

수치임상도 작업매뉴얼의 개선방안에 관한 연구*

박정목¹ · 도미령¹ · 심우담¹ · 이정수^{1*}

A Study on the Improvement of Guideline in Digital Forest Type Map*

Jeong-Mook PARK¹ · Mi-Ryung DO¹ · Woo-Dam SIM¹ · Jung-Soo LEE^{1*}

요 약

본 연구는 「임상도 현행화 제작(DB구축 작업매뉴얼)」(이하 작업매뉴얼)의 제작과정과 방법을 검토하고, 1:5k 수치임상도(이하 임상도)에 평가항목을 적용하여 제작과정과 방법에 대한 문제점 도출 및 개선방안 제시를 목적으로 하였다. 임상도에 적용되는 평가항목은 구획과 속성에 관한 사항으로 구분하였으며, 행정구역별 임분구조 특성과 파편화 분석을 통하여 작업매뉴얼의 제작과정과 방법의 문제점을 도출하였다. 작업매뉴얼의 구획에 관한 사항은 '인위적변화지와 자연적변화지'의 항목에서 제작과정이 제안되어있고 전국을 5분할하여 자연적변화지는 5년 주기로 인위적변화지는 매년 갱신하고 있기 때문에 지역 간 구축된 임상도 DB의 일관성을 알아보기 위하여 파편화를 분석하였다. 전국의 산림 패치수(Number of Patches)는 증가하고, 평균패치크기(Mean of Patch Size)가 감소하여 파편화 정도와 형태의 복잡성이 증가하였으며, 17개 광역시·도 중 4개의 지역은 파편화 정도와 형태의 복잡성이 감소하여 지역 간의 편차가 발생하였다. 또한, '산림의 구분' 항목에서 최소구획면적은 0.1ha로 구분하고 있기 때문에 임상도에서 구획된 객체(폴리곤 단위) 면적을 산출하여 최소구획면적 기준을 검토한 결과 전체 객체 중 최소구획면적 기준 미만이 되는 객체의 비율은 약 26%나 차지하였다. 이에 따라 '인위적변화지와 자연적변화지'의 갱신 주기와 정의 확립이 필요하며, 최소구획면적 기준에 대한 구획 기준의 개선이 필요하다. 한편, 작업매뉴얼의 속성에 관한 사항은 '수종변화' 항목에서 지형지물체계를 52종으로 분류하고 있으며, 이 중 입목지는 43종으로 분류하고 있어, 임상도에서 구축된 수종정보를 추출하여 분포비율을 검토하였다. 입목지 수종 중 분포비율이 0.1% 미만인 수종은 23종으로 약 53%를 차지하고 있으며, 상위 3종은 소나무와 기타수종으로 구획되어 있다. 또한, 무림목지의 관목덤불은 지형지물체계에서 분류하고 있지만, '산림의 구분' 항목에서는 정의 및 판독기준이 마련되어 있지 않기 때문에 '수종변화'의 지형지물체계의 재정립과 관목덤불에 대한 정의 정립이 필요하다.

2019년 03월 15일 접수 Received on March 15, 2019 / 2019년 03월 28일 수정 Revised on March 28, 2019 / 2019년 03월 29일 심사완료 Accepted on March 29, 2019

* 본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2017045A00-1919-BB01)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

1 강원대학교 산림환경과학대학 산림과학부 산림경영학과 Dept. of Forest Management, Division of Forest Sciences, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University

※ Corresponding Author E-mail : jslee72@kangwon.ac.kr

주요어 : 산림, 수치임상도, 산림파편화, 임분구조, 작업매뉴얼

ABSTRACT

The objectives of this study were to examine the production processes and methods of “Forest Type Map Actualization Production (Database (DB) Construction Work Manual)” (Work Manual) identify issues associated with the production processes and methods, and suggest solutions for them by applying evaluation items to a 1:5k digital forest type map. The evaluation items applied to a forest type map were divided into zoning and attributes, and the issues associated with the production processes and methods of Work Manual were derived through analyzing the characteristics of the stand structure and fragmentation by administrative districts. Korea is divided into five divisions, where one is set as the area changed naturally and the other four areas set as the area changed artificially. The area changed naturally has been updated every five years, and those changed artificially have been updated annually. The fragmentation of South Korea was analyzed in order to examine the consistency of the DB established for each region. The results showed that, in South Korea, the number of patches increased and the mean patch size decreased. As a result, the degree of fragmentation and the complexity of shapes increased. The degree of fragmentation and the complexity of shapes decreased in four regions out of 17 regions (metropolitan cities and provinces). The results indicated that there were spatial variations. The “Forest Classification” defines the minimum area of a zoning as 0.1ha. This study examined the criteria for the minimum area of a zoning by estimating the divided object (polygon unit) in a forest type map. The results of this study revealed that approximately 26% of objects were smaller than the minimum area of a zoning. The results implied that it would be necessary to establish the definition and the regeneration interval of “Areas Changed Artificially and Areas Changed Naturally”, and improve the standard for the minimum area of a zoning. Among the attributes of Work Manual, “Species Change” item classifies terrain features into 52 types, and 43 types of them belong to stocking land. This study examined distribution ratios by extracting species information from the forest type map. It was found that each of 23 species, approximately 53% of species, occupied less than 0.1% of Forested land. The top three species were pine and other species. Although undergrowth on unstocked forest land are classified in the terrain feature system, their definition and classification criteria are not established in the “Forest Classification” item. Therefore, it will be needed to reestablish the terrain feature system and set the definitions of undergrowth.

KEYWORDS : Forest, Digital forest type map, Fragmentation, Stand Structure, Guidelines

서론

오늘날의 산림의 기능과 역할은 다변화되고

있으며, 산림의 자원의 효율적 관리를 위한 산림정보의 시각화 하려는 노력이 계속되고 있다 (Bang *et al*, 2014). 또한, 다양한 산림의 정보에 대한 수요가 증가함에 따라 산림사업의 계획수

림, 임업경영, 환경부 생태자연도 제작 등 각 분야에서 수치임상도의 활용성이 증가하고 있으며 (You *et al.*, 2011), 미래의 산림육성을 위한 기본적인 자료가 되고 있다(Kim *et al.*, 2104). 임상도 수요증가에 맞추어 임상도 현행화 과정이 진행되고 있으며, ‘임상도 현행화 제작(DB구축 작업매뉴얼(이하 작업매뉴얼))’을 바탕으로 하여 6개의 제작기관에서 자연적변화지와 인위적변화지로 구분하여 매년 갱신되고 있다. 자연적변화지는 전국 1/5부분을 현지조사와 영상판독을 통하여 갱신하고 있으며, 인위적변화지는 자연적변화지를 제외한 전국 4/5부분을 영상판독을 통하여 갱신하고 있다(KOFPI, 2017). 영상판독은 항공사진을 이용하여 영상의 패턴과 모양 등을 확인하고 판독하는 과정이며, 작업자의 주관적 판단으로 판독되고 있다(Kim *et al.*, 2009).

