

원격 탐사 자료와 현장 조사 자료를 이용한 기저면적 예측 지도 제작

이정빈 · S.Jayakumar · 허 준[†]

연세대학교 공과대학 사회환경시스템 공학부

Basal Area Mapping using Remote Sensing and Ecological Data

Jung-Bin Lee, S.Jayakumar, Joon Heo[†]

School of Civil & Environmental Engineering, College of Engineering

Abstract : This study was carried out in part of Tamil Nadu, India. Also, Landsat ETM+ image and field sampling data were acquired. The field data were basal area, number of trees and number of species. Using the data set, this study performed a three steps processing, (1) Image classification (2) extracting the vegetation indices(NDVI, Tasseled cap brightness, greenness and wetness) (3) mapping the prediction of biodiversity distribution using basal area and NDVI image value. Basal area was significantly correlated with NDVI. The result of classification showed 69% overall accuracy.

Key Words : Remote Sensing, Floristic Biodiversity, Vegetation Index, Object-Oriented Classification, Basal area.

요약 : 인도의 Tamil Nadu 지역을 대상지역으로 선택하여 Landsat ETM+ 영상과 현장 조사 자료(기저면적, 개체 수, 종의 수)를 취득하였다. 취득된 자료를 통하여 (1) 영상의 분류, (2) 식생지수 영상의 추출(NDVI, Tasseled Cap 토양명도, 녹색식생, 토양습도), (3) 가장 상관관계가 높은 결과를 보인 NDVI와 기저면적(Basal area)을 이용한 식생다양성 분포 예측 지도 제작이 이루어 졌다. 기저면적과 NDVI가 가장 높은 상관관계를 가지며 대상지역 영상분류 결과 69%정도의 정확도를 보였다.

1. 서 론

현장에서 취득한 정확한 식생 자료와 위치정보는 원격 탐사 자료와 함께 식생다양성 분석에 활용할 수 있다. 기존의 연구사례로서 원격 탐사 자료와 현장 조사 자료를 활용한 식생분석 연구는 대부분 영상자료를 통한 식생지역의 매핑 및 패턴 분석과 현장 조사를 통한 식생 자료의 취득이 이루어졌다. 또한 현장 조사 자료와 다양한 스케일의 데이터의 융합을 통한 식생다양성 평

가 방법 연구(Nagendra *et al*, 2001)가 이루어졌으며 원격 탐사 자료와 GIS 자료를 활용한 식생 서식지 분류와 서식 종 분포 패턴의 연관성 연구(Debinski *et al*, 1999), 식생지역의 현장 조사와 원격 탐사 자료의 영상 분류를 이용한 나무 종 다양성에 대한 식물사회학적 관측 연구(Padalia *et al*, 2004)등이 이루어졌다. 본 연구에서는 생물다양성 분석을 위하여 사용되는 기저면적, 개체 수, 종의 수와 같은 생물다양성 지수와 원격 탐사 자료의 상관관계를 분석하고 대상지역에 대한 생물다양

접수일(2008년 12월 1일), 수정일(1차 : 12월 6일), 게재확정일(2008년 12월 26일).

[†] 교신저자: 허 준(jhco@yonsei.ac.kr)

성을 지도제작을 통하여 예측하였다.

2. 연구절차 및 대상지역

1) 연구 절차

대상지역에 대한 무작위추출 방법으로 현장 조사 자료가 취득되었고 측정된 나무의 둘레를 통하여 기저면적의 산정이 이루어졌다. 원격 탐사 자료의 취득과 영상 처리를 통한 식생 지수 영상을 생성하여 현장 조사 지점에 대한 식생 지수 영상 값이 입력되었다. 입력된 값들의 상관관계 분석이 이루어지고 이를 통하여 대상지역에 대한 기저면적 예측지도가 제작되었다. Fig. 1에서 연구 절차를 나타내었다.

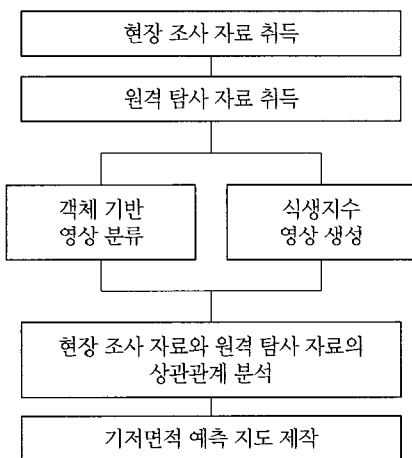


Fig. 1. Paradigm for classification, analysis and mapping of basal area.

