

# 경관지수를 활용한 식생군락 모자이크화 분석법

## Development of an Approach for Analysing Vegetation Community Mosaic Using Landscape Metrics

이상훈\* · 정종철\*\*  
Peter Sang-Hoon Lee · Jong-Chul Jeong

### Abstract

Whereas the demand for development of forested areas covering more than 60% of Korean territory, permission on the forest development has been still given from the perspective of effective land utilization rather than conservation. As the assessment of large forested areas usually focuses more on forest structure, it has its limitation of observing and analyzing the interior change in forest in this way. This study was aimed at computing landscape metrics using a presence vegetation map and FRAGTSTATS 4.2 and analyzing vegetation mosaics. Colonies in native vegetation were classified into a series of major groups and sub-groups based on the native species within the colonies. The colonies were investigated by analyzing a suite of landscape metrics - Core Area, Percentage of Landscape, Number of Patches, Patch Density, Largest Patch Index, Total Edge, Edge Density, Landscape Shape Index, Mean Patch Area, Euclidean Nearest Neighbor. In the Chungnam province major groups and sub-groups of colonies classified based on the proportion of pine and oak species, and pine species was the principal one in terms of distribution area. As for the competition between pines and oaks, while the coverage of pine-centered colonies were three times larger than those of oak-centered ones, pine colonies showed the greater number of patches and therefore higher fragmentation than oaks at the major group level. For the sub-groups, the largest coverage colonies were not only indicated by *Pinus densiflora*-*Quercus mongolica* colonies among *P. densiflora*-centered colonies, *Q. acutissima* colonies among *Q. acutissima*-centered ones, *Q. acutissima*-*P. densiflora* colonies among *Q. acutissima*-centered ones, *Q. mongolica* colonies among *Q. mongolica*-centered ones, *P. thumbergii* colonies among *P. thumbergii*-centered ones, and *Q. serrata*-*Q. acutissima* colonies among *Q. serrata*-centered ones, but also revealed more severely mosaicked than other smaller colonies. The overall mosaicking degree estimated by landscape metrics was considered useful for monitoring and investigating vegetation. However, in order to develop management strategy based on analyzing the reason for the mosaicking process and anticipating a trend in vegetation succession, it is essential to further study about ecological characteristics of each colony in the vegetation.

Keywords: Forest Development, Forest Conservation, Colony in Native Vegetation, Vegetation Mosaic, Forest Fragmentation, Forest Landscape Analysis, FRAGSTATS, Present Vegetation Map

\* 한양대학교 도시대학원 조교수 Graduate School of Urban Studies, Hanyang University (First author: peter337@hanyang.ac.kr)

\*\* 남서울대학교 GIS공학과 교수 Department of Geoinformatics, Namseoul University (Corresponding author: jic1017@gmail.com)

## 1. 서론

한국의 산림은 국토의 60% 이상을 차지하고 있지만 (Korea Forest Service 2016), 높은 인구밀도와 도시화로 인한 개발수요로 인하여 도시 주변 산림에 대한 개발 압력이 지속적으로 높게 유지되고 있다(Kwon et al. 2016). 최근에는 도시확장에 한계가 있는 지역을 중심으로 도시재개발 또는 도시재생 사업을 실시하면서 주변 자연환경, 특히 산림지역에 대한 도시민의 이용을 극대화하고자 노력을 기울이고 있다(Kim 2014; Chang 2016; Hong and Kim 2016). 따라서 국가의 중요한 자연자원이자 토지이용의 중심이 되는 산림을 효과적으로 관리하기 위해서는 개발이 가능한 도시 주변의 산림지역에 대한 생태적인 구조와 기능을 지속적으로 관리하고 개발사업에 대한 허가에 있어서는 산림생태계가 무분별하게 훼손되지 않으면서 개발이 진행될 수 있도록 체계적인 방법을 개발해야 한다.

산림지역의 개발과 관련하여 산림의 파편화에 관한 연구는 토지이용변화, 산림경관변화, 식생구조퇴행 및 생태계기능쇠퇴 등을 주요한 주제로 이루어지고 있다 (Jung et al. 2002; Jung et al. 2005; Choi et al. 2005; Suh and Kim 2010; Choi et al. 2016; Ji et al. 2016). 연구대상지의 규모면에서는 작은 구릉성 산지부터 국토 전체에 이르기까지 다양한 범위에서 연구가 수행되고 있다. 산림 경관의 연구는 상대적으로 넓은 면적을 대상으로 서식지 조성 및 보존, 그리고 녹지 네트워크 구축과 같은 대면적의 자연경관 실태 파악이나 효과적인 관리 방안을 마련하기 위한 연구에 유용하기 때문에, 최근 들어 GIS와 원격탐사 기법을 활용하여 활발하게 연구가 이루어지고 있다(Heo et al. 2006). 하지만, 경관 또는 지역의 수준에서 산림관리 방안에 관한 연구들은 보통 산림을 인문지역과 대비하여 다루지 않고 있다 (Shin et al. 2014). 이러한 접근법은 산림 지역의 구조적인 측면만을 염두에 둔 문제해결에 있어서는 효과적이나, 산림 내부의 복잡한 생태적인 특성이 반영된 해법을

제시하기에는 한계가 있다.

산림 내부는 다양한 물리적인 환경요소와 더불어 우리가 미처 파악하지 못한 생물들도 포함한 더욱 다양한 생명체들이 서식하는 공간이므로, 산림지역을 장기적으로 건강하게 유지, 관리하기 위해서는 좀 더 세밀하고 신중한 접근법이 필요하다. 산림의 생태학적인 특성을 이해하기 위해서는 식생에 대한 연구가 선행되어야 한다. 산림의 식생군락은 주변의 물리적 환경과의 상호작용을 통하여 식생이 형성, 변화된 결과로서, 식생군락을 통하여 산림환경의 현재 상태를 파악할 수 있고, 또 시간과 공간을 포함한 물리환경적인 요소들과의 관계를 이해함으로써 식생의 전이방향을 예측해 볼 수 있다(Jung et al. 2005; Lee 2007; Kim et al. 2011; Shin et al. 2014) (Figure 1).

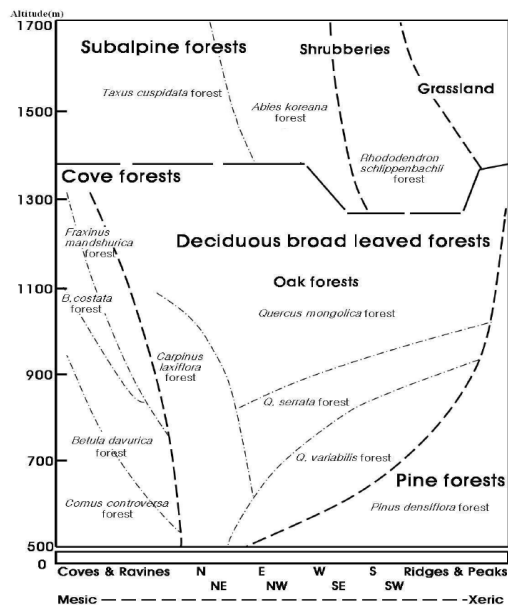


Figure 1. Vegetation chart of Deogyusan from Kim et al. (2011), showing representative vegetation distribution pattern in South Korea

산림경관이란 산림지역 내에서 식생과 물리환경 및 인간의 영향이 결합되어 시간과 공간에 따라 반영된 식생의 모자이크라고 할 수 있다(Kang and Kim 2010).

식생 모자이크의 기본 단위를 구분하는 기준은 연구 목적에 따라 가변적일 수 있으나, 보통 우점하고 있는 상층 수종을 중심으로 한 산림구조와 관련된 요인과 산정에서 계곡에 이르는 지형적인 요인을 고려하여 외형적인 차이의 식별이 명확한 것들을 기준으로 삼는다(Heo et al. 2007; Lee 2007; Ryu et al. 2011). 식생군락은 산림의 생태적인 많은 정보를 제공하는 지표이지만 이를 활용하기 위해서는 그 만큼의 자료 수집을 위한 투자가 선행되어야 하기에 지금까지는 산림군락 수준의 경관 분석 연구는 시도되지 않았었다(Hong and Kim 2008). 산림청 산림공간정보서비스에서 제공하는 임상도를 바탕으로 제작한 현존식생도는 식생군락 수준에서 정밀하게 군락의 종류와 분포 위치 및 면적에 대한 정보를 제공함으로써 산림경관과 식생의 파편화를 분석하는데 유용한 자료로 판단된다.

