

금북정맥 주변 산림조각의 경관생태학적 해석

장갑수

충남발전연구원 환경생태연구팀

Delineating Forest Patches around the Geumbuk Mountains from a Landscape Ecological Perspective

Jang, Gab-Sue

Environmental and Ecological Research Team, Chungnam Development Institute

ABSTRACT

The objective of this study was to delineate forest patches in the cities around the Geum-buk mountains at the north of the Geum River using multiplesatellite remote sensing data. Landsat visible and near-infrared satellite images obtained at multiple dates in the growing season were used to create a forest distribution map. Fragstats 3.3 was used to get the landscape indices delineating the distribution of forest patches. Additional ground truth data was used to assess the accuracy of the classification. Factor analysis was used to get the 26 landscape indices clustered into 4 factors. Factor I was labeled as 'size of forest patches', factor II as 'fragmentation of forest patches', factor III as 'shape of forest patches', and factor IV as 'complexity of forest patches'. Factor I described large patches and their core area, while others did small patches and their shape and complexity. Cities including Cheonan, Gongju, Cheongyang, and Boryeong near the main ridge of the Geumbuk Mtns. had a small number of large-sized forest patches. However, cities including Taean, Seosan, Dangjin, Hongseong near the ridge of the western Geumbuk Mtns. had a large number of small-sized forest patches. Finally, this study showed that the region near the coast line in Chung-nam province has various types of forest patches having an irregular forest edge due to the elevation and slope lower than the one of the region far from the coast line which is near the ridge of the Geum-buk Mountains. Remote sensing data were useful to understand the distribution of forest patches, and landscape indices could be keys to delineate the relationship between forest patches. And the factor analysis, which simplified 26 landscape indices into 4 landscape patterns allowed us to understand the distribution and relationship of forest patches in an easy way.

Key Words: Remote Sensing, Forest Patch, Factor Analysis, Ecological Network

1. 서론

자연지배사상 아래에서의 인류역사는 인간활동이 공간적으로 확대되는 역사였다고 할 수 있다. 프론티어 사상에서도 나

타나듯이 인류는 끊임없이 활동영역을 확대해 왔고, 이로 인해 인간의 자연이용은 엔트로피(entropy)를 무한히 증대시켜 생태계의 동적 균형을 깨뜨리게 되었으며, 인간에 의한 생태계의 급격한 변화는 인간의 적응능력 한계를 넘어 인간의 생존까지

Corresponding author: Gab-Sue Jang, Environmental and Ecological Research Team, Chungnam Development Institute, Tel.: +82-42-820-1182, E-mail: janggs@cdi.re.kr

도 위협하기에 이르렀다. 종다양성을 유지하기 위해 서식지의 원형이 보존되어야 함에도 불구하고 지속적으로 증가하는 국토의 개발 수요는 한반도 야생동·식물의 서식공간을 축소하는 결과를 초래하였다¹⁾. 특히 백두대간과 같은 생태·경관이 우수한 지역에서도 도로, 석산개발, 관광지 등과 같은 개발사업이 진행되고 있고, 대규모 매립사업과 서해안을 성장중심축으로 설정하여 개발계획이 계속 수립되고 있는 바, 생태계 훼손·단절과 자연경관 훼손, 생물다양성 감소, 해양과 갯벌에 미치는 영향 등이 크게 증가될 전망이다(환경부, 2005). 최근 들어 지구의 유한성이 현실적인 문제로 인식되면서 인간의 정주나 활동장소를 계획함에 있어 인간과 야생동식물이 공생할 수 있는 환경조성을 위한 관심이 집중되고 있다. 호소, 습지, 하천, 갯벌 등 수공간과 산림생태계는 생물이 서식하는 주요 공간으로 알려져 있고 이를 활용하여 인간과 자연이 공존할 수 있도록 환경계획을 수립하는 기조가 형성되고 있다. 그 중에서도 산림생태계는 생물의 주요 서식공간으로서 인간과 자연이 공생하기 위해 우선적으로 관리되어야 할 생태자원이며, 특히 육상동물의 서식과 이동을 위해서는 산림조각 간의 크기와 수, 형태, 분산, 집적도 등의 경관생태학적 구조를 고려하여 그 기반환경을 정비해야 할 필수불가결한 공간으로 인식되고 있다(장갑수, 2006).

산림생태계에 대한 경관생태학적인 조명은 우리나라에서도 여러 관점에서 연구된 바 있다. 성현찬(1996), 강현경 등(1996)은 산림을 네트워크의 핵심요소로 정하고 이를 생태적으로 연결하기 위한 방법론에 대하여 연구한 바 있고, 나정화(1999)는 도시내 비오톱 유형을 분류하면서 유형의 분류 및 평가 지표들 중 가장 중요한 요소 중의 하나로 녹지 면적을 제시하였다. 한편, 전성우 등(2003)은 한반도의 국토생태축인 백두대간의 보호를 위해 훼손실태를 전수 조사한 바 있다. 상기 연구들은 현장을 전수조사하거나 다양한 주제도를 활용하여 평가함으로써 그 지향적인 관심지역 내 녹지의 생태적 연결을 달성하고자 하였다는 측면에서 그 의미가 크다. 이러한 생태네트워크 구축을 위해 과업의 우선순위를 정함에 있어 대상지의 산림현황과 단절 등 산림구조를 파악하기 위해서는 보다 신속한 대상 산림의 분석과 산림조각의 유형을 판단한 후에 후속 작업을 계획하는 것이 필요하다고 판단되는데, 광역지역 산림생태축의 보다 효율적인 관리를 위해서는 생태축 보호를 위해 사전 훼손실태조사 실시 이전에 산림생태축이 가지는 산림조각들의 규모와 수, 형태 등을 고려한 경관생태학적 산림조각 분석을 통하여 주변에 분포하는 산림조각들을 생태적으로 의미있게 묶거나 연결한다는 측면에서 그 무엇보다 중요하다고 할 수 있다. 본 연구는 국가 생태축 중의 하나인 백두대간보다는 그 규모가 작고 도시규모의 비오톱 유형화를 위해서는 선행되어야 할 과제로서 국가규모로는 국가생태축과 궤를 같이 하면서 시군에는 각

시군마다 요구되는 생태축 설정을 위한 산림조각의 위계를 제공한다는 측면에서 그 의미를 가진다고 하겠다. 따라서 지방자치단체가 광역생태축으로 활용할 수 있는 정맥(正脈, mountains)에 대하여 생태조사 혹은 훼손실태조사를 수행하기 전에 신속하게 대상 정맥 내에 형성된 산림조각의 경관생태학적 구조를 진단하여 핵심지역과 그에 따른 산림조각의 위계를 계략적으로 파악해 보고자 Landsat 영상을 활용하여 금강 북쪽의 금북정맥 주변시군에 대한 산림조각의 경관생태학적 분포현상을 분석해 보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상지

