assessment Map (ECVAM), and was able to conclude that the top 40% values from the assessment can be classified as natural environment core areas and top 60% values be classified as natural environment buffer areas.

Key Words : North Korea, Natural environment outstanding areas assessment map, Environmental assessment, Logistic regression analysis, Environmental Conservation Value Assessment Map (ECVAM)

*본 연구는 한국환경정책·평가연구원(KEI)에서 수행된 '북한 환경정보 구축 및 활용 방안 연구 2: 원격탐사를 이용한 자연환경성 우수지역 평가'와 환경부 사업으로서 한국환경정책·평가연구원(KEI)에서 수행한 "2016년 국가환경지도 구축운영 사업" 과제의 지원에 의하여 수행되었으며, '북한 환경정보 구축 및 활용 방안 연구 2 : 원격탐사를 이용한 자연환경성 우수지역 평가'의 연구과정과 결과를 논문형태로 재편집 하였음.

**서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정 & 한국환경정책평가연구원 연구원(Ph. D. Student, Department of Geoinformatics, University of Seoul & Researcher, Korea Environment Institute, ghkim@kei.re.kr)

***한국환경정책평가연구원 연구원(Researcher, Korea Environment Institute, ejlee@kei.re.kr)

****한국환경정책평가연구원 연구위원(Ph. D, Korea Environment Institute, hchjung@kei.re.kr)

*****서울시립대학교 공간정보공학과 교수(Corresponding Author, Professor, Department of Geoinformatics, University of Seoul, cmjun@uos.ac.kr)

[Provider:eartricle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

[Provider:rearticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

통일이후 북한지역의 급격한 국토개발로 인한 자연환경 우수지역에 대한 훼손을 미연에 방지하고 균형있는 한반도 국토의 보전 및 관리를 위해서는 환경계획 기반의 국토계획이 필요하다. 특히 북한 지역의 환경계획 기반의 국토계획의 수립을 위해서는 객관적인 북한의 자연환경 현황을 모니터링하고 평가할 수 있는 자료가 필수적이다(정재준·이수현, 2010; 정휘철 등, 2015). 특히 북한지역은 생태계 분포 현황 및 자연환경 우수지역 평가와 생태계 훼손여부를 판단하기 위한 현장조사가 불가능하기 때문에, 환경계획을 위한 공간정보 기반의 다양한 환경공간정보가 필수적이며, 환경공간정보를 이용한 국토의 자연환경 우수지역 평가지도 또한 환경계획 수립에 필수적인 자료이다.

하지만 현재 구축된 북한지역을 대상으로 한 환경관련 공간정보는 환경부의 대분류 토지피복지도, 국립산림과학원의 황폐지 현황도, 국립농업과학원의 북한 농업현황도 등 인공위성 원격탐사를 이용해 구축된 일부의 환경공간정보가 전부이며, 이마저도 대분류 토지피복지도를 제외하고 보안 규정상 이용이 어려운 실정이다. 그리고 환경부의 대분류 토지피복지도는 국토의 피복 상태를 7개 분류체계로 구분하고, 공간해상도 또한 떨어져 환경계획 및 국토계획 수립 등 정책적 활용에 한계가 있다(정휘철 등, 2016).

이에 본 연구에서는 한반도의 친환경적인 국토개발계획 수립 및 자연환경 우수지역에 대한 모니터링에 이용할 수 있는 자연환경 우수지역 평가지도 구축방법을 연구하였다. 현장조사 기반의 주제도 구축이 불가능한 북한지역의 특수성을 고려하여 원격탐사 및 지리정보시스템 기반의 환경정보들을 이용하여 로지스틱 회귀분석을 적용한 자연환경성 우수지역 평가 방법을 제안하고자하였다. 특히 수집하고 구축된 환경정보들의 자료유형과 정규분포의 해당 여부에 상관없이 적용할 수 있는 장점을 가진 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 그리고 자연환경 우수성 평가를 위한 평가 지표와 자료 선정을 위한 사례 연구를 수행하고, 이를 기반으로 자연환경 우수지역 평가를 위해 공간정보를 수집 및 구축했다. 그리고 로지스틱 회귀분석을 이용한 북한지역의 자연환경 우수지역 평가 방법론을 제시하였으며, 실험지역으로 접경지역을 중심으로 남북한 지역에 대해 자연환경 우수지역 평가를 수행하였다. 그리고 자연환경성 우수지역 평가 결과의 정책적 활용 방안을 제시했다.

2. 연구방법

본 연구에서는 북한지역 자연환경 우수지역 평가지도를 구축하기 위해 자연환경성과 관련된 국내외 선행연구 사례 조사를 통해 평가에 이용되는 지표 및 평가 항목들을 검토하였으며, 북한지역 특수성을 고려하여 자연환경성 우수지역 평가에 활용 가능한 평가항목들을 선정하였다. 특히 원격탐사 기반으로 구축할 수 있는 환경공간 정보들을 살펴보았으며, 수집 가능한 공간정보들도 살펴보았다. 북한지역의 자연환경성 평가를 위해 로지스틱 회귀분석을 이용하여 기존 자연환경우수지역들과 수집 및 구축된 평가항목 공간정보들 간의 상관관계를 분석 후 시범지역을 대상으로 자연환경 우수지역 확률 지도를 구축하고, 자연환경 우수지역 평가 결과의 신뢰성과 활용성 검토를 위해 샘플링을 통한 ROC (Receiver Operation Characteristic) 분석과 환경부 국토환경성평가지도의 환경생태적평가 등급분석 결과와 비교 검토하였다. 그리고 자연환경 우수지역 확률지도를 기반으로 자연환경 우수지역 평가지도를 구축하고, 이를 기반으로 자연환경 우수지역 등급화를 통한 정책적 관리 방안을 제시하였다.

II. 선행연구

1. 자연환경성 평가

자연환경성 평가와 관련하여 경관생태학적 개념을 이용하여 다양한 연구들이 수행되고 있다. 특히 인간과 국토를 구성하는 자연적인 요소들 간의 상호관계를 생태학적 관점에서 분석·종합·평가하여 인간에게 있어 바람직한 지역 환경을 보전하고 관리 할 수 있는 방법을 경관생태학의 개념에 기초하여 다양한 연구들이 수행되었다. 특히 경관생태학적 개념을 적용한 자연환경성 평가와 관련된 연구는 두 가지로 구분할 수 있었는데 하나는 자연환경의 다양한 요소들을 공간적 개념을 적용하여 자연생태계와 인간의 활동을 종합적으로 평가하는 연구이며, 또 다른 연구들은 산림 식생 패치의 규모, 모양, 밀도, 연결성 등을 고려하여 생물 서식지의 공간 분포와 관련된 효과에 대한 연구로 구분할 수 있었다.

다양한 공간적인 유형과 생태계 사이의 상호관계를 분석하기 위해 지형, 토양, 수계, 기상, 서식환경(산림의 밀도, 임상, 밀도, 면적), NDVI와 같은 식생지수, 토지피복 및 토지이용, 개발 가능성, 자연재해, 사회적 압력 등 다양한 비생물적, 생

물적 요인을 분석하여 자연환경성 평가를 수행한다. 이러한 연구사례는 국내 연구는 환경부(2001), 이동근 등(2004), 홍석환·한봉호(2009), 국외 연구는 Dai *et al.*(2001), Li *et al.*(2007), Lu *et al.*(2012), Imam and Kushwaha(2013), Nandy *et al.*(2015), Hong *et al.*(2016), Zeng *et al.*(2016), Zhang *et al.*(2016) 등 많은 연구에서 관련 이론을 적용하여 환경성 평가와 관련된 연구를 수행하였다. 그리고 서식처로써의 산림 식생 패치의 규모, 형태, 연결성 등을 고려하여 평가에 활용하고 있었으며, 국내연구는 이동근 등(2004), 이상범(2007), 김한수(2012)와 국외 연구는 Heggem *et al.*(2000), Tian *et al.*(2014), Riedler *et al.*(2015) 등이 연구를 수행하였다.