이러한 수치임상도는 우리나라 국토의 산림이 어떻게 분포되어 있는가를 보여주는 대표적인 산림주제도로 임종·임상·수종·경급·영급·수관밀도·수고정보를 포함하여 다양한 속성정보를 제공하고 있다. 임상도는 국가산림자원조사 제1차(1972~1974) 흑백 종이 임상도를 시작으로 제5차(2006~2010)까지 총 5차례에 걸쳐 1:25k 축척의 디지털 임상도를 제작하였다(Kim *et al.*, 2009 ; KOFPI, 2017). 디지털로 제작된 임상도는 면의 형태로 구성되어 있고 객체내의 속성정보를 통해 시각화 되었다(Bang *et al.*, 2014). 또한, 2009년부터 1:5k 대축척 임상도 확대제작을 시작하여 2013년 대축척 임상도가 제작되었으며, 2014년 이후 자연적·인위적 변화에 대한 현행화가 5년 주기로 진행되고 있다. 하지만, 수치임상도는 대단위 면적에서 산림구조를 파악하기에는 용이하나, 산림변화지에 대한 갱신 위주로 수행되고 있고, 수요자들의 요구하고 있는 정보들에 대한 추가적인 판독은 진행되고 있지 않고 있다. 또한, 실제 수종정보를 반영하고 있지 못하여, 데이터의 일관성과 공간정보 부정확성 등의 문제점이 제기되고 있다(KFRI, 2015).

수치임상도의 품질향상을 위해 국내에서는 수

치임상도 제작 및 고도화방안 연구가 많이 진행되었다. Yoo *et al.*(2008)는 Tablet PC를 기반으로 수치임상도 현지조사의 생산성 향상을 위한 현장조사용 맞춤형 시스템 FIS S/W를 개발하였으며, Kim *et al.*(2009)은 1:25k 수치임상도의 일관된 품질로 제작하기 위한 공정을 표준화하는 수치임상도 표준제작체계를 개발하였다. 또한, Park(2013)은 하이퍼스펙트럴 이미지를 이용하여 수종 자동분류에 관한 연구를 진행하였으며, Hong and Kim(2013)는 SAR영상을 이용하여 수관밀도를 추정하였으며, Cho(2008)는 정규식생지수(NDVI)기법을 이용하여 임상을 분류하고, 수종별 판독인자를 선정하여 이를 토대로 임상도 제작 방법을 마련하였다. 원격탐사기법을 이용한 수치임상도 고도화 방안 연구들이 진행되었으나, 기존 공정의 내용을 점검하고 문제점을 도출하여 가이드라인을 제안한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 작업매뉴얼의 제작과정과 방법의 내용을 검토하고, 1:5k 수치임상도에 평가항목을 적용하여 제작과정과 방법에 대한 문제점 도출 및 개선방안 제시를 목적으로 한다.

연구 방법

1. 연구 자료

연구 자료는 한국임업진흥원에서 제공받은 ‘임상도 현행화제작_DB구축 작업매뉴얼 Ver 3.1(이하 작업매뉴얼)’과 2013년 대축척 수치임상도(16,546도엽), 2017년 현행화 작업으로 갱신된 대축척 수치임상도(18,500도엽)를 사용하였다. 작업매뉴얼은 ‘임상도의 개요’, ‘임상도 현행화 제작방법’과 ‘임상도 현행화 데이터 검수지침’, ‘변화지역 추출’, ‘성과품 관리’에 관한 내용으로 구성되며, ‘임상도 현행화 제작방법’은 인위적변화지와 자연적변화지에 관한 내용으로 구분되어있다. 인위적변화지는 기초자료를 이용한 임상판독 및 구획에 관한 사항으로 구성되어 있으며, 자연적변화지는 변화지역을 중심으로 수정·갱신하며 임종, 임상, 수

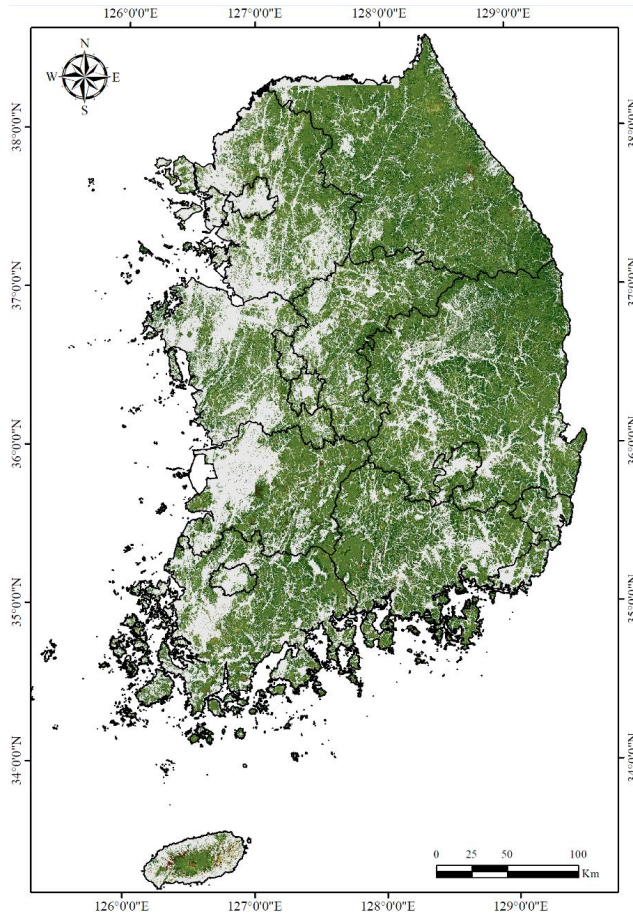


FIGURE 1. Digital forest type map(1:5000)

중, 경급, 영급, 수관밀도 등 각 항목별 변화에 대한 사항으로 구성되어 있다.

수치임상도는 1:5k 도엽 크기의 임상도를 병합하여 전국을 17개(강원:KAW, 경기:KYG, 경남:KSN, 경북:KSB, 광주:KWJ, 대구:TAE, 대전:TAJ, 부산:PUS, 서울:SEL, 세종:SEJ, 울산:USN, 인천:INC, 전남:CLN, 전북:CLB, 제주:CHJ, 충남:CCN, 충북:CCB) 광역시·도 단위로 구분하였다(그림 1).

2. 연구 방법

작업매뉴얼은 임상 판독 및 구획에 관한 내용인 ‘임상도 현행화 제작방법’을 중점적으로 검

토하였다. 작업매뉴얼의 ‘임상도 현행화 제작방법’에서는 제작과정을 구획과 속성에 관한 사항으로 구분하였으며, 수치임상도를 활용하여 파편화 분석 및 임분구조 분석을 통해 작업매뉴얼의 공정과정과 구획된 객체(폴리곤 단위) 자료의 일관성을 평가하고, 비교·검토하여 문제점을 도출 및 개선방안을 제시하였다(그림 2).