조선 영조(英祖) 때 신경준(申景濬)이 만든 것으로 추정되는 산경표(山經表)²⁾에는 백두산을 중심으로 동서남북에 뻗어나간 산맥들의 분포를 기록하고 있다. 상기 지리서에 의하면, 우리나라에는 1대간·1정간과 13정맥이 분포하는데, 국토생태축인 백두대간과 장백정간이 있고, 주요 하천 주변으로 13개의 정맥들이 능선을 이루며 분포하고 있으며, 정맥에서 분기하면서 그 길이가 100km 내외로 특수한 의미를 가지고 있는 기맥(岐脈)과 개울과 내, 천을 에워싸고 있는 지맥(支脈)들로 형성되어 있다. 우리나라 4대강 중의 하나인 금강의 유역은 백두대간과 한남금북정맥, 금북정맥, 금남호남정맥, 금남정맥, 그리고 금북기맥을 능선으로 하여 형성되었다. 그 중 금북정맥은 경기도 칠장산에서 발원하여 태안군 안흥진까지 뻗어 있는 우리나라 3대 정맥 중의 하나로서 그 길이가 272km이나, 최근 충청권에 개발여건이 성숙해지면서 산림이 단절되거나 훼손 잠재성이 지속적으로 높아지고 있는 실정이다. 이에 따라 본 연구의 대상지로 금북정맥과 금북기맥³⁾의 영향권에 있는 금강이북의 충청남도 내 시군으로 정하였고, 대상지 선정과정에서 공주시, 연기군, 부여군에서 금강 이남의 금남정맥권에 속하는 일부 지역은 연구지역에서 제외하였다(Figure 1 참조).

2. 연구방법 및 활용지수

1) 경관지수

경관의 구조적 패턴이라 함은 서로 연결되지 않고 독립적으로 분포하고 있는 조각(patch)의 크기, 모양, 가장자리의 양, 공간배치 형태, 인접 조각들과의 거리 등을 의미하는데(Forman, 1995), 삼림지역 자르기, 길 만들기과 같은 인간활동은 지형적 이질성과 자연적인 교란을 유발하여 경관의 구조를 변형시킨다. 인간의 간섭과 도시화 등 개발압력의 증가에 의한

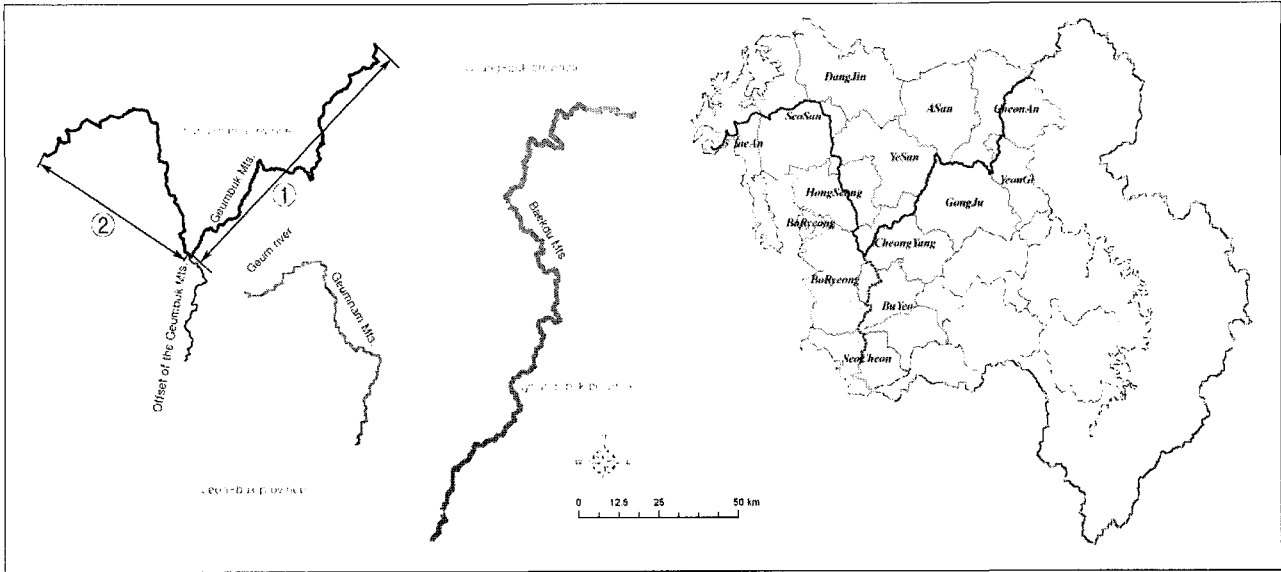


Figure 1. Study area near the Geum-buk Mountains including 13 cities in Chung-nam province
 (①: The main range of the Geumbuk Mtns., ②: The western range of the Geumbuk Mtns.)

법례: — Geumbuk Mts. ····· Offset of the Geumbuk Mts. - - - - Geum river □ Cities in a range of the Geumbuk Mts. ▨ The Geum river basin □ Cities in the Chung-nam province

파편화 현상과 환경의 변화에 따른 경관 구성요소간의 변화를 정량적으로 파악하기 위한 지표로서 활용되는 경관지수는 1950년대 후반부터 기하학적 이론을 기초로 제기된 이후 최근에는 지리정보시스템 및 원격탐사를 이용하여 광역적 차원에서 적용이 가능해졌다. 특히 경관분석용 소프트웨어(FRAG-STATS)의 개발로 복잡한 계산식으로 구성된 경관지수를 자동적으로 계산할 수 있게 되었다(McGarigal and Marks, 1995). 본 연구에서는 금북정맥 주변의 산림조각의 수, 크기, 조각간의 거리, 조각 내 가장자리의 면적 등 산림조각들이 생성되어 조각 내외부의 직간접적 영향에 의해 만들어진 현재의 산림조각들이 가지고 있는 경관생태학적 특성을 비교하기 위하여 그 판단지표로서 경관지수를 활용하였는데, 분석에 활용된 경관지수로는 조각의 수(NP), 클래스 면적(CA), 경관 비율(PLAND), 최대 조각지수(LPI), 조각밀도(PD), 총 가장자리 길이(TE), 가장자리 밀도(ED), 경관형태지수(LSI), 그리고 산재 및 병렬 지수(LJI) 등 산림조각 내의 경관구조적 특성과 조각간의 관계성을 설명하는 26개 지수를 활용하였다.