이러한 선행연구들을 검토한 결과 표 1과 같이 자연환경 평가를 위해 이용되는 지표들은 크게 비생물요인, 생물요인, 패치 관련 지표, 위협요인으로 구분 할 수 있었다. 비생물 요인으로는 지형, 토양, 수계, 기상 관련 지표가 있었고 생물요인과 관련된 평가지표들은 서식처의 환경 평가에 이용될 수 있

표 1. 자연환경 평가지표 및 평가항목

카테고리	지표	평가항목
비 생물요인	지형	고도
		경사
		향
		지질도
	토양	지표 토양
		토양 투수율
		토양양분
		불투수표면
	수계	수계망
		지하수면
		지하수 상승
		수계망으로부터의 거리
	기상	기온
		강수량
		습도
		일조시간
		지표 온도
생물간 상호작용	서식환경	임상도
		영급, 경급
		산림 캐노피 밀도
		산림 밀도
		층위 구조
		녹지면적
	식생지수	NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)
		Greenness
		Brightness
	다양성	동물 다양성
		식생 종 다양성
		Shannon-Weiner Index
패치 관련 지표	패치규모	패치 면적
		패치 개수
		패치 밀도
		패치 평균 면적
		패치 둘레
	패치형태	둘레 대 면적 비율
		형태 지수
	패치연결성	패치/서식지간의 거리
		접하는 패치/서식처의 개수
		Contagion Index
		Euclidean 거리
		면적에 따른 평균 Euclidean 거리
위협요소	토지이용	토지피복
	도시 개발 가능성	시가화로부터의 거리
		교통시설로부터의 거리
		도로부터의 거리
	사회적 요소	인구밀도
		기업분포 밀도
		주거밀도
		GDP
		토양 오염 정도
		가축 수
	자연재해	산불 위험
		지질학적 재해 위험 (산사태, 액상화, 단층으로부터의 거리, 지진)

[Provider:eartricle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

[Provider:rearticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

는 임상도의 영급, 경급, 산림의 밀도, 녹지면적, 층위구조 등이 이용하고 있었으며, 현장조사를 수행하여 획득할 수 있는 정보인 동물다양성, 식생 종 다양성 등의 항목들을 평가에 이용하고 있었다. 패치와 관련된 지표 또한 서식처와 관련하여 패치의 규모, 개수, 밀도, 둘레 길이와 같은 항목들과 둘레길이와 면적의 비율을 이용한 다양한 형태지수와 패치들의 연결성을 고려하는 항목들이 패치 관련 평가지표로 이용되고 있었다. 그리고 위협요소로는 인간의 활동으로 인한 토지이용과 도시와 도로를 포함한 교통시설로부터의 거리 등 개발취약지, 인구밀도, 기업분포, 주거밀도 등 다양한 사회적 요소들 또한 위협요소로 평가되고 있었다.

2. 식생지수

국내 연구들의 자연환경성 평가를 위한 평가항목들을 살펴보면 현장조사 기반의 주제도들을 이용하여 공간분석을 통한 자연환경성 평가를 수행하지만 북한지역은 현장조사가 불가한 특성상 현장조사 기반의 주제도가 없고, 신규 구축도 불가하기 때문에 북한지역을 촬영한 영상을 이용한 원격탐사기법의 다양한 식생지수들을 이용하여 자연환경성 평가에 활용해야 한다. 따라서 본 연구에서는 환경성 평가와 관련하여 식생지수를 이용한 선행 연구를 검토하였으며 본 연구에서 활용할 수 있는 식생지수들을 선정하고자 하였다.

검토한 연구사례 중 국내 연구는 김상욱· 정종철(2002), 이정빈 등(2008), Cui 등(2012), 변지선 등(2015)을 살펴보았으며, 해외연구사례는 Roujean and Breon(1995), Payero *et al.*(2004), Shimamura *et al.*(2006), Gu *et al.*(2008), Schneider *et al.*(2008), Wang *et al.*(2010), Jaramaz *et al.*(2013), Lamchin *et al.*(2015)의 연구를 살펴보았으며 표 2와 같은 식생지수들을 선정할 수 있었으며, 표 2의 계산식을 이용하여 각각의 식생지수 데이터베이스를 구축할 수 있었다.

표 2. 자연환경성 평가에 이용된 식생지수와 계산식

구분	식생지수	설명	계산식
1	NDVI	식생의 활력도를 정량적으로 나타내는 정규화식생지수로 -1~+1까지의 범위로 표현됨	$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$
2	GNDVI	녹색가시광선을 이용하며 클로로필 농도에 민감한 식생지수	$GNDVI = \frac{(NIR - GREEN)}{(NIR + GREEN)}$
3	NDSI	눈과 구름의 구분에 활용되는 지수로 식생으로 덮인 지역은 음의 값으로 표현됨	$NDSI = \frac{(GREEN - SWIR)}{(GREEN + SWIR)}$
4	NDWI	수분의 구분에 활용되는 지수로 음의 값이 식생이 자라기 좋은 수분환경으로 나타남	$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$
5	MNDWI	중적외선을 이용해 보다 명확한 수역의 구분에 활용됨	$MNDWI = \frac{(GREEN - MIR)}{(GREEN + MIR)}$
6	TSGI	토양입자 등 물리적인 설정에 따라 황폐화 정도를 표현하는 지수	$TSGI = \frac{(RED - BLUE)}{(RED + BLUE + GREEN)}$
7	VARI	대기의 영향을 최소화하여 식생으로 덮인 지역을 파악하기 위한 지수	$VARI = \frac{(GREEN - RED)}{(GREEN + RED - BLUE)}$
8	DVI	근적외선과 적색 가시광선을 이용해 수역과 식생을 구분하는 지수	$DVI = NIR - RED$
9	RDVI	NDVI와 DVI의 장점을 결합, 생체량의 파악에 활용되는 식생지수	$RDVI = (NDVI * DVI)^{\frac{1}{2}}$
10	SR	가시광선과 근적외선을 이용해 간단히 식생의 구조를 파악할 수 있는 지수	$SR = \frac{NIR}{RED}$
11	IPVI	식생의 광합성 작용을 이용해 가시광선 반사값의 오류를 감소시킨 지수	$IPVI = \frac{NIR}{(NIR + RED)} = 0.5 * (NDVI + 1)$
12	LAI	단위 면적당 수목의 잎면적을 파악하기 위한 지수	$LAI = (3.618 * EVI - 0.118)$
13	Brightness	Tasselled Cap Transformation을 통해 수종, 영급 등의 파악에 활용되는 지수	$Brightness = 0.3037 Band2 + 0.2793 Band3 + 0.4743 Band4 + 0.5585 Band8 + 0.5082 Band10 + 0.1863 Band12$
	Greenness		$Greenness = -0.2848 Band2 - 0.2435 Band3 - 0.5436 Band4 + 0.7243 Band8 + 0.0840 Band11 - 0.1800 Band12$
14	fAPAR	식생 광합성 작용으로 인해 흡수된 태양광의 분광영역을 표현하는 지수	$FAPAR = 1.812 * RDVI - 0.21$
15	FVC	지표면에서 식생으로 덮여있는 면적을 표현하는 지수	$FVC = C_1 * DVI + C_2$

[Provider:eartricle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

III. 자료 및 방법론

1. 자료수집 및 구축

본 연구의 공간적 연구범위는 남북한 지역이 함께 포함된 위성영상을 기반으로 그림 1과 같이 남북한 접경지역을 중심으로 남북한지역이 함께 촬영된 영상을 이용하여 동경 125도 30분~129도, 북위 37도 50분~38도 50분 지역을 실험지역으로 선정하였으며, 시범구축지역의 면적은 2,835 ㎢이다. 실험지역의 행정구역은 북한지역은 개성특급시, 황해북도 신계읍 및 평산군 일원, 황해남도 연안군 일원, 강원도 철원읍, 이천읍, 평강군, 장도군, 금강군, 고성군을 포함하고 있으며, 남한지역은 경기도 파주시, 연천군, 동두천시, 포천시 일원, 강원도 철원군, 화천군, 춘천시, 양구군, 고성군, 인제군, 속초시, 양양군일원을 포함하고 있다. 특히 위 실험대상 지역에는 북한지역의 금강산 국립공원과 남한지역의 설악산 국립공원이 위치하고 있는 자연 환경적으로 우수한 지역이다. 지형적 특징으로 동쪽에는 백두대간을 중심으로 금강산 및 설악산 등이 분포하고 있어 고도가 높은 지역이며, 서쪽으로 갈수록 완만해지는 평지지역이다.

