SỬ DỤNG ẢNH SENTINEL 2A XÁC ĐỊNH SINH KHỐI VÀ TRỮ LƯỢNG CÁCBON RỪNG THÔNG THUẦN LOÀI TẠI HUYỆN TAM ĐẢO, TỈNH VĨNH PHÚC

Ngô Thị Mai Lan, Nguyễn Hải Hòa*
Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam

TÓM TẮT

Việc sử dụng tư liệu viễn thám và công nghệ GIS cho phép xác định sinh khối và trữ lượng các bon một cách nhanh chóng với độ chính xác cao. Kết quả xây dựng bản đồ hiện trạng rừng từ ảnh viễn thám Sentinel 2A năm 2017 cho thấy độ chính xác đạt 89,5% với phương pháp phân loại không kiểm định kết hợp với chỉ số thực vật NDVI. Giá trị sinh khối và trữ lượng các bon lưu giữ của rừng Thông tại Tam Đảo khá lớn, dao động từ 2089,9 ÷ 6168,6 tấn/ha đối với sinh khối trên mặt đất là 1044,9 ÷ 3084,3 tấn/ha đối với trữ lượng các bon. Với trữ lượng các bon lưu giữ lớn như vậy thì giá trị thương mại mà rừng Thông đem lại cho các chủ rừng và người lao động rừng là rất lớn, đây là cơ sở cho việc áp dụng chính sách chi trả dịch vụ môi trường tại huyện Tam Đảo.

Từ khóa: *Rừng Thông, Sentinel 2A, sinh khối, trữ lượng các bon, Tam Đảo, Vĩnh Phúc*

ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu, một hệ quả của sự nóng lên toàn cầu, tác động xấu lên các thành phần của môi trường trên bề mặt Trái đất. Nguyên nhân chính gây ra hiện tượng nóng lên toàn cầu là sự tăng lên nồng độ khí nhà kính, trong đó có khí CO_2. Theo ước tính của IPCC, CO_2 chiếm tới 60% nguyên nhân của sự nóng lên toàn cầu, nồng độ CO_2 trong khí quyển đã tăng 28% từ 288 ppm lên 366 ppm trong giai đoạn 1850 - 1998 (IPCC, 2007 [3]). Việc tìm hiểu mối liên hệ giữa phát thải khí CO_2 từ suy thoái và mất rừng với biến đổi khí hậu đang là quan tâm trên thế giới cũng như ở Việt Nam.

Huyện Tam Đảo là một trong những huyện miền núi, diện tích đất canh tác nông nghiệp hạn chế, trong khi đất rừng chiếm ưu thế, trên 70% tổng diện tích đất tự nhiên toàn huyện (khoảng 23641,6 ha) (Ngô Thị Mai Lan, 2017 [4]), dưới chính sách quản lý của tỉnh Vĩnh Phúc nói riêng và nhà nước nói chung diện tích rừng trồng đã và đang tăng dần hàng năm. Ngày nay, với sự phát triển của tư liệu viễn thám và công nghệ GIS cho phép xây dựng bản đồ hiện trạng rừng, ước tính sinh khối và trữ lượng các bon rừng một cách nhanh chóng, giúp chúng ta dễ dàng quản lý rừng một cách toàn diện.