2) 경관지수를 활용한 금북정맥 주변 산림조각의 경관생태학적 분석방법

본 연구에서 금북정맥 주변시군 산림조각의 분포와 경관생태학적 특성을 규명하고자 1994년과 2004년의 랜드샷(Landsat) 영상을 활용하여 기하보정(geometric correction), 무감독분류(unsupervised classification), 정확도 검증(accuracy assessment)을 통하여 연구대상지에 대한 토지피복분류도(land cover classification map)를 구하였다. 랜드샷(Landsat)

위성은 자세를 고정하여 지표면의 반사값을 받아 영상을 생산하기 때문에 특정지역을 촬영할 경우, 일정한 촬영폭(swath: 180km)과 함께 조각(path)와 거리(row)를 가지는데, 연구지역을 포함하는 영상의 path/row는 115/35, 116/35로서 2매이다⁴⁾. 두 시기의 영상을 중첩분석하기 위해 기하보정을 수행하였는데, 지상 기준점(ground control point)을 이용하여 위성영상의 RMS(Root mean square) 오차를 1화소(30m) 이내로 조정하였고, 변환은 polynomial 보간법을 이용하였다. 영상분류는 무감독분류를 먼저 시행하고 그 결과 얻어진 이미지의 클래스를 원영상의 칼라이미지를 참조하여 재분류하는 방식으로 수행하였다. 각 이미지는 150개의 클래스로 분류되도록 하였고, 이를 위해 지정된 수렴 임계치(convergence threshold)인 0.995 이상이 될 때까지 약 150회의 반복(iteration) 과정을 거치도록 하였다⁵⁾. 7개의 밴드로 구성된 기하보정된 이미지는 무감독 분류과정을 거쳐 150개의 클래스를 가지는 단일밴드 이미지로 만들어졌고, 이를 원이미지의 칼라조합이미지와 1:25,000 지형도를 참조하여 7개의 토지피복(산림, 논, 초지, 나지, 도시, 모래, 물) 클래스로 재분류하였다. Landsat (E)TM 영상을 분류한 자료를 1:25,000지형도와 항공사진⁶⁾을 참조하여 정확도 검증을 수행하였다. 영상의 정확도 검증은 Congalton(1991)의 전략적 임의추출법을 활용하였으나, 각 토지피복 클래스별로 면적의 차이가 크기 때문에 각 유형별로 임의추출하여 50개 이상의 참조점을 찾기가 쉽지 않았다. 따라서 7개 클래스에 대한 적정 참조점 개수인 350개를 상회하는 지점을 임의로 추출(random sampling)하여 분류된 영상과 참조자료를 비교함으로써 1994년과 2004년 분류영상에 대한 정확성 검증을 실시하였다. 그 결과, 1994년 영상의 정확도는

Table 1. Landscape indices used in this study

Landscape type	Acronym	Name of landscape indices	Unit
Area/ Density/ Edge	CA	Core area	Hectares
	PLAND	Percentage of landscape	Percent
	NP	Number of patches	None
	PD	Patch density	Number per 100 hectares
	LPI	Largest patch index	Percent
	NLSI	Normalized landscape shape index	None
	TE	Total edge	Meters
	ED	Edge density	Meters per hectare
	LSI	Landscape shape index	None
Core area	TCA	Total class area	Hectares
	CPLAND	Core area percentage of landscape	Percent
	NDCA	Number of Disjunct Core Areas	None
	DCAD	Disjunct Core Area Density	No. per 100ha
Connectivity	COHESION	Patch Cohesion Index	None
	CONNECT	Connectance Index	Percent
Contagion/ Interspersion	CLUMPY	Clumpiness Index	None
	PLADJ	Percentage of Like Adjacencies	Percent
	IJI	Interspersion and Juxtaposition Index	Percent
	DIVISION	Landscape Division Index	Proportion
	MESH	Effective Mesh Size	Hectares
	SPLIT	Splitting Index	None
	AI	Aggregation Index	Percent
CONTAG	Contagion Index	Percent	
Diversity	PRD	Patch Richness Density	No. per 100ha
Isolation/ proximity	ENN*	Euclidean Nearest-Neighbor Distance	Meters
Shape	PAFRAC	Perimeter-Area Fractal Dimension	None

자료: McGarigal, K. and B. J. Marks, 1995, FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, USDA, pp. 1-141.

*: 평균값을 활용함

84.11%였으며, 2004년 영상의 정확도는 93.38%였다. 1994년도

영상의 경우는 참조할 항공사진이 없었기 때문에 1997년 제작한 지형도를 참조하였다.

Fragstats 3.3을 활용하여 입력자료인 토지피복분류별로 경관지수를 구하였으며, 그 중 시군별 산림조각들의 경관생태학적 특성을 평가하고자 산림조각을 설명하는 경관지수 분석치를 별도로 추출하였다. 또한 산림조각을 설명하는 경관지수들 간에는 상관성이 높은 지수들이 많기 때문에 모든 경관지수를 다 활용하는 것은 큰 의미가 없으며 따라서 연구지역을 가장 잘 설명할 수 있는 유형과 그에 맞는 대표 경관지수의 선정이 우선적으로 필요하다고 본다. 이를 해결하기 위해서 대상지 산림조각의 특성을 설명하기 위해 적용가능한 경관지수를 구하여 각 경관지수를 대표하는 유형으로 구분하고자 SPSS 12.0으로 요인분석하였으며, 그 결과 고유치(eigenvalue)가 1 이상인 4개의 유형을 구하였다. 이상의 4개의 유형에서 각 유형을 가장 잘 설명하는, 즉 요인부하량(factor loading)이 가장 높은 경관지수를 활용하여 각 시군별 산림조각의 특성을 비교함으로써 연구지역내 산림조각의 경관생태학적 특성을 규명하고자 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 요인분석에 의한 산림경관구조 유형화