이러한 환경성 평가 관련 경관생태학 기반의 선행연구들과 위성영성을 이용한 식생지수들의 선행연구들을 살펴보고 북한 지역에 적용 가능성을 검토한 결과 환경성 평가를 위한 각종 자료의 수집 및 분석이 매우 제한적이다. 이에 취득 및 구축 가능한 자료를 고려하여 북한지역의 자연환경성 평가항목을 표 3과 같이 도출하였으며 그림 2와 같이 구축하였다.

자연환경 우수지역을 평가하기 위한 평가항목들은 크게 자연생태계를 포함한 자연환경성과 위협요인으로 구분할 수 있었으며, 자연환경성에서는 비 생물적 요인과 생물간 상호작용을 고려한 생물적 용인으로 구분할 수 있었다. 이때 패치기반의 면적, 둘레, 면적과 둘레의 비율 등 또한 생물적 요인의 중요한 특성으로 평가에 이용하고자 하였으며, 위협요인으로는 개발압력으로 인한 허약성 또한 반영하고자 하였다. 비 생물적 요인은 ASTER에서 제공하는 DEM을 이용해서 지형항목을 평가하고자 하였다. 그리고 생물요인에서 서식처의 환경성 또는 우수성을 평가하기 위한 임상도, 생태자연도와 같은 자료가 없기 때문에 선행연구에서 살펴본 원격탐사 기반의 다양한 식생지수들을 이용하여 평가에 이용하고자 하였다. 이를 위해 유럽우주기구(ESA)에서 제공하는 Sentinel-2 영상을 기반으로 구축 가능한 17개의 평가항목을 선정하였다. Sentinel-2 위성영상은 2015년에 발사되어 유럽우주기구에서 누구나 활용할 수 있도록 다양한 전처리 수준의 자료를 공개하여 제공하고 있으며, 본 연구에서는 연구지역에 백두대간 등 지형의 굴곡을 고려하여 정사보정된 Level-1C의 자료를 사용하였다. 수집한 영상자료는 2016년 5월 18일 촬영된 3개의 씬으로, 하나의 씬 당 13개의 밴드 및 메타데이터 정보가 포함되어 있다. 각 밴드를 공간해상도로 구분하면 10m 해상도는 가시광선과 NIR인 Band2, Band3, Band4, Band8의 4개 밴드가 해당하며, 20m해상도는 Red Edge와 SWIR인 Band5, Ban6, Band7, Band8A, Band11, Band12의 6개 밴드, 60m해상도는 Coastal aerosol 및 Water vapour, Cirrus인 Band1, Band9, Band10의 3개 밴드이다. 수집한 Sentinel-2 위성영상자료에 대하여 전체 육안 검수를 통해 각 씬 당 13개의 밴드가 제대로 포함되어 있는지, 화소값의 결함이 없는지, 운량 등이 적정한지를 밴드 간 조합을 통해 천연색과 위색합성을 수행하여 검토하였다. 서식처의 특성을 반영하는 패치기반의 특성 또한 고려하여 토지피복지도에서 구축된 산림 패치를 이용하여 패치의 면적, 둘레, 면적과 둘레의 비율을 통해 서식처 환경을 평가에 이용하고자 하였다. 이를 위해 Sentinel-2 영상을 이용하여 환경부 대분류 토지피복지도의 분류항목 및 기법을 적용하여 토지피복지도를 작성하였다. 따라서 분류항목은 산림, 초지, 농지, 습지, 나지, 시가화건조지역, 수역의 7개이며, 감독분류의 기법은 MLC (Maximum-LikelihoodClassification)을 이용하였다. 그리고 위협요인으로 시가화 건조지역으로부터의 거리를 감독 분류를 통해 구축한 토지피복지도로부터 시가화건조지역으로부터의 거리를 추출하여 평가에 이용하였으며, 농지 또한 생태계 위협으로 판단하여 농지로부터의 거리 또한 토지피복지도로부터 추출하여 평가에 이용하였다.

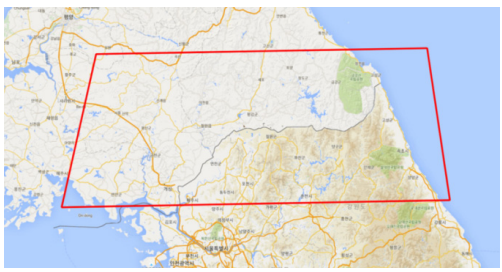
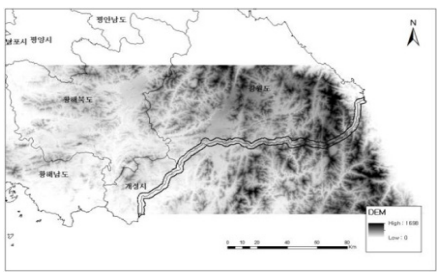


그림 1. 실험 대상 지역

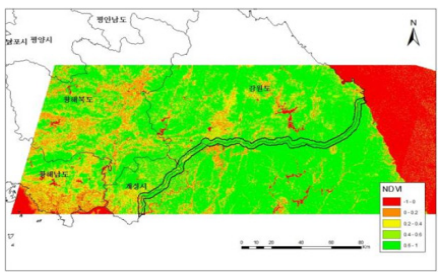
[Provider:earticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

표 3. 북한지역 자연환경 우수지역 평가를 위한 평가항목의 도출

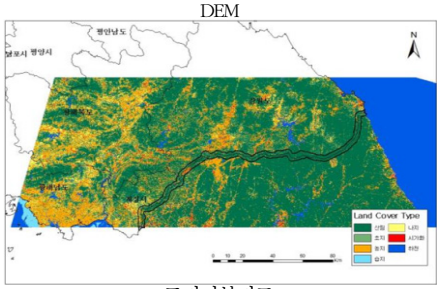
분류 1	분류 2	평가항목	출처
비 생물요인	지형	표고	ASTER GDEM
		경사	
		향	
생물요인	식생지수	NDVI	Sentinel-2
		GNDVI	
		NDSI	
		NDWI	
		MNDWI	
		TSGI	
		VARI	
		DVI	
		RDVI	
		IPVI	
		LAI	
		Brightness	
		Greenness	
		FAPAR	
		FVC	
	서식처로부터의 거리	산림으로부터의 거리	Sentinel-2 영상 감독분류
		초지로부터의 거리	
		하천으로부터의 거리	
		습지로부터의 거리	
	서식처 환경	패치 면적	Sentinel-2 영상 감독분류
		패치 둘레	
		패치 비율	
위협요인	위협요인으로부터의 거리	시가화로부터의 거리	Sentinel-2 영상 감독분류
		농지로부터의 거리	