FRAGSTATS 4.2(McGarigal and Marks 1995)는 경관분석을 위해서 가장 널리 쓰이는 프로그램으로서, 광역적 공간규모의 경관요소들에 대한 구조적 패턴 및 변화양상을 분석하는데 효율적인 것으로 평가받고 있다(Heo 2007; Lee 2007; Kupfer 2012). 따라서 본 연구에서는 충청남도 지역을 대상으로 현존식생도에서 구분하고 있는 식생군락 단위를 기준으로 다양한 경관지수를 이용하여 식생군락의 모자이크 현상을 수치화하고 경관수준에서의 분석을 실험해 보고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 연구대상지

본 연구는 우리나라 중부 지역에 위치하면서 온대지역 해안지역과 내륙지역의 특성을 함께 볼 수 있는 충청남도 행정구역을 연구대상지로 하였다. 충청남도 행정구역 면적은 약 820,000 ha이고, 그 중 산림면적은 약 463,000 ha이며, 국토의 중서부에 위치하고 있다. 해발고도가 1,000 m가 넘는 지역이 없고 대체로 평지에 가

까운 지형을 나타내고 있으며, 온대 중부지방의 소나무와 참나무류를 중심으로 한 주요 식생이 두루 분포하고 있다. 이에 본 연구에서는 충청남도 행정구역 내에 있는 산림지역 전체를 분석 대상지로 설정하였다(Figure 2).

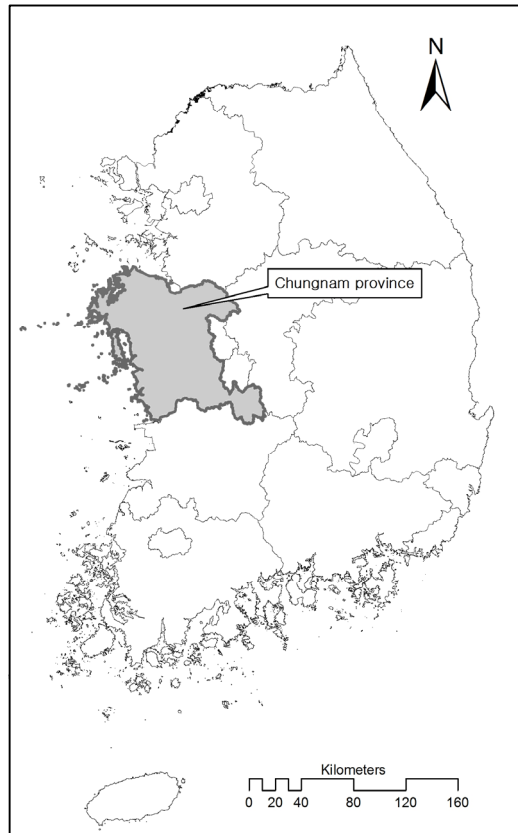


Figure 2. Location of a study site, Chungnam province in the Republic of Korea

### 2.2. 식생군락의 모자이크화 분석

충청남도의 현존식생도에서 산림수종에 대한 군락 수준의 식생공간정보를 추출하여 경관지수의 수치를 산출하기 위한 입력자료로 사용하였다. 식생군락 수준에서의 식생모자이크화를 정량화하기 위해 문헌조사를 통하여 상관성이 높은 경관지수들은 배제를 하고 최

대한 다양한 경관지수 - 면적(CA), 분포면적비율(PLAND), 패치개수(NP), 패치밀도(PD), 가장자리길이(TE), 가장자리밀도(ED), 경관형태지수(LSI), 평균 근접거리(ENN), 평균패치면적(AREA), 최대패치지수(LPI) - 를 선택하여 FRAGSTATS 4.2(McGarial and Makrs, 1995)를 이용한 경관분석을 수행하였다.

식생군락은 현존식생도에서 단일 우점 수종의 선정이 가능한 대표군락과 2가지 수종을 우점수종으로 판

단한 세부군락으로 구분하였고, 대표군락과 세부군락을 식생군락 파편화 연구를 위한 분석단위로 설정하였다. 우선 대표군락을 대상으로 한 번에 하나의 대표군락을 다른 전체 군락과 비산림지역에 대해 산림지역으로 설정하여 경관지수 값을 산출하였다. 연구대상지 내의 자연림과 인공림에서 총 16개의 대표군락과 59개의 세부군락이 관찰되었고, 본 연구에서 사용된 경관지수는 다음의 Table 1과 같다.

Table 1. A list of landscape metrics used for the study, selected through reviewing literature on previous research

Landscape metric	Definition	Formulation
CA	Class Area	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left( \frac{1}{10,000} \right)$
PLAND	Percentage of Landscape	$LAND = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$
NP	Number of Patches	$NP = n_i$
PD	Patch Density	$PD = \frac{n_i}{A} \left( \frac{1}{10,000} \right) \left( \frac{1}{100} \right)$
TE	Total Edge	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$
ED	Edge Density	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} \left( \frac{1}{10,000} \right)$
LSI	Landscape Shape Index	$LSI = \frac{e_i}{\min e_i}$
ENN	Euclidean Nearest Neighbor	$ENN = h_{ij}$
AREA	Mean Patch Area	$MN = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n_i}$
LPI	Largest Patch Index	$LPI = \frac{MAX(a_{ij})}{A} (100)$

Note -  $i$ : patch types (from 1 to  $m$ );  $j$ : patches (from 1 to  $m$ );  $k$ : patch types (from 1 to  $m$ );  $a_{ij}$ : area ( $m^2$ ) of patch $_j$  (or number of cells);  $G_i$ : proportion of like adjacency;  $P_i$ : proportion of the landscape occupied by patch type  $i$ ;  $C_{ijk}$ : contiguity value for pixel  $i$  in patch $_j$ ;  $v$ : sum of the value in a 3-by-3 cell template;  $A$ : total landscape area( $m^2$ );  $e_{ik}$ : total edge length ( $m$ ) in landscape between patch types  $i$  and  $k$ ;  $h_{ij}$ : distance ( $m$ ) from patch  $_j$  to nearest neighboring patch of the same type (edge-to-edge distance);  $d_{ik}$ : dissimilarity (edge contrast weight) between patch types  $i$  and  $k$

### 3. 결과

#### 3.1. 식생군락의 공간분포

식생을 군계수준에서 보면 냉온대 중부와 남부에 속한다. 이를 세분하면 Table 2에 나타난 것과 같이 소나무군락, 곰솔군락, 신갈나무군락, 굴참나무군락, 갈참나무군락, 졸참나무군락, 상수리나무군락, 떡갈나무군락, 서어나무군락, 개서어나무군락, 동백나무군락, 느티나무군락과 해안 식물군락인 순비기나무군락, 해당화군락, 쯤보리사초군락 등으로 구분할수 있다. 또한 식재림으로는 곰솔식재림, 리기다소나무식재림, 잣나무식재림, 일본잎갈나무식재림, 물감나무식재림, 밤나무식재림, 수원은사시나무식재림, 아까시나무식재림 등이 분포하고 있다. 이 외에도 여러 가지 형태의 군락이 지역적으로 분포하고 있으며, 특히 소나무-신갈나무군락은 공주시와 논산시에, 소나무-졸참나무군락은 논산시에, 굴참나무-졸참나무군락은 부여군에, 굴참나무-소나무군락은 천안시에, 굴참나무-쪽동백나무군락은 청양군에 분포하고 있다. 충청남도 전체에 걸쳐

서 높은 빈도로 분포하고 있는 식물군락은 소나무군락, 신갈나무군락, 굴참나무군락, 상수리나무군락 등의 이차림과 리기다소나무, 밤나무, 일본잎갈나무 등이다. 이러한 관계로 보아 충청남도의 식물군락은 소나무와 참나무군락으로 대표되는 이차림군락과 리기다소나무, 일본잎갈나무와 밤나무식재림에 의하여 형성되어져 있다.

충청남도에 우점하여 분포하는 주요 식물군락은 소나무군락(33,064 ha, 28.56%), 상수리나무군락(11,425 ha, 9.87%), 소나무-상수리나무군락(11,161 ha, 9.64%), 곰솔군락(7,745 ha, 6.69%), 굴참나무군락(7,739 ha, 6.69%), 소나무-굴참나무군락(7,224 ha, 6.24%), 신갈나무군락(5,337 ha, 4.61%) 등의 순이며, 그 밖의 군락으로 여러 자연군락과 식재림이 분포하고 있다(Table 2).