Để góp phần bổ sung cơ sở khoa học tin cậy, củng cố vững chắc tính hiệu quả của việc ứng dụng công cụ GIS đánh giá trữ lượng các bon thông qua ảnh viễn thám. Qua đó cung cấp thông tin quan trọng, giúp nâng cao hiệu quả quản lý của các bên liên quan, việc nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám Sentinel 2A và GIS để xây dựng bản đồ sinh khối và trữ lượng các bon rừng trồng Thông thuần loài tại huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc được thực hiện, sẽ cung cấp cơ sở khoa học về lý luận và thực tiễn, qua đó đề xuất các giải pháp giúp các nhà quản lý đưa ra các cơ chế chính sách hiệu quả, đáp ứng yêu cầu khách quan và cấp thiết cho khu vực nghiên cứu. Để góp phần giải quyết vấn đề trên, nghiên cứu được thực hiện với hai điểm chính. Một là, xây dựng bản đồ hiện trạng rừng tại huyện Tam Đảo thông qua sử dụng ảnh viễn thám Sentinel 2A. Hai là, ước tính giá trị sinh khối và trữ lượng các bon trên mặt đất rừng Thông thuần loài dựa vào kết quả điều tra thực địa và tư liệu viễn thám; ước tính giá trị thương mại CO_2 rừng Thông cho khu vực nghiên cứu.

ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là rừng Thông trồng thuần loài tại huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc. Phạm vi nghiên cứu của đề tài tập trung vào ước tính giá trị sinh khối và

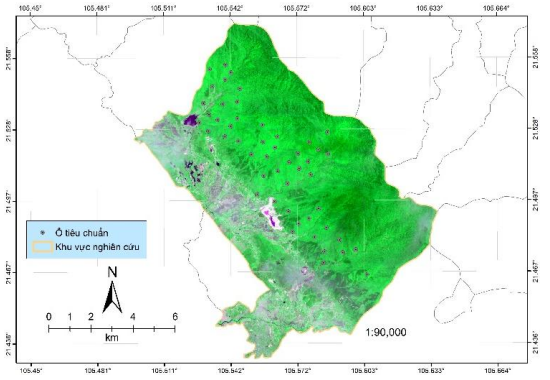
* *Tel: 0977 689948, Email: hoanh@vfu.edu.vn*

trữ lượng các bon trên bề mặt đất rừng Thông trồng thuần loài năm 2017.

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Xây dựng bản đồ hiện trạng rừng Thông thuần loài: Để xây dựng bản đồ hiện trạng rừng làm cơ sở xác định sinh khối và trữ lượng các bon trên mặt đất, nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel 2A ngày 03/06/2017 với độ phân giải (10 m x 10 m). Ngoài ra, đề tài sử dụng phương pháp phân loại không kiểm định (Iso Cluster Unsupervised Classfication trong phần mềm ArcGIS 10.2) kết hợp với chỉ số thực vật NDVI (Normalised Difference Vegetation Classification) để giải đoán ảnh và xây dựng bản đồ hiện trạng rừng. Trong phương pháp phân loại không kiểm định, 30 lớp (Number of Classes) được lựa chọn với số lượng 3 pixels tối thiểu cho một đối tượng (Minimum Class Size) và quá trình phân loại được lặp lại ba lần (Sample Interval), trong khi chỉ số thực vật NDVI được tính dựa vào kênh đỏ (kênh số 3) và kênh cận hồng ngoại (kênh số 8) đối với ảnh Sentinel 2A. Bản đồ hiện trạng rừng được đánh giá độ chính xác thông qua việc điều tra và lập các ô tiêu chuẩn (OTC) ngoài thực địa và các điểm kiểm chứng thực địa qua máy định vị GPS Garmin 650 (Nguyễn Hải Hòa và Nguyễn Hữu An, 2016) [2]. Bên cạnh đó, nghiên cứu kế thừa số liệu liên quan đến hiện trạng sử dụng đất rừng, công tác quản lý và bảo vệ rừng, bản đồ hiện trạng tài nguyên rừng từ các báo cáo liên quan đến khu vực nghiên cứu.

Điều tra thực địa và lập OTC: Để tính giá trị sinh khối và trữ lượng các bon, đề tài đã tiến hành lập 50 OTC với diện tích 500 m^2 (25 m x 20 m) cùng với 200 điểm ngoài thực địa để đánh giá độ chính xác của bản đồ phân loại. Vị trí các OTC được lựa chọn theo phương pháp ngẫu nhiên (Hình 1) và phân bố đều toàn bộ khu vực nghiên cứu. Phương pháp lập OTC và đo đếm chỉ tiêu cấu trúc $D_{1.3}$ được thực hiện theo phương pháp điều tra lâm học.