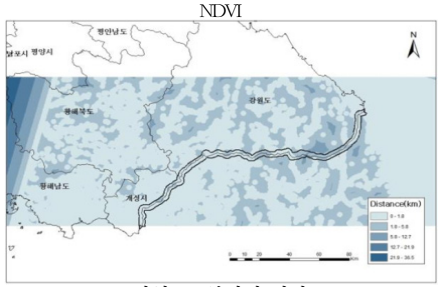
DEM



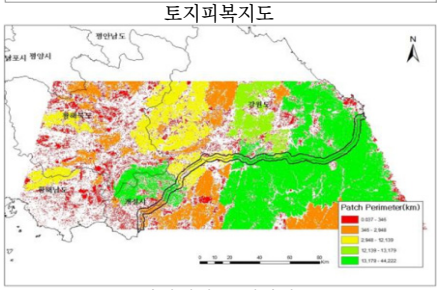
NDVI



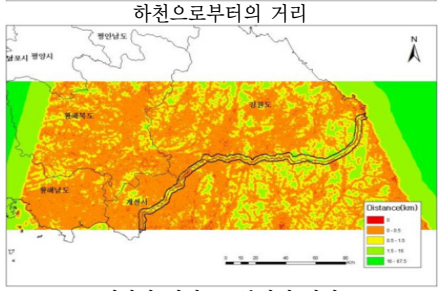
토지피복지도



하천으로부터의 거리



산림패치 둘레길이



시가화 지역으로부터의 거리

그림 2. 자연환경 우수지역 평가를 위한 수집 및 구축 자료

[Provider:eartricle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

2. 자연환경 우수지역 평가 방법론

기존 자연환경성 평가와 관련된 선행연구들을 살펴보면 연구자가 각각의 평가항목에 가중치를 부여하거나 전문가 설문을 통해 가중치를 부여하여 중첩하거나, 국토환경성평가지도(환경부, 2015)와 같이 최소지표법을 이용하여 평가항목 중 1등급 지역이 하나라도 존재하면 1등급을 지역으로 설정하는 등의 방법이 대부분이다. 하지만 이때 자연환경성 평가에서 이용하는 평가항목 공간정보들은 해당 분야의 전문기관에서 구축하고 정확도까지 검증한 공신력 있는 자료이며, 많은 연구에서 해당 평가항목들이 자연환경성과 관련하여 평가항목이 중요한 역할을 차지하고 있음을 알 수 있지만 본 연구에서 이용하는 식생지수를 포함한 환경성 평가항목들은 기존의 연구방법으로 환경성 평가에 적용하기 힘들다.

따라서 본 연구에 북한지역의 자연환경성 평가 방법을 위해 동식물의 서식처 평가 및 산사태 위험지도, 지반침하 위험지도 작성에 주로 이용되고 있는 로지스틱 회귀분석을 이용하여 북한지역의 자연환경성 평가를 수행하고자 한다. 로지스틱 회귀분석의 이용사례를 살펴보면 이사로 등(2004; 2005) 등 많은 연구에서 산사태 발생원인과 관련된 인자들과의 상관분석을 통해 산사태 취약성 지도를 작성하였으며, 이사로 등(2009), 오현주(2010), 임태근(2010) 등의 연구에서 지반침하와 관련된 인자들과 지반침하 지역들 간의 상관분석을 통해 지반침하 위험도를 예측하는 연구를 수행했다. 이외에 서창완(2000)은 멧돼지 서식지 모형 개발을 위해 로지스틱 회귀분석 이용하였으며, 이진영(2006)은 고고유적입지의 예측모델을 개발하는데 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 그리고 이사로 등(2009), 오현주(2010)는 광물의 부존 가능성을 김용성(2010)은 지하수 산출 가능 예측 모델을 개발하는데 로지스틱 회귀분석을 이용하였다.

로지스틱 회귀분석은 로지스틱 회귀분석은 회귀분석에 기반하여 종속변수가 존재의 유무와 같이 단지 2개의 값만을 가지는 종속변수일 때, 종속변수와 독립변수들 사이의 인과관계를 설명하는 통계 기법이다(이환길 · 김기홍, 2012; 김세준 등, 2014). 종속변수가 이항형 변수일 때 종속변수와 독립변수들 사이의 관계를 독립변수들을 이용하여 종속변수를 예측 · 추정하는 확률기반의 개념을 이용한다. 이러한 로지스틱 회귀분석의 장점이자 특징은 이산형, 등급형, 명목형, 연속형과 같은 자료의 유형과 상관없이 분석에 이용할 수 있는 장점이 있으며, 이러한 독립변수 들를 기반으로 사건이 일어날 확률을 직접적으로 추정할 수 있다. 특히 로지스틱 회귀분석은 이분형 종속변수와 독립변수들 사이에 비선형 관계를 규명하기 때문에 독립변수의 정규분포에 대한 가정이 요구 되지 않는다. 따라서 본 연구의 자연환경성 평가에 활용되는 자료의 값들이 정규분포 한다는 가정이 불명확할 때, 정규분포의 유무와 상관없이 평가를 수행할 수 있는 장점이 있다.

로지스틱 회귀분석을 통한 북한지역의 자연환경성 평가를 위해 그림 3과 같이 각각의 공간정보의 래스터 정보를 추출할 수 있도록 공간정보들의 표준화 작업을 수행하며, 종속변수로 선정할 자연환경성 우수지역의 대표지역을 선정하여 표준화 작업을 수행하였다. 이러한 평가항목 및 자연환경성 우수지역 전체에 대해 로지스틱 회귀분석을 수행하기 위해 샘플링 작업을 통해 해당 위치의 속성 값들을 추출한다. 이렇게 추출한 속성 값들을 이용하여 각 평가항목 별 독립성 유무를 확인하며, 평가항목 별 독립성이 확인된 평가항목들과 자연환경성 우수지역을 가지고 로지스틱 회귀분석을 통해 자연환경성 우수지역 확률지도를 구축한다. 그리고 구축된 확률지도의 ROC 분석 및 국토환경성 평가지도를 통해 정확도를 검증하도록 했다.

로지스틱 회귀분석을 위해서는 자연환경 우수지역으로 대표할 수 있는 종속변수로 평가에 활용할 자연환경 우수지역을 선정해야 한다. 자연환경성 관련 국내 선행연구에서 살펴보았듯이 다양한 평가항목들을 이용하고 있으나 국토환경성 평가지도(환경부, 2015), 국립공원 신규지정(국립공원관리공단 · 환경부, 2015) 등 다양한 환경성 평가에서 임상도와 생

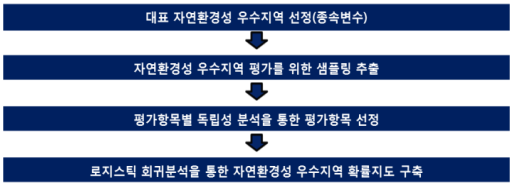


그림 3. 자연환경 우수지역 평가를 위한 연구 흐름도

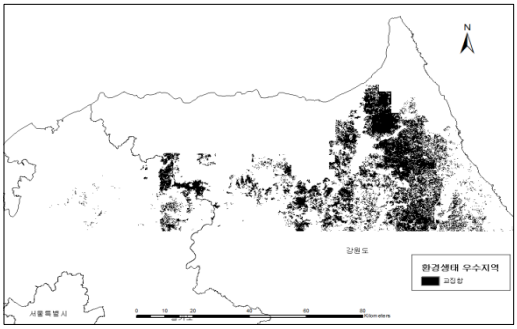


그림 4. 자연환경 우수지역 평가를 위한 수집 및 구축 자료

[Provider:rearticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

태자연도의 식생보전등급은 자연환경성평가에 이용되는 중요한 평가항목이라 할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 그림 4와 같이 생태자연도의 식생보전등급 1, 2등급과 임상도의 5영급 이상의 지역을 중첩하여 대표 자연환경성 우수지역으로 선정하고, 로지스틱 회귀분석에 이용하였다.