#### 3.2. 대표군락의 모자이크 양상

연구대상지 내에 천연림 중 경관지수를 이용한 분석을 위하여 분포면적이 1,000 ha 이상인 식생군락을 대

Table 2. Presence of the distribution of major groups of vegetation colonies within Chungnam province by county

Major group	County <sup>1</sup>														
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
<i>P. densiflora</i>	○	○			○	○				○	○		○	○	○
<i>P. densiflora-Q. variabilis</i>		○				○			○						
<i>P. densiflor-Q. acutissima</i>	○	○				○	○				○				
<i>P. thunbergii</i>				○	○		○		○	○		○		○	○
<i>Q. mongolica</i>	○	○	○		○	○	○	○					○	○	○
<i>Q. variabilis</i>	○	○			○	○					○		○	○	○
<i>Q. serrata</i>	○			○			○	○					○		
<i>Q. acutissima</i>	○	○				○					○	○	○		○
<i>Q. dentata</i>			○		○				○				○	○	○
<i>Carpinus laxiflora</i>		○				○		○			○	○			

<sup>1</sup> a - Cheonan-si; b - Gongju-si; c - Boryeong-si; d - Asan-si; e - Seosan-si; f - Nonsan-si; g - Geumsan-gun; h - Yeongi-gun; i - Buyeo-gun; j - Seochon-gun; k - Chyeongyang-gun; l - Hongseong-gun; m - Yesan-gun; n - Taean-gun; o - Dangjin-gun

표군락으로 한정하였고, 대표군락에 대해 경관지수 분석을 한 결과는 다음과 같다(Table 3). 그 중 연구대상지 내에 분포면적이 넓고 자생수종으로서 천연갱신이 이루어지고 있는 것으로 파악되는 주요식생군락을 소나무군락(66,556 ha), 상수리나무군락(18,170 ha), 굴참나무군락(14,087 ha), 신갈나무군락(10,950 ha) 그리고 졸참나무군락(5,169 ha)으로 제한하여 경관분석 결과가 나타내는 분석하였다.

각 대표군락별 CA값은 소나무군락(66,556 ha), 상수리나무군락(18,170 ha), 굴참나무군락(14,087 ha), 신갈나무군락(10,950 ha) 그리고 졸참나무군락(5,169 ha) 순으로 나타났고, 따라서 연구대상지 내 면적 비율을 나타내는 PLAND값도 같은 결과를 나타내었다(Table 3). 대표군락 중에 소나무군락의 면적이 월등히 넓게 분포하고 있었고, 상수리나무군락, 굴참나무군락, 신갈나무군락을 묶은 참나무류군락이 비슷한 분포면적을 나타내어, 연구대상지를 양적인 측면에서 크게 양분하는 것으로 나타났다.

소나무군락의 경우에 NP(1,456)와 PD(0.169)의 값이 상대적으로 높게 나타나 분포면적이 넓음에도 모자이크화가 많이 진행되어 단일 패치의 크기가 상당히 줄어든 것으로 판단되었다. 반면에 신갈나무군락(0.010)과 굴참나무군락(0.020)은 패치의 밀도가 낮게 나타나

소나무군락과 다른 참나무류군락에 비해 개개의 패치가 넓게 형성되어 있는 것으로 평가되었고, AREA값의 비교에서도 이와 같은 양상을 나타내었다(Table 3).

충청남도 지역에 우점한 세부군락은 침엽수의 경우 소나무 순림 군락과 활엽수의 경우 상수리나무 순림 군락이었다(Table 3). 소나무 군락과 상수리나무 군락을 집단적으로 비교한 결과, CA는 소나무 군락이 3배 가량 더 넓게 차지하고 있는 것으로 분석된 반면(소나무군락: 33,000m<sup>2</sup>; 상수리군락: 11,000m<sup>2</sup>), NP는 소나무 군락이 2배 정도 더 많게 나타나, 면적상으로 소나무 군락이 면적은 더 넓게 차지하면서도 덜 모자이크화된 것으로 판단되었다. 하지만, 가장자리 효과를 고려한 경관지수들의 경우에는 면적에 의한 결과와 다른 경향을 나타내었다. TE가 소나무 군락(841,470 m)이 상수리나무 군락(353,730 m)보다 약 2.5배 가량 긴 것으로 나타났고, LSI의 값도 소나무 군락이 상수리나무 군락보다 더 높게 나타나 경관 형태의 측면에서는 소나무 군락이 더 모자이크화가 진행된 것으로 판단되었다(Table 3).

### 3.3. 세부군락의 모자이크 양상

소나무가 중심 수종인 세부군락에 대한 경관분석을 실시한 결과, 소나무, 상수리나무, 굴참나무 및 신갈나

Table 3. Values of selected landscape metrics for major groups of vegetation colonies grouped as Type 1, concentrated on pines and oaks

Major group	Landscape metrics <sup>1</sup>									
	CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA	ENN
<i>P. densiflora</i>	55556.2	6.440	1456	0.1688	0.2398	892110	1.034	75.52	38.2	332.4
<i>Q. acutissima</i>	18169.9	2.106	681	0.0789	0.0767	498840	0.578	53.15	26.7	520.5
<i>Q. variabilis</i>	14086.8	1.633	175	0.0203	0.1355	414420	0.480	29.84	80.5	1168.9
<i>Q. mongolica</i>	10950.2	1.269	84	0.0097	0.2021	225060	0.261	19.32	130.4	1764.6
<i>P. thunbergii</i>	10389.1	1.204	287	0.0333	0.1610	75960	0.088	32.91	36.2	333.9
<i>Q. serrata</i>	5168.6	0.599	134	0.0155	0.0467	110250	0.128	24.48	38.6	1099.1

<sup>1</sup> CA – Core Area; PLAND – Percentage of Landscape; NP – Number of Patches; PD – Patch Density; LPI – Largest Patch Index; TE – Total Edge; ED – Edge Density; LSI – Landscape Shape Index; AREA – Mean Patch Area; ENN – Euclidean Nearest Neighbor

Table 4. Values of selected landscape metrics for sub-groups of primary vegetation colonies (Type 1) grouped as Type 2

Type 1	Type 2	Landscape metrics <sup>1</sup>									
		CA	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA	ENN
Pinus densiflora	<i>P.densiflora</i>	33035.0	3.829	1189	0.1378	0.111	841470	0.975	69.6	27.8	364.0
	<i>P.densiflora-Q.acutissima</i>	11169.5	1.295	421	0.0488	0.075	332160	0.385	38.0	26.5	778.8
	<i>P.densiflora-Q.variabilis</i>	7225.1	0.838	93	0.0108	0.073	213750	0.248	19.3	77.7	1224.5
	<i>P.densiflora-Q.mongolica</i>	3059.4	0.355	19	0.0022	0.069	65940	0.076	10.4	161.0	4270.6
	<i>P.densiflora-P.thunbergii</i>	445.6	0.052	8	0.0009	0.012	930	0.001	6.5	55.7	1080.3
	<i>P.densiflora-Q.acutissima</i>	373.0	0.043	14	0.0016	0.011	21690	0.025	7.9	26.6	2971.7
Quercus acutissima	<i>Q.acutissima</i>	11432.6	1.325	536	0.0621	0.069	353730	0.410	46.5	21.3	701.8
	<i>Q.acutissima-P.densiflora</i>	2874.3	0.333	79	0.0092	0.046	58350	0.068	18.1	36.4	1858.9
	<i>Q.acutissima-Q.variabilis</i>	3147.6	0.365	81	0.0094	0.043	134940	0.156	19.4	38.9	1268.2
	<i>Q.acutissima-P.thunbergii</i>	57.7	0.007	2	0.0002	0.006	0	0.000	2.8	28.8	12088.2
	<i>Q.acutissima-Q.serrata</i>	272.2	0.032	13	0.0015	0.007	8850	0.010	7.8	20.9	7371.3
Quercus variabilis	<i>Q.variabilis</i>	7738.5	0.897	127	0.0147	0.081	281100	0.326	24.6	60.9	1490.5
	<i>Q.variabilis-P.densiflora</i>	1136.4	0.132	27	0.0031	0.025	36930	0.043	10.6	42.1	2498.7
	<i>Q.variabilis-Q.acutissima</i>	2219.6	0.257	19	0.0022	0.111	47640	0.055	10.1	116.8	3179.2
	<i>Q.variabilis-Q.mongolica</i>	2623.6	0.304	23	0.0027	0.110	98850	0.115	11.4	114.1	2625.1
	<i>Q.variabilis-Q.serrata</i>	285.1	0.033	9	0.0010	0.008	21840	0.025	6.5	31.7	5473.5
Quercus mongolica	<i>Q.mongolica</i>	5337.8	0.619	54	0.0063	0.148	171150	0.198	15.0	98.8	1844.6
	<i>Q.mongolica-P.densiflora</i>	2987.3	0.346	15	0.0017	0.202	9900	0.012	8.2	199.2	3817.5
	<i>Q.mongolica-Q.acutissima</i>	135.9	0.016	4	0.0005	0.010	300	0.000	4.6	34.0	10819.6
	<i>Q.mongolica-Q.variabilis</i>	2256.4	0.262	25	0.0029	0.060	55140	0.064	8.8	90.3	4701.2
	<i>Q.mongolica-Q.serrata</i>	232.8	0.027	1	0.0001	0.027	6090	0.007	3.0	232.8	N/A
Pinus thunbergii	<i>P.thunbergii</i>	7745.8	0.898	238	0.0276	0.161	83850	0.097	28.7	32.5	406.2
	<i>P.thunbergii-P.densiflora</i>	1157.8	0.134	22	0.0026	0.029	630	0.001	12.0	52.6	700.5
	<i>P.thunbergii-Q.acutissima</i>	1220.0	0.141	34	0.0039	0.025	11190	0.013	11.4	35.9	1221.5
	<i>P.thunbergii-Q.mongolica</i>	110.8	0.013	1	0.0001	0.013	2010	0.002	2.0	110.8	N/A
	<i>P.thunbergii-Q.serrata</i>	4.6	0.001	1	0.0001	0.001	0	0.000	1.3	4.6	N/A
Quercus serrata	<i>Q.serrata</i>	1395.1	0.162	53	0.0061	0.027	76590	0.089	14.1	26.3	2293.9
	<i>Q.serrata-P.densiflora</i>	288.5	0.033	17	0.0020	0.007	7560	0.009	7.4	17.0	1868.2
	<i>Q.serrata-Q.acutissima</i>	892.6	0.104	43	0.0050	0.017	14010	0.016	13.2	20.8	1132.8
	<i>Q.serrata-Q.variabilis</i>	1537.1	0.178	34	0.0039	0.047	38550	0.045	12.6	45.2	3171.5
	<i>Q.serrata-Q.mongolica</i>	11.6	0.001	1	0.0001	0.001	2190	0.003	2.3	11.6	N/A