1) 작업매뉴얼의 구획에 관한 사항

작업매뉴얼의 ‘임상도 현행화 제작방법’에서 임상도 현행화 제작은 인위적변화지와 자연적변화지로 구분하고 있으며, 전국을 5분할하여 인위적변화지는 매년, 자연적변화지는 5년 주기로 갱신하고 있다. 인위적변화지와 자연적변화지의

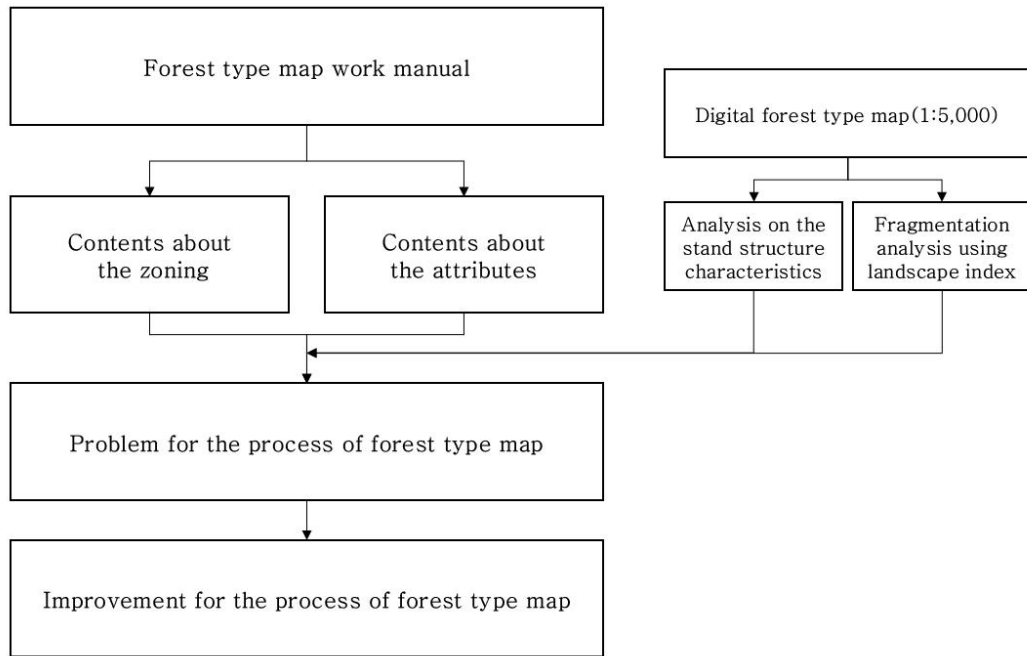


FIGURE 2. Method of Study

제작과정에 따른 구획내용은 작업매뉴얼에 제시되어 있지만, 제작방법이 상이하고, 제작 주기가 다르기 때문에 제작된 임상도를 이용하여 파편화분석을 실시한 후 지역별 임상도의 구획패턴의 차이를 비교하였다.

파편화분석은 일정 공간 내의 구조적인 패턴과 변화양상을 규명하는데 용이한 경관지수를 사용하였으며(Kim *et al.*, 2013), 선행연구를 검토하여 6가지 경관지수를 선정하여 평가하였다(Choi *et al.*, 2013, Park, 2017)(표 1). 경관지수는 패치의 크기를 알 수 있는 총면적(Total Area; 이하 TA)과 패치수(Number of Patches; 이하 NP), 평균 패치크기(Mean Patch Size; 이하 MPS)와(Reddy *et al.*, 2013, Gong *et al.*, 2013), 패치 형태의 복잡성을 알 수 있는 총 경계부 길이(Total Edge; 이하 TE)와 경계부 밀도(Edge Density; 이하 ED), 경관형태지수(Area Weighted Mean Shpae Index; 이하 AWMSI)를 적용하여 구조적 특성을 분석하였다(Park, 2013 ; Park,

2014 ; Coops *et al.*, 2010). 특히, NP가 증가하고, MPS가 감소할수록 객체가 분산화되어 분포하며 TE와 ED가 증가할수록 객체의 형태가 복잡해진다(Suh and Kim, 2010). AWMSI는 복잡성과 규칙성을 평가하는 지수로 값이 높아질수록 형태가 복잡해지며, 1에 가까워질수록 정사각형의 형태를 가진다(Sung and Cho, 2012 ; Park, 2013; Na *et al.*, 2015).

작업매뉴얼의 ‘임상도 현행화 제작방법’에서 최소구획면적은 ‘산림의 구분’에 제시되어 있다. 최소구획면적은 산림 최소면적 기준에 따라 0.1ha이상으로 규정되어 있으며, 입목지는 인공림 0.1ha, 천연림 0.5ha로 차등하여 구분하고 있다. 하지만, 임상도 구획 과정에서 객체가 중첩 및 편집 등 작업자의 주관에 따라 최소구획면적을 고려하여 제작했는지 판단하고자 2013년과 2017년의 수치임상도를 이용하여 행정구역에 따라 천연림, 인공림, 무림목지, 비산림으로 구분하여 속성정보별 객체 비율을 분석하고 지역별 증감률 비교하여 구획에 관한 사항을 검

TABLE 1. Landscape in indicies and Formula

Category	Landscape in indicies	Formula	Unit
Patch Size Metrics	Total Area : TA	$TA = A$	ha
	Number of Patches : NP	$NP = n_i$	
	Mean Patch Size : MPS	$MPS = \frac{mean = a_{ij}}{A} (100)$	ha
Edge and Shape Metrics	Total Edge : TE	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$	km
	Edge Density : ED	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} 10,000$	m/ha
	Area-Weighted Mean Shape Index : AWMSI	$AWMSI = \frac{0.25 \sum_{k=1}^m e_{ik}}{\sqrt{A}}$	

A : Total Area(ha)

a_{ij} : Area of Patch ij (㎡)

n_i : Patch Number of i Class

e_{ik} : Total Edge(m)

2.3 인위적변화지의 임상도 현행화 제작
 - 갱신 제작순서는 임상관독 및 구획 임상구획 수정 및 편집, 구조화 편집 및 임상도 DB구축의 순서로 진행

2.4 자연적 변화지의 임상도 현행화 제작
 - 갱신 제작순서는 기초자료 수집 및 분석, 사전현지조사, 임상관독 및 구획, 임분고측정, 임상현지대조, 임상구획 수정 및 편집, 구조화 편집 및 메타데이터 제작, 임상도변 제작의 순서로 진행

(1) 산림의 구분
 - 산림의 정의는 ‘산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률’의 규정에 따름. 구체적으로는 최소 면적이 0.1ha(30m×30m) 이상, 수고가 최소한 5m 까지 자랄 수 있는 입목의 수관밀도가 10% 이상인 토지로서, 죽림을 포함하여 최소 폭이 20m 이상이어야 한다.
 ※ 제외 : 임도, 암석지, 묘지 등 임목육성에 쓰이지 않는 임지
 - 임도, 사방시설 (면적 0.1ha, 폭10m 이상인 경우 구분)
 - 묘지는 0.1ha 이상만 구획하는 것이 원칙이나 기존에 구획된 묘지의 경우에는 반영하지 않음

(2) 임종변화
 - 임종에 따라 최소구획면적을 차등화 : 인공림 0.1ha, 천연림 0.5ha

FIGURE 3. Manual for zoning

토하였다(그림 3).