평가를 수행하기에 앞서 실험대상 지역을 10미터 래스터로 구축 및 변환된 모든 평가항목들 모든 지점을 실험에 이용할 수 없기 때문에 샘플링 추출을 통해 실험을 진행하였다. 이를 위해 본 연구에서는 가로 세로 150미터 단위로 샘플링하여 해당 래스터의 속성 값을 추출하여 분석에 이용하였다. 그리고 북한지역 및 DMZ 일원에는 임상도와 생태자연도가 구축되어 있지 않기 때문에 해당지역 또한 샘플링 추출에서 제외하여 분석에서 발생할 수 있는 오류를 최대한 줄이고자 하였다. 이렇게 추출된 전체 샘플 지점은 전체 248,987개 지점을 선정하였다. 본 연구에서는 종속변수로 이용할 대표 자연환경성 우수지역으로 식생보전등급 1, 2 등급과 임상도 5영급 이상 지역의 교집합 지역에 해당하는 샘플지점은 19,453 지점이 해당되었으며, 자연환경성 우수지역에 해당되는 샘플수와 마찬가지로 자연환경성우 우수하지 않은 지역들 또한 자연환경성 우수지역의 샘플수와 비슷하게 샘플링하여 로지스틱 회귀분석에 이용하기 위해 자연환경성 우수지역을 제외한 나머지 지역 중 샘플지역 20,464 지점을 임의 선정하여 전체 39,917 지점을 전체 실험대상으로 선정하여 실험에 이용하였다. 이렇게 샘플링된 지역 중 임의로 추출된 70% 지점은 로지스틱 회귀분석에 활용하였으며, 나머지 30% 지점은 ROC를 이용한 정확도 검증에 이용하였다.

본 연구에서는 평가항목 별 독립성 분석을 수행하기 위해 다중공성선 분석을 수행하였다. Myneni and Williams(1994), Roujean and Breon(1995), Gao(1996), Gitelson *et al.*(2002)의 연구를 살펴보면 NDVI, GNDVI, VARI이 특성이 비슷함을 볼 수 있었으며, FAPAR과 DVI, RDVI, NDVI가 유사한 특성을 지니고 있으며, DVI, RDVI, VDVI 또한 유사한 특성을 가지고 있을 것이라 추론할 수 있다.로지스틱 회귀분석을 수행할 때 독립변수들 간 다중공성선이 존재하면 통계적 유의도가 감소하게 된다(김세준 등, 2014). 따라서 이러한 식생지수들을 이용하여 로지스틱 회귀분석을 수행하기 앞서 독립성 평가를 수행할 필요가 있다. 다중공선성을 확인하는데는 공차한계가 0.1보다 작고, 분산팽창계수가 10보다 크면 다중공선성이 존재한다고 판단하며, 분산팽창계수와 공차한계는 역수관계이다(노경섭, 2014). 자연환경 우수지역과 평가항목 전체에 대하여 샘플링 추출한 속성 값들을 이용하여 다중공선성 확인 과정을 수행하였으며, 이를 위해 SPSS 20.0에서 제공하는 선형회귀분석의 다중공선성 평가를 이용하여 독립성 평가를 수행하였다. 공차가 0.1보다 작고 항목들 중 가장 작거나 분산팽창계수가 10보다 크고 항목들 중 가장 큰 항목을 제외하고 남은 항목득의 공차가 0.1보다 작고, 분산팽창계수가 10보다 작을 때까지 수행하였다.

이렇게 독립성평가를 수행한 평가항목들을 이용하여 로지스틱 회귀분석을 수행하였으며, 로지스틱 회귀분석 결과 유의확률이 0.05보다 큰 평가항목은 평가에서 제외하고 분석을 다시 수행하여 모든 평가항목의 유의확률이 0.05보다 작은 평가항목만 남을 때까지 반복적으로 로지스틱 회귀분석을 수행하였다.

그리고 도출된 자연환경성 우수지역 확률지도의 검증을 위해 본 연구에서는 우선 샘플링한 전체 샘플지점에서 70%는 로지스틱회귀분석에 이용하였으며, 30%는 정확도 검증에 이용하였다. 이를 위해 로지스틱 회귀분석의 수행으로 도출한 자연환경성 우수지역의 확률 값과 남겨둔 30%의 종속변수 샘플을 이용하여 ROC를 계산하였다. 또한 로지스틱 회귀분석을 이용한 자연환경 우수지역 결과의 정책적 활용 가능성 검토를 위해 국토환경성평가지도와 본 연구에서 도출한 자연환경 우수지역 평가지도 결과를 비교분석하였다. 국토환경성평가지도는 65개의 환경공간정보를 공간 분석하여 국토의 환경 가치를 5개의 등급으로 나눈 주제도이다(환경부, 2015). 본 연구 결과와의 비교를 위해서는 국토환경성평가 항목 중 환경·생태적 가치에 따른 8개의 평가 항목을 중첩하여 최소지표법을 적용한 환경생태적 평가기준으로 5등급으로 구분한 지도와 본 연구에서 도출한 자연환경 우수지역 평가지도와의 결과를 연구 대상지의 남한지역을 대상으로 비교 분석을 수행하여 본 연구의 자연화경 우수지역 평가지도의 평가결과의 정확성을 검증하였다.

IV. 자연환경 우수지역 평가결과

1. 북한지역의 자연환경 우수지역 평가결과

다중공성선 수행 결과 표 4와 같이 식생지수에서 다중공선성이 없다고 판단된 인자는 전체 식생지수 중 MNDWI, FVC, VARI, TCAP_Bright, TCAP_Green, TSGI로 6개 인자였으며, 지형 항목의 표고, 경사, 향 3개 인자가 독립성 있다고 결과가 도출되었다. 그리고 산림 패치로부터 추출한 면적/둘레 비율

과 토지피복으로부터 추출한 시가화로부터의 거리, 농지로부터의 거리, 산림으로부터의 거리, 초지로부터의 거리, 수계로부터의 거리, 습지로부터의 거리가 독립성 있는 인자로 결과가 도출되었다.

로지스틱회귀분석 수행결과 표 5와 같이 식생지수에서는 FVC, TCAP_Bright, TCAP_Green, TSGI, VARI이 분석에 이용되었으며, 표고, 경사, 향이 분석에 활용되었으며, 서식처로부터의 거리로 이용된 산림과 초지, 수계로부터의 거리가 평가에 이용되었으며, 위협요인으로 분류한 농지로부터의 거리가 평가에 이용되었다.

표 4. 종속변수 교집합의 다중공성선 수행 결과

모형	비표준화 계수		표준화계수	t	유의확률	공선성 통계량	
	B	표준오차	베타			공차	VIF
(상수)	.160	.033	-	4.896	.000	-	-
MNDWI	.061	.020	.015	3.046	.002	.546	1.830
FVC	-.376	.060	-.064	-6.273	.000	.135	7.417
VARI	-.023	.007	-.017	-3.482	.000	.551	1.814
TCAP_Bright	-.894	.235	-.028	-3.808	.000	.262	3.817
TCAP_Green	.814	.106	.087	7.694	.000	.109	9.195
TSGI	.044	.069	.006	.643	.520	.146	6.857
DEM	.001	.000	.655	109.084	0.000	.385	2.595
SLOPE	.001	.000	.037	8.598	.000	.731	1.367
ASPECT	-6.960E-05	.000	-.015	-3.919	.000	.913	1.095
면적/둘레 비율	.177	.093	.007	1.903	.057	.938	1.066
시가화로부터의 거리	1.421E-05	.000	.024	3.380	.001	.265	3.776
농지로부터의 거리	-4.231E-05	.000	-.045	-6.185	.000	.262	3.823
산림으로부터의 거리	.000	.000	-.011	-2.020	.043	.486	2.056
초지로부터의 거리	.000	.000	.090	14.791	.000	.374	2.677
수계로부터의 거리	1.783E-05	.000	.071	13.574	.000	.505	1.982
습지로부터의 거리	-1.841E-06	.000	-.050	-12.667	.000	.883	1.132

표 5. 종속변수 교집합의 로지스틱회귀분석 수행 결과

	B	S.E,	Wals	자유도	유의 확률	Exp(B)	EXP(B)에 대한 95% 신뢰구간	
							하한	상한
FVC	-2.237	.941	5.645	1	.018	.107	.017	.676
TCAP_Bright	-45.344	4.455	103.611	1	.000	.000	.000	.000
TCAP_Green	13.694	1.638	69.900	1	.000	885494.587	35727.500	21946698.164
TSGI	8.895	1.071	69.019	1	.000	7293.631	894.544	59468.354
DEM	.008	.000	3056.718	1	0.000	1.008	1.008	1.009
SLOPE	.017	.002	84.374	1	.000	1.017	1.014	1.021
ASPECT	-.001	.000	30.715	1	.000	.999	.998	.999
농지로부터의 거리	-.001	.000	129.829	1	.000	.999	.999	.999
산림으로부터의 거리	-.034	.006	33.729	1	.000	.966	.955	.977
초지로부터의 거리	.002	.000	320.040	1	.000	1.002	1.002	1.002
수계로부터의 거리	.000	.000	97.319	1	.000	1.000	1.000	1.000
습지로부터의 거리	.000	.000	110.248	1	.000	1.000	1.000	1.000
상수항	.081	.521	.024	1	.876	1.085	-	-