<sup>1</sup> CA – Core Area; PLAND – Percentage of Landscape; NP – Number of Patches; PD – Patch Density; LPI – Largest Patch Index; TE – Total Edge; ED – Edge Density; LSI – Landscape Shape Index; AREA – Mean Patch Area; ENN – Euclidean Nearest Neighbor

무가 연구대상지 전반에서 걸쳐 우점하고 있어서 소나무 관련 세부군락 모두에서 주요 수종으로 판단되었다 (Table 4; Figure 3. 그 결과 소나무 관련 군락에서는 소나무군락(33,000 ha; 3.83), 소나무-상수리나무군락(11,200 ha; 1.30), 소나무굴참나무군락(7,000 ha; 0.84) 그리고 소나무-신갈나무군락(3,000 ha; 0.35)이 높은 CA와 PLAND 값을 나타내었다(Table 4). 면적이 넓은 NP와 PD의 값도 높게 나타났으며, TE와 ED 및 LSI 또한 높게 나타났다(Table 4; Figure 3).

상수리나무와 함께 굴참나무 및 신갈나무 중심의 세부군락이 소나무 군락과 경쟁하는 참나무류 군락을 형성하고 있다. 상수리나무 중심의 세부군락의 경우, CA와 PLAND는 상수리나무군락(11,432 ha; 1.33)이 월등히 높게 나타났으며, 상수리나무-굴참나무군락(3,147 ha; 0.36)과 상수리나무-소나무군락(2,874 ha; 0.33)이 뒤를 이었다(Table 4). 분포면적인 넓게 나타난 세부군락이 NP와 PD의 값이 높게 나타남과 동시에, TE 및 ED와 LSI의 값도 높게 나타나 패치의 형태적인 건강성이 낮은 양상을 보여주었다(Table 4; Appendix 1). 패치면적과 개수 등에서 비슷한 양상을 나타내던 상수리나무-굴참나무군락과 상수리나무-소나무군락의 경우 TE와 ED에서는 상수리나무-소나무군락이 50% 이하의 값을 나타내어(58,400 m; 0.0676) 상이한 특성을 보여주었다. ENN는 분포면적이 넓으면서 패치 개수가 많은 군락에서 낮은 값을 나타내어 패치간의 연결성이 양호한 것으로 판단되었다(Table 4; Appendix 1). AREA는 상수리나무-굴참나무군락이 가장 큰 것으로 나타났으며(38.9m<sup>2</sup>) 상수리나무군락(21.3m<sup>2</sup>)과 차이를 나타내었다(Table 4; Appendix 1).

굴참나무 중심의 세부군락의 모자이크 양상은 주요 군락에 대해 CA는 굴참나무군락(7,738 ha), 굴참나무-신갈나무군락(2,624 ha), 굴참나무-상수리나무군락(2,220 ha), 굴참나무-소나무군락(1,136ha) 순이었으나, NP와 PD는 면적이 넓은 세부군락에서 크게 나타났고, 특히 굴참나무-소나무군락은 CA에 비해 NP(127)

가 상대적으로 큰 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 2). TE와 ED는 분포면적 크기의 역순으로 나타났으며, 경관형태지수는 분포면적과 역순으로 나타나면서 굴참나무-상수리나무군락(10.05)이 가장 양호한 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 2). ENN은 굴참나무군락(1,490.5 m)에 이어 굴참나무-소나무군락(2,498.7 m)이 양호한 것으로 나타난 반면, AREA와 LPI는 굴참나무-상수리나무군락(116.8ha; 0.1106)이 가장 큰 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 2).

신갈나무 중심의 세부군락의 경우, CA는 신갈나무군락(5,337.8 ha), 신갈나무-소나무군락(2,897.3 ha), 신갈나무-굴참나무군락(2,256.4 ha) 순으로 나타났으나, NP와 PD는 면적이 넓은 세부군락에서 크게 나타났고, 패치의 형태와 관련된 TE(9,900 m), ED(0.0115) 및 LSI(8.16)는 신갈나무-소나무군락이 가장 양호한 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 3). CA와 NP(54)가 크게 나타났던 신갈나무군락이 ENN은 가장 낮은 값을 나타내었고, AREA는 NP가 가장 작게 나타난 신갈나무-소나무군락이 가장 양호한 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 3).

곰솔은 자생지가 해안가지역으로 국한되어 있지만, 본 연구대상지에서 넓은 범위에 분포하고 있어 의미가 있다. 곰솔 중심의 주요 세부군락은 CA는 곰솔군락(7,750 ha), 곰솔-상수리나무군락(1,220 ha), 곰솔-소나무군락(1,160 ha) 순으로 나타났고, NP와 PD 및 TE와 ED는 CA 값과 역순으로 나타났으며, LSI는 곰솔-상수리나무군락(11.4)이 다른 군락에 비해 양호한 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 4). ENN은 NP가 가장 높았던 곰솔군락(700.5 m)이 가장 낮은 값을 나타냈고, AREA는 NP가 가장 낮았던 곰솔-소나무군락(52.6 ha)이 높은 값을 나타냈다(Table 4; Appendix 4).