2) 작업매뉴얼의 속성에 관한 사항

작업매뉴얼의 ‘임상도 현행화 제작방법’에서 자연적변화지의 ‘수종변화’ 항목에서는 최소구획면적 이상의 산림에서 특정수종이 75%이상 점유하고 있을 경우 판독하도록 제시하고 있다(그림 4). 특히, 현재 제공되고 있는 대축척 수치임상도는 기존 5차 수치임상도의 축척 1:25k

에서 1:5k로 정밀하게 변경됨에 따라 침엽수 12종, 활엽수 20종, 상록활엽수 9종, 혼효림 1종, 죽림 1종, 무림목지 3종, 비산림 6종으로 총 52종의 지형지물체계로 기존 5차 수치임상도보다 30종이 증가하였다(표 2). 임상도 제작에서는 항공사진을 바탕으로 지형지물체계를 판단하여 속성정보 입력하지만, ‘특정수종’에 대한 정의와 판단기준이 없기 때문에 임상도에서 2017년 임상도를 사용하여 17개 행정구역별

(1) 산림의 구분

- ※ 미립목지 : 인위적 또는 자연적 요인에 의해 일시적으로 나무가 제거되었지만 산림으로 회복될 것으로 예상되는 산림
 - 교목의 울폐도가 10%이하인 덩불지, 관목지
 - 벌채지 (조림사업내역이 없는 경우)

(4) 수종변화

- 임종에 따른 최소구획면적 이상의 산림에서 특정수종이 75%이상 점유하고 있을 경우 수종을 기입
- 지형지물 및 속성코드 체계

임상	세분류	내용	지형지물코드	속성코드
침엽수림	소나무	소나무	11	PD
	갯나무	갯나무, 섬갯, 눈갯, 스트로브갯	12	PK
	낙엽송	일갈나무, 일본일갈	13	LL
	리기다소나무	리기다, 리기테다, 방크스	14	PR
	곰솔	곰솔(해송)	15	PT
...				
비산림	기타		99	E

FIGURE 4. Manual for attributes

입목지 항목을 추출하였으며, 객체의 면적을 산출하였다. 산출된 면적은 전국 입목지 비율로 계산하여 전국 수종비율을 분석하였고, 면적비율 0.1%미만인 수종의 수종별 분포도를 작성하였다. 지역별 수종의 분포정보는 국가생물종지식정보시스템의 수종별 분포지역과의 중첩 비교를 통해 데이터의 신뢰성을 함께 검토하였다 (NATURE, 2019).

한편, ‘산림의 구분’ 항목에서 무림목지는 미

림목지와 제지로 구분되어 있으며, ‘수종변화’의 지형지물체계에서 무림목지는 미림목지, 제지, 관목덤불로 구분되어 있다. 관목덤불의 경우 임상도 현행화 제작 중 2016년에 추가된 속성 정보이다. 관목덤불은 지형지물체계에서 속성 ‘B’로 구분하고 있으며, 관목덤불 속성이 추가되기 이전의 관목지는 미림목지로 판독되었다. 작업매뉴얼에서는 산림의 구분 항목 미림목지 판독기준 내용에 관목지가 포함되어 있고,

TABLE 2. Feature classification system of manual

Coniferous forests(12)	Pinus densiflora, Pinus Koraiensis, Larix laricina, Pinusrigida, Pinus thunbergii, Abies holophylla, Chamaecyparisobtusa, Cryptomeria japonica, Picea jezoensis, Torreya nucifera, Ginkgo biloba, Etc. conifers
Broad-leaved forests(20)	Quercus acutissima, Quercus mongolica, Quercusvariabilis, Etc. an oak tree, Alnus japonica, Acer pictum subsp, Betulaplathyphylla, Betulaschmidtii, Castanea crenata, Fraxinus rhynchophylla, Carpinus laxiflora, Styra japonica, Juglans regia, Liriodendron tulipifera, Populus deltoides, Prunus serrulata, Zelkova serrata, Cornuscontroversa, Robinia pseudoacacia, Etc. broadleavedtrees
Evergreen broad-leaved forests(9)	Quercus myrsinaefolia, Castanopsissieboldii, Cinnamomumcamphora, Daphniphyllummacropodum, endropanaxmorbifera, Eurya japonica, Machilusthunbergii, Neolitseaaciculata, Etc. evergreen broadleaved trees
Mixed forest(1)	Mixed forest
Bamboo grove(1)	Bamboo grove
Unstocked land(3)	Left-over area, Non-stocked forest land, Undergrowth
Non-forest(6)	Shelter, Grassland, Cultivation, Water structure, Orchard, Etc

관목덤불에 관한 정의 및 판독기준이 누락되어 있다. 따라서, 관목덤불의 구획 유무와 분포현황을 분석하기 위하여 수치임상도의 행정구역에 따른 무림목지 항목을 추출하였으며, 제지를 제외한 미림목지와 관목덤불의 면적과 분포현황을 산출하여 속성에 관한 문제점을 도출하였다.

결과 및 고찰

1. 구획에 관한 사항의 문제점 및 개선방안 도출

1) 인위적변화지와 자연적변화지 구분에 의한 지역별 파편화 비교·분석

수치임상도는 2013년 전국 산림의 전체면적(TA)이 총 5,836천ha, NP는 3,122천개, MPS는 3.4ha로 분포하였으며, 2017년 TA는 5,909천ha, NP는 3,492천개, MPS는 2.4ha 분포하여 전체면적 증가로 인한 패치수가 증가하였으나 MPS가 감소하여 파편화 정도가 증가하는 경향을 보였다.

지역별 파편화 경향으로는 모든 행정구역에서 MPS가 감소하여 파편화 정도가 증가하는 경향을 보였다. 특히, 인천과, 대전, 전남, 전북 등 서쪽 지역에서 MPS가 1.3~1.4ha가 감소하여

타 지역에 비해 파편화 정도가 높은 구조를 보였다. 반면, 광주와 부산지역에서는 NP와 MPS의 변화량이 적어 산림의 변화가 적게 발생한 것으로 판단된다. AWMSI는 -4.3~3.1까지 다양하게 분포하였으며, 패치의 형태 복잡성이 지역에 따라 상이한 결과를 보였다. 특히 충남지역은 -4.3으로 큰 폭으로 감소하여 패치 형태의 복잡성이 크게 감소한 것으로 보였다. 형태복잡성이 지역에 따라 차이를 보이는 것은 지역별 임상도를 구축한 작업방식 따라 구획패턴이 다르기 때문으로 판단된다(표 3). 산림이 파편화될수록 산림의 공간 정보가 다양해지지만, 산림구조의 복잡해진다. Suh and Kim(2010)은 파편화로 인해 쪼개지는 패치들이 많아지고, 그 속도가 가속화되면 건강한 산림구조를 가질 수 없다고 판단하였다. 임상도에서는 인위적변화지로 매년 갱신되고 있고, 경영DB 반영에 의해 산림이 지속적으로 파편화 되는 것으로 판단된다.