'94년과 '04년의 영상분류 결과를 토대로 대상지 시군별로 분석한 총 26개의 경관지수 결과 중 산림조각에 대한 분석치만을 추출하고 이를 유형화하여 내부상관성을 제거하고자 요인분석을 수행하였고, 그 결과 Table 2, 3과 같이 고유치가 1 이상인 인자로 제Ⅳ인자까지 채택되었다. 두 시기 산림지역의 경관지수를 바탕으로 구한 제Ⅳ요인까지의 누적설명량은 각각 93.8%, 93.6%였다. 제Ⅰ인자는 두시기 전변동(全變動)의 64.9%, 58.6%를 각각 설명하는 인자로서 '94년을 기준으로 총 핵심지역 면적(TCA), 핵심지역(CA), 누적 경관조각 면적(MESH) 등 9개의 변수가 정(正)의 상관관계를 가졌고, 가장 자리 밀도(ED), 경관조각 밀도(PD) 등 4개 변수가 부(負)의 상관관계를 보였다. 2004년의 경우에는 LSI가 정의 상관을 보이는 것으로 추가되었다. 특히 변수 TCA가 가장 높은 부하량을 가지는 것으로 나타났는데, 본 인자는 핵심지역의 규모, 산림조각의 크기 등과 정의 상관을 보이고 있는 반면 산림조각의 밀도, 가장자리 밀도 등과는 부의 상관을 보이고 있는 바 「산림조각의 크기」로 명명할 수 있다. 제Ⅱ인자는 두시기의 변동설명량이 13.6%과 15.1%로서 제Ⅰ인자와 함께 상당한 비중을 차지하고 있으며, '94년을 기준으로 총 가장자리(TE), 산림조각의 수(NP) 등 5개 변수와 정의 상관관계를 보였고, 조각간 기능적 연결성 지수(CONNECT), 조각간 물리적 연결성

Table 2. Factor patterns of 26 landscape indices in the cities within a range of the Geumbuk Mtns. using the forest distribution map in 1994

Variables (landscape index)	Factor pattern			
	Factor I	Factor II	Factor III	Factor IV
TCA	0.965	-0.056	0.067	0.168
CA	0.962	0.099	0.079	0.145
MESH	0.814	-0.389	0.339	0.182
PLADJ	0.782	-0.563	-0.103	0.194
AI	0.779	-0.567	-0.103	0.194
CPLAND	0.758	-0.572	0.152	0.227
PLAND	0.710	-0.607	0.191	0.227
CONTAG	0.679	-0.588	0.212	0.358
LPI	0.670	-0.648	0.237	0.176
DIVISION	-0.716	0.536	-0.356	-0.196
DCAD	-0.751	0.578	-0.054	-0.172
PD	-0.810	0.438	-0.214	0.187
ED	-0.912	0.150	0.140	-0.044
TE	-0.127	0.972	0.012	-0.100
NP	-0.316	0.896	-0.211	0.065
NDCA	-0.373	0.882	-0.059	-0.175
LSI	-0.561	0.805	0.058	-0.161
SPLIT	-0.422	0.698	0.301	-0.405
PRD	-0.452	-0.867	0.106	0.027
COHESION	0.531	-0.717	-0.015	0.346
CONNECT	0.333	-0.861	0.341	0.027
nLSI	0.330	-0.046	0.893	0.001
CLUMPY	0.489	-0.033	-0.853	-0.063
ENN	-0.321	0.362	-0.613	-0.260
PAFRAC	0.188	0.027	0.185	0.877
IJI	-0.119	0.542	0.023	-0.792
Labeling each factor	Size of forest patches	Fragmentation of forest patches	Shape of forest patches	Complexity of forest patches
Eigenvalue	16.878	3.547	2.437	1.526
Cumulative	0.6492	0.7856	0.8793	0.9380

지수(COHESION) 등 3개 변수와 부의 상관을 보였다. 다만, 2004년의 경우, LSI가 제 I 요인으로 분류되었다. 제 II 인자는 조각의 가장자리와 조각의 밀도가 정의 상관을 보이며 높은 부하량을 가지고 있는 바, 「산림조각의 단절화」로 명명할 수 있다. 제 III 인자는 두 시기의 변동설명량이 각각 9.4%과 14.1%이며, '94년을 기준으로 정규 경관형태지수(nLSI)가 정의 상관을 가지는 것으로 나타났고, 경관 인접 지수(CLUMPY)와 유클리드 거리(ENN)는 부의 상관을 가지는 것으로 나타났다. '04년에는 ED가 정의 상관을 보이는 것으로 추가되었다. 제 III 인자에서는 경관조각의 형태가 요인설명량이 가장

Table 3. Factor patterns of 26 landscape indices in the cities within a range of the Geumbuk Mtns. using the forest distribution map in 2004

Variables (landscape index)	Factor pattern			
	Factor I	Factor II	Factor III	Factor IV
TCA	0.965	0.129	-0.149	0.091
MESH	0.939	-0.183	0.218	0.024
CA	0.937	0.269	-0.107	0.111
CONTAG	0.910	-0.363	0.047	0.140
CPLAND	0.897	-0.402	-0.007	0.085
PLAND	0.864	-0.445	0.078	0.093
LPI	0.828	-0.505	0.137	0.111
PLADJ	0.814	-0.436	-0.344	0.045
AI	0.812	-0.440	-0.344	0.044
COHESION	0.655	-0.610	-0.220	0.291
LSI	-0.608	0.723	0.303	0.072
PD	-0.773	0.540	0.103	0.229
DCAD	-0.836	0.237	0.356	-0.028
DIVISION	-0.857	0.388	-0.287	-0.061
TE	-0.114	0.940	0.187	0.194
NP	-0.467	0.832	0.007	0.236
NDCA	-0.531	0.810	0.169	0.074
SPLIT	-0.517	0.578	0.395	-0.373
CONNECT	0.471	-0.813	0.292	-0.050
PRD	-0.235	-0.933	0.227	-0.047
nLSI	0.143	0.151	0.907	-0.019
ED	-0.555	-0.133	0.693	0.160
ENN	-0.599	0.162	-0.628	-0.162
CLUMPY	0.155	-0.028	-0.976	-0.109
PAFRAC	-0.060	0.336	0.183	0.842
IJI	-0.274	-0.016	-0.041	-0.826
Labeling each factor	Size of forest patches	Fragmentation of forest patches	Shape of forest patches	Complexity of forest patches
Eigenvalue	15.226	3.913	3.666	1.532
Cumulative	0.5856	0.7361	0.8771	0.9361

높은 것으로 보아 「산림조각의 형태」로 명명할 수 있다고 본다. 제 IV 인자는 두 시기의 변동설명량이 모두 5.9%이며, 프랙탈차원(PAFRAC)과 정의 상관을, 산재 및 병렬지수(IJI)와는 부의 상관을 가지는 것으로 나타났다. 본 인자는 경관조각의 프랙탈

차원의 관계에 대하여 높은 부하량을 가지고 있는 것으로 미루어 「산림조각의 복잡도」로 명명할 수 있다. 이상에서 볼 때 금북정맥 주변 산림조각들은 경관지수로 분석해 보니 크게 4가지의 유형으로 구분할 수 있었으며, 그것은 바로 산림조각의 크기, 산림조각의 단절화, 산림조각의 형태, 산림조각의 복잡도로 명명하였다. 각 요인별로 가장 설명력이 높은 경관지수를 각 유형을 대표하는 지수로 선정하였는데, 제I인자인 「산림조각의 크기」에는 TCA가, 제II인자인 「산림조각의 단절화」에는 TE가, 제III인자인 「산림조각의 형태」에는 CLUMPY가, 그리고 제IV인자인 「산림조각의 복잡도」에는 산림조각의 PAFRAC이 높은 설명력을 보였다(Table 2, 3 참조).