졸참나무는 참나무류 중에 가장 적은 면적을 차지하고 있지만, 다른 주요 수종들과 다양하게 군락을 형성하고 있다. 졸참나무 중심의 주요 세부군락은 CA에서 졸참나무-굴참나무군락(1,537 ha), 졸참나무군락(1,395



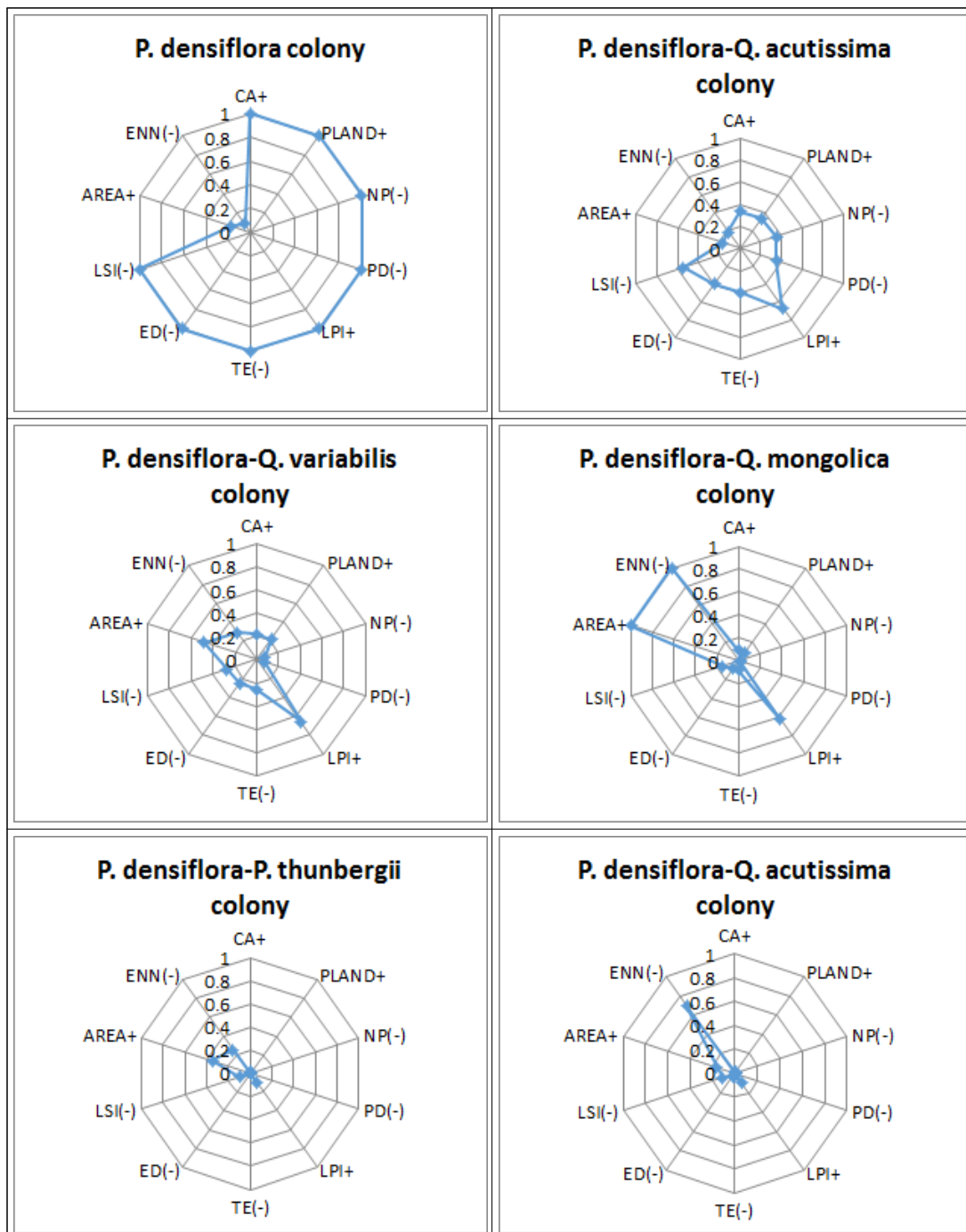


Figure 3. Presentation of landscape metrics for one of the sub-groups of primary vegetation colonies: a variety of *Pinus densiflora*-centered colonies. Whereas landscape metrics with '+' indicate that the bigger values, the more positive to landscape healthiness, those of '-' show that the bigger values, the more negative.

ha), 졸참나무-상수리나무군락(892 ha) 순으로 나타났고, PLAND, AREA 및 LPI에서도 같은 경향을 나타냈다(Table 4; Appendix 5). NP와 PD는 졸참나무군락(53개)이 가장 큰 값을 나타낸 반면, 졸참나무-굴참나무군락(34)은 상대적으로 적은 수를 나타내었다(Table 4; Appendix 5). TE와 ED 및 LSI에서도 졸참나무군락(76,590; 0.088; 14.1)이 가장 큰 값을 보여 경관안정성이 낮게 나타났다(Table 4; Appendix 5).

#### 4. 고찰 및 결론

현재 우리나라에서 산림을 주제로 한 경관의 변화에 대한 연구는 많이 진행되고 있지만, 거의 모든 연구가 산림을 하나의 토지이용형태로 인식하고 분석하기 때문에 산림 경관의 구조 및 기능에 대한 세밀한 분석에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 충청남도 지역에 분포하고 있는 식생군락을 산림경관분석의 분석단위로 설정하여 FRAGSTATS 4.2를 이용한 경관분석을 시도하였다. 우점 수종을 한 개로 고려한 대표군락 분류와 두 개의 수종을 우점 수종을 선정한 세부군락 분류를 이용하여 각각의 단위 군락을 경관 단위로 하여 분석한 결과는 다양한 지수를 통하여 정량적인 값들을 제시하였다. 충청남도 전체를 보면 침엽수의 경우 소나무 군락이 우점하고 있고, 활엽수종의 경우에는 상수리나무가 우점을 하고 있었다. 모자이크화의 경향에 있어서는 면적을 더 넓게 차지하고 있는 소나무 군락이 패치개수가 상대적으로 적었지만, 가장자리 효과를 고려하면 상수리나무 군락에 비해 모자이크화가 더 진행된 것으로 나타났다.

대표군락 중 가장 넓은 면적을 차지하는 소나무군락의 경우, ED와 LSI의 값이 다른 대표군락에 비해 매우 높게 나타나기 때문에(Table 3), 경관형태적인 측면에서 건강성이 낮은 것으로 판단되었으며, 이러한 것은 충청남도 소나무군락의 전반적인 특성으로 파악되었다. 하지만, ENN값이 상당히 작게 나타나 소나무군락 개개

의 패치들이 모자이크화 되었음에도 현재 공간거리상 근접하여 분포하고 있으며, 이 결과는 같은 공간 내의 경쟁상대인 참나무류 군락들에 비해 절반 이하의 매우 짧은 거리를 나타내는 것이었다(Table 3). 따라서 연결성을 높일 수 있는 방안이 마련된다면 손쉽게 경관형태적인 측면에서의 건강성을 회복할 수 있을 것으로 판단되었다.

각 대표군락에 속한 세부군락에 대한 경관형태에 관한 해석은 다음과 같다. 소나무군락과 소나무-상수리나무군락 등 넓게 분포한 군락에서 모자이크화가 더 많이 진행되고 그로 인하여 패치의 형태적인 건강성이 낮아진 것으로 판단되었다. 그러나 넓게 분포하면서도 경관의 모자이크화 정도가 크게 나타난 군락들이 다른 군락들에 비해 군락 내 패치간 거리가 좁게 나타나 패치의 연결성에 있어서는 긍정적인 결과를 나타내었다(Table 4; Figure 2). 상수리나무 중심의 세부군락은 소나무 중심의 세부군락과 마찬가지로 분포면적은 상수리군락이 상수리나무-소나무군락이나 상수리나무-굴참나무군락에 비해 가장 크지만, 다수의 패치로 모자이크화 되면서 상대적으로 경관건강성이 낮아진 것으로 판단되었다(Table 4; Appendix 1). 상수리나무군락 간 거리가 짧아 연결성 측면에서는 상대적으로 유리한 상황인 점도 소나무 세부군락과 비슷한 상황으로 판단되었다(Table 4; Appendix 1).

굴참나무 중심의 세부군락의 경우, 분포면적은 굴참나무군락이 유의하게 크면서 군락경관의 모자이크화 경향도 커서 경관형태적인 측면에서는 면적이 상대적으로 작은 굴참나무-소나무군락이 양호한 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 2). 신갈나무 중심의 세부군락의 경우, 신갈나무군락은 분포면적이 유의하게 크면서도 군락경관의 모자이크화 경향과 경관형태적인 측면에서는 저조한 것으로 나타난 반면, 분포면적이 신갈나무군락의 절반 정도인 신갈나무-소나무군락은 전반적으로 양호한 값을 보여주었다(Table 4; Appendix 3). 곰솔 세부군락 - 곰솔군락이 넓게 분포하면서도 가

장 모자이크화한 것으로 나타난 반면, 곰솔-소나무군락은 패치의 크기나 형태면에서 전반적으로 양호한 것으로 나타났다(Table 4; Appendix 4). 졸참나무 중심의 세부군락은 졸참나무-굴참나무군락이 졸참나무군락이나 졸참나무-상수리나무군락에 비해 상대적으로 큰 분포면적을 나타내면서도 모자이크화 한 패치의 개수가 적어 경관건강성이 전반적으로 우위에 있는 것으로 판단되었다(Table 4; Appendix 5).