임상도는 인위적변화지와 자연적변화지로 구분하여 매년 갱신되고 있지만, 제작방법과 제작주기의 차이로 지역 간의 파편화 정도와 복잡도의 편차가 발생되었다. 전년도 자연적변화지는 당해 연도 인위적 변화지가 되며, 전년도 인위

TABLE 3. Forest fragmentation analysis from 2013 to 2017

City	TA(ha)	NP	MPS(ha)	TE(km)	ED	AWMSI
KAW	6,425	33,218	-1.1	2,322	-3	0.2
KYG	-2,678	24,607	-1.0	-2,807	-35	-0.8
KSN	8,197	32,636	-1.2	8,253	73	2.0
KSB	16,165	102,292	-0.9	14,171	50	2.3
KWJ	-524	557	-0.6	-320	-37	-0.4
TAE	1,232	5,991	-1.1	1,294	160	1.2
TAJ	-124	3,103	-1.4	283	126	0.5
PUS	-191	-568	-0.5	-321	-73	-0.4
SEL	572	1,086	-0.6	250	16	0.3
SEJ	-353	3,236	-0.9	-153	14	-0.1
USN	-798	3,665	-0.9	129	79	0.3
INC	-22	995	-1.3	123	121	0.3
CLN	11,760	71,471	-1.4	12,411	116	3.1
CLB	12,915	33,098	-1.3	7,816	72	2.1
CHJ	6,835	2,607	-0.1	2,052	30	1.1
CCN	-453	11,542	-1.0	-10,576	-280	-4.3
CCB	13,903	40,555	-0.9	9,737	71	2.4

적변화지는 당해 연도 자연적변화지가 될 수 있다. 따라서 정확한 작업매뉴얼을 활용하여 갱신하지 않는다면 매년 구획패턴의 차이가 발생할 것으로 예상되며, 이는 지역 간 데이터의 일관성 감소의 문제로 도출된다. 따라서 작업매뉴얼의 인위적변화지와 자연적변화지의 정의 정립과, 갱신주기에 관한 사항이 개선된다면 작업자간의 혼동이 방지되고 일관성 있는 데이터가 작성될 것으로 예상된다.

2) 최소구획면적 기준에 따른 실제 구획 면적 평가

수치임상도의 최소구획면적 미만의 객체는 2013년 30%를 차지하였으며, 2017년 26.1%로 3.9%감소하였다. 2013년의 최소구획면적 미만 객체는 천연림(23.4%)>무림목지(4.9%)>인공림(1.4%)>비산림(0.3%)순으로 많았으며, 2017년의 최소구획면적 미만의 객체는 천연림(20.1%)>무림목지(4.3%)>인공림(1.4%)>비산림(0.3%)순으로 2013년과 인공림과 비산림의 비율은 같았으나, 천연림의 비율이 3.3% 감소하였고, 무림목지 비율이 0.6% 감소하였다.

지역별 최소구획면적 객체는 2013년 광주지역에서 천연림(43%)>무림목지(38%)>비산림(28%)>인공림(10%)순으로 가장 많았으며 2017년

울산지역에서 무림목지(50%)>천연림(43%)>비산림(21%)>인공림(7%)순으로 가장 많이 발생하였다.

천연림의 지역별 최소구획면적 기준 미만의 증감률을 비교한 결과 인천지역에서 7% 증가하였고, 경남지역에서 -6.2%로 감소하여 12.8%의 차이가 발생하였다. 인공림의 지역별 최소구획면적기준 미만의 비율은 인천지역에서 2.3% 증가하였고, 부산지역에서 -2.2%로 감소하여 4.5% 차이가 발생하였으며, 다른 항목들과 비교하여 증감률이 낮게 발생하였다. 무림목지는 인천지역에서 11.3%로 증가하였고, 대전지역에서 -12.3%로 가장 큰 감소율을 보였으며, 12.8로 가장 큰 증감률의 차이가 발생하였다. 비산림은 인천 12.2%로 가장 크게 증가하였으며, 전남지역에서 -4.2%로 감소하여 16.4%의 차이를 보였다.

임상도가 갱신되면서 0.1%의 전국비율은 감소하였지만, 지역별로의 편차가 발생하였다. 인천지역에서는 평균 8.1%로 모든 항목에서 증가하였고, 충남지역에서는 평균 -4.3%로 모든 항목에서 감소하였다. 이는 최소구획면적에 대한 기준 없이 관독 및 구획을 진행하는 것으로 판단되며, 작업자간의 다른 작업 방식으로 지역 간의 편차가 크게 나타난 것으로 판단된다(그림 5).

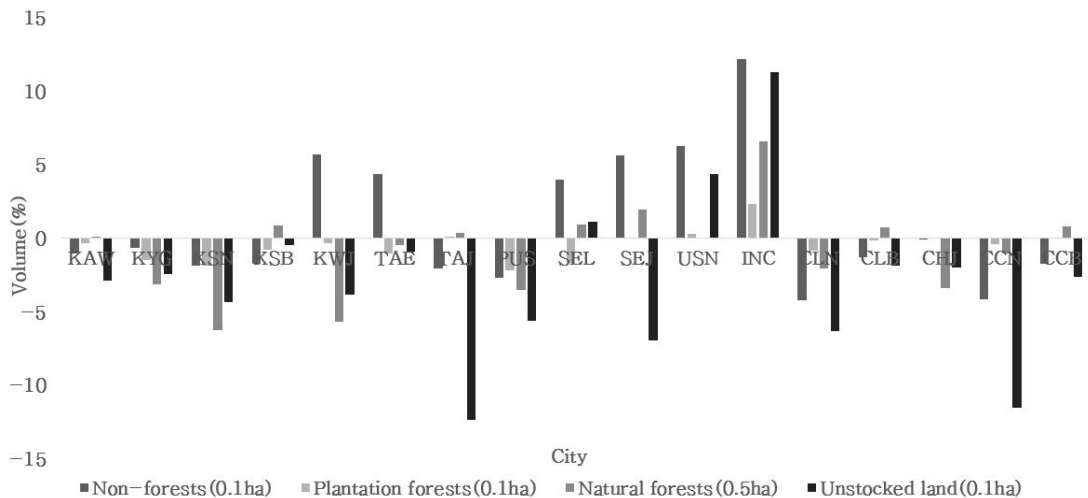


FIGURE 5 Ratio of change in the minimum compartment area from 2013 to 2017

산림에서 0.1ha미만의 산림은 영상판독시 몇 그루의 입목이 포함되어 있고, 활용적인 측면에서 수요가 높지 않다. 따라서, 최소구획면적에 관한 새로운 판독기준과 작업자간의 일관된 작업 방식이 개선된다면, 최소구획면적 미달 항목의 비율이 감소할 것으로 예상된다.

2. 속성에 관한 사항의 문제점과 개선방안

1) 지형지물체계의 입목지 수종정보의 판독 및 구획 평가

수치임상도의 총 52종의 수종정보 중 입목지 43종의 수종비율을 분석한 결과, 입목지 내 면적분포는 소나무(약 22%), 기타활엽수(약 20%), 기타참나무류(약 17%) 순으로 분포하였으며, 전체 입목지 면적의 약 59%를 차지하였다. 반면, 입목지 내 면적분포가 0.1% 미만인 수종은 23종이 발생하였으며, 전체 입목지의 수종정보 중 약 53% 이상이 사용이 미흡하였다(표 4).