Hình 1. *Khu vực nghiên cứu huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc*

Ước tính sinh khối và trữ lượng các bon trên mặt đất rừng Thông thuần loài: Để ước tính giá trị sinh khối và trữ lượng các bon, đề tài sử dụng công thức của tác giả Vũ Tấn Phương (2011) [5] về sinh khối trên mặt đất = $0,023*D_{1.3}^{2,9077}$ (kg/cây) với hệ số tương quan R^2 = 0,9913. Kết quả sinh khối tại cây cá lẻ sẽ được quy đổi về giá trị sinh khối trên OTC và trên ha. Trữ lượng các bon sẽ được tính theo công thức của IPCC (2007) [3]: Các bon = 0,5*sinh khối (tấn/ha).

Phân cấp trữ lượng các bon và ước tính giá trị các bon thương mại

Trên cơ sở kết quả tính toán sinh khối và trữ lượng các bon cho khu vực rừng Thông, nghiên cứu phân thành các cấp sinh khối và trữ lượng các bon khác nhau theo tác giả Phạm Ngọc Bảy (2015) [1].

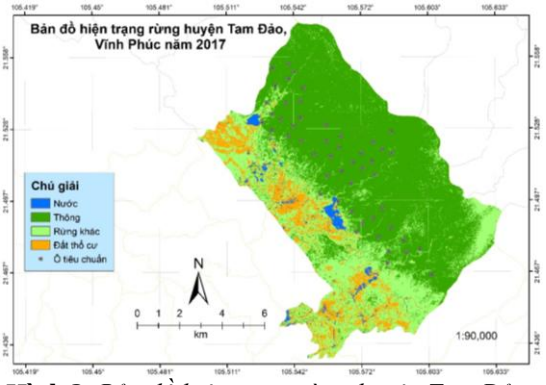
Ước tính giá trị thương mại CO_2: Áp dụng hệ số quy đổi theo tiêu chuẩn quốc tế (1C = $3,67CO_2$) để tính trữ lượng CO_2 lâm phần. Ngoài ra, nghiên cứu căn cứ vào giá mua bán khí CO_2 trên thị trường Mỹ năm 2015 là 5 và 10 USD/tấn CO_2 nhân với tổng lượng CO_2 hấp thụ năm nghiên cứu (tấn/ha) sẽ tính được giá trị USD/ha cho khu vực nghiên cứu, sau đó quy đổi ngoại tệ ra VND (Nguyễn Hải Hòa và Nguyễn Hữu An, 2016) [2].

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

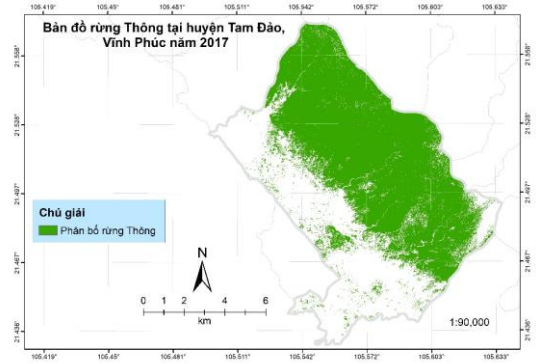
Bản đồ hiện trạng rừng Thông thuần loài

Nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh Sentinel 2A năm 2017 (10 m x 10 m) để xây dựng bản đồ hiện trạng rừng thuộc huyện Tam Đảo thông

qua phương pháp phân loại không kiểm định Iso Cluster và chỉ số thực vật NDVI. Kết quả xây dựng bản đồ hiện trạng và bản đồ rừng trồng Thông thuần loài được thể hiện tại hình 2 và hình 3.