식생의 모자이크화 원인과 천이 방향을 예측하기 위해서는 수종별, 군락별로 추가적인 생태 정보가 필요하며, 다양한 정보를 중첩하면 좀 더 구체적인 경관변화 양상을 분석해 낼 수 있을 것으로 기대된다. 한국은 면적에 비해 굴곡이 많은 산악형 지형과 상대적으로 완만한 구릉성 지형이 혼재하기 때문에 경관분석의 결과를 해석함에 있어서 다양한 요소들을 고려하여 신중하게 해석해야 할 필요가 있다. 본 연구대상지인 충청남도 지역은 도시지역 주변에 구릉성 산지와 산악형 산지가 섞여서 나타나는 지역으로 정확한 해석을 위해서는 지형의 특성에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단되었다. 이번 연구의 주요 결과는 식생군락 수준의 경관분석은 기존의 모델을 이용하여 손쉽게 세밀한 식생군락의 공간적인 분포 양상을 파악할 수 있게 되었다는 것이다. 이를 바탕으로 지리정보시스템(GIS)과의 연계를 통하여 좀 더 다양한 연구와 활용방안을 개발할 수 있을 것을 기대된다. 예를 들면 도시숲의 경우 같은 산림이지만 인간의 이용이 활발한 곳으로 식생에 대한 영향이 더 크게 작용하는 공간이므로 지속가능한 차원에서 보전, 관리하기 위해서는 현 상황에 대한 이해와 더불어 장기적인 모니터링을 통한 체계적인 접근이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 시간의 경과에 따른 변화를 고려하지 않았기 때문에 생태적인 천이에 대해 파악하는 것에는 한계가 있었다. 따라서 다양한 형태의 산림유형과 시간에 따른 변화에 대한 고려만 가능하다면, 이 연구결과를 이용하여 전국적인 식생군락 공간 관리 방안의 틀도 파

련할 수 있을 것으로 기대되며, 도시개발이나 산업단지 조성 등과 같은 주변 환경의 변화에 따른 산림식생의 변화를 선제적으로 파악하고 개발사업의 영향에 대한 관리 방안을 마련하는데 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

### References

- Chang MH. 2016. Analysis on the characteristics of urban decline using GIS and spatial statistical method: the case of Gwangju metropolitan city. *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 22(2): 424-438.
- Choi J, Lee S, Ji SY, Jeong JC, Lee, PS. 2016. Landscape analysis to assess the impact of development projects on forests. *Sustainability*, 8: 1012 (doi:10.3390/su8101012).
- Choi WY, Jung SG, Oh JH, Yoo JH. 2005. The structural and functional analysis of landscape changes in Daegu metropolitan sphere using landscape indices & ecosystem service value. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 8(4): 102-113.
- Heo SG, Kim KS, Ahn JH, Yoon JS, Lim KJ, Choi JD, Shin YC, Lyou CW. 2006. Evaluation of water quality impacts of forest fragmentation at Doam-dam watershed using GIS-based modeling system. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 9(4): 1-13.
- Heo SG, Kim KS, Ahn JH, Yoon JS, Lim KJ, Choi JD, Shin YC, Lyou CW. 2007. Landscape analysis of the forest fragmentations at Doam-dam

- watershed using the FRAGSTATS model. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 10(1): 10-21.
- Hong SH, Kim SI. 2016. Policy case study for urban waterfront regeneration - Focused on Han River management foundation plan and London Thames gateway regeneration project. *Journal of Digital Convergence*. 14(8): 479-485.
- Hong SK, Kim JE. 2008. Applying geographical information system and landscape indices to landscape ecological analysis of maritime villages in Korea - Case studies on fishery villages in Tae-An peninsula, Chungnam. *Journal of the Island Culture*. 31: 281-299.
- Ji SY., Choi J, Lee S, Lee PS. 2016. Prediction of fragmentation impact range of forest development analyzing the pattern of landscape indexes. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*. 19(2): 109-119.
- Jung SG, Oh JH, Park KH. 2002. The analysis of landscape structure due to the landcover change - case study in Kyongsan City. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 5(3): 9-18.
- Jung SG, Oh JH, Park KH. 2005. A temporal structure analysis of forest landscape patterns using landscape indices in the Nakdong river basin. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 8(2): 143-154.
- Kang MH, Kim SI. 2010. Development of evaluation indices for forest landscape classification. *Journal of Korean Forest Society*. 99(6): 777-784.
- Kim HS, Lee SM, Song HK. 2011. Actual vegetation distribution status and ecological succession in the Deogyusan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology*. 25(1): 37-46.
- Kim KS. 2014. A study on the regeneration policies of an old industrial area in metropolis: a case of Sasang industrial area. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 7(4): 144-155.
- Korea Forest Service. 2016. Statistical Yearbook of Forestry. Vol 46. Korea Forest Service, Daejeon-si, Republic of Korea. p.414.
- Kupfer JA. 2012. Landscape ecology and biogeography: Rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. *Progress in Physical Geography*. 36(3): 400-420.
- Kwon OS, Ra JH, Cho HJ, Ku JN, Kim JH. 2016. Ecosystem service analysis of urban forests for flood prevention. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation*. 20(1): 69-79.
- Lee SB. 2007. *Research on landscape ecology approach for analyzing an ecological axis*. , Korea Environment Institute(KEI). Research report - 2007 RE17. p.138.
- McGarigal K, Marks B. 1995. *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Ver. 2.0. General Technical Report, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon. p.122.
- Shin HS, Shin JK, Kim HJ, Han SH, Lee WH, Yun CW. 2014. Characteristics of community

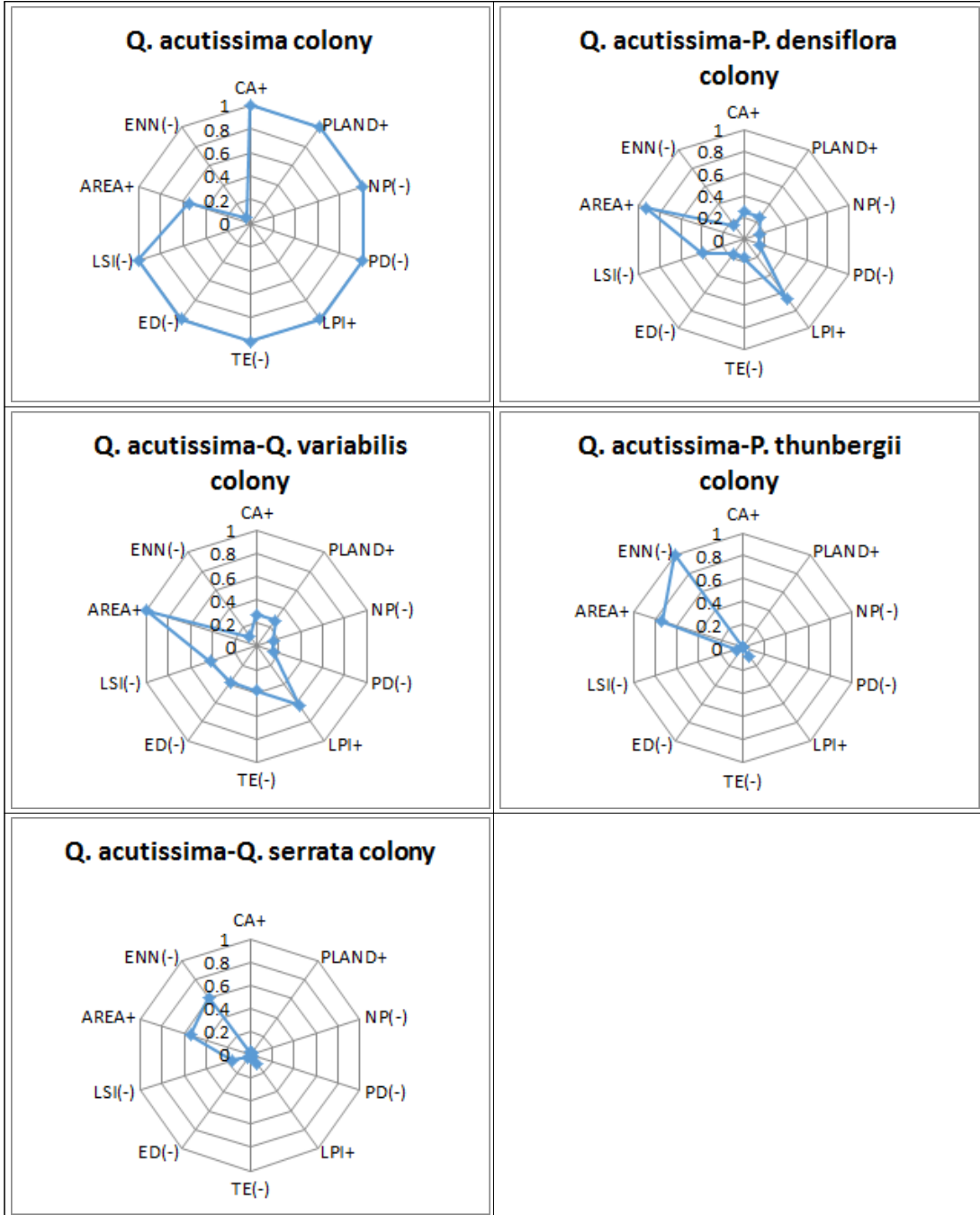
- |  |   |
|--|---|
| <p>structure for forest vegetation on Manisan, Ganhwado. <i>Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology</i>. 16(1): 11-21.</p> <p>Suh EC, Kim YP. 2010. A time-series analysis of forest patch change difference by green trace of land cover classification indices. <i>The Journal of Korean Institute of Forest Recreation</i>. 14(2): 93-98.</p> <p>Ryu JE, Kang JH, Lee DK. 2011. Assessment of diversity of forest structure in Gunja-dong, Sihung city, Korea. <i>Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology</i>. 14(1): 23-33.</p> | <p>2017년 4월 28일 원고접수(Received)</p> <p>2017년 6월 07일 1차심사(1st Reviewed)</p> <p>2017년 6월 19일 2차심사(2nd Reviewed)</p> <p>2017년 6월 20일 게재확정(Accepted)</p> |
|--|---|