면적분포 상위 3종의 수종 중 기타활엽수와 기타참나무류는 단일수종으로 구분 할 수 없을 때 사용하는 수종이다. 영상에서의 침엽수는 패턴 및 색감의 특성이 구분되고 영상판독이 가능하여 단일수종으로 구획되지만, 활엽수림은 영상에서의 패턴이 유사하고 현지조사에서 우거진 활엽수림의 판독이 어려워 단일수종으로의 판독이 어려운 것으로 판단된다. 따라서, 활엽수종이 20종으로 분류되어 있지만, 사용하는 수종은 기

타수종으로 한정되어 임상도 내 수종정보의 개편이 필요할 것으로 사료된다.

침엽수림 내에서 입목지 전체 면적대비 분포 비율이 0.1%미만인 수종은, 전나무, 가문비나무, 비자나무, 기타침엽수, 은행나무 5종이며, 주로 중부지방에 분포한다. 침엽수종 중 가장 면적분포가 적은 비자나무는 전국 총 면적이 약 85ha로 주로 제주지역과 전남지역에 분포한다. 국가생물종지식정보시스템에서 비자나무는 전라북도 내장산 이남에 자생하고 있는 것으로 확인되며(NATURE, 2019), 수치임상도와 다른 분포특성을 보였다. 활엽수의 경우 면적비율이 0.1%미만 수종은 총 10종이며 침엽수림과 달리 전국적으로 다양한 지역에서 분포하였다. 활엽수림 수종 중 가장 면적분포가 적은 때죽나무는 전국 총 면적이 12ha로, 경북, 대전, 충남지역에 분포하고 있다. 국가생물종지식정보시스템에서 때죽나무는 강원, 경기, 충남, 전남, 제주 등 주로 서해안에 분포되는 것으로 확인되며(NATURE, 2019), 수치임상도와 다른 분포특성을 보였다. 상록활엽수림 내 면적비율이 0.1% 미만인 수종은 총 8종으로 주로 남부지방에 분포한다. 상록활엽수림 수종 중 가장 면적분포가 적은 새덕이는 전국 수종분포 중 가장 작은 면적인 1ha이며, 전남에 0.8ha, 제주에 0.2ha로 분포하고 있다. 생물종지식정보시스템에서 새덕이는 전남과 제주에 분포되는 것으로 확인되며(NATURE, 2019), 수치임상도의 분포특성과 일치하였다. 수치임상도의 수종별 분포

TABLE 4. Percentage range of Species classification

Ratio range(%)	Tree species
10<	Pinus densiflora, etc. broad leaved trees, Etc. an oak trees, mixed forest
1-10	Quercus mongolica, Larix laricina, Japanese black pine, Pinus rigida, Pinus Koraiensis, Quercus variabilis, Quercus acutissima, Castanea crenata
0.1-1	Chamaecyparis obtusa, Robinia pseudoacacia, Betula platyphylla, Liriodendron tulipifera, Populus deltoides, Bamboo grove, Etc. Evergreens broad leaved trees, Cryptomeria japonica
0.01-0.1	Abies holophylla, coniferous the others, Juglans regia, Carpinus laxiflora, Acer pictum subsp, Zelkova serrata, Prunus serrulata, Fraxinus rhynchophylla, Alnus japonica
0.001-0.01	Quercus myrsinaefolia, Castanopsis sieboldii, Ginkgo biloba, Dendropanax morbifera, Machilus thunbergii, Daphniphyllum macropodum, Cornus controversa, Torreya nucifera, Cinnamomum camphora, Picea jezoensis
0.001>	Betula chinensis, Styrax japonica, Eurya japonica, Neolitsea aciculata

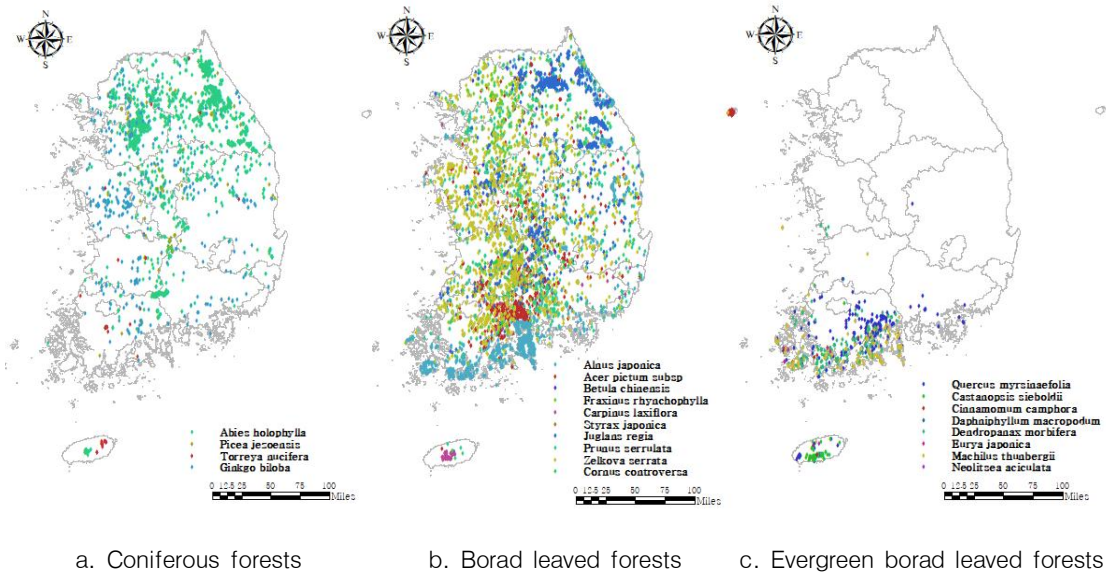


FIGURE 6. Distribution map of species below 0.1%

현황 결과, 침엽수림은 면적분포비율이 높고, 상록활엽수림은 면적분포비율이 낮았으며, 활엽수림과 상록활엽수림은 단일수종의 구분이 어려워 기타항목으로 분류되는 경우가 많았다. 특히, 상록활엽수림은 우리나라에서 많이 자생하지 않는 식물로, 침엽수림, 활엽수림에 비해 분포 면적이 적으며, 영상판독 및 현지조사에서도 발견하기 어렵기 때문에 수종판독 메뉴얼에서 개선이 필요할 것으로 판단된다(그림 6).

세밀한 수종의 구분은 다양한 산림정보를 제공하지만, 수종별 분포 패턴과 같은 작업 메뉴얼상의 상세 내용이 제시되어 있지 않아, 작업자간의 혼란을 일으키며 지역 간의 데이터 차이가 발생하였다. 따라서 실제 작업에서 주로 사용되고 현장조사 시 판독이 가능하며, 임상도 사용시 수요도가 높은 수종을 중심으로 수종의 분류수를 줄이고, 영상을 통한 수종패턴구분의 관한 내용이 작업메뉴얼 상 제안된다면, 일관성 있는 산림정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 미립목지 및 관목덤불의 분포특성 평가
수치임상도에서 미립목지는 총 99,400ha, 관

목덤불은 총 7,886ha로 분포하였다. 미립목지는 강원지역에서 15,635ha로 가장 많이 분포하며, 관목덤불은 충북지역에 1,642ha로 가장 높게 분포하였다(표 6). 지역별 면적 분포비율로 산출하였을 때, 미립목지는 제주지역 전체면적 중 약 10%를 차지하고 있으며, 전북지역은 4%를 차지하였다. 관목덤불은 인천지역 전체면적 중 0.6%로 가장 높은 비율로 차지하고 있으며, 전북지역이 0.4%를 차지하였다.