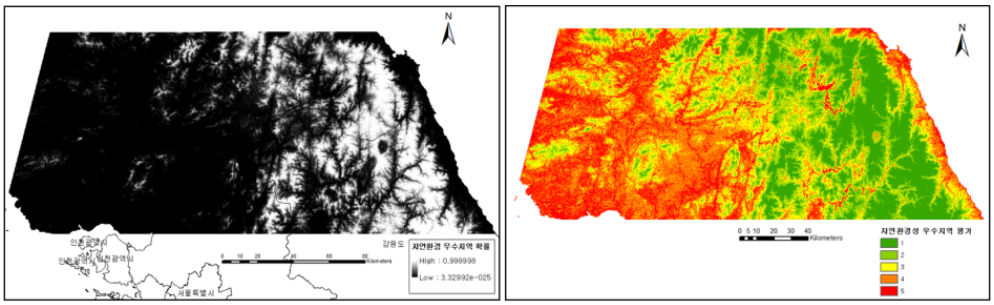
표 6. 종속변수 교집합의 로지스틱회귀분석 수행 결과 적합성모형 분류 정화도

	예측		정확도 (%)
	자연환경 비 우수지역	자연환경 우수지역	
자연환경 비 우수지역	12,230	1,430	89.5
자연환경 우수지역	1,398	11,554	89.2
전체 퍼센트	-	-	89.4

[Provider:earticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

표 7. 종속변수 교집합의 로지스틱회귀분석 수행 결과 변수별 계수

변수		계수	변수		계수
FVC	a1	-2.2365340026742	농지로부터의 거리	a8	-0.000836553109151972
TCAP_Bright	a2	-45.3437540905341	산림으로부터의 거리	a9	-0.0344830224273488
TCAP_Green	a3	13.6939016236162	초지로부터의 거리	a10	0.00211456239655988
TSGI	a4	8.89475681964015	수계로부터의 거리	a11	0.000153619995709383
DEM	a5	0.00831646622832917	습지로부터의 거리	a12	-0.000024554185129624 9
SLOPE	a6	0.017201526467628	상수항	c	0.0811790553864384
ASPECT	a7	-0.0011891616164239	-	-	-



자연환경성 우수지역 확률지도　　자연환경성 우수지역 평가지도

그림 5. 자연환경 우수지역 평가지도

이렇게 선정된 평가항목을 이용한 로지스틱회귀분석의 적합성모형은 표 6과 같이 89.4%의 분류정확도가 나타났다.

이러한 과정을 거친 최종적으로 선정된 모형은 다음과 같으며, 해당 변수 별 계수는 표 7과 같다.

logit = FVC * (a1) + TCAP_Bright * (a2) + TCap_Green * (a3) + TSGI * (a4) + DEM * (a5) + SLOPE * (a6) + ASPECT * (a7) + 농지로부터의 거리 * (a8) + 산림으로부터의 거리 * (a9) + 초지로부터의 거리 * (a10) + 수계로부터의 거리 * (a11) + 습지로부터의 거리 * (a12) + c

이렇게 도출된 로짓(logit)을 이용하여 아래에 식에 대입하여 자연환경성 우수지역 확률지도를 작성했다.

자연환경성 우수지역 확률 = exp(logit) / (1+exp(logit))

그림 5와 같이 실험 대상 지역의 자연환경성 확률지도의 결과를 살펴보면 종속변수로 지정한 항목이 임상도의 5영급 이상 지역과 식생보전등급 1, 2 등급을 대상으로 추출하여 평가에 활용하였기 때문에 자연환경성 우수지역 결과 또한 산림위주의 식생이 우수한 백두대간 지역을 중심으로 자연환경성 우수지역의 확률이 높게 나타났으며, 상대적으로 산림이 적

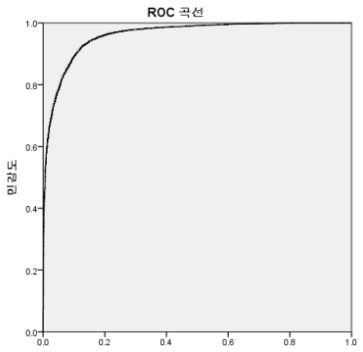


그림 6. 종속변수 교집합의 ROC

은 서쪽 일대는 자연환경성 우수지역의 확률이 적게 나타났다. 그리고 확률 상위부터 20%씩 나누어 1등급부터 5등급까지 자연환경성 우수지역 평가지도를 작성하였다.

2. 검증방안

ROC 분석 결과 그림 6과 같이 종속변수의 교집합은 자연환경성 우수지역 상위 20% 지역에 90% 이상의 종속변수 샘플이 포함될 정도로 우수한 정확도를 나타냈으며, 전체 종속변수의 96.1%의 종속변수를 본 연구에서 제시한 교집합 모형을 가지고 설명할 수 있었다.

[Provider:earticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

표 8. 자연환경 우수평가 결과와 국토환경성평가지도의 비교 분석

단위: km^2

	상위 20%	상위 20-40%	상위 40-60%	상위 60-80%	상위 80-100%	총 합계
1등급	2,422.5 (42.7%)	1,514.4 (26.1%)	941.6 (16.2%)	679.6 (11.7%)	246.8 (4.3%)	5,804.9 (100%)
2등급	159.0 (7.9%)	427.4 (21.2%)	556.0 (27.5%)	664.2 (32.9%)	213.8 (10.6%)	2,020.4 (100%)
3등급	25.8 (8.9%)	72.7 (25.2%)	81.3 (28.1%)	71.4 (24.7%)	37.8 (13.1%)	289.0 (100%)
4등급	8.7 (2.3%)	26.3 (6.8%)	72.7 (18.9%)	171.2 (44.5%)	106.1 (27.6%)	385.0 (100%)
5등급	6.2 (1.1%)	26.1 (4.8%)	81.2 (15.0%)	210.2 (38.9%)	217.0 (40.1%)	540.8 (100%)
합계	2,622.2 (100%)	2,066.9 (100%)	1,732.8 (100%)	1,796.6 (100%)	821.5 (100%)	540.8 (100%)

로지스틱 회귀분석을 통해 자연환경 우수지역 평가지도 결과와 국토환경성평가지도의 환경생태적 평가결과와 비교분석 결과 국토환경성평가지도 환경생태적 1등급 지역은 표 8과 같이 본 연구에서 제시한 로지스틱 모형을 이용한 자연환경성 우수지역 평가 결과의 상위 60% 지역에 84%를 차지하고 있었다. 이는 본 연구의 실험대상 지역 중 남한 지역은 64% 지역이 환경생태적 1등급 지역으로 지정될 정도로 환경생태적으로 우수한 지역이기 때문에 상위 60%라 할지라도 환경생태적으로 1등급을 받을 수 있는 자연환경 우수지역이다. 그리고 로지스틱 모형을 이용한 자연환경성 우수지역 평가 결과 상위 20%지역은 전체 2,622.2㎢에서 2,422.5㎢를 차지하여 92.4%를 설명하고 있다. 이러한 결과는 남한의 국토환경성평가지도와 비교하였을 때 충분히 북한지역의 자연환경성 우수지역 평가에 활용가능 할 것이라고 판단된다.