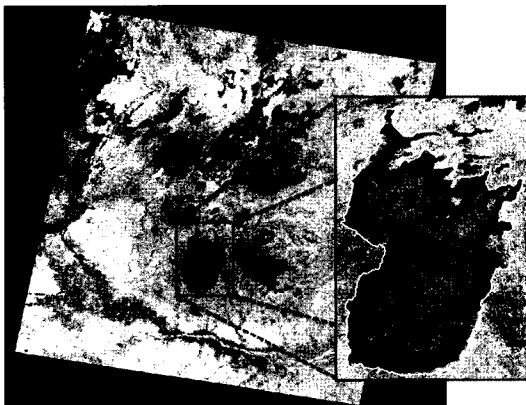


Fig. 2. Landsat 7/ETM+ image of Tamil Nadu.

Table 1. Details of satellite data used

지 역	좌표계	좌 표	면 적
Kolli Hills, Tamil Nadu, India	UTM/ Zone 44 WGS 84	좌측상단 (201559.75, 1273209.25) 우측하단 (226668.25, 1236387.25)	50,446.05 ha

2) 대상지역

본 연구의 대상지역은 인도의 Tamil Nadu 지역의 Kolli Hills 이다. 위도 12°N에서 13°N사이, 경도 78°E에서 79°E사이이며 특징은 연 평균 기온 28.3℃를 보이며 연 평균 강수량은 1,014mm를 나타낸다. Fig. 2는 인도지역의 Landsat ETM+ 2001년 영상과 실험을 실시한 지역인 Kolli Hills의 영상을 보여준다. Kolli Hills의 좌표정보와 면적은 Table 1과 같다.

3) 현장조사 자료 취득지점

대상지역에 대한 현장 조사 자료는 무작위추출 방법으로 취득되었다. 10m×10m 구획 크기 설정으로 75개의 지역에서 나무 둘레가 측정되었으며 측정된 나무 둘레를 통하여 기저면적이 산출되었다. 무작위추출은 1m×1m부터 20m×50m, 2m×50m 등 다양한 구획 크기를 정하고 무작위로 분배하여 식생의 다양성을 측정하는 방법이다. 구획의 고른 분포가 요구되며(Magurran, 1988), 상대적으로 작은 크기인 1m×1m에서 20m×50m의 구획크기도 적용된다. 계산된 기저면적은 나무의 둘레를 측정된 단면의 면적을 나타낸다. 식(1)에서 C값은 측정된 나무의 둘레를 말한다(Baratt, 1977). Table 2에서 대상지역에 대하여 자료를 취득한 75개 지역의 위치와 취득한 자료를 나타내었다.

$$\text{Basal Area} = C^2/4\pi \quad (1)$$

Table 2에서 무작위추출 방법으로 추출된 각각의 지점에 대한 자료를 보면 종은 10m×10m의 크기의 조사 지점에 존재하는 나무 종의 수를 뜻하며 개체는 10m×10m의 크기의 조사지점에 존재하는 나무의 수를 말한다. 기저면적은 조사지점에 존재하는 나무의 둘레를 측정하여 식(1)을 통하여 계산된 기저면적이다.