공간적 분포패턴을 비교하였을 때 미립목지는 충북, 전북 지역 등 서쪽에서 많이 발생하였으며, 관목덤불은 경북과 경남, 전남지역 등 직선형태의 군집형태로 분포하였다(그림 7).

미립목지와 관목덤불은 지역적으로 특색을 가진 자생식물이 아니며, 전국적으로 분포하는 수종으로 지역별 상이한 분포패턴을 보이는 것은 판독기준의 누락으로 인해 작업자간의 다양한 판독방법을 채택하였기 때문으로 판단된다. 따라서, 작업메뉴얼의 '산림의 구분' 항목에서 정의 및 판독기준을 마련하고, 지형지물체계의 재정립이 필요할 것으로 사료된다.

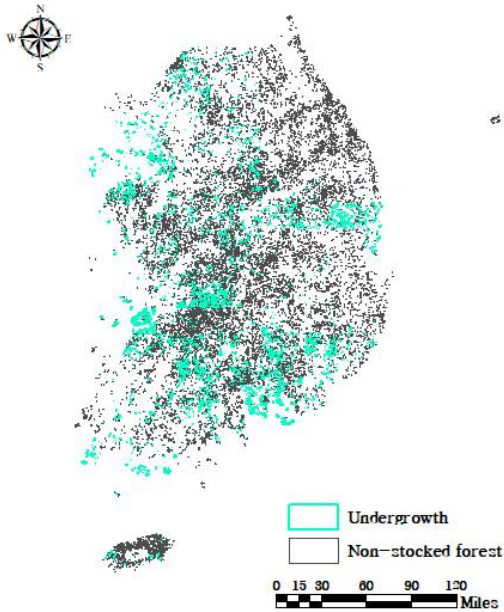


FIGURE 7. Distribution map of undergrowth and non-stocked forest

TABLE 6. Undergrowth and non-stocked forest

Unit : ha

	Undergrowth area	Non-stocked forest area
KAW	81	15,635
KYG	530	6,191
KSN	1,991	10,177
KSB	581	13,493
KWJ	1	256
TAE	5	351
TAJ	6	337
PUS	10	290
SEL	4	27
SEJ	22	625
USN	68	647
INC	175	285
CLN	1,616	8,635
CLB	1,642	15,068
CHJ	238	7,710
CCN	541	9,431
CCB	375	10,243
Total	7,886	99,400

결론

본 연구는 「임상도 현행화 제작(DB구축 작업 매뉴얼)」의 제작과정과 방법을 검토하고, 구획과 속성에 관한 사항을 구분하여 제작과정과 방법에 대한 문제점 도출 및 개선방안을 제시하였다. 작업매뉴얼 구획과 속성에 관한 사항의 문제점은 수치임상도를 이용하여 파편화 분석, 임분 구조특성을 분석하여 도출하였다.

작업매뉴얼의 '임상도 현행화 제작방법'에서 구획에 관한 사항으로 인위적변화지와 자연적변화지의 제작과정이 구분되어 있으며, 갱신 주기는 전국을 5분할하여 인위적변화지 4분할은 매년 갱신, 자연적변화지 1분할(인위적변화지 4분할 예외 지역)은 5년 주기이다. 시계열 수치임상도(2013년과 2017년)를 이용하여 광역시·도별 시계열 파편화 분석 지역에 따라 패치가 증가하고 패치의 형태가 복잡하게 진행된 지역과 패치가 작은 크기로 파편화 되며, 패치의 형태가 단순화 되는 지역으로 구분되었다. 이는

인위적변화지와 자연적변화지의 갱신주기가 상이하여 병합작업 및 추가구획 작업이 병행되었지만 지역별 구축한 기관의 작업방식의 차이로 인하여 데이터의 일관성이 감소하는 문제가 발생하였다. '산림의 구분'에 제시된 최소구획면적 기준에 대한 제작과정의 경우 시계열 수치임상도에서 객체를 추출하여 최소구획면적을 산출한 결과, 최소구획면적 미만 객체는 2013년 30%에서 2017년 26.1%로 감소하였지만, 지역별로 증감률 편차가 발생하여 최소구획면적에 대한 기준 없이 판독 및 구획을 진행한 것으로 판단된다. 따라서 최소구획면적에 관한 새로운 판독기준과 작업자간의 일관된 작업 방식이 개선된다면, 최소구획면적 미달 항목의 비율이 감소할 것으로 예상된다.

작업매뉴얼의 '임상도 현행화 제작방법'에서 속성에 관한 사항으로 수종변화 항목에서는 최소구획면적 이상의 산림에서 특정수종이 75% 점유하고 있을 경우 판독하여 구획하도록 제시하고 있다. 수치임상도의 임목지 수종비율을 분

석한 결과 수종비율이 0.1% 미만인 수종은 입목지 전체 43종의 수종 중 23종이 포함되었다. 특히, 활엽수림은 영상패턴이 유사하며, 생육기에는 수관이 울폐하여 관독이 불가하여 임상도 내 수종정보의 개편이 필요할 것으로 사료된다. 또한, '산림의 구분' 항목에서 무림목지는 미림목지와 제지로 구분되어 있으며, '수종변화'의 지형지물체계에서는 무림목지를 미림목지, 제지, 관목덤불로 구분하고 있다. 관목덤불의 구획 유무와 분포현황을 수치임상도를 이용하여 면적을 추출하고 지역별 분포현황을 분석한 결과, 관목덤불은 전국 5분할 기준으로 일부 지역에서는 직선형태의 군집으로 분포하였으며, 다른 지역에서는 분포하지 않은 패턴을 보였다. 관목덤불의 경우 지역적 특색을 지닌 자생식물이 아니지만, 지역별로 구획의 편차가 발생한 것은 작업매뉴얼의 관독기준이 누락되어 작업자 간의 다양한 관독방법을 채택하였기 때문에 관독기준을 마련하고 지형지물체계의 재정립이 필요하다.