3. 정책적 활용 방안

통일이후 급격한 국토개발로 인한 자연환경 핵심 지역의 파괴를 미연에 방지하고 균형 있는 국토의 보전 및 관리를 위해서는 국토계획과 연계할 수 있는 환경정보 기반의 환경계획의 수립은 필수적이다. 따라서 이러한 환경계획 수립에 지원 할 수 있는 자연환경 우수지역 평가지도의 결과를 이용할 수 있다. 본 연구에서 제시한 자연환경성 우수지역 평가 결과를 통해 환경생태적 우수지역을 선정하고, 이에 대한 북한의 국토환경관리 방안을 제시하고자 하였다.

실험 대상지역 중 남한지역은 강원도를 중심으로 백두대간과 설악산 국립공원 등 자연환경이 우수한 지역들이 밀집해 있는 지역으로써, 국토환경성평가지도의 환경생태적평가 1등급 지역이 64%를 차지하고 있는 우리나라 대표 자연환경 우수지역이다. 본 연구에서 도출한 실험지역의 자연환경성 우수지역 확률지도에서 상위 60% 지역이 국토환경성평가지도의 환경생태적 평가 결과 1등급 지역과 85%이상 중첩되고 있어 실험지역의 자연환경성 우수지역 확률지도 상위 60%를 자연환경 우수지역으로 선정하고자 한다.

상위 60%지역을 기준으로 했지만 북한지역만을 살펴보면 산림의 황폐화로 인해 상위 60%에 해당되는 지역은 표 9와 같

표 9. 전체 실험대상 지역 중 북한 지역의 자연환경성 우수지역 등급 별 비율 단위: km^2

변수	면적 (비율)
상위 20%	1,945.85 (11.77%)
상위 40%	2,532.21 (15.31%)
상위 60%	3,378.26 (20.43%)
상위 80%	5,447.62 (32.94%)
상위 100%	3,231.68 (19.54%)
합계	16,535.52 (100.00%)

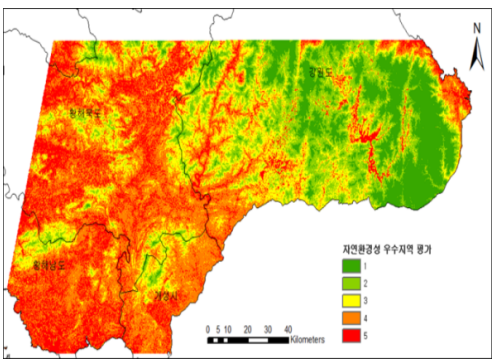


그림 7. 북한지역 자연환경 우수지역 평가지도

[Provider:eartricle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

[Provider:rearticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

이 실험지역 중 북한지역의 47.5%지역에 해당되었으며 특히 상위 20%지역은 대상 지역에서 11.77%를 차지하고 있었으며, 상위 40%지역 또한 15.31%로 기준 면적보다 부족했다.

따라서 그림 7의 자연환경 우수지역 평가지도에서 상위 40%까지의 1, 2등급 지역은 자연환경 우수 핵심지역으로 지정하여, 우선적 환경보전지역으로 설정하고, 생태적 연결성을 고려하여 단절을 방지하는 할 수 있도록 환경계획 및 국토계획에 이용해야 할 것이며, 상위 60%까지의 3등급 지역은 완충 자연환경성 우수지역으로 지정하여 추후 단계적으로 핵심 자연환경성 우수지역으로 확장할 수 있도록 정책을 설정하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이러한 자연환경 우수지역 평가지도의 결과는 향후 통일을 대비 각종 개발 목적의 계획을 수립하거나 개발을 검토 시 이용가능 할 것이며, 사전환경성 검토와 같은 초기 개발 관련 계획 수립 시 입지의 타당성 및 환경보전방안 마련의 계획 수립에 활용할 수 있을 것이라 판단된다.

V. 결론

향후 통일을 대비하여 친환경 국토계획 수립을 위한 환경계획 수립 지원을 위한 환경공간정보가 필수적이나 접근 불가한 북한의 특성상 환경계획 수립에 이용할 수 있는 환경공간정보는 지극히 제한적이다. 특히 북한 국토의 자연환경성 평가와 관련된 환경공간정보는 국토의 환경계획 수립에 반드시 필요한 자료이나 현재까지 구축되어 있지 않다.

이에 본 연구에서는 원격탐사 기법을 이용한 평가항목들의 구축과 수집된 자료들을 이용하여 북한지역의 자연환경 우수지역 평가지도의 구축 방법을 제시했다. 이를 위해 자연환경 평가와 관련된 선행연구들을 리뷰하여 활용된 평가항목들을 살펴보았으며, 원격탐사 기법을 이용한 식생지수 정보들도 살펴보았다. 이러한 평가항목들 중 북한지역에 적용할 수 있는 평가항목들을 선정하여 로지스틱 회귀분석을 이용하여 북한지역의 자연환경 우수지역 평가지도를 구축하였다. 구축결과의 로지스틱회귀분석 적합성모형은 89.4%의 분류정확도가 나타났으며, 검증결과 샘플링을 통한 ROC 분석은 정확도가 96.1%로 높은 수치를 나타냈으며, 국가환경지도의 환경생태적 평가결과와의 비교는 상위 60% 지역에 국토환경성평가지도 1등급 지역이 84%를 차지하고, 상위 20% 지역에 1등급 지역이 전체 2,622.2㎢에서 2,422.5㎢를 차지하고 있어 92.4%의 정확도를 나타내었다. 이러한 검증결과는 북한 지역의 자연환경 우수지역 평가지도 구축에 활용 가능할 것이라 판단된다. 또한 이렇게 구축된 자연환경 우수지역 평가지도는 상위 40% 지역은 핵심 자연환경 우수지역으로 보전 중심의 계획에 이용하며, 상위 60%까지 지역은 완충 자연환경 우수지역으로 향후 이 지역들은 핵심 자연환경 우수지역으로 확장할 수 있도록 계획 설정하는 것이 타당하다 판단된다.

향후 센티널-2 영상이 북한지역에 추가적으로 촬영된다면 본 연구에서 수행된 자연환경 우수지역을 종속변수로 설정하고 북한지역에 대해 확대 분석이 가능할 것으로 판단되며, 향후 북한지역의 중분류 토지피복지도의 구축과 임상도의 구축이 진행될 시 더 정확한 자연환경 우수지역 평가지도의 구축이 가능할 것으로 판단되며, 이러한 자연환경 우수지역 평가지도는 북한지역의 환경계획 및 국토계획에 큰 기여를 할 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

국립공원관리공단·환경부, 2015,「국립공원 신규지정 기본정책방향 정립」.

김상욱·정종철, 2002, “식생지수를 이용한 DMZ 의 생태적 영향권 조사,” 한국지리정보학회지, 5(4), 24-34.

김세준·이종출·김진수·노태호, 2014, “항공 LiDAR 와 수치지도를 이용한 산사태 취약성 비교 분석,” 한국측량학회지, 32(4-1), 281-292.

김용성, 2010, “확률기법에 근거한 지하수산출가능성 예측모델 개발,” 경북대학교 박사학위논문.

김한수, 2012, “경관생태학적 접근을 통한 비오톱 유형화 및 개별비오톱 평가방법에 관한 연구,” 동국대학교 박사학위논문.

노경섭, 2014,「제대로 알고 쓰는 논문 통계분석」, 한빛아카데미.

변지선·이병걸·문서정, 2015, “영상자료의 식생지수를 이용한 제주 북동부 지역의 풍력자원지도 작성에 관한 연구,” 한국지형공간정보학회지, 23(1), 15-22.

서창완, 2000, “GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형개발,” 서울대학교 박사학위논문.

오현주, 2010, “지공간 상관관계 통합기법을 이용한 지질현상 예측모델 개발 및 응용,” 연세대학교 박사학위 논문.

이동근·전성우·이상문, 2004, “토지환경성평가의 이론 및 기준·지도작성에 관한 연구,” 한국환경복원녹화기술학

[Provider:rearticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

회지, 7(1), 116-127.