2. 경관유형별 대표 경관지수에 따른 금북정맥 주변 시군 산림조각 분석

요인분석을 통하여 얻어진 각 유형별 설명력이 높은 4개의 경관지수를 활용하여 금북정맥의 주변 시군이 가지는 산림조각의 경관생태학적 특성을 비교 분석해 보았다. TCA는 1994년을 기준으로 공주가 407km²로 가장 크게 나타났고, 청양(310 km²), 보령(302km²), 천안(288km²) 순으로 크게 나타났다. 반면, 서천과 당진이 131km²로 총 핵심지역의 면적이 가장 작았고, 연기(144km²), 태안(154km²), 홍성(163km²) 순으로 작게 나타났다(Figure 2-a 참조). 2004년에는 여전히 공주가 가장 큰 TCA

면적을 가지고 있지만, 그 면적이 364km²로 감소하였고, 그 후 순위인 보령(275km²), 청양(271km²), 천안(267km²)도 1994년에 비해 감소한 것으로 나타났다. 1994년과 마찬가지로 2004년에도 서천(107km²), 당진(108km²), 태안(119km²), 연기(135km²), 홍성(143km²)의 TCA 면적이 작은 것으로 나타났다(Figure 2-b 참조). 공주와 보령, 청양, 천안은 금북정맥 내륙지역의 주요 시군들로서 산림내부의 핵심지역이 넓어서 내부중의 서식에 유리한 환경을 보유하고 있는 것으로 나타났으나, 금강 서해연안의 태안과 홍성, 금북기맥의 말단에 위치한 서천 그리고 내륙지역인 연기의 산림 핵심지역 면적은 작은 것으로 나타났다. 금강 서해연안 지역은 고도와 경사가 낮고 인접하여 집약적인 토지이용이 이루어지고 있기 때문에 더욱 핵심지역의 면적이 좁은 것으로 나타났다. 반면 서천지역은 금북기맥의 말단지역으로서 대면적의 핵심지역을 보유하고 있는 보령 성주산의 영향권에서 거리가 있고, 자체 산림조각들도 크지 않아 TCA가 낮았던 것으로 보여진다. 한편, 연기의 TCA가 낮게 나타났는데, 이는 산림면적율(62%)과 최대패치지수(48)는 높지만 금북정맥권에 속하는 행정구역의 면적이 작아서 비롯된 것으로 보인다.

제II인자에서 요인부하량이 가장 높게 나타난 TE는 1994년을 기준으로 당진이 5,076km로 가장 길었고, 서산(4,986km), 천안(4,525km), 태안(4,035km) 순으로 크게 나타났으나, 연기(2,134km)와 청양(2,821km), 서천(2,911km), 공주(3,066km)

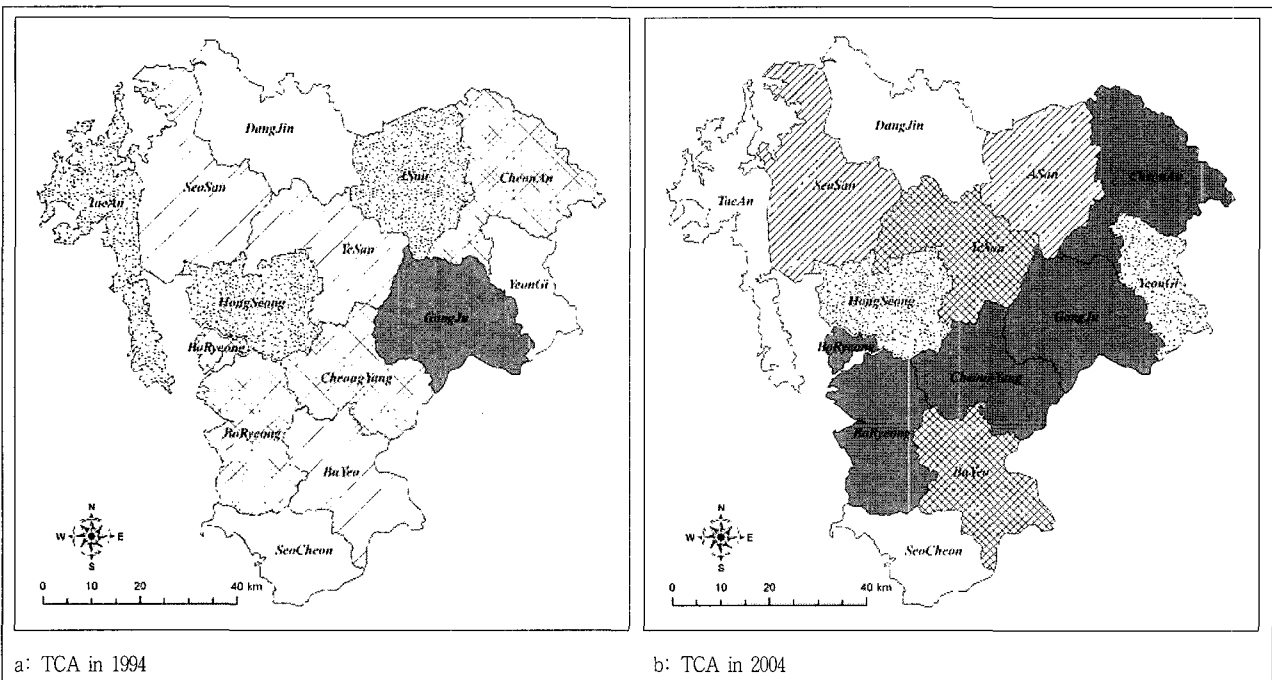


Figure 2. Total core area of the forest in the cities within the range of the Geumbuk Mtns.
 범례: a. [] 13052-14367, [] 14368-18671, [] 18672-24730, [] 24731-30990, [] 30991-40779
 b. [] 10697-11890, [] 13547-14295, [] 15967-17524, [] 20411-20619, [] 26703-36421