Table 2. Data collected from field survey

No.	X	Y	종	개체	BA(m ²)	No.	X	Y	종	개체	BA(m ²)
0	207734.7726	1262988.3035	6	11	1.30153	38	219451.4794	1251013.5184	9	28	0.92000
1	209345.5517	1262794.5297	7	17	1.73192	39	207283.1121	1247674.0139	10	31	0.72166
2	205544.3075	1258529.0595	7	21	1.03236	40	206786.4131	1247230.5589	11	31	1.35309
3	206525.6353	1258072.2787	8	29	0.44304	41	206289.3126	1246742.3136	8	20	0.42244
4	213419.0272	1257562.0926	7	15	0.49872	42	206283.6975	1246115.2913	5	16	1.59952
5	213459.3650	1257069.0530	5	11	0.35395	43	206143.7157	1245489.4714	4	10	1.30021
6	214148.5789	1258988.7317	11	16	0.60607	44	218708.3741	1248064.2578	7	23	0.72097
7	215253.6829	1257366.3658	7	12	1.39549	45	217766.6640	1247938.3402	2	17	0.68660
8	209066.0824	1256660.8275	8	26	0.80403	46	206363.2569	1244994.8073	3	7	4.52526
9	209781.4894	1256519.9995	9	23	0.73810	47	206536.0077	1244276.6090	8	23	2.05951
10	208167.0682	1256310.6210	8	31	0.96911	48	206575.9937	1243738.7620	9	15	0.50119
11	210945.9888	1256509.4879	5	21	0.91598	49	206168.0841	1243204.9160	9	17	0.55092
12	210317.3349	1256336.0040	6	30	1.56672	50	216037.1092	1244863.4891	5	36	1.13322
13	210045.3706	1255980.1407	6	37	2.77207	51	214421.5759	1244519.6323	5	16	0.43708
14	210760.3692	1255794.5313	6	13	0.34420	52	213880.9256	1244166.1588	4	18	0.61049
15	211301.0607	1256147.9681	5	22	0.94190	53	214057.6731	1243895.8483	6	29	0.85128
16	211066.2128	1254940.7734	5	8	0.91080	54	217466.2706	1244402.8332	1	22	0.34716
17	210738.5717	1253376.0946	9	11	1.04871	55	217193.5497	1243957.3973	2	11	0.24587
18	210506.9702	1252527.1781	7	15	1.28751	56	217230.7335	1243106.1041	2	24	0.44885
19	210816.8622	1252121.2843	9	14	1.67663	57	216689.2977	1242663.0643	7	14	10.31216
20	210499.3157	1251676.2450	2	8	1.17703	58	205790.9779	1241103.1056	5	29	0.53969
21	211146.5063	1253909.8938	8	15	0.85783	59	206955.9114	1241137.5080	4	13	0.42333
22	211271.5954	1252878.6123	6	11	2.28165	60	207175.4666	1240642.8535	6	18	0.30594
23	211943.0131	1252827.7798	9	21	1.24288	61	207977.2847	1240143.0122	1	19	0.30985
24	212343.6857	1252555.4396	4	15	2.73423	62	210444.2640	1240524.1359	8	11	1.22797
25	211399.5119	1252160.8323	5	11	0.70210	63	210888.1566	1240072.2852	6	14	1.46143
26	212249.2750	1252018.8209	8	14	3.12543	64	209633.2800	1239993.8868	6	20	0.86494
27	212289.2298	1251480.9934	6	28	1.12097	65	213401.4686	1240632.1434	6	18	1.75784
28	212870.2625	1251341.4029	13	49	0.90862	66	212637.2846	1240325.4335	5	13	1.00268
29	213360.9129	1251113.0486	6	33	1.25703	67	211648.7579	1239975.9298	7	23	2.53050
30	213993.5735	1251734.4005	6	31	1.45593	68	216639.7139	1242126.0558	7	8	2.94268
31	214978.8905	1251725.5397	9	30	0.95292	69	216186.6536	1241547.8587	3	7	4.83121
32	215962.9926	1251582.3264	6	31	1.03074	70	216091.8880	1240966.4631	5	13	1.24266
33	215286.3596	1251050.9539	10	44	1.22609	71	215462.4777	1240703.3474	6	20	2.41861
34	208008.9791	1248697.6853	7	16	1.94309	72	214068.0911	1240043.9518	4	13	2.04150
35	210132.5536	1250738.9597	7	15	1.48613	73	209312.5784	1239190.5257	8	19	1.62636
36	208913.6035	1249674.9512	9	21	1.85766	74	212493.3463	1239251.7825	5	10	0.71995
37	208551.2713	1249230.3025	8	13	0.92929						

3. 영상 처리

원격 탐사 자료를 식생다양성 측정 및 평가에 적용할 수 있는 자료로 활용하기 위하여 Landsat ETM+ 영상에서 객체 기반 영상 분류기법을 통한 영상의 분할과 분류, 식생지수 영상의 생성이 이루어졌다. 영상의 객체 단위 분할과 분류를 통하여 현장 조사 지점이 Landsat ETM+ 영상에서 식생지역으로 구분되는지에 대한 판단

과 식생지역과 식생이 아닌 지역의 분류가 이루어진다. 또한 생성된 식생지수 영상의 값들이 객체 기반 영상 분류를 통하여 분류된 식생지역의 분할된 객체에 입력되게 된다. 이렇게 입력된 값을 통하여 지저면적, 개체 수, 종의 수와의 상관관계 분석이 이루어진다.

1) 영상 분할

객체 기반 영상 분할 및 분류 기법의 적용 효율성은

동일한 지역에 대한 연구인 인도의 Tamil Nadu 지역의 산림 밀도에 따른 영상 분류 결과에서 객체 기반 분류의 정확도가 화소 기반의 NDVI를 활용한 영상 값의 분류보다 높은 정확도를 나타내었다(Jayakumar *et al*, 2007). 또한 화소 단위가 아닌 객체 단위의 영상값을 상관관계 분석에 활용하기 위하여 객체 기반 영상 분할 및 분류 기법이 적용되었다.