이사로·이명진·원중선, 2004, "GIS 및 원격탐사를 이용한 2002년 강릉지역 태풍 루사로 인한 산사태 연구II: 확률기법을 이용한 강릉지역 산사태 취약성도 작성 및 교차 검증," 자원환경지질, 37(5), 521-532.

이사로·이명진·원중선, 2005, "인공신경망 및 GIS를 이용한 강릉지역 산사태 발생 요인의 가중치 분석," 지질학회지, 41(1), 101-111.

이사로·이성순·한종규·연영광·황재홍·이홍진·현혜자·오현주·박인혜·박노욱, 2009, 「GIS 기반 국토지질정보시스템 실용화 기술 개발」, 한국지질자원연구원.

이상범, 2007, 「생태축 분석을 위한 경관생태학적 방법론 연구」, 한국정책·평가연구원.

이정빈·허준·손홍규, 2008, "Landsat TM 영상을 이용한 교목연령 추정에 영향을 주는 영상 밴드 및 식생지수에 관한 연구," 대한원격탐사학회지, 24(6), 583-590.

이진영, 2006, "GIS 를 이용한 남한의 고고유적 입지예측모델 연구," 충남대학교 대학원 박사학위논문.

이환길·김기홍, 2012, "로지스틱 회귀분석을 이용한 인제군 산사태지역의 위험도 평가," 한국측량학회지, 30, 313-321.

임태근, 2010, "GIS를 활용한 지반침하 영향인자에 관한 연구," 전남대학교 박사학위논문.

정재준·이수현, 2010, "국토 모니터링을 위한 지표설정과 방법론 개발에 관한 연구," 한국지도학회지, 10(1), 65-74.

정휘철·윤정호·이명진·김근한·장래익·강병진·김남기·변형균·나성제, 2015, 「북한 환경정보 구축 및 활용 방안 연구 1 : 토지피복지도 구축을 중심으로」, 한국환경정책·평가연구원.

정휘철·윤정호·김근한·이은정·강병진, 2016, 「북한 환경정보 구축 및 활용 방안 연구 2: 원격탐사를 이용한 자연환경성 우수지역 평가」, 한국환경정책·평가연구원.

홍석환·한봉호, 2009, "소유역권 동물생태계 평가를 통한 택지개발지역의 종합적 생태계 평가연구," 국토계획, 44(7), 201-213.

환경부, 2001, 「토지의 환경성 평가기준에 관한 연구」.

환경부. 2015, 「2015년 국가환경지도 구축·운영 사업」.

Cui, G.·이우균·Zhu, W·이종열·곽한빈·최성호·곽두안·박태진, 2012, "IKONOS 위성영상을 이용한 중국 장백산 일대의 식생분류 및 바이오매스 추정," 한국임학회지, 101(3), 356-364.

Dai, F.C., Lee, C.F., and Zhang, X.H., 2001, GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study, *Engineering Eeology*, 61(4), 257-271.

Gao, B.C., 1996, NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257-266.

Gitelson, A.A., Kaufman,Y.J., Stark, R., and Rundquist, D., 2002,. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction, *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 76-87.

Gu, Y., Hunt, E., Wardlow, B., Basara, J.B., Brown, J.F., and Verdin, J.P., 2008, Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data, *Geophysical Research Letters*, 35(22).

Heggem, D.T., Edmonds, C.M., Neale, A.C., Bice, L., and Jones, K.B., 2000, A landscape ecology assessment of the Tensas River Basin. in monitoring ecological condition in the western united states, *Monitoring Ecological Condition in the Western United States*, 41-54.

Hong, W., Jiangb, R., Yang C., Zhang F., Su Mo., and Liao, Q., 2016, Establishing an ecological vulnerability assessment indicator system for spatial recognition and management of ecologically vulnerable areas in highly urbanized regions: A case study of Shenzhen, China, *Ecological Indicators*, 69, 540-547.

Imam, E. and Kushwaha, S.P.S., 2013, Habitat suitability modelling for Gaur (Bos gaurus) using multiple logistic regression, remote sensing and GIS, *Journal of Applied Animal Research*, 41(2), 189-199.

Jaramaz, D., Perović, V., Belanović, S., Saljnikov E., Čakmak D., Mrvić, V., and Životić L., 2013 The esa sentinel-2 mission vegetation variables for remote sensing of plant monitoring, *Proceedings, 2nd International Scientific Conference*, Macedonia, 955.

Lamchin, M., Lee, J., Lee, W., Lee, E., Kim, M., Lim, C., Choi, H., and Kim S., 2015, Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia, *Advances in Space Research*, 57(1), 64-77.

[Provider:rearticle] Download by IP 210.125.184.XXX at April 18, 2017 4:26 PM

Li, Z.W., Zeng G., Zhang, H., Yang, B., and Jiao, S., 2007, The integrated eco-environment assessment of the red soil hilly region based on GIS-a case study in Changsha City, China, *Ecological Modelling*, 202(3), 540-546.

Lu, C.Y., Gu, W., Dai A.H., and Wei H,Y., 2012, Assessing habitat suitability based on geographic information system (GIS) and fuzzy: A case study of Schisandra sphenanthera Rehd. et Wils. in Qinling Mountains, China, *Ecological Modelling*, 242, 105-115.

Myneni, R.B. and Williams, D.L., 1994, On the relationship between FAPAR and NDVI, *Remote Sensing of Environment*, 49(3), 200-211.

Nandy, S., Singh, C., Das, K.K., Kingma, N.C., and Kushwaha, S.P.S., 2015, Environmental vulnerability assessment of eco-development zone of Great Himalayan National Park, Himachal Pradesh, India, *Ecological Indicators*, 57, 182-195.

Payero, J.O., Neale, C.M.U., and Wrigh, J.L., 2004, Comparison of eleven vegetation indices for estimating plant height of alfalfa and grass, *Applied Engineering in Agriculture*, 20(3), 385-393.

Riedler, B., Pernkopf, L., Strasser T., Lang S., and Smith G., 2015, A composite indicator for assessing habitat quality of riparian forests derived from Earth observation data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 37, 114-123.

Roujean, J.L. and Breon, F.M., 1995, Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements, *Remote Sensing of Environment*, 51(3), 375-384.

Schneider, P., Roberts, D.A., and Kyriakidis P., 2008, A VARI-based relative greenness from MODIS data for computing the Fire Potential Index, *Remote Sensing of Environment*, 112(3), 1151-1167.

Shimamura, Y., Izumi, T., and Matsuyama, H., 2006, Evaluation of a useful method to identify snow-covered areas under vegetation-comparisons among a newly proposed snow index, normalized difference snow index, and visible reflectance, *International Journal of Remote Sensing*, 27(21), 4867-4884.

Tian, Y., Jim C.Y., and Wang, H., 2014, Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city, *Landscape and Urban Planning*, 121, 97-108.

Wang, K., Franklin, S.E., Guo, X., and Cattet M., 2010, Remote sensing of ecology, biodiversity and conservation: A review from the perspective of remote sensing specialists, *Sensors*, 10(11), 9647-9667.

Zeng, C., Deng, X., Xu, S., Wang Y., and Cui J., 2016, An integrated approach for assessing the urban ecosystem health of megacities in China, *Cities*, 53, 110-119.

Zhang, J., Zhu, Y., and Fan, F., 2016, Mapping and evaluation of landscape ecological status using geographic indices extracted from remote sensing imagery of the Pearl River Delta, China, between 1998 and 2008, *Environmental Earth Sciences*, 75(4), 1-16.

교신: 전철민, 02504, 서울특별시 동대문구 서울시립대로 163, 공간정보공학과 (이메일: cmjun@uos.ac.kr)

Correspondence: Chulmin Jun, Department of Geoinformatics, University of Seoul, 163 Seoulsirip-daero, Dongdaemun-gu, Seoul 02504, Republic of Korea, Korea (Email: cmjun@uos.ac.kr)

투 고 일: 2016년 11월 28일
심사완료일: 2016년 12월 13일
투고확정일: 2016년 12월 14일