본 연구는 임상도 제작 작업매뉴얼을 구획과 속성에 관한 사항으로 구분하고 제작된 수치임상도를 활용하여 인위적변화지와 자연적변화지구분에 의한 지역별 파편화 차이에 대한 문제점, 최소구획면적에 따른 실제 구획 면적의 문제점, 지형지물체계의 입목지 수종의 관독 및 구획에 관한 문제점과 관목덤불의 정의 및 구획에 관한 문제점을 파악할 수 있었다. 추후, 작업매뉴얼의 구분 및 속성에 관한 사항이 개편되고 작업자의 혼동을 방지할 수 있는 작업 기준이 마련된다면 보다 정확하고 일관된 산림정보를 취득할 수 있으리라 생각된다. **KAGIS**

REFERENCES

- Bang, E.G., D.H. Yoon and J.H. Koh. 2014. 3D Visualization of Forest Information Using LiDAR Data and Forest Type Map. *Journal of Korea Spatial Information Society* 22(5):53-63 (방은길, 윤동현, 고준환. 2014. LiDAR 데이터와 임상도를 이용한 산림정보의 3차원 시각화. *한국임학회지* 22(5):53-63).
- Choi, B.K., J.M. Park and J.S. Lee. 2013. Analysis of land-cover change and fragmentation pattern using Landsat TM data. *Journal of Photo Geography* 23(1):75-85 (최병구, 박정목, 이정수. 2013. Landsat TM 위성영상을 활용한 토지피복변화탐지 및 파편화 분석. *한국사진지리학회지* 23(1):75-85).
- Coops, N.C., S.N. Gillanders, M.A. Wulder, S.E. Gergel, T. Nelson and N.R. Goodwin. 2010. Assessing changes in forest fragmentation following infestation using time series Landsat imagery. *Forest Ecology and Management* 259 (2010):2355-2365.
- Gong, C., S. Yu, H. Joesting and J. Chen. 2013. Determining socioeconomic drivers of urban forest fragmentation with historical remote sensing images. *Landscape and Urban Planning* 117 (2013):57-65.
- Hong, M.K. and C. Kim. 2013. SAR Polarimetric Entropy for Assessing Crown Density in Forest Type Maps. *Conference of Journal of Korean Forest Society*. pp.21-24 (홍민기, 김천. 2013. 임상도 수관밀도 평가를 위한 SAR 편파측정의 엔트로피. *한국임학회 학술발표 논문집*. 21-24쪽).
- Kim, K.M., C.M. Kim and E.J. JEON. 2009. Study on the Standard for 1:25,000 Scale Digital Forest Type Map Production in Korea. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(3):143-151 (김경민, 김철민, 전은진. 2009. 1:25,000 수치임상도 제작체계 표준화 연구. *한국지리정보학*

- 회지 12(3):143-151).
- Kim, M.A., J.Y. Choi and S.H. Lee. 2013. Feasibility of Forest Land Conversion to Other Use by Considering Forest Fragmentation. *The Korea Society For Environmental Restoration And Revegetation Technology* 16(4):53-62 (김민아, 최재용, 이상혁. 2013. 산지전용타당성조사제도에서 산림과편화지수의 고려방안 연구. *한국환경복원녹화기술학회* 16(4):53-63).
- Kim, M.h., M. Madden and T.A. Warner. 2009. Forest Type Mapping using Object-specific Texture Measures from Multispectral Ikonos Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 75(7): 819-829.
- Kim, S.W., Y.M. Son, E.S. Kim and H. Park. 2014. Estimation of Growing Stock and Carbon Stock based on Components of Forest Type Map : The case of Kangwon Province. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 103(3):446-452 (김소원, 손영모, 김은숙, 박현. 2014. 임상도 특성에 따른 임목축적 및 탄소저장량 추정 : 강원도를 중심으로. *한국임학회지* 103(3):446-452).
- Korea Forestry Promotion Institute(KOFPI). 2017. The Production of Forest type map actualizing Development of manual for DB V3.1 (한국임업진흥원. 2017. 임상도 현행화제작 DB구축 작업매뉴얼 V3.1).
- Korea Forest Research Institute (KFRI). 2015. Current analysis and development plan of internal and external forest map (국립산림과학원. 2015. 국내외 임상도 현황 분석 및 발전방안).
- Korea National Arboretum, 2016, Nature, <http://www.nature.go.kr> (Accessed March, 2019).
- Na, H.S., J.M. Park, J.Y. Choi and J.S. Lee. 2015. A Study on Spatial Characteristic of Damaged Forest Areas by Image Interpretation Focused on DMZ region in Hwacheon and Cheorwon-. *Journal of Photo Geography* 25(3):65-73 (나현섭, 박정목, 최재용, 이정수. 2015. 영상판독에 의한 산림훼손지의 공간적 특성분석 -화천군과 철원군 DMZ일원을 대상으로-. 2015. *한국사진지리학회지* 25(3):65-73).
- Park, J.M. 2013. Land cover classification and change analysis using pixel-based and object-based. Master Thesis, Univ. of Kangwon, Gangwon-do, Korea. pp.13-14 (박정목. 2013. 토지피복 변화탐지의 정확도 향상을 위한 픽셀 및 객체기반 분석기법 연구. 강원대학교 대학원 석사학위논문. 13-14쪽).
- Park, J.W. 2017. A Study on the Prediction of Land Use and Land Cover Change in the Northern Area of the Civilian Control Line of DMZ using GIS and RS. Ph.D. Thesis, Unive. of Kangwon, Gangwon-do, Korea. pp.29-31 (박진우, 2017. GIS·RS를 활용한 DMZ일원 민북지역의 토지이용 및 토지피복 변화 예측에 관한 연구. 강원대학교 대학원 박사학위논문. 29-31쪽).
- Park, K.S. 2013. A Digital Forest Mapping by using Hyperspectral Image, Conference of The Korean Society for Geospatial Information Science. pp.61-64 (박경식. 2013. 초분광 영상을 이용한 수치임상도 제작 방안. *한국지형공간정보학회 학술대회*. 61-64쪽).
- Reddy, C.S., S. Sreelekshmi, C.S. Jha and

- V.K. Dadhwal. 2013. National assessment of forest fragmentation in India: Landscape indices as measures of the effects of fragmentation and forest cover change. *Ecological Engineering* 60(2013): 453-464.
- Suh, E.C. and Y.P. Kim. 2010. A Time-Series Analysis of Forest Patch Change Difference by Green Trace of Land Cover Classification Indices. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 14(2):93-98 (서용철, 김영표. 2010. 녹지 지수에 따른 산림패치 시계열 분석. *한국산림휴양학회지* 14(2):93-98).
- Sung, Y.S. and W. Cho. 2012. Landscape Analysis of Habitat Fragmentation in the North and South Korean Border. *Korean Society of Environment & Ecology* 26(6):952-959 (성찬용, 조우. 2012. 남북한 접경지역 개발에 따른 서식지 파편화에 대한 경관생태학적 분석, *한국환경생태학회지* 26(6):952-959).
- Yoo, B.O., S.D. Kwon and S.H. Kim. 2008. Development of the Field Investigation System (FIS) loading Image Data for Digital Forest Type Mapping. *Journal of Korean Forest Society* 97(4):445-451 (유병오, 권수덕, 김성호. 2008. 수치임상도 제작을 위한 영상탑재 현장조사 시스템 개발. *한국임학회지* 97(4):445-451).
- You, B.O., C.C. Kim and S.H. Kim. 2011. Development of FAPIS(Forest Aerial Photograph Interpretation System) for Digital Forest Cover Type Mapping (Version 1.0). *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 14(2):128-137 (유병오, 김종찬, 김성호. 2011. 수치임상도 제작을 위한 산림 항공사진 영상관독시스템 개발(Version 1.0). *한국지리정보학회지* 14(2):128-137).