객체의 분할에 있어서 중요한 요소가 되는 것이 객체 분할 축척(Scale), 분광 정보(Color), 공간 정보(Shape)가 있으며 공간 정보에 해당하는 변수로 평활도(Smoothness)와 조밀도(Compactness)가 있다(Jensen, 2004). 이와 같은 5가지 요소를 변수로 두어 객체를 분할하게 되며 각각 변수에 설정한 경중률의 정도에 따라 객체의 형태 및 성질이 결정된다. 분광 정보와 공간 정보는 일반적인 분할 함수에 적용되어 원격 탐사 자료로부터 상대적으로 균일하게 구성된 영상 객체를 생성한다(Baatz *et al*, 2004). 본 연구에 적용한 영상 분할 경중률은 축척 10, 분광/공간 정보 0.9/0.1, 평활도/조밀도 0.5/0.5이다. 경중률의 적용은 다양한 경중률의 조합을 통한 영상 분할을 실시하여 결정하게 되는데 Landsat ETM+ 영상의 밴드 2, 3, 4 조합 영상의 분광 정보를 통하여 식생이 활발하게 분포되어 있는 정도를 확인할 수 있으므로 분광 정보에 많은 경중률을 두었다. 축척의 경우는 1, 3, 5, 10, 15의 축척을 적용하여 영상 분할을 실시한 결과 10 이상일 경우는 생성되는 객체의 크기가 너무 커져 영상

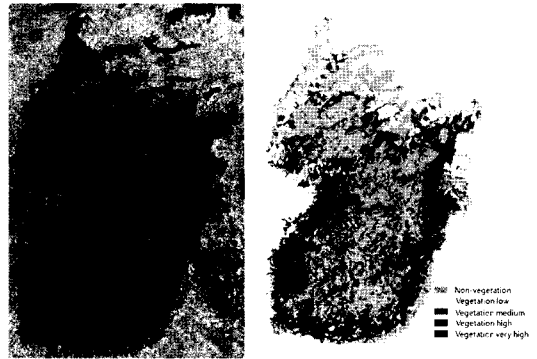


Fig. 3. Result of segmentation and classification.

에 대한 자세한 정보를 얻기가 힘들며 10이하로 너무 작아질 경우에는 현장 조사를 통하여 취득한 지역은 한정되어 있지만 너무 세분화된 정보로 인하여 식생다양성 지도를 생성하는데 문제가 있을 것이라 판단하였다. Fig. 3은 영상의 분할 결과를 나타낸다. 대상지역에 대하여 현장 조사를 통해 자료를 취득한 지역이 많을 경우에는 작은 축척의 적용이 가능할 것이다.

객체 기반 영상 분류의 축척과 마찬가지로 Minimum Mapping Unit의 결정은 원격 탐사 자료를 활용한 토지 피복 분류에 있어서 중요한 요소가 된다(Saura, 2002). 예를 들어 Minimum Mapping Unit의 크기를 크게 설정하였다면 토지 피복 분류를 실시함에 있어서 각각의 클래스의 크기가 커지게 되며 실제로 존재하는 정보들을 모두 다 포함할 수 없게 된다. 반대로 Minimum

Table 3. Accuracy assessment

User \ Ref.	Non-vegetation	Very high	High	Medium	Low	Sum
Non-vegetation	615	0	0	41	280	936
Very high	0	976	117	0	0	1093
High	0	0	521	192	0	713
Medium	0	0	62	249	87	398
Low	35	0	0	323	255	613
Sum	650	976	700	805	622	

Class	Accuracy of object-oriented classification		
	Producer(%)	User(%)	Kappa
Non-vegetation	0.8723	0.6570	0.8307
Vegetation	Very high	1	0.8930
	high	0.7443	0.7307
	Medium	0.3093	0.6256
	Low	0.4100	0.4160
Overall Accuracy		0.6870	
Overall Kappa		0.6078	

Table 4. NDVI and Tasseled Cap indices used in the study and their formulae

식 생 지 수	변 환 식
NDVI	$(ETM4-ETM3)/(ETM4+ETM3)$
Tasseled cap 변환 (LandsatETM+)	$B=0.3561ETM1+0.3972ETM2+0.3904ETM3+0.6966ETM4+0.2286ETM5+0.1596ETM7$
	$G=-0.3344ETM1-0.3544ETM2-0.4556ETM3+0.6966ETM4-0.0242ETM5-0.2630ETM7$
	$W=0.2626ETM1+0.2141ETM2+0.0926ETM3+0.0656ETM4-0.76290ETM5-0.5388ETM7$

Mapping Unit의 크기가 작게 설정된다면 실제 존재하는 정보들은 작은 조각으로 나뉘게 되어 대상지역에 대한 과대평가가 이루어질 수 있다.