Hình 2. *Bản đồ hiện trạng rừng huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc (Sentinel 2A 3/6/2017, độ chính xác đạt 89,5%)*



Hình 3. *Phân bố không gian rừng Thông huyện Tam Đảo, Vĩnh Phúc (Sentinel 2A 3/6/2017)*

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy có 30 lớp được hình thành theo phương pháp phân loại không kiểm định và giá trị NDVI dao động từ -0,316 ± 0,820. Sau khi phân loại 4 đối tượng đã được xác định trên bản đồ hiện trạng rừng bao gồm rừng Thông thuần loài, loại rừng khác (rừng tự nhiên, rừng Bạch đàn), khu đất thổ cư và diện tích đất che phủ bởi nước (Hình 2). Từ bản đồ hiện trạng trên nhận thấy khu vực nghiên cứu có diện tích chủ yếu là rừng Thông và rừng khác. Cụ thể diện tích rừng Thông chiếm 6474,8 ha, rừng khác chiếm 3067,2 ha, đất thổ cư là 1152,5 ha và diện tích đất che phủ bởi nước là 207,4 ha. Kết quả đánh giá độ chính xác phương pháp phân loại bản đồ cho thấy độ tin cậy đạt 89,5%, với kết quả này có thể khẳng định rằng việc sử dụng ảnh Sentinel 2A bằng phương pháp phân loại không kiểm định kết hợp với chỉ số NDVI là phù hợp và có thể áp dụng cho các khu vực có điều kiện tương tự.

Kết quả tính toán giá trị trung bình $D_{1.3}$ và mật độ cây trong từng OTC được tổng hợp tại bảng 1. Từ bảng 1 cho thấy giá trị $D_{1.3}$ trung bình trong các OTC dao động từ 23,1 ÷ 32,2 cm, các giá trị này dao động xung quanh số trung bình của khu vực nghiên cứu (25,7 cm), độ lệch chuẩn của giá trị $D_{1.3}$ bằng 1,94 cm.

Ước tính giá trị sinh khối và các bon trên mặt đất: Kết quả điều tra đường kính $D_{1.3}$ ngoài thực địa được tính trung bình cho mỗi OTC, sinh khối và trữ lượng các bon trên mặt đất được tổng hợp tại bảng 1.

Qua bảng 1, nghiên cứu đi đến một số kết luận như sau: Sinh khối trên mặt đất rừng Thông trồng thuần loài trong các OTC dao động từ 104,5 ÷ 308,4 tấn, giá trị trung bình là 164.3 tấn. Sinh khối trung bình trên 1 ha là 3280,6 tấn/ha.

Giá trị trữ lượng các bon trên mặt đất của rừng Thông thuần loài trong các OTC dao động từ 52,3 ÷ 154,2 tấn, giá trị trung bình là 82,2 tấn. Trữ lượng các bon trung bình trên 1 ha là 1640,3 tấn/ha. Nhìn chung, trữ lượng các bon lưu trữ tại rừng Thông khu vực nghiên cứu nằm ở cấp 3 (mức trung bình, từ 50 ÷ 100 tấn), cấp 4 (mức cao, 101 ÷ 149 tấn) và cấp 5 (mức rất cao, trên 159 tấn). Tổng sinh khối và trữ lượng các bon trên mặt đất: Sinh khối là 3280,6 tấn x 6474.8 ha = 21.241.228,9 tấn/toàn bộ khu vực nghiên cứu; trữ lượng các bon lưu trữ trên mặt đất = 1640,3 tấn x 6474,8 ha = 10.840.757,6 tấn các bon.

Ước tính giá trị thương mại cacbon

Sử dụng hệ số quy đổi theo tiêu chuẩn quốc tế ($1C = 3,67CO_2$) (Nguyễn Hải Hòa và Nguyễn Hữu An, 2016) [2]. Với lượng các bon trung bình đạt 1640,3 tấn/ha tương đương với 6019,9 tấn CO_2/ha.