### 초 록

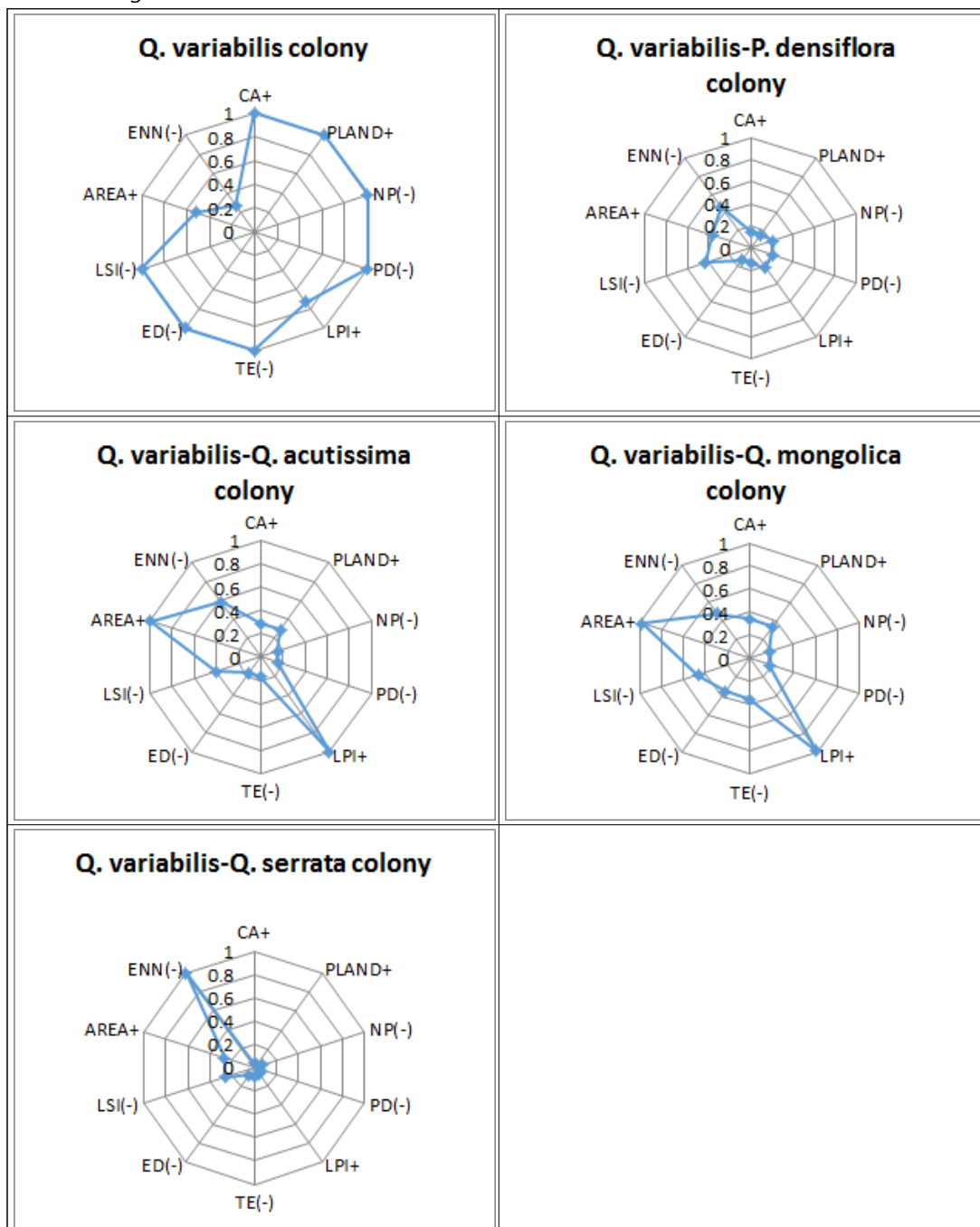
한국 국토의 60% 이상을 차지하고 있는 산림지역에 대한 개발과 이용의 수요가 증가하고 있지만, 개발사업의 허가는 산림생태계의 보전보다는 국토 이용 중심의 평가로 이루어지고 있다. 대규모 산림지역을 평가할 경우 산림의 구조를 중심으로 분석하기 때문에 산림 내부의 변화를 관찰하고 분석하는데 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 충청남도 식생군락의 현존식생도와 FRAGSTATS 4.2를 이용하여 경관지수를 산출하고 식생 모자이크를 분석해 보았다. 식생 군락은 주요 자생 수종을 중심으로 대표군락과 세부군락으로 구분하였고, 군락별 차이를 분석하기 위해 분포면적(CA), 분포면적비율(PLAND), 패치개수(NP) 등의 10가지 경관지수가 선택되었다. 충청남도 식생의 대표군락과 세부군락은 소나무군락, 상수리나무군락 및 소나무와 참나무류 수종의 조합이 우세하게 나타났으며, 소나무군락의 면적이 상당히 높게 나타났다. 소나무군락과 참나무류군락의 경쟁의 경우, 대표군락의 경우 소나무군락이 전체 분포면적은 3배 가량 넓으나 작은 패치로 나뉘어져 모자이크화 정도는 참나무류 군락이 작은 것으로 판단되었다. 세부군락의 경우에는 소나무 중심의 군락에서는 소나무-신갈나무군락이, 상수리나무 중심 군락에서는 상수리나무군락이, 굴참나무 중심의 군락에서는 굴참나무-소나무군락이, 신갈나무 중심의 군락에서는 신갈나무군락이, 곰솔 중심의 군락에서는 곰솔군락이, 졸참나무 중심의 군락에서는 졸참나무-상수리나무군락이 넓은 분포면적과 동시에 모자이크화도 심한 것으로 나타났다. 전체적인 모자이크화 양상은 수치로 표현될 수 있어 모니터링 단계에서 문제가 있는 식생군락을 판별할 때 유용할 것으로 판단되었다. 모자이크화의 원인과 천이의 방향성 예측을 통한 관리 방안 마련을 위해서는 각 군락의 생태적인 특성에 대한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단되었다.