2) 영상 분류 및 정확도 평가

Fig. 3과 같이 분할된 영상을 비식생지역과 식생지역 영역으로 분류하였다. 식생지역 영역은 세분화하여 매우 많음, 많음, 중간, 적음의 네 가지로 구분하여 식생의 많고 적음이 분류 기준이 되었다. 비식생지역과 식생지역으로 구분한 이유는 식생 지역만을 대상으로 분석을 하기 위해서 이다. 즉, 수계, 농경지, 거주지 등의 토지 피복 구분은 식생다양성 분석 대상에서 제외된다. 분류된 영상에 대한 정확도 평가를 위해서 Landsat 영상에서 각각에 클래스에 해당하는 60개의 샘플이 추출되었다. Table 3은 분류된 영상에 대한 정확도 평가 결과를 보여준다.

영상의 분류 정확도는 전체 0.6870의 정확도를 보이며 Kappa Index 값은 0.6078을 나타내었다. 정확도 평가 결과를 보면 비식생지역과 매우 많음, 많음의 클래스는 높은 정확도를 확보할 수 있었지만 중간과 적음 클래스에서는 높은 정확도를 확보할 수 없었다. 이들 두 클래스가 영상 값만으로는 식별하기 힘든 부분이 존재하며 현장 조사를 통하여 분류하는 등의 추가적 방법이 필요하다. 또한 영상 분류 및 정확도 평가에 사용한 Landsat ETM+ 영상보다 고해상도의 영상을 사용함으로써 해결할 수 있을 것이다.

3) 식생 지수 영상의 생성

식생다양성 측정 및 평가에 많이 활용되고 있는 NDVI, Tasseled cap 변환 토양명도, 녹색식생, 토양습도 영상을 Landsat ETM+ 영상에서 추출하였다. 다음

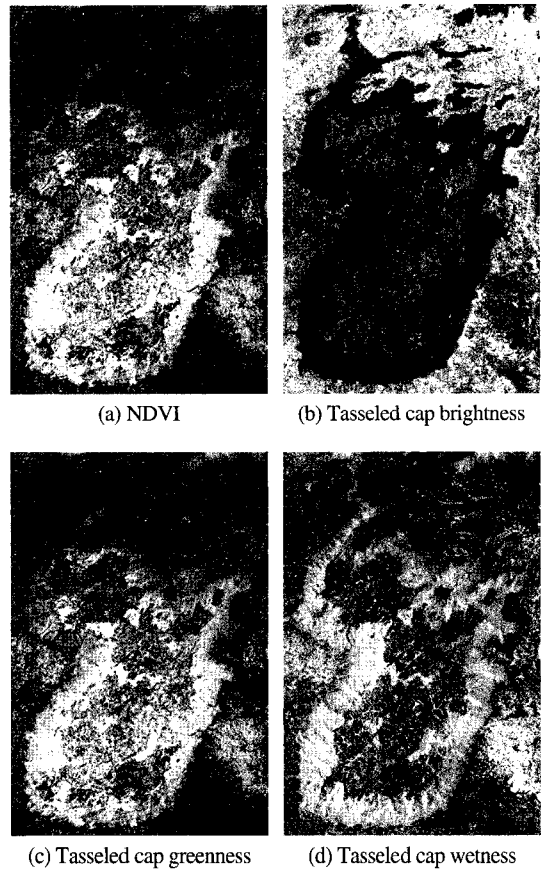


Fig. 4. NDVI and Tasseled cap transformation image of Tamil Nadu

의 Table 4의 변환식을 사용하여 생성되었다.