Bảng 1. *Giá trị sinh khối và trữ lượng các bon tại các ô điều tra*

ID	X	Y	N	[1]$D_{1.3}$	[2]Bio_Tree	[3]Bio_Plot	[4]Bio_Ha	Cacbon (ha, kg)	Carbon (ha, ton)
1	21,53898	105,5293	520	27,0	332,17	172729,7	3454593,2	1727296,6	1727,3
2	21,5462	105,53341	700	29,7	440,62	308432,3	6168645,3	3084322,7	3084,3
3	21,5491	105,53933	640	26,5	316,30	202432,3	4048646,3	2024323,1	2024,3
4	21,55208	105,54199	560	25,1	270,12	151268,0	3025360,5	1512680,3	1512,7
5	21,55533	105,53951	480	28,3	382,90	183792,8	3675856,0	1837928,0	1837,9
6	21,55359	105,5322	740	25,4	279,62	206916,2	4138324,6	2069162,3	2069,2
7	21,53063	105,52741	480	24,3	245,84	118003,9	2360078,4	1180039,2	1180,0
8	21,52703	105,5316	620	30,2	462,53	286771,3	5735426,4	2867713,2	2867,7
9	21,53403	105,53187	420	24,8	260,84	109553,0	2191060,0	1095530,0	1095,5
10	21,53187	105,53591	800	24,8	260,84	208672,4	4173447,7	2086723,8	2086,7
11	21,53865	105,53825	720	27,6	356,01	256325,4	5126508,3	2563254,2	2563,3
12	21,53948	105,54482	620	26,5	316,30	196106,3	3922126,1	1961063,0	1961,1
13	21,54517	105,54614	640	25,2	273,26	174888,1	3497761,2	1748880,6	1748,9
14	21,52468	105,53916	500	24,5	251,77	125885,6	2517712,1	1258856,0	1258,9
15	21,52908	105,54179	480	24,2	242,91	116597,4	2331948,8	1165974,4	1166,0
16	21,53234	105,54483	520	24,6	254,77	132480,9	2649617,5	1324808,8	1324,8
17	21,52273	105,54533	580	27,0	333,97	193701,2	3874023,4	1937011,7	1937,0
18	21,52965	105,55638	620	23,8	231,42	143480,3	2869606,4	1434803,2	1434,8
19	21,51696	105,55126	580	23,6	225,81	130970,1	2619401,4	1309700,7	1309,7
20	21,51599	105,55837	620	26,4	312,84	193962,3	3879245,4	1939622,7	1939,6
21	21,52231	105,55655	360	26,2	306,00	110160,3	2203205,5	1101602,7	1101,6
22	21,51991	105,56205	540	25,7	289,33	156237,1	3124741,8	1562370,9	1562,4
23	21,52457	105,56319	320	32,2	557,34	178348,9	3566977,2	1783488,6	1783,5
24	21,50785	105,5569	500	28,3	382,90	191450,8	3829016,6	1914508,3	1914,5
25	21,49996	105,5539	580	24,1	240,00	139202,4	2784048,4	1392024,2	1392,0