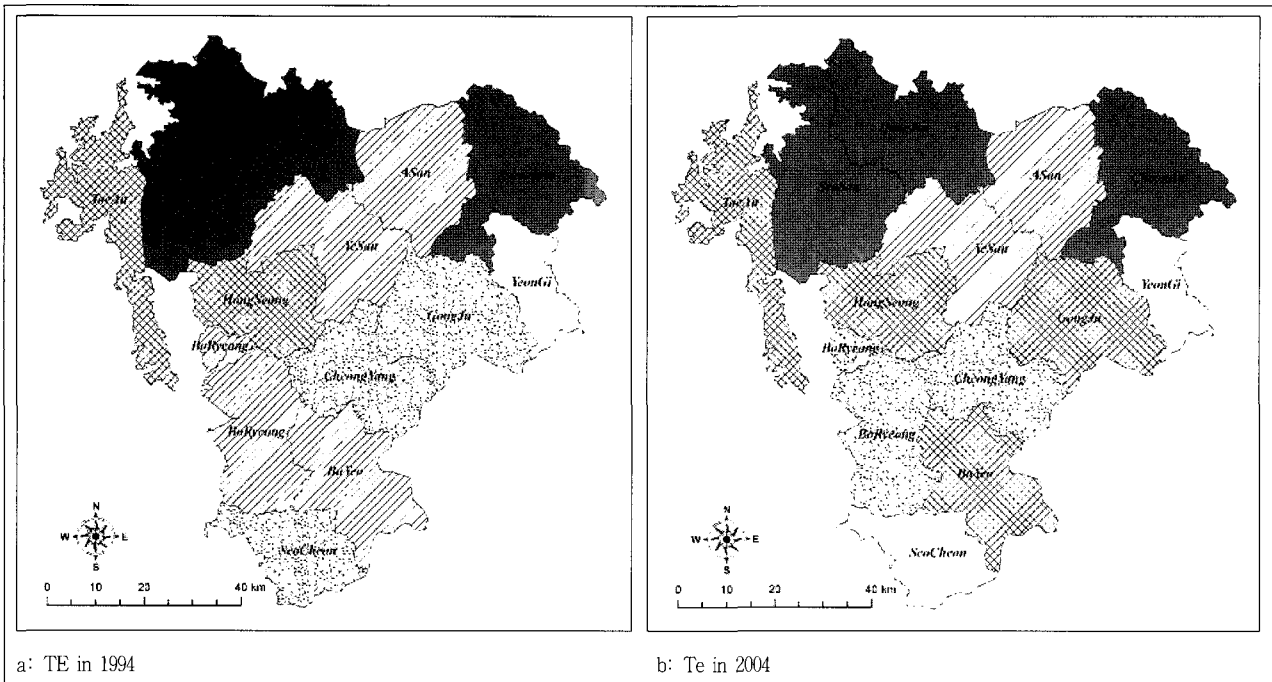


Figure 3. Total edge of the forest in the cities within the range of the Geumbuk Mtns.

범례: a. | 2134260, 2134261-3065700, 3065701-3654120, 3654121-4034610, 4034611-5075940
 b. | 2444910-2465430, 2465431-3299670, 3299671-3641970, 3641971-3999360, 3999361-5227710

순으로 짧은 것으로 나타났다(Figure 3-a 참조). 2004년 역시 당진의 TE가 길게 나타났지만, 그 길이가 5,228km로 1994년에 비해 크게 증가하였고, 서산(5,011km), 천안(4,541km), 태안(3,999km)도 1994년에 비해 증가한 것으로 나타났다. 특히 당진이 두드러지게 TE값이 증가하였는데, 이는 산림의 가장자리가 주변의 집약적 토지이용에 의해 훼손되거나 단절되어 가장자리의 길이가 증가하게 된 것으로 판단된다. 1994년에 TE값이 낮게 나타났던 연기(2,444km), 서천(2,465km), 청양(3,248km)은 2004년에도 동일하게 낮았으나, 공주는 1994년에 비해 3,839km로 크게 증가한 것으로 나타났다(Figure 3-b 참조). 공주의 경우 밤재배지 조성을 위해 대규모의 산림벌채가 많아 가장자리가 길어진 것으로 보여진다.

제Ⅲ인자에서 요인부하량이 가장 높게 나타난 CLUMPY를 활용하여 대상시군 산림의 인접도와 분산 정도를 파악해 보면 1994년을 기준으로 보령이 0.799로 가장 높았고, 그 다음으로 예산, 아산, 부여 순으로 나타났다(Figure 4-a 참조). 상기 시군들의 산림은 서로 인접하여 있어 생태적으로 연결하고자 할 경우 전략적 연계가 용이한 것으로 나타났다. 반면, 홍성(0.733), 당진(0.736), 태안(0.752) 순으로 CLUMPY값이 낮았는데, 이들 지역들은 대부분이 금강서해 혹은 삼교호수계의 시군으로서 고도와 경사가 낮고 산림의 규모가 작기 때문에 타 시군에 비해 인접하여 다양한 토지이용이 이루어지고 있으며, 따라서 산림간의 인접도는 상대적으로 떨어지는 것으

로 드러났다. 2004년에도 보령(0.813)과 예산(0.794), 아산(0.792)의 CLUMPY값이 높았고, 특히 서천의 산림인접지수가 두드러지게 높아진 것으로 나타났다. 홍성(0.731), 당진(0.712), 태안(0.742)은 여전히 낮게 나타났다(Figure 4-b 참조).

제Ⅳ인자에서 요인부하량이 가장 높게 나타난 산림조각의 PAFRAC를 활용하여 대상시군 산림의 복잡성을 분석한 결과, 1994년을 기준으로 청양(1.520)이 가장 높았고 그 다음으로 홍성(1.498), 예산(1.491), 부여(1.489) 순으로 나타났다. 하지만 2004년에는 당진(1.479), 아산(1.474), 천안(1.471), 서산(1.463) 순으로 PAFRAC가 높았다. 2004년에 높게 나타난 당진과 아산, 천안은 최근 10년 동안 가장 급속히 도시화가 진행된 지역인데, 이들 지역을 중심으로 주변의 서산, 예산, 연기 지역이 함께 PAFRAC값이 동반상승하였다는 것은 개발압력에 의해 충청남도 북부권 시군의 산림의 복잡성이 높아졌음을 반증하는 대목이다. 1994년에 PAFRAC값이 낮게 나타났던 태안(1.442), 서천(1.460), 보령(1.464)은 2004년에도 각각 1.426, 1.420, 1.434로 그 값이 낮게 나타난 것으로 나타났는데, 이들 지역은 면적 대비 산림경계의 길이가 크지 않은 것으로 나타났다(Figure 5 참조).