Fig. 4는 생성된 식생지수 영상을 보여준다. 생성된 식생지수 영상을 보면 Tasseled cap 변환 토양명도 영상의 경우 식생지역이 어둡게 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 식생지역보다 도시지역의 식별이 용이하다. Tasseled cap 변환 녹색식생의 경우 식생지역 식별이 용이하며 영상에서 나타나듯이 식생지역이 밝게 나타나

Table 5. Classification of indices values based on field sampling data

구 분	범 위	NDVI	TCB	TCG	TCW	
Basal Area (기저면적)	1	<0.865	0.343	159,258	-11,591	-37,410
	2	0.865~1.758	0.298	155,758	-17,369	-39,507
	3	1.759~3.125	0.273	151,589	-19,850	-36,387
	4	3.126~4.831	0.249	153,575	-22,355	-34,007
	5	>4.831	0.177	168,524	-34,634	-60,676
Tree (개체수)	1	7~12	0.304	156,472	-16,544	-37,926
	2	13~18	0.312	156,874	-15,525	-38,461
	3	19~26	0.269	156,176	-20,994	-41,427
	4	27~37	0.341	156,185	-11,588	-35,654
	5	38~49	0.362	157,656	-9,343	-37,172
Species (종의수)	1	1~3	0.297	159,540	-17,412	-39,110
	2	4~5	0.313	157,074	-15,230	-38,124
	3	6~7	0.286	154,965	-18,774	-39,463
	4	8~9	0.327	154,960	-13,522	-35,859
	5	10~13	0.346	163,801	-11,594	-42,786

계 된다. Tasseled cap 변환 토양습도 영상의 경우 토양의 습도 함량이 많을수록 밝게 나타나게 되며 토양의 습도 함량에 따른 식생지역의 식별이 가능하다. NDVI 영상은 식생의 성장과 식생상태의 파악이 용이하다.

Table 6. Result of regression

구 분	식생지수			
	NDVI	TCB	TCG	TCW
기저면적	0.816	0.150	0.723	0.357
개체 수	0.047	0.184	0.410	0.10
종의 수	0.558	0.074	0.532	0.103

4. 자료 분석

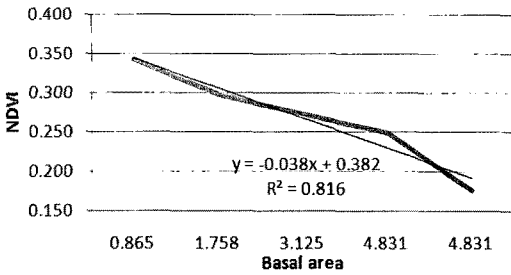
75개 현장 조사 지역에 대한 좌표 정보를 활용하여 생성된 식생지수 영상인 NDVI, Tasseled cap 변환 토양명도(TCB), 녹색식생(TCG), 토양습도(TCW)영상에 중첩하여 각각의 범위에 대한 NDVI, Tasseled cap 변환 토양명도, 녹색식생, 토양습도 영상의 평균값을 입력하였다. 입력된 값을 기준으로 하여 Table 4와 같이 기저면적, 개체 수, 종의 수를 5개의 범위로 분류하였다. 5개 범위의 분류의 계층화 기법은 자연적 분류(Natural break) 방법에 의하여 분류 되었다. 자연적 분류 방법은 대상 지역의 자료에 대하여 고유의 패턴을 분석하여 분류 지점을 결정하게 된다. 즉, 자료의 값이 큰 변화를 가지거나 클래스의 변화가 예상되는 지점을 나누게 된다 (Minami, 2000).

Table 5는 현장 조사 자료를 기준으로 하여 각각의 범위를 구분하고 범위 구분에 해당하는 식생지수 영상의 평균값을 정리한 것이다. 살펴보면 NDVI, Tasseled

cap 변환 녹색식생은 기저면적 범위의 증가에 따라 값이 감소하는 경향을 나타낸다. 하지만 다른 요소들은 일정한 경향을 나타내지 않는다는 것을 알 수 있다.

선형회귀분석을 통한 결과를 보면 R2의 값이 기저면적과 NDVI의 경우 0.816로 높은 값을 나타내었고 다른 경우에는 Table 6에서 나타나듯이 일정한 선형관계가 없다는 것을 알 수 있다.

이들 요소를 통하여 기저면적, 개체 수, 종의 수를 추정할 경우 충분한 신뢰도를 확보하기 어려울 것이다. 이와 같은 결과를 나타낸 이유는 현장 조사를 통하여 취득한 자료의 수가 충분하지 않았으며 지역적인 특성상 고도에 따라 식생의 분포에 많은 영향을 끼치기 때문이다. 또한 식생지수 생성에 사용한 Landsat ETM+ 영상의 취득 시기는 2001년 5월이며 현장 조사가 진행된 시기는 2005년 7월에서 2006년 8월 사이로 많은 시기차를 보이기 때문이다. 현장 조사 진행 기간이 오래 소요되었으며 GLCF(Global Land Cover Facility)에서 제공하는 영상의 취득으로 동일한 시기의 영상을 취득하지 못



R	R ²	수정된 R ²	추정치의 표준오차
0.903	0.816	0.755	0.88548
	제공합	자유도	평균제공
선형회귀분석	10.436	1	10.436
간 차	2.352	3	0.784
합 계	12.788	4	

Fig. 5. Correlation between basal area and NDVI.