주요어 : 산지개발, 산림보존, 식생군락, 식생 모자이크, 산림경관분석, FRAGSTATS, 현존식생도

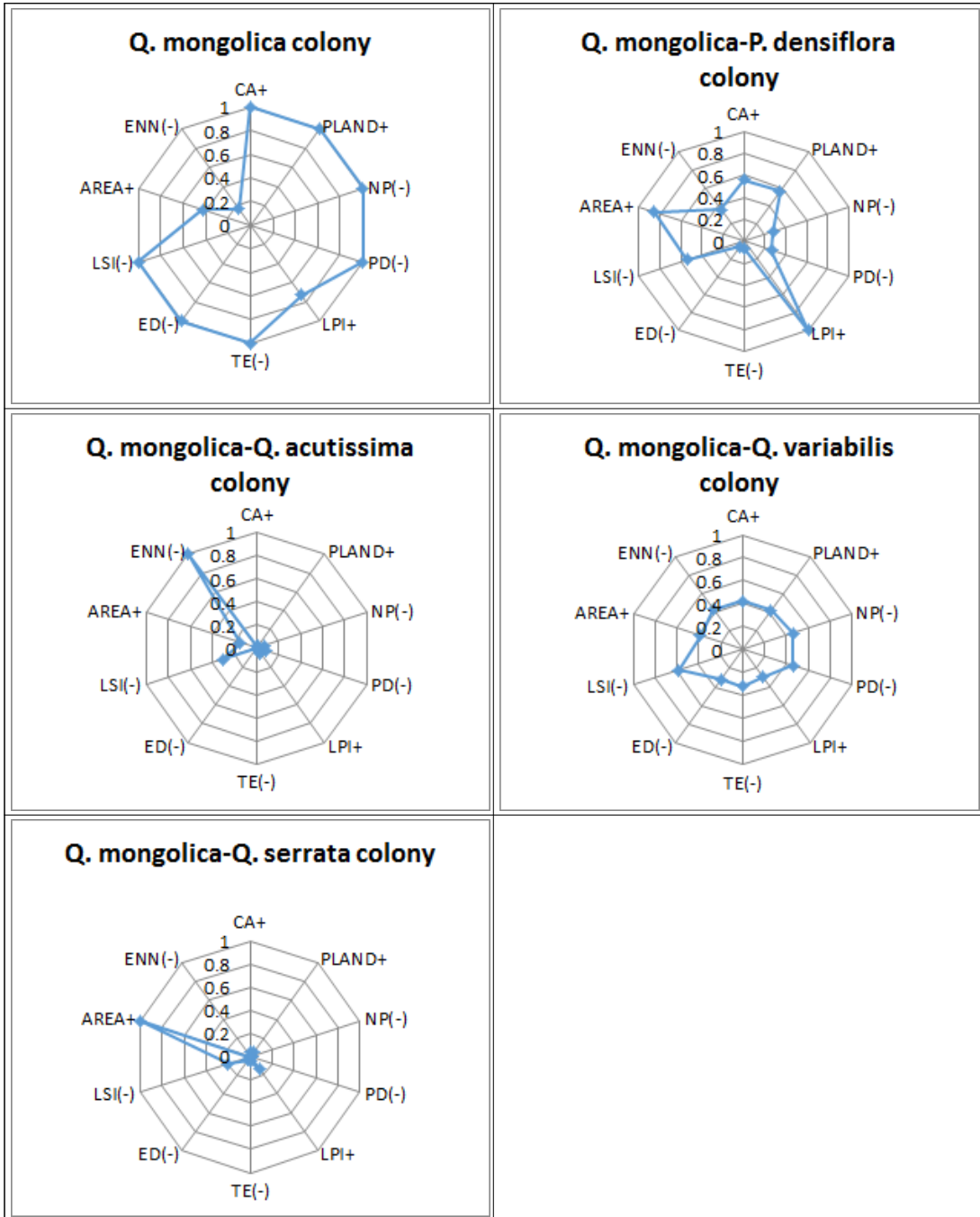
Appendix 1. Presentation of landscape metrics for one of the sub-groups of primary vegetation colonies: a variety of *Quercus acutissima*-centered colonies. Whereas landscape metrics with '+' indicate that the bigger values, the more positive to landscape healthiness, those of '-' show that the bigger values, the more negative.



Appendix 2. Presentation of landscape metrics for one of the sub-groups of primary vegetation colonies: a variety of *Quercus variabilis*-centered colonies. Whereas landscape metrics with '+' indicate that the bigger values, the more positive to landscape healthiness, those of '-' show that the bigger values, the more negative.

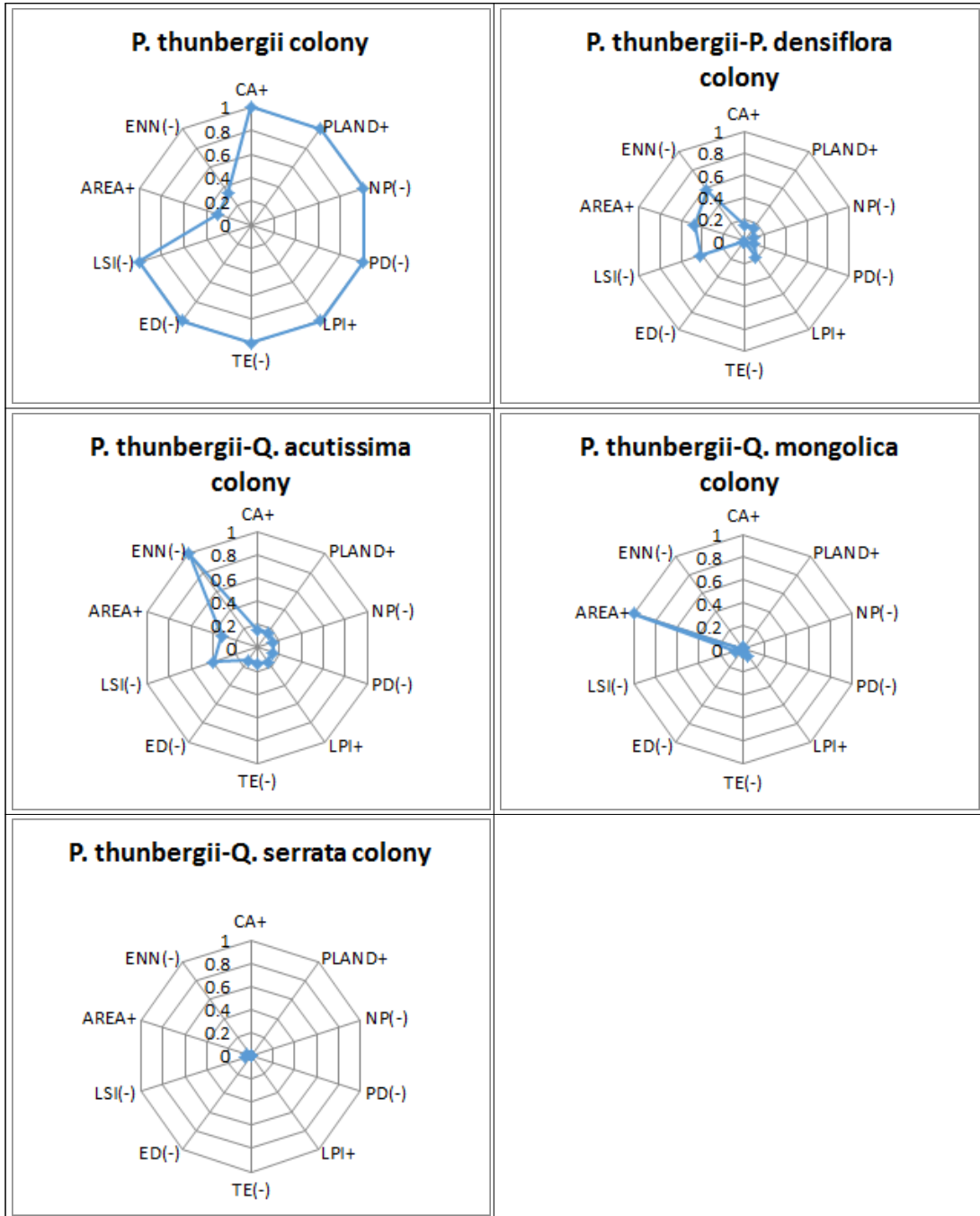


Appendix 3. Presentation of landscape metrics for one of the sub-groups of primary vegetation colonies: a variety of *Quercus mongolica*-centered colonies. Whereas landscape metrics with '+' indicate that the bigger values, the more positive to landscape healthiness, those of '-' show that the bigger values, the more negative.





Appendix 4. Presentation of landscape metrics for one of the sub-groups of primary vegetation colonies: a variety of *Pinus thunbergii*-centered colonies. Whereas landscape metrics with '+' indicate that the bigger values, the more positive to landscape healthiness, those of '-' show that the bigger values, the more negative.



Appendix 5. Presentation of landscape metrics for one of the sub-groups of primary vegetation colonies: a variety of *Quercus serrata*-centered colonies. Whereas landscape metrics with '+' indicate that the bigger values, the more positive to landscape healthiness, those of '-' show that the bigger values, the more negative.