이상에서와 같이 금북정맥 주변시군의 산림경관구조를 분석한 결과 4개의 경관유형으로 대별되었으며, 금강의 분류와 인접한 내륙쪽 시군의 산림조각들은 그 규모가 크고 또한 넓은

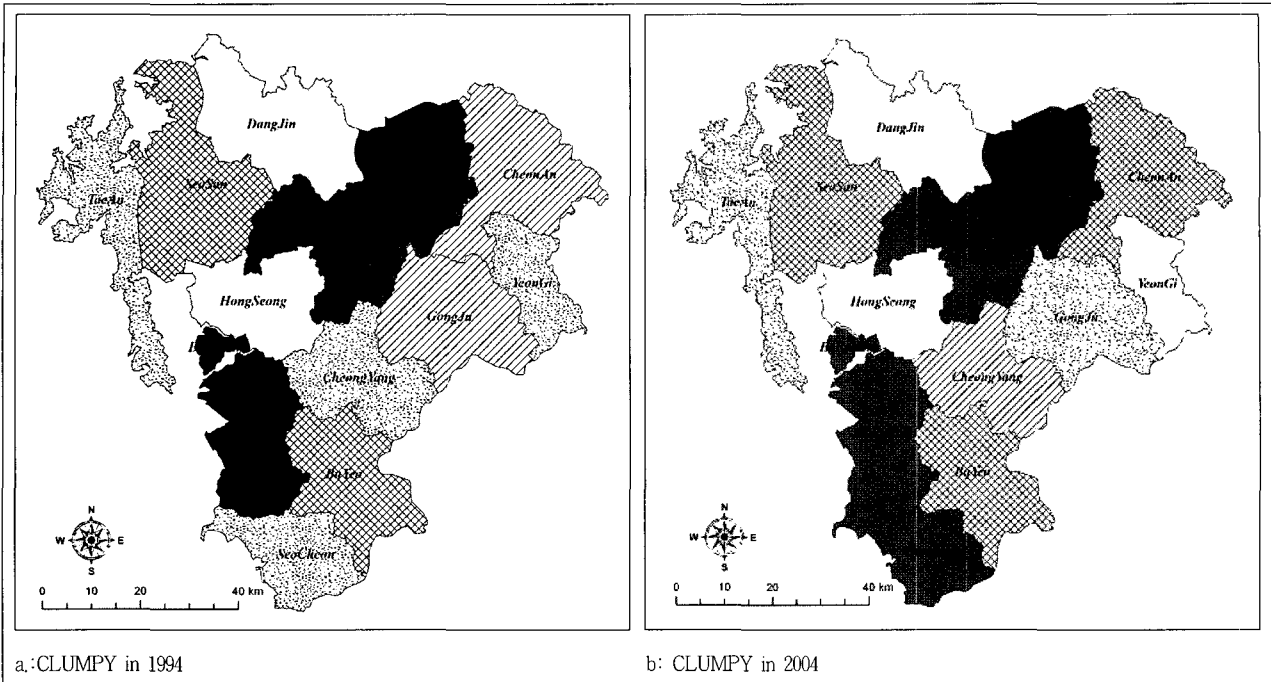


Figure 4. CLUMPY of the forest in the cities within the range of the Geumbuk Mtns.

범례: a. [] 0.733-0.736, [] 0.737-0.764, [] 0.765-0.776, [] 0.777-0.788, [] 0.789-0.799
 b. [] 0.712-0.731, [] 0.732-0.746, [] 0.747-0.758, [] 0.759-0.779, [] 0.780-0.813

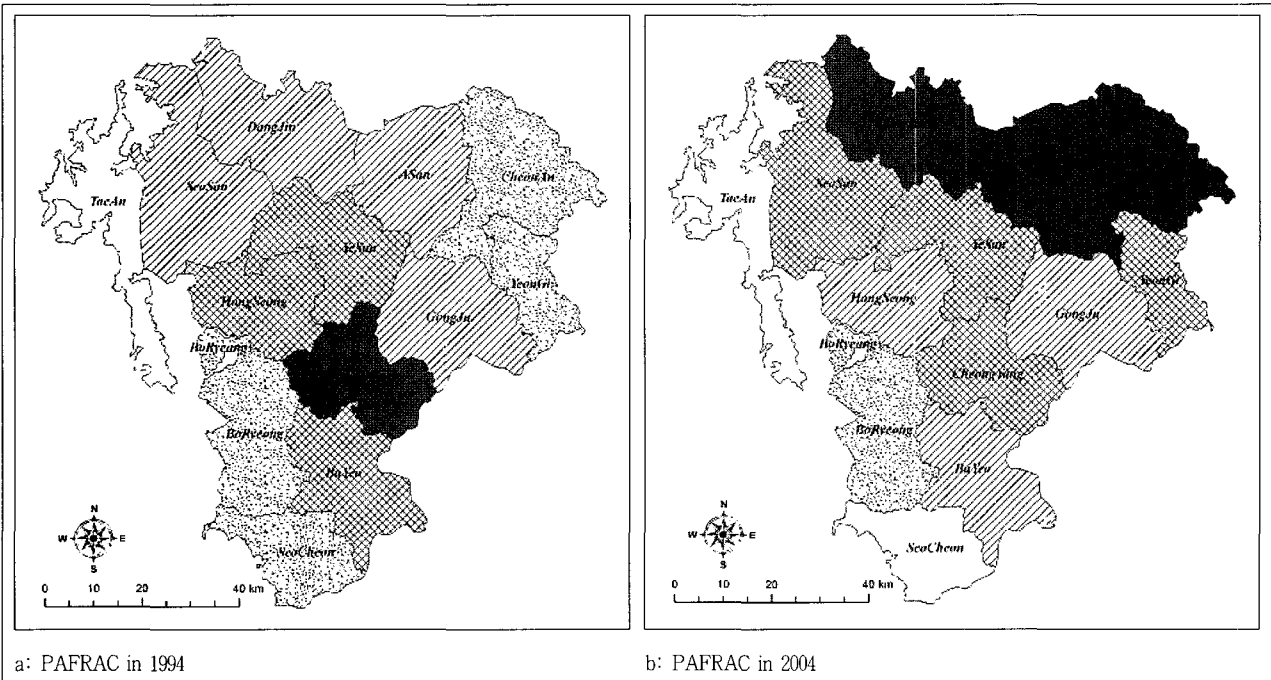


Figure 5. PAFRAC of the forest in the cities within the range of the Geumbuk Mtns.