하였다.

Fig. 5에서 가장 높은 R²값을 가지는 기저면적과 NDVI 영상값과의 관계를 나타내었다.

이와 같은 결과로 알 수 있는 것은 기저면적에 따른 NDVI의 분포는 일정한 선형관계를 나타내며 NDVI를 이용한 기저면적 추정치의 신뢰도가 높다는 것을 의미한다. F-검정 결과 기저면적과 NDVI의 F 값이 13.310을 나타내며 유의수준 0.1의 F 기각치인 5.54보다 높으므로 그래프에 나타난 회귀직선은 유의하다고 설명할 수 있다. 따라서 최종적인 지도 제작에 있어서 기저면적 값에 따른 NDVI 영상값이 적용되었다.

5. 지도 제작

현장 조사 자료의 분석을 통하여 기저면적의 변화와 NDVI의 평균값이 연관 있다는 것을 알 수 있다. 지도의 제작은 기저면적의 범위 구분을 통하여 취득한 NDVI 영상의 평균값을 추출하여 이들 평균값을 기준으로 6개의 단위로 영상 값의 범위를 결정하였다. 1은 가장 작은 크기의 기저면적이 예측되는 구간이며 6은 가장 넓은 크기의 기저면적이 예측되는 구간이다. Table 7과 같은 범위의 설정을 적용하여 NDVI 영상의 분류를 실시하였다. 각각의 영상을 통하여 최종적으로 기저면적 예측 지

Table 7. Range of NDVI value used for BA prediction and weight used

Parameters	Weight	Factors	NDVI
Non-vegetation	0	1	> 0.343
		2	0.298~0.343
		3	0.273~0.297
Vegetation	1	4	0.249~0.272
		5	0.177~0.248
		6	< 0.177

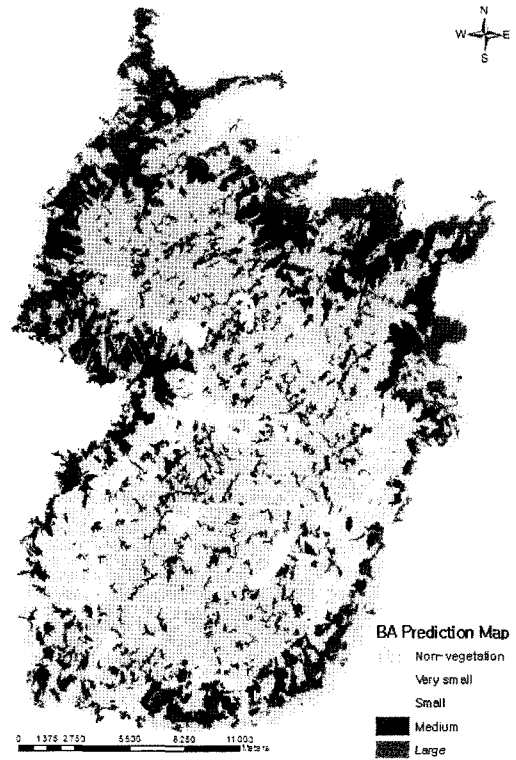


Fig. 6. Basal area prediction map.

도가 작성되었다.

대상지역 6523개 객체 전체에 대하여 이러한 과정을 거쳐 각각의 객체마다 0에서 6 사이의 대표 값을 산정하였다. 객체 기반 영상 분류를 통하여 비식생지역과 식생지역의 분류가 이루어졌듯이 기저면적 분포 지도의 작성은 식생지역에만 적용될 수 있다. 따라서 산정된 대표 값에 비식생지역은 0의 값, 식생지역은 1의 경중률을 곱하여 결과적으로 비식생지역은 기저면적 예측 지도에 영향을 주지 않는다. 이와 같은 방법의 적용사례로 위성영상과 GIS 데이터를 활용한 산불피해지역에 대한

매핑 연구(Erten *et al*, 2004)가 진행되었다.