26	21,49681	105,56184	620	24,6	254,77	157958,0	3159159,3	1579579,7	1579,6
27	21,50452	105,56778	420	29,7	440,62	185059,4	3701187,2	1850593,6	1850,6
28	21,50983	105,56331	740	23,5	223,04	165049,3	3300985,2	1650492,6	1650,5
29	21,50823	105,57837	540	26,5	316,30	170802,3	3416045,3	1708022,6	1708,0
30	21,51088	105,57314	440	26,1	302,62	133151,5	2663030,3	1331515,2	1331,5
31	21,51349	105,56852	520	28,0	371,22	193033,5	3860669,1	1930334,6	1930,3
32	21,51727	105,5726	420	24,4	248,79	104493,8	2089876,0	1044938,0	1044,9
33	21,51385	105,57725	480	23,6	225,81	108389,0	2167780,5	1083890,2	1083,9
34	21,51711	105,58632	540	24,4	248,79	134349,2	2686983,4	1343491,7	1343,5
35	21,51893	105,58192	600	25,8	292,61	175568,1	3511362,8	1755681,4	1755,7
36	21,52219	105,57775	580	25,4	279,62	162177,6	3243551,7	1621775,8	1621,8
37	21,5264	105,58621	560	26,1	302,62	169465,6	3389311,3	1694655,7	1694,7
38	21,49259	105,56815	580	25,4	279,62	162177,6	3243551,7	1621775,8	1621,8
39	21,48384	105,57002	440	24,3	245,84	108170,3	2163405,2	1081702,6	1081,7
40	21,48725	105,57281	460	23,8	231,42	106453,1	2129062,8	1064531,4	1064,5
41	21,48953	105,57759	500	23,6	22,81	112905,2	2258104,7	1129052,3	1129,1
42	21,49376	105,58200	520	23,1	212,18	110333,1	2206661,6	1103330,8	1103,3
43	21,4815	105,58014	600	25,2	273,26	163957,6	3279151,1	1639575,6	1639,6
44	21,48559	105,5855	660	26,8	326,83	215704,6	4314091,1	2157045,5	2157,0
45	21,47044	105,5842	660	26,1	302,62	199727,3	3994545,5	1997272,7	1997,3
46	21,47526	105,58468	800	23,3	217,56	174051,8	3481036,9	1740518,5	1740,5
47	21,48022	105,59154	600	26,2	306,00	183600,5	3672009,1	1836004,5	1836,0
48	21,47491	105,59302	480	23,5	223,04	107059,0	2141179,6	1070589,8	1070,6
49	21,47612	105,59898	600	24,4	248,79	149276,9	2985537,2	1492768,6	1492,8
50	21,46545	105,60415	580	25,3	276,43	160328,0	3206560,0	1603280,0	1603,3
Giá trị trung bình				25,7	294,1	164032,2	3280644,3	1640322,2	1640,3
Giá trị lớn nhất				32,2	557,3	308432,3	6168645,3	3084322,7	3084,3
Giá trị nhỏ nhất				23,1	212,2	104493,8	2089876,0	1044938,0	1044,9