범례: a. [] 1.442, [] 1.443-1.467, [] 1.468-1.481, [] 1.482-1.498, [] 1.499-1.520
 b. [] 1.420-1.426, [] 1.427-1.434, [] 1.435-1.450, [] 1.451-1.463, [] 1.464-1.479

핵심지역을 보유하고 있어 단위면적당 산림조각의 수는 상대적으로 낮고 형태가 상대적으로 단순하였기 때문에 만약 호소

및 수변공간과 연계하여 서식지로서 활용한다면 내부종에게 유리한 서식지로서의 가치가 충분하다고 판단된다. 반면, 금강

서해지역과 삼교호수계에 속하는 당진, 서산, 홍성, 태안의 산림은 그 조각이 상대적으로 크지 않기 때문에 산림 내부의 핵심지역 면적이 작고 가장자리의 길이는 길고 그 형태는 복잡하였다. 만약 이들 지역의 산림조각을 서식지로서 활용한다면 내부종보다는 가장자리종의 서식환경으로 유리할 것으로 판단된다. 다만, 금북정맥과 인접한 아산, 예산, 보령, 서천은 산림조각간의 인접도가 매우 양호하기 때문에 향후 산림 및 녹지계획의 수립시 산림조각간의 생태적 연계성을 고려한다면 현재보다 더욱 양호한 산림생태계 및 산림생태네트워크 수립이 가능하다고 사료된다.

IV. 결론

본 연구는 충청남도 내 금북정맥의 보호를 위한 시군단위 산림조각의 경관생태학적 분포를 진단해 보고자 Landsat 위성영상을 활용하여 구한 토지피복도를 입력자료로 산림조각에 대한 26개의 경관지수를 계산하고 요인분석으로 이들을 4개의 경관 유형으로 나누었고 유형별 대표 경관지수를 활용하여 정맥 주변 시군별 산림조각의 특성을 비교함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

금북정맥 주변 산림조각의 경관생태학적 특성을 규명하고자 토지피복분류도의 7개 계급을 입력자료로하여 시군별로 26개의 경관지수를 구하였고 이를 유형화하고자 요인분석하여 4개의 대표적 경관유형으로 구분하였다. 그 결과, 금북정맥 주변 산림조각들은 크게 4가지의 경관유형으로 구분할 수 있었으며, 그것은 바로 산림조각의 크기, 산림조각의 단절화, 산림조각의 형태, 산림조각의 복잡도로 명명될 수 있었다. 각 요인별로 가장 설명력이 높은 경관지수를 각 유형을 대표하는 지수로 선정하였는데, 제Ⅰ인자인 「산림조각의 크기」에는 「총 핵심지역 면적(TCA)」이, 제Ⅱ인자인 「산림조각의 단절화」에는 「총 가장자리 길이(TE)」가, 제Ⅲ인자인 「산림조각의 형태」에는 「경관인접지수(CLUMPY)」가, 그리고 제Ⅳ인자인 「산림조각의 복잡도」에는 산림조각의 「프랙탈차원(PAFRAC)」이 높은 설명력을 보였다.

또한 대표적 4개 경관지수를 활용하여 대상지 시군별 산림조각간의 분포특성을 구한 결과, 금강의 분류와 인접한 내륙지역의 시군들은 산림조각의 규모가 크고 넓은 핵심지역을 보유하고 있으며, 단위면적당 산림조각의 수는 상대적으로 낮고 형태가 불규칙하지 않기 때문에 만약 호소 및 수변공간과 연계하여 서식지로서 활용한다면 내부종에게 유리한 서식지로서의

가치가 충분하다고 판단되는 반면, 금강서해지역과 삼교호수계의 시군인 당진, 서산, 홍성, 태안의 산림은 그 조각이 상대적으로 크지 않기 때문에 산림 내부의 핵심지역 면적도 작으며 가장자리의 길이가 길고 그 형태도 복잡하여 만약 서식지로서 활용한다면 내부종보다는 가장자리종의 서식환경으로 유리할 것으로 보인다.

본 연구에서 활용한 Landsat 영상은 공간해상도가 30m이기 때문에 중소형 도로에 의해 발생된 산림의 단절은 판별할 수 없었으며, 따라서 지방도 이하의 도로와 같은 선형구조물에 의한 단절은 배제하였으므로 거친 결과가 도출되었음에 아쉬움이 남는다. 그러나 중규모 공간해상도의 위성영상으로 정맥단위 산림자원의 경관생태학적 분석을 통하여 금북정맥 주변에 존재하는 산림의 구조를 개략적으로 파악할 수 있었으며, 향후 구체적인 실천계획을 수립하는데 유익한 기초자료로서 활용 가치가 충분하다고 생각된다.

- 주 1. 국토종합계획에 의하면, 국토개발수요가 2002년 5.8%에서 2020년에는 9.1%로 증가될 것으로 추정하고 있어 3,848km²의 추가 개발용지가 필요할 것으로 예상된다.
- 주 2. 우리나라 산줄기[山脈]의 흐름, 산의 갈래, 산의 위치를 일목요연하게 표로 정리해 놓은 지리서.
- 주 3. 금북정맥의 백월산(보령시)에서 발원하여 서천군 전망산까지 구간(총연장: 69km)
- 주 4. 환경정책평가연구원 및 전자통신연구원에서 제공함.
- 주 5. 수렴 임계치 0.995란, 150개의 클래스를 무감독분류하면서 전단계의 분류결과와 현단계의 분류결과가 99.5% 일치하는 경우를 의미함.
- 주 6. 국토지리정보원 제공.

인용문헌

1. 강현경, 이경재(1996) 녹지축 연결을 통한 생태공간 조성계획. 환경생태회지 10(1): 24-38.
2. 나정화(1999) 도시비오톱의 유형분류 및 분석에 관한 연구.
3. 성현찬(1996) 녹지네트워크 형성에 관한 연구 경기개발연구원.
4. 장갑수(2006) 위성영상을 활용한 충남지역 산림 실태 및 관리방안. 충남발전연구원.
5. 전성우, 송은엽, 정재서, 윤정호, 정희철, 원명수, 정연우, 김성진, 최두연, 정은숙(2003) 백두대간 훼손실태 조사연구. 한국환경·정책평가연구원.
6. 환경부(2005) 야생동·식물보호 기본계획 수립을 위한 연구. pp. 5-9.
7. Congalton, R. G.(1991) A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment 37: 35-46.
8. McGarigal, K. and B. J. Marks(1995) FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. USDA, pp. 1-141.
9. Forman, R. T. T.(1995) Land Mosaics, Cambridge University press. pp. 15-21.

원 고 접 수 : 2007년 3월 12일
 최종 수정본 접수 : 2007년 4월 22일
 4 인 의 명 심 사 필