지도를 생성하기 위한 대표 값과 경중물의 계산으로 산정한 범위는 비식생지역은 0, 식생지역 중에 기저면적이 매우 작을 것으로 예상되는 1, 작은 크기가 예상되는 2~3, 중간정도의 크기가 예상되는 4~5, 클 것으로 예상되는 6으로 구분하였다. 기저면적 분포 지도의 제작은 예를 들어 식생지역 NDVI 값이 0.284 일 경우 이 값은 범위 구분에 따라 3이라는 대표값을 가지게 되며 작은 정도 크기의 기저면적을 예측할 수 있다. 이렇게 구분한 범위에 서로 다른 색을 입력하여 최종적으로 대상지역인 Kollı Hills 에 대하여 Fig. 6과 같은 기저면적 분포 예측 지도를 생성하였다. 생성된 기저면적 분포 예측 지도와 객체 기반 영상 분류 결과를 비교하여 보면 식생이 많이 분포되어있는 지역과 NDVI 영상 값이 높은 값을 보이는 지역은 기저면적이 작을 것으로 예측되며 반대로 식생이 적게 분포되어있는 지역이나 식생이 많이 분포되어있는 지역과 NDVI 영상 값이 낮은 값을 보이는 지역은 기저면적이 클 것으로 예측된다.

6. 결론

현장조사 자료의 분포를 살펴보면 주로 NDVI 값이 낮은 지역, 즉, 기저면적이 작은 지역에서 주로 자료 취득이 이루어진 것을 알 수 있었다. 이러한 이유로 기저면적의 크기가 중간 정도 이상이 되는 지역의 신뢰할 만한 정확도 평가 결과를 얻을 수 없었다. 또한 취득된 영상과 현장 조사 자료 취득의 시기가 동일하지 않았다. 정확도의 향상을 위하여 다음의 두 가지 요소가 만족되어야 할 것이다.

첫 번째, 현장 조사를 통하여 다양한 크기의 기저면적 자료를 고루 취득하여야 한다. 현장 조사 자료의 고른 분포를 통하여 다양한 상태의 자료를 원격 탐사 자료에 입력할 수 있다. 또한 이를 활용하여 작은 크기가 예상되는 기저면적만이 아닌 전 구간에 걸친 정확도 높은 기저면적 예측 지도를 생성할 수 있다.

두 번째, 기본적으로 사용한 원격 탐사 자료의 취득 시기와 현장 조사 자료의 취득 시기가 동일해야 한다. 본 연구에 사용한 Landsat ETM+ 영상은 2001년 5월에 촬영된 영상이다. 반면에 현장 조사는 2005년 7월과

2006년 8월 사이에 진행되었다. 이러한 시기 차이로 인하여 대상지역에 대한 정확한 평가가 이루어지지 않았다. 지도 제작의 정확도 향상을 위하여 동일한 시기의 자료의 취득이 중요하다.

본 연구의 결과로 알 수 있듯이 현장 조사 자료 취득 지역의 고른 분포와 정확한 위치정보가 기반이 되어야 원격 탐사 자료를 활용하여 정확한 식생다양성 분석이 이루어 질 수 있다. 또한 각각의 자료 취득 시점이 동일해야 한다. 문제의 해결을 통하여 연구의 정확도를 향상시킨다면 기저면적뿐만 아니라 식생다양성 분석에 활용할 수 있는 다양한 식생다양성 지수를 통하여 예측 지도의 제작이 가능할 것이다.

참고문헌

- Baatz, M., Benz, U., Deghani, S., Heynen, M., Holtje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M., Willhauck, G., 2004. *eCognition Professional: User guide 4*, Munich, Definiens-Imaging.
- Barrett, James W., 1977. *A Field Guide for Stand Basal Area, Average Diameter and Tree Spacing Relationships*, Research Note, PNW-298, USDA Forest Service.
- Erten, E., V. Kurgun, and N. Musaoglu, 2004. *Forest Fire Risk Zone Mapping From Satellite Imagery and GIS a Case Study*. XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey.
- Jayakumar, S., A. Ramachandran, J. B. Lee, and J. Heo, 2007. Object-oriented Classification and Quickbird Multi-spectral Imagery in Forest Density Mapping, *Korean Journal of Remote Sensing*, 23(3): 153-160.
- Jensen, J. R., 2004. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3rd ed, Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall.
- Minami, M., 2000. *Using ArcMap: GIS by ESRI*, Environmental System Research Institute,

Redlands.

Nagendra, H., 2001. Using Remote Sensing to Assess Biodiversity, *International Journal of Remote Sensing*, 22(12): 2377-2400.

Padalia, H., N. Chauhan, M. C. Porwal, and P. S. Roy, 2004. Phytosociological Observations on

Tree Species Diversity of Andaman Islands, India, *Current Science*, 87: 799-806.

Saura, S., 2002. Effect of Minimum Mapping Unit on Land Cover Data Spatial Configuration and Composition, *International Journal of Remote Sensing*, 23(22): 4853-4880.