[1]Giá trị $D_{1.3}$ tính trung bình cho từng OTC, [2]Sinh khối trên mặt đất trong OTC/cây (kg), [3]Sinh khối trên mặt đất trong cả OTC (kg), [4]Sinh khối trên mặt đất trong 1 ha (kg)

Từ kết quả bảng 2, ước tính giá trị thương mại từ CO_2 trên một ha đạt USD 60199,0, tương đương với 1.324.378.000 (VND/ha) nếu tính đơn giá 10 USD/ha và 662.189.000 VND nếu tính đơn giá 5 USD/ha. Như vậy, tổng số tiền thương mại CO_2 khu vực nghiên cứu có thể nhận được là 60.199,0 x 6474,8 ha = 389.776.485 $USD (8.575.082.674.400,0 VND).

Bảng 2. *Ước tính giá trị thương mại CO_2*

Tổng lượng CO_2 trung bình (tấn/ha)	**Đơn giá (USD/tấn CO_2)**	**Giá trị thương mại**	
		USD/ha	**VND/ha**
6019,9	5[a]	30.099,5	662.189.000
6019,9	10[b]	60.199,0	1.324.378.000

[a, b]*Nguyễn Hải Hòa và Nguyễn Hữu An (2016) [2]*

KẾT LUẬN

Việc xây dựng bản đồ hiện trạng rừng từ ảnh viễn thám Sentinel 2A năm 2017 cho thấy độ chính xác đạt 89,5% với phương pháp phân loại không kiểm định kết hợp với chỉ số NDVI. Các phương pháp này có thể kết hợp với nhau để tăng độ chính xác khi xây dựng bản đồ hiện trạng rừng. Kết quả ước tính giá trị sinh khối trên mặt đất và trữ lượng các bon lưu giữ của rừng Thông tại Tam Đảo khá lớn, dao động từ 2089,9 ÷ 6168,6 tấn/ha đối với sinh khối và 1044,9 ÷ 3084,3 tấn/ha đối với trữ lượng các bon. Với trữ lượng các bon lưu giữ lớn như vậy thì giá trị thương mại CO_2 mà rừng Thông đem lại cho các chủ rừng là rất lớn, đây là cơ sở cho việc áp dụng chính sách chi trả dịch vụ môi trường tại khu vực này.

Lời cảm ơn

Bài báo được kế thừa số liệu điều tra thực địa từ đề tài "Sử dụng ảnh Sentinel 2A xác định trữ lượng các bon rừng Thông làm cơ sở đề xuất chi trả dịch vụ môi trường rừng tại huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc năm 2017". Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ quý báu của Ban Quản rừng phòng hộ Tam Đảo và sự đóng góp ý kiến quý báu của các phản biện trong việc nâng chất lượng bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Ngọc Bảy (2015), *Tính toán các bon xây dựng bản đồ các bon rừng ở Việt nam*, Trung tâm Tài nguyên và Môi trường Lâm nghiệp – Viện Điều tra, quy hoạch rừng (http://frec.com.vn/tinh-toan-cac-bon-xay-dung-ban-do-cac-bon-rung-o-viet-nam).

2. Nguyễn Hải Hòa và Nguyễn Hữu An (2016), "Ứng dụng ảnh viễn thám Landsat 8 và GIS xây dựng bản đồ sinh khối và trữ lượng các bon rừng trồng Keo lai (*Acacia hydrid*) tại huyện Yên Lập, tỉnh Phú Thọ", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp*, 4, tr. 70-78.

3. IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, Switzerland, 107 pages.

4. Ngô Thị Mai Lan (2017), *Sử dụng ảnh Sentinel 2A xác định trữ lượng cácbon rừng trồng Thông làm cơ sở đề xuất chi trả dịch vụ môi trường rừng tại huyện Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc*, Khóa luận tốt nghiệp – Đại học Lâm nghiệp Việt Nam, 83 trang.

5. Vũ Tấn Phương (2011), "Xây dựng mô hình tính toán sinh khối cá thể Thông Ba lá ở huyện Hoàng Su Phì, tỉnh Hà Giang", *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, 2, tr. 1803-1812.

SUMMARY

USING SENTINEL 2A TO ESTIMATE BIOMASS AND CARBON STOCKS OF MONO-CULTURE PINUS FORESTS IN TAM DAO DISTRICT, VINH PHUC PROVINCE

Ngo Mai Lan, Nguyen Hai Hoa*

Vietnam National University of Forestry

The estimation of forest biomass and carbon stocks based on remote sensing data and GIS technology allows to quantify them very quickly with high accuracy (89.5%). As a result, the forest status map was constructed at 89.5% of accuracy with Unsupervised Classification in combination with NDVI using Sentinel 2A (10 m x 10 m). The results have showed that the biomass of single pine forest was estimated with the range of 2089.9 ÷ 6168.6 tons ha^{-1}, 1044.9 ÷ 3084.3 tons ha^{-1} for carbon stocks from field-based plot measurement and remote sensing data. With high biomass and carbon stocks estimated, the commercial values of pine forest will bring the great benefits to allocated forest households and laborers. This is a foundation for implementation of Payments for Forest Environmental Services in Tam Dao district.

Keywords: *Pine forest, Sentinel 2A, biomass, carbon stocks, Tam Dao, Vinh Phuc*

Ngày nhận bài: 09/8/2017; Ngày phản biện: 06/9/2017; Ngày duyệt đăng: 31/10/2017

* *Tel: 0977 689948, Email: hoanh@vfu.edu.vn*